

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:

Gregorič, J., 2016. Vzpostavitev lastne stalne postaje GNSS in predstavitev rešitev za optimalno določitev položaja. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Pavlovčič Prešeren, P., somentor Štebe, G.): 86 str.

Datum arhiviranja: 13-06-2016

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:

Gregorič, J., 2016. Vzpostavitev lastne stalne postaje GNSS in predstavitev rešitev za optimalno določitev položaja. Master Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Pavlovčič Prešeren, P., co-supervisor Štebe, G.): 86 pp.

Archiving Date: 13-06-2016

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

MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM DRUGE STOPNJE
GEODEZIJA IN
GEOINFORMATIKA

Kandidat:

JAKA GREGORIČ

**VZPOSTAVITEV LASTNE STALNE POSTAJE GNSS IN
PREDSTAVITEV REŠITEV ZA OPTIMALNO
DOLOČITEV POLOŽAJA**

Magistrsko delo št.: 16/II.GIG

**INSTALLATION OF A PERMANENT GNSS STATION
WITH A SOLUTION PRESENTATION FOR THE
OPTIMUM POSITION DETERMINATION**

Graduation – Master Thesis No.: 16/II.GIG

Mentorica:

doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

Somentor:

asist. Gašper Štebe

Ljubljana, 30. 05. 2016

Stran za popravke, Errata:

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisani **JAKA GREGORIČ** izjavljam, da sem avtor magistrske naloge z naslovom »**Vzpostavitev lastne stalne postaje GNSS in predstavitev rešitev za optimalno določitev položaja**«

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 13.5.2016

Jaka Gregorič

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN POVZETEK

UDK:	528.2(497.4)(043)
Avtor:	Jaka Gregorič
Mentor:	doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren
Somentor:	asist. Gašper Štebe
Naslov:	Vzpostavitev lastne stalne postaje GNSS in predstavitev rešitev za optimalno določitev položaja
Obseg in oprema:	86 str., 62 pregl., 41 sl.
Ključne besede:	GNSS, točnost, statična in RTK-metoda izmere, referenčna postaja, omrežje postaj, protokol NTRIP, omrežje SIGNAL

Povzetek

Tehnologija GNSS v geodeziji omogoča hitro in enostavno določitev položajev točk homogene točnosti v globalnem koordinatnem sistemu. Pri določanju koordinat novih točk se večinoma poslužujemo RTK-metode izmere GNSS, saj nam omogoča takojšnjo določitev koordinat novih točk. Za realizacijo metode potrebujemo sprejemnik GNSS na referenčni postaji z znanimi koordinatami ali omrežje sprejemnikov, ki posreduje opazovanja z referenčne postaje premičnemu sprejemniku, da lahko le-ta določi koordinate novih točk v realnem času. Območje možnosti uporabe metode RTK je odvisno od pokritosti s signalom GSM oziroma od dometa radijskega prenosa podatkov, medtem ko je kakovost določitve položaja pogojena z razdaljo med sprejemnikoma na znani in novi točki. V primeru pokritosti območja z omrežjem stalnih postaj so lahko oddaljenosti od referenčne postaje večje kot v primeru uporabe samostojne postaje, saj omrežje omogoča dodatne mrežne koncepte določitve koordinat točk. V magistrski nalogi smo vzpostavili lastno stalno delujočo postajo GNSS s posredovanjem opazovanj po internetu z uporabo protokola NTRIP. Koordinate stalne postaje in štirih kontrolnih točk smo določili s statično metodo izmere GNSS z navezavo na državno omrežje postaj SIGNAL. Kakovost izmere RTK smo ovrednotili s primerjavo koordinat kontrolnih točk, ki smo jih določili najprej s statično metodo izmere in nadalje z različnimi izvedbami metode RTK. Pri teh smo za referenčno stojišče privzeli najprej lastno postajo GNSS in nato referenčno stojišče, ki ga nudi omrežje stalnih postaj SIGNAL. V nadaljevanju smo glede na odstopanja koordinat od referenčnih vrednosti določili optimalno območje uporabe lastne stalne postaje GNSS za kakovostno določitev koordinat novih točk.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 528.2(497.4)(043)
Author: Jaka Gregorič
Supervisor: Assist. Prof. Polona Pavlovčič Prešeren, Ph. D.
Co-supervisor: Assist. Gašper Štebe, B. Sc.
Title: Installation of a permanent GNSS station with a solution presentation for the optimum position determination
Scope and tools: 86 p., 62 tab., 41 fig.
Keywords: GNSS, accuracy, static and RTK measurement method, reference station, NTRIP protocol, the SIGNAL network

Abstract

GNSS technology enables the geodesy to acquire high productivity and immediate results of the point positions of homogenous accuracy in the global coordinate system. RTK-GNSS is the dominant surveying method at the moment. For the realization of the method we need the GNSS receiver at a known point or a GNSS network that consists of a group of reference stations, that transmit observation data in order to ensure a high accuracy of determining the position of the rover. The geographical scope of service depends on the GSM signal coverage, while the quality of position determination is a matter of distance between the rover and the reference station. While using GNSS network, distances between the reference stations can be greater than when using an independent station, since the network allows us to model the impact on the observations. In the thesis we established our own GNSS reference station, which enables the transmission of observation data over the Internet using the NTRIP protocol. We carefully selected the permanent station and determined the four testing points through the static GNSS observation method, using the GNSS network SIGNAL as reference. By comparing the positions of control points provided through the RTK surveying method with a link to our own permanent GNSS station and the permanent network SIGNAL depending on the reference value, presented by the results of the static GNSS surveying, we determine the optimal scope of our own permanent GNSS station.

ZAHVALA

Za strokovno pomoč in podporo pri izdelavi magistrske naloge se iskreno zahvaljujem mentorici doc. dr. Poloni Pavlovčič Prešeren. Hvala, ker ste bili vedno na voljo za vsa moja vprašanja ter za ves trud pri nastajanju naloge. Prav tako se za strokovno pomoč in nasvete zahvaljujem somentorju Gašperju Štebetu.

Zahvaljujem se tudi podjetju GEA d.o.o., ki mi je omogočilo vso potrebno strojno in programsko opremo za izvedbo magistrske naloge.

Posebna zahvala gre tudi staršem, ki so me podpirali in mi omogočili študij ter vsem bližnjim za podporo. Urška, hvala za pomoč in podporo pri nastajanju naloge ter potrpežljivost tekom študija.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE	I
IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN POVZETEK	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V
KAZALO VSEBINE	VI
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	X
KRATICE	XII
1. UVOD	1
1.1 PREDMET MAGISTRSKEGA DELA IN OPIS PROBLEMATIKE	2
1.2 NAMEN NALOGE	3
1.3 DELOVNE HIPOTEZE MAGISTRSKE NALOGE	4
1.4 METODE IN VIRI PODATKOV	4
1.5 STRUKTURA NALOGE	5
2. STALNE REFERENČNE POSTAJE GNSS IN OMREŽJA	7
2.1 ELEMENTI IN DELOVANJE OMREŽIJ POSTAJ GNSS	10
2.2 IZMENLJIVOST PODATKOV OPAZOVANJ GNSS	10
2.3 OBDELAVA PODATKOV OPAZOVANJ GNSS	11
2.4 PRETOK PODATKOV V OMREŽJU SIGNAL	11
2.5 KOMERCIJALNA OMREŽJA POSTAJ GNSS V SLOVENIJI	12
3. PREGLED ZAKONODAJE	13
3.1 TEHNIČNO NAVODILO ZA UPORABO NOVEGA KOORDINATNEGA SISTEMA V ZEMLJIŠKEM KATASTRU IZ LETA 2006	14
3.1.1 Izbor instrumentarija	14
3.1.2 Izbor metod izmere GNSS	15
3.1.3 Ocena kakovosti opazovanj izmere GNSS	17
3.1.4 Navezava na stalno postajo GNSS ali VRS	18
3.1.5 Mere kakovosti določitve položajev točk	19
4 PRAKTIČNA VZPOSTAVITEV STALNE POSTAJE GNSS	21
4.1 PREGLED ZAHTEV	21
4.2 PRAKTIČNA REALIZACIJA POSTAVITVE LASTNE STALNE POSTAJE	23
4.3 FINANČNO OVREDNOTENJE POSTAVITVE LASTNE POSTAJE GNSS	24
5 STATIČNA IZMERA GNSS IN OBDELAVA OPAZOVANJ ZA VZPOSTAVITEV LASTNE STALNE POSTAJE IN MREŽE TOČK V OKOLICI STALNE POSTAJE	26
5.1 PLANIRANJE IN IZBOR TOČK ZA IZVEDBO IZMERE GNSS	26
5.1.1 Ogljed terena	26
5.2 PREGLED UPORABLJENE STROJNE IN PROGRAMSKE OPREME	27
5.2.1 Merska oprema	28
5.2.2 Tehnični podatki merske opreme GNSS	29
5.2.3 Nastavitve sprejemnikov GNSS za izvedbo statične izmere GNSS	30
5.2.4 Programska oprema	30
5.3 IZVEDBA MERITEV	31
5.4 OBDELAVA PODATKOV STATIČNIH OPAZOVANJ	31

5.4.1	DOLOČITEV POLOŽAJA STALNE REFERENČNE POSTAJE	33
5.4.2	DOLOČITEV POLOŽAJEV TOČK KONTROLNE MREŽE.....	35
5.5	NADGRADNJA LASTNE STALNE POSTAJE GPS	40
5.5.1	<i>Kakovost izvedenih opazovanj GNSS</i>	<i>42</i>
6	VZPOSTAVITEV PRETOKA PODATKOV V REALNEM ČASU	44
6.1	Z UPORABO PROTOKOLA NTRIP	44
6.1.1	<i>Elementi protokola NTRIP.....</i>	<i>44</i>
6.1.2	<i>Pregled uporabljenih programov za vzpostavitev pretoka.....</i>	<i>45</i>
6.1.3	<i>Vzpostavitev pretoka podatkov med referenčno postajo GNSS in končnim uporabnikom v realnem času</i>	<i>46</i>
6.2	MREŽNE NASTAVITVE	57
6.3	Z UPORABO RADIO MODEMOV	57
6.3.1	<i>Vzpostavitev pretoka podatkov med referenčno postajo GNSS in končnim uporabnikom.....</i>	<i>57</i>
7	STATISTIČNO VREDNOTENJE REZULTATOV MERITEV RTK.....	58
7.1	PREGLED PRISOTNOSTI GROBIH POGREŠKOV	59
7.2	PRIPRAVA NA TESTIRANJE DOMNEV	60
7.3	PREIZKUŠANJE DOMNEV.....	71
	ZA VSAK POSAMEZNI VZOREC, V KONKRETNEM PRIMERU IMAMO TRI VZORCE ZA POSAMEZNO TOČKO) SMO PREIZKUŠALI DOMNEVE:	71
7.4	PREIZKUŠANJE DOMNEV, ALI STA DVA VZORCA MERITEV NA ISTI TOČKI SKLADNA:	74
8	KONTROLA KAKOVOSTI DOLOČITVE POLOŽAJA.....	80
8.1	ZAHTEVANA NATANČNOST DOLOČITVE POLOŽAJA	80
8.2	KONTROLA KAKOVOSTI DOLOČITVE POLOŽAJA Z UPORABO METODE RTK.....	81
8.2.1	<i>Metoda RTK z navezavo na lastno stalno postajo GEA1.....</i>	<i>81</i>
8.2.2	<i>Metoda RTK z navezavo na stalno postajo CRNO omrežja SIGNAL</i>	<i>82</i>
8.2.3	<i>Metoda RTK z navezavo na virtualno postajo VRS omrežja SIGNAL.....</i>	<i>82</i>
8.3	DOLOČITEV OBMOČJA UPORABE STALNE POSTAJE GNSS	83
8.4	KONTROLA POLOŽAJA STALNE POSTAJE.....	83
9	ZAKLJUČEK	85
VIRI	87

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Seznam opreme za vzpostavitev stalne postaje GNSS.....	25
Preglednica 2: Podatki o opazovanjih na točki GPS01.....	33
Preglednica 3: Elementi elipse pogreškov in standardni odklon za višino na točki GPS01	34
Preglednica 4: Koordinate točke GPS01 v koordinatnem sistemu ETRS89.....	35
Preglednica 5: Koordinate točke GPS01 v koordinatnem sistemu D96/TM.....	35
Preglednica 6: Podatki o opazovanjih na točkah kontrolne mreže.....	35
Preglednica 7: Koordinate točk kontrolne mreže določene v koordinatnem sistemu ETRS89.....	36
Preglednica 8: Koordinate točk kontrolne mreže določene v državnem koordinatnem sistemu D96/TM.....	36
Preglednica 9: Elementi elips pogreškov in st. odkloni za višino na točkah GPS02, GPS03, GPS04 in GPS05 ..	37
Preglednica 10: Podatki o dodatnih opazovanjih na točkah kontrolne mreže.....	38
Preglednica 11: Koordinate dodatnih točk kontrolne mreže določene v koordinatnem sistemu ETRS89.....	38
Preglednica 12: Koordinate dodatnih točk kontrolne mreže, določene v D96/TM.....	39
Preglednica 13: Elementi elips pogreškov in standardni odkloni za višino na točkah GPS03 ter GPS06.....	39
Preglednica 14: Podatki o opazovanjih na točki stalne postaje GEA1	40
Preglednica 15: Elementi elipse pogreškov in standardni odklon za višino na točki GEA1	41
Preglednica 16: Koordinate točke GEA1 po izvedeni nadgradnji v koordinatnem sistemu ETRS89.....	41
Preglednica 17: Koordinate točke GEA1 po izvedeni nadgradnji v koordinatnem sistemu D96/TM	42
Preglednica 18: Parametri za vzpostavitev podatkovnega toka na NtripCaster-ju.....	46
Preglednica 19: RTK-meritve na točki GPS02.....	58
Preglednica 20: Statistične vrednosti prvega vzorca GPS02 (navezavo na lastno stalno postajo GEA1)	61
Preglednica 21: Statistične vrednosti drugega vzorca GPS02 (navezavo na postajo CRNO omrežja SIGNAL) ..	61
Preglednica 22: Statistične vrednosti tretjega vzorca GPS02 (navezava na VRS SIGNAL).....	61
Preglednica 23: Statistične vrednosti prvega vzorca GPS03 (navezavo na lastno stalno postajo GEA1)	63
Preglednica 24: Statistične vrednosti drugega vzorca GPS03 (navezavo na stalno postajo CRNO SIGNAL).....	63
Preglednica 25: Statistične vrednosti tretjega vzorca GPS03 (navezava na VRS omrežja SIGNAL)	63
Preglednica 26: Statistične vrednosti prvega vzorca GPS04 (navezavo na lastno stalno postajo GEA1)	65
Preglednica 27: Statistične vrednosti drugega vzorca GPS04 (navezavo na stalno postajo CRNO SIGNAL).....	65
Preglednica 28: Statistične vrednosti tretjega vzorca GPS04 (navezava na VRS omrežja SIGNAL)	65
Preglednica 29: Statistične vrednosti prvega vzorca GPS05 (navezavo na lastno stalno postajo GEA1)	67
Preglednica 30: Statistične vrednosti drugega vzorca GPS05 (navezavo na stalno postajo CRNO SIGNAL).....	67
Preglednica 31: Statistične vrednosti tretjega vzorca GPS05 (navezava na VRS SIGNAL).....	67
Preglednica 32: Statistične vrednosti prvega vzorca GPS06 (navezavo na lastno stalno postajo GEA1)	69
Preglednica 33: Statistične vrednosti drugega vzorca GPS06 (navezavo na stalno postajo CRNO SIGNAL).....	69
Preglednica 34: Statistične vrednosti tretjega vzorca GPS06 (navezava na VRS SIGNAL).....	69
Preglednica 35: Testiranje domneve za horizontalni položaj za točko GPS02.....	71
Preglednica 36: Testiranje domneve za horizontalni položaj za točko GPS03.....	72
Preglednica 37: Testiranje domneve za horizontalni položaj za točko GPS04.....	72
Preglednica 38: Testiranje domneve za horizontalni položaj za točko GPS05.....	72

Preglednica 39: Testiranje domneve za horizontalni položaj za točko GPS06.....	72
Preglednica 40: Testiranje domneve za elipsoidno višino za točko GPS02	73
Preglednica 41: Testiranje domneve za elipsoidno višino za točko GPS03	73
Preglednica 42: Testiranje domneve za elipsoidno višino za točko GPS04	74
Preglednica 43: Testiranje domneve za elipsoidno višino za točko GPS05	74
Preglednica 44: Testiranje domneve za elipsoidno višino za točko GPS06	74
Preglednica 45: Testiranje domneve skladnosti dveh vzorcev horizontalnega položaja za točko GPS02.....	75
Preglednica 46: Testiranje domneve skladnosti dveh vzorcev horizontalnega položaja za točko GPS03.....	76
Preglednica 47: Testiranje domneve skladnosti dveh vzorcev horizontalnega položaja za točko GPS04.....	76
Preglednica 48: Testiranje domneve skladnosti dveh vzorcev horizontalnega položaja za točko GPS05.....	76
Preglednica 49: Testiranje domneve skladnosti dveh vzorcev horizontalnega položaja za točko GPS06.....	76
Preglednica 50: Testiranje domneve skladnosti dveh vzorcev elipsoidnih višin za točko GPS02	77
Preglednica 50: Testiranje domneve skladnosti dveh vzorcev elipsoidnih višin za točko GPS03	78
Preglednica 52: Testiranje domneve skladnosti dveh vzorcev elipsoidnih višin za točko GPS04	78
Preglednica 53: Testiranje domneve skladnosti dveh vzorcev elipsoidnih višin za točko GPS05	78
Preglednica 54: Testiranje domneve skladnosti dveh vzorcev elipsoidnih višin za točko GPS06	78
Preglednica 55: Koordinate kontrolnih točk dobljene z uporabo metod RTK.....	81
Preglednica 56: Primerjava, natančnost in točnost opazovanj dobljenih z navezavo na GEA1	82
Preglednica 57: Primerjava, natančnost in točnost opazovanj dobljenih z navezavo na stalno postajo CRNO	82
Preglednica 58: Primerjava, natančnost in točnost opazovanj dobljenih z navezavo na stalno postajo VRS.....	83
Preglednica 59: Podatki o opazovanjih z namenom kontrole položaja točke GPS01.....	83
Preglednica 60: Koordinate točke GPS01 na podlagi kontrolnih opazovanj v koordinatnem sistemu ETRS89 ...	84
Preglednica 61: Primerjava položajnih koordinat in elipsoidne višine točke GPS01, določene s časovnim zamikom v koordinatnem sistemu D96.....	84
Preglednica 62: Elementi elipse pogreškov in st. odklon za višino na točki GPS01 določeni v letu 2015	84

KAZALO SLIK

Slika 1: Shema neodvisno delujoče postaje GNSS (individualna organizacija omrežja)	8
Slika 2: Shema omrežja postaj GNSS (centralna organizacija omrežja)	9
Slika 3: Stabilizacija antene GNSS.....	21
Slika 4: Shema stabilizacije antene GNSS.....	23
Slika 5: Prikaz horizonta z gibanjem satelitov GPS in obstoječih ovir.....	24
Slika 6: Razporeditev uporabljenih GNSS-točk na širšem območju Črnomlja	27
Slika 7: Plastična oznaka poligonske točke s kovinskim sidrom	27
Slika 8: Stabilizirana kontrolna točka	27
Slika 9: Komplet opreme za izvedbo statične izmere GNSS in vzpostavitev stalno delujoče referenčne postaje	28
Slika 10: Komplet opreme za izvedbo statične in RTK izmere na kontrolnih točkah	28
Slika 11: Izvedba statičnih opazovanj na točki Dobliče	31
Slika 12: Naknadna obdelava opazovanj GNSS s programskim paketom Leica Geo Office	32
Slika 13: Razpoložljivost satelitov GPS na točki GPS01 s prikazom faktorja GDOP.....	33
Slika 14: Prikaz izračunanih baznih vektorjev za točko GPS01 s standardno elipso pogreškov	34
Slika 15: Prikaz izračunanih baznih vektorjev s pripadajočimi elipsami pogreškov za točke kontrolne mreže	36
Slika 16: Elipsoidna višina h , nadmorska višina H in geoidna ondulacija N	37
Slika 17: Nova razporeditev kontrolnih točk v prostoru	38
Slika 18: Prikaz elipse pogreškov na točki GPS03	39
Slika 19: Prikaz elipse pogreškov na točki GPS06	39
Slika 20: Nameščena antena z dušilnimi obroči Leica AT504	40
Slika 21: Prikaz izračunanih baznih vektorjev za točko GEA1 s standardno elipso pogreškov	41
Slika 22: Test vpliva večpotja z uporabo anteno AT502	42
Slika 23: Test vpliva večpotja z uporabo antene AT504	42
Slika 24: Test razmerja signal/šum z uporabo antene AT502.....	43
Slika 25: Test razmerja signal/šum z uporabo antene AT504.....	43
Slika 26: Elementi protokola NTRIP	45
Slika 27: Shema delovanja lastne stalne postaje.....	47
Zaporedje slik 28: Nastavitev parametrov referenčne postaje	50
Slika 29: nastavitve gonilnika GEV195.....	51
Zaporedje slik 30: Nastavitev parametrov <i>Lefebure Ntrip Caster-ja</i>	52
Zaporedje slik 31: Nastavitev parametrov premičnega sprejemnika	56
Slika 32: Horizontalni položaji opazovanj RTK na točki GPS02.....	62
Slika 33: Višinsko odstopanje opazovanj RTK na točki GPS02	62
Slika 34: Horizontalni položaji opazovanj RTK na točki GPS03.....	64
Slika 35: Višinsko odstopanje opazovanj RTK na točki GPS03	64
Slika 36: Horizontalni položaji opazovanj RTK na točki GPS04.....	66
Slika 37: Višinsko odstopanje opazovanj RTK na točki GPS04	66
Slika 38: Horizontalni položaji opazovanj RTK na točki GPS05.....	68

Slika 39: Višinsko odstopanje opazovanj RTK na točki GPS05	68
Slika 40: Horizontalni položaji opazovanj RTK na točki GPS06.....	70
Slika 41: Višinsko odstopanje opazovanj RTK na točki GPS06.....	70

KRATICE

CROPOS	angl. <i>CROatian POsitioning System</i>
DOP	angl. <i>Dilution of Precision</i>
DGNSS	angl. <i>Differential GNSS</i>
DGPS	angl. <i>Differential GPS</i>
D96/TM	Datum 1996/Transverzalna Merkatorjeva projekcija
EPN	angl. <i>EUREF Permanent Network</i>
EUPOS	angl. <i>European Position Determination System</i>
EUREF	angl. <i>European Reference Frame</i>
ETRS89/TM	angl. <i>European Terrestrial Reference System 1989/Transversal Mercator</i>
GDOP	angl. <i>Geometric Dilution of Precision</i>
GLONASS	rus. <i>Globalnaya Navigacionnaya Sputnikovaya Sistema</i>
GNSS	angl. <i>Global Navigation Satellite System</i>
GPRS	angl. <i>General Packet Radio Services</i>
GPS	angl. <i>Global Positioning System</i>
GSM	angl. <i>Global System for Mobile Communications</i>
IGS	angl. <i>International GNSS Service</i>
NMEA	angl. <i>National Marine Electronics Association</i>
NTRIP	angl. <i>Networked Transport of RTCM via Internet Protocol</i>
RINEX	angl. <i>Receiver Independent Exchange format</i>
RTCM	angl. <i>Radio Technical Commission for Maritime Services</i>
RTK	angl. <i>Real Time Kinematic</i>
TCP/IP	angl. <i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>
VRS	angl. <i>Virtual Reference Station</i>

1. Uvod

Uporaba tehnologije GNSS v geodeziji pomeni začetek velikih sprememb v določanju koordinat objektov v prostoru. Metode namreč omogočajo visoko produktivnost v določanju koordinat v globalnem koordinatnem sistemu, delo je neodvisno od vremenskih pogojev, pomembno je tudi dejstvo, da ne potrebujemo medsebojne vidnosti med točkami, kot je to pogoj v primeru klasičnih geodetskih metod. Glede na obseg terenskega dela, zahtevano točnost določitve koordinat ter čas, v katerem želimo pridobiti rezultate, izbiramo med različnimi metodami izvedbe izmere in obdelave opazovanj GNSS.

Metodi statične in hitre statične izmere GNSS omogočata določitev položaja z visoko točnostjo tudi na več-deset kilometrskih razdaljah med točkami. Statična opazovanja temeljijo na spremembi geometrijske razporeditve satelitov v času opazovanj in navadno trajajo od 30 do 120 minut, lahko pa tudi več dni. Hitra statična metoda je v osnovi enaka statični, razlika je v krajši časovni izvedbi opazovanj (Stopar in sod., 2006). Da lahko izračunamo položaje merjenih točk, moramo poleg opazovanj referenčnih sprejemnikov GNSS pridobiti tudi podatke o tirnicah satelitov, ki jih pristojne službe objavljajo že v času opazovanj oziroma s časovnim zamikom.

Kinematična metoda izmere GNSS omogoča hitro izvedbo meritev. Temelji na določitvi relativnih položajev premičnega sprejemnika glede na mirujoči referenčni sprejemnik. V geodeziji običajno kinematično izmera, kjer se premični sprejemnik ves čas izmere premika, uporabimo le izjemoma. Bolj uporabna je metoda *Stop-and-Go*, ki je enaka kinematični metodi, le da se na točki, katere položaj določamo, ustavimo za nekaj sekund do nekaj minut (Stopar in sod., 2006).

Z razvojem metode RTK (angl. *Real Time Kinematic*), ki je v osnovi kinematična metoda izmere, je mogoča pridobitev koordinat točk v realnem času z visoko točnostjo (Stopar in sod., 2006). Potrebno je zagotoviti komunikacijsko povezavo med premičnim in referenčnim sprejemnikom, ki omogoča prenos opazovanj GNSS, kjer so lahko dodatno vključeni tudi mrežni popravki. Prenos je sprva potekal z uporabo radio-modemov, vendar je imela povezava v določenih področjih pomanjkljivosti glede dosega signala. Območje uporabe se je povečalo z uporabo povezave z GSM (angl. *Global System for Mobile communications*). Območje optimalne uporabe komunikacijskih povezav pogojuje pokritost s signalom GSM oziroma z radijskim signalom in največjo možno razdaljo med premičnim in referenčnim sprejemnikom, ki še vedno zagotavlja ustrezno kakovost določitve položaja z metodami izmere GNSS.

Omrežja stalnih postaj GNSS omogočajo uspešnejše modeliranje vplivov na opazovanja GNSS. Za pokritost območja, kjer lahko kakovostno določamo položaje novih točk, potrebujemo manj referenčnih postaj GNSS, saj so lahko oddaljenosti med posameznimi postajami večje (Wanninger,

2008). Uporabnik lahko izvaja meritve na poljubnem območju znotraj omrežja, saj nam omrežje z različnimi koncepti določitve referenčnega stojišča omogoča, da lahko relativno določamo položaj objektov v prostoru. Slovensko državno omrežje SIGNAL omogoča uporabnikom določanje položaja na celotnem območju Slovenije proti plačilu. Kljub temu vzpostavitev omrežij pomeni optimalno rešitev relativne določitve položaja na velikih območjih tako za upravljavce kot uporabnike storitev.

1.1 Predmet magistrskega dela in opis problematike

V magistrski nalogi z naslovom *Vzpostavitev lastne stalne postaje GNSS in predstavitev rešitev za optimalno določitev položaja* obravnavamo problematiko vzpostavitve lastne referenčne stalne postaje GNSS in ocene kakovosti določitve položaja referenčnega stojišča in kontrolnih točk ter določitve območja uporabe lastne postaje oziroma referenčnega stojišča GNSS glede na oddaljenosti od le-te.

Glede na trenutno stanje na obravnavanem področju je razlogov za vzpostavitev lastne referenčne postaje GNSS več. Glavna razloga sta možnost uporabe postaje GNSS na območjih, kjer je še vedno slaba pokritost s signalom mobilnega omrežja in zato ne omogoča nemotenega geodetskega dela. Prenos podatkov opazovanj (v obliki zapisa v standardu RTCM SC-104) med referenčnim in prenosnim sprejemnikom v tem primeru zagotovimo z radio-modemom, ki ima omejen doseg delovanja. Postaja GNSS je lahko stalno stabilizirana točka oziroma jo za potrebe določenega delovišča vzpostavimo začasno. Pogoj je, da imamo koordinate baznega stojišča kakovostno določene v državni realizaciji koordinatnega sistema ETRS89.

Uporaba lastnega referenčnega stojišča GNSS je smiselna tudi na območjih, kjer so v omrežju stalnih postaj oddaljenosti od baznih postaj večje od predvidenih 50 do 70 km, zaradi česar prihaja do daljšega časovnega intervala do uspešne vzpostavitve inicializacij, če izvajamo izmero GNSS v realnem času. Tak primer je okolica Novega mesta, ki se nahaja v trikotniku stalnih postaj Trebnje (TREB), Črnomelj (CRNO) in Brežice (BREZ) omrežja SIGNAL. Območje omenjamo zato, ker se v nadaljevanju nanaša na konkretno izvedbo opazovanj GNSS.

Geodetska uprava RS je z dnem 1. 7. 2015 uvedla novost plačljivosti podatkov za naknadno obdelavo opazovanj GNSS (opazovanja stalnih ali virtualnih postaj omrežja SIGNAL, ki jih posredujejo v formatu RINEX). Pred tem je bilo potrebno plačati le storitev pretoka podatkov opazovanj v realnem času, medtem ko je bil prenos podatkov opazovanj za naknadno obdelavo brezplačen. Od julija 2015 je končna cena odvisna od količine prenesenih podatkov v danem mesecu in števila naročil. Posamezni prenos zaračunajo 1,20 € (*Zakon o infrastrukturi za prostorske informacije, Uredba o podrobnejših merilih in pogojih za določanje stroškov za uporabo omrežnih storitev in pristojbine za souporabo podatkov storitev*), pri čemer moramo danemu znesku prišteti še znesek za ponovno

uporabo podatkov, ki znaša 0,10 € za minuto prenesenih podatkov (*Zakon o dostopu do informacij javnega značaja*). Za tri ure podatkov opazovanj znaša znesek 19,2 €. S postavitvijo lastne stalne postaje GNSS se lahko izognemo nakupu podatkov za naknadno obdelavo kot tudi za obdelavo v realnem času. Vendar se je ob tem potrebno zavedati, da je kakovost določitve položajev točk pri relativni določitvi odvisna od kakovosti določitve položaja točke stalne referenčne postaje kot tudi od kakovosti izvedbe terenske izmere. Glede na to, da položaje točk določamo v slovenski realizaciji koordinatnega sistema ETRS89, je kakovosti določitve položaja referenčne postaje potrebno posvetiti posebno pozornost. V zvezi z dano tematiko obstajajo določena vprašanja, ki jih bo treba v prihodnosti rešiti. Prvo je, kako opredeliti kakovost določitve položaja stalne postaje. Zaradi lokalne geodinamike se pojavlja zahteva po ponovnem določanju položajev stalnih postaj državnega omrežja (Sterle, 2015). V primeru večjih sprememb položajev postaj omrežja bi bilo potrebno opredeliti zahtevo, kdaj naj se ponovno določajo položaji stalnih postaj, ki niso vključene v omrežje. Hkrati bi bilo smiselno opredeliti tudi druge situacije, kot so potresi in lokalni premiki, ko bi bilo potrebno ponovno določiti položaj lastne stalne postaje. To pomeni, da se uporabi podatkov omrežja SIGNAL ne moremo in niti ne smemo v celoti izogniti, saj vsaka ponovna določitev položaja stalne postaje terja nakup podatkov opazovanj GNSS bližnjih stalnih postaj omrežja SIGNAL.

1.2 Namen naloge

Namen magistrske naloge je praktična vzpostavitev lastne referenčne stalne postaje GNSS, ki bo omogočala izvedbo izmere s tehnologijo GNSS v realnem času s točnostjo, primerno za uporabo v geodeziji. Slednja naj bi bila enaka ali boljša kot jo predpisuje *Pravilnik o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru* iz leta 2007.

Trenutno za postavitev lastnega stalnega referenčnega stojišča GNSS in določitev položajev točk relativno na lastno referenčno postajo ali točko GNSS v aktualni realizaciji državnega koordinatnega sistema ETRS89 ni določenih posebnih zahtev. Namen dane naloge je, da izpostavimo zahteve, za katere bi bilo dobro, da bi jih službe, katerih naloga je evidentirati kakovostno določene položaje točk v aktualni realizaciji koordinatnega sistema ETRS89, opredelile v obliki protokola vzpostavitve referenčnega baznega stojišča ali lastne stalne postaje GNSS. Zato opisujemo način, kako smo k problematiki pristopili v dani nalogi. Nadalje bi morale službe postaviti tudi zahteve za kontrolo kakovosti položajev že delujočih stalnih postaj GNSS. Med zahtevami lahko izpostavimo nekaj najbolj problematičnih:

- kako opredeliti kakovost koordinat referenčne stalne postaje v smislu kakovosti izvedbe opazovanj GNSS (nanašajo se na problem odboja signala od objektov),
- kako opredeliti zahteve, ki se nanašajo na pogostost preverjanja kakovosti položaja referenčne postaje, posebno v primeru, da bo nova realizacija državnega koordinatnega sistema ETRS89

vezana na kontinuirano spremembo položajev točk omrežja SIGNAL zaradi upoštevanja lokalne geodinamike – problematiko je zelo nazorno opisal Sterle v doktorski disertaciji (Sterle, 2015),

- zahteve, ki se nanašajo na potrebo po ponovnem preračunu položajev referenčne postaje ob nenadnih spremembah zaradi poškodb na stavbi ali v njeni bližini oziroma potresa na širšem ali ožjem območju referenčne postaje,
- zahteve po zavarovanju referenčne stalne postaje GNSS, ki se nanašajo na določitev geodetske mreže za izvedbo klasičnih geodetskih opazovanj v okolici stalne postaje,
- protokol, kjer bi opisali najkrajši čas opazovanj, potreben za ponovno določitev koordinat točk referenčne postaje v omrežju SIGNAL ter
- zahteve, vezane na shranjevanje in arhiviranje opazovanj GNSS za možnost naknadne obdelave opazovanj.

Če želimo kakovostno določati položaj v državnem koordinatnem sistemu, je dobro, da se že ob odločitvi za vzpostavitev lastne stalne postaje GNSS zavedamo, da bo tudi v času nemotenega delovanja potrebno pozornost posvetiti vzdrževanju in spremljanju kakovosti delovanja.

1.3 Delovne hipoteze magistrske naloge

V primeru določitve relativnega položaja nove točke z navezavo na lastno bazno stojišče smo omejeni z izvedbo izmere na območju, kjer lahko še kakovostno določimo položaj novih točk. Zato smo postavili domnevo, da z oddaljevanjem premikajoče enote GNSS od baznega stojišča (v našem primeru od stalne referenčne postaje GNSS) vplivamo na kakovost določitve položaja nove točke. V raziskavah avtorji (Pesci in sod., 2008) navajajo, da na razdalji od 15 do 20 km lahko pričakujemo odstopanje v dolžini od 0,5 do 1 ppm. Iz izsledkov raziskav na območju Slovenije (Šarlah in sod., 2015) lahko pričakujemo, da naj bi navezava na stalno referenčno postajo GNSS omogočala kakovostno določitev položaja v realnem času na območju oddaljenosti do 15 km.

1.4 Metode in viri podatkov

Položaj stalne postaje GNSS in kontrolnih točk smo določili s statično izmero GNSS. Pri tem smo uporabili opazovanja stalnih postaj Črnomelj, Trebnje, Karlovac in Delnice omrežja SIGNAL. Po določitvi položaja in vzpostavitvi delovanja lastne stalne postaje je sledila kinematična RTK-izmera, kjer smo določili položaje kontrolnih točk v realnem času in sicer zaporedoma najprej z navezavo na lastno stojišče in nato na omrežje SIGNAL, kjer smo uporabili metodi vzpostavitve virtualnega stojišča VRS (angl. *Virtual Reference Station*) in direktne navezave na stalno postajo CRNO. Referenčne vrednosti primerjave predstavljajo rezultati statične izmere.

1.5 Struktura naloge

Nalogo smo razdelili na vsebinska poglavja, ki obsegajo opis problematike, namen naloge in delovnih hipotez v uvodnem delu.

V drugem poglavju predstavljamo razloge za razvoj omrežij stalnih postaj. Opisali smo organizacijo, elemente in principe delovanja omrežij ter izmenljivosti podatkov in podali prednosti uporabe omrežij postaj GNSS. Na primeru državnega omrežja SIGNAL smo razložili komunikacijsko pot podatkov.

V poglavju 3 opisujemo pregled obstoječe zakonodaje, ki ureja področje in vpliva na zahteve, ki jih mora stalna postaja GNSS izpolnjevati. Podamo zakonske zahteve glede natančnosti določitve zemljiško-katastrskih točk ter opisali razloge za uvedbo nove realizacije koordinatnega sistema ETRS89. Opišemo tehnične zahteve, ki jih mora izpolnjevati uporabljen instrument GNSS in opisane možne metode izmere.

V četrtem poglavju navajamo zahteve, ki jih moramo izpolniti pri praktični realizaciji stalne referenčne postaje GNSS. Podrobno opišemo vzpostavitev lastne stalne postaje, ki vključuje izbiro mikrolokacije, način stabilizacije antene in namestitve strojne opreme. Bolj podrobno razložimo finančno vrednotenje vzpostavitve lastne stalne postaje.

V petem poglavju opisujemo izbor mikrolokacij mreže točk, ki služijo oceni kakovosti položaja stalne postaje GNSS. Predstavimo način stabilizacije kontrolnih točk ter podamo pregled uporabljene strojne in programske opreme s tehničnimi podatki sprejemnikov GNSS. Opišemo postopek naknadne obdelave opazovanj, kateremu sledijo rezultati obdelav, to je položaji stalne postaje in točk kontrolne mreže v aktualni slovenski realizaciji koordinatnega sistema ETRS89.

Praktično vzpostavitev pretoka podatkov popravkov opazovanj v realnem času z uporabo protokola NTRIP opisujemo v šestem poglavju. Podamo razlago protokola in bistvenih elementov ter predstavimo uporabljeno programsko opremo za vzpostavitev pretoka podatkov s podanimi parametri. Po korakih predstavimo vzpostavitev pretoka podatkov in sicer od uporabljenih programov do elementov protokola NTRIP z uporabljenimi parametri.

V poglavju 7 statistično vrednotimo rezultate meritev RTK. Ugotavljamo prisotnost grobih pogreškov v opazovanjih in preizkušamo postavljene statistične domneve. Grafično predstavimo koordinate v horizontalni ravnini in višinska odstopanja glede na referenčne vrednosti.

Na osnovi ugotovitev statističnega vrednotenja rezultatov meritev RTK v osmem poglavju določimo območje uporabe lastne stalne postaje glede na kriterij zahtevane kakovosti določitve položajev točk z metodo RTK. Predstavimo odstopanja posameznih koordinat ter oceno natančnosti in točnosti metode RTK. Ovrednotimo rezultate ugotavljanja stabilnosti koordinat lastne stalne postaje s časovnim zamikom sedem mesecev po prvotni vzpostavitvi.

V zaključnem poglavju povzamemo pomembne ugotovitve naloge in podamo idejo za nadaljevanje naloge.

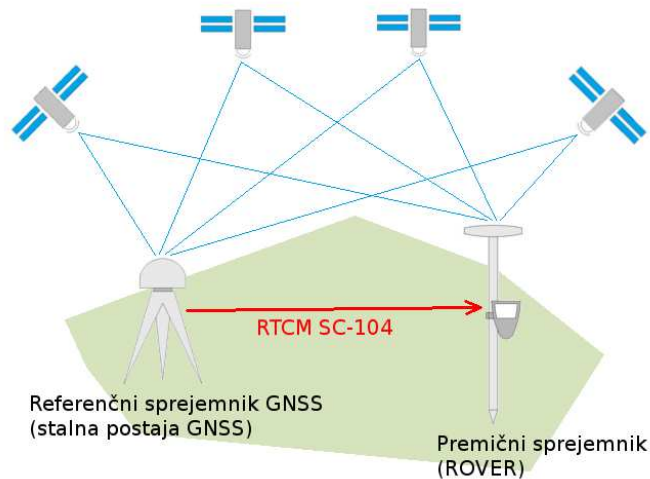
2. Stalne referenčne postaje GNSS in omrežja

Koncept hierarhične delitve omrežij stalnih postaj GNSS je podrobno predstavil Rizos (2007). Izhajal je iz omrežij najvišje kakovosti in sicer iz:

- omrežja IGS (angl. *International GNSS Service*), ki je ključno za vzpostavitev koordinatnega sestava ITRF (angl. *International Terrestrial Reference Frame*),
- regionalnega omrežja stalnih postaj, ki je podrejeno omrežju IGS. Primer regionalnega omrežja je EPN (angl. *EUREF Permanent Network*). EUREF podatke uporablja za realizacijo referenčnega sistema ETRS (angl. *European Terrestrial Reference System*), ki predstavlja ogrodje za vse geografske in geodetske projekte na območju Evrope, tako na državni kot na meddržavni ravni,
- nacionalnega omrežja stalnih postaj (primarno državno omrežje), ki je podrejeno regionalnemu omrežju in služi kot ogrodje za vzpostavitev nacionalnega referenčnega sistema in datuma,
- sekundarnega državnega omrežja, ki je podrejeno primarnemu nacionalnemu omrežju stalnih postaj in
- omrežja privatnih (lastnih) stalnih postaj, ki mora biti podrejeno vsem omrežjem višjih redov.

Hierarhična razdelitev omrežij narekuje na drugačne zahteve za stabilizacijo in opremljenost stalnih postaj GNSS, kot so na primer zahteve po namestitvi boljših anten z dušilnimi obroči (angl. *Choke ring*) ali zahteve po dodatni kalibraciji anten GNSS. Naloga skrbnika posameznega omrežja je, da določi pravila in protokole navezave podomrežij na omrežja z namenom, da bo kakovost določitve položajev točk v izbranem koordinatnem sistemu najboljša.

Stalne referenčne postaje lahko delujejo tudi samostojno, kar prikazujemo na sliki 1. Pri tem je potrebno ugoditi zahtevi po visoki točnosti določitve položaja za točko, kjer stoji referenčni sprejemnik GNSS. Velja tudi, da bo relativna določitev položaja visoke točnosti mogoča le na omejenem območju. V Sloveniji v povezavi s kinematičnimi metodami izmere navajajo oddaljenost do 15 km (gre za zračno oddaljenost) od referenčne postaje GNSS (Šarlah in sod., 2015).



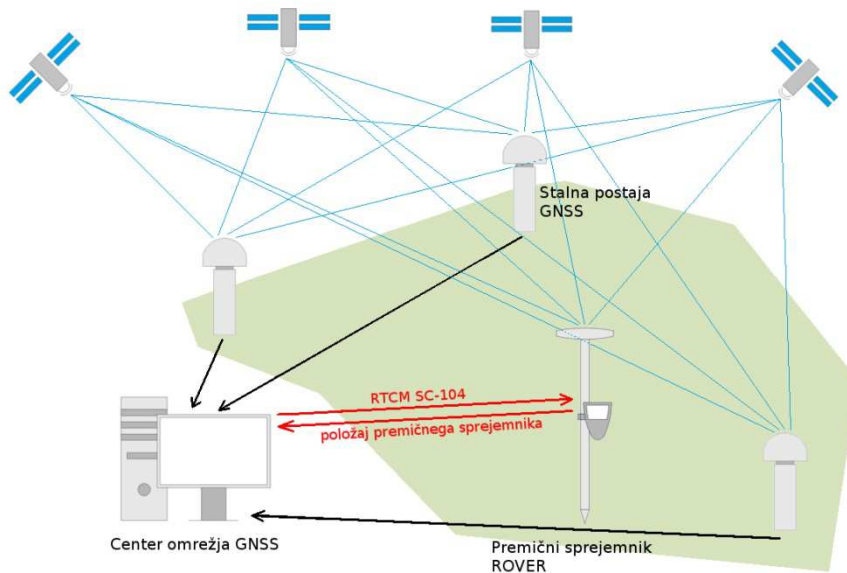
Slika 1: Shema neodvisno delujoče postaje GNSS (individualna organizacija omrežja)

Na sliki 1 predstavljen način določitve relativnega položaja je mogoč tudi v situacijah, ko je referenčni sprejemnik GNSS povezan v omrežje stalnih postaj in omogoča dodatno storitev. Ta je strogo vezana na centralno organiziranost stalnih postaj, kar prikazujemo na sliki 2. Posamezne stalne postaje GNSS so povezane s centrom, v katerega se stekajo podatki opazovanj GNSS z referenčnih postaj. Postaje GNSS neprekinjeno izvajajo opazovanja in pridobljene podatke pošiljajo v center omrežja, kjer se izračunavajo vplivi na opazovanja posamezne postaje GNSS. Na podlagi tega se izračuna model vplivov na opazovanja na celotnem območju omrežja postaj GNSS. Ko uporabnik v center omrežja sporoči svoj približni položaj, se iz modela za ta položaj določijo vplivi na opazovanja. To je osnova za vzpostavitev virtualne točke VRS, ki v nadaljnjih meritvah prevzame enako vlogo kot stalna postaja GNSS. Center omrežja popravke opazovanj vključi v opazovanja, ki se v obliki zapisa v standardu RTCM SC 104 (angl. *Radio Technical Commission for Maritime Services, subcommission 104*) posredujejo uporabniku v realnem času. Za naknadno obdelavo opazovanja so opazovanja na voljo v formatu RINEX (angl. *Receiver Independent Exchange format*). Mrežni koncepti uporabniku omogočajo, da lahko določi položaj objekta z visoko točnostjo tudi v primeru, ko je od stalnih postaj bolj oddaljen kot v primeru, da položaj določa z navezavo le na eno stalno referenčno postajo (slika 1). To pomeni, da je pri določanju položaja z navezavo na omrežje stalnih postaj lahko delovišče oddaljeno več kot 15 km. Pri tem moramo zadostiti zahtevi, da je delovišče vezano na območje pokritosti z omrežjem stalnih postaj GNSS.

Podatke opazovanj referenčnih postaj GNSS uporabljamo pri določitvi relativnega položaja z metodami relativnega določanja položaja in sicer:

- z metodo diferencialnega GNSS (DGNSS) in s kinematičnimi metodami izmere v realnem času RTK (angl. *Real Time Kinematic*) oziroma

- s kinematično ali hitro statično metodo izmere GNSS, kjer je potrebno naknadno obdelati opazovanja.



Slika 2: Shema omrežja postaj GNSS (centralna organizacija omrežja)

Pri centralno organiziranem omrežju gre za centralno obravnavo podatkov vseh referenčnih postaj GNSS v omrežju. Postaje niso neodvisne, temveč šele združeni podatki z različnih postaj omogočajo računsko modeliranje vplivov na opazovanja v omrežju. To omogoča manjšo gostoto postaj GNSS, vendar je priporočljivo, da so razdalje med postajami od 50 do 70 km (Wanninger, 2002). Feng in Li (2008) sta pokazala, da bo v prihodnosti ob uporabi večfrekvenčnih opazovanj razdalje med stalnimi postajami možno povečati na oddaljenosti do 180 km, pri čemer bo vseeno mogoče doseči centimetrsko točnost določitve položaja.

Naloga službe v centru omrežja je v splošnem zbiranje, analiza in obdelava opazovanj posameznih postaj GNSS, posredovanje obdelanih podatkov uporabnikom ter arhiviranje surovih in obdelanih opazovanj. Dodatna naloga službe v centru je vsakodnevno pošiljanje opazovanj izbranih postaj v združenje omrežij stalnih postaj višjega reda, kot je na primer EPN (angl. *EUREF Permanent Network*). V primeru slovenskega omrežja je v omrežje EPN od leta 2000 vključena točka GSR1 v Ljubljani.

Z izmero z navezavo na omrežje je mogoče, da lahko predvsem na večjih razdaljah med krajiščema baznega vektorja bolje upoštevamo vplive na opazovanja GNSS, ki so v glavnem posledica delovanja atmosfere na razširjanje elektromagnetnega valovanja. Ko se od stalne postaje GNSS oddaljujemo, se spreminjajo tudi atmosferski (bolj natančno troposferski) pogoji. Omrežje stalnih postaj modelira vplive in jih nudi uporabniku, da ta lahko bolj kakovostno določi položaj (El-Mowafy, 2011).

2.1 Elementi in delovanje omrežij postaj GNSS

Referenčni sprejemnik GNSS se nahaja na točki z znanimi koordinatami v izbranem koordinatnem sistemu. V našem primeru gre za slovensko realizacijo koordinatnega sistema ETRS89. Iz teh opazovanj se v centru izračunavajo popravki psevdorazdalj (DGNSS) ali popravki faznih opazovanj, ki jih nato posredujejo uporabnikom. Obstaja tudi možnost, da iz centra posredujejo opazovanja izbrane posamezne stalne postaje GNSS.

Prenos podatkov se dogaja med referenčnim sprejemnikom GNSS in centrom omrežja ter med centrom omrežja in prenosnim sprejemnikom GNSS (angl. *rover*). Uporabnik se lahko poveže tudi direktno z referenčnim sprejemnikom. Sestavni deli omrežja so:

- a) podatkovni centri, ki skrbijo za pridobivanje, distribucijo in arhiviranje podatkov opazovanj GNSS,
- b) analitični centri, ki predstavljajo nadgradnjo ostalih segmentov službe GNSS. Povezujejo podatke postaj GNSS z državnim koordinatnim sistemom, kar je njihova najpomembnejša naloga in
- c) operativni centri, ki predstavljajo del službe GNSS, ki zagotavlja stalno delovanje omrežja postaj GNSS.

Podatke in storitve omrežij postaj GNSS uporabljamo takrat, ko želimo določiti položaj visoke točnosti v globalnem koordinatnem sistemu. Storitve s pridom uporabljajo večinoma geodetska podjetja za obdelavo vseh zgoraj omenjenih metod izmere GNSS. Produkta lahko uporabljajo tudi pri kartografskih in GIS-aplikacijah ter v navigaciji (ladijski, cestni in zračni promet).

2.2 Izmenljivost podatkov opazovanj GNSS

Med omrežji različnih redov poteka izmenjava podatkov opazovanj. Pri tem poznamo pretok podatkov iz:

- a) centra v nadrejeno omrežje, kjer se podatki opazovanj stalnih referenčnih postaj državnega omrežja pošiljajo v center omrežja. Državna omrežja opazovanja GNSS izbranih postaj pošiljajo v regionalne analizne centre. Regionalna omrežja na enak način pošiljajo podatke opazovanj GNSS izbranih referenčnih postaj globalnim analiznim centrom,
- b) centra uporabnikom, kjer posamezne stalne referenčne postaje pošiljajo podatke GNSS uporabnikom storitev omrežja, ki na terenu opravlja meritve z lastnim sprejemnikom GNSS. Storitve uporabljajo v primeru, ko uporabnik želi podatke svojih opazovanj združiti s podatki opazovanj najbližje stalne postaje (metoda RTK izmere) oziroma s podatki opazovanj navidezne postaje VRS, da določi položaj poljubnega objekta v prostoru. Na ta način uporabnik izdatno izboljša točnost določitve položaja, saj ob uporabi primerne instrumenta in metode izmere namesto nekajmetrske dobi centimetrsko ali boljšo točnost določitve položaja v globalnem

koordinatnem sistemu. Obdelava opazovanj GNSS lahko poteka med izmero na terenu ali naknadno v pisarni.

2.3 Obdelava podatkov opazovanj GNSS

Omrežja uporabljajo različne programske opreme za obdelavo opazovanj. V primeru omrežja SIGNAL gre za obdelavo s programsko opremo *Trimble Pivot Platform 3.8*.

a) Obdelava podatkov v realnem času

Z obdelavo podatkov v realnem času povezujemo RTK in DGNS-metodo izmere. Pri teh se uporabnik lahko uporabi opazovanja stalne referenčne postaje ali v omrežju vzpostavljenih podatkov stalnih postaj. Iz omrežja uporabniku posredujejo podatke opazovanj, ki so zapisani v obliki standarda RTCM SC-104. Podatke lahko posredujejo po radijskih valovih ali bolj običajno po omrežju za mobilne komunikacije (protokol NTRIP).

b) Naknadna obdelava podatkov

Pri naknadni obdelavi opazovanj GNSS na terenu izvajamo le meritve s prenosnim sprejemnikom. Sprejemnik v danih časovnih intervalih beleži kodna in fazna opazovanja. Po končanih meritvah je potrebno združiti podatke opazovanj, ki smo jih opravili s prenosnim sprejemnikom, s podatki z referenčnega sprejemnika (kot referenčni sprejemnik lahko uporabimo točko omrežja stalnih postaj SIGNAL ali virtualno točko VRS). Podatke obdelamo s programsko opremo za naknadno obdelavo opazovanj GNSS, kjer kot končni rezultat obdelave pridobimo koordinate v izbranem globalnem koordinatnem sistemu GNSS.

2.4 Pretok podatkov v omrežju SIGNAL

Komunikacijska pot od uporabnika, centra omrežja in nazaj k uporabniku je precej zapletena. V primeru omrežja SIGNAL poteka od centra *Službe za GNSS* do mobilnega operaterja, ki trži storitve RTK, in na koncu do uporabnika s prenosnim sprejemnikom. Ker je komunikacijska pot pretoka podatkov kompleksna, to v določenih primerih vpliva na počasnejšo vzpostavitev inicializacije prenosnega sprejemnika. Kot možen vzrok težav omrežja SIGNAL navajajo tudi nastavitve višinskega kota, ki je v primeru SIGNAL-a 0° (Bilban, 2014). Drugi avtorji (Horváth in sod., 2008) navajajo, da je bolje uporabiti opazovanja z višinskim kotom 5° , kolikor znaša nastavitev višinskega kota za posamezne referenčne postaje. Neskladje lahko otežuje skupno fazno določitev celotnega omrežja. Optimalna nastavitev za višinski kot po priporočilih proizvajalca Leica Geosystems naj bi bila 10° (Bilban, 2014). Probleme s »počasno« inicializacijo imamo tudi na območjih večjih oddaljenosti od stalnih postaj.

Poleg omrežja SIGNAL uporabniki lahko uporabljajo tudi podatke opazovanj sosednjih državnih omrežij, in sicer za šest postaj hrvaškega CROPOS-a, pet postaj avstrijskega APOS-a in eno postajo madžarskega omrežja GNSSNet.hu.

2.5 Komercialna omrežja postaj GNSS v Sloveniji

Podjetje *Geoservis d. o. o.* je v letu 1999 kot prvo v Sloveniji postavilo stalno delujočo postajo GNSS . Leta 2000 so jo vključili v evropsko omrežje stalnih postaj EPN (angl. *EUREF Permanent Network*). Osrednji del postaje je programska oprema *Leica GNSS Spider*. Programska oprema skrbi za upravljanje z vsemi sprejemniki, nastavljanje in preverjanje delovanja, shranjevanje in obdelavo surovih opazovanj. Spletni strežnik *Leica SBC – Spider Business Center* skrbi za upravljanje z uporabniki, avtorizacijo in ugotavljanje pristnosti. Spletni strežnik *Spider RTK Proxy* pa skrbi za distribucijo DGNSS/RTK popravkov. Trenutno omrežje postaj GNSS vključuje 6 stalno delujočih postaj, ki se nahajajo v Radovljici, Ljubljani, Novem mestu, Celju, Mariboru in Črenšovcih, v planu imajo vzpostavitev še dveh stalno delujočih postaj v Dravogradu in na Ptuju (Geoservis, 2015).

3. Pregled zakonodaje

Pravilnik o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru (UL RS, št. 8/2007) v 35. členu podaja zahteve glede natančnosti določitve zemljiško-katastrskih točk. Natančnost določitve zemljiško-katastrskih točk opredeljujejo z daljšo polosjo standardne elipse zaupanja v horizontalnem položaju točke. V pravilniku je zapisano, da moramo pri določitvi koordinat zemljiško-katastrskih točk s terenskimi meritvami zagotoviti natančnost določitve položaja, ki je enaka ali boljša od 4 cm večje polosi standardne elipse pogreškov. Standardna elipsa pogreškov opisuje območje v horizontalni ravnini, kjer z verjetnostjo 39,4 % predpostavljamo, da se nahaja položaj točke. V kolikor želimo določiti območje s 95 % verjetnostjo, moramo območje standardne elipse pogreškov povečati za faktor 2,447. To pomeni, da pri 95 % elipsi pogreškov velika polos ne sme presegati 10 cm.

Zakon o evidentiranju nepremičnin podaja pravno podlago za uvedbo novega koordinatnega sistema v evidencah zemljiškega katastra. 139. člen zakona govori o novem državnem horizontalnem sistemu, ki se navezuje na koordinatni sistem ESRS (angl. *European Spatial Reference System*). Novi horizontalni koordinatni sistem so s *Pravilnikom o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru* najprej uvedli na področje zemljiškega katastra. Položaji novo določenih zemljiško-katastrskih točk morajo od 1. januarju 2008 naprej biti določeni v novem koordinatnem sistemu (ZEN, UL RS, št. 47/2006). Datum 1. januar 2008 se nanaša na začetek izvajanja *Zakona o evidentiranju nepremičnin – ZEN*, ki določa, da sta od takrat naprej v splošni rabi dva državna referenčna koordinatna sistema. Posebej govori tudi o koordinatnem sistemu Slovenske vojske, skladnim z določili zveze NATO (ZEN, UL RS, št. 47/2006).

Novi koordinatni sistem temelji na pasivni mreži petdesetih točk, katerih položaji so bili določeni v treh kampanjskih izmerah EUREF v letih 1995, 1996 in 1997. Položaji so bili izračunani za srednji trenutek izmer 1995,55 (Berk in sod., 2003). Novi datum koordinatnega sistema so po srednjem trenutku izmer poimenovali D96. D96 predstavlja slovensko realizacijo koordinatnega sistema ETRS89, ki jo kljub skoraj dvajsetletni starosti še vedno imenujemo novi koordinatni sistem. Nanaša se na elipsoid GRS-80 (angl. *Geodetic Reference System 1980*). Novi državni sistem je ravninski koordinatni sistem, ki ima za osnovo prečno Mercatorjevo projekcijo meridianskih con na elipsoidu GRS-80 (Berk in Kete, 2012).

Tako v starem kot v novem sistemu so parametri projekcije enaki, razlika med D48/GK in D96/TM je v tem, da se prvi nanaša na elipsoid Bessel, drugi pa na GRS-80. Izbrani faktor modulacije 0,9999 omogoča, da so deformacije tudi na skrajnih točkah državnega ozemlja manjše od ± 10 cm/km. Širina cone je bila prvotno določena s 3° . Ker je na zahodu države zelo majhen del državnega ozemlja v 4. coni, so se po študijah Peterce (1993) odločili za razširitev cone na $3^\circ 15'$. Takrat so predrugačili zapis

koordinat na Baumgartnerjev način, kjer se je pred y-koordinatami pisala tudi številka cone, v našem primeru številka 5. Zanimivo je, da se je Baumgartnerjev način zapisa vseeno ohranil pri podatkovnih zbirkah Ministrstva za obrambo (Berk in Kete, 2012).

Državno aktivno omrežje stalnih postaj GNSS SIGNAL zagotavlja določitev koordinat neposredno v koordinatnem sistemu ETRS89 oziroma v realizaciji koordinatnega sistema D96/TM. Koordinatni sistem ETRS89 in njegovo realizacijo D96/TM smo uvedli zaradi vse širše uporabe globalnih navigacijskih sistemov za določitev položajev točk v geodetskih nalogah. Tudi v strategiji osnovnega geodetskega sistema so kot priporočilo zapisali zamenjavo predhodnega državnega koordinatnega sistema D48/GK s skupnim evropskim koordinatnim sistemom ETRS89. *Tehnično navodilo za uporabo novega koordinatnega sistema v zemljiškem katastru iz leta 2006* je nudilo geodetskim podjetjem pomoč pri uporabi novega koordinatnega sistema v okviru izvajanja geodetskih storitev. V času modernizacije globalnih navigacijskih sistemov in razvoja tehnologije določanja položaja bi morda bilo smiselno tehnično navodilo v določenih segmentih dopolniti. Morda tudi s premislekom o arhiviranju podatkov opazovanj GNSS tudi iz kinematičnih metod izmere v realnem času (RTK), da bi lahko kadarkoli ponovno obdelali opazovanja in ovrednotili kakovost določitve položaja z drugimi načini obdelave opazovanj GNSS, kot jih nudijo algoritmi programske opreme v instrumentu GNSS geodetskega izvajalca.

3.1 Tehnično navodilo za uporabo novega koordinatnega sistema v zemljiškem katastru iz leta 2006

Z uvajanjem tehnologije GNSS v geodetsko prakso so v letu 2006 nastala tehnična navodila, kjer sicer niso strogo opisani postopki izmere, ampak podajajo priporočila za kakovostno izmero in določitev položajev točk v novem koordinatnem sistemu. Navodilo je nastalo pred desetletjem, vendar je za geodetske izvajalce še vedno dobro in zelo aktualno. Kljub temu bi veljalo razmisliti o nadgradnji navodil predvsem zato, ker se področje tehnologije GNSS razvija in nadgrajuje, kar vpliva tudi na končno kakovost določitve položaja v prostoru. V tehničnem navodilu so avtorji izpostavili na potrebo, da jih bo s časom in razvojem tehnologij in metod izmere potrebno nadgrajevati. Tako na primer v navodilo še ni vključena tehnika PPP (angl. *Precise Point Positioning*) absolutne določitve položaja (Sterle in sod., 2015).

3.1.1 Izbor instrumentarija

V tehničnem navodilu navajajo, da določitev položajev zemljiško-katastrskih točk z uporabo metod izmere GNSS zahteva uporabo opreme GNSS najvišjega kakovostnega razreda, to je uporabo večfrekvenčnih faznih instrumentov. Le-ta mora izpolnjevati naslednje zahteve:

- dvofrekvenčni sprejemnik GNSS (angl. *L1 & L2 code and carrier*), danes bi ob modernizaciji sistemov lahko govorili o večfrekvenčnih instrumentih,
- dvofrekvenčna (večfrekvenčna) antena GNSS, ki zmanjšuje učinke odboja signalov od objektov, imenovanega večpotje (angl. *multipath*) in interference signalov,
- algoritmi obdelave opazovanj morajo zagotoviti možnost določitve baznih vektorjev v horizontalni ravnini z natančnostjo 10 mm + 2 ppm,
- možnost uporabe popravkov opazovanj baznih postaj, stalno delujočih postaj GNSS ali omrežij (podpira format RTCM SC-104) ter
- podpora metodi RTK-izmere z navezavo na eno postajo GNSS ali na omrežje le-teh.

3.1.2 Izbor metod izmere GNSS

V tehničnem navodilu izbor metod izmere ni strogo opredeljen, tako da je odločitev o metodi izmere prepuščena geodetskemu izvajalcu. Tako je izbor določitve položaja točke z metodami GNSS primeren, če so na območju izmere izpolnjeni osnovni pogoji izvedbe opazovanj GNSS. V kolikor pogoji niso izpolnjeni, so v navodilih dana priporočila uporabe kombinirane ali le klasične metode izmere. Osnovni pogoji izvedbe metod izmere GNSS opredeljujejo, da:

- je nad obzorjem vsaj 5 – 6 satelitov GNSS, ki imajo ugodno geometrijsko razporeditev (nizek faktor DOP (angl. *Dilution of Precision*)),
- v neposredni bližini detajlnih točk ni morebitnih fizičnih ovir (visoki objekti, drevesa, neugoden relief), zlasti južno od točke izmere – ni pa opredeljeno, koliko lahko največ znaša višinski kot, da lahko kakovostno določimo položaj,
- v neposredni bližini ni motečih ravnih površin (pločevinaste strehe), ki povzročajo odboje signalov in
- v neposredni bližini detajlnih točk ni motečih virov elektromagnetnega valovanja (oddajniki, radijski pretvorniki, transformatorske postaje), kjer lahko pride do interference s signali GNSS.

Za potrebe izvedbe geodetskih storitev v okviru zemljiškega katastra je primerna uporaba:

- metode RTK izmere GNSS (*Stop & Go*¹ način določitve položajev točk),
- kinematične metoda izmere z naknadno obdelavo (*Stop & Go* način določitve položajev točk) in
- hitre statične metode izmere (dolžina trajanja opazovanj naj bi bila 10 min + 1 min·*b*, kjer *b*

¹ V okviru RTK in kinematične metode izmere v zemljiškem katastru je primeren le način meritev *Stop & Go*. To pomeni, da četudi nam metoda omogoča določitev položajev točk med gibanjem, se v konkretnem primeru ustavimo (faza *Stop*) in izvedemo opazovanje (od nekaj sekund do nekaj minut), nato pa se prestavimo na naslednjo točko (faza *Go*).

predstavlja oddaljenost od referenčne postaje v kilometrih).

Metode se nanašajo na relativno določitev položajev točk glede na izbrano referenčno točko, ki je v danem primeru stalna postaja GNSS, postaja VRS ali kakovostno določena točka v koordinatnem sistemu ETRS89.

Prednost RTK metode s *Stop & Go* načinom izmere je, da omogoča določiti položaje točk v realnem času. To omogoča hitro in kakovostno določitev koordinat zemljiškokatastrskih in detajlnih točk (prenos meje v naravo) v realnem času na terenu. Kinematična metoda je prav tako primerna, vendar ne omogoča pridobitve koordinat v realnem času temveč šele po naknadni obdelavi v pisarni. Na terenu lahko vidimo le podatke o absolutnem položaju točk v globalnem koordinatnem sistemu WGS-84 (angl. *World Geodetic System 1984*), ki je opredeljena z nekajmetrsko točnostjo določitve položaja. Hitra statična metoda izmere je prav tako priporočljiva, saj omogoča določitev položaja z višjo točnostjo kot metoda RTK. Hitra statična metoda izmere GNSS je boljša izbira za določitev koordinat točk izmeritvene mreže, to je mreže točk, ki služijo za nadaljnjo klasično metodo izmere.

V primerih, ko je oddaljenost med mobilnim in referenčnim sprejemnikom večja (v navodilih govorijo o oddaljenosti 15 km), za določitev položajev točk v realnem času potrebno za izhodiščno točko uporabiti VRS.

V tehničnem navodilu podajajo priporočljive parametre nastavitve in izvedbe metode RTK izmere, ki so vezani na sekundni interval registracije opazovanj GNSS, število vsaj desetih meritev pri načinu *Stop & Go* v idealnih² pogojih, drugače 20, najmanjši višinski kot satelitov 10° ter faktor PDOP, ki mora biti manjši od 6. V navodilu ni podane stroge zahteve po shranjevanju opazovanj GNSS, ampak je podana le kot priporočilo, zato izvajalci v splošnem opazovanj GNSS ne shranjujejo, če pa že, shranjujejo opazovanja v lastnem arhivu.

Prav temu bi bilo morda v prihodnje smiselno posvetiti večjo pozornost. V kolikor imamo shranjena opazovanja izmer GNSS in ne le koordinat, jih lahko kadarkoli obdelamo in odpravimo morebitne nepravilnosti (koordinate stalne postaje, filtriranje opazovanj, itd,...) oziroma opazovanja lahko obdelamo z drugimi algoritmi obdelave, kot jih omogoča programje v instrumentih. Če so pogoji za izvedbo opazovanj GNSS slabi³, je priporočljivo izvesti večje število ponovitev meritev na točki in nastavitve višinskega kota satelitov do največ 15° .

² Idealni pogoji predstavljajo situacijo, ko je nad obzorjem oziroma pod kotom večjim od 15° vsaj 8 satelitov (v primeru enakomerne razporeditve zadostuje 6), oziroma ko je PDOP manjši od 2.

³ Pogoji za meritve so slabi ko je na voljo minimalno število satelitov, pogoste so prekinitve signala in izgube inicializacije.

3.1.3 Ocena kakovosti opazovanj izmere GNSS

Oceno kakovosti opazovanj na terenu lahko ovrednotimo s kontrolo inicializacije (izračuna fazne nedoločenosti), ki se hkrati navezuje na kontrolo koordinat, ki naj bi jih na terenu določili večkrat neodvisno s časovnim zamikom vsaj 30 minut, kolikor lahko traja dolžina odboja signalov od bližnjih objektov pri dani geometrijski razporeditvi satelitov. Tudi pri preizkusu instrumentov GNSS govorijo, da je z metodo RTK potrebno večkrat neodvisno določiti položaje točk, pri čemer nad bi bile zaporedne meritve zaradi drugačnih pogojev razporeditve satelitov na obzorju, kar vpliva tudi na pojav odbojev signalov od objektov, v razmiku od 20 do 25 minut (Pavlovčič Prešeren in sod., 2010). V tehničnem navodilu je opisano, da je dobro izvesti vsaj dve neodvisni meritvi na vsaki zemljiško-katastrski točki. Postopek inicializacije⁴ ima velik vpliv na kakovost določitev koordinat v okviru metode RTK izmere. Priporočljiva je izvedba inicializacije na najbolj odprtem (brez ovir, ki bi onemogočale sprejem signalov GNSS) delu delovišča. Zaradi neposrednega vpliva, ki ga ima postopek inicializacije na nadaljnje meritve, je potrebno narediti kontrolo inicializacije, ki je lahko sočasno tudi kontrola izračunanih koordinat v realnem času. To lahko naredimo na kontrolnih točkah, ki so lahko katerakoli stabilizirana točka na ali v bližini delovišča, ki ima kakovostno določen položaj v koordinatnem sistemu ETRS89. Kontrolo inicializacije in izračunanih koordinat na kontrolni točki naredimo na začetku in koncu kinematičnih metod izmere oziroma po vsakokratni izgubi signala GNSS in ponovni inicializaciji. Pri sprejemnikih GNSS z vgrajeno funkcijo kontinuiranega spremljanja določitve fazne nedoločenosti, je dovolj, da kontrolo inicializacije naredimo le na začetku in koncu opazovanj na delovišču.

Priporočljive nastavitve parametrov za izvedbo kinematične izmere so enake nastavitvam pri RTK, le da povečamo število meritev pri načinu zajema *Stop & Go* v idealnih pogojih na vsaj 30, saj razen predhodne ocene natančnosti določitve koordinat nimamo na voljo podatkov o količini in kakovosti opravljenega dela.

V kolikor obstaja zahteva po višji točnosti določitve koordinat, kot je mogoča z uporabo RTK ali kinematičnih metod, izvedemo statično ali hitro statično metodo izmere GNSS. Zaradi časovno daljših opazovanj metodo priporočajo v primeru izvedbe kombinirane metode izmere za določitev koordinat izmeritvenih točk. Te služijo naprej za izhodišče klasičnih meritev, zato jih moramo določiti z višjo točnostjo kot zemljiško-katastrske točke. Priporočljivi parametri hitre statične izmere so:

- interval registracije vsaj 5 s,
- navezava na VRS, v kolikor je oddaljenost od bazne postaje večja od 5 km,
- trajanje opazovanj naj bo vsaj $10 \text{ min} + 1 \text{ min} \cdot b$, kjer b predstavlja oddaljenost od referenčne postaje,

⁴ Inicializacija je postopek določitve neznanega števila celih valov v začetnem trenutku opazovanj.

- najmanjši višinski kot satelitov je od 10° do 15° in
- faktor PDOP naj bo manjši od 6.

Kljub temu, da v tehničnem navodilu ni izrecno zahteve izvedbe kontrole notranje natančnosti, ki se nanaša na kontrolo relativnih odnosov med točkami, bi bilo smiselno tudi z drugimi postopki izmere (klasični) preveriti kakovost določitve položajev točk. Nekateri izvajalci že postopajo na tak način in imajo na delovišču vzpostavljeno mrežo točk za kontrolo, pri čemer relativne položaje med točkami določijo tudi z drugimi bolj natančnimi geodetskimi postopki določitve položaja. Z uvedbo tehnologije GNSS v geodetsko prakso se kontroli relativnih odnosov med točkami ni posvečalo več tako velike pozornosti kot prej. Ker vemo, da določene metode izmere GNSS vodijo le do položajev točk, ki so določeni relativno na točke, ki niso sestavni del izmeritvene mreže (referenčna bazna postaja, stalna postaja omrežja SIGNAL oziroma virtualna točka VRS), bi bilo v prihodnje v navodilo smiselno dodati zahtevo po neodvisni kontroli določitve kakovosti relativnih odnosov med točkami z drugimi geodetskimi postopki. Na ta način bi se predvsem v zemljiškem katastru lahko vzpostavila kontinuiteta vodenja elaboratov, kot so obstajali nekoč. Pomembno je, da na področju zemljiškega katastra kakovosti relativnih odnosov določitve položajev točk posvetimo večjo pozornost. Nekateri geodetski izvajalci se tega zavedajo, zato kakovost terenskih meritev z GNSS že vrednotijo z neodvisno kontrolo določitve položajev točk, ki je pridobljena s klasičnimi postopki izmere.

3.1.4 Navezava na stalno postajo GNSS ali VRS

Določitev koordinat lahko poteka z navezavo na referenčno postajo GNSS, priporočljiva je navezava na vsaj dve stalni postaji in izračun koordinat z izravnavo baznih vektorjev.

Stalno delujoča postaja GNSS omogoča uporabniku navezavo na koordinatni sistem ETRS89. Gre za kakovostno stabilizirano točko, kjer je nameščena oprema GNSS za neprekinjeno izvajanje opazovanj GNSS. Opravlja funkcijo baznega sprejemnika, ki se nahaja na točki z dobro določenimi koordinatami v koordinatnem sistemu ETRS89. Pogoji za izvedbo meritev in obdelavo opazovanj so:

- pridobitev podatkov o postaji (položaj v ETRS89, tip antene, višina in način merjenja),
- v primeru metode RTK mora biti zagotovljena komunikacija med stalno delujočo postajo in premičnim sprejemnikom,
- v primeru kinematične ali hitre statične metode izmere mora biti omogočena pridobitev podatkov opazovanj na stalni postaji v uporabniško neodvisnem formatu RINEX.

Prednost metode je, da uporabnik potrebuje le en sprejemnik GNSS za izvedbo izmere, vendar se moramo zavedati, da se z oddaljevanjem od stalne postaje slabša kakovost določitve položajev novih točk.

3.1.5 Mere kakovosti določitve položajev točk

Meri za natančnost koordinat zemljiško-katastrskih točk pravilnik opisuje posebej:

- s koordinatami točk v ravnini: daljša polos standardne elipse zaupanja ravninskih koordinat in
- z višino: standardni odklon višine.

Za izračun daljše polosi standardne elipse zaupanja uporabimo enačbo 1 (Stopar, 2007):

$$a = \sqrt{\frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}{2} + \sqrt{\frac{(\sigma_x^2 - \sigma_y^2)^2}{4} + \sigma_{xy}^2}} \quad (1)$$

pri tem predstavljata σ_x in σ_y standardni odklon ravninskih koordinat x in y in σ_{xy} kovarianco ravninskih koordinat (v koordinatnem sistemu x zamenjamo z n in y z e). Po pravilniku o urejanju mej je predpisana natančnost zemljiško-katastrskih točk podana z daljšo polosjo standardne elipse zaupanja, ki mora biti krajša od 4 cm (pri 95 % elipsi pa 10 cm). Natančnost elipsoidne višine določa standardni odklon elipsoidne višine. Le ta je približno za 2 – 3 krat slabša, kot je natančnost ravninskih koordinat. Nadmorsko višino točke izračunamo na podlagi geoidne višine in je odvisna od natančnosti elipsoidne višine in kakovosti uporabljenega absolutnega modela geoida. V okviru obstoječega modela geoida Slovenije SLOG2000 (Pribečević, 2000) ne razpolagamo s podatki o kakovosti na izbranem območju.

V primeru uporabe metode RTK izmere določimo daljšo polos standardne elipse zaupanja iz standardnih odklonov in kovariance ravninskih koordinat. V primeru kinematične ali hitre statične metode izmere se le-ta določi iz a-posteriori standardnih odklonov ravninskih koordinat baznega vektorja, ki je ocenjen v okviru obdelave baznega vektorja in a-posteriori standardnih odklonov ravninskih koordinat, ki so ocenjene v okviru izravnave (v primeru ko je točka določena z navezavo na več stalno delujočih postaj GNSS).

Kontrolo izračunanih koordinat izvedemo na podlagi odstopanj koordinat na kontrolnih točkah (razlika med danimi in z izmero določenimi koordinatami) ter iz izvedbe dvojnih meritev identičnih točk v razmahu vsaj 30 minut, pri čemer je dopustno odstopanje 10 cm (*Tehnično navodilo za uporabo novega koordinatnega sistema...*, 2007). Vrednost 10 cm je precej velika glede na zahtevano natančnost določitve zemljiško-katastrskih točk.

Postaja GNSS ali omrežje postaj mora omogočati določitev koordinat v novem državnem koordinatnem sistemu. Prav tako mora omogočati določitev koordinat zemljiško-katastrskih točk z

natančnostjo, večjo ali enako štirim centimetrom. Podrobnejši predpisi glede vzpostavitve stalne postaje GNSS ali omrežij postaj trenutno ne obstajajo.

4 Praktična vzpostavitev stalne postaje GNSS

Pri vzpostavitvi stalno delujoče postaje moramo posebno pozornost posvetiti mestu in načinu stabilizacije. Priporočljivo je upoštevati priporočila za vzpostavitev stalne postaje GNSS. V nadaljevanju navajamo nekaj glavnih pogojev, ki smo jih upoštevali pri postavitvi lastne postaje (slika 3). Anteno GNSS moramo stabilizirati na zelo stabilnih objektih, v bližini naj ne bi bilo motečih elementov, ki bi povzročali odboje signalov ali onemogočali sprejem (visoka drevesa, stavbe,...). Postaja mora biti dostopna vzdrževalcem sistema v neomejenem obsegu.



Slika 3: Stabilizacija antene GNSS

4.1 Pregled zahtev

Kakovost delovanja stalnih postaj GNSS je v veliki meri odvisna od izbora lokacije in pogojev za optimalno izvedbo opazovanj GNSS. Različne svetovne organizacije so oblikovale smernice za namestitve postaj GNSS z namenom zagotavljanja kakovosti. Uporaba smernic pomaga zagotavljati homogene storitve na širšem območju.

Smernice EUPOS (angl. *European Position Determination System*) niso tako stroge kot smernice služb IGS (angl. *International GNSS Service*) in EPN (angl. *EUREF Permanent Network*), ki zahtevata upoštevanje večjega števila parametrov, kot so kalibracije anten in podobno. Omrežje EUPOS primarno ni zasnovano za znanstvene namene. Vključuje primere dobre prakse, katerih poznavanje in upoštevanje omogoča zmanjševanje problemov delovanja v fazi obratovanja in sicer (Horváth in sod., 2008):

- izjemnega pomena je primerna izbira lokacije antene GNSS. Nad višinskim kotom 5° naj bi bile le minimalne fizične ovire. Na izbranih lokacijah ne pričakujemo večjih dolgoročnih sprememb, kot so spremembe na stavbah ali rast dreves;
- za postavitev antene je potrebno izbrati primerne objekte v stabilnem okolju. Izogibamo se morebitni plazeči se podlagi, lokacij površinskih vibracij zaradi težkega prometa in novozgrajenim objektom ali razširjenih stavb;
- da zmanjšamo možnost pojava odboja signala GNSS, antene ne smemo stabilizirati v bližini ravnih kovinskih površin, zidov, kovinskih palic ali drugih kovinskih konstrukcij, kot so antenski stolpi in podobno. Izogibamo se žičnim ograjam in velikim steklenim površinam, stoječi vodi, bazenom ali jezerom. Antena naj bo pritrjena vsaj 50 cm nad ravno površino. V kolikor se odbojnimi površinam ni mogoče izogniti, je priporočljivo površine pokriti z materiali, ki vpijajo mikrovalove. V omrežju EUPOS dovolijo le uporaba posebnih anten

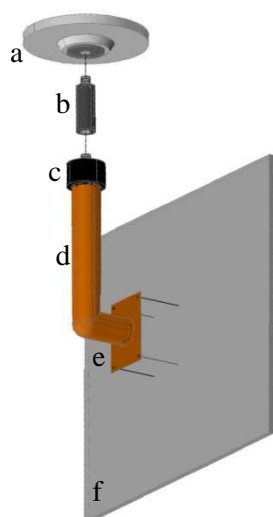
GNSS, ki so sestavljene iz koncentričnih kovinskih delov. Imenujemo jih *choke-ring* antene.

- Signali GNSS so zelo dovzetni na motnje različnih virov mikrovalov, ki oddajajo signale v zaščitenem frekvenčnem območju, namenjenem satelitski navigaciji. Moteči viri so visokonapetostni daljnovodi, transformatorske in radarske postaje ter nestandardne in brezžične komunikacijske naprave. Da se izognemo težavam, izberemo lokacijo za postavitev antene na območjih z majhnim potencialom radio-frekvenčnih motenj. Pred izvedbo je dobro narediti test zaznave motečih dejavnikov. Analizo ponovimo v primeru motenj v delovanju, ki nimajo vzroka v okvarah opreme GNSS.
- Podatke opazovanj GNSS posredujemo po intranet ali internet povezavi, zaradi česar so primernejša območja z zanesljivimi telekomunikacijami.
- Sprejemnik GNSS namestimo v prostorih z nadzorovano temperaturo zaradi zaščite pred pregrevanjem.
- Izberemo varno lokacijo. Pomembno je, da imajo vzdrževalci neomejen dostop do opreme kadarkoli, tudi med dela prostimi dnevi. Nepooblaščen osebe naj do dostopa ne bi imele pravice.
- Premiki antene referenčne postaje GNSS se negativno odražajo na točnost določitve položaja. Zato moramo sprejeti vse možne ukrepe za zagotovitev stabilnosti antene. Na voljo so različne izvedbe nosilcev, odvisno od podlage pritrditve (živa skala, zemljišče, streha zgradbe, opuščen dimnik). Nosilec mora biti opremljen s trajno referenčno oznako, ki služi kot geodetska referenčna točka. Višina antene se meri od referenčne oznake.
- V kolikor bodo stalne postaje GNSS povezane v omrežje, je priporočljivo, da pri postavitvi antene uporabljamo enake nastavitve za vse antene v omrežju. Idealno je, da anteno namestimo vertikalno nad referenčno oznako. Orientiramo jo proti severu (glede na oznako severa ali RF priključek antene) in jo horizontiramo.
- Položaj antene moramo periodično spremljati in po potrebi podati popravljene koordinate.
- Uporabiti moramo samo koaksialne antenske kable visoke kakovosti. Dolžina naj ne presega 50 m, v nasprotnem moramo uporabiti ojačevalce signala. Izogibamo se podaljškom antenskih kablov in uporabi kabelskih priključkov.
- Sprejemnike GNSS in ostalo opremo na postaji, kot so računalniki in komunikacijske naprave, moramo zaščititi pred nihanjem v napetosti in prekinitvami z zagotovitvijo prenapetostne zaščite in rezervnega napajanja.
- Referenčne postaje v omrežju EUPOS delujejo neprekinjeno 24 ur na dan 7 dni v tednu. Opazovanja ne smejo biti prekinjena, razen začasnih prekinitev zaradi vzdrževanja sistema. Posodobitev sistema in ponovni zagon sprejemnika GNSS mora biti možno izvesti iz oddaljenega centra.
- Dogodki, kot so povezave na sistem z opisi, morajo biti evidentirani in ažurni.

Služba IGS predstavlja prostovoljno združenje več kot 200 svetovnih agencij, ki izmenjujejo sredstva in podatke opazovanj sistemov GPS in GLONASS. Zavezali so se k zagotavljanju najkakovostnejših podatkov in izdelkov kot je primer standarda za globalne navigacijske satelitske sisteme (GNSS), ki nudi podporo v raznih raziskavah in izobraževanju. Zato podajajo podrobnejša priporočila za vzpostavitev stalnih postaj GNSS, ki so vključena v omrežje. Podrobneje podajajo zahteve, ki jih mora izpolnjevati sprejemnik, zapisu podatkov, časovni sinhronizaciji opazovanj s časom navigacijskih sistemov GNSS, nastavitve opazovanj in kalibracijskih protokolih anten GNSS. Postaja mora zagotavljati lastno internetno stran z nedavnimi slikami, zlasti po morebitnih spremembah. Zahtevajo tudi, da postaja vključuje meteorološko opremo (IGS, 2013).

4.2 Praktična realizacija postavitve lastne stalne postaje

V nalogi smo se odločili za stabilizacijo antene GNSS na opuščenem dimniku stanovanjske stavbe, medtem ko smo sprejemnik GNSS namestili v kletnih prostorih. Zaradi lege prostora namestitve je oprema varna pred pregrevanjem. Poskrbeli smo za dvojno napajanje in sicer napajanje iz omrežja in baterij, ki omogočajo do 6 ur neprekinjenega delovanja. Na ta način preprečimo morebitne izgube podatkov opazovanj ob mogočih izpadih električne energije. Prav tako smo poskrbeli za varnost pred posegi »nepooblaščenih« oseb. Na sliki 4 shematsko prikazujemo način postavitve antene stalne postaje. Na opuščenem dimniku pritrjen L-nosilec z navojem omogoča prisilno centriranje antene. Ekscentričnost med referenčno oznako in anteno znaša 0,00 m (IGS, 2013). Programska oprema je nameščena na računalniku HP ProOne 600 z operacijskih sistemom Windows 7.

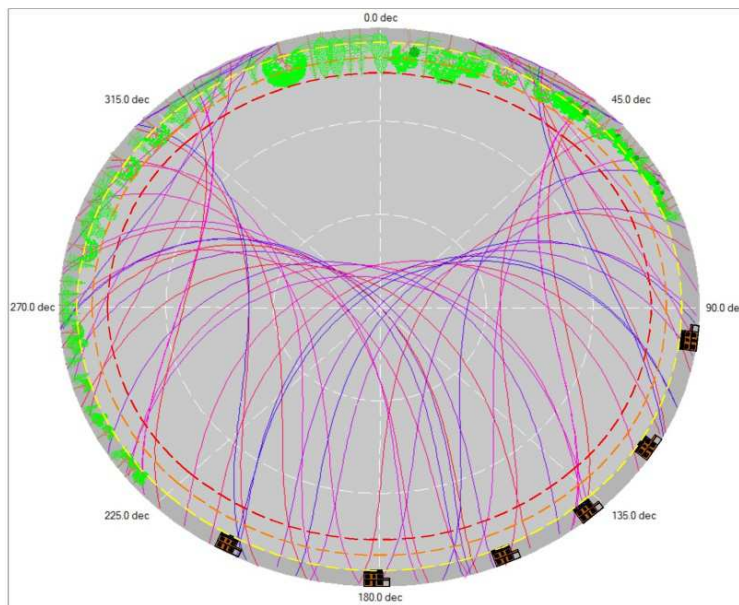


Slika 4: Shema stabilizacije antene GNSS

Opis sestavin stabilizacije antene GNSS:

- a ... antena GNSS
- b ... adapter za pritrnitev antene GNSS
- c ... referenčna oznaka
- d ... L-nosilec antene GNSS
- e ... mesto pritrditve nosilca na podlago
- f ... podlaga pritrditve nosilca antene GNSS
(opuščen dimnik)

Izbira ustrezne mikrolokacije (lokalna geološka stabilnost terena) in načina stabilizacije antene GNSS ima pomembno vlogo na zmanjšanje številnih vplivov na opazovanja in omogoča časovno stabilnost (Šarlah in sod., 2015). Ključni dejavnik izbire ustrezne mikrolokacije je možnost izvajanja kakovostnih meritev GNSS. Na sliki 5 je vidno, da izbrana mikrolokacija izpolnjuje pogoj odprtosti horizonta nad višinskim kotom 5° (Horváth in sod., 2008) na jugovzhodni, južni in jugozahodni strani. Gozdu, ki predstavlja fizično oviro severozahodno, severno in severovzhodno od antene se pri stabilizaciji nismo mogli izogniti. Na severozahodni in severovzhodni strani neba so ovire večinoma pod višinskim kotom 10° , na severu, kjer ovire segajo tudi do višinskega kota 15° , ni bilo prisotnih satelitov GPS. V nastavitvah premičnega sprejemnika smo nastavili sledenje satelitov nad višinskim kotom 10° , zato v našem primeru ni potrebe po sledenju satelitov pod višinskim kotom 10° na stalni postaji GNSS (Bilban, 2016). V bližini antene ni virov elektromagnetnega valovanja, ki bi povzročali motnje v sprejemu signalov GNSS. Izognili smo se tudi večjim ravnim površinam, ki bi lahko povzročale odboje signalov, kot so kovinske strehe, vodne površine, v bližini referenčne točke prav tako ni večjih kovinskih konstrukcij.



Slika 5: Prikaz horizonta z gibanjem satelitov GPS in obstoječih ovir. Črtkane črte predstavljajo višinski kot, in sicer rumena 5° , oranžna 10° in rdeča 15° . Krivulje prikazujejo gibanje satelitov GPS.

4.3 Finančno ovrednotenje postavitve lastne postaje GNSS

Pri vzpostavitvi lastne stalne postaje GNSS smo se osredotočili na razpoložljivo strojno in programsko opremo. Sem štejemo sprejemnik GNSS in programski paket Leica Geo Office za obdelavo opazovanj GNSS ter računalnik v vlogi *Ntrip-Casterja*. Za vzpostavitev komunikacije med stalno postajo in premičnim sprejemnikom je bila uporabljena brezplačna programska oprema, ki je na voljo na spletu. Dodatno je bilo potrebno zagotoviti zanesljivo napajanje opreme. V ta namen je bil dokupljen napajalnik Leica PSA31U-120, ki je priklopljen na enoto za brezprekinitveno napajanje, ki premosti krajše izpade električne energije. L nosilec antene GNSS, nameščen na opuščen dimnik stanovanjske hiše, je bil izdelan in nameščen v lastni režiji. Anteno GNSS s sprejemnikom povezuje približno 10 m kakovostnega koaksialnega antenskega kabla. Povezavo med sprejemnikom GNSS in računalnikom

omogoča kabel za prenos podatkov Leica GEV195 z Lemo in USB priključkoma. V preglednici 1 podajamo seznam opreme, potrebne za zagotovitev delovanja stalne postaje GNSS.

Preglednica 1: Seznam opreme za vzpostavitev stalne postaje GNSS

Oprema	Opis	količina
GNSS sprejemnik	GPS-sprejemnik Leica SR530	1
	GPS-antena Leica AT502	1
	baterija Leica GEB121	2
	PCMCIA spominska kartica	1
Dodatna oprema	Kabel za podatkovni prenos Leica GEV195	1
	Napajalnik Leica PSA31U-120	1
	Koaksialni antenski kabel MIL-C 17F RG58 C/U	10 m
	TNC konektor 405020/D	2
	Enota za zagotavljanje brezprekinitvenega napajanja UPS	1
Programska oprema	Lefebure NTRIP Caster	1
Opcijska oprema	GNSS-antena AT504 Choke ring	opcijsko
	RS232 to Ethernet TCP/IP	opcijsko
Po meri izdelana oprema	L nosilec antene GNSS	1
	Adapter za pritrditev antene GNSS	1

V našem primeru ocenjujemo strošek vzpostavitve lastne stalne postaje GNSS v velikostnem razredu dveh tisočih evrov. Ker je bil sprejemnik GPS in nekaj dodatne opreme že na voljo, je bil dejanski strošek vzpostavitve občutno nižji. V stroške vzpostavitve stalne postaje niso vključeni stroški računalnika v vlogi *Ntrip Casterja*. Uporabi računalnika se lahko izognemo z uporabo cenovno ugodnega vmesnika RS232 na TCP/IP za prenos podatkov opazovanj. Po meri izdelana oprema vsebuje le približno oceno stroškov, dobljeno na podlagi prodajne vrednosti materiala in ocene porabljenega časa za izvedbo. Namesto po meri izdelanega adapterja za pritrditev antene GNSS lahko uporabimo tudi sprejemniku priložen adapter Leica GAD31. V tem primeru je potrebno L nosilec antene prilagoditi adapterju za montažo brez navoja. Vrednost sprejemnika GNSS je povzeta po prodajni vrednosti rabljenih sprejemnikov uporabljenega modela na svetovnem spletu. Najdemo lahko tudi cenejšo različico sprejemnika, ki bo zadostovala potrebam. V primeru uporabe antene z dušilnimi obroči Leica AT504 pa se približamo vrednosti 3.000 EUR. Finančno ovrednotena izvedba pa žal ne podpira sistema GLONASS.

5 Statična izmera GNSS in obdelava opazovanj za vzpostavitev lastne stalne postaje in mreže točk v okolici stalne postaje

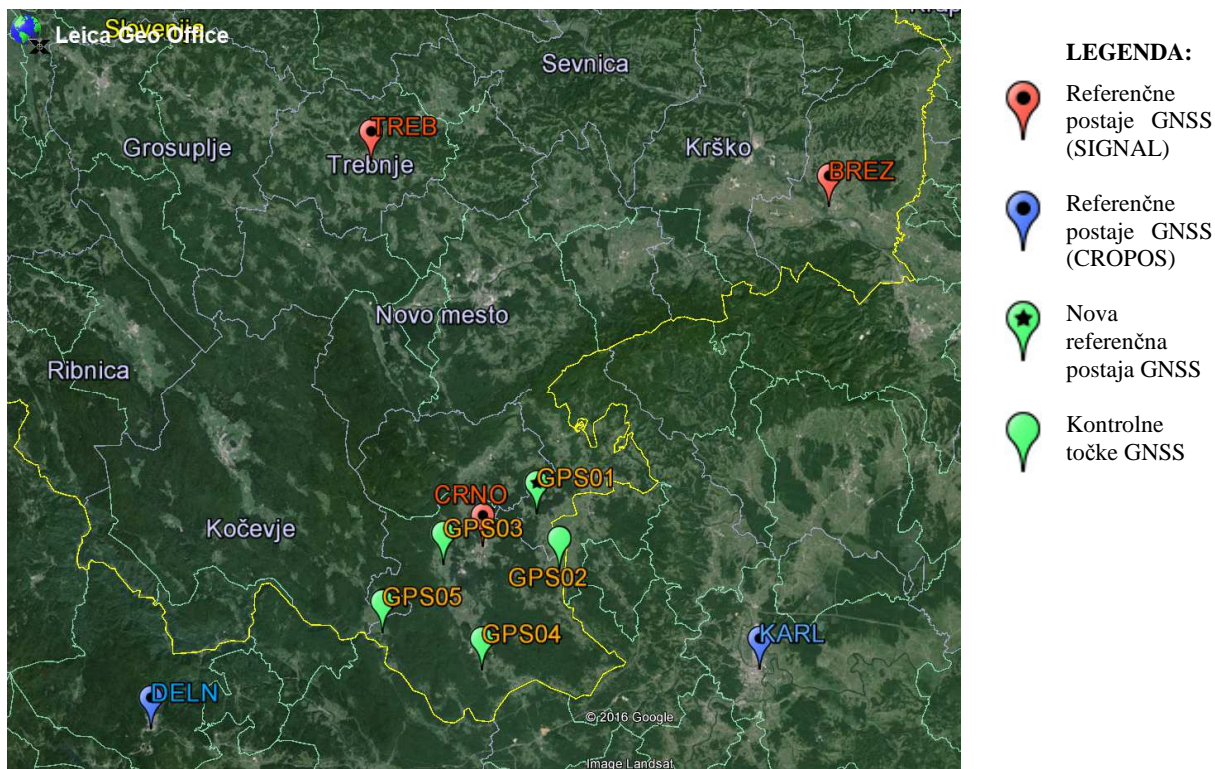
Položaj stalno delujoče postaje moramo v izbranem koordinatnem sistemu določiti z visoko točnostjo. V ta namen smo izvedli 14-dnevno statično izmero GNSS. V času trajanja statične izmere na točki stalne postaje GNSS smo z drugim sprejemnikom GNSS pridobili krajša 12-urna statična opazovanja na točkah, ki služijo zavarovanju stalne postaje in so od stalne postaje oddaljene 5, 10, 15 in 20 km.

5.1 Planiranje in izbor točk za izvedbo izmere GNSS

Način vzpostavitve stalne postaje GNSS smo opisali v prejšnjem poglavju, tokrat opisujemo način vzpostavitve štirih točk, ki primarno služijo za oceno kakovosti izmere RTK relativno na stalno referenčno postajo. Točke lahko uporabimo tudi za postavitev baznega stojišča, v kolikor izvajamo opazovanja v njihovi bližini. Ob primerjavi določitve položajev točk smo vrednotili tudi kakovost določitve položajev točk, če se oddaljujemo od stalne postaje. Točke smo vzpostavili na oddaljenostih 5 km (Griblje), 10 km (Dobliče), 15 km (Stara Lipa) in 20 km (Stari trg ob Kolpi) od stalne postaje GNSS.

5.1.1 Ogled terena

Pri izboru mikrolokacij točk smo upoštevali dejavnike za kakovostno izvedbo izmere GNSS. Mesto stabilizacije smo izbrali tako, da je stabilno in varno pred morebitnim fizičnim uničenjem, hkrati smo zagotovili, da v bližini ni bilo ovir, ki bi onemogočale oziroma motile sprejem signalov GNSS. Ker smo za teste s sprejemnikom GNSS na posamezni točki izvajali daljša opazovanja (tudi 12 ur), smo morali zagotoviti tudi varnost pred krajo. Na sliki 6 prikazujemo razporeditev točk, vključno z referenčnimi postajami GNSS državnega omrežja SIGNAL.



Slika 6: Razporeditev uporabljenih GNSS-točk na širšem območju Črnomlja

Po določitvi približnih lokacij smo izbrali ustrezne mikrolokacije kontrolnih točk in jih stabilizirali. Za stabilizacijo smo uporabili plastično oznako poligonske točke s kovinskim sidrom, kar prikazujemo na sliki 7 in sliki 8.



Slika 7: Plastična oznaka poligonske točke s kovinskim sidrom



Slika 8: Stabilizirana kontrolna točka

5.2 Pregled uporabljene strojne in programske opreme

Tako za vzpostavitev stalne postaje kot za izvedbo opazovanj s premično enoto in naknadno obdelavo opazovanj smo uporabili opremo istega proizvajalca. V nadaljevanju podajamo opis značilnosti posameznih komponent strojne in programske opreme.

5.2.1 Merska oprema

Strojno opremo, nameščeno na stalni referenčni postaji, prikazujemo na sliki 9. V nadaljnjem besedilu smo jo poimenovali komplet merske opreme 1.

Komplet merske opreme 1 sestavlja:

- sprejemnik Leica SR530,
- pomnilniška kartica PCMCIA SanDisk 32 MB,
- antena Leica AT502,
- kabel Leica GEV195 za prenos podatkov RTCM,
- antenski kabel dolžine 15 m za povezavo antene GNSS s sprejemnikom,
- napajalnik Leica,
- 2 NiMH bateriji Leica GEB121 in
- nosilec antene.

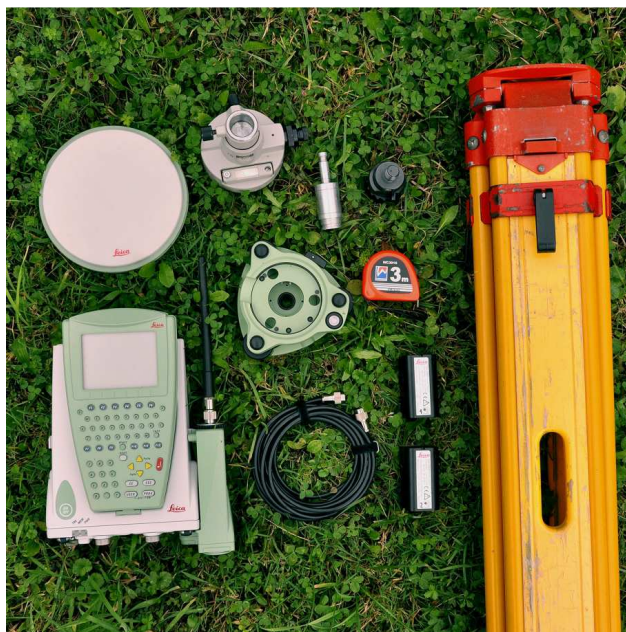


Slika 9: Komplet opreme za izvedbo statične izmere GNSS in vzpostavitev stalno delujoče referenčne postaje

Opremo, ki jo uporabljamo na terenu, smo poimenovali komplet terenske merske opreme 2 in jo prikazujemo na sliki 10.

Komplet terenske merske opreme 2:

- sprejemnik Leica GX1230,
- pomnilniška kartica SD SanDisk 32 MB,
- antena Leica AX1202,
- antenski kabel 3 m za povezavo antene s sprejemnikom,
- 2 Li-Ion bateriji Leica GEB221
- stativ,
- podnožje Leica GDF111-1 z optičnim grezilom SOKKIA AP41 in cevno libelo,
- ročni meter za določitev višine antene
- nosilec antene.



Slika 10: Komplet opreme za izvedbo statične in RTK izmere na kontrolnih točkah

5.2.2 Tehnični podatki merske opreme GNSS

Tako za obdelavo opazovanj v realnem času kot pri naknadni obdelavi opazovanj so zelo pomembni tehnični podatki merske opreme, pri kateri je potrebno najbolj izpostaviti tip uporabljene antene GNSS. V nadaljevanju podajamo značilnosti sprejemnika Leica SR530 (Leica, 2001) in Leica GX1230 (Leica, 2008).

- Sprejemnik Leica SR530

Tip sprejemnika	32-kanalni dvo-frekvenčni sprejemnik GPS
Tehnologija sprejemnika	<i>ClearTrack™</i>
Način izmere	statična, RTK, DGPS
Zmožnost sledenja signalov	GPS L1, L2
Antena	AT502
Vmesniki	dva serijska vmesnika, vhod za kontroler, antenski priključek, priključek za priklop zunanjega napajanja, serijski priključek za napajanje.
Napajanje on poraba energije	12V DC
Velikost in masa	0,198m x 0,166m x 0,701m (ohišje sprejemnika) 1,25 kg
Natančnost	Je opredeljena z natančnostjo statične metode izmere - položajno: 3 mm + 0,5 ppm
Posodobitev položaja	10Hz Časovna zakasnitev: < 0,03 s
Komunikacijski protokoli	- Leica, CMR/CMR+; - RTCM V2.1 / 2.3 / 3.0 - NMEA 0183 V2.20 in proizvajalčevi protokoli.
Spomin	- notranji spomin: 8MB, 16 MB (opcijsko) - PCMCIA <i>flash</i> kartica: 8 MB, 16 MB, 96 MB
Napajanje (baterije)	dve izmenljivi bateriji GEB121. NiMH. 6V / 4,2Ah. Bateriji zadostujeta za do 6 ur neprekinjenega delovanja

- Sprejemnik Leica GX1230

Tip sprejemnika	64-kanalni dvo-frekvenčni sprejemnik GPS	
Tehnologija sprejemnika	<i>SmartTrack</i> (Patentirana tehnologija proizvajalca Leica)	
Način izmere	statična, RTK, DGPS	
Zmožnost sledenja signalov	GPS L1, L2 SBAS	
Antena	AX1202	
Vmesniki	trije serijski vmesniki, vhod za kontroler, antenski priključek, priključek za priklop zunanje napajanja	
Napajanje in poraba energije	sprejemnik 12V DC 3,2W, 270 mA	antena 4,5 – 18V 50 mA
Velikost in masa	0,212m x 0,166m x 0,079m (ohišje sprejemnika) Sprejemnik 1,2 kg, antena 0,44 kg	
Natančnost	Statika s standardno anteno - položajno: 5 mm + 0,5 ppm - višinsko: 10mm + 0,5 ppm	Kinematična - položajno: 10 mm + 1 ppm - višinsko: 20mm + 1 ppm
Posodobitev položaja	Nastavljiva: 0,05 s (20Hz) do 60 s Časovna zakasnitev: < 0,03 s	
Komunikacijski protokoli	- Leica, Leica 4G, CMR/CMR+; - RTCM V2.1 / 2.3 / 3.0 / 3.1 - NMEA 0183 V2.20 in proizvajalčevi protokoli.	
Spomin	- notranji spomin: 256 MB - <i>Compact Flash</i> kartica: 64 MB, 256 MB, 1 GB	
Napajanje (baterije)	dve notranji izmenljivi bateriji GEB221. Li-Ion. 7,4V / 4,4Ah	

5.2.3 Nastavitve sprejemnikov GNSS za izvedbo statične izmere GNSS

Na sprejemnikih smo med izvedbo statične izmere GNSS nastavili parametre:

- tip antene: Leica AT502 na sprejemniku SR530 in Leica AX1202 na sprejemniku GX1230,
- sledenje signalov satelitov GPS,
- višinski kot za sledenje signalov satelitov 10° in
- čas registracije opazovanj 5 s.

5.2.4 Programska oprema

V okviru naloge smo za naknadno obdelavo in distribucijo opazovanj uporabili programske opreme:

- *Leica Geo Office 8.3* za naknadno obdelavo podatkov opazovanj,
- *Lefebure NTRIP Caster 2010.02.19* za distribucijo RTCM (Lefebure, 2015).

5.3 Izvedba meritev

Komplet opreme 1, predstavljen na sliki 9, smo uporabili za izvedbo 14-dnevne statične izmere in kasnejšo realizacijo stalne postaje GNSS. V našem primeru lahko govorimo le o stalni postaji GPS, saj imamo omogočen le sprejem signalov GPS. Komplet opreme 2, predstavljen na sliki 10, smo uporabili prvič za izvedbo 12-urnih statičnih opazovanj GNSS na kontrolnih točkah, oddaljenih 5, 10, 15 in 20 km od stalne postaje GNSS, ter drugič za izvedbo primerjave določitve položaja v realnem času z navezavo na lastno stalno postajo GNSS in državno omrežje stalnih postaj SIGNAL. Na sliki 11 prikazujemo izvedbo opazovanj na točki kontrolne mreže z oddaljenostjo 10

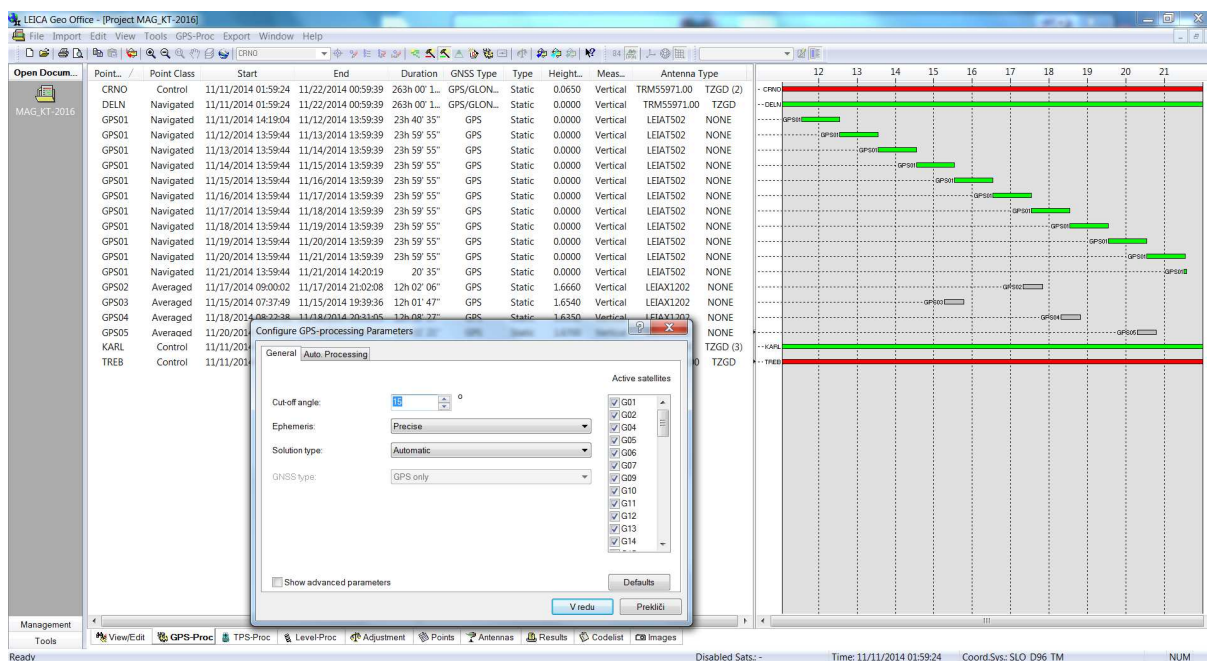


Slika 11: Izvedba statičnih opazovanj na točki Dobliče

km od stalne postaje GNSS, ki je stabilizirana na območju samodejne meteorološke postaje Črnomelj – Dobliče.

5.4 Obdelava podatkov statičnih opazovanj

Za naknadno obdelavo podatkov statične izmere GNSS smo uporabili programski paket *Leica GeoOffice*, katerega vmesnik prikazujemo na sliki 12. S portala Geodetske uprave RS smo prenesli opazovanja stalnih postaj GNSS Trebnje (TREB), Brežice (BREZ), Črnomelj (CRNO), Karlovac (KARL) in Delnice (DELN) v formatu RINEX. V obdelavo smo zaradi zahtev po kakovosti določitve položajev točk vključili končne precizne efemeride službe IGS (IGS, 2014). V obdelavi opazovanj GNSS smo se odločili za izbor minimalnega višinskega kota 15° , način rešitve fazne nedoločenosti in uporabo ionsferskega modela smo privzeli iz priporočenih nastavitvev proizvajalca programa, za odstranitev vpliva troposferske refrakcije smo uporabili model Hopfield.



Slika 12: Naknadna obdelava opazovanj GNSS s programskim paketom Leica Geo Office.

Na enodnevem vzorcu opazovanj smo izvedli analizo, v okviru katere smo koordinate točke GPS01 določili relativno na različne kombinacije referenčnih postaj omrežja SIGNAL:

- navezava na postajo CRNO,
- navezava na CRNO, DELN in KARL,
- navezava na CRNO in KARL,
- navezava na CRNO, KARL in TREB in
- navezava na CRNO in TREB.

Na podlagi analize obdelanih baznih vektorjev smo se odločili, katere postaje omrežja SIGNAL privzeti kot dane točke (angl. *Control point*) v celotni obdelavi. Pri obdelavi statičnih opazovanj je pomembna oddaljenost od posameznih stalnih postaj, saj ima največji vpliv na kakovost obdelanega vektorja in posledično na kakovost koordinat v aktualnem globalnem koordinatnem sistemu. Zato smo kot dano točko obravnavali postajo Črnomelj (CRNO). V obdelavo smo kot dano točko vključili še stalno postajo Trebnje (TREB), saj je bil položaj obeh postaj določen v istem trenutku. V primeru navezave na dve ali več stalnih postaj pridobimo standardne odklone ravninskih koordinat v okviru izravnave opazovanj. Pri navezavi, ki vključuje stalno postajo Delnice (DELN), je prihajalo do večjih odstopanj obdelanih vektorjev. Menimo, da je to lahko posledica velike višinske razlike med krajiščema baznega vektorja, saj se Delnice nahajajo na nadmorski višini 740 m, Črnomelj pa na višini okoli 200 m. Uporabili smo pravilo, da se obdelani vektor izloči iz obdelave, če je odstopanje koordinate od izračunane sredine večje od 0,02 m.

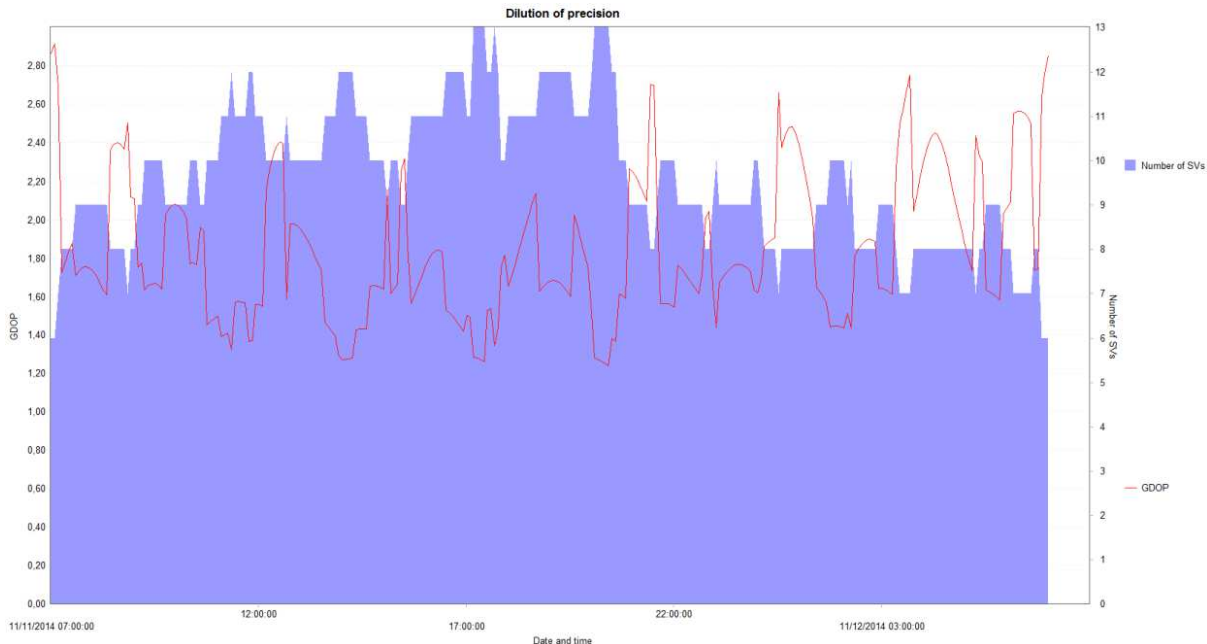
Po določitvi koordinat stalne postaje GPS01 smo določili še položaje kontrolnih točk GPS02, GPS03, GPS04 in GPS05 z navezavo na izračunani položaj lastne stalne postaje GPS01. Zaradi zmožnosti merske opreme smo zopet v vseh obdelavah uporabili le opazovanja GPS.

5.4.1 Določitev položaja stalne referenčne postaje

V preglednici 2 podajamo osnovne podatke o opazovanjih na točki GPS01, ki predstavlja položaj lastne stalne postaje. Na sliki 13 prikazujemo dnevno razpoložljivost satelitov GPS s faktorjem geometrijske razporeditve GDOP.

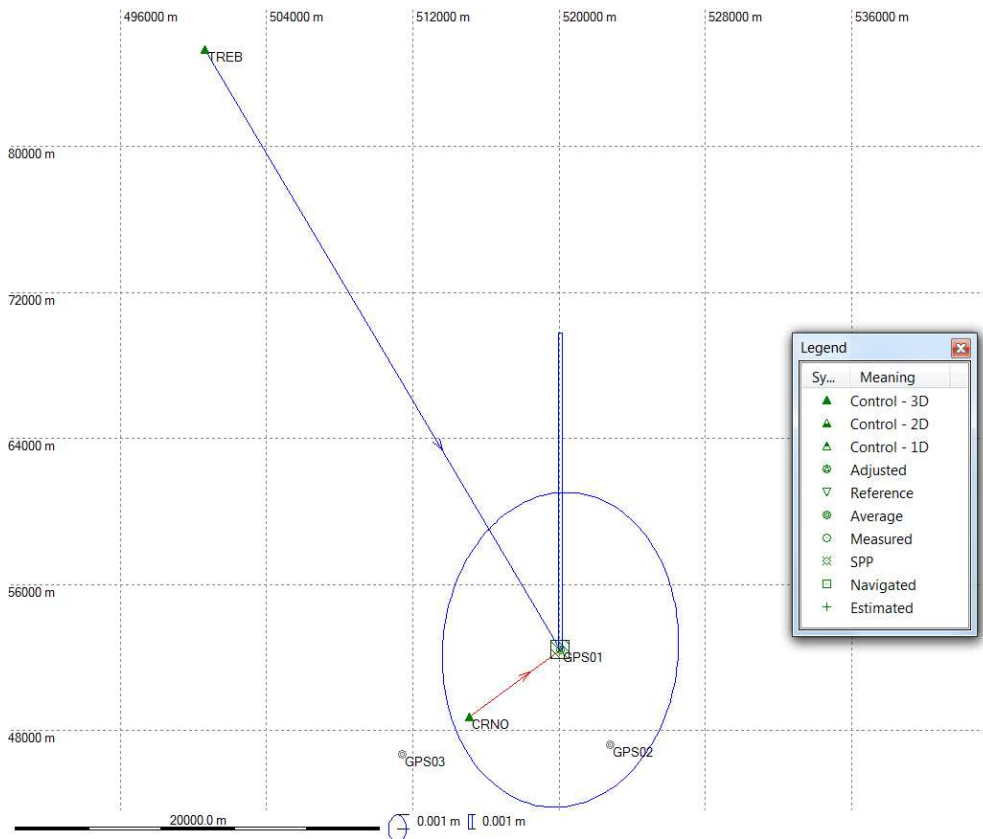
Preglednica 2: Podatki o opazovanjih na točki GPS01

GPS01	
Začetek opazovanj (datum, ura)	11.11.2014, 14:19:04
Zaključek opazovanj (datum, ura)	25.11.2014, 22:22:34
Trajanje opazovanj	344 h 3 min 30s
Interval shranjevanja	5 s
GNSS-opazovanja	GPS
Metoda GNSS-izmere	statična
GDOP	2,5



Slika 13: Razpoložljivost satelitov GPS na točki GPS01 s prikazom faktorja GDOP

Statična opazovanja GNSS smo obdelali s programskim paketom *Leica Geo Office*. Pri obdelavi smo uporabili navezavo na postaji CRNO IN TREB omrežja SIGNAL. Bazne vektorje smo določili posebej za vsak dan opazovanj. Izračunane bazne vektorje, na podlagi katerih so bile določene koordinate stalne postaje in elipso pogreškov, prikazujemo na sliki 14.



Slika 14: Prikaz izračunanih baznih vektorjev za točko GPS01 s standardno elipso pogreškov

Iz obdelave so bili izločeni bazni vektorji, katerih odstopanje koordinate od izračunane sredine je bilo večje od 2 cm. Dolžina obdelanega vektorja TREB–GPS01 znaša 38,2 km, vektorja CRNO–GPS01 pa 6,2 km. Standardni odkloni vektorjev po smereh so v mejah med 0,0091 m in 0,0177 m. Za odkrivanje grobih pogreškov smo uporabili *Tau-test*. V primeru preseganja mejne vrednosti se opazovanje označi kot grobo pogrešeno. V primeru omenjene obdelave je bil izločen vektor med našo stalno postajo in postajo v Trebnjem (TREB–GPS01). Parametre standardne elipse pogreškov, s katerimi opišemo natančnost izračunanih koordinat, podajamo v preglednici 3, pri čemer a predstavlja veliko polos, b malo polos in Φ kot zasuka velike polosi elipse pogreškov.

Preglednica 3: Elementi elipse pogreškov in standardni odklon za višino na točki GPS01

	a [m]	b [m]	Φ	σ_h [m]
GPS01	0,0110	0,0082	4°38'25,5"	0,0221

V preglednici 4 podajamo položaje točke stalne postaje GNSS (GPS01) v slovenski realizaciji koordinatnega sistema ETRS89. Podane so elipsoidne višine h , ker niso obremenjene s kakovostjo modela geoida.

Preglednica 4: Koordinate točke GPS01 v koordinatnem sistemu ETRS89

	Geodetska širina φ	Geodetska dolžina λ	h [m]
GPS01	45° 36' 41,56083" S	15° 15' 26,86519" V	218,8840

V preglednici 5 predstavljamo koordinate točke GPS01, ki so v položajnem smislu v »novem« državnem koordinatnem sistemu D96/TM. Na podlagi podane natančnosti sprejemnika *Leica SR530* ob uporabi antene *AT502* v primeru izvedbe statičnih opazovanj in oddaljenosti od dane točke CRNO omrežja SIGNAL ocenjujemo položajno natančnost določitve koordinat na ± 6 mm.

Preglednica 5: Koordinate točke GPS01 v koordinatnem sistemu D96/TM

	e [m]	n [m]	h [m]
GPS01	520.080,9928	52.437,0298	218,8840

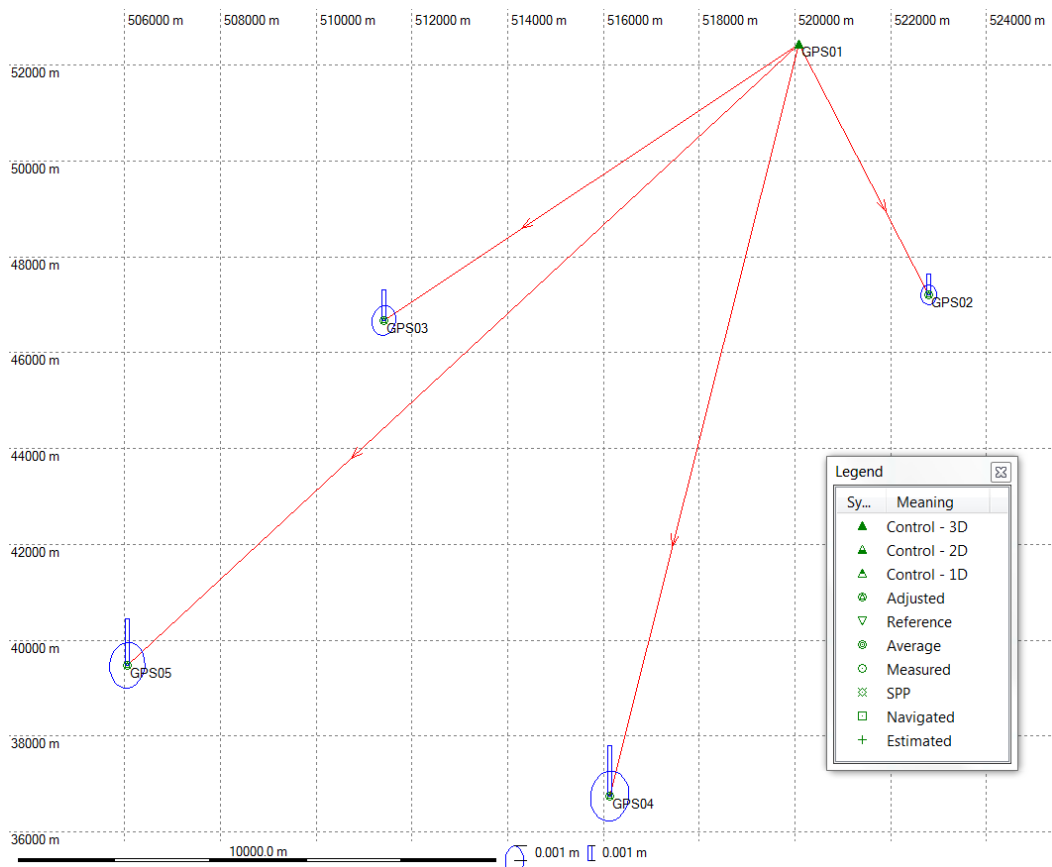
5.4.2 Določitev položajev točk kontrolne mreže

V preglednici 6 podajamo osnovne podatke o opravljenih statičnih opazovanjih na točkah kontrolne mreže.

Preglednica 6: Podatki o opazovanjih na točkah kontrolne mreže

	GPS02	GPS03	GPS04	GPS05
Začetek opazovanj (datum, ura)	17.11.2014, 09:00:02	15.11.2014, 07:37:49	18.11.2014, 08:22:38	20.11.2014, 08:10:46
Zaključek opazovanj (datum, ura)	17.11.2014, 21:02:08	15.11.2014, 19:39:36	18.11.2014, 20:31:05	20.11.2014, 20:12:07
Trajanje opazovanj	12 h 2 min 6 s	12 h 1 min 47 s	12 h 8 min 27 s	12 h 1 min 21 s
Interval shranjevanja	5 s	5 s	5 s	5 s
GNSS-opazovanja	GPS	GPS	GPS	GPS
Metoda GNSS-izmere	statična	statična	statična	statična
GDOP	2,6	1,6	2,2	2,2

Na sliki 15 prikazujemo izračunane bazne vektorje, na podlagi katerih smo določili koordinate točk kontrolne mreže, s pripadajočimi elipsami pogreškov. Dolžina obdelanega vektorja GPS01–GPS02 znaša 5,9 km, standardni odkloni obdelanega vektorja so po smereh v mejah med 0,0006 m in 0,0011 m. Dolžina vektorja GPS01–GPS03 je 10,4 km, standardni odkloni so v mejah med 0,0008 m in 0,0017 m. Dolžina vektorja GPS01–GPS04 znaša 16,2 km, standardni odkloni so v mejah med 0,0014 m in 0,0028 m. Dolžina vektorja GPS01–GPS05 je 19,1 km. Standardni odkloni vektorja po smereh so v mejah med 0,0013 m in 0,0025 m. S *Tau-testom* nismo odkrili prisotnosti grobih pogreškov v izravnavi mreže, ki jo sestavljajo vektorji GNSS.



Slika 15: Prikaz izračunanih baznih vektorjev s pripadajočimi elipsami pogreškov za točke kontrolne mreže

V preglednicah 7 in 8 podajamo položaje trajno stabiliziranih kontrolnih točk, določenih z naknadno obdelavo opazovanj statične metode izmere GNSS. Položaji točk so vezani na lastno stalno postajo GPS01. V preglednici 7 so položaji predstavljeni v koordinatnem sistemu ETRS89 in v preglednici 8 v državnem koordinatnem sistemu D96/TM. V obeh preglednicah so podane elipsoidne višine nad elipsoidom GRS-80.

Preglednica 7: Koordinate točk kontrolne mreže določene v koordinatnem sistemu ETRS89

	Geodetska širina φ	Geodetska dolžina λ	h [m]	Oddaljenost od stalne postaje [km]
GPS02	45° 33' 52,12376" S	15° 17' 31,57491" V	208,3589	5
GPS03	45° 33' 35,80068" S	15° 08' 46,33886" V	203,4855	10
GPS04	45° 28' 13,38023" S	15° 12' 22,40385" V	234,7153	15
GPS05	45° 29' 42,61933" S	15° 04' 39,20941" V	427,0046	20

Preglednica 8: Koordinate točk kontrolne mreže določene v državnem koordinatnem sistemu D96/TM

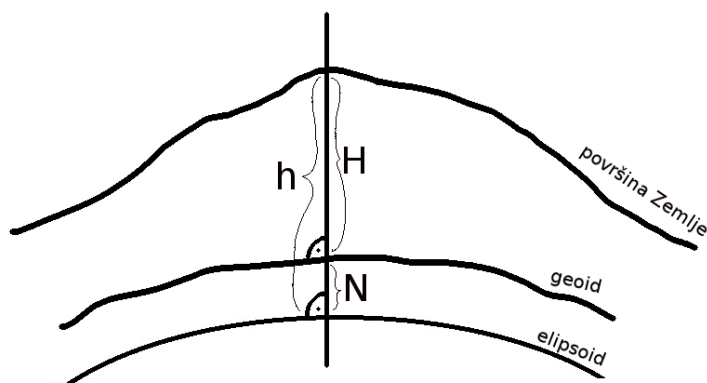
	e [m]	n [m]	h [m]	Oddaljenost od stalne postaje [km]
GPS02	522.801,9388	47.215,7613	208,3589	5
GPS03	511.413,8446	46.680,7641	203,4855	10
GPS04	516.124,8482	36.738,0480	234,7153	15
GPS05	506.061,7081	39.475,0508	427,0046	20

Parametre standardnih elips pogreškov na točkah GPS02, GPS03, GPS04 in GPS05 s katerimi opišemo natančnost izračunanih koordinat, podajamo v preglednici 9.

Preglednica 9: Elementi elips pogreškov in standardni odkloni za višino na točkah GPS02, GPS03, GPS04 in GPS05

	a [m]	b [m]	Φ	σ_h [m]
GPS02	0,0007	0,0005	5°55'54,3"	0,0014
GPS03	0,0010	0,0008	8°44'34,9"	0,0021
GPS04	0,0017	0,0013	7°13'13,0"	0,0034
GPS05	0,0015	0,0012	6°50'30,5"	0,0031

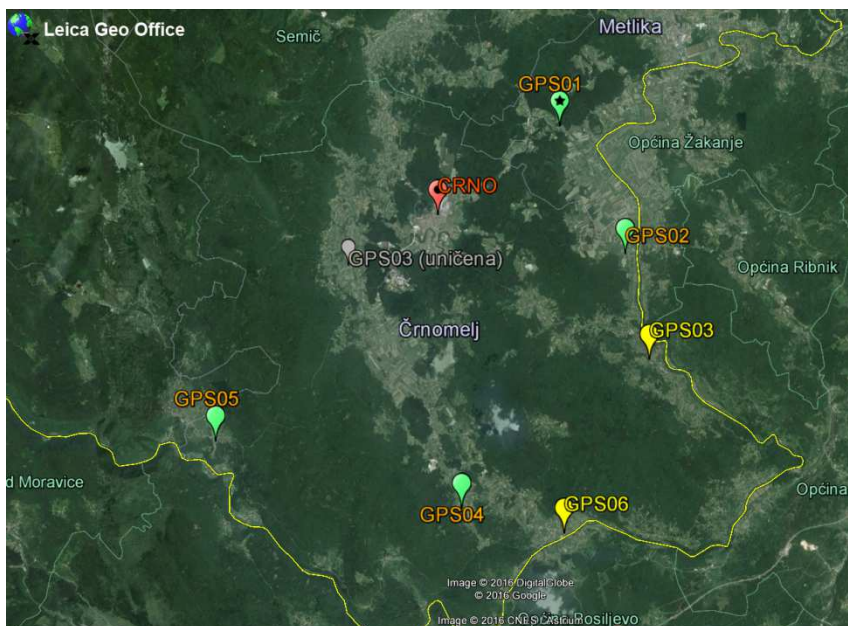
Z obdelavo opazovanj GNSS pridobimo položaje točk v obliki kartezičnih ali elipsoidnih koordinat v globalnem koordinatnem sistemu. Elipsoidne koordinate predstavljajo geodetska širina φ , geodetska dolžina λ in elipsoidna višina h glede na referenčni elipsoid. Pri tem sta geodetska širina φ in geodetska dolžina λ v geodetski praksi neposredno uporabni, medtem ko elipsoidna višina h v nasprotju s horizontalnima koordinatama ni praktično uporabna, saj ni določena v težnostnem polju Zemlje. Elipsoidna višina se nanaša na ploskev elipsoida. Nadmorske višine določamo na podlagi izmerjenih elipsoidnih višin in interpoliranih geoidnih višin N iz ustreznega modela geoida. Geoidno višino točke torej dobimo z interpolacijo veljavnega modela geoida. Ta je zgrajen v obliki pravilne celične mreže, ki omogoča izračun geoidne višine katerekoli točke na območju Slovenije. Ob poznavanju elipsoidne višine h in geoidne višine N lahko izračunamo nadmorsko višino H (Kuhar in sod., 2010) po enačbi $H = h - N$ (slika 16).



Slika 16: Elipsoidna višina h , nadmorska višina H in geoidna ondulacija N

Zaradi fizičnega uničenja točke kontrolne mreže GPS03 v kraju Dobliče, smo ponovno določili položaj točke na oddaljenosti približno 10 km od stalnih postaj (lastna stalna postaja in postaja CRNO omrežja SIGNAL) v kraju Purga pri Adlešičih. Zaradi suma na vpliv različne nadmorske višine premičnega sprejemnika na točki GPS05, ki od ostalih točk odstopa za približno 200 m, smo dodatno stabilizirali še točko GPS06 v kraju Vinica na približni oddaljenosti 17 km od lastne stalne postaje. Na

sliki 17 prikazujemo dodatni točki GPS03 in GPS06, ki sta označeni z rumeno barvo in uničeno točko GPS03 v sivi barvi.



Slika 17: Nova razporeditev kontrolnih točk v prostoru

Podatke o opravljenih opazovanjih podajamo v preglednici 10. V preglednicah 11 in 12 podajamo izračunane koordinate v koordinatnem sistemu ETRS89 oziroma v državnem koordinatnem sistemu D96. Parametre elips pogreškov, prikazanih na sliki 18 in 19, podajamo v preglednici 13.

Preglednica 10: Podatki o dodatnih opazovanjih na točkah kontrolne mreže

	GPS03	GPS06
Začetek opazovanj (datum, ura)	22.04.2016, 11:40:07	03.02.2016 10:27:05
Zaključek opazovanj (datum, ura)	22.04.2016, 12:45:04	03.02.2016 11:30:16
Trajanje opazovanj	1 h 4 min 57 s	1 h 3 min 11 s
Interval shranjevanja	5 s	5 s
GNSS-opazovanja	GPS	GPS
Metoda GNSS-izmere	hitra statična	hitra statična
GDOP	2,3	2,6

Preglednica 11: Koordinate dodatnih točk kontrolne mreže določene v koordinatnem sistemu ETRS89

	Geodetska širina φ	Geodetska dolžina λ	h [m]	Oddaljenost od stalne postaje [km]
GPS03	45° 31' 31,50939" S	15° 18' 17,26896" V	265,0114	10
GPS06	45° 27' 40,73154" S	15° 15' 36,83526" V	208,6244	17

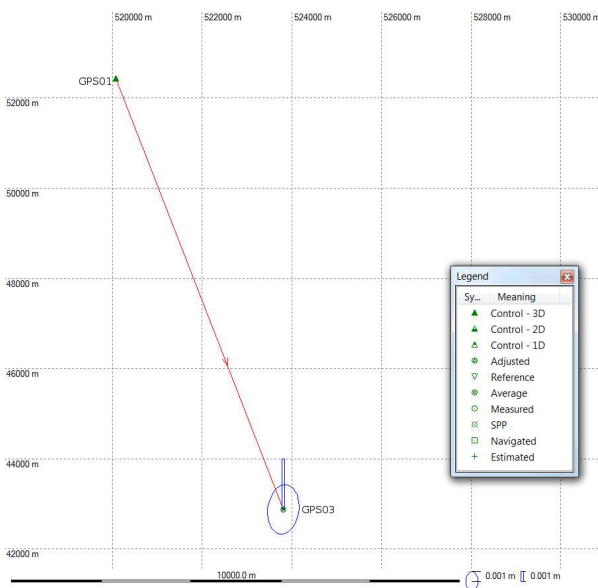
Preglednica 12: Koordinate dodatnih točk kontrolne mreže, določene v D96/TM

	e [m]	n [m]	h [m]	Oddaljenost od stalne postaje [km]
GPS03	523.809,2334	42.878,7089	265,0115	10
GPS06	520.351,1182	35.742,4582	208,6245	17

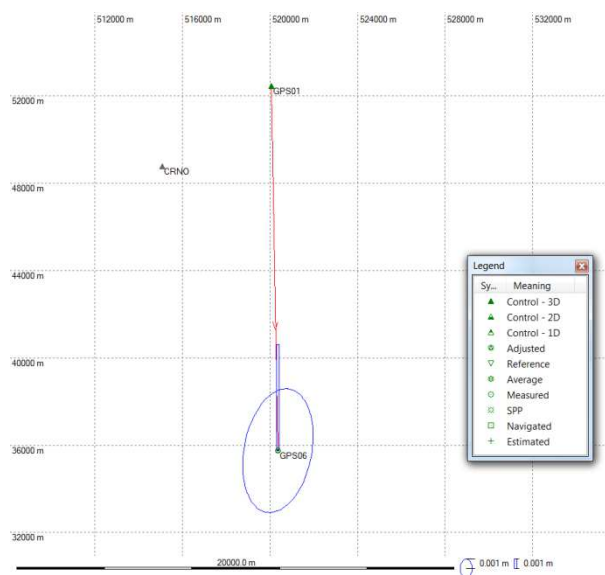
Dolžina obdelanega vektorja GPS01–GPS03 je 10,3 km. Standardni odkloni izračunanega vektorja so bili v mejah med 0,0019 m in 0,0040 m. S *Tau-testom* nismo odkrili prisotnosti grobih pogreškov v izravnavi mreže GNSS. Dolžina vektorja GPS01–GPS06 je 16,7 km. Standardni odkloni vektorja se nahajajo v mejah med 0,0040 m in 0,0103 m. S *Tau-testom* nismo odkrili prisotnosti grobih pogreškov v izravnavi mreže GNSS.

Preglednica 13: Elementi elips pogreškov in standardni odkloni za višino na točkah GPS03 ter GPS06

	a [m]	b [m]	Φ	σ_h [m]
GPS03	0,0025	0,0016	7°57'22,8"	0,0051
GPS06	0,0065	0,0035	10°38'57,3"	0,0109



Slika 18: Prikaz elipse pogreškov na točki GPS03



Slika 19: Prikaz elipse pogreškov na točki GPS06

5.5 Nadgradnja lastne stalne postaje GPS

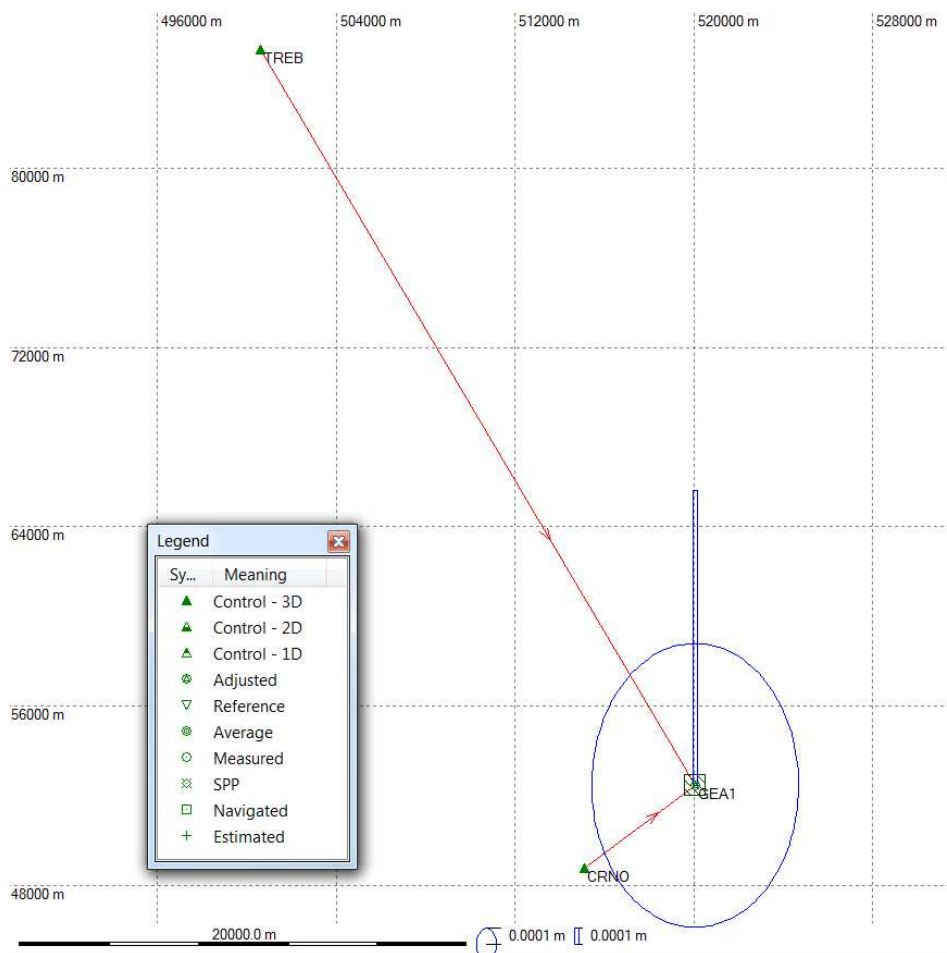
Delovanje stalne postaje smo pred časom nadgradili z zamenjavo nosilca in antene stalne postaje. Obstoječo anteno smo nadomestili z anteno z dušilnimi obroči Leica AT504 prikazano na sliki 20. Zaradi večjih dimenzij in mase antene je bila potrebna tudi zamenjava obstoječega nosilca antene GPS z novim masivnejšim nosilcem, narejenim iz nerjavečega materiala inoks. Posledično smo morali ponovno določiti položaj stalne postaje. Osnovne podatke o izvedenih opazovanjih prikazujemo v preglednici 14. V preglednici 15 podajamo položaj stalne postaje GPS, ki smo jo po izvedeni nadgradnji preimenovali v GEA1. Pri obdelavo opazovanj GNSS smo uporabili enake parametre kot v primeru določitve položaja prvotne točke stalne postaje GPS01. Izvedli smo obdelavo z navezavo na postaji CRNO in TREB omrežja SIGNAL. Izračunane baze vektorje, na podlagi katerih so bile določene »nove« koordinate stalne postaje, in elipso pogreškov, prikazujemo na sliki 21. Uporabljena antena je izjemno odporna na vpliv večpotja in zagotavlja stabilnost faznega centra.



Slika 20: Nameščena antena z dušilnimi obroči Leica AT504

Preglednica 14: Podatki o opazovanjih na točki stalne postaje GEA1

	GEA1
Začetek opazovanj (datum, ura)	08.03.2016, 12:37:18
Zaključek opazovanj (datum, ura)	22.03.2016, 12:44:28
Trajanje opazovanj	336 h 7 min 10 s
Interval shranjevanja	5 s
GNSS-opazovanja	GPS
Metoda GNSS-izmere	statična
GDOP	2,7



Slika 21: Prikaz izračunanih baznih vektorjev za točko GEA1 s standardno elipso pogreškov

Iz obdelave smo izločili bazne vektorje, katerih odstopanje koordinat od izračunane sredine je bilo večje od 2 cm. Dolžina obdelanega vektorja CRNO–GEA1 znaša 6,2 km in TREB–GEA1 38,2 km. Standardni odkloni izračunanih vektorjev so v mejah med 0,0007 m in 0,0014 m. S *Tau-testom* smo odkrili grobo pogrešen vektor TREB–GEA1 za en dan opazovanj. Parametre standardne elipse pogreškov, s katerimi opišemo natančnost izračunanih koordinat podajamo v preglednici 15.

Preglednica 15: Elementi elipse pogreškov in standardni odklon za višino na točki GEA1

	a [m]	b [m]	Φ	σ_h [m]
GEA1	0,0009	0,0006	0°03'49,9"	0,0018

V preglednici 16 podajamo koordinate točke GEA1 v koordinatnem sistemu ETRS89.

Preglednica 16: Koordinate točke GEA1 po izvedeni nadgradnji v koordinatnem sistemu ETRS89

	Geodetska širina φ	Geodetska dolžina λ	h [m]
GEA1	45° 36' 41,56095" S	15° 15' 26,86149" V	218,8654

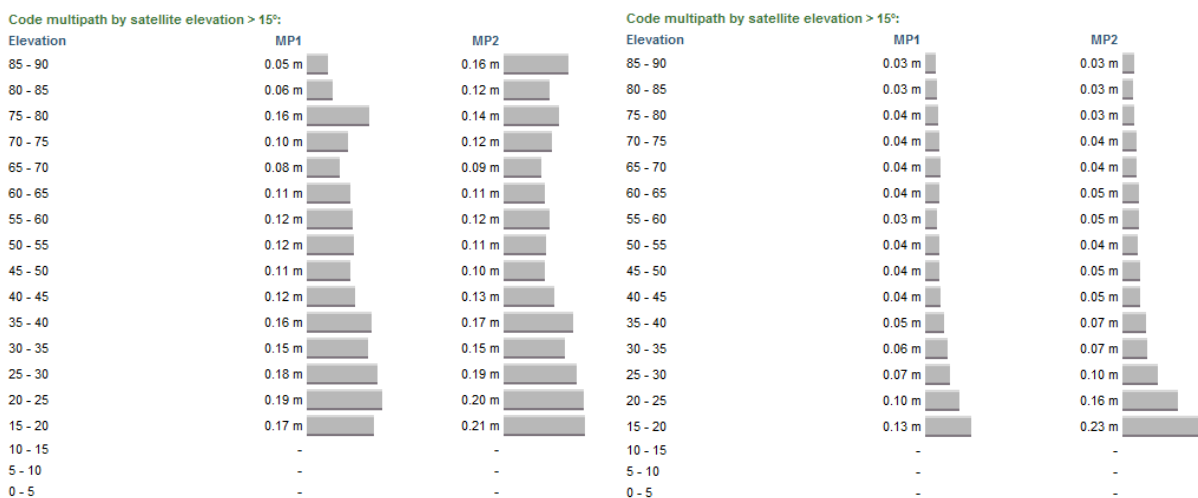
V preglednici 17 predstavljamo koordinate točke GEA1 po nadgradnji v slovenski realizaciji koordinatnega sistema ETRS89. Uporabljen sprejemnik SR530 ob uporabi antene AT504 zagotavlja opazovanja visoke kakovosti primerne za naloge spremljanja in znanstvene raziskave (Leica, 2001).

Preglednica 17: Koordinate točke GEA1 po izvedeni nadgradnji v koordinatnem sistemu D96/TM

	e [m]	n [m]	h [m]
GEA1	520.080,9128	52.437,0333	218,8655

5.5.1 Kakovost izvedenih opazovanj GNSS

Z uporabo programa *Leica SpiderQC v4.0* smo izvedli pregled kakovosti izvedenih opazovanj. Za to smo uporabili enodnevna opazovanja, zapisana v formatu RINEX. Po pregledu program izpiše poročilo, v katerem med drugim poda podatke o opazovanem stojišču in izvedenih opazovanjih, celovitosti opazovanj, geometriji satelitov, prisotnosti vpliva odboja signalov od objektov in razmerje signal/šum. Na sliki 22 prikazujemo test vpliva odboja signalov od objektov z uporabo antene GNSS Leica AT502 in na sliki 23 test vpliva odboja signalov od objektov z uporabo antene z dušilnimi obroči Leica AT504.

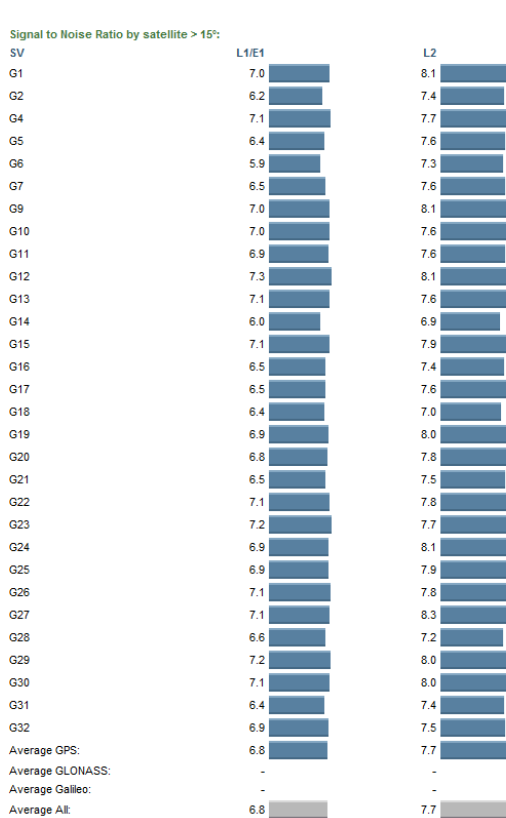


Slika 22: Test vpliva večpotja z uporabo anteno AT502

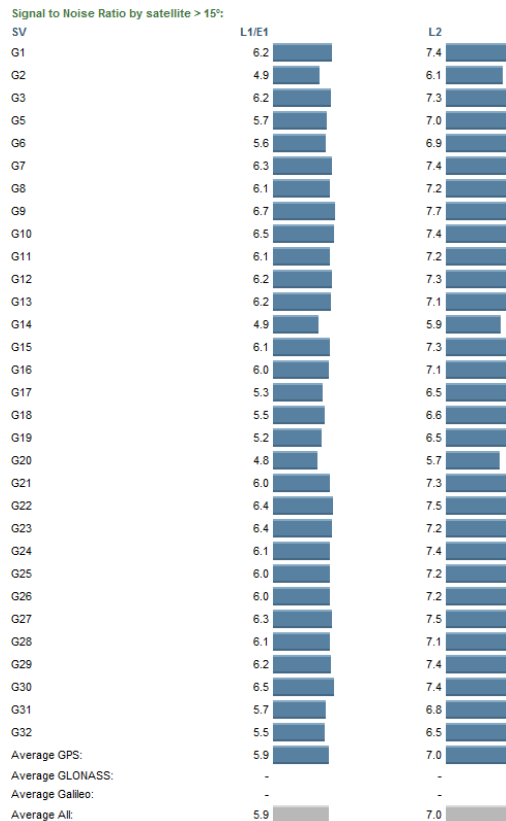
Slika 23: Test vpliva večpotja z uporabo antene AT504

Iz rezultatov testa vpliva odboja signalov od objektov je razvidno, da je »nova« antena AT504 s posebno zasnovo z dušilnimi obroči odpornejša na vpliv odboja signalov od objektov. Program test izvede na podlagi primerjave kode in faze za posamezen satelit. Na podlagi rezultatov lahko sklepamo o primernosti lokacije za vzpostavitev stalne postaje.

Na sliki 24 in 25 prikazujemo rezultate testa razmerja signal/šum, ki se izvede na osnovi faze za opazovanja izvedena z uporabo antene AT502 in AT504 po izvedeni nadgradnji. Test je pokazatelj kakovosti sprejetih signalov.



Slika 24: Test razmerja signal/šum z uporabo antene AT502



Slika 25: Test razmerja signal/šum z uporabo antene AT504

Iz primerjave rezultatov kakovosti (slike 22 – 25) lahko zaključimo, da je bila zamenjava antene na stalni postaji z izboljšano različico antene pametna odločitev. Predvsem smo izrazito zmanjšali možnost vpliva odboja signalov od objektov (sliki 22 in 23).

6 Vzpostavitev pretoka podatkov v realnem času

Na točki z znanim položajem v izbranem koordinatnem sistemu GNSS (to je referenčna postaja, katere položaj smo pridobili na podlagi 14-dnevne statične izmere), se nahaja referenčni sprejemnik GNSS, ki nenehoma sprejema opazovanja GNSS. Opazovanja posreduje premikajočemu sprejemniku, s čimer bo možna določitev položaja v realnem času, primerna za uporabo v nadaljnjih geodetskih delih. V nadaljevanju opisujemo postopek vzpostavitve pretoka podatkov opazovanj v realnem času.

6.1 Z uporabo protokola NTRIP

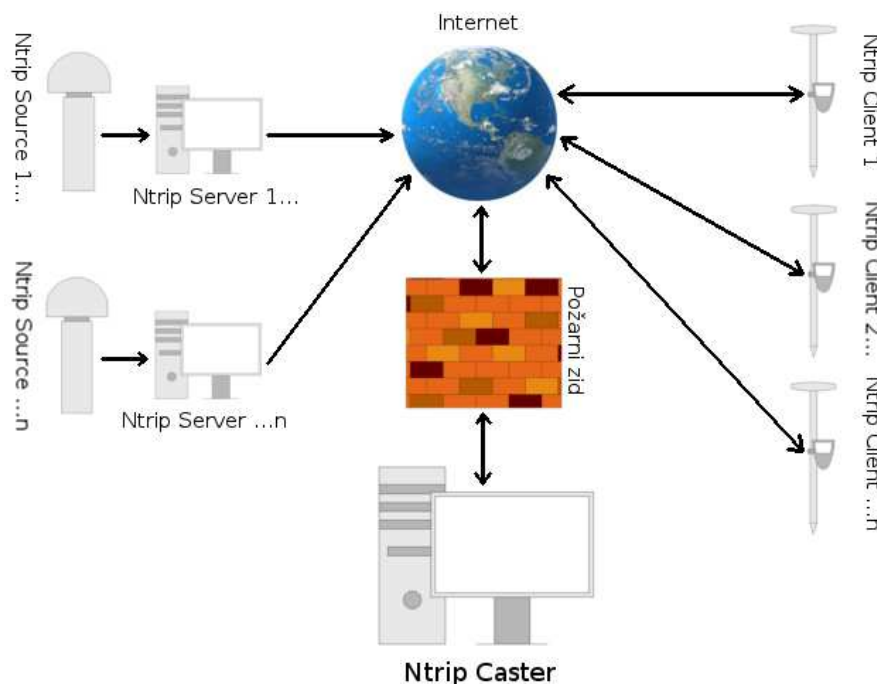
Za pretok podatkov opazovanj in sprejemnika GNSS preko interneta uporabimo protokol NTRIP (angl. *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol*), ki je posebej prilagojen za prenos podatkov GNSS in omogoča dostop do podatkov omrežja v realnem času z uporabo svetovnega spleta.

Opazovanja, zapisana v obliki standarda RTCM SC-104, vključno z dodatnimi informacijami, se posredujejo prenosnemu sprejemniku preko omrežja za mobilne komunikacije z uporabo protokola NTRIP. Dostop do mobilnega interneta poteka preko paketnega prenosa podatkov GPRS (angl. *General Packet Radio Service*).

6.1.1 Elementi protokola NTRIP

Protokol NTRIP za prenos podatkov shematično predstavljamo na sliki 26. Sestavljajo ga štiri komponente, ki med seboj usklajeno komunicirajo. V splošnem ustaljenih slovenskih izrazov za komponente protokola NTRIP še ni, zato bomo uporabili angleške z ustrezno obrazložitvijo. NTRIP sestavljajo (Gebhard in sod., 2003)

- *NtripSource*, ki predstavlja vir podatkov, v našem primeru stalna postaja GNSS,
- *NtripServer* je strežniški program, ki sprejema podatke opazovanj GNSS z referenčne postaje GNSS ali kontrolnega centra omrežja več referenčnih postaj, ter jih nato posreduje *NtripCaster*-ju. Predstavlja torej povezavo med trajno stabilizirano anteno GNSS, ki sprejema opazovanja s satelitov GNSS in med programsko komponento *NtripCaster*-jem,
- *NtripCaster* je http strežnik za protokol NTRIP. Usmerjevalnik prejema podatke RTCM od vsaj enega *NtripServer*-ja in jih preusmerja do enega ali več končnih uporabnikov *NtripClient*-ov,
- *NtripClient* je končni programski element protokola NTRIP, ki sprejema podatke v obliki RTCM in je nameščen na sprejemniku GNSS končnega uporabnika. To omogoča tako izvedbo metode diferencialnega GNSS (DGNSS) kot tudi metodo izmere RTK. NTRIP omogoča, da do podatkov omrežja dostopa poljubno število uporabnikov.



Slika 26: Elementi protokola NTRIP

6.1.2 Pregled uporabljenih programov za vzpostavitev pretoka

V našem primeru sistem pretoka podatkov z uporabo protokola NTRIP temelji na brezplačnih programih, pri čemer se je za najprimernejšega izkazal brezplačni odprtokodni program *Lefebure Ntrip Caster* (<http://lefebure.com/software/ntripcaster/>), ki so ga razvili za podporo kmetijski mehanizaciji. Gre za pretok podatkov za izvedbo diferencialnega GNSS v realnem času, kjer sta v uporabi do dve bazni postaji za zagotavljanje podatkov popravkov psevdorazdalj. *Caster* ima vgrajen *Server NTRIP*, ki omogoča direkten priklop stalne postaje GNSS z uporabo serijskih vrat (angl. *Serial Port*). S povezavo IP lahko priklopimo tudi druge strežnike NTRIP.

Segment RTK zagotavlja enosmerni pretok podatkov referenčne postaje do *NtripCaster-ja*, ki omogoča poljubno število *NtripClient-ov* (uporabnikov). *Lefebure NTRIP Caster* ne omogoča dvosmerne komunikacije, ki je potrebna za realizacijo virtualne referenčne postaje (VRS).

Za vzpostavitev podatkovnega toka moramo nastaviti parametre, podane v preglednici 18. Ker opisujemo program, ki ima v osnovi angleške izraze, smo jih v zavihku uporabili v izvorni obliki.

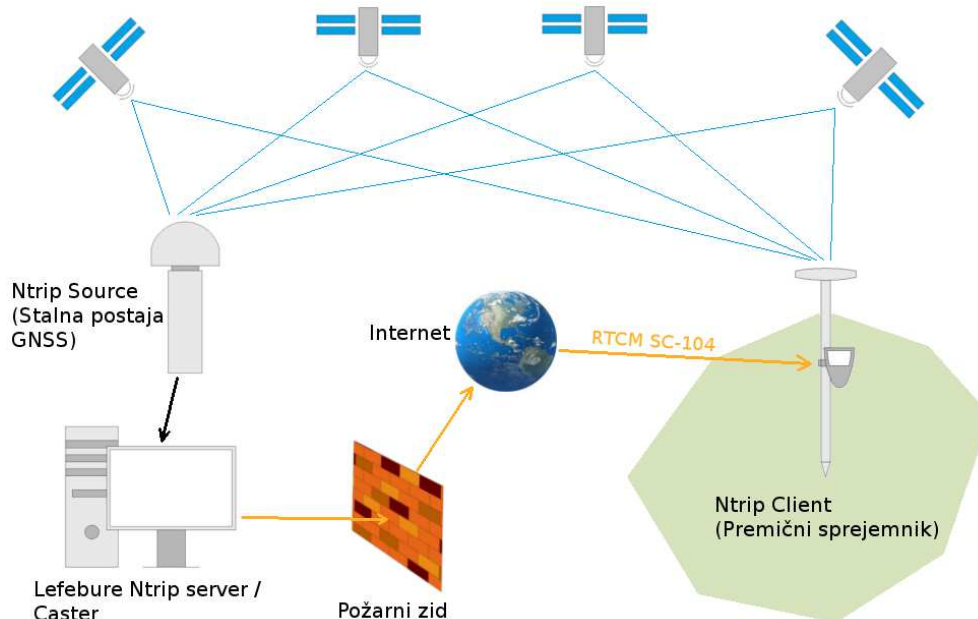
Preglednica 18: Parametri za vzpostavitev podatkovnega toka na NtripCaster-ju

Zavihek	Parameter	Opis
Connections	/	prikaže podatke o uporabnikih podatkovnega toka (zaporedna številka, začetni čas, ime podatkovnega toka, uporabniško ime, ime naprave, naslov IP in količina prejetih podatkov)
Mount Points	MountPoint*	ime podatkovnega toka oz. bazne postaje RTK
	Password*	geslo, ki pripada podatkovnemu toku
	Format	format podatkovnega toka
	Carrier	število nosilnih valovanj, ki jih zagotavlja podatkovni tok
	NavSys	navigacijski sistemi, ki jih vsebuje podatkovni tok
	Lat	zemljepisna širina referenčnega sprejemnika GNSS, ki zagotavlja podatkovni tok
	Lon	zemljepisna dolžina referenčnega sprejemnika GNSS, ki zagotavlja podatkovni tok
Users	Username*	ime uporabnika
	Password*	geslo, ki pripada podatkovnemu toku
Server	Mount Point*	ime podatkovnega toka, katerega podatke sprejemamo
	Serial Port*	izbira serijskih vrat podatkovnega toka
	Baud Rate*	hitrost prenosa oz. število prenesenih bitov na sekundo
	Data Bits*	število podatkovnih bitov
	Parity	pariteta (brez, soda, liha), metoda iskanja napak v komunikaciji
	Connect*	vzpostavitev povezave
Event Log	/	prikaz dogodkov
About	/	informacije o programu

* podatek je obvezen.

6.1.3 Vzpostavitev pretoka podatkov med referenčno postajo GNSS in končnim uporabnikom v realnem času

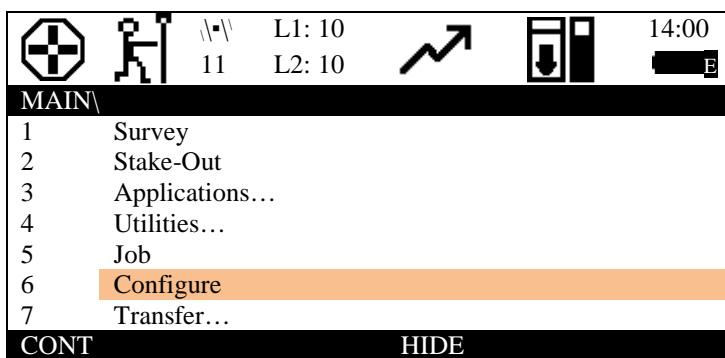
Da bo podatkovni tok med virom in končnim uporabnikom uspešno stekel, je pomembno, da so usklajeni vsi parametri komponent segmenta NTRIP. V nadaljevanju podane parametre referenčnega sprejemnika GNSS, programske opreme in prenosnega sprejemnika GNSS je potrebno skrbno nastaviti za pravilno delovanje sistema. Na sliki 27 shematično prikazujemo sistem vzajemnega delovanja.



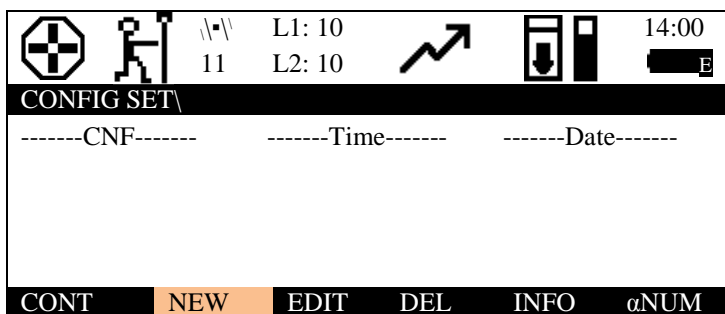
Slika 27: Shema delovanja lastne stalne postaje

Nastavitev pretoka podatkov poteka po korakih, prikazanih v nadaljevanju. Nastavitve referenčne postaje so prikazane v zaporedju slik 28.

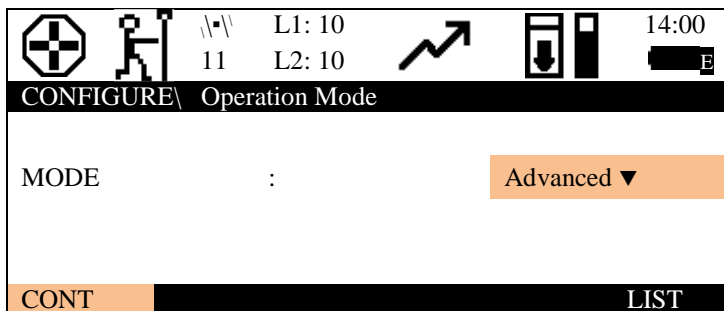
1) NTRIP Source – Leica SR530



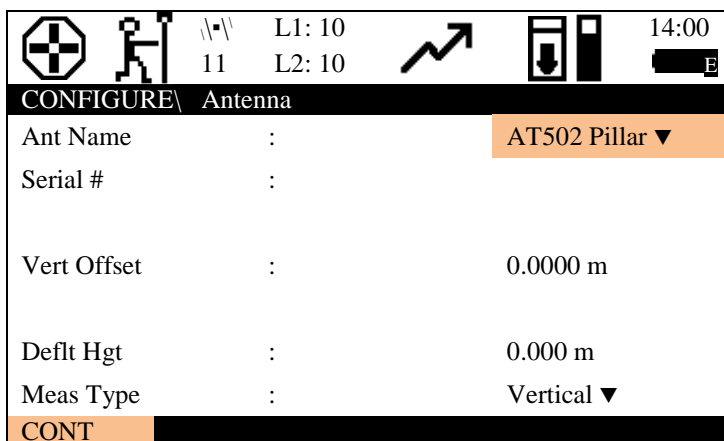
Parametre delovanja referenčne postaje uredimo v meniju *Configure*.



Ustvarimo in poimenujemo nov oziroma uredimo obstoječi profil za referenčni sprejemnik.

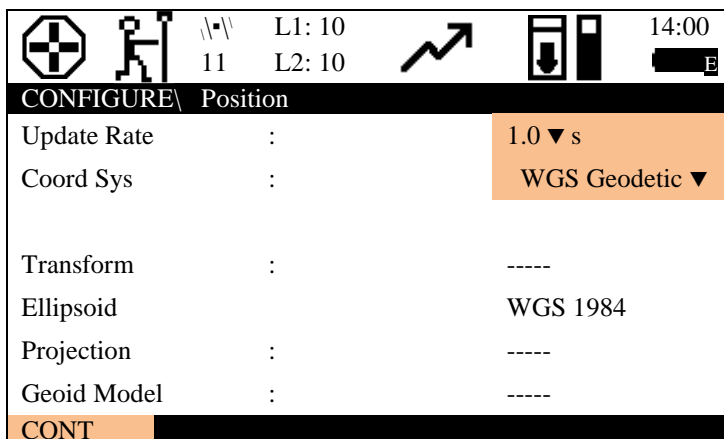


Izbiramo med *Standard* in *Advanced* načinom, pri čemer slednji omogoča večje število parametrov in je primernejši za znanstvene in raziskovalne namene.



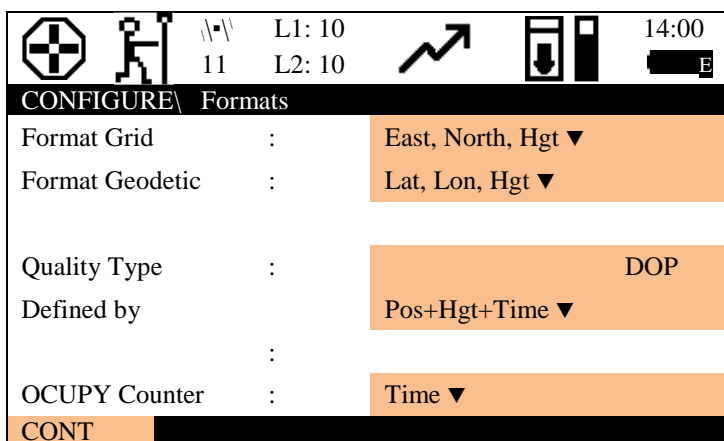
S seznama izberemo ustrezen tip antene. Glede na način stabilizacije izberemo med možnostmi *Pole*, ki označuje togo grezilo, *Pillar*, steber s prisilnim centriranjem in *Tripod* oziroma stativ.

To je pomembno zaradi načina določitve višine antene. Vnesemo lahko privzeto višino antene za določen profil.



Update Rate označuje čas osvežitve položaja na zaslonu.

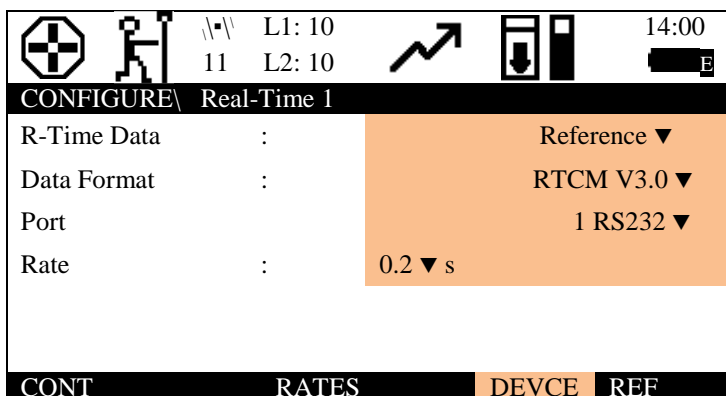
Poljubno izberemo še želeni koordinatni sistem, v katerem se bodo prikazovali podatki.



Podamo način prikazovanja koordinat v pravokotnem (*Grid*) in geodetskem (*Geodetic*) koordinatnem sistemu.

Quality Type označuje način prikaza kakovosti položaja na zaslonu. *Defined by* podaja komponente na podlagi katerih je določen DOP (GDOP: Pos+Hgt+Time).

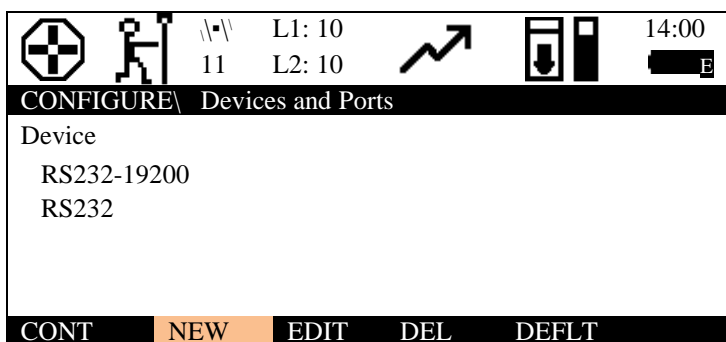
OCUPY Counter označuje način prikaza meritve v časovni enoti na zaslonu.



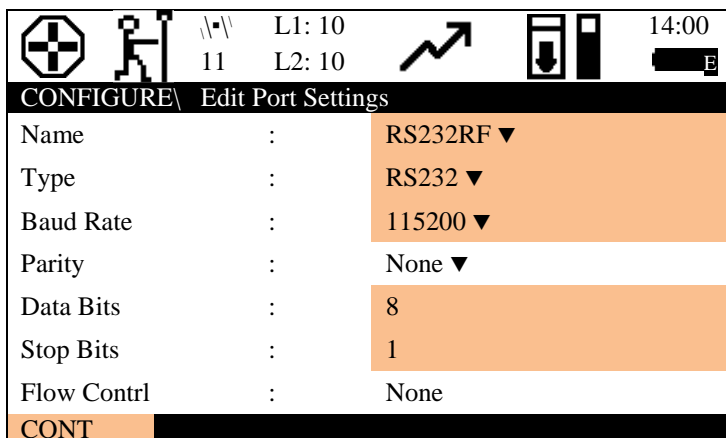
Izberemo način delovanja *Reference*, kar pomeni, da bo le ta posredoval podatke opazovanj.

Format zapisa *Data Format* posredovanih popravkov opazovanj in časovna enota *Rate* izhodnih sporočil med referenčnim in prenosnim sprejemnikom morata biti usklajena.

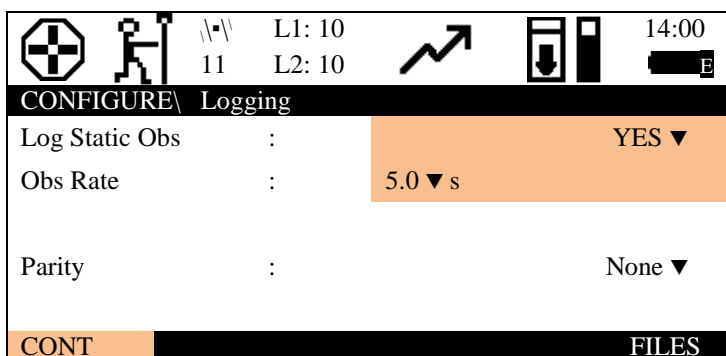
Port definira vrata, kamor se posredujejo podatki.



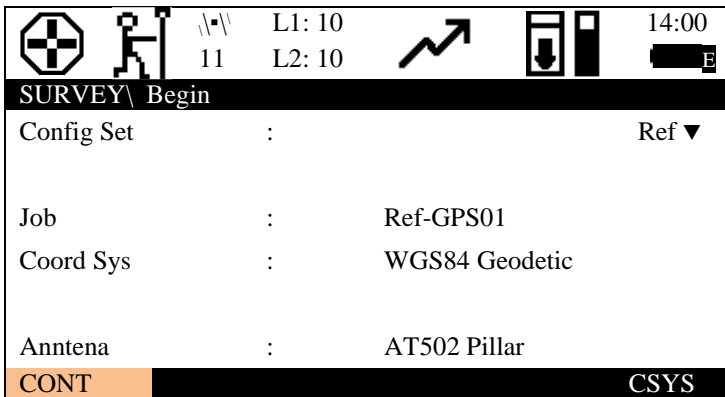
Parametri vrat, kamor se posredujejo podatki, morajo biti usklajeni na vseh napravah (referenčni GNSS sprejemnik, serijski vmesnik, *Ntrip Caster* in *rover*). Lahko uredimo parametre obstoječe naprave oziroma dodamo novo.



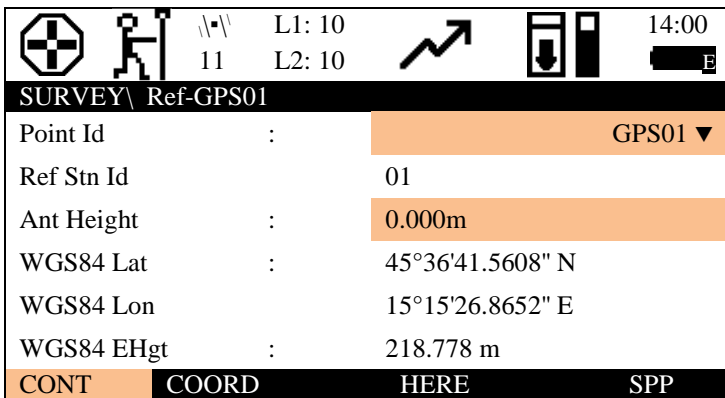
Napravo poljubno poimenujemo. Pomembni parametri, ki jih moramo urediti in uskladiti na vseh napravah, so obarvani.



V načinu delovanja kot referenčna postaja lahko izberemo možnost registracije statičnih opazovanj in časovno enoto registracije.

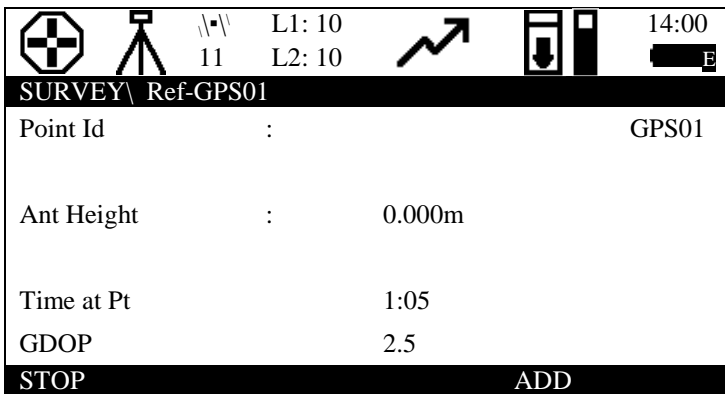


Nadaljujemo z odprtjem novega delovišča, v katerega naložimo podatke o položaju referenčnega sprejemnika. V delovišče se bodo shranjevali tudi podatki statičnih opazovanj. V meniju za izvajanje meritev *Survey* poženemo izvajanje opazovanj GNSS in oddajanje podatkov opazovanj.



Izberemo točko, na kateri se nahaja antena referenčnega sprejemnika ter preverimo višino antene GNSS.

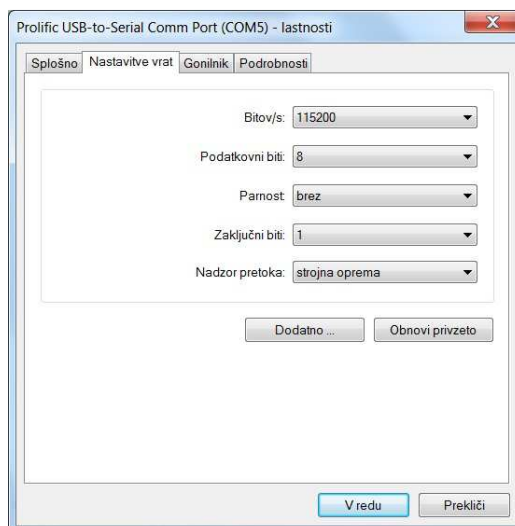
Meni omogoča tudi vpogled v koordinate antene GNSS. Izbiramo lahko med različnimi tipi prikaza koordinat.



V prikazanem oknu menija *Survey* se začne izvajanje statičnih opazovanj in posredovanje popravkov opazovanj.

Zaporedje slik 28: Nastavitev parametrov referenčne postaje

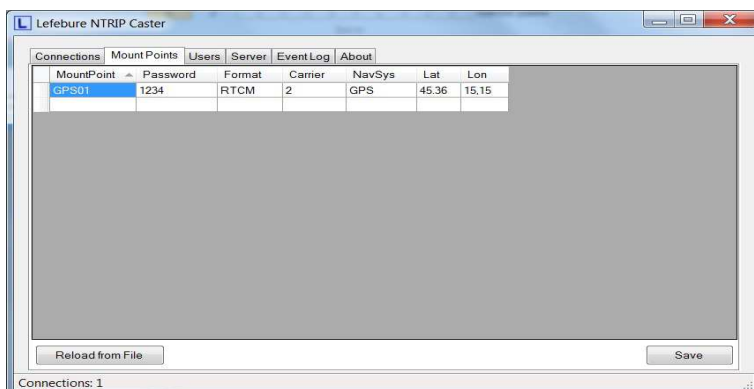
Za uspešen podatkovni prenos med referenčnim sprejemnikom in *Ntrip Casterjem* moramo uskladiti nastavitve vrat, prikazanih na sliki 29, gonilnika kabla za podatkovni prenos Leica GEV195 z nastavitvami na referenčnem sprejemniku.



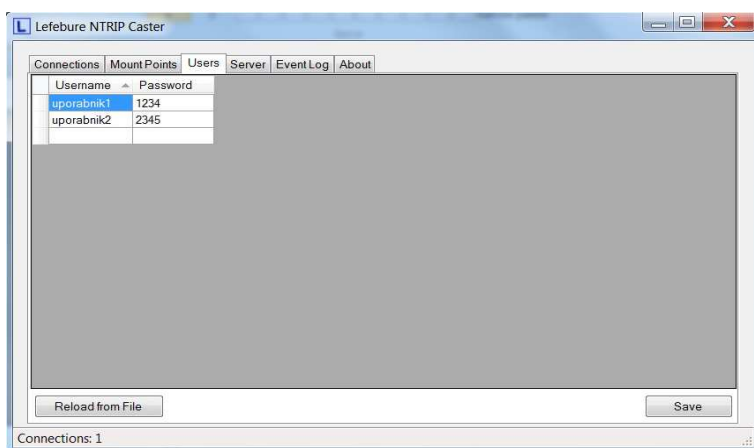
Slika 29: Nastavitve gonilnika GEV195

2) NTRIP Server / Caster:

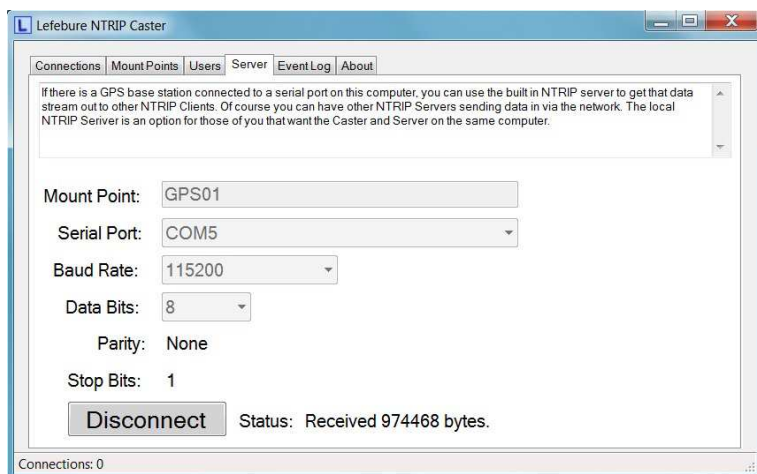
Z zaporedjem slik 30 prikazujemo nastavitve parametrov *Lefebure NTRIP Caster-ja*.



V zavihku *Mount Points* moramo dodati ime nove točke in ji dodeliti ustrezno geslo. Ostali podatki so zgolj informativnega značaja.

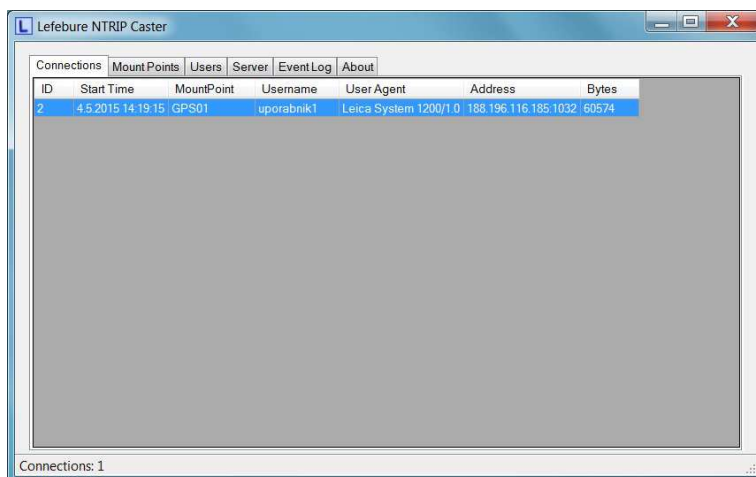


Ker program omogoča priklop večjega števila uporabnikov, moramo za vsakega uporabnika določiti uporabniško ime in geslo, s katerim le-ta vzpostavi povezavo z *Ntrip Casterjem*.

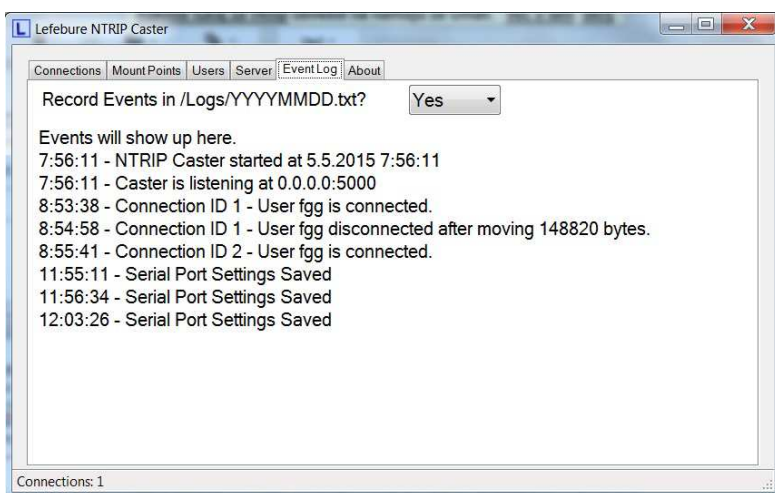


referenčnem sprejemniku GNSS, kablu za podatkovni prenos, *Ntrip Casterju Lefebure* in prenosnem sprejemniku, v nasprotnem lahko pride do komunikacijskih težav.

V zavihku *Server* moramo podati ime podatkovnega toka (*Mount Point*), od koder sprejemamo opazovanja GNSS. Potrebno je izbrati ustrezna serijska vrata, na katera je priklopljen referenčni sprejemnik GNSS (*NtripSource*). Pomembno je, da imamo usklajene parametre *Baud Rate* in *Data Bits* na vseh napravah,



V zavihku *Connections* lahko spremljamo vse trenutne uporabnike storitve.

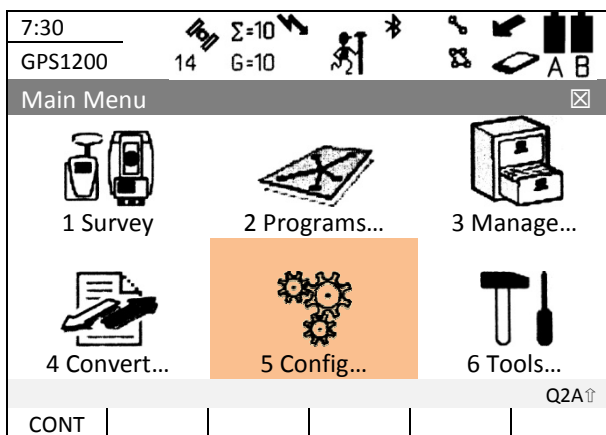


Zavihek *Event Log* nam omogoča natančen pregled dogodkov. Program omogoča zapis dogodkov v datoteko *.txt.

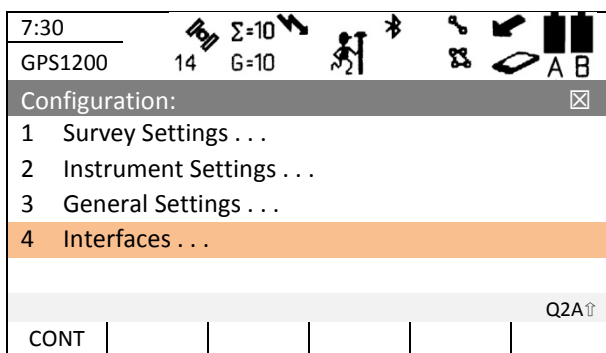
Zaporedje slik 30: Nastavitev parametrov *Lefebure Ntrip Caster-ja*

3) Ntrip Client – Leica GX1230

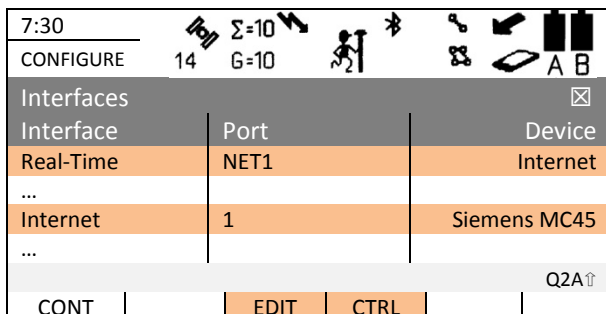
Z zaporedjem slik 31 prikazujemo nastavitve parametrov premičnega sprejemnika.



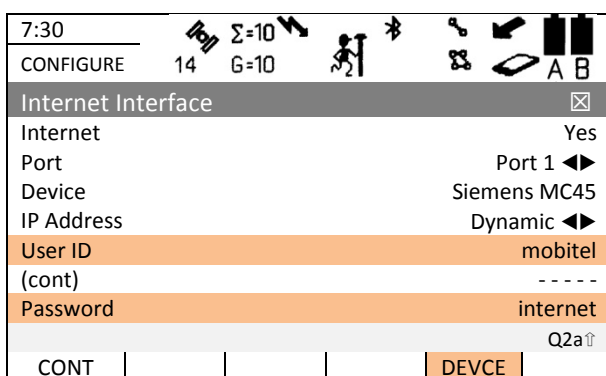
Na sliki je prikazan glavni meni naprave. Pred prvo uporabo moramo nastaviti parametre za dostop do mobilnega interneta. Preden vstavimo v napravo kartico SIM, moramo onemogočiti zaklep kartice s kodo PIN.



Nastavitve dostopa uredimo v meniju *Configure, Interfaces*.



Kot prvo uredimo nastavitve *Internet*. Prvi vnos opravimo z ukazom *EDIT*. Ko končamo z urejanjem, v navedenem ukazu uredimo nastavitve APN, oziroma dostopne točke v ukazu *CTRL*.



Vnesti je potrebno ID ponudnika mobilnih storitev in geslo za dostop. Te podatke imajo ponudniki objavljene na spletu. Na sliki je podan primer za ponudnika Telekom Slovenije. S klikom *DEVCE* izberemo internetno napravo (Siemens MC45) in uredimo nastavitve le te.

7:30	CONFIGURE	14	G=10	Σ=10	⚡	📶	📱	🔋	A	B
Edit Device: Siemens MC45										
Name	Siemens MC45									
Type	GSM									
GPRS/Internet	Yes									
Baud Rate	115200									
Parity	None									
Data Bits	8									
Stop Bit	1									
Flow Control	RTS/CTS									
Q2a↑										
STORE				ATCMD					DEFLT	

7:30	CONFIGURE	14	G=10	Σ=10	⚡	📶	📱	🔋	A	B
GPRS/Internet Connection										
Device	-----									
APN	internet									
(cont)	-----									
Q2a↑										
CONT				CODES						

7:30	CONFIGURE	14	G=10	Σ=10	⚡	📶	📱	🔋	A	B
Real-Time Mode										
R-Time Mode	Rover									
R-Time Data	RTCM 3.1									
Port	Net 1									
Device	Internet									
Ref Sensor	SR530									
Ref Antenna	AT502 Pillar									
Q2a↑										
CONT		ROVER							DEVCE	

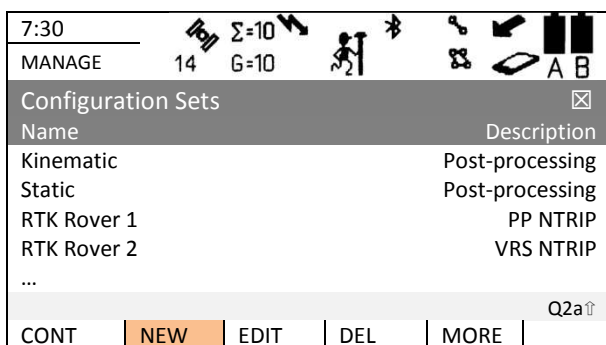
7:30	CONFIGURE	14	G=10	Σ=10	⚡	📶	📱	🔋	A	B
Set NET Port										
General		Ranges								
Name	Net 1									
User	Client									
Server	GEA									
IP Address	86.61.76.96									
TCP/IP Port	5000									
Auto CONEC	No									
Q2a↑										
CONT										PAGE

Preverimo, ali imamo na modemu GNSS sprejemnika nastavljene enake nastavitve, kot smo jih pred tem nastavili na referenčnem sprejemniku, gonilniku kabla za prenos podatkov RTCM in *Ntrip Casterju*.

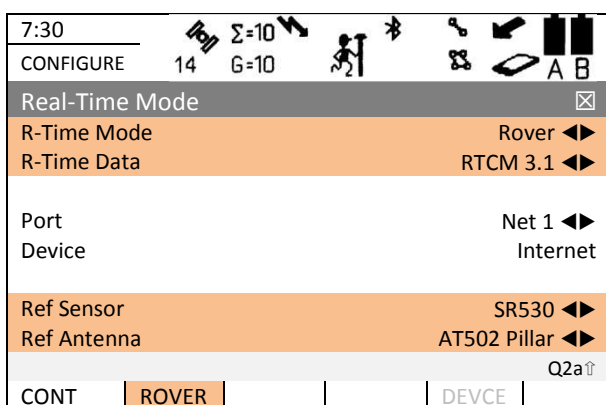
V meniju *Interfaces* z ukazom CTRL dostopamo do nastavitve internetne povezave. Uredimo APN oziroma dostopno točko. Ta je pri ponudniku mobilnih storitev Telekom Slovenije za prenos mobilnih podatkov *internet*. V primeru uporabe podatkov omrežja SIGNAL preko uporabnika Telekom Slovenije pa *dgps.si*. V obeh primerih potrebujemo kartico SIM z omogočeno zeleno storitvijo.

V meniju *Interfaces* uredimo še nastavitve naprave *Real-Time*. Izberemo način delovanja in format zapisa podatkov RTCM. Izberemo še sprejemnik GNSS in ustrezno anteno, ki predstavlja referenčno GNSS napravo. Nadaljujemo z ukazom *ROVER*.

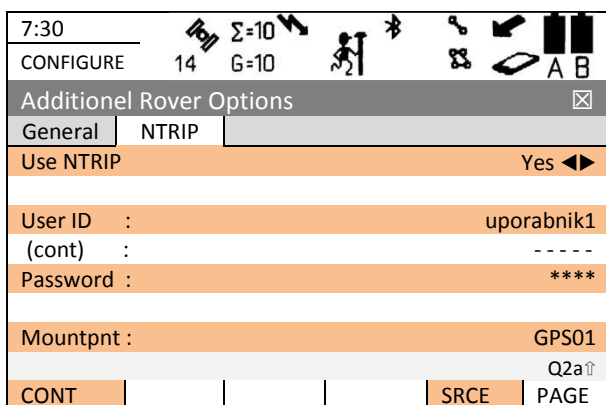
V zavihku *General* izberemo način delovanja sprejemnika GNSS in sicer *Client*. Nato pa še parametre dostopa do *NtripCasterja*. Podati je potrebno IP naslov računalnika, ki distribuira popravke opazovanj in ime TCP/IP vrat, ki so v primeru uporabe *NtripCasterja Lefebure* fiksno nastavljena na 5000.



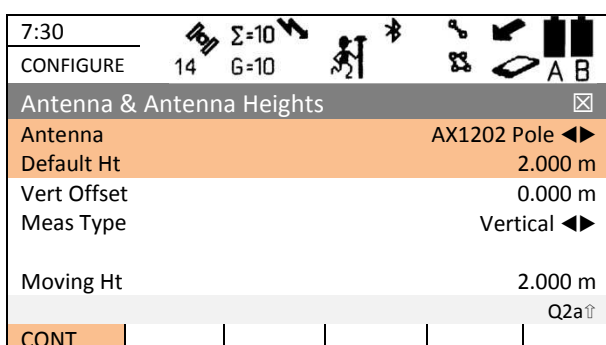
V glavnem meniju sprejemnika izberemo meni *Manage, Configuration Sets* in ustvarimo nov profil. V nadaljevanju so zaradi obširnosti prikazane samo pomembnejše nastavitve, ki jih prilagodimo lastnim potrebam, medtem ko ostale lahko privzamemo.



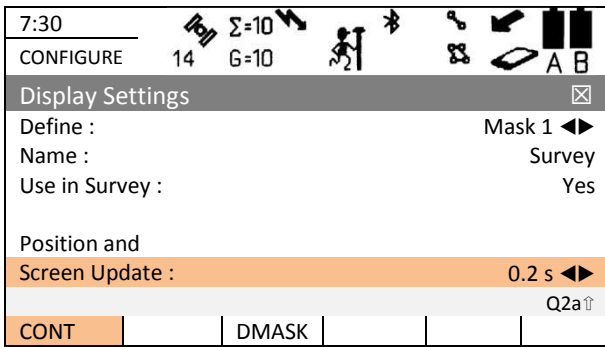
Izberemo način delovanje sprejemnika *Rover* oziroma premični sprejemnik in obliko zapisa podatkov s popravki opazovanj. Z ukazom *ROVER* dostopamo do parametrov dostopa do *NtripCasterja*.



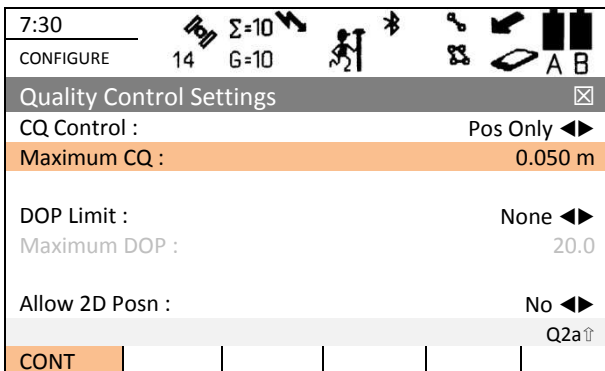
Podati je potrebno unikatno uporabniško ime in geslo, ki ju definiramo za vsakega uporabnika posebej v *NtripCasterju Lefebure*. Ukaz *SRCE* izvede povezavo z *NtripCasterjem* in odpre seznam razpoložljivih referenčnih točk.



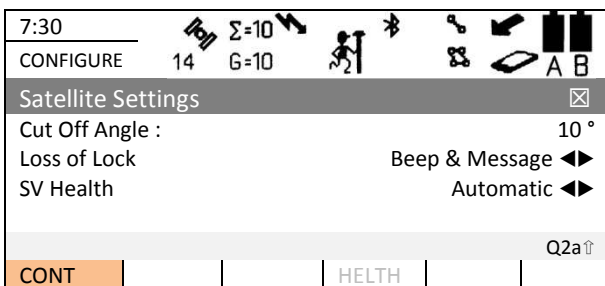
Izberemo ustrezen tip antene premičnega sprejemnika in privzeto višino.



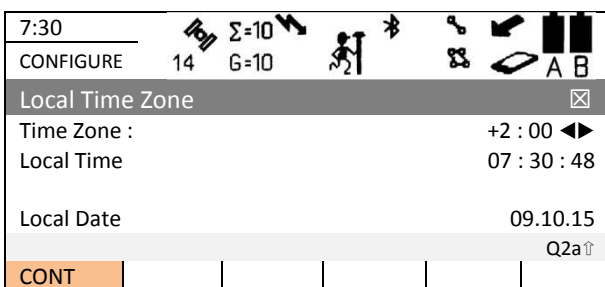
Uredimo parametre prikaza podatkov na zaslonu.



Podamo parameter kakovosti meritve. V kolikor kakovost meritve ne ustreza, se nam v meniju za izvedbo meritev prikaže opozorilo.



Prevzamemo predlagane nastavitve za satelite.



Izberemo ustrezen časovni pas in nastavimo lokalni čas in datum.

Zaporedje slik 31: Nastavitve parametrov premičnega sprejemnika

Z zgornjimi slikami smo predstavili nastavitve parametrov glede na razpoložljive sprejemnike GNSS in programsko opremo. Nastavitve so v večji meri podobne tudi v primeru uporabe sprejemnikov drugih proizvajalcev in programske opreme.

6.2 Mrežne nastavitve

Da lahko zunanji uporabniki dostopajo do podatkov, ki jih posreduje *NtripCaster*, je potrebno urediti mrežne nastavitve. Privzeta vrata *NtripCaster-ja*, preko katerih poteka pretok podatkovnega toka, so nastavljena na 5000 in jih preko uporabniškega vmesnika ni mogoče spreminjati. V nastavitvah usmerjevalnika (angl. *router*) je potrebno omogočiti dostop do (angl. *open port*) *Caster-ja*. Dodamo posredovanje (angl. *port forward*) na želeni računalnik (lokalni naslov IP). Parametri, ki jih moramo podati, so poljubno ime strežnika, ime vrat (5000), izbrati protokol (TCP) in podati lokalni (statični) IP-naslov računalnika, na katerem se nahaja *NtripCaster*. Na mobilnem sprejemniku imamo v nastavitvah dostopa (*Set NET Port*) podan naslov IP, s katerega bomo sprejemali podatke, ter podano ime vrat. Ko usmerjevalnik dobi zahtevo po dostopu do vrat 5000, bo le-to preusmeril na podan lokalni naslov IP računalnika, na katerem se nahaja *NtripCaster*. Na računalniku moramo v požarnem zidu omogočiti varnostno izjemo za *NtripCaster*, saj bo v nasprotnem primeru požarni zid računalnika onemogočil zahtevo po dostopu.

6.3 Z uporabo radio modemov

Na območjih, kjer zaradi slabe pokritosti z mobilnim internetom ni mogoče nemoteno delo, lahko kot alternativo uporabimo povezavo z uporabo radio modemov. Območje uporabe je v tem primeru omejeno z dosegom signala med oddajnikom in sprejemnikom in znaša do nekaj kilometrov. Doseg je odvisen od moči oddajnika in morebitnih fizičnih ovir med sprejemnikom in oddajnikom, kot so gozd, stavbe, in podobno, ki lahko občutno skrajšajo doseg. Pri uporabi radijske povezave je potrebno uporabiti z zakonodajo predpisano frekvenco (NURF-3, 2013).

6.3.1 Vzpostavitev pretoka podatkov med referenčno postajo GNSS in končnim uporabnikom

Za vzpostavitev pretoka podatkov moramo tako na referenčni postaji kot tudi v premičnem sprejemniku izbrati ustrezno napravo, v našem primeru radio modem in uskladiti parametre, kot so izbira ustreznih serijskih vrat, hitrosti prenosa, števila podatkovnih bitov, pariteto in zaključni bit.

7 Statistično vrednotenje rezultatov meritev RTK

Po najpomembnejših korakih vzpostavitve stalne postaje in določitve koordinat v državni različici koordinatnega sistema ETRS89 in vzpostavitvi pretoka podatkov opazovanj v realnem času lahko pričnemo z izvedbo RTK-metode izmere. V danem poglavju predstavljamo statistično vrednotenje rezultatov meritev RTK z namenom določitve območja uporabnosti lastne stalne postaje. Na vseh kontrolnih točkah smo meritve izvedli na enak način. Iz desetih zaporednih ponovitev določitve položaja z uporabo metode RTK, kjer je med posameznimi meritvami potekel časovni interval vsaj 15 minut, smo sestavili mali vzorec koordinat točk. Na posamezni točki smo pridobili tri neodvisne vzorce. Prvi vzorec se nanaša na situacijo, ko smo položaj določali relativno na lastno referenčno postajo GEA1, drugi, ko smo uporabili stalno postajo omrežja SIGNAL CRNO in tretji, ko smo položaj določali relativno na virtualno referenčno stojišče omrežja SIGNAL VRS. Za stabilizacijo antene sprejemnika GNSS je bil uporabljen komplet opreme 2 prikazan na sliki 10. V preglednici 19 prikazujemo opazovanja RTK na kontrolni točki GPS02. Zaradi obsežnosti vsebine so opazovanja na ostalih točkah v prilogi (priloga A).

Preglednica 19: RTK-meritve na točki GPS02

i	1. vzorec			2. vzorec			3. vzorec		
	Navezava: GEA1			Navezava: PP CRNO (SIGNAL)			NAVEZAVA: VRS (SIGNAL)		
	e [m]	n [m]	h [m]	e [m]	n [m]	h [m]	e [m]	n [m]	h [m]
1	522.801,932	47.215,766	208,330	522.801,926	47.215,768	208,347	522.801,924	47.215,766	208,318
2	522.801,935	47.215,767	208,341	522.801,929	47.215,769	208,340	522.801,938	47.215,762	208,320
3	522.801,934	47.215,784	208,362	522.801,939	47.215,778	208,337	522.801,936	47.215,762	208,300
4	522.801,929	47.215,763	208,352	522.801,937	47.215,766	208,337	522.801,936	47.215,763	208,303
5	522.801,928	47.215,774	208,343	522.801,937	47.215,767	208,322	522.801,934	47.215,767	208,297
6	522.801,932	47.215,765	208,322	522.801,933	47.215,770	208,330	522.801,932	47.215,779	208,302
7	522.801,933	47.215,773	208,335	522.801,935	47.215,770	208,329	522.801,940	47.215,764	208,283
8	522.801,934	47.215,771	208,335	522.801,931	47.215,769	208,309	522.801,934	47.215,774	208,309
9	522.801,933	47.215,766	208,335	522.801,938	47.215,770	208,327	522.801,935	47.215,767	208,306
10	522.801,936	47.215,762	208,343	522.801,935	47.215,764	208,315	522.801,933	47.215,757	208,291

Nadalje smo statistično vrednotili rezultate meritev, kjer:

- smo ugotavljali prisotnost grobih pogreškov v meritvah,
- za posamezen vzorec smo določili sredino, najmanjše in največje odstopanje ter standardni odklon za posamezno koordinato (e , n in h),
- sledilo je preizkušanje domnev, ali iz meritev izračunani standardni odkloni pripadajo neki predhodno določeni vrednosti za σ ter
- preizkušanje domnev, ali so neodvisni vzorci meritev na istih točkah med seboj skladni.

Vzorci smo testirali na zelo podoben način, kot je predpisano v standardu ISO 17123-8 (Pavlovčič Prešeren in sod., 2010).

7.1 Pregled prisotnosti grobih pogreškov

- a) Vsak neodvisen položaj v horizontalni ravnini, določen z meritvami RTK, primerjamo s položajem iz statične metode izmere:

$$\varepsilon_{(e_{i,RTK}, n_{i,RTK})} = \sqrt{(e_{i,RTK} - e_{statika})^2 + (n_{i,RTK} - n_{statika})^2}, \quad i = 1, \dots, 10 \quad (2)$$

$$|\varepsilon_{(e_{i,RTK}, n_{i,RTK})}| \leq 2,5 \cdot \sqrt{2} \cdot \sigma_{e,n} \quad (3)$$

- b) Vsako neodvisno določeno elipsoidno višino, določeno z RTK, primerjamo z višino, določeno iz statične obdelave:

$$\varepsilon_{\Delta h_i} = h_{i,RTK} - h_{statika}, \quad i = 1, \dots, 10 \quad (4)$$

$$|\varepsilon_{\Delta h_i}| \leq 2,5 \cdot \sqrt{2} \cdot \sigma_{\Delta h}, \quad (5)$$

Pri tem smo za $\sigma_{e,n}$ in σ_h privzeli predhodno določeni vrednosti in sicer: $\sigma_{e,n} = 10$ mm in $\sigma_{\Delta h} = 15$ mm ali 25 mm).

Za meritve na točki GPS02 velja:

- če vzamemo $\sigma_{e,n} = 1$ cm \rightarrow ni grobih pogreškov
- če vzamemo $\sigma_{\Delta h} = 1,5$ cm \rightarrow 1. in 2. vzorec nimata grobih pogreškov, 3. jih ima
- če vzamemo $\sigma_{\Delta h} = 2,5$ cm \rightarrow ni grobih pogreškov

Za meritve na točki GPS03 velja:

- če vzamemo $\sigma_{e,n} = 1$ cm \rightarrow ni grobih pogreškov
- če vzamemo $\sigma_{\Delta h} = 1,5$ cm \rightarrow ni grobih pogreškov
- če vzamemo $\sigma_{\Delta h} = 2,5$ cm \rightarrow ni grobih pogreškov

Za meritve na točki GPS04 velja:

- če vzamemo $\sigma_{e,n} = 1$ cm \rightarrow ni grobih pogreškov
- če vzamemo $\sigma_{\Delta h} = 1,5$ cm \rightarrow 1. vzorec vsebuje grobe pobreške, 2. in 3. ne;
- če vzamemo $\sigma_{\Delta h} = 2,5$ cm \rightarrow ni grobih pogreškov.

Za meritve na točki GPS05 velja:

- če vzamemo $\sigma_{e,n} = 1$ cm \rightarrow ni grobih pogreškov
- če vzamemo $\sigma_{\Delta h} = 1,5$ cm \rightarrow 1. in 3. vzorec vsebujeta grobe pogreške, drugi ne;
- če vzamemo $\sigma_{\Delta h} = 2,5$ cm \rightarrow 1. vzorec vsebuje grobe pogreške, 2. in 3. ne.

Za meritve na točki GPS06 velja:

- če vzamemo $\sigma_{e,n} = 1 \text{ cm} \rightarrow$ 1. vzorec vsebuje grobe pogreške, 2. in 3. ne;
- če vzamemo $\sigma_{\Delta h} = 1,5 \text{ cm} \rightarrow$ 1. vzorec vsebuje grobe pogreške, 2. in 3. ne;
- če vzamemo $\sigma_{\Delta h} = 2,5 \text{ cm} \rightarrow$ ni grobih pogreškov.

Iz testov lahko zaključimo, da v določivi horizontalnega položaja za vse točke, razen točke GPS06, ki je od stalne postaje najbolj oddaljena, ni grobih pogreškov. V višinskem smislu je odvisno, kakšen kriterij postavimo. V kolikor postavimo kriterij 2,5 cm, točke GPS02, GPS03, GPS04 in GPS06 nimajo grobih pogreškov, pri točki GPS05 nekaj vzorcev vsebuje pogreške.

7.2 Priprava na testiranje domnev

Da bomo lahko v nadalje testirali posamezne domneve, moramo izračunati sredino ter standardni odklon vzorca za vsako komponento posebej:

- a) aritmetično sredino ali vzorčno povprečje za posamezno koordinato za posamezni vzorec:

$$\bar{e}_{j.vzorec} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} e_i, \quad (6) \quad \bar{n}_{j.vzorec} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} n_i \quad (7) \quad \bar{h}_{j.vzorec} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} h_i \quad (8)$$

- b) odstopanja od srednje vrednosti koordinat:

$$r_{e_{i,j.vzorec}} = \bar{e}_{j.vzorec} - e_i \quad (9) \quad r_{n_{i,j.vzorec}} = \bar{n}_{j.vzorec} - n_i \quad (10) \quad r_{h_{i,j.vzorec}} = \bar{h}_{j.vzorec} - h_i \quad (11)$$

$i = 1, \dots, 10$

- c) določiti prostostne stopnje:

$$v_e = v_n = v_h = n - 1; \quad n \dots \text{zaporedno narejene meritve na točkah} \quad (12)$$

- d) izračunati variance vzorca (s^2) ali standardne odklone $s = \sqrt{s^2}$ posameznih koordinat, določenih z RTK:

$$s_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} r_{e_{i,j.vzorec}}^2}{9}} \quad (13) \quad s_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} r_{n_{i,j.vzorec}}^2}{9}} \quad (14) \quad s_h = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} r_{h_{i,j.vzorec}}^2}{9}} \quad (15)$$

Ter standardni odklon za horizontalni položaj:

$$s_{e,n} = \sqrt{s_e^2 + s_n^2} \quad (16)$$

V preglednicah št. 20–22 za točke GPS02, št. 23–25 za točko GPS03, št. 26–28 za točko GPS04, št. 29–31 za točko GPS05 in št. 32–34 za točko GPS06 predstavljamo statistične vrednosti, ki smo jih pridobili z izvedbo treh neodvisnih vzorcev meritev. V vsakem vzorcu smo imeli deset ponovitev določitve položaja z metodo izmere RTK, pri čemer smo se v prvem vzorcu kot bazno stojišče uporabili lastno stalno postajo (GEA1), v drugem stalno postajo omrežja SIGNAL v Črnomlju (PP CRNO) in v tretjem virtualno bazno postajo VRS omrežja SIGNAL. Za vsako točko grafično prikazujemo odstopanja posebej v horizontalni ravnini in posebej v elipsoidni višini. Odstopanja prikazujemo glede na referenčno vrednost, pridobljeno s statičnimi meritvami GNSS.

Točka GPS02

Preglednica 20: Statistične vrednosti prvega vzorca GPS02 (navezavo na lastno stalno postajo GEA1)

koordinata	aritmetična sredina	najmanjša vrednost	največja vrednost	razlika	standardni odklon
X	\bar{X} [m]	X_{min} [m]	X_{max} [m]	$\Delta = X_{max} - X_{min}$ [m]	s_X [m]
e	522.801,933	522.801,928	522,801,936	0,008	0,003
n	47.215,769	47.215,762	47,215,784	0,022	0,006
h	208,340	208,322	208,362	0,040	0,011

Preglednica 21: Statistične vrednosti drugega vzorca GPS02 (navezavo na stalno postajo CRNO omrežja SIGNAL)

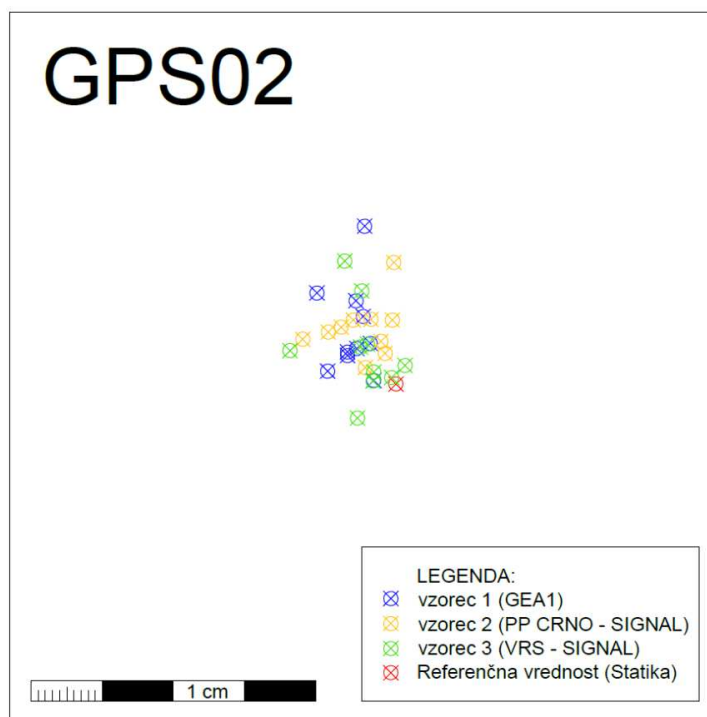
koordinata	aritmetična sredina	najmanjša vrednost	največja vrednost	razlika	standardni odklon
X	\bar{X} [m]	X_{min} [m]	X_{max} [m]	$\Delta = X_{max} - X_{min}$ [m]	s_X [m]
e	522.801,934	522.801,926	522,801,939	0,013	0,004
n	47.215,769	47.215,764	47,215,778	0,015	0,004
h	208,329	208,309	208,347	0,038	0,012

Preglednica 22: Statistične vrednosti tretjega vzorca GPS02 (navezava na virtualno bazno postajo omrežja SIGNAL)

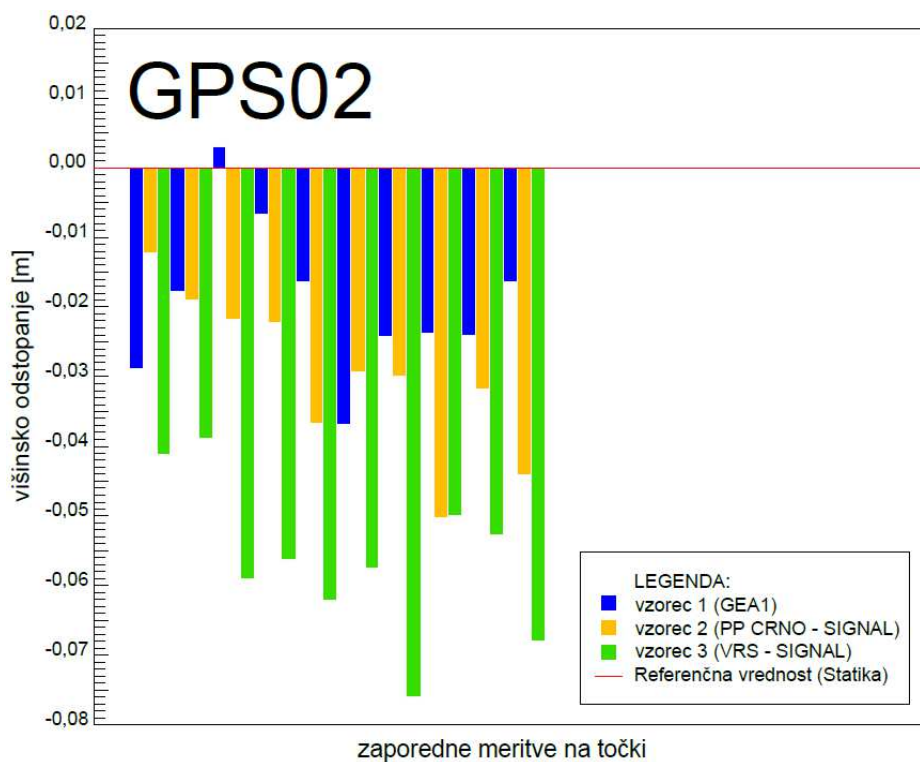
koordinata	aritmetična sredina	najmanjša vrednost	največja vrednost	razlika	standardni odklon
X	\bar{X} [m]	X_{min} [m]	X_{max} [m]	$\Delta = X_{max} - X_{min}$ [m]	s_X [m]
e	522.801,934	522.801,924	522.801,940	0,016	0,004
n	47.215,766	47,215,757	47,215,779	0,022	0,006
h	208,305	208,291	208,320	0,029	0,009

Zanimivo je, da pri navezavi na bazno stojišče GEA1 oziroma stalno postajo omrežja SIGNAL Črnomelj (PP CRNO) pridobimo primerljive vrednosti odstopanj med posameznimi koordinatami. Definijsko območje odstopanj v koordinatah e in n znaša okoli 2 cm, v višinski komponenti nekoliko več, to je okoli 4 cm. Na sliki 32 prikazujemo horizontalne položaje opazovanj RTK, medtem ko je primerjava elipsoidnih višin glede na referenčno vrednost prikazana na sliki 33. V višinskem smislu opazimo nekoliko večja odstopanja od referenčne vrednosti v primeru uporabe metode VRS, medtem

ko so rezultati z navezavo na stalni postaji GEA1 in stalno postajo Črnomelj (PP CRNO) nekoliko boljši in med seboj dokaj primerljivi.



Slika 32: Horizontalni položaji opazovanj RTK na točki GPS02



Slika 33: Višinsko odstopanje opazovanj RTK na točki GPS02

Točka GPS03

Preglednica 23: Statistične vrednosti prvega vzorca GPS03 (navezavo na lastno stalno postajo GEA1)

koordinata	aritmetična sredina	najmanjša vrednost	največja vrednost	razlika	standardni odklon
X	\bar{X} [m]	X_{min} [m]	X_{max} [m]	$\Delta = X_{max} - X_{min}$ [m]	s_X [m]
e	523.809,235	523.809,226	523.809,245	0,019	0,007
n	42.878,694	42.878,684	42.878,701	0,016	0,005
h	265,008	264,986	265,027	0,041	0,013

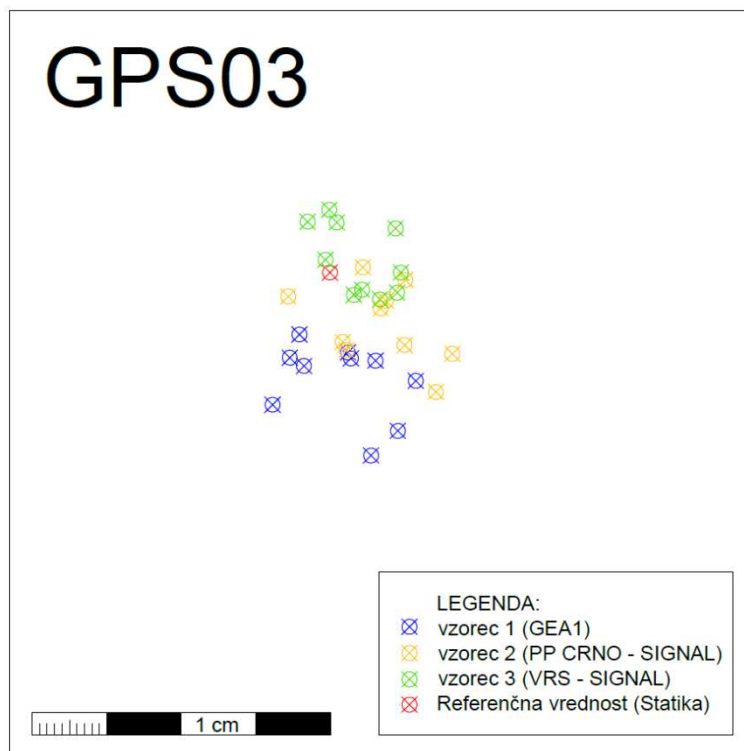
Preglednica 24: Statistične vrednosti drugega vzorca GPS03 (navezavo na stalno postajo CRNO omrežja SIGNAL)

koordinata	aritmetična sredina	najmanjša vrednost	največja vrednost	razlika	standardni odklon
X	\bar{X} [m]	X_{min} [m]	X_{max} [m]	$\Delta = X_{max} - X_{min}$ [m]	s_X [m]
e	523.809,240	523.809,228	523.809,250	0,022	0,006
n	42.878,702	42.878,693	42.878,710	0,017	0,005
h	265,014	264,997	265,045	0,048	0,013

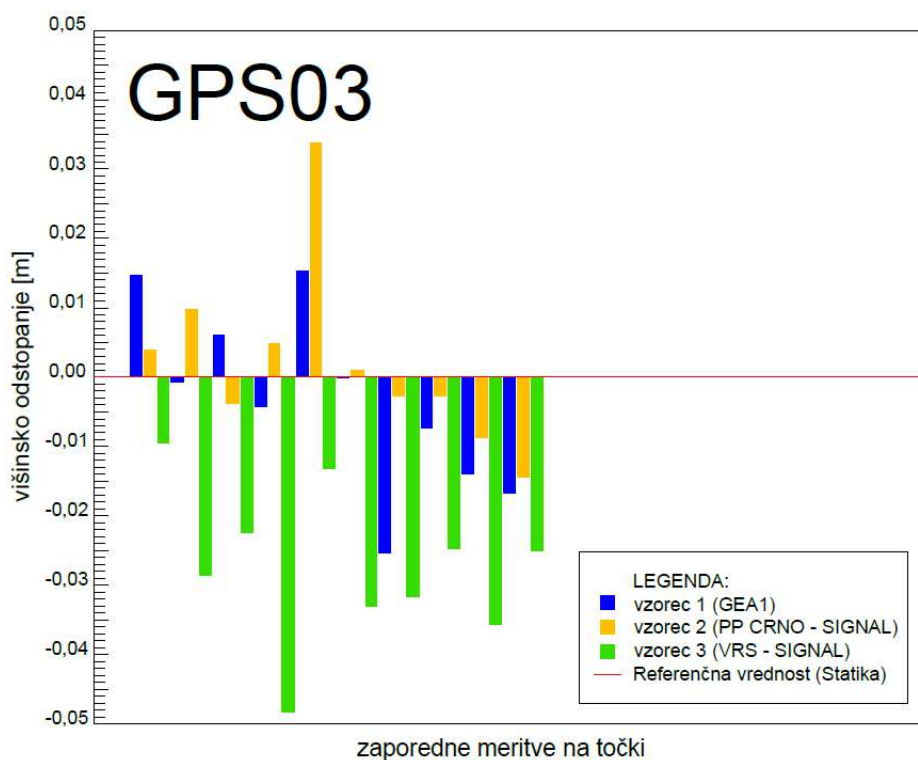
Preglednica 25: Statistične vrednosti tretjega vzorca GPS03 (navezava na virtualno bazno postajo omrežja SIGNAL)

koordinata	aritmetična sredina	najmanjša vrednost	največja vrednost	razlika	standardni odklon
X	\bar{X} [m]	X_{min} [m]	X_{max} [m]	$\Delta = X_{max} - X_{min}$ [m]	s_X [m]
e	523.809,237	523.809,230	523.809,243	0,013	0,005
n	42.878,711	42.878,705	42.878,717	0,012	0,005
h	264,984	264,963	265,002	0,039	0,011

Tudi v primeru točke GPS03 opazimo primerljive vrednosti odstopanj med posameznimi koordinatami v primeru navezave na bazno stojišče GEA1 in stalno postajo v Črnomlju (PP CRNO). Definijsko območje odstopanj v koordinatah e in n znaša okoli 2 cm, v višinski komponenti nekoliko več, to je okoli 4 cm. Horizontalne položaje meritev RTK prikazujemo na sliki 34. Največjo točnosti in natančnost opazovanj nudi metoda VRS. Pri primerjavi elipsoidnih višin, prikazanih na sliki 35, opazimo primerljive rezultate v primeru navezave na stalno postajo, ter nekoliko večja odstopanj v primeru uporabe metode VRS.



Slika 34: Horizontalni položaji opazovanj RTK na točki GPS03



Slika 35: Višinsko odstopanje opazovanj RTK na točki GPS03

Točka GPS04

Preglednica 26: Statistične vrednosti prvega vzorca GPS04 (navezavo na lastno stalno postajo GEA1)

koordinata	aritmetična sredina	najmanjša vrednost	največja vrednost	razlika	standardni odklon
X	\bar{X} [m]	X_{min} [m]	X_{max} [m]	$\Delta = X_{max} - X_{min}$ [m]	s_X [m]
e	516.124,846	516.124,825	516.124,859	0,035	0,009
n	36.738,048	36.738,035	36.738,061	0,026	0,009
h	234,688	234,659	234,709	0,050	0,019

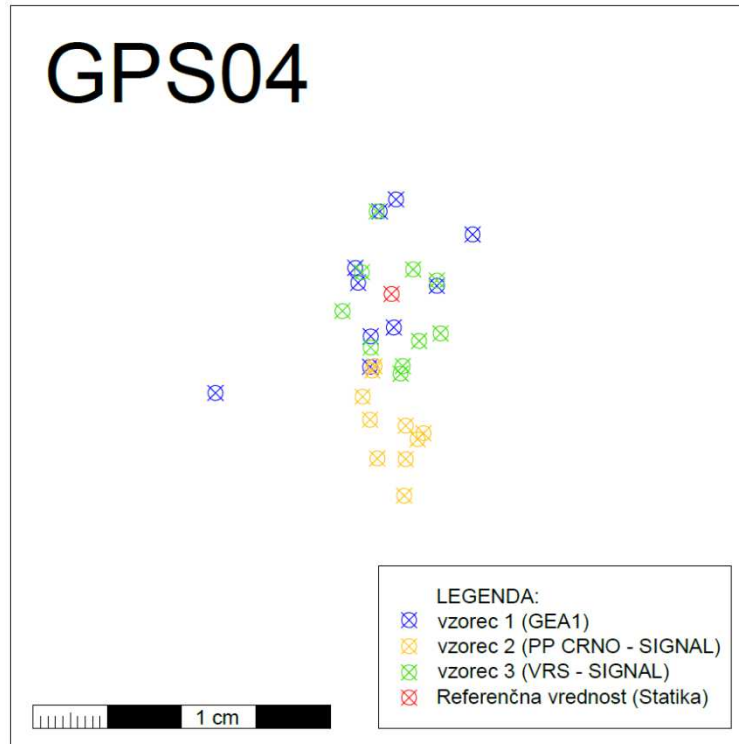
Preglednica 27: Statistične vrednosti drugega vzorca GPS04 (navezavo na stalno postajo CRNO omrežja SIGNAL)

koordinata	aritmetična sredina	najmanjša vrednost	največja vrednost	razlika	standardni odklon
X	\bar{X} [m]	X_{min} [m]	X_{max} [m]	$\Delta = X_{max} - X_{min}$ [m]	s_X [m]
e	516.124,848	516.124,844	516.124,853	0,008	0,003
n	36.738,030	36.738,021	36.738,038	0,017	0,005
h	234,725	234,709	234,741	0,032	0,009

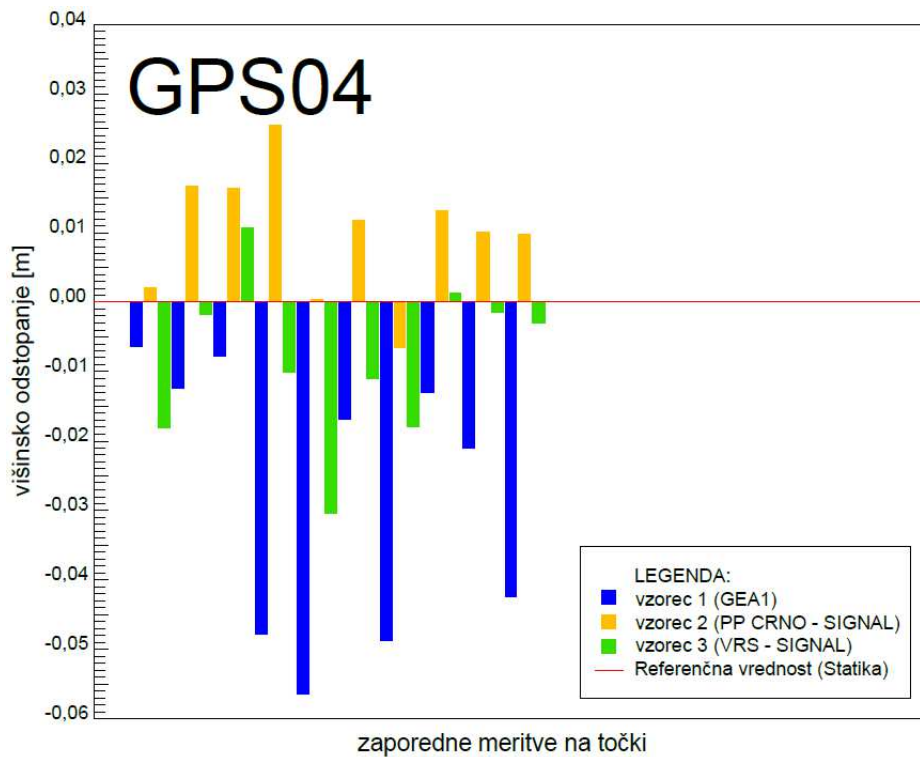
Preglednica 28: Statistične vrednosti tretjega vzorca GPS04 (navezava na virtualno bazno postajo omrežja SIGNAL)

koordinata	aritmetična sredina	najmanjša vrednost	največja vrednost	razlika	standardni odklon
X	\bar{X} [m]	X_{min} [m]	X_{max} [m]	$\Delta = X_{max} - X_{min}$ [m]	s_X [m]
e	516.124,849	516.124,842	516.124,855	0,013	0,004
n	36.738,046	36.738,037	36.738,059	0,022	0,007
h	234,707	234,685	234,726	0,041	0,012

Vektor GEA1–GPS04 je približno 5 km daljši od vektorja CRNO-GPS01. Kot posledico dobimo večje definicijsko območje odstopanj primeru navezave na bazno stoji GEA1, ki v koordinatah e in n znaša okoli 3 cm in v višinski komponenti okoli 5 cm. Aritmetične sredine komponent koordinat so v primeru navezave na lastno bazno stojišče in bazno stojišče VRS v omrežju SIGNAL zelo primerljive. Na sliki 36 prikazujemo horizontalne položaje opazovanj RTK. Opazimo dobro primerljivost rezultatov opazovanj z navezavo na lastno bazno stojišče GEA1 in bazno stojišče VRS omrežja SIGNAL, medtem ko horizontalni položaji z navezavo na stalno postajo v Črnomlju (PP CRNO) nekoliko bolj odstopajo od referenčne vrednosti. Iz prikaza višinskih odstopanj (slika 37) od referenčne vrednosti opazimo, da štiri opazovanja z navezavo na lastno bazno stojišče nekoliko bolj odstopajo.



Slika 36: Horizontalni položaji opazovanj RTK na točki GPS04



Slika 37: Višinsko odstopanje opazovanj RTK na točki GPS04

Točka GPS05

Preglednica 29: Statistične vrednosti prvega vzorca GPS05 (navezavo na lastno stalno postajo GEA1)

koordinata	aritmetična sredina	najmanjša vrednost	največja vrednost	razlika	standardni odklon
X	\bar{X} [m]	X_{min} [m]	X_{max} [m]	$\Delta = X_{max} - X_{min}$ [m]	s_X [m]
e	506.061,689	506.061,677	506.061,708	0,032	0,009
n	39.475,055	39.475,044	39.475,066	0,023	0,009
h	426,974	426,940	427,006	0,066	0,023

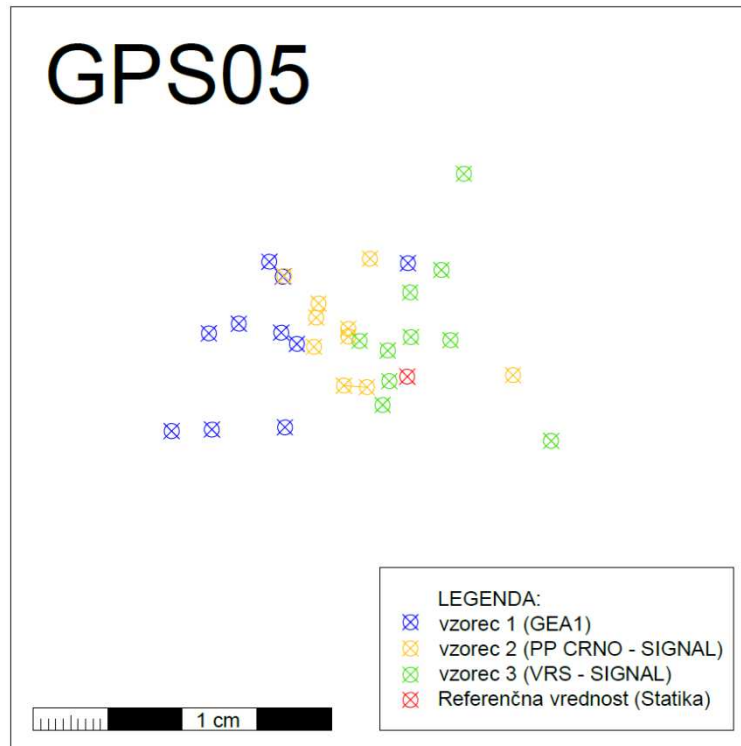
Preglednica 30: Statistične vrednosti drugega vzorca GPS05 (navezavo na stalno postajo CRNO omrežja SIGNAL)

koordinata	aritmetična sredina	najmanjša vrednost	največja vrednost	razlika	standardni odklon
X	\bar{X} [m]	X_{min} [m]	X_{max} [m]	$\Delta = X_{max} - X_{min}$ [m]	s_X [m]
e	506.061,701	506.061,692	506.061,722	0,031	0,008
n	39.475,057	39.475,049	39.475,067	0,017	0,006
h	427,002	426,957	427,032	0,075	0,022

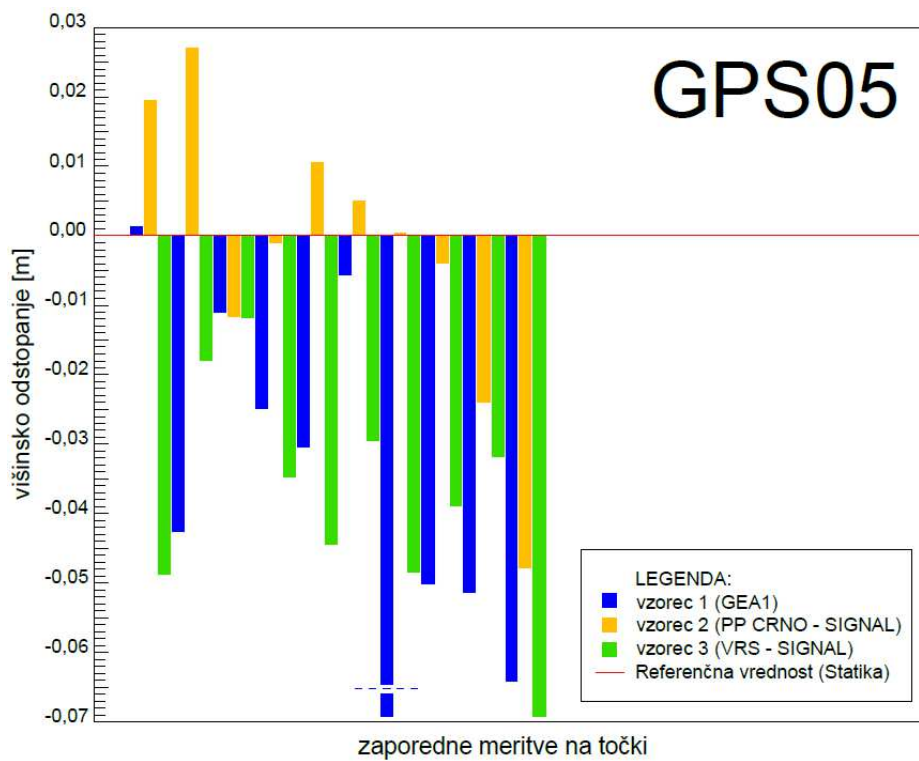
Preglednica 31: Statistične vrednosti tretjega vzorca GPS05 (navezava na virtualno bazno postajo omrežja SIGNAL)

koordinata	aritmetična sredina	najmanjša vrednost	največja vrednost	razlika	standardni odklon
X	\bar{X} [m]	X_{min} [m]	X_{max} [m]	$\Delta = X_{max} - X_{min}$ [m]	s_X [m]
e	506.061,710	506.061,702	506.061,727	0,026	0,007
n	39.475,057	39.475,042	39.475,078	0,036	0,010
h	426,967	426,935	426,993	0,057	0016

Z oddaljevanjem od stalne postaje se povečuje tudi definicijsko območje odstopanj, kar je še zlasti vidno v višinski komponenti. Na sliki 38 prikazujemo horizontalne položaje opazovanj RTK. Opazimo, da največjo točnost pridobimo z uporabo metode VRS v omrežju SIGNAL. Primerjava elipsoidnih višin je prikazana na sliki 39. Opazimo, da je bilo eno opazovanje z uporabo lastne stalne postaje GEA1 v višinskem smislu grobo pogrešeno in odstranjeno iz nadaljnjih izračunov. Odstopanje od aritmetične sredine znaša približno 10 cm.



Slika 38: Horizontalni položaji opazovanj RTK na točki GPS05



Slika 39: Višinsko odstopanje opazovanj RTK na točki GPS05

Točka GPS06

Preglednica 32: Statistične vrednosti prvega vzorca GPS06 (navezavo na lastno stalno postajo GEA1)

koordinata	aritmetična sredina	najmanjša vrednost	največja vrednost	razlika	standardni odklon
X	\bar{X} [m]	X_{min} [m]	X_{max} [m]	$\Delta = X_{max} - X_{min}$ [m]	s_X [m]
e	520.351,128	520.351,118	520.351,135	0,017	0,006
n	35.742,476	35.742,467	35.742,488	0,021	0,006
h	208,574	208,555	208,596	0,041	0,011

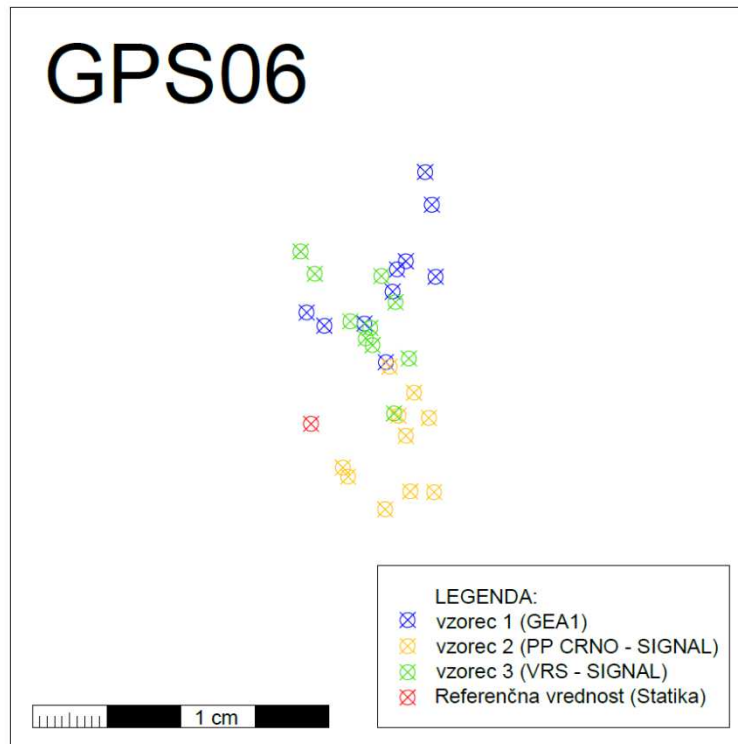
Preglednica 33: Statistične vrednosti drugega vzorca GPS06 (navezavo na stalno postajo CRNO omrežja SIGNAL)

koordinata	aritmetična sredina	najmanjša vrednost	največja vrednost	razlika	standardni odklon
X	\bar{X} [m]	X_{min} [m]	X_{max} [m]	$\Delta = X_{max} - X_{min}$ [m]	s_X [m]
e	520.351,130	520.351,123	520.351,135	0,012	0,004
n	35.742,455	35.742,447	35.742,466	0,019	0,009
h	208,615	208,598	208,625	0,027	0,009

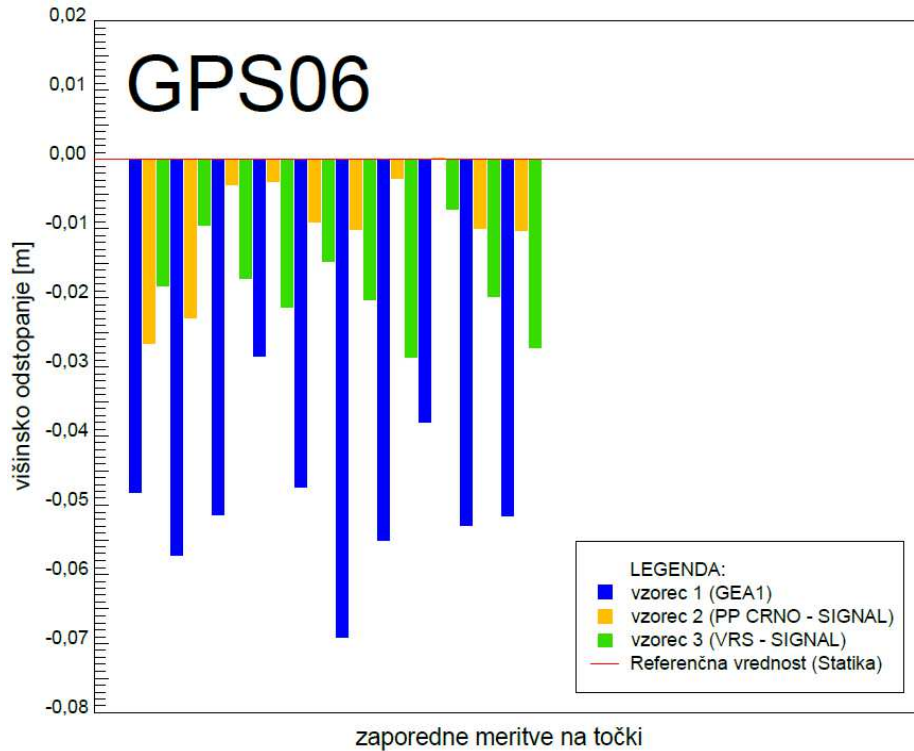
Preglednica 34: Statistične vrednosti tretjega vzorca GPS06 (navezava na virtualno bazno postajo omrežja SIGNAL)

koordinata	aritmetična sredina	najmanjša vrednost	največja vrednost	razlika	standardni odklon
X	\bar{X} [m]	X_{min} [m]	X_{max} [m]	$\Delta = X_{max} - X_{min}$ [m]	s_X [m]
e	520.351,126	520.351,117	520.351,131	0,015	0,005
n	35.742,472	35.742,460	35.742,481	0,022	0,006
h	208,606	208,596	208,617	0,022	0,007

Definicijsko območje odstopanj na točki GPS06 v koordinatah e in n znaša v vseh vzorcih okoli 2 cm. V višinskem smislu je v primeru uporabe lastne stalne postaje nekoliko večje in znaša približno 4 cm. Večje odstopanje je lahko tudi posledica nekoliko daljšega vektorja GEA–GPS06 v primerjavi z vektorjem CRNO–GPS06. Horizontalne položaje meritev RTK prikazujemo na sliki 40. V primeru elipsoidnih višin (slika 41) opazimo nekoliko slabše rezultate z navezavo na lastno stalno postajo GEA1. Najboljše se referenčni vrednosti približajo opazovanja elipsoidnih višin z navezavo na stalno postajo CRNO omrežja SIGNAL.



Slika 40: Horizontalni položaji opazovanj RTK na točki GPS06



Slika 41: Višinsko odstopanje opazovanj RTK na točki GPS06

7.3 Preizkušanje domnev

Za vsak posamezni vzorec, v konkretnem primeru imamo tri vzorce za posamezno točko) smo preizkušali domneve:

- a) Ali je iz meritev izračunani standardni odklon $\sigma_{RTK-e,n}$ za horizontalni položaj (e, n) enak pripadajoči vrednosti $\sigma_{e,n}$, ki jo podaja proizvajalec ali pa smo jo predhodno sami določili? Postavimo ničelno in alternativno domnevo:

$$H_0: \sigma_{RTK-e,n} \leq \sigma_{e,n}$$

$$H_1: \sigma_{RTK-e,n} > \sigma_{e,n}$$

Izhajamo iz pogoja:

$$s_{e,n} \leq \sigma_{e,n} \cdot \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2(v_e+v_n)}{v_e+v_n}} \quad (17)$$

Če je pogoj izpolnjen, ničelne domneve H_0 ne moremo zavrniti s tveganjem α , če pa ni izpolnjen, ničelno domnevo H_0 zavrnemo in sprejmemo alternativno H_1 s tveganjem α .

Z upoštevanjem števila prostostnih stopenj ($v_e + v_n = 18$ in kritične vrednosti χ^2 pri tveganju

$\alpha = 5\%$ ($\chi_{0,95;18}^2 = 28,869$), izračunamo $\sqrt{\frac{\chi_{0,95;18}^2}{18}} = 1,266$ in zgornji pogoj preoblikujemo v:

$$s_{e,n} \leq \sigma_{e,n} \cdot 1,266$$

V preglednicah 35–39 predstavljamo rezultate testiranja domneve za horizontalni položaj na kontrolnih točkah. Komentarje podajamo pod preglednicami. V vseh primerih smo za kritično vrednost uporabili $\sigma_{e,n} = 0,010$ m.

Preglednica 35: Testiranje domneve za horizontalni položaj za točko GPS02

	$s_{e,n}$ [m]	$\leq \sigma_{e,n} \cdot 1,266$	H_0 je/ni sprejeta
Vzorec: stalna postaja GEA1	0,007	$\leq 0,013$	je sprejeta
Vzorec: stalna postaja CRNO	0,006	$\leq 0,013$	je sprejeta
Vzorec: VRS	0,008	$\leq 0,013$	je sprejeta

Iz meritev izračunane vrednosti standardnih odklonov zadostijo ničelni domnevi. Standardni odkloni so manjši od postavljene mejne vrednosti $\sigma_{e,n} = 0,010$ m.

Preglednica 36: Testiranje domneve za horizontalni položaj za točko GPS03

	$s_{e,n}$ [m]	$\leq \sigma_{e,n} \cdot 1,266$	H_0 je/ni sprejeta
Vzorec: stalna postaja GEA1	0,008	$\leq 0,013$	je sprejeta
Vzorec: stalna postaja CRNO	0,008	$\leq 0,013$	je sprejeta
Vzorec: VRS	0,007	$\leq 0,013$	je sprejeta

Iz meritev izračunane vrednosti standardnih odklonov zadostijo ničelni domnevi. Standardni odkloni so manjši od postavljene mejne vrednosti $\sigma_{e,n} = 0,010$ m.

Preglednica 37: Testiranje domneve za horizontalni položaj za točko GPS04

	$s_{e,n}$ [m]	$\leq \sigma_{e,n} \cdot 1,266$	H_0 je/ni sprejeta
Vzorec: stalna postaja GEA1	0,013	$\leq 0,013$	je sprejeta
Vzorec: stalna postaja CRNO	0,006	$\leq 0,013$	je sprejeta
Vzorec: VRS	0,008	$\leq 0,013$	je sprejeta

Iz meritev izračunane vrednosti standardnih odklonov zadostijo ničelni domnevi. Standardni odkloni so manjši od postavljene mejne vrednosti $\sigma_{e,n} = 0,010$ m.

Preglednica 38: Testiranje domneve za horizontalni položaj za točko GPS05

	$s_{e,n}$ [m]	$\leq \sigma_{e,n} \cdot 1,266$	H_0 je/ni sprejeta
Vzorec: stalna postaja GEA1	0,012	$\leq 0,013$	je sprejeta
Vzorec: stalna postaja CRNO	0,010	$\leq 0,013$	je sprejeta
Vzorec: VRS	0,012	$\leq 0,013$	je sprejeta

Iz meritev izračunane vrednosti standardnih odklonov zadostijo ničelni domnevi. Standardni odkloni so manjši od postavljene mejne vrednosti $\sigma_{e,n} = 0,010$ m.

Preglednica 39: Testiranje domneve za horizontalni položaj za točko GPS06

	$s_{e,n}$ [m]	$\leq \sigma_{e,n} \cdot 1,282$	H_0 je/ni sprejeta
Vzorec: stalna postaja GEA1	0,008	$\leq 0,013$	je sprejeta
/	/	$\leq \sigma_{e,n} \cdot 1,266$	/
Vzorec: stalna postaja CRNO	0,008	$\leq 0,013$	je sprejeta
Vzorec: VRS	0,008	$\leq 0,013$	je sprejeta

Iz meritev izračunane vrednosti standardnih odklonov zadostijo ničelni domnevi. Standardni odkloni so manjši od postavljene mejne vrednosti $\sigma_{e,n} = 0,010$ m.

- b) Ali je iz vzorca opazovanj izračunani standardni odklon σ_{RTK-h} za elipsoidno višino h enak predhodno določeni vrednosti σ_h ? Podamo ničelno in alternativno domnevo:

$$H_0: \sigma_{RTK-h} \leq \sigma_h$$

$$H_1: \sigma_{RTK-h} > \sigma_h$$

V primeru, da postavljeni pogoj:

$$s_{RTK-h} \leq \sigma_h \cdot \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2; v_h}{v_h}} \quad (18)$$

- je izpolnjen, ničelne domneve H_0 ne moremo zavrniti s tveganjem α ;
- ni izpolnjen, ničelno domnevo H_0 zavrnemo in sprejmemo alternativno H_1 s tveganjem α .

V primeru števila prostostnih stopenj ($v_h = 9$) in kritične vrednosti χ^2 za $\alpha = 5\%$ ($\chi_{0,95;9}^2 = 16,919$), izračunamo $\sqrt{\frac{\chi_{0,95;9}^2}{9}} = 1,371$ in zgornji pogoj zapišemo kot:

$$s_{RTK-h} \leq \sigma_h \cdot 1,371$$

V preglednicah 40–44 predstavljamo rezultate testiranja domneve za elipsoidno višino na kontrolnih točkah. Komentarje podajamo pod preglednicami. V vseh primerih smo za kritično vrednost uporabili $\sigma_h = 0,020$ m.

Preglednica 40: Testiranje domneve za elipsoidno višino za točko GPS02

	s_h [m]	$\leq \sigma_h \cdot 1,371$	H_0 je/ni sprejeta
Vzorec: stalna postaja GEA1	0,011	$\leq 0,027$	je sprejeta
Vzorec: stalna postaja CRNO	0,012	$\leq 0,027$	je sprejeta
/	/	$\leq \sigma_h \cdot 1,392$	/
Vzorec: VRS	0,009	$\leq 0,028$	je sprejeta

Iz meritev izračunane vrednosti standardnih odklonov zadostijo ničelni domnevi. Standardni odkloni so manjši od postavljene mejne vrednosti $\sigma_h = 0,020$ m.

Preglednica 41: Testiranje domneve za elipsoidno višino za točko GPS03

	s_h [m]	$\leq \sigma_h \cdot 1,371$	H_0 je/ni sprejeta
Vzorec: stalna postaja GEA1	0,013	$\leq 0,027$	je sprejeta
Vzorec: stalna postaja CRNO	0,013	$\leq 0,027$	je sprejeta
Vzorec: VRS	0,011	$\leq 0,027$	je sprejeta

Iz meritev izračunane vrednosti standardnih odklonov zadostijo ničelni domnevi. Standardni odkloni so manjši od postavljene mejne vrednosti $\sigma_h = 0,020$ m.

Preglednica 42: Testiranje domneve za elipsoidno višino za točko GPS04

	s_h [m]	$\leq \sigma_h \cdot 1,371$	H_0 je/ni sprejeta
Vzorec: stalna postaja GEA1	0,019	$\leq 0,027$	je sprejeta
Vzorec: stalna postaja CRNO	0,009	$\leq 0,027$	je sprejeta
Vzorec: VRS	0,012	$\leq 0,027$	je sprejeta

Iz meritev izračunane vrednosti standardnih odklonov zadostijo ničelni domnevi. Standardni odkloni so manjši od postavljene mejne vrednosti $\sigma_h = 0,020$ m.

Preglednica 43: Testiranje domneve za elipsoidno višino za točko GPS05

	s_h [m]	$\leq \sigma_h \cdot 1,392$	H_0 je/ni sprejeta
Vzorec: stalna postaja GEA1	0,023	$\leq 0,028$	je sprejeta
/	/	$\leq \sigma_h \cdot 1,371$	/
Vzorec: stalna postaja CRNO	0,022	$\leq 0,027$	je sprejeta
Vzorec: VRS	0,016	$\leq 0,027$	je sprejeta

Iz meritev izračunane vrednosti standardnih odklonov zadostijo ničelni domnevi. Standardni odkloni so manjši od postavljene mejne vrednosti $\sigma_h = 0,020$ m.

Preglednica 44: Testiranje domneve za elipsoidno višino za točko GPS06

	s_h [m]	$\leq \sigma_h \cdot 1,371$	H_0 je/ni sprejeta
Vzorec: stalna postaja GEA1	0,011	$\leq 0,027$	je sprejeta
Vzorec: stalna postaja CRNO	0,009	$\leq 0,027$	je sprejeta
Vzorec: VRS	0,007	$\leq 0,027$	je sprejeta

Iz meritev izračunane vrednosti standardnih odklonov zadostijo ničelni domnevi. Standardni odkloni so manjši od postavljene mejne vrednosti $\sigma_h = 0,020$ m.

7.4 Preizkušanje domnev, ali sta dva vzorca meritev na isti točki skladna:

- a) Postavimo si vprašanje, ali sta dva vzorca skladna (oznaki za prvi vzorec: $\sigma_{RTK-e,n}^2$ oziroma $s_{RTK-e,n}^2$; oznaki za drugi vzorec: $\tilde{\sigma}_{RTK-e,n}^2$ in $\tilde{s}_{RTK-e,n}^2$).

Postavimo ničelno in alternativno domnevo:

$$H_0: \sigma_{RTK-e,n}^2 = \tilde{\sigma}_{RTK-e,n}^2$$

$$H_1: \sigma_{RTK-e,n}^2 \neq \tilde{\sigma}_{RTK-e,n}^2$$

Izračunamo testno statistiko $F = \frac{s_{e,n}^2}{\tilde{s}_{e,n}^2}$ in kritični vrednosti $F_{1-\alpha/2;(v_e+v_n);(\tilde{v}_e+\tilde{v}_n)}$ in $F_{\alpha/2;(v_e+v_n);(\tilde{v}_e+\tilde{v}_n)}$ (navadno je podana le vrednost $F_{1-\alpha/2;(v_e+v_n);(\tilde{v}_e+\tilde{v}_n)}$, drugo kritično vrednost določimo iz enačbe:).

$$F_{\alpha/2;(v_e+v_n);(\tilde{v}_e+\tilde{v}_n)} = \frac{1}{F_{1-\alpha/2;(\tilde{v}_e+\tilde{v}_n);(v_e+v_n)}} \quad (19)$$

Če testna statistika pade v kritično območje, ničelno domnevo zavrnilo in sprejmemo alternativno s tveganjem α . Če vrednost testne statistike ne pade v kritično območje, ničelne domneve ne moremo zavrniti s tveganjem α .

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2;(v_e+v_n);(\tilde{v}_e+\tilde{v}_n)}} \leq \frac{s_{e,n}^2}{\tilde{s}_{e,n}^2} \leq F_{1-\alpha/2;(\tilde{v}_e+\tilde{v}_n);(v_e+v_n)}$$

V primeru dveh vzorcev gre za število prostostnih stopenj ($v_e + v_n = \tilde{v}_e + \tilde{v}_n = 18$). Kritična vrednost testne statistike ob tveganju $\alpha = 5\%$ znaša $F_{0,975;18;18} = 2,596$. Za 1. in 2. vzorec lahko zgornji pogoj zapišemo kot:

$$0,385 \leq \frac{s_{RTK-e,n}^2}{\tilde{s}_{RTK-e,n}^2} \leq 2,596$$

Za vsako posamezno točko (GPS02 – GPS06) primerjamo:

- prvi in drugi vzorec meritev RTK (GEA1 in PP CRNO),
- prvi in tretji vzorec meritev RTK (GEA1 in VRS SIGNAL),
- drugi in tretji vzorec meritev (PP CRNO in VRS SIGNAL).

Preglednica 45: Testiranje domneve skladnosti dveh vzorcev horizontalnega položaja za točko GPS02

Vzorci meritev	$0,385 \leq \frac{s_{RTK-e,n}^2}{\tilde{s}_{RTK-e,n}^2} \leq 2,596$	H_0 je/ni sprejeta
GEA1 in PP CRNO	$0,385 < \mathbf{1,460} < 2,596$	je sprejeta
GEA1 in VRS SIGNAL	$0,385 < \mathbf{0,815} < 2,596$	je sprejeta
PP CRNO in VRS SIGNAL	$0,385 < \mathbf{0,558} < 2,596$	je sprejeta

Iz rezultatov v preglednici 45 lahko rečemo, da za vse primere primerjav vzorcev meritev za točko GPS02 velja, da so neodvisni vzorci v horizontalni določitvi položaja med seboj skladni.

Preglednica 46: Testiranje domneve skladnosti dveh vzorcev horizontalnega položaja za točko GPS03

Vzorci meritev	$0,385 \leq \frac{s_{\text{RTK-e,n}}^2}{\tilde{s}_{\text{RTK-e,n}}^2} \leq 2,596$	H_0 je/ni sprejeta
GEA1 in PP CRNO	$0,385 < 1,006 < 2,596$	je sprejeta
GEA1 in VRS SIGNAL	$0,385 < 1,621 < 2,596$	je sprejeta
PP CRNO in VRS SIGNAL	$0,385 < 1,612 < 2,596$	je sprejeta

Iz rezultatov v preglednici 46 lahko rečemo, da za vse primere primerjav vzorcev meritev za točko GPS03 velja, da so neodvisni vzorci v horizontalni določitvi položaja med seboj skladni.

Preglednica 47: Testiranje domneve skladnosti dveh vzorcev horizontalnega položaja za točko GPS04

Vzorci meritev	$0,385 \leq \frac{s_{\text{RTK-e,n}}^2}{\tilde{s}_{\text{RTK-e,n}}^2} \leq 2,596$	H_0 je/ni sprejeta
GEA1 in PP CRNO	$0,385 < 4,089 < 2,596$	ni sprejeta
GEA1 in VRS SIGNAL	$0,385 < 2,353 < 2,596$	je sprejeta
PP CRNO in VRS SIGNAL	$0,385 < 0,576 < 2,596$	je sprejeta

Iz rezultatov v preglednici 47 za točko GPS04 lahko rečemo, da primerjana vzorca GEA1 in PP CRNO nista skladna, medtem ko sta ostali primerjavi neodvisnih vzorcev v horizontalni določitvi položaja med seboj skladni.

Preglednica 48: Testiranje domneve skladnosti dveh vzorcev horizontalnega položaja za točko GPS05

Vzorci meritev	$0,385 \leq \frac{s_{\text{RTK-e,n}}^2}{\tilde{s}_{\text{RTK-e,n}}^2} \leq 2,596$	H_0 je/ni sprejeta
GEA1 in PP CRNO	$0,385 < 1,486 < 2,596$	je sprejeta
GEA1 in VRS SIGNAL	$0,385 < 1,001 < 2,596$	je sprejeta
PP CRNO in VRS SIGNAL	$0,385 < 0,674 < 2,596$	je sprejeta

Iz rezultatov v preglednici 48 lahko rečemo, da za vse primere primerjav vzorcev meritev za točko GPS05 velja, da so neodvisni vzorci v horizontalni določitvi položaja med seboj skladni.

Preglednica 49: Testiranje domneve skladnosti dveh vzorcev horizontalnega položaja za točko GPS06

Vzorci meritev	$0,379 \leq \frac{s_{\text{RTK-e,n}}^2}{\tilde{s}_{\text{RTK-e,n}}^2} \leq 2,640$	H_0 je/ni sprejeta
GEA1 in PP CRNO	$0,379 < 1,213 < 2,640$	je sprejeta
GEA1 in VRS SIGNAL	$0,379 < 1,125 < 2,640$	je sprejeta
/	$0,385 \leq \frac{s_{\text{RTK-e,n}}^2}{\tilde{s}_{\text{RTK-e,n}}^2} \leq 2,596$	/
PP CRNO in VRS SIGNAL	$0,385 < 0,927 < 2,596$	je sprejeta

Iz rezultatov v preglednici 49 lahko rečemo, da za vse primere primerjav vzorcev meritev za točko GPS06 velja, da so neodvisni vzorci v horizontalni določitvi položaja med seboj skladni.

- b) Nadalje postavimo vprašanje, ali standardna odklona za elipsoidno višino iz dveh vzorcev $\sigma_{\text{RTK}-h}$ in $\tilde{\sigma}_{\text{RTK}-h}$, ki se nanašata na isto elipsoidno višino h , spadata v isto populacijo ob predpostavki, da imata vzorca enako število prostostnih stopenj (ν_h in $\tilde{\nu}_h$)? Postavimo ničelno ter alternativno domnevo:

$$H_0: \sigma_h = \tilde{\sigma}_h$$

$$H_1: \sigma_h \neq \tilde{\sigma}_h$$

V primeru, da pogoj:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2; \nu_h; \tilde{\nu}_h}} \leq \frac{s_{\text{RTK}-h}^2}{\tilde{s}_{\text{RTK}-h}^2} \leq F_{1-\alpha/2; \tilde{\nu}_h; \nu_h}$$

- je izpolnjen, ničelne domneve H_0 ne moremo zavrniti s tveganjem α ;
- ni izpolnjen, ničelno domnevo H_0 zavrnemo in sprejmemo alternativno H_1 s tveganjem α .

V primeru, da je tveganje $\alpha = 5\%$ ter število prostostnih stopenj ($\nu_h = \tilde{\nu}_h = 9$), če primerjamo meritve dveh neodvisnih vzorcev, je kritična vrednost $F_{0,975;9;9} = 4,026$. Pogoj zapišemo v obliki:

$$0,248 \leq \frac{s_{\text{RTK}-h}^2}{\tilde{s}_{\text{RTK}-h}^2} \leq 4,026$$

Za vsako točko smo primerjali:

- prvi in drugi vzorec meritev RTK (GEA1 in PP CRNO),
- prvi in tretji vzorec meritev RTK (GEA1 in VRS SIGNAL),
- drugi in tretji vzorec meritev RTK (PP CRNO in VRS SIGNAL).

Preglednica 50: Testiranje domneve skladnosti dveh vzorcev elipsoidnih višin za točko GPS02

Vzorci meritev	$0,248 \leq \frac{s_{\text{RTK}-h}^2}{\tilde{s}_{\text{RTK}-h}^2} \leq 4,026;$	H_0 je/ni sprejeta
GEA1 in PP CRNO	$0,248 < \mathbf{0,941} < 4,026$	je sprejeta
/	$0,230 \leq \frac{s_{\text{RTK}-h}^2}{\tilde{s}_{\text{RTK}-h}^2} \leq 4,357$	/
GEA1 in VRS SIGNAL	$0,230 < \mathbf{1,432} < 4,357$	je sprejeta
PP CRNO in VRS SIGNAL	$0,230 < \mathbf{1,521} < 4,357$	je sprejeta

Iz rezultatov v preglednici 50 vidimo, da za vse primere primerjav vzorcev za točko GPS02 velja, da so neodvisni vzorci elipsoidnih višin med seboj skladni.

Preglednica 51: Testiranje domneve skladnosti dveh vzorcev elipsoidnih višin za točko GPS03

Vzorci meritev	$0,248 \leq \frac{S_{\text{RTK}-h}^2}{\tilde{S}_{\text{RTK}-h}^2} \leq 4,026$	H_0 je/ni sprejeta
GEA1 in PP CRNO	$0,248 < \mathbf{1,023} < 4,026$	je sprejeta
GEA1 in VRS SIGNAL	$0,248 < \mathbf{1,438} < 4,026$	je sprejeta
PP CRNO in VRS SIGNAL	$0,248 < \mathbf{1,406} < 4,026$	je sprejeta

Iz rezultatov v preglednici 51 vidimo, da za vse primere primerjav vzorcev za točko GPS03 velja, da so neodvisni vzorci elipsoidnih višin med seboj skladni.

Preglednica 52: Testiranje domneve skladnosti dveh vzorcev elipsoidnih višin za točko GPS04

Vzorci meritev	$0,248 \leq \frac{S_{\text{RTK}-h}^2}{\tilde{S}_{\text{RTK}-h}^2} \leq 4,026$	H_0 je/ni sprejeta
GEA1 in PP CRNO	$0,248 < \mathbf{4,311} < 4,026$	ni sprejeta
GEA1 in VRS SIGNAL	$0,248 < \mathbf{2,627} < 4,026$	je sprejeta
PP CRNO in VRS SIGNAL	$0,248 < \mathbf{0,609} < 4,026$	je sprejeta

Iz rezultatov v preglednici 52 vidimo, da v prvem primeru primerjave ne moremo govoriti o skladnosti, medtem ko sta ostali dve primerjavi elipsoidnih višin na točki GPS04 med seboj skladni.

Preglednica 53: Testiranje domneve skladnosti dveh vzorcev elipsoidnih višin za točko GPS05

Vzorci meritev	$0,230 \leq \frac{S_{\text{RTK}-h}^2}{\tilde{S}_{\text{RTK}-h}^2} \leq 4,357$	H_0 je/ni sprejeta
GEA1 in PP CRNO	$0,230 < \mathbf{1,107} < 4,357$	je sprejeta
GEA1 in VRS SIGNAL	$0,230 < \mathbf{1,918} < 4,357$	je sprejeta
/	$0,248 \leq \frac{S_{\text{RTK}-h}^2}{\tilde{S}_{\text{RTK}-h}^2} \leq 4,026$	/
PP CRNO in VRS SIGNAL	$0,248 < \mathbf{1,733} < 4,026$	je sprejeta

Iz rezultatov v preglednici 53 vidimo, da za vse primere primerjav vzorcev za točko GPS05 velja, da so neodvisni vzorci elipsoidnih višin med seboj skladni.

Preglednica 54: Testiranje domneve skladnosti dveh vzorcev elipsoidnih višin za točko GPS06

Vzorci meritev	$0,248 \leq \frac{S_{\text{RTK}-h}^2}{\tilde{S}_{\text{RTK}-h}^2} \leq 4,026$	H_0 je/ni sprejeta
GEA1 in PP CRNO	$0,248 < \mathbf{1,560} < 4,026$	je sprejeta
GEA1 in VRS SIGNAL	$0,248 < \mathbf{2,571} < 4,026$	je sprejeta
PP CRNO in VRS SIGNAL	$0,248 < \mathbf{1,648} < 4,026$	je sprejeta

Iz rezultatov v preglednici 54 vidimo, da za vse primere primerjav vzorcev za točko GPS06 velja, da so neodvisni vzorci elipsoidnih višin med seboj skladni.

Morebiten razlog, da vzorci v višinski komponenti niso med seboj skladni, lahko izhajajo iz velikosti vzorca oziroma morebitnih prisotnih grobih pogreškov v določitvi položaja. Mogoče bi v nadaljevanju bilo smiselno na posameznih točkah povečati število meritev z namenom, da bi ugotovili optimalno velikost vzorca za ugotavljanje skladnosti meritev v višinskem smislu.

8 Kontrola kakovosti določitve položaja

Po vzpostavitvi lastne referenčne postaje GNSS je sledila kontrola kakovosti oziroma določitev območja uporabnosti postaje, glede na njeno oddaljenost. Kontrolo smo naredili s primerjavo med položaji trajno stabiliziranih točk v koordinatnem sistemu ETRS89, ki smo jih predhodno določili s statično izmero GNSS, položajev, dobljenih z navezavo na lastno postajo GNSS, ter položajev, dobljenih z navezavo na državno omrežje SIGNAL z uporabo metod VRS in direktnega priklopa na stalno postajo CRNO. Aritmetične sredine komponent koordinat so podobne vrednostim dobljenim z uporabo metode VRS, zato teh opazovanj nismo obravnavali v statističnem vrednotenju.

Pomemben vpliv na kakovost opazovanj GNSS ima geometrija satelitov oziroma faktor DOP. Večji kot je volumen enotskega telesa, ki ga tvorijo povezave med sateliti in anteno instrumenta GNSS, boljša je geometrija (angl. *Geometric Dilution of Precision*) in faktor posledično zavzema manjšo vrednost. Idealne vrednosti faktorja so med 1 in največ do nekje 5.

Poznamo več faktorjev in sicer (Langley, 1999):

- GDOP (angl. *Geometric Dilution of Precision*): $GDOP = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 + \sigma_t^2}$
- PDOP (angl. *Position Dilution of Precision*): $PDOP = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2}$
- HDOP (angl. *Horizontal Dilution of Precision*): $HDOP = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$
- VDOP (angl. *Vertical Dilution of Precision*): $VDOP = \sqrt{\sigma_z^2}$
- TDOP (angl. *Time Dilution of Precision*): $TDOP = \sqrt{\sigma_t^2}$

Pri tem sta x in y horizontalni komponenti položaja, z višinska komponenta in t časovna komponenta določitve položaja.

Vrednosti faktorjev DOP nam govorijo le o kakovosti razporeditve satelitov na obzorju in niso dovolj, da bi lahko opredelili kakovost določitve položaja v prostoru. Za to služi primerjava določitve položajev točk večkrat neodvisno narejene izmere z metodo RTK glede na referenčno vrednost, ki je v našem primeru položaj, določen s statično metodo izmere.

8.1 Zahtevana natančnost določitve položaja

Zakonske zahteve o natančnosti določitve zemljiško-katastrskih točk smo podrobneje obravnavali v poglavju 3. Skladno s pravilnikom o urejanju mej je predpisana natančnost zemljiško-katastrskih točk podana z daljšo polosjo standardne elipse zaupanja, ki mora biti krajša od 4 cm.

8.2 Kontrola kakovosti določitve položaja z uporabo metode RTK

V preglednici 55 podajamo horizontalne koordinate v državnem koordinatnem sistemu z elipsoidnimi višinami, izračunane na podlagi opazovanj RTK z navezavo na lastno stalno postajo GEA1 ter stalno postajo PP CRNO in virtualno postajo VRS v omrežju SIGNAL. Na vsaki točki smo izvedli 10 zaporednih meritev s časovnim zamikom 15 min, zato komponente koordinat posameznih točk predstavlja aritmetična sredina desetih opazovanj.

Preglednica 55: Koordinate kontrolnih točk dobljene z uporabo metod RTK

Točka	1. vzorec			2. vzorec			3. vzorec		
	Navezava: GEA1			Navezava: PP CRNO (SIGNAL)			NAVEZAVA: VRS (SIGNAL)		
	e [m]	n [m]	h [m]	e [m]	n [m]	h [m]	e [m]	n [m]	h [m]
GPS02	522.801,933	47.215,769	208,340	522.801,934	47.215,769	208,329	522.801,934	47.215,766	208,305
GPS03	523.809,235	42.878,694	265,008	523.809,240	42.878,702	265,014	523.809,237	42.878,711	264,984
GPS04	516.124,846	36.738,048	234,688	516.124,848	36.738,030	234,725	516.124,849	36.738,046	234,707
GPS05	506.061,689	39.475,055	426,974	506.061,701	39.475,057	427,002	506.061,710	39.475,057	426,967
GPS06	520.351,128	35.742,476	208,574	520.351,130	35.742,455	208,615	520.351,126	35.742,472	208,606

V nadaljevanju smo za vse tri vzorce meritev RTK na kontrolnih točkah izvedli primerjavo komponent koordinat z referenčnimi vrednostmi, ki jih predstavljajo rezultati statične izmere. Podali smo še vrednosti standardnih odklonov σ po enačbah 14–15, ki predstavlja mero razpršenosti posameznih opazovanj in izračunali statistično oceno točnosti m po enačbi 20, kjer X_{ref} predstavlja referenčno vrednost, X_i pa vrednost posamezne meritve RTK (Ovčar, 2015).

$$m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{ref} - X_i)^2}{n}} \quad (20)$$

Točnost predstavlja stopnjo ustreznosti merjenih komponent koordinat glede na referenčno vrednost, medtem ko natančnost predstavlja stopnjo skladnosti zaporednih meritev na isti točki.

8.2.1 Metoda RTK z navezavo na lastno stalno postajo GEA1

V preglednici 56 prikazujemo odstopanja posameznih komponent koordinat, določenih z navezavo na lastno stalno postajo, od referenčnih vrednosti ter statistično oceno natančnosti, ki jo predstavljajo standardni odkloni σ posameznih komponent in točnost, ki je opredeljena kot koren povprečne kvadratne napake m .

Preglednica 56: Primerjava, natančnost in točnost opazovanj dobljenih z navezavo na lastno stalno postajo GEA1

	PRIMERJAVA			NATANČNOST			TOČNOST			Oddaljenost od stalne postaje GEA 1
	Δe [m]	Δn [m]	Δh [m]	σ_e [m]	σ_n [m]	σ_h [m]	m_n [m]	m_e [m]	m_h [m]	
GPS02	0,006	-0,008	0,019	0,003	0,006	0,011	0,006	0,008	0,019	≈ 5 km
GPS03	-0,002	0,014	0,003	0,007	0,005	0,013	0,002	0,014	0,003	≈ 10 km
GPS04	0,002	0,000	0,027	0,009	0,009	0,019	0,002	0,000	0,027	≈ 15 km
GPS05	0,019	-0,005	0,031	0,009	0,009	0,023	0,019	0,005	0,031	≈ 20 km
GPS06	-0,010	-0,018	0,050	0,006	0,006	0,011	0,010	0,018	0,050	≈ 17 km

Posamezne koordinate v horizontalni ravnini se v primeru uporabe lastnega baznega stojišč GEA1 razlikujejo do vrednosti približno 1 cm na točkah GPS02, GPS03 in GPS04. Nekoliko večje je odstopanje na najbolj oddaljenih točkah GPS05 in GPS06, ki znaša približno 2 cm. V primeru primerjave elipsoidnih višin opazimo povečevanje odstopanja skladno z oddaljenostjo od stalne postaje. Položajna natančnost znaša približno 1 cm, kar pomeni, da imajo posamezne zaporedne meritve primerljive vrednosti. V višinskem smislu je položajna natančnost nekoliko slabša in znaša do vrednosti približno 2 cm. Položajna točnost znaša približno 1 cm, z večanjem oddaljenosti se nekoliko poveča do vrednosti približno 2 cm. V primeru višin je upadanje točnosti z oddaljenostjo bolj očitno in znaša od približno 2 cm do 5 cm na bolj oddaljenih točkah.

8.2.2 Metoda RTK z navezavo na stalno postajo CRNO omrežja SIGNAL

V preglednici 57 prikazujemo primerjavo med posameznimi komponentami koordinat, dobljenih z navezavo na stalno postajo CRNO omrežja SIGNAL in referenčnimi vrednostmi ter statistično oceno natančnosti in točnosti opazovanj RTK.

Preglednica 57: Primerjava, natančnost in točnost opazovanj dobljenih z navezavo na stalno postajo CRNO

	PRIMERJAVA			NATANČNOST			TOČNOST			Oddaljenost od stalne postaje CRNO
	Δe [m]	Δn [m]	Δh [m]	σ_e [m]	σ_n [m]	σ_h [m]	m_n [m]	m_e [m]	m_h [m]	
GPS02	0,005	-0,008	0,030	0,004	0,004	0,012	0,005	0,008	0,030	≈ 8 km
GPS03	-0,007	0,007	-0,002	0,006	0,005	0,013	0,007	0,007	0,002	≈ 10 km
GPS04	0,000	0,018	-0,010	0,003	0,005	0,009	0,000	0,018	0,010	≈ 12 km
GPS05	0,007	-0,006	0,003	0,008	0,006	0,022	0,007	0,006	0,003	≈ 13 km
GPS06	-0,011	0,003	0,010	0,004	0,006	0,009	0,011	0,003	0,010	≈ 15 km

Točnost položajnih komponent koordinat pada skladno z oddaljenostjo. Tudi točnost elipsoidnih višin pada z oddaljenostjo, izjema je le točka GPS02, katere točnost je nekoliko slabša.

8.2.3 Metoda RTK z navezavo na virtualno postajo VRS omrežja SIGNAL

V preglednici 58 prikazujemo primerjavo med posameznimi komponentami koordinat, dobljenih z navezavo na virtualno postajo VRS določeno v omrežju SIGNAL in referenčnimi vrednostmi ter statistično oceno natančnosti in točnosti opazovanj RTK.

Preglednica 58: Primerjava, natančnost in točnost opazovanj dobljenih z navezavo na stalno postajo VRS

	PRIMERJAVA			NATANČNOST			TOČNOST		
	Δe [m]	Δn [m]	Δh [m]	σ_e [m]	σ_n [m]	σ_h [m]	m_n [m]	m_e [m]	m_h [m]
GPS02	0,005	-0,005	0,054	0,004	0,006	0,009	0,005	0,005	0,054
GPS03	-0,004	-0,002	0,027	0,005	0,005	0,011	0,004	0,002	0,027
GPS04	-0,001	0,002	0,008	0,004	0,007	0,012	0,001	0,002	0,008
GPS05	-0,002	-0,006	0,038	0,007	0,010	0,016	0,002	0,006	0,038
GPS06	-0,007	-0,014	0,019	0,005	0,006	0,007	0,007	0,014	0,019

Na podlagi rezultatov točnosti v preglednici 58 opazimo, da v primeru uporabe VRS baznega stojišča dosežemo največjo skladnost primerjav točnosti na vseh kontrolnih točkah. V primeru uporabe lastne stalne postaje je jasno vidno upadanje točnosti z oddaljenostjo. Ob uporabi metode VRS je nekoliko slabša točnost višin v primerjavi z navezavo na stalno postajo v primeru točk, ki so oddaljene do 10 km od lastne stalne postaje.

8.3 Določitev območja uporabe stalne postaje GNSS

Na podlagi rezultatov v preglednici 56 lahko določimo območje uporabe stalne postaje na 15 km oddaljenosti od stalne postaje. Glede na lego lastne stalne postaje ta zagotavlja pokritost skoraj celotnega območja Bele krajine. Pri tem se moramo zavedati, da z oddaljenostjo pada kakovost določitve koordinat, kar je precej bolj opazno pri opredelitvi kakovosti določitve višin.

8.4 Kontrola položaja stalne postaje

Zaradi lokalne geodinamike se pojavlja zahteva po preverjanju in po potrebi ponovnem določanju položajev stalne postaje (Sterle, 2015). V ta namen je bila s časovnim zamikom približno sedem mesecev opravljena ponovna večdnevna statična izmera GNSS z namenom ugotavljanja stabilnosti položaja stalne postaje GNSS. V preglednici 59 podajamo osnovne podatki o opravljenih opazovanjih.

Preglednica 59: Podatki o opazovanjih z namenom kontrole položaja točke GPS01

	GPS01
Začetek opazovanj (datum, ura)	17.6.2015, 6:10:09
Zaključek opazovanj (datum, ura)	29.6.2015, 9:06:39
Trajanje opazovanj	290 h 56 min 30 s
Interval shranjevanja	5 s
GNSS-opazovanja	GPS
Metoda GNSS-izmere	statična
GDOP	2.7

V preglednici 60 podajamo položaj in elipsoidno višino točke GPS01, ki smo ju določili s časovnim zamikom približno 7 mesecev v koordinatnem sistemu ETRS89.

Preglednica 60: Koordinate točke GPS01 na podlagi kontrolnih opazovanj v koordinatnem sistemu ETRS89

	Geodetska širina φ	Geodetska dolžina λ	h [m]
GPS01	45° 36' 41,56084" S	15° 15' 26,86534" V	218,7867

V preglednici 61 podajamo koordinate stalne postaje določene z izmero leta 2014 in koordinate, določene leta 2015 z namenom kontrole položaja v državnem koordinatnem sistemu, skupaj s primerjavo horizontalnih koordinat in elipsoidnih višin.

Preglednica 61: Primerjava položajnih koordinat in elipsoidne višine točke GPS01, določene s časovnim zamikom v koordinatnem sistemu D96

	Opis	e [m]	n [m]	h [m]
GPS01	Položaj stalne postaje 2014	520.080,9928	52.437,0298	218,8840
GPS01	Kontrolna opazovanja 2015	520.080,9942	52.437,0311	218,8883
Primerjava		-0,0014	-0,0013	0,0043

Elemente elipse pogreškov in standardnega odklona za višino na točki GPS01 določeni v letu 2015 podajamo v preglednici 62.

Preglednica 62: Elementi elipse pogreškov in standardni odklon za višino na točki GPS01 določeni v letu 2015

	a [m]	b [m]	Φ	σ_h [m]
GPS01	0,0019	0,0015	4°53'57,0"	0,0040

V obeh primerih je bil položaj stalne postaje določen na podlagi večdnevni opazovanj GPS z navezavo na postaji CRNO in TREB državnega omrežja SIGNAL, medtem ko sta bili postaji DELN in KARL v vlogi kontrolnih točk. V izračunih so bile uporabljene končne precizne efemeride službe IGS.

Na podlagi rezultatov primerjave prikazanih v preglednici 61 opazimo premik v položajnem smislu, ki znaša približno 2 mm v smeri SV in dvig elipsoidne višine za približno 4 mm. Vendar v obravnavanem primeru ne moremo govoriti o dejanskem premiku, saj uporabljeni sprejemnik GPS z anteno AT502 zagotavlja določitev položaja ob uporabi statične metode z natančnostjo 3 mm + 0,5 ppm, kar na zračni razdalji približno 6 km od najbližje stalne postaje omrežja SIGNAL CRNO, na katero je navezan položaj točke GPS01, znaša več kot je ugotovljeno odstopanje med koordinatami (Leica, 2001).

9 Zaključek

Preden se lotimo projekta vzpostavitve lastne stalne postaje GNSS, je potrebno skrbno preučiti obstoječa priporočila in smernice za vzpostavitev. Pomembna je kakovostna določitev položaja stalne postaje v aktualni različici državnega koordinatnega sistema, saj le-ta predstavlja koordinatno izhodišče v nadaljnjih izmerah in ima tako neposreden vpliv na koordinate novih točk, ki jih določamo. Položaj stalne postaje je potrebno periodično preverjati ter tako spremljati stabilnost stalne postaje. V primeru ugotovljenih premikov je potrebno položaj stalne postaje posodobiti oziroma preračunati. Pozornosti je potrebno posvetiti tudi ustreznemu arhiviranju podatkov opazovanj.

Zagotovitev uspešnega delovanja stalne postaje je časovno zamuden projekt, saj se srečamo s številnimi problemi. Od praktične izvedbe stabilizacije antene GNSS stalne postaje, izvedbe dolgotrajnih statičnih opazovanj ter vse do preučitve nastavitve parametrov na referenčnem in premičnem sprejemniku GNSS. Za uspešno vzpostavitev pretoka podatkov se je potrebno seznaniti tudi z delovanjem računalniških omrežij in storitvami ponudnikov mobilnih storitev.

Na podlagi narejenih primerjav lahko zaključimo, da vzpostavljena stalna postaja omogoča določanje kakovostnih položajev v realnem času na skoraj celotnem območju Bele krajine z natančnostjo primerno za uporabo v zemljiško-katastrskih nalogah. Pod pogojem, da se zavedamo nižje kakovosti določitve koordinat, bi lahko zagotavljala pokritje celotnega območja Bele krajine v razdalji med 15 km in 20 km. Za izmenjavo podatkov v realnem času je uporabljen standardni format RTCM SC 104. Uporabljen *Ntrip Caster* v teoriji omogoča priklop večjega števila uporabnikov, vendar ne vemo, kako bi se sistem v tem primeru obnesel, ker problema nismo testirali. Na trgu so na voljo tudi cenovno dostopne rešitve, ki podpirajo priklop večjega števila uporabnikov brez uporabe računalnika. Lastno stalno postajo GNSS lahko uporabimo tudi v primeru določanja položajev na osnovi statičnih opazovanj GNSS.

Položaj lastne stalne postaje GNSS je priporočljivo periodično preverjati. V kolikor tekom delovanja ni prišlo do dogodkov, ki bi zahtevali takojšnje preverjanje položaja (deformacije na objektu, po potresih,...), bi bilo priporočljivo vsaj enkrat letno izvesti primerjavo na osnovi večdnevnihih statičnih opazovanj. Priporočljivo je, da imamo stalno omogočeno shranjevanje podatkov surovih opazovanj GNSS, kar nam omogoča, da lahko za vsak trenutek izvedemo kontrolo položaja. Zaradi obsežnosti podatkov lahko zmanjšamo interval shranjevanja na 30 s. Delovanje stalne postaje lahko v grobem preverimo tudi s primerjavo na vzpostavljenih kontrolnih točkah, ki predstavljajo referenčne vrednosti, z uporabo metode RTK.

Dano nalogo bi lahko nadaljevali z vključitvijo stalne postaje v omrežje vsaj treh stalnih postaj, kar bi omogočalo uporabo metode VRS in s tem boljšo kakovost določitve koordinat tudi za primer, ko bi bile od stalnih postaj bolj oddaljeni.

VIRI

Berk, S., Komadina, Ž., Marjanović, M., Radovan, D., Stopar, B. 2003. Kombinirani izračun EUREF GPS-kampanj na območju Slovenije. Geodetski vestnik 47, 4: 414–422.

Bilban, G. 2014. Analiza kakovosti določitve položaja v omrežjih postaj GNSS. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba G. Bilban): 25, 36, 40, 171.

Bilban, G. 2016. Vprašanje glede višinskih kotov horizonta v primeru stalne postaje GNSS. Bilban, G. 5. 1. 2016. Osebna komunikacija.

Bruyninx, C. 2013. Guidelines for EPN Stations & Operational Centres.

URL: www.epncb.oma.be/_documentation/guidelines/guidelines_station_operationalcentre.pdf

(Pridobljeno 20. 10. 2015)

Drobne, S., Turk, G. 2002. Statistika vaje. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 127–148.

El-Mowafy, A. 2011. Precise Real-Time Positioning Using Network RTK Global Navigation Satellite Systems: Signal, Theory and Applications: 161–187.

URL: <http://www.intechopen.com/books/global-navigation-satellite-systems-signal-theory-and-applications/precise-real-time-positioning-using-network-rtk>

(Pridobljeno 23. 8. 2015)

Feng, Y., B. Li. 2008. A benefit of multiple carrier GNSS signals: regional scale network-based RTK with doubled inter-station distances. Journal of Spatial Sciences, 53, 1: 135–147.

Fernandes, R., Mahmoud, S. 2014. AFREF, Permanent Stations Guidelines.

URL: <http://rcmrd.org/wp-content/uploads/2015/01/AFREF-Station-Guidelines-Final-A.pdf>

(Pridobljeno 20. 10. 2014)

Gebhard, H., Weber, G. 2003. Ntrip, Version 1.0. Frankfurt, Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG).

URL: http://www.wsrn3.org/CONTENT/Reference/Reference_NTRIP-V1-Tech-paper.pdf

(Pridobljeno 3. 8. 2015)

Geoservis 2015. Geoservis d.o.o.

URL: <http://www.geoservis.si>

(Pridobljeno 15. 10. 2015)

GURS 2015. Državni koordinatni sistem.

URL: [http://www.e-](http://www.e-prostor.gov.si/si/zbirke_prostorskih_podatkov/drzavni_koordinatni_sistem/horizontalni_drzavni_koordinatni_sistem_d96tm/)

[prostor.gov.si/si/zbirke_prostorskih_podatkov/drzavni_koordinatni_sistem/horizontalni_drzavni_koordinatni_sistem_d96tm/](http://www.e-prostor.gov.si/si/zbirke_prostorskih_podatkov/drzavni_koordinatni_sistem/horizontalni_drzavni_koordinatni_sistem_d96tm/)

(Pridobljeno 19. 10. 2015)

Gnss Data Center 2015. IGS.

URL: <http://igs.bkg.bund.de/ntrip/download>

(Pridobljeno 15. 5. 2015)

Gregorič, J., Ritlop, K., Šoič, G. 2014. Brezplačni programi protokola Ntrip. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Heo, Y., Yan, T., Lim, S., Rizos, C. 2009. International Standard GNSS Real-Time Data Formats and Protocols. IGNSS Symposium 2009. Queensland, Avstralija, 1–3: 1–7.

Horváth, T., Leitmannová, K., Nagl, J., Kollo, K., in Wübbena, G. 2008. Guidelines for Single Site Design, Version 2.1. EUPOS – European Position Determination System.

IGS. 2013. IGS Site Guidelines.

URL: <http://igsb.jpl.nasa.gov/network/guidelines/guidelines.html>

(Pridobljeno: 20. 10. 2014)

IGS 2014. IGS.

URL: https://igsb.jpl.nasa.gov/components/prods_cb.html

(Pridobljeno 23. 12. 2014)

IGS 2015. IGS.

URL: <http://igs.org/products>

(Pridobljeno: 1. 11. 2015)

Kete P., Berk, S. 2012. Stari in novi državni koordinatni sistem v Republiki Sloveniji ter koordinatni sistem zveze Nato. Geoprostorska podpora obrambnemu sistemu Republike Slovenije. Zbornik. Ljubljana, Ministrstvo za obrambo Republike Slovenije: 259–279.

URL: http://www.transformacije.si/media/Kete_Berk_2012_Geoprostorska_podpora.pdf

(Pridobljeno 30. 11. 2015)

Kozmus, K., Stopar, B. 2006. Protokol Ntrip za prenos podatkov GNSS preko interneta = Streaming GNSS Data Via Internet Using Ntrip Protocol. Geodetski vestnik 50, 3: 461–471.

Kuhar, M., Okorn, M., Stopar, B. 2010. Določitev odklonov navpičnic iz geoidnih višin. Geodetski vestnik 54, 4: 595–605.

Kuhar, M., Berk, S., Koler, B., Medved, K., Omang, O., Solheim, D. 2011. Vloga kakovostnega višinskega sistema in geoida za izvedbo GNSS-višinomerstva. Geodetski vestnik 55, 2: 226–234.

Langley, B., R. 1999. Dilution of Precision. GPS WORLD: 52–59.

Lefebure. 2015. Spletna stran: Program Lefebure.

URL: <http://lefebure.com/software/ntripcaster/>

(Pridobljeno 20. 5. 2015)

Leica. 2001. Zloženska proizvajalca za napravo SR530.

URL: http://www.leica-geosystems.no/media/new/product_solution/Brosjyre_SR530.pdf

(Pridobljeno 14. 10. 2015)

Leica. 2008. Uporabniška navodila za napravo GX1230.

URL: http://www.leica-geosystems.com/downloads123/zz/gps/general/brochures-datasheet/GPS1200_TechnicalData_en.pdf

(Pridobljeno 14. 10. 2015)

Leica. 2015. Leica GeoOffice 8.3: Navodila za uporabo programa

URL: <http://www.surveyequipment.com/PDFs/leica-lgo-8.3-online-help.pdf>

(Pridobljeno 10. 7. 2015)

NOAA 2015. NOAA.

URL: http://geodesy.noaa.gov/CORS/Establish_Operate_CORS.shtml

(Pridobljeno 15. 10. 2015)

Ovčar, D. 2015. Ocena kakovosti določitve položaja z RTK-metodo izmere na višjih nadmorskih višinah.

Diplomska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 15–16.

Pavlovčič Prešeren, P., Stopar, B. 2006. Izračun položaja GPS-satelita iz podatkov preciznih efemerid = GPS-

Orbit Computation from Precise Ephemeris Data. Geodetski vestnik 49, 2: 177–190.

Pavlovčič Prešeren, P., Mencin, A., Stopar, B. 2010. Analiza preizkusa instrumentarija GNSS-RTK po navodilih

standarda ISO 17123-8. Geodetski vestnik 54, 4: 607–626.

Pavlovčič Prešeren, P. 2014. Prosojnice s predavanj pri predmetu Standardi v geodetski merski tehniki: loč. pag.

Pesci, A., Loddo F., Cenni, N., Teza, G., Casula, G. 2008. Analyzing Virtual Reference Station for GPS

surveying: experiments and applications in a test site of the northern Apennines (Italy). Annals of Geophysics 51, 4: 619–631.

Pribičević, B. 2000. Uporaba geološko-geofizičnih in geodetskih baz podatkov za računanje ploskve geoida Republike Slovenije. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Pravilnik o urejanju mej ter spreminjanju in evidentiranju podatkov v zemljiškem katastru, Ur. l. RS, št. 8/2007-NPB1, 35. člen

Rizos, C. 2007. Alternatives to current GPS-RTK services and some implications for CORS infrastructure and operations. GPS Solut 11: 151–158.

URL:http://www.researchgate.net/publication/242220689_Alternatives_to_Current_GPS-RTK_Services

(Pridobljeno 30. 11. 2015)

SCAR 2015. SCAR.

URL: <http://www.geoscience.scar.org/geodesy/monument/guidelines.htm>

(Pridobljeno 20. 10. 2014)

SIGNAL 2014. SIGNAL, RINEX podatki.

URL: www.gu-signal.si/node/4

(Pridobljeno 27. 11. 2014)

SIRGAS. 2013. Guidelines for the installation of SIRGAS-CON stations.

URL:www.sirgas.org/fileadmin/docs/Guias/2013_03_Guidelines_for_the_installation_of_SIRGAS-CON_stations_V1_3.pdf

(Pridobljeno 20. 10. 2014)

Sterle, O. 2015. Časovno odvisne geodetske mreže in koordinatni sistemi. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P., Kozmus, K. 2006. GPS v geodetski praksi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 17–23, 31–32.

Stopar, B. 2007. Zapiski s predavanj pri predmetu Izravnalni račun II.

Šarlah, N., Štebe, G., Sterle, O. 2015. Postopek vzpostavitve in testiranja lastne referenčne GNSS-postaje. Geodetski vestnik 59, 3: 457–472.

Tehnično navodilo za uporabo novega koordinatnega sistema v zemljiškem katastru. GURS, 2007: 7 – 15 in 24 – 25.

Trimble 2015. Trimble.

URL: http://www.trimble.com/EC_ReceiverHelp/V4.19/en/SetupGuidelines_BaseStationOpGuidelines.htm

(Pridobljeno 30. 10. 2015)

UNAVCO 2015. UNAVCO.

URL: <http://www.unavco.org/projects/project-support/gnss-support/permanent-station/permanent-station.html>

(Pridobljeno 2. 8. 2015)

Wanninger, L. 2002. Virtual Reference Stations for Centimeter-Level Kinematic Positioning. Proc. Of ION GPS. Portland, Oregon, 1400–1407: 1–8.

Wanninger, L. 2008. Introduction to Network RTK.

URL: <http://www.wasoft.de/e/iagwg451/intro/introduction.html>

(Pridobljeno 19. 12. 2015)

Wikipedia 2015. Wikipedia.

URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Serial_port#Data_bits

(Pridobljeno 3. 8. 2015)

Zakon o evidentiranju nepremičnin (ZEN), Ur. l. RS, št. 47/2006 – NPB1, 139. Člen

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: RTK – MERITVE NA KONTROLNIH TOČKAH

PRILOGA A: RTK-meritve na kontrolnih točkah

RTK-meritve na točki GPS03

i	1. vzorec			2. vzorec			3. vzorec		
	Navezava: GEA1			Navezava: PP CRNO (SIGNAL)			NAVEZAVA: VRS (SIGNAL)		
	e [m]	n [m]	h [m]	e [m]	n [m]	h [m]	e [m]	n [m]	h [m]
1	523.809,236	42.878,697	265,026	523.809,240	42.878,704	265,016	523.809,242	42.878,715	265,002
2	523.809,226	42.878,691	265,011	523.809,236	42.878,699	265,021	523.809,237	42.878,706	264,983
3	523.809,230	42.878,696	265,018	523.809,228	42.878,706	265,008	523.809,233	42.878,711	264,989
4	523.809,229	42.878,701	265,007	523.809,238	42.878,710	265,017	523.809,230	42.878,716	264,963
5	523.809,243	42.878,688	265,027	523.809,248	42.878,693	265,045	523.809,243	42.878,709	264,998
6	523.809,245	42.878,694	265,011	523.809,250	42.878,698	265,013	523.809,242	42.878,706	264,978
7	523.809,236	42.878,698	264,986	523.809,244	42.878,708	265,009	523.809,238	42.878,707	264,980
8	523.809,240	42.878,697	265,004	523.809,241	42.878,705	265,009	523.809,234	42.878,716	264,987
9	523.809,239	42.878,684	264,997	523.809,243	42.878,699	265,003	523.809,240	42.878,705	264,976
10	523.809,228	42.878,698	264,995	523.809,235	42.878,700	264,997	523.809,233	42.878,717	264,986

RTK-meritve na točki GPS04

i	1. vzorec			2. vzorec			3. vzorec		
	Navezava: GEA1			Navezava: PP CRNO (SIGNAL)			NAVEZAVA: VRS (SIGNAL)		
	e [m]	n [m]	h [m]	e [m]	n [m]	h [m]	e [m]	n [m]	h [m]
1	516.124,843	36.738,052	234,709	516.124,844	36.738,034	234,718	516.124,844	36.738,051	234,697
2	516.124,847	36.738,059	234,703	516.124,846	36.738,038	234,732	516.124,846	36.738,059	234,713
3	516.124,825	36.738,035	234,707	516.124,852	36.738,029	234,732	516.124,842	36.738,046	234,726
4	516.124,849	36.738,044	234,667	516.124,846	36.738,038	234,741	516.124,851	36.738,051	234,705
5	516.124,845	36.738,038	234,659	516.124,850	36.738,021	234,716	516.124,849	36.738,037	234,685
6	516.124,849	36.738,061	234,698	516.124,850	36.738,030	234,727	516.124,854	36.738,050	234,704
7	516.124,854	36.738,049	234,667	516.124,845	36.738,031	234,709	516.124,845	36.738,041	234,697
8	516.124,859	36.738,056	234,702	516.124,853	36.738,029	234,729	516.124,855	36.738,043	234,717
9	516.124,845	36.738,042	234,694	516.124,850	36.738,026	234,726	516.124,852	36.738,042	234,714
10	516.124,844	36.738,050	234,673	516.124,846	36.738,026	234,725	516.124,850	36.738,038	234,712

RTK-meritve na točki GPS05

i	1. vzorec			2. vzorec			3. vzorec		
	Navezava: GEA1			Navezava: PP CRNO (SIGNAL)			NAVEZAVA: VRS (SIGNAL)		
	e [m]	n [m]	h [m]	e [m]	n [m]	h [m]	e [m]	n [m]	h [m]
1	506.061,708	39.475,066	427,006	506.061,703	39.475,067	427,024	506.061,714	39.475,056	426,956
2	506.061,691	39.475,064	426,962	506.061,722	39.475,051	427,032	506.061,716	39.475,078	426,987
3	506.061,677	39.475,044	426,994	506.061,696	39.475,061	426,993	506.061,727	39.475,042	426,993
4	506.061,686	39.475,058	426,980	506.061,692	39.475,064	427,003	506.061,702	39.475,056	426,970
5	506.061,692	39.475,044	426,974	506.061,700	39.475,056	427,015	506.061,706	39.475,050	426,960
6	506.061,682	39.475,057	426,999	506.061,696	39.475,059	427,010	506.061,709	39.475,056	426,975
7	506.061,690	39.475,066	426,866	506.061,696	39.475,055	427,004	506.061,705	39.475,047	426,956
8	506.061,693	39.475,055	426,954	506.061,700	39.475,057	427,001	506.061,706	39.475,054	426,966
9	506.061,682	39.475,044	426,953	506.061,700	39.475,050	426,981	506.061,709	39.475,062	426,973
10	506.061,691	39.475,057	426,940	506.061,703	39.475,049	426,957	506.061,713	39.475,065	426,935

RTK-meritve na točki GPS06

i	1. vzorec			2. vzorec			3. vzorec		
	Navezava: GEA1			Navezava: PP CRNO (SIGNAL)			NAVEZAVA: VRS (SIGNAL)		
	e [m]	n [m]	h [m]	e [m]	n [m]	h [m]	e [m]	n [m]	h [m]
1	520.351,131	35.742,480	208,576	520.351,134	35.742,459	208,598	520.351,130	35.742,475	208,606
2	520.351,135	35.742,488	208,567	520.351,131	35.742,457	208,602	520.351,131	35.742,467	208,615
3	520.351,135	35.742,478	208,573	520.351,135	35.742,449	208,621	520.351,129	35.742,460	208,607
4	520.351,129	35.742,476	208,596	520.351,132	35.742,449	208,621	520.351,126	35.742,470	208,603
5	520.351,120	35.742,471	208,577	520.351,123	35.742,452	208,615	520.351,117	35.742,481	208,610
6	520.351,128	35.742,467	208,555	520.351,123	35.742,451	208,614	520.351,119	35.742,478	208,604
7	520.351,125	35.742,472	208,569	520.351,128	35.742,447	208,622	520.351,127	35.742,469	208,596
8	520.351,118	35.742,473	208,586	520.351,129	35.742,466	208,625	520.351,128	35.742,478	208,617
9	520.351,130	35.742,479	208,571	520.351,130	35.742,459	208,614	520.351,126	35.742,471	208,605
10	520.351,134	35.742,492	208,573	520.351,132	35.742,462	208,614	520.351,124	35.742,472	208,597