

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Univerzitetni program Geodezija,
smer Geodezija

Kandidat:

Borut Bogatez

**Analiza postopkov določitve koordinat
ekscentričnim signalom v D96/TM
koordinatnem sistemu**

Diplomska naloga št.: 774

Mentor:

izr. prof. dr. Bojan Stopar

Somentor:

izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič

Ljubljana, 28. 1. 2009

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo
-----------------------	-------------------------	----------------	---------------

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisan **Borut Bogatez** izjavljam, da sem terensko delo ter velik del raziskovalnega dela, računalniške in statistične obdelave podatkov opravljal z opremo in v prostorih **Gedetskega podjetja Sežana d.o.o.**, Partizanska cesta 17, Sežana.

Ljubljana, _____.

Borut Bogatez

Podpisan **Borut Bogatez** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom “**Analiza postopkov določitve koordinat ekscentričnim signalom v D96/TM koordinatnem sistemu**”.

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

Ljubljana, _____.

Borut Bogatez

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 528.236(043.2)

Avtor: Borut Bogatez

Mentor: izr. prof. dr. Bojan Stopar

Naslov: Analiza postopkov določitve koordinat ekscentričnim signalom v D96/TM koordinatnem sistemu

Obseg in oprema: 63 str., 24 pregl., 14 sl., 40 en.

Ključne besede: orientacijska točka, transformacija, primerjava natančnosti, VRS

Izvleček:

Z letom 2008 smo v Sloveniji uvedli nov državni horizontalni koordinatni sistem D96/TM. Zaradi vedno bolj razširjene uporabe tehnologij GNSS za določitev položaja, geodetske točke v klasičnem smislu izgubljajo pomen. Veliko število trigonometričnih točk ima v svoji neposredni bližini ekscentrični signal, ki so geodetom služili kot orientacijske točke pri delu na terenu. V starem koordinatnem sistemu je geodetske točke in njihove ekscentre vzpostavila Geodetska uprava, kar se s prehodom na nov koordinatni sistem ne dogaja več. V Navodilu za izvajanje klasične geodetske izmere v novem državnem koordinatnem sistemu piše, da "orientacijo zagotavljajo dobro vidne točke izmeritvene mreže". To ni vedno možno. Včasih je točk izmeritvene mreže premalo, so slabo razporejene ali niso med seboj vidne, ter moramo stabilizirati in opazovati večje število točk kot bi bilo sicer potrebno. Ko delamo večkrat na istem območju, kar se dogaja večini geodetskim podjetjem v Sloveniji, postaja smiselna določitev koordinat ekscentričnim signalom trigonometričnih točk v novem koordinatnem sistemu. V diplomski nalogi nas predvsem zanima kakšne so možnosti za določitev koordinat ekscentričnim signalom, kakšna je kvaliteta in kakšna ekonomičnost, ter kateri je najbolj primeren pristop. Koordinate določujemo na dva načina: s transformacijo in z merjenjem. Nato se nam nadaljevanje naloge ponuja kar samo od sebe: kako lahko signal najlažje izmerimo, da dobimo željeno natančnost, katera je najbolj primerna transformacija, zakaj je pri transformacijah natančnost presenetljivo slaba, katere signale lahko transformiramo, ter kolikšna je natančnost koordinat ekscentričnih signalov v starem koordinatnem sistemu.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 528.236(043.2)

Author: Borut Bogatez

Supervisor assoc.: prof. dr. Bojan Stopar

Title: Analysis of procedures of eccentric signals coordinates determination in the D96/TM coordinate system

Notes: 63 p., 24 tab., 14 fig., 40 eq.

Key words: orientation point, transformation, comparison of precision, VRS

Abstract:

In the year 2008 the use of the new state horizontal coordinate system D96/TM in Slovenia has started. Because of the wide use of GNSS technologies for the position determination, geodetic points in the classic sense of the word are losing their importance. Several trigonometric points have in their direct vicinity an eccentric signal which are used by surveyors as orientation points. In the old coordinate system geodetic and their eccentric points were determined by the Geodetska uprava (Geodetic administration) whereas with the transition to the new coordinate system this doesn't happen any more. In the *Directions for the performing of the classic survey measurements in the new state coordinate system* it is written that "the orientation is ensured by well seen points of the reference network". This is not always possible. Sometimes there are not enough measurement net's points available, they are badly distributed or they are not visible among them so we have to stabilize and observe a higher number of points than necessary. When we work several times on the same area, which is usual to the majority of the Slovenian companies, it makes sense to define the coordinates of the eccentric signals of the trigonometric points in the new coordinate system. In the graduation thesis we are especially interested in the possibilities for the coordinate determination of the eccentric signals, from the quality and economic point of view as well as to find out which is the most proper approach. The coordinates are determined in two ways: with transformation and with direct field measurements. Afterwards the continuation of the thesis comes on its own: how can we determine the coordinates of the eccentric signal in the easiest way to find the desired precision, which is the most proper transformation procedure, why is the transformation's precision surprisingly low, which signals can we transform and which is the level of precision of the coordinates of the eccentric signals in the old coordinate system.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem Geodetskemu podjetju Sežana za pomoč pri vsakem problemu, pred in med izdelovanjem diplomske naloge in za odgovore na vsa strokovna in nestrokovna vprašanja.

Zahvaljujem se staršema za vso finančno in moralno pomoč v teku študija, brez katerih te diplomske naloge najverjetneje ne bi bilo.

Najlepša hvala mentorju izr. prof. dr. Bojanu Stopar in somentorju doc. dr. Tomažu Ambrožič za vse odgovore in nasvete.

Hvala Ivani za lektoriranje (in ne samo), Štreklju za prevod, vsem bivšim cimrom, sošolcem in kolegom za prijetno preživeta študentska leta v Ljubljani.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
2 METODE	4
2.1 DOLOČITEV KOORDINAT ORIENTACIJSKE TOČKE Z OPAZOVANJEM	4
2.1.1 POTREBNA NATANČNOST MERITEV	4
2.1.1.1 Potrebna natančnost koordinat orientacijske točke	4
2.1.1.2 Potrebna natančnost opazovanj	6
2.1.2 DOLOČITEV KOORDINAT STOJIŠČA	7
2.1.3 ORIENTACIJA TAHIMETRA	8
2.1.4 DOLOČITEV KOORDINAT ORIENTACIJSKE TOČKE	11
2.1.5 REDUKCIJE MERJENIH RAZDALJ	11
2.1.6 NATANČNOST DOLOČITVE KOORDINAT ORIENTACIJSKE TOČKE (A PRIORI OCENA)	14
2.1.6.1 Natančnost določitve koordinat stojišča	14
2.1.6.2 Natančnost določitve horizontalne smeri	14
2.1.6.3 Natančnost določitve dolžine	23
2.1.6.4 Skupna natančnost določitve koordinat orientacijske točke	23
2.2 TRANSFORMACIJA KOORDINAT ORIENTACIJSKE TOČKE IZ D48/GK V D96/TM	25
2.2.1 PODOBNOSTNA TRANSFORMACIJA	26
2.2.1.1 7-parametrična podobnostna transformacija	26
2.2.1.2 4-parametrična podobnostna transformacija	26
2.2.2 AFINA TRANSFORMACIJA	26
2.2.2.1 6-parametrična afina transformacija	27
3 IZMERA ZA POTREBE DOLOČITVE KOORDINAT ORIENTACIJSKE TOČKE	28
3.1 PRIPRAVA PODATKOV	28
3.2 TERENSKO DELO	31
3.3 OBDELAVA MERITEV	34
4 TESTIRANJE REZULTATOV MERITEV Z UPORABO NAČINA VRS	36
4.1 NAMEN TESTA	36
4.2 NAČRTOVANJE IN IZVEDBA MERITEV	36
4.3 OBDELAVA MERITEV	37
4.4 ANALIZA REZULTATOV	45
4.4.1 VPLIV ŠTEVILA SPREJEMOV	45
4.4.2 VPLIV ŠTEVILA TOČK ZA ZDRUŽITEV	46
4.4.3 VPLIV ČASOVNEGA PRESLEDKA MED MERITVAMA	46
4.5 ZAKLJUČKI	47
5 TRANSFORMACIJE ORIENTACIJSKE TOČKE	48

5.1 OBMOČJA TRANSFORMACIJ.....	49
5.2 IZVEDBA TRANSFORMACIJ	51
5.2.1 4-PARAMETRIČNA PODOBNOSTNA TRANSFORMACIJA S SPLETNIM PROGRAMOM SITRANET	51
5.2.2 AFINA TRANSFORMACIJA.....	53
5.2.3 4-PARAMETRIČNA PODOBNOSTNA TRANSFORMACIJA S PROGRAMSKIM OKOLJEM GEOS7...	55
5.3 PRIMERJAVA TRANSFORMACIJ	57
5.4 OCENA NATANČNOSTI KOORDINAT ORIENTACIJSKIH TOČK V D48/GK KOORDINATNEM SISTEMU.....	58
6 ANALIZA REZULTATOV IN ZAKLJUČKI	61
VIRI.....	64

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Potrebna natančnost določitve koordinat orientacijske točke σ_s [cm].....	5
Preglednica 2: Večanje natančnosti merjenja horizontalne smeri v odvisnosti od večanja razdalje med inštrumentom in orientacijsko točko.....	7
Preglednica 3: Pogrešek zaradi centriranja tahimetra.....	16
Preglednica 4: Pogrešek zaradi neenakomerne osvetljenosti signala.....	18
Preglednica 5: Pogrešek definitivno orientirane smeri (dane točke so absolutno točno določene).....	19
Preglednica 6: Vpliv odstopanja položaja dane točke na natančnost ene merjene smeri.....	21
Preglednica 7: Natančnost ene merjene smeri.....	21
Preglednica 8: Natančnost orientirane smeri.....	22
Preglednica 9: Natančnost definitivno orientirane smeri.....	22
Preglednica 10: Standardne deviacije koordinat nove točke.....	24
Preglednica 11: Standardne deviacije položaja orientacijske točke.....	25
Preglednica 12: Srednji vrednosti koordinat točk.....	38
Preglednica 13: Natančnost novodoločenih kordinat točk.....	39
Preglednica 14: Koordinate točk pridobljene z združitvijo koordinat dveh točk.....	40
Preglednica 15: Koordinate točk pridobljene z združitvijo koordinat treh in štirih točk.....	41
Preglednica 16: Koordinate točk po serijah.....	42
Preglednica 17: Vpliv števila točk za združitev.....	46
Preglednica 18: 4-parametrična podobnostna transformacija.....	53
Preglednica 19: Afina transformacija.....	55
Preglednica 20: 4-parametrična Helmertova podobnostna transformacija.....	56
Preglednica 21: Primerjava transformacij.....	57
Preglednica 22: Ocena natančnosti koordinat signalov.....	58
Preglednica 23: Pogrešek pri viziranju na en transformiran signal.....	61
Preglednica 24: Lastnosti metod določevanja koordinat signalom.....	62

KAZALO SLIK

Slika 1: Pogrešek horizontalne smeri zaradi odstopanja signala od pravega položaja.....	5
Slika 2: Orientiranje smeri.....	9
Slika 3: Polarna metoda izmere orientacijske točke.....	11
Slika 5: Pogrešek centriranja tahimetra.....	15
Slika 6: Pogrešek zaradi neenakomerne osvetljenosti signala.....	17
Slika 7: Vpliv odstopanja signala od pravega položaja na orientacijo horizontalnega kroga.....	20
Slika 11: Določitev debeline signala.....	31
Slika 12: Orientacijska točka "Ferlugi – Bani".....	33
Slika 13: Določitev koordinat orientacijske točke "Ferlugi – Bani".....	33
Slika 14: Koordinate točke določene na lokaciji 1.....	38
Slika 15: Koordinate točke določene na lokaciji 2.....	38
Slika 16: Srednje vrednosti koordinat točk v posameznih serijah na lokaciji 1.....	44
Slika 17: Srednje vrednosti koordinat točk v posameznih serijah na lokaciji 2.....	44
Slika 28: Vektorji odstopanj razdalj med centrom in ekscentrom.....	60

KAZALO PRILOG

PRILOGA A: TESTIRANJE REZULTATOV MERITEV Z UPORABO NAČINA VRS

PRILOGA A1: koordinate vseh novodoločenih točk na lokaciji 1

PRILOGA A2: koordinate vseh novodoločenih točk na lokaciji 2

PRILOGA B: TRANSFORMACIJE

PRILOGA B1: poročilo 4-parametrične podobnostne transformacije za območje centralnega krasa z uporabo 6-ih točk (Sitranet)

PRILOGA B2: poročilo 4-parametrične podobnostne transformacije za območje centralnega krasa z uporabo 5-ih točk (Sitranet)

PRILOGA B3: poročilo 4-parametrične podobnostne transformacije za območje križa z uporabo 6-ih točk (Sitranet)

PRILOGA B4: poročilo afine transformacije za območje centralnega krasa z uporabo 10-ih točk

PRILOGA B5: poročilo afine transformacije za območje centralnega krasa z uporabo 8-ih točk

PRILOGA B6: poročilo 4-parametrične podobnostne transformacije za območje centralnega krasa z uporabo 6-ih točk (Geos)

PRILOGA B7: poročilo 4-parametrične podobnostne transformacije za območje krasa (Geos)

OKRAJŠAVE

D48 Datum 1984

D96 Datum 1996

ETRS European Terrestrial Reference System

EUREF EUropean Reference Frame

GK Gauss Krueger

GNSS Global Navigation Satellite System

GPS Global Positioning System

GRS Geodetic Reference System 1980

GPRS General Packet Radio Service

GSM Global System for Mobile communications, originalno Groupe Spécial Mobile

GU Geodetska uprava

PDOP Position Dilution Of Precision

RAI Radiotelevisione Italiana

RTV Radio TeleVizija

TM Transverse Mercator

VRS Virtual Reference Station

ZK ZemljiškoKatastrska

2D dvodimenzionalni

3D trodimenzionalni

1 UVOD

Za potrebe kartografije, zemljiškega katastra in mnogih drugih področij, kjer se uporabljajo prostorski podatki, ima vsaka država državni koordinatni sistem, v katerem vzdržuje in predstavlja prostorske podatke. V državah bivše Jugoslavije, ki so nekdaj ležale na območju Avstroogrske monarhije, je bil ali je v uporabi t.i. Gauss Kruegerjev koordinatni sistem (v nadaljevanju D48/GK ali star koordinatni sistem). Vzpostavljen je bil pred več kot petdesetimi leti s tehnologijami, ki so že zdavnaj zastarele. Koordinatni sistem je za današnje razmere nizke natančnosti in nehomogen, kar pomeni, da je njegova natančnost na različnih območjih različna. Razumljivo je, da danes ne more več izpolnjevati pogojev, ki jih zahteva prostorsko lociranje podatkov.

Z letom 2008 smo v Sloveniji spremenili državni horizontalni koordinatni sistem iz D48/GK v D96/TM (v nadaljevanju D96/TM ali nov koordinatni sistem). Star Gauss Kruegerjev koordinatni sistem smo nadomestili z novim evropskim koordinatnim sistemom, ki ga je leta 1989 definirala podkomisija EUREF (EUropean Reference Frame). Realizacijo novega koordinatnega sistema predstavlja 49 geodetskih točk, katerih koordinate so bile določene v t.i. EUREF izmerah.

Glavni prednosti, ki jih nov koordinatni sistem nudi v primerjavi s starim, sta v tem, da je homogene natančnosti, ter da je definiran na elipsoidu GRS80 (Geodetic Reference System 1980), ki je skoraj identičen elipsoidu WGS84, na katerem slonijo opazovanja GNSS (Global Navigation Satellite System).

Zaradi vedno bolj razširjene uporabe tehnologij GNSS za določitev položaja, geodetske točke v klasičnem smislu izgubljajo pomen in bodo po vsej verjetnosti, razen za posebne namene (oslonilne točke pri fotogrametriji, geodetske točke za realizacijo datuma, točke gravimetrične izmere, ekscentrični signali trigonometričnih točk), izginile.

Veliko število trigonometričnih točk ima v svoji neposredni bližini ekscentrični signal (cerkve, drogovi, antene; v nadaljevanju jih bomo imenovali ekscentri, signali ali

orientacijske točke), ki so geodetom služili kot orientacijske točke pri delu na terenu. V starem koordinatnem sistemu je geodetske točke in njihove ekscentre vzpostavila (če že ne vzdrževala) Geodetska uprava RS (v nadaljevanju GURS ali GU). S prehodom na nov koordinatni sistem se to ne dogaja več. V *Navodilu za izvajanje klasične geodetske izmere v novem državnem koordinatnem sistemu* piše, da “orientacijo zagotavljajo dobro vidne točke izmeritvene mreže”, in nadalje, da “oddaljenost orientacijskih točk od stojišča naj bo večja kot je največja oddaljenost od stojišča do detajlne točke”.

Da orientacijo zagotavljajo dobro vidne točke izmeritvene mreže je možno le na večjih deloviščih, kjer imamo na razpolago veliko število (danih) točk izmeritvene mreže. V primeru majhnih delovišč, kjer je točk izmeritvene mreže premalo, so slabo razporejene ali niso med seboj vidne, moramo stabilizirati in opazovati večje število točk kot bi bilo sicer potrebno, zato da z njimi zagotovimo orientacijo inštrumenta.

Ko delamo večkrat na istem območju, kar se dogaja večini geodetskim podjetjem v Sloveniji, postaja smiselna določitev koordinat ekscentričnim signalom trigonometričnih točk v novem koordinatnem sistemu. Na ta način bomo dosegli dvoje: točke za orientacijo bodo dlje od točk izmeritvene mreže, kar pomeni, da bodo nudile višjo natančnost orientiranja inštrumenta, in drugič, na delovišču bo zadostovalo določevanje koordinat manjšemu številu izmeritvenih točk. V določitev koordinat ekscentričnim signalom trigonometričnih točk v novem koordinatnem sistemu je v začetku potrebno vložiti veliko časa in denarja, vendar se bo, dolgoročno gledano, zagotovo obrestovalo.

V diplomski nalogi nas predvsem zanima kakšne so možnosti za določitev koordinat ekscentričnim signalom, kakšna je kvaliteta in kakšna ekonomičnost, ter kateri je najbolj primeren pristop.

V začetku se sprašujemo kolikšno natančnost položaja signalov potrebujemo, ter kako ta vpliva na natančnost orientiranja inštrumenta. Koordinate določujemo na dva načina: s transformacijo in z merjenjem. Nato se nam nadaljevanje naloge ponuja kar samo od sebe: kako lahko signal najlažje izmerimo, da dobimo željeno natančnost, katera je najbolj primerna

transformacija, zakaj je pri transformacijah natančnost presenetljivo slaba, katere signale lahko transformiramo, ter kolikšna je natančnost koordinat v starem koordinatnem sistemu.

2 METODE

V diplomski nalogi določamo koordinate signalov na dva načina: z izmero in s transformacijo. V tem poglavju predstavljamo teoretične osnove in enačbe, na katerih slonijo postopki.

2.1 Določitev koordinat orientacijske točke z opazovanjem

2.1.1 Potrebna natančnost meritev

V tem poglavju določamo kolikšna je potrebna natančnost meritev pri določanju koordinat signala, da bomo z njim lahko inštrument orientirali z zadovoljivo natančnostjo.

2.1.1.1 Potrebna natančnost koordinat orientacijske točke

V začetku se sprašujemo, s kolikšno natančnostjo moramo signalu določiti koordinate, da bo lahko služil svojemu namenu, t.j., da bomo z njim lahko orientirali inštrument s potrebno natančnostjo.

V ta namen sestavimo preglednico 1, v kateri prikazujemo zahtevano natančnost koordinat signala, da lahko na določeni razdalji signal opazujemo z določenim odstopanjem horizontalne smeri. Situacijo prikazujemo na sliki 1; P je pravi položaj ekscentričnega signala, P' pa dejanski položaj. Pri opazovanju horizontalne smeri s stojišča S na dejanski položaj ekscentra P' naredimo pogrešek horizontalne smeri ε .

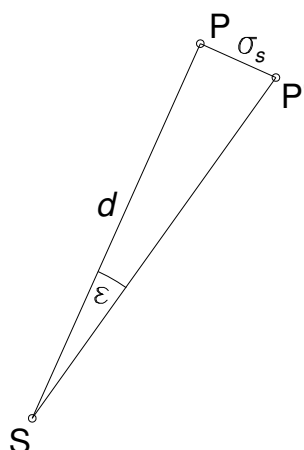
Vrednosti v preglednici 1 računamo po enačbi:

$$\sigma_s = d \cdot \operatorname{tg} \varepsilon, \quad \dots (1)$$

kjer je σ_s : položajno odstopanje signala,

d : razdalja viziranja,

ε : kotno odstopanje pri merjenju horizontalne smeri.



Slika 1: Pogrešek horizontalne smeri zaradi odstopanja signala od pravega položaja

Preglednica 1: Potrebna natančnost določitve koordinat orientacijske točke σ_s [cm]

Natančnost viziranja ["]	Razdalja signala [m]						
	50	100	250	500	1000	2500	5000
3	0,07	0,15	0,36	0,73	1,45	3,64	7,27
5	0,12	0,24	0,61	1,21	2,42	6,06	12,12
10	0,24	0,48	1,21	2,42	4,85	12,12	24,24
20	0,48	0,97	2,42	4,85	9,70	24,24	48,48
30	0,73	1,45	3,64	7,27	14,54	36,36	72,72

Ker zaradi omejenosti natančnosti metode dela že vnaprej vemo, da ne bomo dosegli podcentimrske natančnosti določitve položaja ekscentričnega signala, vidimo, da signalov bližjih od 500 m za orientacijo inštrumenta z visoko natančnostjo ne smemo uporabiti. Za orientacijo inštrumenta s 5" natančnostjo in pomočjo signala na razdalji 1 km moramo določiti koordinate signala z največjim odstopanjem 2,4 cm.

Recimo, da je zahtevana natančnost določitve signala 2 cm. Na ta način bomo pri viziranju na en sam signal naredili napako 3" (zaradi odstopanja koordinat signala), če je signal oddaljen 1375 m od inštrumenta, 5", če je signal oddaljen 825 m od inštrumenta, ter 10", če je signal oddaljen 412 m od inštrumenta.

2.1.1.2 Potrebna natančnost opazovanj

Nadalje se sprašujemo, s kolikšno natančnostjo moramo opazovanja izvajati, da bodo imele horizontalne koordinate signala največje odstopanje od prave vrednosti 2 cm:

$$\sigma_{y_S} = \sigma_{x_S} = 2,0 \text{ cm.}$$

Po polarni metodi določitve koordinat ekscentričnega signala velja (Kogoj, 2003/04):

$$\begin{aligned} y_S &= y_{GPS} + d \sin \alpha, \\ x_S &= x_{GPS} + d \cos \alpha, \end{aligned} \quad \dots (2)$$

kjer je y_S, x_S : koordinate signala,

y_{GPS}, x_{GPS} : koordinate stojišča,

d : razdalja od inštrumenta do signala,

α : smerni kot.

Predpostavljamo, da koordinate stojišča določimo s standardno deviacijo 1,5cm:

$$\sigma_{y_{GPS}} = \sigma_{x_{GPS}} = 1,5 \text{ cm.}$$

Po zakonu o prenosu varianc in kovarianc velja (Kogoj, 2003/04):

$$\begin{aligned} \sigma_{y_S}^2 &= \left(\frac{\partial y_S}{\partial y_{GPS}} \right)^2 \cdot \sigma_{y_{GPS}}^2 + \left(\frac{\partial y_S}{\partial x_{GPS}} \right)^2 \cdot \sigma_{x_{GPS}}^2 + \left(\frac{\partial y_S}{\partial d} \right)^2 \cdot \sigma_d^2 + \left(\frac{\partial y_S}{\partial \alpha} \right)^2 \cdot \sigma_\alpha^2, \\ \sigma_{x_S}^2 &= \left(\frac{\partial x_S}{\partial y_{GPS}} \right)^2 \cdot \sigma_{y_{GPS}}^2 + \left(\frac{\partial x_S}{\partial x_{GPS}} \right)^2 \cdot \sigma_{x_{GPS}}^2 + \left(\frac{\partial x_S}{\partial d} \right)^2 \cdot \sigma_d^2 + \left(\frac{\partial x_S}{\partial \alpha} \right)^2 \cdot \sigma_\alpha^2. \end{aligned} \quad \dots (3)$$

Po preureditvi in izračunu (upoštevajoč najbolj neugoden slučaj za kote, in sicer da je $\sin\alpha=\cos\alpha=1$, ter razdaljo $d=50$ m) dobimo:

$$\sigma_d = 0,9 \text{ cm}$$

$$\sigma_\alpha = 39'',$$

kar pomeni: če je razdalja med stojiščem in signalom 50 m, če želimo doseči položajno natančnost določitve signala 2 cm in položaj stojišča določimo s standardno deviacijo 1,5 cm, moramo horizontalno smer do signala opazovati s standardno deviacijo 39" in dolžino s standardno deviacijo 0,9 cm. Če je signal oddaljen od inštrumenta več kot 50 m in hočemo, da

bo rezultat enake natančnosti, pa moramo horizontalno smer opazovati z višjo standardno deviacijo. Kako se omenjena natančnost spreminja v odvisnosti od oddaljenosti predstavljamo v preglednici 2. Zahtevana natančnost merjenja razdalje pa ostane enaka.

Preglednica 2: Večanje natančnosti merjenja horizontalne smeri v odvisnosti od večanja razdalje med inštrumentom in orientacijsko točko

Razdalja signala [m]	Natančnost merjenja smeri
5	6'26''
25	1'17''
50	39''
100	19''
250	8''
500	4''

2.1.2 Določitev koordinat stojišča

Stojiščem smo določevali koordinate v D96/TM koordinatnem sistemu s pomočjo tehnologije VRS (Virtual Reference Station ali navidezna referenčna postaja).

VRS je tehnologija, ki sloni na diferencialnem GPS-u (Global Positioning System). Princip diferencialnega GPS-a je v zmanjšanju vplivov, ki so skupni referenčnemu in mobilnemu sprejemniku. Pri tehnologiji VRS uporabnik najprej sporoči centru svoj približen položaj, nato se v bližini mobilnega sprejemnika vzpostavi navidezna referenčna postaja. V centru se na podlagi opazovanj vseh stalnih postaj GPS generira model vplivov na opazovanja in na podlagi teh se izračunajo interpolirane vrednosti vplivov za položaj navidezne referenčne postaje ter uporabnikovega sprejemnika. Med uporabnikom in centrom mora zato biti vzpostavljena dvosmerna povezava, po kateri se podatki prenašajo, ki je zagotovljena največkrat s tehnologijama GSM (Groupe Spécial Mobile) ali GPRS (General Packet Radio Service).

Tehnologija VRS deluje na štirih nivojih (Stojar, 2005/06).

Na **nivoju 0** se izvaja nadzor nad referenčnimi postajami. S pomočjo statističnih testov se skušajo eliminirati grobi pogoški.

Na **nivoju 1** se s tvorbo baznih vektorjev nivo 0 razširja na pare sosednjih referenčnih postaj. Na ta način se eliminirajo pogoški satelitove ure in zmanjšajo časovno odvisni vplivi.

Na **nivoju 2** se modelirajo vplivi ionosfere, troposfere in tirnice satelitov. Nivo ima dvojen pomen: zagotoviti popravke za nižje nivoje točnosti in zagotoviti zanesljivo določitev neznanega števila celih valov na nivoju 3.

Na **zadnjem nivoju** se v treh korakih generirajo podatki za virtualno referenčno postajo. S pomočjo približnega števila neznanega števila celih valov, ki smo ga dobili v nivoju 2, se določi točno število celih valov kot naravno število. Nato se vsa opazovanja, ki se nanašajo na referenčno postajo, geometrijsko pomaknejo na VRS. V zadnjem koraku se vplivi, ki so znani na referenčnih postajah, interpolirajo na VRS. Kakovost interpolacije je odvisna od linearnosti vplivov.

Velika prednost tehnologije VRS je v tem, da se kompleksno modeliranje atmosferskih vplivov izvede v centru. Na ta način je merjenje možno tudi z manj zmogljivimi sprejemniki GPS, ker se tako izognemo nevarnosti uporabe nepravilnih modelov ionosfere in troposfere.

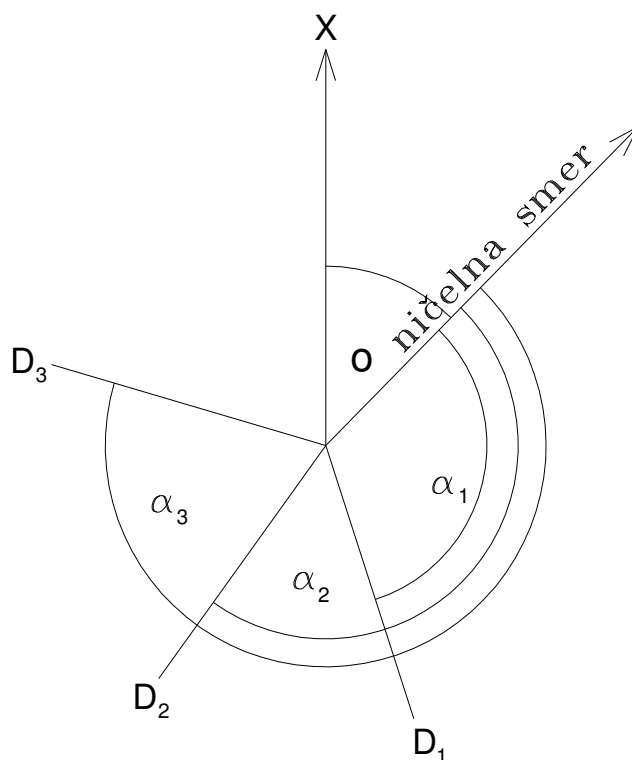
2.1.3 Orientacija tahimetra

Ko postavimo inštrument na stojišče (z znanimi koordinatami v D96/TM koordinatnem sistemu), ga moramo orientirati. Pri tem se pojavi problem, ker koordinat ekscentrov v novem (D96/TM) koordinatnem sistemu še nimamo. V praksi se nam zato ponudijo tri možnosti orientiranja inštrumenta:

- z opazovanjem smeri na signale, ki že imajo znane koordinate D96/TM;
- z opazovanjem smeri na točke v okolici delovišča, ki smo jim mi določili koordinate z namenom orientacije inštrumenta. Pri tem moramo biti zelo pozorni, da so te točke na

dovolj veliki oddaljenosti, da njihova natančnost ne vpliva bistveno na orientacijo smeri. Na splošno bi rekli, da mora biti razdalja med stojiščem in signalom večja od razdalje med stojiščem in novo detajlno točko. Več o tem v poglavju 2.1.6.2 in v preglednici 1;

- z opazovanjem smeri na signale, ki še nimajo določenih koordinat v koordinatnem sistemu D96/TM, imajo pa dane koordinate v koordinatnem sistemu D48/GK in transformirane v koordinatni sistem D96/TM. Transformirane koordinate so na splošno manj natančne od pomejenih, zato jih lahko uporabimo le, če so točke dovolj oddaljene. Več o tem v poglavju 2.1.6.2 in v preglednici 1.



Slika 2: Orientiranje smeri

Orientacija tahimetra ali orientacija opazovanih smeri pomeni premaknitev ničelne smeri horizontalnega kroga v smer vzporedno osi x. Konkretno pomeni opazovanim smerem prišteti orientacijski kot α , oziroma kot, ki ga tvorita začetna (ničelna) smer in smer pozitivnega kraka osi x (Kogoj, 2003/04).

Orientacijski kot lahko izračunamo enkrat za vsako opazovano smer proti dani točki (Kogoj, 2003/04):

$$\begin{aligned}o_1 &= v_T^1 - \alpha_1 \\o_2 &= v_T^2 - \alpha_2 \quad \dots (4)\end{aligned}$$

M

$$o_n = v_T^n - \alpha_n,$$

kjer je: o_n : orientacijski kot proti točki n;

v_T^n : smerni kot proti točki n izračunan iz koordinat točk;

α_n : opazovana smer proti točki n;

n : število opazovanih smeri.

Definitivni orientacijski kot nato izračunamo kot srednjo vrednost n orientacijskih kotov (Kogoj, 2003/04):

$$\bar{o} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n o_i, \quad \dots (5)$$

kjer je: \bar{o} : srednji orientacijski kot;

o_i : orientacijski kot izračunan na i -ti točki;

n : število opazovanih smeri.

Definitivno orientirano smer izračunamo kot vsoto opazovane smeri in definitivnega orientacijskega kota (Kogoj, 2003/04):

$$\alpha_i^o = \alpha_i + \bar{o}, \quad \dots (6)$$

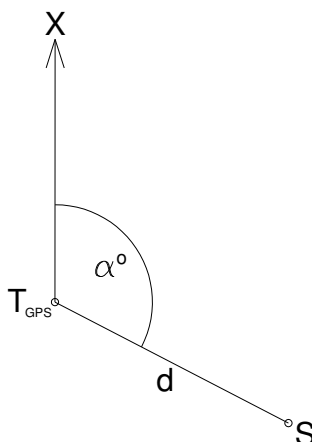
kjer je: α_i^o : definitivno orientirana smer i -te točke;

α_i : opazovana smer i -te točke;

\bar{o} : srednji orientacijski kot.

Načeloma je za orientacijo opazovanih smeri dovolj eno opazovanje na eno dano točko. V praksi pa moramo opazovati smeri na dve ali več danih točk. Na ta način povečamo natančnost orientacije in imamo kontrolo grobih pogrškov.

2.1.4 Določitev koordinat orientacijske točke



Slika 3: Polarna metoda izmere orientacijske točke

D96/TM koordinate signala določimo po polarni metodi, in sicer po enačbah (Kogoj, 2003/04):

$$\begin{aligned} y_S &= y_{GPS} + d \cdot \sin \alpha^o, \\ x_S &= x_{GPS} + d \cdot \cos \alpha^o, \end{aligned} \quad \dots (7)$$

kjer je: y_S, x_S : koordinate signala;

y_{GPS}, x_{GPS} : koordinate stojišča določene z GPS-om;

d : horizontalna dolžina;

α^o : orientirana smer.

2.1.5 Redukcije merjenih razdalj

Merjena razdalja ni primerna za direktno uporabo, ampak jo moramo reducirati. V tem poglavju predstavljamo redukcije, ki so potrebne pri merjenju orientacijskih točk.

Redukcije, ki se izvajajo v inštrumentu

Razlage in enačbe se nanašajo na uporabljen inštrument Leica TPS1203 in uporabljeno programsko opremo Geos7. Merjeno dolžino D_0 inštrument reducira v poševno dolžino

D^P po naslednji enačbi (Leica, 2007):

$$D^P = D_0 \cdot (1 + k_a \cdot 10^{-6}) + k_r, \quad \dots (8)$$

kjer je D_0 : merjena dolžina [m],

k_a : atmosferski popravek [ppm],

k_r : adicijska konstanta reflektorja [m].

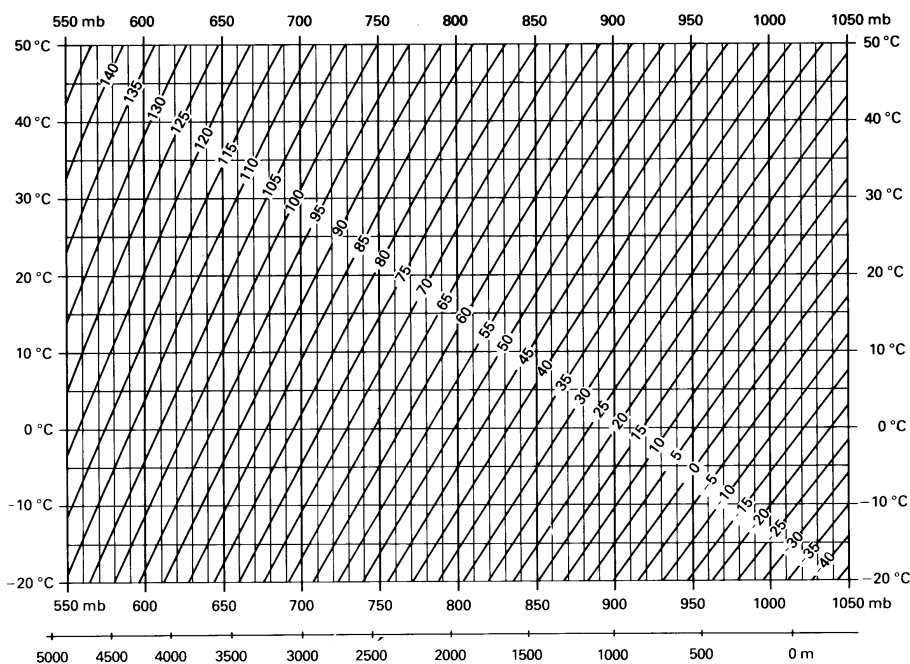
Atmosferski popravek k_a je odvisen od temperature zraka, zračnega tlaka in vlažnosti zraka.

Pri manj natančnih meritvah in krajših dolžinah navadno upoštevamo vrednost atmosferskega popravka 0 ppm, kar velja za prednastavljene vrednosti:

$T = 12 \text{ }^\circ\text{C}$... temperatura zraka,

$p = 1013,25 \text{ mbar}$... zračni tlak,

$e = 60 \text{ } \%$... vlažnost zraka.



Slika 4: Atmosferski popravek v ppm pri relativni vlažnosti zraka 60 %

(Kogoj, 2002, str. 113)

Za meritve običajnih natančnosti in zmernih dolžin (do 500 m) moramo meteorološki popravek upoštevati. Izmeriti moramo temperaturo zraka in zračni tlak, ki ju upoštevamo tako, da iz nomograma na zgornji sliki pri izmerjeni temperaturi in zračnem tlaku odčitamo

atmosferski popravek k_a , ki ga nato vtipkamo v inštrument. Vrednosti veljajo za vlažnost zraka 60 % (Kogoj, 2002).

Za meritve večje natančnosti ali zelo velike razdalje pa moramo meriti vse tri meteorološke vplive (temperaturo zraka, zračni tlak in vlažnost zraka) in meteorološki popravek izračunati po naslednji enačbi (Leica, 2007):

$$k_a = 286,34 - \left[\frac{0,29525 p}{(1 + \alpha T)} - \frac{4,126 \cdot 10^{-4} \cdot e}{(1 + \alpha T)} \cdot 10^x \right], \quad \dots (9)$$

kjer je: $\alpha = \frac{1}{273,15}$,

$$x = \left(\frac{7,5 \cdot T}{237,3 + T} \right) + 0,7857,$$

ali pa meteorološki popravek (prvi popravek hitrosti) izračunati po enačbah iz druge literature, na primer Kogoj, 2002.

Poševna dolžina D^P , izračunana po enačbi (8), se reducira na horizontalno dolžino D^H po naslednji enačbi (Leica, 2007):

$$D^H = D^P \cdot |\sin z| \cdot \left(1 - D^P \cdot \cos z \cdot \left(\frac{1 - \frac{k}{2}}{R} \right) \right), \quad \dots (10)$$

kjer je z : zenitna distanca,

k : refrakcijski koeficient (0,13),

R : radij Zemlje (6378 km).

Redukcije, ki se izvajajo v programskem okolju Geos7

Horizontalna dolžina D^H , ki je določena na nadmorski višini stojišča, se nato v uporabljenem programskem okolju Geos7 reducira na dolžino na ničelnem nivoju D^N po naslednji enačbi (Zeia, 2007):

$$D^N = D^H \cdot (1 - (H_s \cdot (R + H_s))), \quad \dots (11)$$

kjer je H_s : nadmorska višina stojišča [m].

2.1.6 Natančnost določitve koordinat orientacijske točke (a priori ocena)

Pred odhodom na teren nas zanima kolikšno natančnost določitve koordinat signala lahko dosežemo z našimi inštrumenti in uporabljenimi metodami dela. Na končno določitev koordinat signala vplivajo natančnosti:

- koordinat stojišča,
- merjene horizontalne smeri in
- merjene dolžine.

2.1.6.1 Natančnost določitve koordinat stojišča

Standardna deviacija položaja stojišča po dveh meritvah GNSS z uporabo tehnologije VRS se je gibala med 1 in 2 cm. Za izračune vzamemo tipičen primer, ko je ta standardna deviacija 1,5 cm.

2.1.6.2 Natančnost določitve horizontalne smeri

Na natančnost določitve horizontalne smeri vplivajo naslednji pogreški (Kogoj, 2003/04):

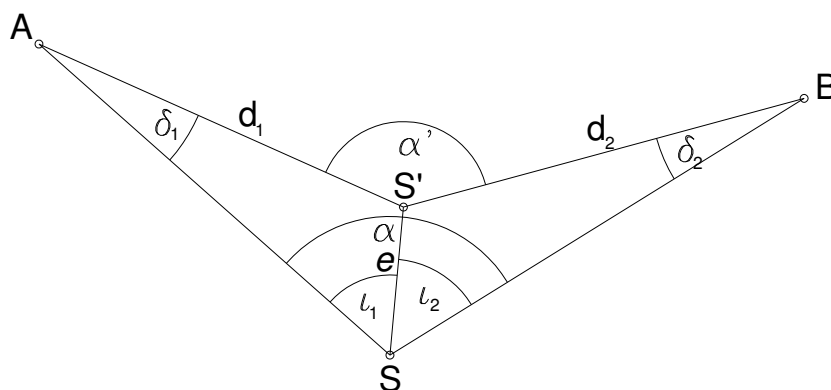
- pogrešek centriranja tahimetra,
- pogrešek viziranja,
- pogrešek zaradi neenakomerne osvetljenosti signala,
- pogrešek orientacije horizontalnega kroga.

Pogrešek centriranja tahimetra

Pravi položaj tahimetra je S, zaradi pogreška centriranja pa dejansko stojimo na S'. Morali bi izmeriti kot α , izmerimo pa kot α' . Pri tem naredimo napako:

$$\alpha - \alpha' = \sigma_{\alpha}^c = \delta_1 + \delta_2, \quad \dots (12)$$

kjer sta: δ_1, δ_2 : napaki pri merjenju na točki A in B.



Slika 5: Pogrešek centriranja tahimetra

V trikotniku $SS'A$ lahko po sinusovem izreku zapišemo:

$$\frac{e}{\sin \delta_1} = \frac{d_1}{\sin i_1} \Rightarrow \sin \delta_1 = \frac{e}{d_1} \cdot \sin i_1, \quad \dots (13)$$

kjer je e : ekscentriciteta dejanskega položaja od pravega,

d_1 : razdalja viziranja,

i_1 : kot med opazovano smerjo $S-A$ in smerjo ekscentricitete $S-S'$.

Ker je δ_1 majhen kot, velja:

$$\sin \delta_1 \approx \delta_1. \quad \dots (14)$$

Najbolj neugodna situacija nastopi, ko je smer napake centriranja pravokotna na smer vizure.

Takrat je:

$$i_1 = 90^\circ \Rightarrow \sin i_1 = 1. \quad \dots (15)$$

Enačba (13) je tedaj:

$$\sin \delta_1 = \frac{e}{d_1} \cdot \sin i_1 \Rightarrow \delta_1 = \frac{e}{d_1}. \quad \dots (16)$$

Če za trikotnik $SS'B$ nastavimo podobno, dobimo:

$$\delta_2 = \frac{e}{d_2}. \quad \dots (17)$$

Če pridobljene zveze vstavimo v enačbo (12), dobimo:

$$\sigma_{\alpha}^c = \delta_1 + \delta_2 = \frac{e}{d_1} + \frac{e}{d_2}. \quad \dots (18)$$

Če predpostavimo, da sta opazovani točki na enaki razdalji od stojišča, velja:

$$\sigma_{\alpha}^c = \frac{2 \cdot e}{d}. \quad \dots (19)$$

Današnji tahimetri imajo največkrat lasersko grezilo, ki ima deklarirano natančnost centriranja 1 mm. Kako ta pogrešek vpliva na merjeno horizontalno smer v odvisnosti od razdalje viziranja si lahko ogledamo v spodnji preglednici.

Preglednica 3: Pogrešek zaradi centriranja tahimetra

Razdalja viziranja [m]	Pogrešek centriranja
	1 mm
50	8,2''
100	4,1''
200	2,1''
400	1,0''

Pogrešek viziranja

Do tega pogreška pride zaradi omejene ločljivosti človeškega očesa in zaradi omejene povečave daljnogleda:

$$\sigma_{\alpha}^v = \frac{v}{u}, \quad \dots (20)$$

kjer je v : ločljivost človeškega očesa (30" - 60"),

u : povečava daljnogleda (20x - 40x).

Če v enačbo (20) vstavimo ekstremne vrednosti, dobimo:

$$\sigma_{\alpha}^v = \frac{30''}{40} = 0,75'' \text{ in}$$

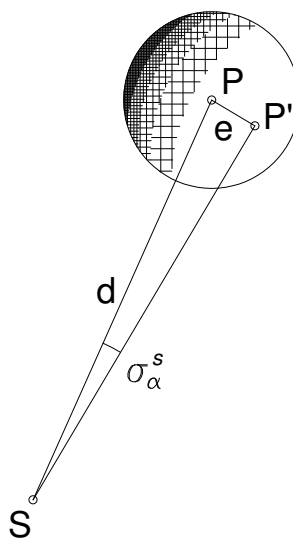
$$\sigma_{\alpha}^v = \frac{60''}{20} = 3''.$$

Če v enačbo (20) vstavimo srednje vrednosti, dobimo:

$$\sigma_{\alpha}^v = \frac{45''}{30} = 1,5''.$$

Pogrešek ni odvisen od razdalje med stojiščem in dano točko, ampak je za dan inštrument in danega operaterja konstanten.

Pogrešek zaradi neenakomerne osvetljenosti signala



Slika 6: Pogrešek zaradi neenakomerne osvetljenosti signala

Pogrešek se pojavlja pri naviziranju stalnih signalov, kot so cerkveni zvoniki, antene ali kovinski signali s tarčo. Zaradi neenakomerne osvetljenosti, signal ne naviziramo v sredino (v točko P), ampak pri tem delamo kotni pogrešek σ_{α}^s (in naviziramo v P').

Za pravokotni trikotnik SPP' zapišemo sinusov stavek:

$$\sin \sigma_{\alpha}^s = \frac{e}{d}, \quad \dots (21)$$

kjer je e : ekscentriciteta od prave smeri (2 mm),

d : razdalja viziranja (50 m).

Ker je σ_α^s majhen kot, velja:

$$\sin \sigma_\alpha^s \approx \sigma_\alpha^s. \quad \dots (22)$$

Zapišemo lahko:

$$\sigma_\alpha^s = \frac{e}{d}. \quad \dots (23)$$

Za vrednost ekscentricitete e izberemo privzeto vrednost 2 mm. Vrednosti pogreška zaradi neenakomerne osvetljenosti signala za različne razdalje naviziranja zberemo v spodnji preglednici.

Preglednica 4: Pogrešek zaradi neenakomerne osvetljenosti signala

	Pogrešek zaradi neenakomerne osvetljenosti signala
Razdalja viziranja [m]	2 mm
50	8,3''
100	4,1''
200	2,1''
400	1,0''

Pogrešek orientacije horizontalnega kroga (položajna natančnost danih točk ne vpliva na natančnost orientiranja tahimetra)

V tem primeru predpostavljamo, da so dane točke absolutno točno določene. To velja le, če so dane točke dovolj oddaljene in dovolj dobro določene, da natančnost njihovega položaja ne vpliva bistveno na merjenje horizontalnih smeri. Do tega pogreška vseeno pride, ker je natančnost uporabljenih inštrumentov za merjenje horizontalnih kotov omejena.

Če v enačbo (6) vstavimo enačbi (5) in (4), dobimo izraz za končno orientirano smer:

$$\alpha_j^o = \alpha_j + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (v_T^i - \alpha_i). \quad \dots (24)$$

Če uporabimo zakon o prenosu varianc in kovarianc, po preureditvi dobimo:

$$\sigma_{\alpha}^{o2} = \sigma_{\alpha_j}^2 + \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sigma_{\alpha_i}^2, \quad \dots (25)$$

kjer je: σ_{α_j} : standardna deviacija j-te opazovane smeri,

σ_{α}^o : standardna deviacija definitivno orientirane smeri,

n : število opazovanih smeri proti danim točkam.

Če predpostavimo, da so na istem stojišču vse smeri opazovane z enako natančnostjo, velja:

$$\begin{aligned} \sigma_{\alpha}^{o2} &= \sigma_{\alpha}^2 + \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sigma_{\alpha}^2 \\ \sigma_{\alpha}^{o2} &= \sigma_{\alpha}^2 + \frac{1}{n^2} \cdot n \cdot \sigma_{\alpha}^2 \\ \sigma_{\alpha}^{o2} &= \left(\frac{n+1}{n} \right) \cdot \sigma_{\alpha}^2 \\ \sigma_{\alpha}^o &= \sqrt{\left(\frac{n+1}{n} \right) \cdot \sigma_{\alpha}^2}, \quad \dots (26) \end{aligned}$$

kjer je: σ_{α} : natančnost opazovane smeri proti dani točki.

Enačba opisuje razmerje med natančnostjo opazovane smeri in definitivno orientirane smeri.

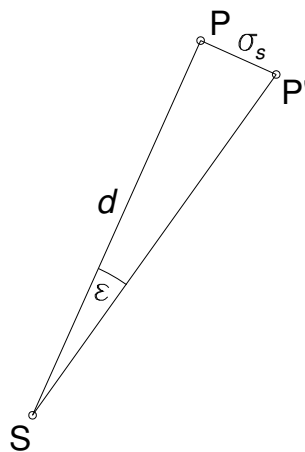
V spodnji preglednici prikazujemo natančnost definitivno orientiranih smeri v odvisnosti od števila opazovanih smeri proti danim točkam in natančnosti opazovanja ene smeri.

Preglednica 5: Pogrešek definitivno orientirane smeri (dane točke so absolutno točno določene)

Število smeri	Natančnost merjenja smeri		
	2''	3''	5''
1	2,8''	4,2''	7,1''
2	2,4''	3,7''	6,1''
3	2,3''	3,5''	5,8''
4	2,2''	3,4''	5,6''
5	2,2''	3,3''	5,5''

Pogrešek orientacije horizontalnega kroga (položajna natančnost danih točk vpliva na natančnost orientiranja tahimetra)

V tem primeru predpostavljamo, da koordinate danih točk so tako nenatančne ali tako blizu stojišča, da vplivajo na natančnost orientiranja inštrumenta. Do tega največkrat pride, ko v okolici delovišča ni vidnih signalov na dovolj veliki oddaljenosti. Takrat moramo inštrument orientirati s pomočjo točk, ki smo jim D48/GK koordinate transformirali v nov koordinatni sistem, ali na točke v okolici delovišča, ki smo jim sami določili nove koordinate. V tem primeru bo natančnost opazovanja ene smeri proti dani točki veliko manjša in bo bistveno vplivala na končno natančnost določitve koordinat signala.



Slika 7: Vpliv odstopanja signala od pravega položaja na orientacijo horizontalnega kroga

Zapišemo lahko:

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{\sigma_s}{d}, \quad \dots (27)$$

kjer je σ_s : položajno odstopanje signala [m],

d : razdalja viziranja signala [m],

ε : odstopanje horizontalne smeri pri viziranju [rad].

Ker je kot ε majhen, velja:

$$\operatorname{tg} \varepsilon \approx \varepsilon, \quad \dots (28)$$

in posledično:

$$\varepsilon = \frac{\sigma_s}{d}. \quad \dots (29)$$

Vrednosti vpliva odstopanja signala od prave vrednosti na opazovanje horizontalne smeri si lahko ogledamo v spodnji preglednici.

Preglednica 6: Vpliv odstopanja položaja dane točke na natančnost ene merjene smeri

Razdalja viziranja [m]	Natančnost položaja dane točke		
	1 cm	2 cm	3 cm
50	41''	1'23''	2'4''
100	20''	41''	1'2''
200	10''	21''	31''
400	5''	10''	15''

Če izračunanim vrednostim prištejemo še odstopanje zaradi omejenosti natančnosti uporabljenega inštrumentarija 5'', dobimo definitivne vrednosti prikazane v spodnji preglednici:

Preglednica 7: Natančnost ene merjene smeri

Razdalja viziranja [m]	Natančnost položaja dane točke [cm]		
	1	2	3
50	46''	1'28''	2'9"
100	25''	46''	1'7"
200	15''	26''	36"
400	10''	15''	20"

V spodnji preglednici prikazujemo natančnost definitivno orientiranih smeri v odvisnosti od števila smeri na dane točke in razdalj do danih točk. Natančnosti so računane po enačbi (26) in veljajo za natančnost položaja dane točke 2 cm in natančnost merjenja horizontalnih smeri 5''.

Preglednica 8: Natančnost orientirane smeri

Število smeri	Razdalja viziranja [m]			
	50	100	200	400
	1'28''	46''	26''	15''
1	2'2''	1'5''	37''	21''
2	1'48''	56''	32''	18''
3	1'42''	53''	30''	17''
4	1'38''	51''	29''	17''
5	1'36''	50''	28''	16''

Natančnost določitve horizontalne smeri

Končno natančnost določitve opazovane smeri proti signalu dobimo, če kvadiramo, seštejemo in korenimo vse opisane vplive. Za primer, da inštrument orientiramo z viziranjem na dva signala na razdalji 100 m, velja:

$$\sigma_{\alpha} = \sqrt{\sigma_{\alpha}^c{}^2 + \sigma_{\alpha}^v{}^2 + \sigma_{\alpha}^s{}^2 + \sigma_{\alpha}^o{}^2} = \sqrt{4,1''^2 + 1,5''^2 + 4,1''^2 + 56''^2} = 56'' \quad \dots (30)$$

V spodnji preglednici so zbrane vrednosti natančnosti definitivno orientiranih smeri proti opazovanemu signalu. Vrednosti v zadnjih dveh stolpcih veljajo za velike razdalje, in sicer 1 km in 4 km. To je v primeru, da smo orientacijskim točkam že določili koordinate v novem koordinatnem sistemu. Vse vrednosti veljajo za maksimalno odstopanje horizontalnega položaja dane točke 2 cm ter natančnost uporabljenega inštrumentarija 5''.

Preglednica 9: Natančnost definitivno orientirane smeri

Število smeri	Razdalja viziranja [m]					
	50	100	200	400	1000	4000
1	2'5''	1'5''	37''	21''	13''	9''
2	1'48''	56''	32''	18''	11''	8''
3	1'42''	53''	30''	17''	11''	7''
4	1'29''	51''	29''	17''	10''	7''
5	1'27''	50''	28''	16''	10''	7''

2.1.6.3 Natančnost določitve dolžine

Dolžino smo merili z laserskim razdaljemerom, ki je vgrajen v elektronskem tahimetru. Za natančnost razdaljemera vzamemo deklarirano natančnost s strani proizvajalca, ki je 3 mm; 3 ppm.

Razdaljo smo izmerili vsaj dvakrat, direktno na signal, ki je največkrat cerkveni zvonik, RTV (Radio TeleVizija) antena ali kovinski drog s tarčo. Zaradi nedostopnosti takega signala je bil problem določiti njegovo debelino. Včasih smo jo ocenili, včasih pa določili z merjenjem razdalje in smeri proti levemu in desnemu robu signala, kot je opisano v poglavju 3.2.

Kot a priori natančnost ocene debeline signala vzamemo 5 mm. Zato velja:

$$\sigma_d = \sqrt{(3\text{mm})^2 + (0,003\text{mm} \cdot d[\text{m}])^2 + (5\text{mm})^2} = 5,8\text{mm}, \quad \dots (31)$$

kjer je: d : razdalja viziranja (50 m).

2.1.6.4 Skupna natančnost določitve koordinat orientacijske točke

V tem poglavju nas zanima kolikšna je standardna deviacija horizontalnega položaja nove točke, določene po polarni metodi. Izračuni veljajo za katerokoli točko, kar je lahko signal v fazi določevanja novih koordinat orientacijskim točkam, lahko je ZK (ZemljiškoKatastrska) točka v storitvi s področja zemljiškega katastra, lahko pa je tudi katerakoli detajlna točka.

Iskano vrednost izračunamo po zakonu o prenosu varianc in kovarianc. Enačbe za določitev horizontalnih koordinat signala (Kogoj, 2003/04)

$$\begin{aligned} y_s &= y_{GPS} + d \sin \alpha, \\ x_s &= x_{GPS} + d \cos \alpha, \end{aligned} \quad \dots (32)$$

kjer je: y_s, x_s : koordinate signala,

y_{GPS}, x_{GPS} : koordinate stojišča,

d : razdalja viziranja,

α : smerni kot;

parcialno odvajamo po spremenljivkah y_{GPS}, x_{GPS}, d in α , pomnožimo s pripadajočimi variancami (Kogoj, 2003/04):

$$\begin{aligned} \sigma_{yS}^2 &= \left(\frac{\partial y_S}{\partial y_{GPS}}\right)^2 \cdot \sigma_{yGPS}^2 + \left(\frac{\partial y_S}{\partial x_{GPS}}\right)^2 \cdot \sigma_{xGPS}^2 + \left(\frac{\partial y_S}{\partial d}\right)^2 \cdot \sigma_d^2 + \left(\frac{\partial y_S}{\partial \alpha}\right)^2 \cdot \sigma_\alpha^2 \\ \sigma_{xS}^2 &= \left(\frac{\partial x_S}{\partial y_{GPS}}\right)^2 \cdot \sigma_{yGPS}^2 + \left(\frac{\partial x_S}{\partial x_{GPS}}\right)^2 \cdot \sigma_{xGPS}^2 + \left(\frac{\partial x_S}{\partial d}\right)^2 \cdot \sigma_d^2 + \left(\frac{\partial x_S}{\partial \alpha}\right)^2 \cdot \sigma_\alpha^2 \end{aligned} \quad \dots (33)$$

in po preureditvi dobimo:

$$\begin{aligned} \sigma_{yS}^2 &= \sigma_{yGPS}^2 + \sin^2 \alpha \cdot \sigma_d^2 + d^2 \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sigma_\alpha^2 \\ \sigma_{xS}^2 &= \sigma_{xGPS}^2 + \cos^2 \alpha \cdot \sigma_d^2 - d^2 \cdot \sin^2 \alpha \cdot \sigma_\alpha^2. \end{aligned} \quad \dots (34)$$

Upoštevajoč najbolj neugoden primer za kote, in sicer:

$$\sin \alpha = \cos \alpha = 1,$$

dobimo izraz:

$$\sigma_{yS}^2 = \sigma_{xS}^2 = \sigma_{GPS}^2 + \sigma_d^2 + d^2 \cdot \sigma_\alpha^2, \quad \dots (35)$$

po katerem računamo variance detajlnih točk v smereh koordinatnih osi x in y.

Izračuni se nanašajo na uporabo dveh danih točk (za orientacijo) s standardno deviacijo horizontalnega položaja 2 cm ter na inštrument z deklarirano standardno deviacijo merjenja smeri 5". V izračunih upoštevamo različne vrednosti razdalj d do nove točke (orientacijska, ZK ali detajlna točka) in različne vrednosti razdalj D do danih točk, s katerimi orientiramo horizontalne smeri. Vrednosti v centimetrih so zbrane v spodnjih preglednicah.

Preglednica 10: Standardne deviacije koordinat nove točke

Razdalja do danih točk D	Razdalja do nove točke d [m]			
	10	50	250	500
D=d	3,0	3,1	3,6	4,3
D=2d	2,0	2,1	2,5	3,2
D=3d	1,8	1,9	2,2	2,8
D=4d	1,7	1,8	2,1	2,7
D=5d	1,7	1,7	2,0	2,6

Standardno deviacijo horizontalnega položaja signala izračunamo po enačbi:

$$\sigma_S = \sqrt{\sigma_{yS}^2 + \sigma_{xS}^2}. \quad \dots (36)$$

Preglednica 11: Standardne deviacije položaja orientacijske točke

Razdalja do dane točke D	Razdalja do nove točke d [m]			
	10	50	250	365
$D=d$	4,2	4,3	5,1	5,5
$D=2d$	2,9	3,0	3,6	4,0
$D=3d$	2,6	2,7	3,2	3,5
$D=4d$	2,4	2,5	3,0	3,3
$D=5d$	2,4	2,4	2,9	3,2

Zakoličevanje zemljiškokatastrskih točk

Z Zakonom o evidentiranju nepremičnin je določeno, da mora biti daljša polos standardne elipse zaupanja ZK točke manjša ali enaka od 4 cm. Iz zgornje preglednice vidimo, da lahko pri danih podatkih zahtevano natančnost dosežemo le, če je razdalja do dane točke vsaj dva krat večja od razdalje do nove točke. Kot največjo razdaljo do nove točke, na kateri je to natančnost še možno doseči, smo z izračuni dobili 365 m.

2.2 Transformacija koordinat orientacijske točke iz D48/GK v D96/TM

Transformacija koordinat točke iz enega v drugi koordinatni sistem pomeni določitev neznanega položaja točke v končnem koordinatnem sistemu na podlagi parametrov, pridobljenih s pomočjo identičnih točk, t.j. točk, katerih položaj poznamo v obeh koordinatnih sistemih. Te točke imenujemo dane točke. Obstaja veliko različnih transformacij. V geodeziji imajo prednost transformacije, katerih parametri imajo geometrijski pomen.

Transformacije ločimo najprej na dvo in tri razsežne. Višinska komponenta v D48/GK koordinatnem sistemu je zaradi metodologije dela slabše kvalitete kot horizontalni komponenti. Zaradi tega in zaradi samega namena transformacij signala, delamo izključno dvo razsežne transformacije in višinsko komponento zanemarimo.

2.2.1 Podobnostna transformacija

Podobnostna transformacija območje premakne, zasuka in mu spremeni merilo (v vseh smereh enako). Zato ima transformirano območje enako obliko kot začetno območje in prav zaradi tega jo imenujemo podobnostna.

Pri transformacijah v geodeziji največkrat uporabljamo podobnostno transformacijo, ker imata obravnavana koordinatna sistema različno izhodišče, različno orientacijo koordinatnih osi in različno merilo, in prav ta transformacija odstranjuje lokalne deformacije merila in orientacije (Stopar, 2005/06).

2.2.1.1 7-parametrična podobnostna transformacija

Zveza med dvema koordinatnima sistemoma je v 3D dana s sedmimi parametri:

- s tremi premiki izhodišča ciljnega koordinatnega sistema,
- s tremi zasuki okrog osi začetnega koordinatnega sistema,
- s spremembo merila.

2.2.1.2 4-parametrična podobnostna transformacija

Zveza med dvema koordinatnima sistemoma je v 2D dana s štirimi parametri:

- z dvema premikoma izhodišča ciljnega koordinatnega sistema,
- z enim zasukom koordinatnega sistema,
- s spremembo merila.

2.2.2 Afina transformacija

Z razliko od podobnostne transformacije, afina spreminja merilo v različnih smereh različno. Pogovorno pravimo, da ta transformacija območje deformira ali popači tako, da se čimbolje prilega danim točkam.

V splošnem ta transformacija spremeni obliko območja, kar je za našo uporabo preveč drastična rešitev. V splošnem so popravki po transformaciji sicer manjši kot po podobnostni transformaciji, je pa afina zelo drzna in včasih nezanesljiva. Zato se te transformacije, razen v posebnih primerih, izogibamo (Stopar, 2005/06).

2.2.2.1 6 parametrična afina transformacija

Zveza med dvema koordinatnima sistemoma je v 2D dana s šestimi parametri:

- z dvema premikoma izhodišča ciljnega koordinatnega sistema,
- z enim zasukom koordinatnega sistema,
- z dvema spremembama merila,
- s spremembo pravega kota med koordinatnima osema.

3 IZMERA ZA POTREBE DOLOČITVE KOORDINAT ORIENTACIJSKE TOČKE

3.1 Priprava podatkov

Preden se odpravimo na teren, si v pisarni pripravimo potrebne topografske podlage, s pomočjo katerih lahko točko na terenu najdemo. Pri tem smo uporabljali topografsko karto občine Sežana v merilu 1:25000, Temeljni topografski načrt v merilu 1:5000, Orto foto načrt v merilu 1:5000 in topografije točk. Prilagamo primer topografskih podlag za trigonometrično točko III. reda številka 3, ki smo jih potrebovali pri terenskem delu. Večino topografskih podlag smo dobili na internetni strani portala Prostor Geodetske uprave RS.

Podatki o horizontalni temeljni točki

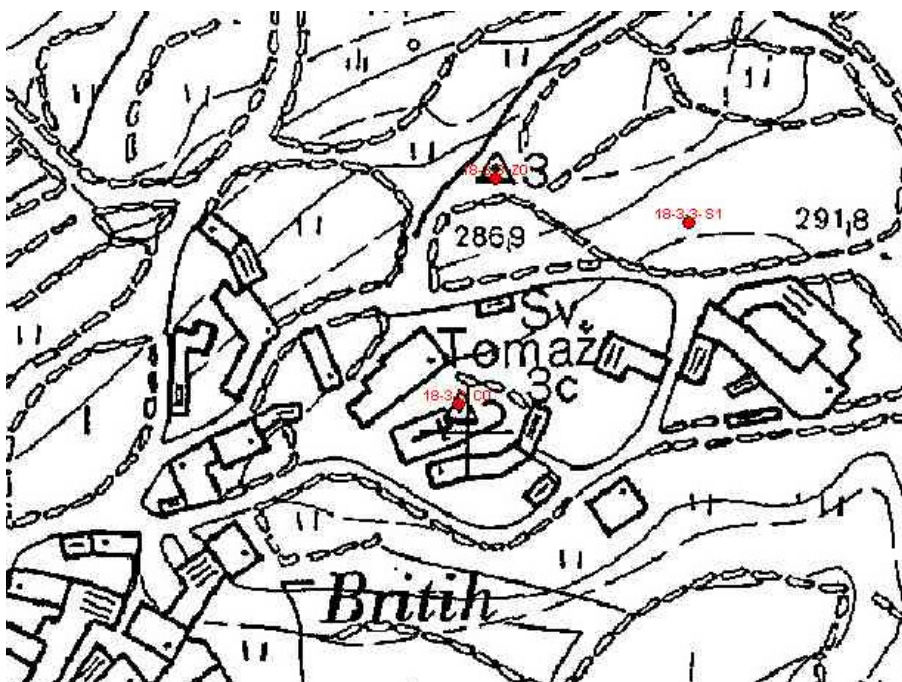
Katastrska občina: 2429

Št. točke: 3

Šifra katastrske občine	2429	Šifra statusa točke	0 - Brez posebnega statusa
Ime katastrske občine	PLISKOVICA	Šifra lastnosti točke	0 - Ni dodatne lastnosti
Šifra za red, vrsto mreže	3 - Trigonometrična in poligonometrična točka III. reda	Šifra stabilizacije točke	1 - Betonski,granitni kamen
Št. točke	3	Šifra postavljalca točke	OGUKP - Betonski,granitni kamen
Oznaka točke	Z0	Leto določitve Y in X	1998
Ledinsko ime	PLISKOVICA	Leto določitve H	1998
Sosednja katastrska občina	-	Ime točke	-
Šifra trigonometričnega okraja	18 - SEŽANA	Datum zadnje uporabe	-
Koordinata Y	405758.31	Št. vloge	-
Koordinata X	70818.05	Datum vnosa v bazo	17.8.2098
Nadmorska višina H	286.68	Opomba	-
Metoda določitve Y in X	5 - Triangulacija	List TTN5	5 B 22-49



Slika 9: Izsek Državne Topografske Karte v merilu 1:25000 (Igea 2003)

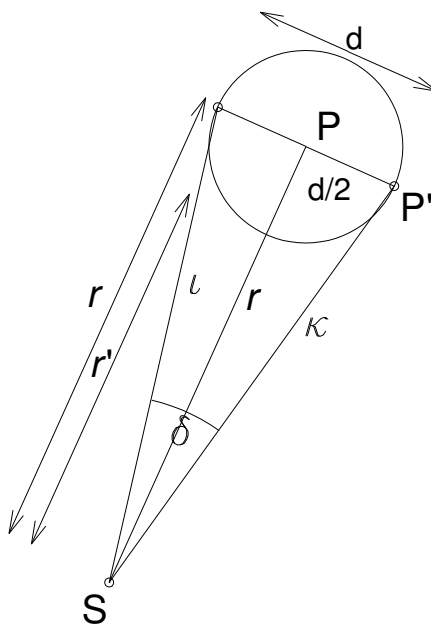


Slika 10: Izsek Temeljnega Topografskega Načrta v merilu 1:5000 (Igea 2003)

3.2 Terensko delo

Na delovišču smo potrebovali vsaj eno znano točko za stojišče in vsaj dve za orientacijo horizontalnih smeri pri merjenju s tahimetrom. Za orientacijo smo uporabili različne točke (poglavje 2.1.3), stojišče pa smo vedno določevali z meritvami GNSS, in sicer v načinu VRS. Vsaki stojiščni točki smo določili koordinate dvakrat neodvisno v časovnem razmaku vsaj 45 minut. Odvisno od pogojev dela (PDOP (Position Dilution Of Precision) in ovire v bližini), smo vsakič na točki izvajali opazovanja v trajanju od dveh do treh minut in medtem izvedli od 100 do 150 sprejemov.

Ko smo tahimeter postavili na znano točko in izmerili smeri proti danim točkam za orientacijo, smo dolžino in smer do signala določili enkrat v dveh krožnih legah. Dolžino smo po potrebi (odvisno od razdalje in pogojev v atmosferi) izmerili večkrat. Dolžino smo merili z vgrajenim laserskim razdaljemerom, direktno na signal, ki je največkrat cerkveni zvonik, RTV antena ali kovinski drog s tarčo. Zaradi nedostopnosti takega signala je bil problem določiti njegovo debelino. Ko je bil signal razmeroma blizu, smo debelino ocenili (pri cerkvenih zvonikih), ali izmerili z merskim trakom (pri kovinskih signalih s tarčo). Ko pa debeline signala nismo mogli določiti na opisana načina, smo debelino določili z merjenjem razdalje in smeri proti levemu in desnemu robu signala na sledeč način.



Slika 11: Določitev debeline signala

Opazovali smo horizontalno dolžino r in smeri ι in κ . Iz opazovanih smeri smo izračunali kot δ . Velja:

$$\operatorname{tg} \frac{\delta}{2} = \frac{\frac{d}{2}}{r + \frac{d}{2}}. \quad \dots (37)$$

Ker je debelina signala v primerjavi z razdaljo r zanemarljivo majhna, lahko zapišemo:

$$\operatorname{tg} \frac{\delta}{2} = \frac{d}{2r}, \quad \dots (38)$$

ter po preureditvi dobimo:

$$d = 2 \cdot r \cdot \operatorname{tg} \frac{\delta}{2}. \quad \dots (39)$$

Iz enačbe (39) smo, ko je sicer ni bilo mogoče dovolj natančno oceniti, izračunali debelino signala. Merjeni horizontalni dolžini r (do bližnjega roba signala) smo prišteli polovico debeline signala, ter tako izračunali horizontalno dolžino do centra signala.

Med meritvami smo vodili skico, na kateri smo označili kdo, kdaj in kje je meril, uporabljen inštrumentarij, oznake točk za orientacijo in številke detajlnih točk.

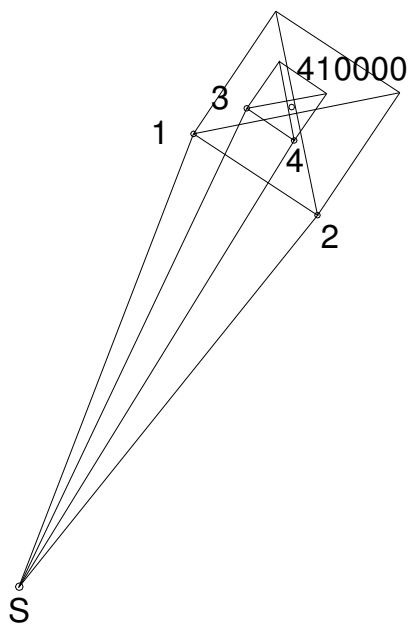
Zaradi njene velikosti je poseben primer predstavljala določitev koordinat antene RAI (Radiotelevisione Italiana) pri Ferlugih nad Trstom (bolje znana kot antena Bani), ki je za geodete na Krasu zelo pogosta orientacijska točka. Anteno obdaja gozd, zato je bilo merjenje z njene neposredne bližine nemogoče. Stojišče in dve točki za orientacijo smo postavili v bližnji vasi Bani, s katere je antena zelo lepo vidna.

S stojišča smo videli le eno stran antene, zato je bilo možno pomeriti le dva vogala (in ne tri, kot bi bilo idealno). Antena je na dnu zelo široka, proti vrhu pa se zvezno oži. Predpostavili smo, da ima antena pravokotni horizontalni presek. Anteno smo pomerili štirikrat, dvakrat na levi rob, dvakrat na desni rob (na spodnji skici točke od 1 do 4). Nato smo iz teh meritev

narisali dva kvadrata, njihove diagonale, iz dveh presekov diagonal dobili dve točki in izračunali srednjo vrednost (točka 410000).



Slika 12: Orientacijska točka "Ferlugi – Bani"



Slika 13: Določitev koordinat orientacijske točke "Ferlugi – Bani"

Velika slabost te meritve je zagotovo v tem, da smo inštrument orientirali s pomočjo dveh točk, ki sta bili stojišču približno 5 krat bližji od same antene.

Upoštevajoč razdaljo med stojiščem in danima točkama 100 m, razdaljo med stojiščem in ekscentričnim signalom 500 m ter enačbe iz poglavja 2.1.6, je natančnost določitve horizontalnega položaja antene pri Felugih:

$$\sigma_{yS} = \sigma_{xS} = 13,8 \text{ cm}$$

$$\sigma_S = \sqrt{\sigma_{yS}^2 + \sigma_{xS}^2} = 19,6 \text{ cm},$$

kar je zagotovo (relativno gledano) slabo. Kljub temu pa je bil, zaradi geografije in zaraščenosti terena, lokacije in velikosti antene, uporabljen način najboljši možen.

Poudariti je treba, da omenjena antena ni nikoli vizirana z neposredne bližine. Nahaja se v Italiji, 4 km od državne meje s Slovenijo. Glede na povedano v poglavjih 2.1.1.1 in 6 izračunamo, da pri naviziranju te točke naredimo pogrešek horizontalne smeri 10'', kar je povsem v mejah natančnosti običajnih geodetskih del.

3.3 Obdelava meritev

Ko smo podatke prenesli iz inštrumenta na računalnik, smo najprej izračunali koordinate točk merjenih z GPS. Za obdelavo meritev GPS smo uporabili programski paket Leica GeoOffice. Posebno pozorni smo bili pri nastavljanju pravega koordinatnega sistema in pri združevanju točk.

Nato smo v program Geos7 vnesli izračunane D96/TM koordinate ter tahimetrični zapisnik. Pri tem smo bili pozorni na kotna odstopanja pri orientiranju inštrumenta.

Za grobo kontrolo smo izračunane koordinate signalov pretvorili v D48/GK koordinatni sistem s 4 parametrično transformacijo z danimi parametri za 24 območij. Če ni bilo grobih

pogreškov so te transformirane točke bile do 20 cm oddaljene od točk v D48/GK koordinatnem sistemu, ki jih hrani Geodetska uprava RS.

Izračunane koordinate smo vnesli v interno bazo pomerjenih trigonometričnih in poligonskih točk.

4 TESTIRANJE REZULTATOV MERITEV Z UPORABO NAČINA VRS

4.1 Namen testa

V zadnjih letih se je med geodeti močno uveljavila določitev koordinat po načinu VRS (Virtual Reference Station, oz. navidezna referenčna postaja), ki sloni na diferencialni metodi merjenja. Določevanje koordinat točk po tej metodi je manj natančno in manj zanesljivo od določitve koordinat s statičnimi metodami, je pa hitrejše, lažje, in nam nudi rezultate v realnem času. Na prvi pogled je ta postopek zelo preprost za uporabo in prijazen do uporabnika; vse dokler delamo v dobrih pogojih. Za njeno optimalno izrabo pa je treba poznati nekaj teoretičnih osnov in principov, na katerih metoda deluje.

Razporeditev satelitov vpliva na izračunane koordinate. Zato je med uporabniki VRS načina v praksi, da vsaki točki določimo koordinate vsaj dvakrat neodvisno z vsaj 150 sprejemi, v časovnem razmaku vsaj 45 minut. Kljub temu nismo nikjer zasledili praktičnega testa, v katerem bi testirali kako na rezultat vpliva število sprejemov in kako časovni razmak med eno in drugo meritvijo. Zato smo se odločili test izvesti sami.

4.2 Načrtovanje in izvedba meritev

Test smo razdelili na dva dela:

- test v dobrih pogojih (prva lokacija): meritve smo izvajali na točki sredi peščenega parkirišča v novem delu naselja Sežana. V okolici ni bilo motečih elementov, ki bi omejevali sprejem signalov s satelitov. V okolici tudi ni bilo veliko prometa;
- test v slabih pogojih (druga lokacija): meritve smo izvajali na točki v centru naselja Sežana, na parkirišču večje trgovine. V okolici je bilo večje drevo, več visokih stavb

in zelo prometna cesta, zaradi česar je signal s satelitov bil omejevan in je obstajala možnost odboja signala (multypath efekt).

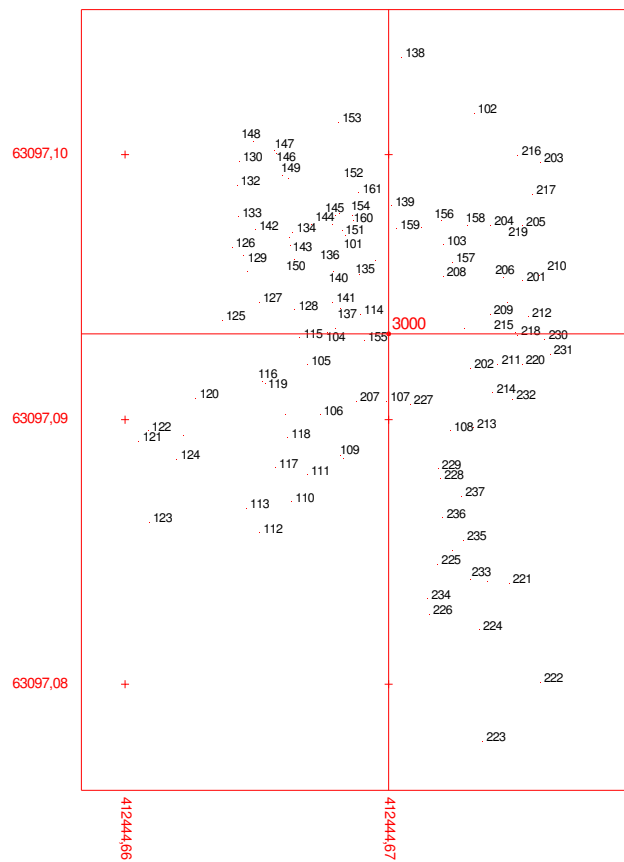
Na vsaki od obeh lokacij smo stabilizirali eno točko. Da bi čimbolje testirali vpliv različne razporeditve satelitov, smo na vsaki lokaciji meritve izvajali v dveh različnih dneh. Na prvi lokaciji smo meritve izvajali en dan dve uri in pol in drugi dan uro in pol, na drugi lokaciji pa prvi dan dve uri in drugi dan pol ure.

Meritve smo izvajali v več serijah. V vsaki seriji smo izvedeli meritve šestkrat: prvo z 250 (kasneje z 200) sprejemi, drugo s 150 sprejemi, nato s 100, 50, 25 in 10 sprejemi. Med vsako serijo meritev smo sprejemnik na novo inicializirali in s tem izvedeli določitev koordinat svoje točke glede na različne koordinate navidezne referenčne postaje. Občasno smo med merjenjem preverjali centriranost in horizontiranost inštrumenta, opazovali premikanje satelitov in si zapisovali vrednosti PDOP-a in GDOP-a.

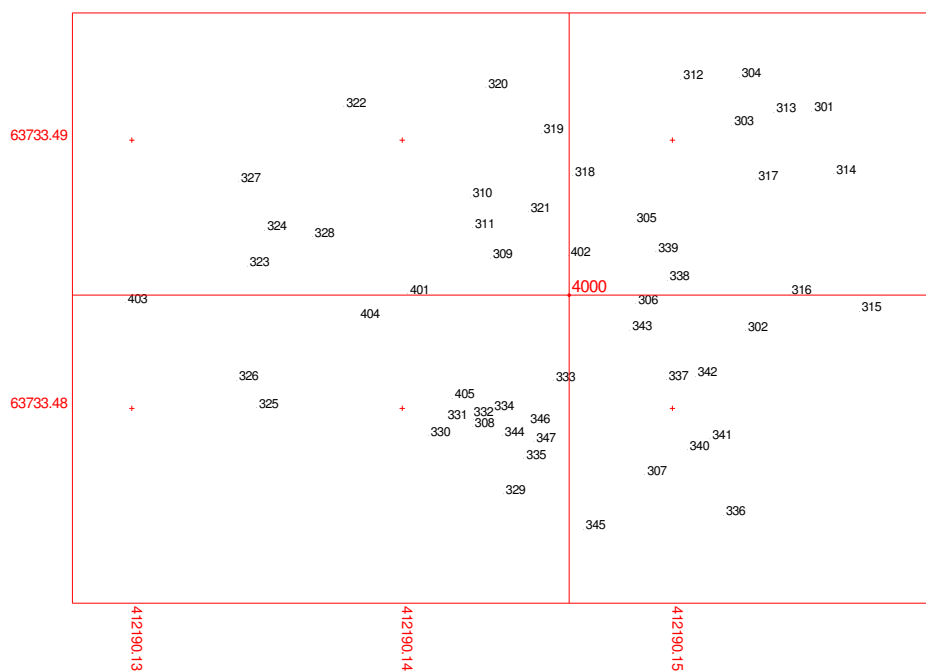
Koordinate točk smo tako pridobili 96 krat na prvi lokaciji in 52 krat na drugi lokaciji.

4.3 Obdelava meritev

Za vsako lokacijo smo iz novodoločenih koordinat pridobili oblak točk. Na prvi lokaciji so bile vse točke v radiju 2 cm, na drugi pa v radiju 3 cm.



Slika 14: Koordinate točke določene na lokaciji 1



Slika 15: Koordinate točke določene na lokaciji 2

Ker smo ocenili, da pri določitvi koordinat točk ni prišlo do grobih pogreškov, smo vse novodoločene koordinate točk, za vsako lokacijo posebej, združili v koordinate ene točke, ki smo jo od tedaj naprej uporabljali kot najverjetnejšo vrednost koordinat točk.

Preglednica 12: Srednji vrednosti koordinat točk

točka		N [m]	E [m]	h [m]	st. dev. [mm]
lokacija 1	3000	412444,670	63097,093	423,888	1,6
lokacija 2	4000	412190,146	63733,484	411,891	2,4

Nato smo za vsako točko posebej izračunali odstopanja koordinat od srednje vrednosti, iz njih standardne deviacije koordinate točk po enačbi:

$$\sigma_n = \sqrt{\Delta_N^2 + \Delta_E^2 + \Delta_h^2}, \quad \dots (40)$$

kjer so σ_n : standardna deviacija položaja točke n ,

Δ_N, Δ_E in Δ_h : odstopanja od pravih vrednosti koordinat točke n .

Kot srednjo vrednost vseh standardnih deviacij smo izračunali srednjo standardno deviacijo za vse novodoločene koordinate točk ter srednje standardne deviacije koordinat za točke določene z različnim številom sprejemov.

Preglednica 13: Natančnost novodoločenih kordinat točk

točka		st. dev. [cm]
lokacija 1	vse točke	1,16
	točke 250	0,99
	točke 150	1,03
	točke 100	1,11
	točke 50	1,10
	točke 25	1,35
	točke 10	1,39
lokacija 2	vse točke	1,67
	točke 200	1,61
	točke 100	1,67
	točke 50	1,62
	točke 25	1,74
	točke 10	1,76

V sklopu testa smo združevali točke z enakim številom sprejemov, tako, da smo z združitvijo določili koordinate nekaj točk, ki bi v praksi lahko predstavljale naša stojišča. Na prvi lokaciji smo tako določili koordinate 9-ih točk z združitvijo koordinat dveh točk s po 50-imi sprejemi, koordinate 5-ih točk z združitvijo koordinat točk s po 100-timi sprejemi ter koordinate 9-ih točk z združitvijo koordinat točk s po 150-imi sprejemi. Isto smo naredili na drugi lokaciji, tako da smo dobili koordinate skupno 9-ih točk. Pri tem smo pazili na to, da so bile koordinate združenih točk določene v časovnem razmaku vsaj 45 minut. V spodnji preglednici so predstavljene koordinate in standardne deviacije položajev združenih točk. Točke so označene tako, da je na prvem mestu oznaka lokacije (1 ali 2), na drugem mestu je število točk, ki smo jih združili, na tretjem mestu je identifikator točke (naraščajoče od 1) in na zadnjih treh mestih je število sprejemov združenih točk. Koordinate vseh določenih točk so predstavljene v prilogi A.

Preglednica 14: Koordinate točk pridobljene z združitvijo koordinat dveh točk

točka	N [m]	E [m]	h [m]	st. dev. [m]	sr. st. dev. [cm]	
lokacija 1	121050	412444,663	63097,091	423,894	0,0092	0,58
	122050	412444,668	63097,092	423,896	0,0082	
	123050	412444,667	63097,095	423,890	0,0034	
	124050	412444,666	63097,097	423,892	0,0066	
	125050	412444,669	63097,095	423,882	0,0069	
	126050	412444,673	63097,090	423,881	0,0084	
	127050	412444,670	63097,095	423,886	0,0031	
	128050	412444,668	63097,092	423,888	0,0022	
	129050	412444,673	63097,094	423,885	0,0046	
	121100	412444,669	63097,099	423,888	0,0060	0,66
	122100	412444,668	63097,093	423,896	0,0078	
	123100	412444,666	63097,097	423,892	0,0068	
	124100	412444,665	63097,094	423,894	0,0078	
	125100	412444,669	63097,096	423,892	0,0046	
	121150	412444,666	63097,097	423,890	0,0058	0,58
	122150	412444,667	63097,090	423,897	0,0101	
	123150	412444,668	63097,096	423,892	0,0050	
	124150	412444,669	63097,098	423,886	0,0053	
125150	412444,669	63097,096	423,896	0,0082		
126150	412444,672	63097,089	423,888	0,0045		
127150	412444,672	63097,096	423,880	0,0091		
128150	412444,668	63097,091	423,889	0,0031		
129150	412444,670	63097,092	423,888	0,0013		
lokacija 2	221050	412190,151	63733,485	411,896	0,0075	1,25
	222050	412190,146	63733,485	411,886	0,0051	
	223050	412190,148	63733,486	411,890	0,0034	

se nadaljuje ...

... nadaljevanje

	224050	412190,144	63733,488	411,908	0,0178	1,11
	225050	412190,153	63733,484	411,878	0,0144	
	221100	412190,151	63733,488	411,896	0,0080	
	222100	412190,143	63733,479	411,880	0,0126	
	223100	412190,139	63733,486	411,895	0,0082	
	224100	412190,148	63733,485	411,872	0,0188	
	225100	412190,145	63733,485	411,884	0,0077	1,33
	221200	412190,147	63733,479	411,880	0,012	
	222200	412190,150	63733,488	411,879	0,014	
	223200	412190,147	63733,487	411,913	0,022	
	224200	412190,150	63733,485	411,881	0,011	
	225200	412190,144	63733,484	411,899	0,008	

Nadalje nas je zanimalo, kako se natančnost koordinat točk povečuje, če jih določimo z združitvijo več kot dveh točk. V ta namen smo določevali koordinate točk z združevanjem koordinat treh in štirih točk. Na prvi lokaciji smo tako določili koordinate 8-ih točk z združitvijo koordinat treh točk s po 10-imi sprejemi, koordinate 8-ih točk z združitvijo koordinat treh točk s po 25-timi sprejemi, koordinate 8-ih točk z združitvijo koordinat treh točk s po 50-imi sprejemi, koordinate 8-ih točk z združitvijo koordinat štirih točk s po 25-timi sprejemi ter koordinate 8-ih točk z združitvijo koordinat štirih točk s po 50-imi sprejemi. Isto smo naredili na drugi lokaciji, tako da smo dobili koordinate 6-ih točk z združitvijo koordinat treh točk s po 25-timi sprejemi ter koordinate 6-ih točk z združitvijo koordinat treh točk s po 50-imi sprejemi. V spodnji preglednici so predstavljene koordinate in standardne deviacije združenih točk. Točke so označene tako, da je na prvem mestu oznaka lokacije (1 ali 2), na drugem mestu je število točk, ki smo jih združili, na tretjem mestu je identifikator točke (naraščajoče od 1) in na zadnjih treh mestih je število sprejemov združenih točk.

Preglednica 15: Koordinate točk pridobljene z združitvijo koordinat treh in štirih točk

točka	N [m]	E [m]	h [m]	st. dev. [m]	sr. st. dev. [cm]
lokacija 1	131010	412444,670	63097,094	423,880	0,0088
	132010	412444,668	63097,091	423,895	0,0072
	133010	412444,669	63097,095	423,897	0,0084
	134010	412444,669	63097,090	423,886	0,0047
	135010	412444,670	63097,094	423,888	0,0012
	136010	412444,668	63097,096	423,888	0,0033
	137010	412444,669	63097,090	423,892	0,0054
	138010	412444,669	63097,094	423,889	0,0017
	131025	412444,669	63097,097	423,877	0,0117

se nadaljuje ...

... nadaljevanje

	132025	412444,669	63097,097	423,880	0,0087	0,82
	133025	412444,667	63097,097	423,897	0,0096	
	134025	412444,667	63097,086	423,901	0,0147	
	135025	412444,671	63097,091	423,892	0,0040	
	136025	412444,671	63097,091	423,882	0,0068	
	137025	412444,672	63097,095	423,883	0,0064	
	138025	412444,667	63097,094	423,890	0,0037	
	131050	412444,670	63097,094	423,887	0,0016	
	132050	412444,669	63097,093	423,892	0,0042	
	133050	412444,669	63097,089	423,887	0,0040	
	134050	412444,670	63097,096	423,886	0,0037	
	135050	412444,669	63097,092	423,881	0,0078	
	136050	412444,667	63097,092	423,886	0,0034	
	137050	412444,671	63097,094	423,892	0,0042	
	138050	412444,670	63097,093	423,886	0,0022	0,61
	141025	412444,669	63097,096	423,894	0,0063	
142025	412444,669	63097,092	423,890	0,0025		
143025	412444,667	63097,092	423,883	0,0063		
144025	412444,667	63097,093	423,891	0,0036		
145025	412444,665	63097,094	423,893	0,0069		
146025	412444,668	63097,086	423,896	0,0104		
147025	412444,669	63097,097	423,880	0,0087	0,39	
148025	412444,670	63097,096	423,891	0,0038		
141050	412444,669	63097,091	423,888	0,0021		
142050	412444,671	63097,093	423,881	0,0073		
143050	412444,668	63097,093	423,889	0,0027		
144050	412444,670	63097,095	423,887	0,0024		
145050	412444,670	63097,096	423,881	0,0075		
146050	412444,670	63097,091	423,890	0,0025		1,01
147050	412444,669	63097,091	423,885	0,0037		
148050	412444,670	63097,096	423,887	0,0027		
lokacija 2	231050	412190,147	63733,488	411,901	0,0106	
	232050	412190,146	63733,481	411,874	0,0174	
	233050	412190,144	63733,486	411,889	0,0042	
	234050	412190,151	63733,482	411,881	0,0113	
	235050	412190,146	63733,488	411,897	0,0070	
	236050	412190,143	63733,484	411,882	0,0100	
	231025	412190,147	63733,486	411,895	0,0045	0,72
	232025	412190,144	63733,481	411,883	0,0086	
	233025	412190,148	63733,484	411,899	0,0082	
	234025	412190,148	63733,485	411,900	0,0089	
	235025	412190,147	63733,486	411,895	0,0045	
	236025	412190,144	63733,481	411,883	0,0086	

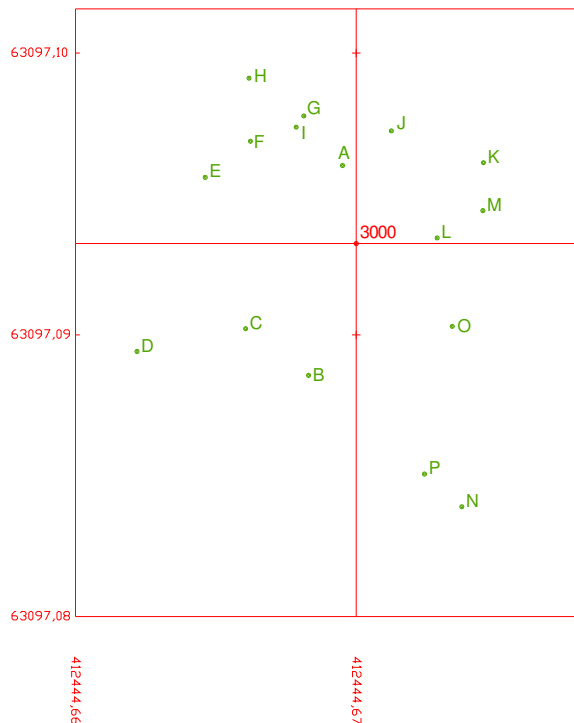
V sklopu testa nas je tudi zanimalo, kako na pridobljene rezultate vpliva časovni presledek (in posledično razporeditev satelitov) med izmerami. Zato smo združili koordinate vseh točk določenih v eni seriji, oz. točke določene glede na iste koordinate virtualne referenčne postaje.

Dobili smo tako koordinate za 16 točk na prvi lokaciji, označene od A do P, ter koordinate za 10 točk na drugi lokaciji, označene od Q do Z. V spodnji preglednici predstavljamo njihove koordinate.

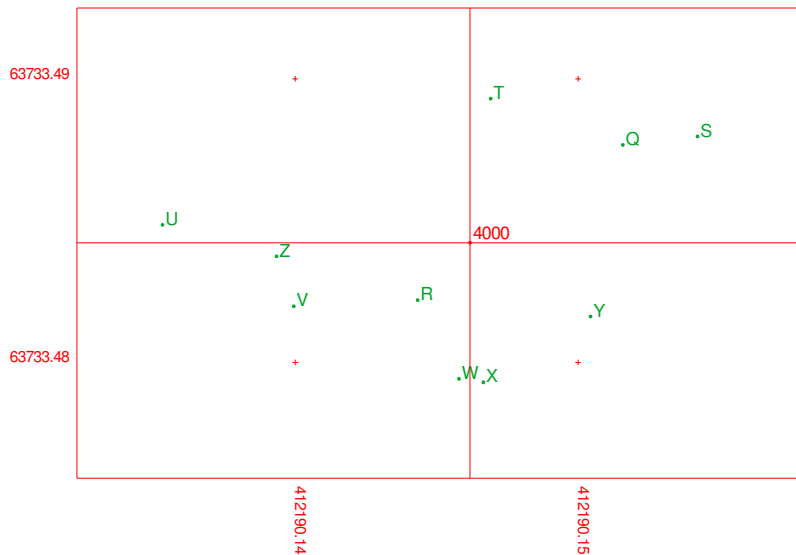
Preglednica 16: Koordinate točk po serijah

serija	N [m]	E [m]	h [m]
A	412444,6695	63097,0960	423,8891
B	412444,6683	63097,0886	423,9082
C	412444,6661	63097,0902	423,8997
D	412444,6622	63097,0894	423,8991
E	412444,6646	63097,0956	423,9017
F	412444,6662	63097,0969	423,8871
G	412444,6681	63097,0978	423,8788
H	412444,6662	63097,0991	423,8900
I	412444,6679	63097,0974	423,8876
J	412444,6713	63097,0972	423,8884
K	412444,6745	63097,0961	423,8756
L	412444,6729	63097,0934	423,8787
M	412444,6745	63097,0944	423,8887
N	412444,6738	63097,0839	423,8829
O	412444,6734	63097,0903	423,8911
P	412444,6724	63097,0851	423,8820
Q	412190,1516	63733,4877	411,9060
R	412190,1443	63733,4822	411,8796
S	412190,1542	63733,4880	411,8852
T	412190,1469	63733,4893	411,8845
U	412190,1353	63733,4849	411,8920
V	412190,1400	63733,4820	411,8828
X	412190,1467	63733,4793	411,8786
Y	412190,1504	63733,4816	411,8718
W	412190,1458	63733,4794	411,8900
Z	412190,1393	63733,4837	411,9164

Vpliv razporeditve satelitov na določitev koordinat je bolje viden iz spodnjih slik.



Slika 16: Srednje vrednosti koordinat točk v posameznih serijah na lokaciji 1



Slika 17: Srednje vrednosti koordinat točk v posameznih serijah na lokaciji 2

4.4 Analiza rezultatov

Glavni vprašanja, ki smo si jih pred testom zastavili sta bili koliko sprejemov je potrebno izvesti pri vsaki določitvi koordinat točke z uporabo načina VRS in, če koordinate točke določamo z združitvijo več nizov koordinat, koliko točk je smiselno opazovati in koliko časa je potrebno počakati med meritvami.

4.4.1 Vpliv števila sprejemov

Iz preglednice 13 vidimo, da so koordinate točke, določene z daljšim časom opazovanj oz. z večjim številom sprejemov, natančneje določene kot koordinate točke določene z manjšim številom sprejemov. Na prvi lokaciji imajo koordinate točk določene z 250 sprejemi najnižjo povprečno standardno deviacijo, in sicer 9 mm; s krajšanjem časa meritev se ta vrednost zvišuje do standardne deviacije 14 mm za koordinate točke določene z 10 sprejemi. Na drugi lokaciji pa imajo točke z 200 sprejemi najnižjo povprečno standardno deviacijo, in sicer 16 mm, s krajšanjem časa meritev se ta vrednost zvišuje do standardne deviacije 18 mm za koordinate točke določene z 10 sprejemi. Torej, če koordinate točke določamo dlje časa, natančnost povečujemo. Kljub temu pa je razlika v natančnosti koordinat točke presenetljivo majhna. Zanimivo se nam zdi, da od 148 koordinat točk, ki smo jih v sklopu testa določili, nismo imeli nobene grobo pogrešene določitve koordinat točk. Med vsemi novodoločenimi koordinatami točk je bilo največje odstopanje koordinate v horizontalni smeri 16 mm, največje odstopanje po višini 29 mm, največja standardna deviacija 3D položaja izračunana iz odstopanj je bila 32 mm, in sicer za eno določitev na drugi lokaciji z 10-imi sprejemi, kar se mi vsekakor zdi presenetljivo malo. Kot po pričakovanjih, smo vse najvišje vrednosti odstopanj dobili na drugi lokaciji, kjer so bili pogoji za izvajanje meritev slabši.

Presenetljivo nizke se nam zdijo standardne deviacije točk z 10-imi sprejemi (ki jih dobimo s približno 10 sekundnimi opazovanji): povprečno 14 mm na prvi lokaciji z najvišjo vrednostjo 32 mm in povprečno 18 mm na drugi lokaciji z najvišjo vrednostjo 32 mm.

Ker v praksi, zaradi zmanjšanja možnosti pojava grobih pogreškov, zvišanja natančnosti ter zmanjšanja vpliva razporeditve satelitov na določitev koordinat točk, največkrat združujemo

dva neodvisno določena niza koordinat, smo med seboj primerjali koordinate točk dobljene z združitvijo. Iz preglednice 14 vidimo, da so vse standardne deviacije teh točk zelo nizke, in sicer do 18 mm. Z daljšanjem časa meritev se natančnost sicer zvišuje, ne pa toliko kot smo pričakovali. Razlika v natančnosti med koordinatami točk, dobljenimi z združitvijo koordinat točk določenih v daljšem in krajšem časovnem obdobju, je majhna. Tako je na lokaciji 1 povprečna standardna deviacija koordinat točk dobljenih z združitvijo koordinat dveh točk s 150 sprejemi in s 50 sprejemi enaka, in sicer 6 mm, na lokaciji 2 pa podobna, in sicer 12 mm za točke s 50 sprejemi in 10 mm za točke z 200 sprejemi.

4.4.2 Vpliv števila točk za združitev

Iz zgornjih preglednic vidimo, da se natančnost določitve koordinat točke bistveno zviša, če točko določimo z združevanjem koordinat več točk v eno. Če si ogledamo točke določene s 50-imi sprejemi, lahko zaključimo, da imajo koordinate teh točk srednjo standardno deviacijo 11 mm za prvo lokacijo in 16 mm za drugo lokacijo; če združimo koordinate dveh takih točk, se standardna deviacija zmanjša na 6 mm za prvo lokacijo in 12 mm za drugo lokacijo, če združimo koordinate treh ali štirih takih točk, se standardna deviacija zmanjša na 4 mm za prvo lokacijo in 10 mm za drugo lokacijo. Ti zaključki so zbrani v spodnji preglednici, kjer sta podani vrednosti za prvo in drugo lokacijo.

Preglednica 17: Vpliv števila točk za združitev

št. sprejemov	št. točk za združitev			
	1	2	3	4
25	14/17 mm	10/11 mm	7/9 mm	6/- mm
50	11/16 mm	6/12 mm	4/10 mm	4/- mm

4.4.3 Vpliv časovnega presledka med meritvama

Iz slik 18 in 19 vidimo, kako se položaj točk spreminja v odvisnosti od razporeditve satelitov. Točke označene s črkami predstavljajo srednje vrednosti koordinat vseh točk katerim smo koordinate določili v eni seriji, oz. vseh točk katerim smo koordinate določili glede na iste koordinate virtualne referenčne postaje. Če koordinate dobljenih točk povežemo, vidimo, da se položaj točk spreminja približno zvezno, od točke A do točke P na lokaciji 1 ter od točke Q

do točke Z na lokaciji 2. Zveznost je bolje vidna na lokaciji 1. To je dokaz, da razporeditev satelitov pliva na dobljene rezultate.

Če na sliki 18 opazujemo premikanje srednjih vrednosti koordinat vseh točk v serijah (točk označenih s črkami) vidimo, da se položaj izmerjene točke popolnoma (iz ene strani točke na drugo) spremeni v časovnem intervalu od 45 do 90 minut, kar pomeni, da če koordinate točki določimo dvakrat ali še bolje večkrat v tem časovnem intervalu in jih združimo, imamo velike možnosti, da se bomo pravi vrednosti koordinat približali.

4.5 Zaključki

Glede na povedano v poglavju 4.4.1, visoko število sprejemov ni zagotovilo za dobro določene koordinate točke. Vsekakor pa z daljšim časom opazovanj natančnost nekoliko zvišujemo. Glede na povedano v poglavjih 4.4.2 in 4.4.3, je bistvenega pomena izvedba več meritev v časovnem intervalu od 45 do 90 minut.

Najboljši način za pridobitev kakovostnih rezultatov je združevanje dvakrat ali bolje trikrat določenih koordinat točke, ne nujno z dolgim časom opazovanja. Idealno bi bilo, da bi bile koordinate točke določene neodvisno. Glede na to, da merimo v istem sistemu, z enakimi sateliti, glede na iste permanentne postaje in z enakim inštrumentarijem, koordinate točke ne morejo biti popolnoma neodvisne; s tem da inštrument na novo postavimo in na novo inicializiramo pa vsekakor odvisnost koordinat zmanjšujemo. S tem da združimo koordinate več točk zmanjšamo možnost pojava grobih napak in izboljšujemo natančnost določitve koordinat točke.

Čeprav bi za verodostojen test potrebovali večje število meritev večjega števila točk, je glede na opravljene analize najbolje točki določiti koordinate več kot dvakrat (trikrat ali štirikrat), vsakič s poljubnim številom sprejemov (npr. 50) ter z novo inicializacijo, v časovnem razmaku vsaj 45 minut oziroma priporočljiveje 90 minut.

5 TRANSFORMACIJE ORIENTACIJSKE TOČKE

Določitev položaja signalov po načinu opisanem v poglavju 3 je dolgotrajno in drago delo, zato se v tem poglavju sprašujemo, če lahko za našo uporabo koordinate signalov iz D48/GK koordinatnega sistema transformiramo v D96/TM koordinatni sistem. Izvajali smo različne transformacije, za različno velika območja in z različnimi izbori točk, zato, da bi našli najprimernejšo.

Kot dane točke smo pri transformacijah upoštevali samo trigonometrične točke IV. in višjih redov, katerih D48/GK koordinate smo poznali in D96/TM koordinate smo izmerili. Pri tem smo že v začetku izločili točke (V. in IX. reda), katerih D48/GK koordinate so bile določene s transformacijo iz D96/TM koordinat. Podatke o tem smo našli na topografijah točk na portalu Prostor Geodetske uprave RS.

Vsako transformacijo smo začeli z vsemi točkami na danem območju, ki so ustrezale že omenjenim zastavljenim pogojem, ter nato izbor točk redčili glede na odstopanja na točkah po transformaciji, upoštevajoč njihovo enakomerno razporeditev po območju transformacije.

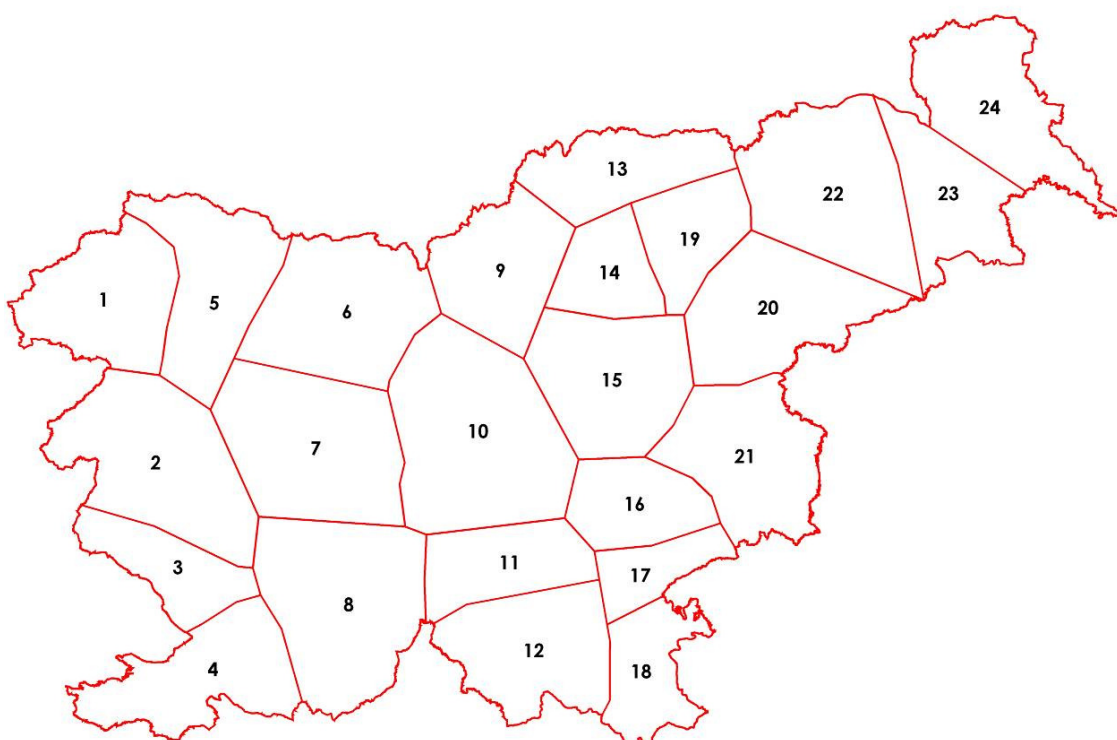
Za začetek smo sestavili dve datoteki z vhodnimi podatki, eno z D48/GK koordinatami točk, drugo z D96/TM koordinatami točk, kot je opisano v navodilih uporabljenih programov.

V koordinatnem sistemu D48/GK se ločeno obravnava horizontalno in višinsko komponento. Horizontalni komponenti položaja predstavimo s parom koordinat v ravnini kartografske projekcije, višino pa predstavimo v sistemu normalnih ortometričnih višin. Koordinate točke v D96/TM koordinatnem sistemu pa so trirazsežne in se nanašajo na isto matematično definirano referenčno ploskev, in sicer na rotacijski elipsoid GRS 80. To je razlog, da se transformacija iz D48/GK v D96/TM koordinatni sistem izvaja ločeno za izračun horizontalnih koordinat in normalnih ortometričnih višin (GURS, 2007). Ker je višina pri signalih, ki jih uporabimo za orientacijo, nepomemben podatek, smo se omejili na 2D transformacije in višinsko komponento zanemarili.

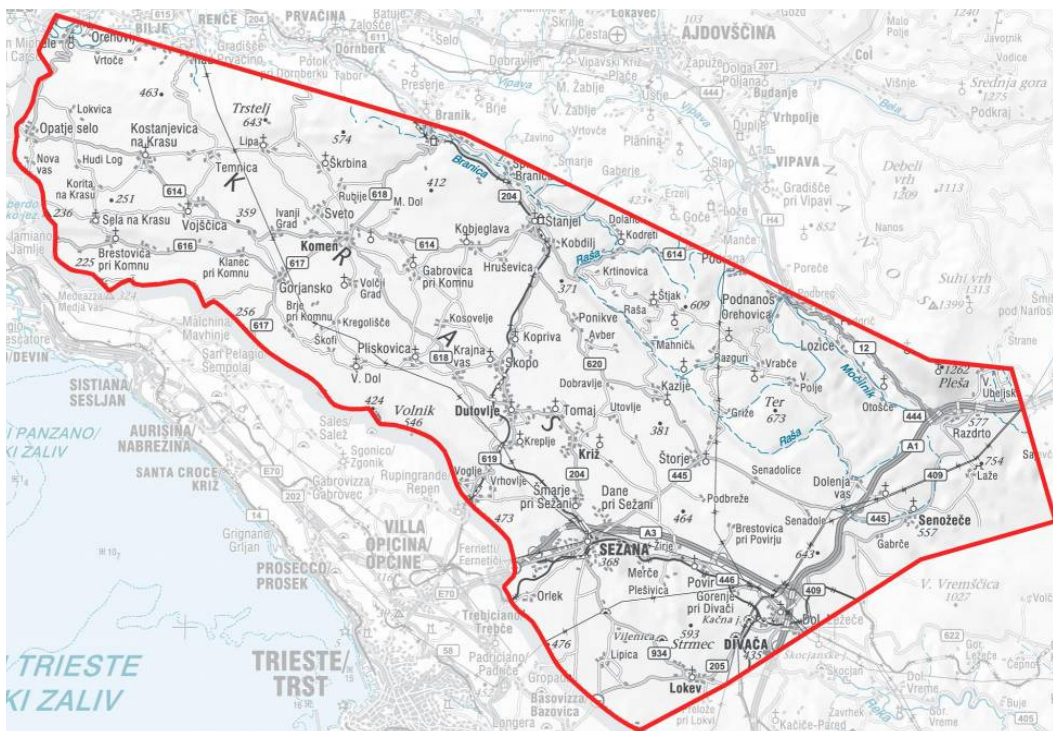
5.1 Območja transformacij

Transformacijo smo izvajali za naslednja območja:

- **Kras**, je območje, ki ga omejuje državna meja z Italijo na zahodu, vasi Kačiče, Škocjan, Senožeče na jugu, dolina Raše in Branice na vzhodu, ter Branik in Kostanjevica na Krasu na severu. Sovpada z območjem št. 3 po razdelitvi Slovenije na 24 območij, ki ga je izdelala GURS;

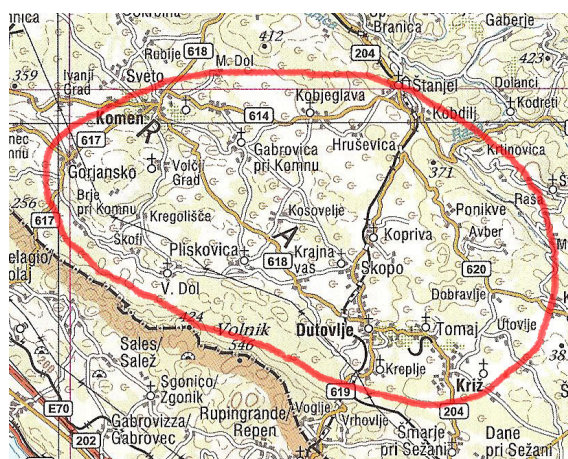


Slika 18: Razdelitev Slovenije na 24 območij (GURS)



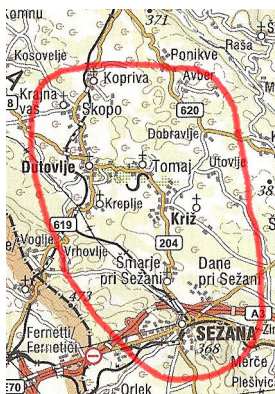
Slika 19: Območje št. 3 - Kras po razdelitvi Slovenije na 24 območij (GURS)

- **centralni Kras**, je območje od Križa na jugovzhodu do Komna na severozahodu ter od Štanjela na severovzhodu do državne meje z Italijo na jugozahodu. Območje je velikosti 15 km x 10 km;



Slika 20: Območje Centralnega Krasa (Geodetski inštitut Slovenije, 2005)

- **Križ**, je območje okrog vasi Križ, od Sežane na jugu do Avberja na severu in od Utovelj na vzhodu do državne meje na zahodu. Območje je velikosti 8 km x 5 km.



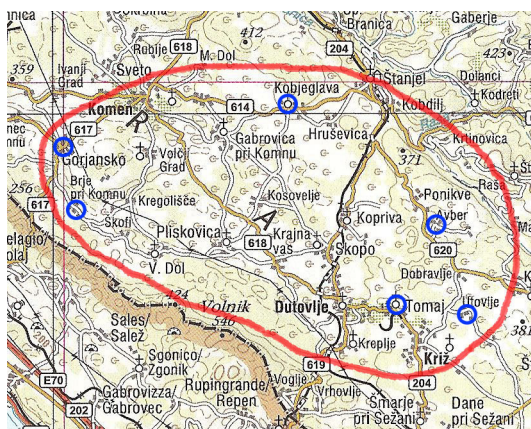
Slika 21: Območje Križa (Geodetski inštitut Slovenije, 2005)

5.2 Izvedba transformacij

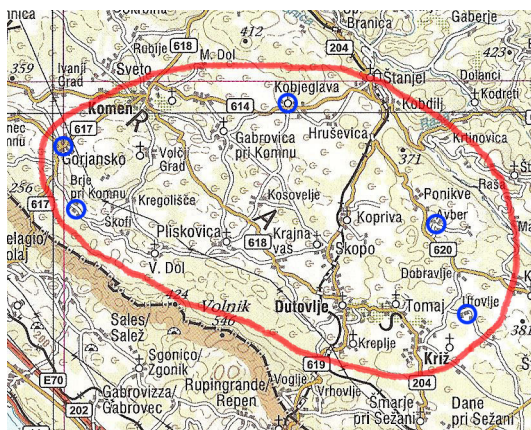
V nadaljevanju opisujemo transformacije, ki smo jih v sklopu naloge izvajali.

5.2.1 4-parametrična podobnostna transformacija s spletnim programom SitraNet

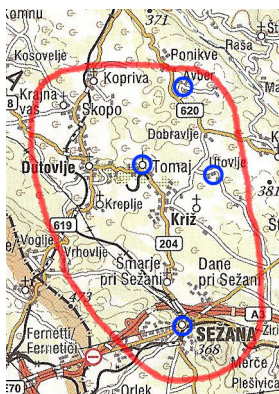
Transformacijo smo izvajali s pomočjo spletnega programa SitraNet za območji centralnega Krasa in Križa. Vsako transformacijo smo začeli s seznamom vseh točk na obravnavanem območju, nato smo seznam začeli krčiti tako, da so v seznamu ostale točke z najmanjšim odstopanjem po transformaciji ter dobro razporeditvijo. Prišli smo do dveh izborov za centralni Kras, enega s šestimi točkami, enega s petimi točkami, ter do enega izbora za območje Križa. Na spodnjih slikah predstavljamo vezne točke s katerimi smo računali transformacijske parametre treh transformacij. Dane standardne deviacije, izračunane iz odstopanj na danih točkah, so bile za transformacijo centralnega Krasa s šestimi točkami 2,8 cm, za transformacijo centralnega Krasa s petimi točkami 1,2 cm ter za transformacijo Križa 2,0 cm.



Slika 22: Vezne točke podobnostne transformacije s šestimi točkami za območje centralnega krasa – SitraNet (Geodetski inštitut Slovenije, 2005)



Slika 23: Vezne točke podobnostne transformacije s petimi točkami za območje centralnega krasa – SitraNet (Geodetski inštitut Slovenije, 2005)



Slika 24: Vezne točke podobnostne transformacije s štirimi točkami za območje Križa - SitraNet (Geodetski inštitut Slovenije, 2005)

V spodnji preglednici predstavljamo najpomembnejše rezultate. Z izmero določene koordinate v koordinatnem sistemu D96/TM smo vzeli za prave vrednosti, ter odstopanja računali kot razliko med koordinato določeno z izmero in koordinato določeno s transformacijo, posebej v smeri dveh koordinatnih osi. Za vsako vrsto transformacije smo nato kot koren vsote kvadratov odstopanj, ki smo jo delili z (n-1), izračunali standardno deviacijo, ki je predstavljena na dnu preglednice. Standardna deviacija na vrhu preglednice pa je izračunana pred transformacijo na danih točkah. Cela poročila transformacij dobimo v prilogah B1, B2 in B3.

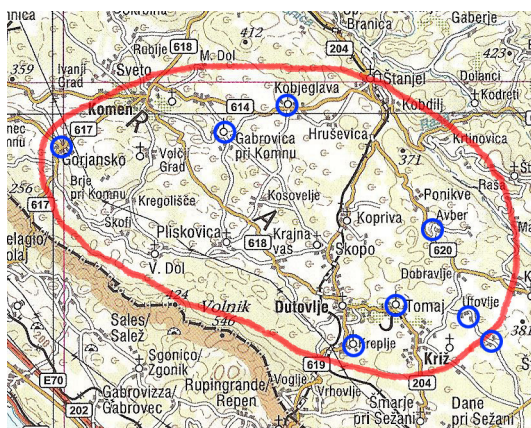
Preglednica 18: 4-parametrična podobnostna transformacija

točka		4-par. pod., CK, 6 tč.		4-par. pod., CK, 5 tč.		4-par. pod., Križ, 4 tč.	
		st.dev.trans.	0,028	st.dev.trans.	0,012	st.dev.trans.	0,020
		odstopanja [m]		odstopanja [m]		odstopanja [m]	
		N	E	N	E	N	E
Kopriva	410046	0,013	0,044	0,006	0,063	0,065	-0,131
Tomaj	310007	-0,065	0,065	-0,081	0,107	-0,038	0,012
Križ	410180	0,040	-0,051	0,019	0,006	0,056	-0,041
Pliskovica	310003	-0,029	-0,033	-0,038	-0,008	izven območja	
Dutovlje	410127	0,080	-0,045	0,064	-0,002	izven območja	
Komen	410006	0,013	0,041	0,019	0,026	izven območja	
Kreplje	410097	-0,220	-0,043	-0,240	0,010	-0,166	-0,150
Utolje	410313	-0,096	0,052	-0,112	0,095	-0,111	0,124
Sežana	410037	izven območja		izven območja		-0,002	-0,066
Avber	310009	-0,162	0,171	-0,169	0,190	-0,163	0,153
Štanjel	410374	0,104	0,026	0,112	0,005	izven območja	
Skopo	410008	-0,033	0,005	-0,042	0,031	izven območja	
		st. dev.	0,089	st. dev.	0,097	st. dev.	0,118

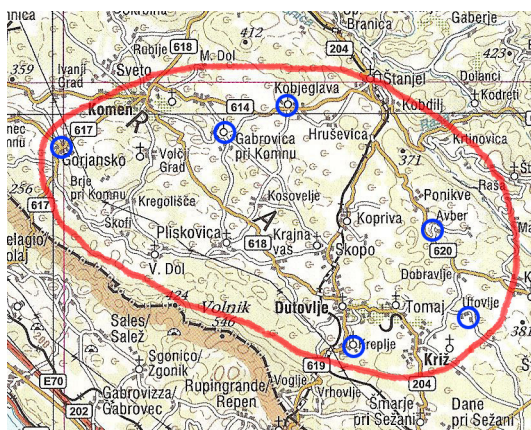
5.2.2 Afina transformacija

Transformacijo smo izvajali s pomočjo programa Geos7 za območje centralnega Krasa. Vsako transformacijo smo začeli s seznamom vseh točk na obravnavanem območju, nato smo seznam krčili tako, da so v seznamu ostale točke z najnižjim odstopanjem po transformaciji ter dobro razporeditvijo. Prišli smo do dveh izborov za centralni Kras, enega z osmimi

točkami, enega s šestimi točkami. Na spodnjih slikah predstavljamo vezne točke s katerimi smo računali transformacijske parametre dveh transformacij. Dane standardne deviacije, izračunane iz odstopanj na danih točkah so bile za transformacijo z osmimi točkami 3,7 cm, za transformacijo s šestimi točkami pa 1,3 cm.



Slika 25: Vezne točke afine transformacije z osmimi točkami za območje centralnega krasa (Geodetski inštitut Slovenije, 2005)



Slika 26: Vezne točke afine transformacije s šestimi točkami za območje centralnega krasa (Geodetski inštitut Slovenije, 2005)

V spodnji preglednici predstavljamo najpomembnejše rezultate. Z izmero določene koordinate v koordinatnem sistemu D96/TM smo vzeli za prave vrednosti ter odstopanja računali kot razliko med koordinato določeno z izmero in koordinato določeno s transformacijo, posebej v smeri koordinatnih osi. Za vsako vrsto transformacije smo nato kot koren vsote kvadratov odstopanj, ki smo jo delili z $(n-1)$, izračunali standardno deviacijo, ki je

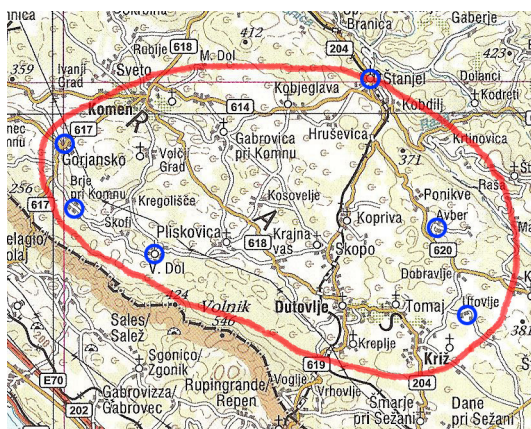
predstavljena na dnu preglednice. Standardna deviacija na vrhu preglednice pa je izračunana pred transformacijo na danih točkah. Cela poročila transformacij dobimo v prilogah B4 in B5.

Preglednica 19: Afina transformacija

točka		Afina, CK, 8 tč.		Afina, CK, 6 tč.	
		st. dev. trans.	0,018	st. dev. trans.	0,015
		odstopanja [m]		odstopanja [m]	
		N	E	N	E
Kopriva	410046	0,017	0,053	0,013	0,059
Tomaj	310007	-0,061	0,079	-0,068	0,095
Križ	410180	0,045	-0,034	0,036	-0,011
Pliskovica	310003	-0,027	-0,042	-0,032	-0,025
Dutovlje	410127	0,084	-0,038	0,077	-0,018
Komen	410006	0,013	0,022	0,014	0,021
Kreplje	410097	-0,216	-0,035	-0,225	-0,010
Utolje	410313	-0,089	0,077	-0,097	0,089
Avber	310009	-0,156	0,193	-0,160	0,193
Štanjel	410374	0,110	0,041	0,111	0,022
Skopo	410008	-0,029	0,009	-0,034	0,021
		st. dev.	0,089	st. dev.	0,091

5.2.3 4-parametrična podobnostna transformacija s programskim okoljem Geos7

Transformacijo smo izvajali s pomočjo programa Geos7 za območji Krasa in centralnega Krasa. Transformacijo za območje centralnega Krasa smo začeli s seznamom vseh točk na obravnavanem območju, nato smo seznam krčili tako, da so v seznamu ostale točke z najnižjim odstopanjem po transformaciji ter dobro razporeditvijo. Prišli smo do enega izbora za centralni Kras s šestimi točkami. Na spodnji sliki predstavljamo vezne točke s katerimi smo računali transformacijske parametre transformacije. Dana standardna deviacija, izračunana iz odstopanj na danih točkah, je bila 2,8 cm. Helmertovo transformacijo sem izvedel tudi z danimi parametri za območje Krasa. Parametre je izdala GURS.



Slika 27: Vezne točke podobnostne transformacije s šestimi točkami za območje centralnega krasa – Geos (Geodetski inštitut Slovenije, 2005)

V spodnji preglednici predstavljamo najpomembnejše rezultate. Z izmero določene koordinate v koordinatnem sistemu D96/TM smo vzeli za prave vrednosti, ter odstopanja računali kot razliko med koordinato določeno z izmero in koordinato določeno s transformacijo, posebej v smeri koordinatnih osi. Za vsako vrsto transformacije smo nato kot koren vsote kvadratov odstopanj, ki smo jo delili z $(n-1)$, izračunali standardno deviacijo, ki je predstavljena na dnu preglednice. Standardna deviacija na vrhu preglednice pa je izračunana pred transformacijo na danih točkah. Cela poročila transformacij dobimo v prilogah B6 in B7.

Preglednica 20: 4-parametrična Helmertova podobnostna transformacija

točka		4-par. pod., CK, 6 tč.		4-par. pod., Kras, dani par.	
		st. dev. trans.	0,028	st. dev. trans.	-
		odstopanja [m]		odstopanja [m]	
		N	E	N	E
Kopriva	410046	0,004	0,044	0,031	0,070
Tomaj	310007	-0,045	0,084	-0,028	0,128
Križ	410180	0,081	-0,018	0,088	0,031
Pliskovica	310003	-0,007	-0,025	0,000	-0,020
Dutovlje	410127	0,111	-0,023	0,118	0,014
Komen	410006	-0,015	0,014	0,010	-0,010
Kreplje	410097	-0,174	-0,013	-0,175	0,026
Utolje	410313	-0,084	0,072	-0,061	0,129

... se nadaljuje

... nadaljevanje

Sežana	410037	izven območja		0,065	-0,029
Avber	310009	-0,185	0,170	-0,149	0,212
Štanjel	410374	0,028	-0,010	0,083	0,005
Skopo	410008	-0,025	0,012	-0,006	0,035
		st. dev.	0,083	st. dev.	0,090

5.3 Primerjava transformacij

Namen diplomske naloge je bil najti najprimernejši način za določevanje koordinat signalov v novem koordinatnem sistemu. Določevanje koordinat signalov z merjenjem je najbolj zanesljiv in natančen način, je pa dolgotrajen in drag, zato smo v tem poglavju skušali določiti kvaliteto rezultatov transformacij, in posledično primernost ali neprimernost takega načina določevanja koordinat. Pripravili smo preglednico s primerjavo standardnih deviacij različnih transformacij pred in po transformaciji. Merjene D96/TM koordinate sem vzela za prave vrednosti ter odstopanja računala kot razliko med merjeno in transformirano koordinato, posebej v smeri severa in smeri vzhoda. Za vsako vrsto transformacije smo nato iz omenjenih odstopanj računali standardno deviacijo iz odstopanj in tako za vsako transformacijo dobili po eno merilo kvalitete.

Preglednica 21: Primerjava transformacij

	st. dev. pred transf. [m]	st. dev. po transf. [m]
4-par. pod., Sitra, Križ, 4 tč.	0,020	0,118
4-par. pod., Sitra, CK, 5 tč.	0,012	0,097
4-par. pod., Geos, Kras, dani par.	-	0,090
4-par. pod., Sitra, CK, 6 tč.	0,028	0,089
Afina, CK, 8 tč.	0,015	0,087
Afina, CK, 10 tč.	0,018	0,087
4-par. pod., Geos, CK, 6 tč.	0,028	0,083
srednja vr.	0,020	0,090

Standardne deviacije pred transformacijo so izračunane iz odstopanj na danih točkah, t.j. iz razlik med koordinatami dobljenimi z izmero in koordinatami dobljenimi iz transformacije (oboje v D96/TM koordinatnem sistemu). Te so pričakovano nizke, ker so transformacijski parametri izračunani na teh točkah; transformacija se zaradi tega najbolje prilega prav njim. Te standardne deviacije so, skupaj z razporeditvijo danih točk, najpomembnejše merilo kvalitete transformacije.

Standardne deviacije pred transformacijo so vse med 1,2 cm in 2,8 cm, s srednjo vrednostjo 2,0 cm. Standardne deviacije po transformaciji pa so vse med 8,3 cm in 11,8 cm, s srednjo vrednostjo 9,0 cm. Standardne deviacije izračunane iz odstopanj po transformaciji, so med seboj zelo podobne in presenetljivo velike. Pričakoval sem, da bodo odstopanja na transformiranih točkah podobne velikosti kot standardna deviacija pred transformacijo. Če je natančnost transformacije, pridobljena iz odstopanj na novih točkah, veliko manjša (v našem primeru od dva do pet krat manjša) od natančnosti, pridobljene iz odstopanj na danih točkah, si predstavljam, da je že natančnost vhodnih podatkov (koordinate signalov v D48/GK koordinatnem sistemu) majhna. Zato sem se odločil testirati, kolikšna je ta natančnost.

5.4 Ocena natančnosti koordinat orientacijskih točk v D48/GK koordinatnem sistemu

Edini kriterij, ki sem ga pri tem imel, je razdalja med centrom in ekscentrom posamezne točke. Zato sem primerjal razliko koordinat med centrom in ekscentrom, ki sem jo dobil v D48/GK (dane koordinate s strani GURS) in D96/TM (naše merjene) koordinatnem sistemu. Kot razliko razlik koordinat v D96/TM in D48/GK koordinatnem sistemu sem dobil odstopanja, iz katerih sem kot koren vsote kvadratov odstopanj, ki sem jo delil z $(n-1)$, izračunal standardno deviacijo.

Preglednica 22: Ocena natančnosti koordinat signalov

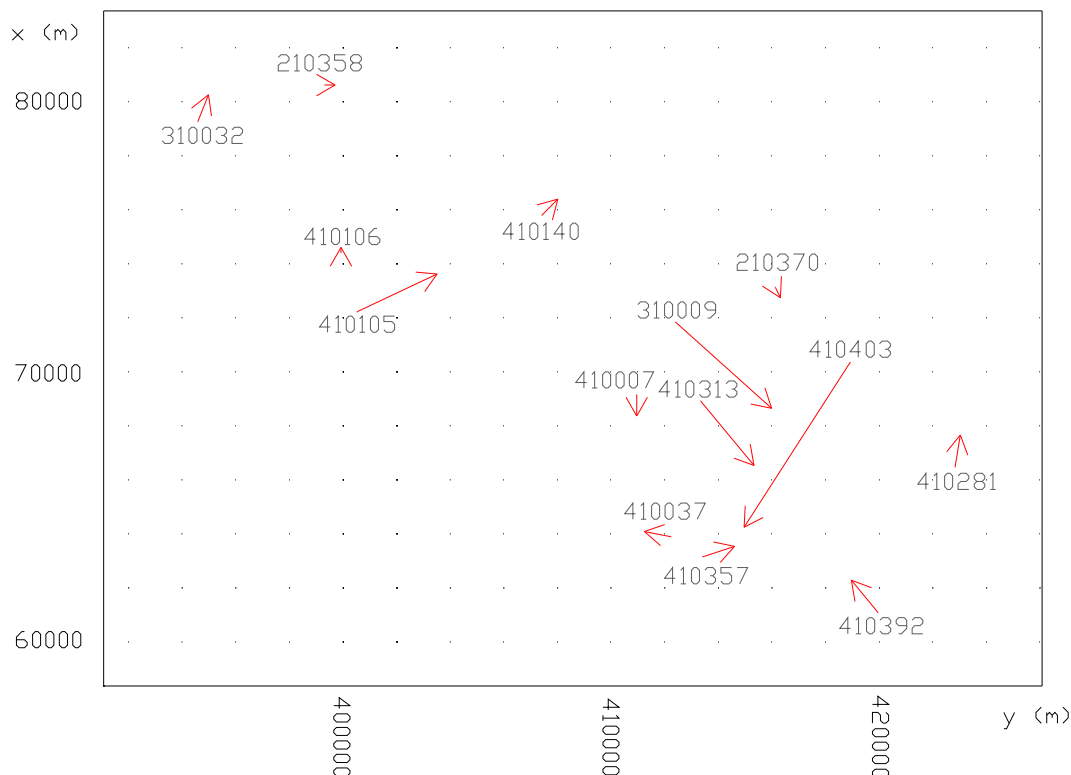
red	točka	k.s.	razlika koordinat [m]		odstopanja [m]	
			dy	dx	dy (TM-GK)	dx (TM-GM)
2	358	GK	-33,14	23,33	0,02	0,00
		TM	-33,12	23,33		
	370	GK	0,11	-1,58	0,01	-0,02
		TM	0,12	-1,60		
3	9	GK	-141,44	95,54	0,18	-0,16
		TM	-141,26	95,38		
	32	GK	20,01	22,96	0,02	0,05
		TM	20,03	23,01		
4	7	GK	-1,67	27,01	0,00	-0,04
		TM	-1,67	26,97		
	37	GK	29,77	341,62	-0,05	0,01
		TM	29,72	341,63		
	105	GK	-2,18	-0,45	0,15	0,07
		TM	-2,03	-0,38		
	106	GK	97,42	-55,52	0,00	0,01
		TM	97,42	-55,51		
	140	GK	-52,75	-12,65	0,03	0,03
		TM	-52,72	-12,62		
	281	GK	71,67	736,80	0,01	0,06
		TM	71,68	736,86		
	313	GK	55,21	-53,04	0,10	-0,12
		TM	55,31	-53,16		
	357	GK	47,79	0,08	0,06	0,02
		TM	47,85	0,10		
392	GK	25,90	-36,75	-0,05	0,06	
	TM	25,85	-36,69			
403	GK	-18,02	13,93	-0,22	-0,34	
	TM	-18,24	13,59			
st. dev. [m]					0,104	

Ta ocena natančnosti sloni na predpostavki, da so naše meritve GNSS absolutno točne. To seveda ne drži. Vem pa, da so bili položaji točk (centri in ekscentri) v novem koordinatnem sistemu določeni s standardnimi deviacijami med 1 in 2 cm, kar je vsaj 5 krat večje

natančnosti od srednje vrednosti standardnih deviacij pridobljenih po transformacijah, zato si upam trditi, da je ocena verodostojna.

Rezultat te primerjave je, da je natančnost določitve koordinat signalov v D48/GK koordinatnem sistemu 10,4 cm. Dobljena natančnost je zelo slaba, je pa bila, po izvedbi transformacij, pričakovana. V prejšnjem poglavju sem izračunal srednjo vrednost standardnih deviacij izračunanih po transformacijah 9,4 cm, kar je zelo podobno. V tem poglavju smo torej potrdili, da so koordinate signalov v starem (D48/GK) koordinatnem sistemu nizke natančnosti, in sicer okrog 10 cm.

Na spodnji sliki grafično prikazujemo računana odstopanja razdalj v novem in starem koordinatnem sistemu. Slika je v približnem merilu 1 : 250 000, vektorji odstopanj pa v približnem merilu 1 : 12. Iz slike vidimo, da med odstopanji ni prostorske odvisnosti.



Slika 28: Vektorji odstopanj razdalj med centrom in ekscentrom

6 ANALIZA REZULTATOV IN ZAKLJUČKI

Kot že omenjeno, je glavni namen diplomske naloge, da najdemo najprimernejši način določitve koordinat ekscentrov geodetskih točk v koordinatnem sistemu D96/TM, ki jih geodeti na terenu uporabljamo za orientacijo inštrumentov. V diplomski nalogi smo preučili dva pristopa k določevanju koordinat signalov: izmero in transformacijo. V poglavju 5 smo podrobneje preučili različne transformacije. Bistvenih razlik med različnimi transformacijami, različnimi območji transformacije in različnimi izbori točk nismo opazili. Razlog je v preslabih vhodnih podatkih, oziroma v nenatančnih starih koordinatah signalov. Tudi z najboljšo transformacijo ne moremo na noben način dobiti izhodnih podatkov večje natančnosti od vhodnih podatkov, kar pomeni, da ne glede na tip transformacije, izbor točk in območje ne moremo s transformacijo izračunati koordinat z natančnostjo boljšo od 10 cm, kolikor je natančnost vhodnih podatkov.

Merjenje ali transformacija?

Iz tega sledi, da koordinate sicer lahko transformiramo, vendar bo pri tem horizontalni položaj signala določen s povprečno natančnostjo 10 cm. Včasih je taka natančnost zadostna, če pa potrebujemo natančnejše koordinate signala, ga moramo določiti z izmero. Iz naslednje preglednice vidimo, kolikšno je odstopanje horizontalne smeri pri naviziranju enega transformiranega signala na določeni razdalji, za srednjo vrednost odstopanja 10 cm in maksimalno vrednost 25 cm. Izračune in več informacij dobimo v poglavju 2.1.6.2.

Preglednica 23: Pogrešek pri viziranju na en transformiran signal

natančnost signala [cm]	razdalja viziranja [m]					
	500	1000	2000	4000	6000	10000
10	46"	26"	15"	10"	8"	7"
25	1'48"	56"	31"	18"	14"	10"

Če je transformiran signal določen z natančnostjo 10 cm, lahko z njim, na razdalji 2 km naredimo pogrešek 15''. Poudariti je treba naslednja dejstva:

- prvič, da to velja za orientacijo s pomočjo enega samega signala. Če se orientiramo na dva ali več signalov, se bo pogrešek viziranja zmanjšal;
- drugič, da pri tem je upoštevan le pogrešek zaradi odstopanja signala, za izračun natančnosti orientiranja inštrumenta je treba upoštevati še druge vplive; več o tem v poglavju 2.1.6.2;
- tretjič, da 10 cm je srednja vrednost natančnosti določitve signalov na območju Krasa, da je bilo največje odstopanje krepko čez 20 cm, ter da ne poznamo situacije v ostalih delih Slovenije.

V spodnji preglednici povzemamo preverjene metode dela in njihove lastnosti.

Preglednica 24: Lastnosti metod določevanja koordinat signalom

določitev koordinat	sr. st. dev. [cm]	prednosti	slabosti
z izmero	2,2	- natančnost	- neekonomičnost - počasnost
s transformacijo	9,4	- hitrost - ekonomičnost	- omejena natančnost

V velikem številu primerov signale viziramo na velikih razdaljah, t.j. preko 3 km, v večini primerov pa na razdaljah preko 1 km. Na razdaljah preko 4 km lahko naviziramo vsak transformiran signal in lahko z njim inštrument orientiramo z zadovoljivo natančnostjo za geodetska dela, kjer potrebujemo običajno centimetrsko natančnost, npr. za dela v zemljiškem katastru in večino del v inženirski geodeziji. Le pri delih, kjer potrebujemo zelo veliko natančnost moramo biti bolj pozorni.

O izbiri transformacije

Vsaka od uporabljenih transformacij je vsaj toliko dobra kot so vhodni podatki. Zaradi slabih vhodnih podatkov zato ni smiselno uporabljati 5 krat natančnejše transformacije, ampak lahko uporabimo katerokoli. Z uporabo manj natančne transformacije ne izgublamo na natančnosti. Kot nalašč za to je Helmertova 4-parametrična podobnostna transformacija, ki jo z danimi parametri v programu Geos7 izvajamo zelo hitro in enostavno. Transformacija je brez

dvomov najmanj natančna od vseh uporabljenih, je pa enostavna, hitra in, v smislu nevarnosti pojavljanja grobih napak, varna. V nekaterih primerih bi z drugimi boljšimi transformacijami dobili boljše rezultate, v večini primerov pa bo za transformacijo signalov Helmertova 4-parametrična z danimi parametri zadovoljivo dobra.

VIRI

Bronstein, I. N., Semendjajew, K. A., Musiol, G. in Mühlig, H. 1997. Matematični priročnik, 2. predelana in dopolnjena izdaja, 1. natis. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 967 str.

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Geodetski inštitut Slovenije. 2006. Navodilo za izvajanje klasične geodetske izmere v novem državnem koordinatnem sistemu (Različica 1.1, 20. 11. 2006). Ljubljana, Geodetska Uprava RS: 14 str.

Državna pregledna karta Republike Slovenije 1:250000 - 2005. Republika Slovenije, Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava Republike Slovenije, Geodetski inštitut Slovenije. 2005.

Geodetski inštitut Slovenije, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Geodetska uprava RS. 2007. Tehnično navodilo za uporabo novega koordinatnega sistema v zemljiškem katastru (Različica 1.0, 20.8.2007). Ljubljana, Geodetska Uprava RS: 56 str.

Igea d.o.o. 2003. Portal Prostor Geodetske uprave RS. Republika Slovenije, Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava Republike Slovenije.
http://prostor.gov.si/emoneta/zk_parcele.jsp?LOGIN=1&SSID=5D2264B1E1C50011E0440003BA82EB4D (12.11.2008).

Kelenc, D. 2008. Določitev transformacijskih parametrov med koordinatnima sistemoma D48 in D96 na območju mesta Ormož. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: 95 str.

Kogoj, D. 2003/2004. Zapiski s predavanj predmeta Geodezija II.

Kogoj, D. 2002. Merjenje dolžin z elektronskimi razdaljemerji. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: 159 str.

Lavbič, D. 2006. Analiza kakovosti VRS metode v omrežju Signal ter kakovosti transformacij med ETRS89 in državnim koordinatnim sistemom na območju Celja. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: 112 str.

Leica Geosystems AG. 2007. Leica TPS1200+ Manuale d'uso. Heerbrugg, Švica, Leica Geosystems AG: 223 str.

Republika Slovenije, Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava Republike Slovenije. Regionalni parametri za transformacijo iz starega koordinatnega sistema D48/GK v novi koordinatni sistem D96/TM – razdelitev Slovenije na 24 transformacijskih območij. http://www.gu.gov.si/si/delovnapodrocja_gu/projekti_gu/nov_drzavni_koordinatni_sistem/ (2.12.2008).

Stopar, B. 2005/2006. Zapiski s predavanj predmeta Višja geodezija III.

Stopar, B. 2004/2005. Zapiski s predavanj predmeta Izravnalni račun II.

Stopar, B. 2004/2005. Zapiski s predavanj predmeta Višja geodezija II.

Stopar, B. 2003/2004. Zapiski s predavanj predmeta Višja geodezija I.

Zakon o evidentiranju nepremičnin. UL RS Ur.l. RS, št. 47/2006: 5029.

PRILOGA A: TESTIRANJE REZULTATOV MERITEV Z UPORABO NAČINA VRS

PRILOGA A1: KOORDINATE VSEH NOVODOLOČENIH TOČK NA LOKACIJI 1

točka				odstop.	od		pr.vr.	st. dev. (3D)
	N	E	h	N	E	h		
101	412444,6684	63097,0969	423,8850	0,0016	-0,0037	0,0033	0,0052	
102	412444,6732	63097,1016	423,8880	-0,0032	-0,0083	0,0003	0,0089	
103	412444,6721	63097,0966	423,8805	-0,0021	-0,0034	0,0079	0,0088	
104	412444,6677	63097,0933	423,8912	0,0023	-0,0001	-0,0028	0,0037	
105	412444,6669	63097,0921	423,8964	0,0031	0,0012	-0,0080	0,0087	
106	412444,6674	63097,0902	423,9022	0,0026	0,0030	-0,0139	0,0144	
107	412444,6699	63097,0907	423,8977	0,0001	0,0025	-0,0094	0,0097	
108	412444,6723	63097,0896	423,8962	-0,0023	0,0037	-0,0078	0,0089	
109	412444,6682	63097,0887	423,9127	0,0018	0,0046	-0,0243	0,0248	
110	412444,6663	63097,0869	423,9110	0,0037	0,0063	-0,0226	0,0238	
111	412444,6669	63097,0879	423,9182	0,0031	0,0053	-0,0299	0,0305	
112	412444,6651	63097,0857	423,9188	0,0049	0,0075	-0,0304	0,0317	
113	412444,6646	63097,0867	423,9088	0,0054	0,0066	-0,0205	0,0222	
114	412444,6689	63097,0940	423,8974	0,0011	-0,0007	-0,0091	0,0092	
115	412444,6666	63097,0931	423,8918	0,0034	0,0001	-0,0034	0,0048	
116	412444,6652	63097,0915	423,8961	0,0048	0,0018	-0,0077	0,0092	
117	412444,6657	63097,0882	423,9002	0,0043	0,0050	-0,0118	0,0136	
118	412444,6662	63097,0893	423,8999	0,0038	0,0039	-0,0116	0,0128	
119	412444,6653	63097,0914	423,8919	0,0047	0,0019	-0,0035	0,0061	
120	412444,6627	63097,0908	423,8987	0,0073	0,0024	-0,0103	0,0129	
121	412444,6605	63097,0892	423,9021	0,0095	0,0040	-0,0138	0,0172	
122	412444,6609	63097,0896	423,8977	0,0091	0,0037	-0,0094	0,0136	
123	412444,6609	63097,0861	423,9090	0,0091	0,0071	-0,0206	0,0236	
124	412444,6620	63097,0885	423,9002	0,0080	0,0047	-0,0119	0,0151	
125	412444,6637	63097,0938	423,9051	0,0063	-0,0005	-0,0167	0,0179	
126	412444,6641	63097,0965	423,9063	0,0059	-0,0033	-0,0179	0,0191	
127	412444,6651	63097,0944	423,9008	0,0049	-0,0012	-0,0125	0,0135	
128	412444,6664	63097,0942	423,8929	0,0036	-0,0009	-0,0046	0,0059	
129	412444,6645	63097,0962	423,9000	0,0055	-0,0030	-0,0116	0,0132	
130	412444,6643	63097,0997	423,9024	0,0057	-0,0065	-0,0140	0,0165	
132	412444,6642	63097,0988	423,8909	0,0058	-0,0056	-0,0025	0,0084	
133	412444,6643	63097,0977	423,8986	0,0057	-0,0044	-0,0103	0,0125	
134	412444,6664	63097,0971	423,8871	0,0036	-0,0038	0,0013	0,0054	
135	412444,6689	63097,0955	423,8763	0,0011	-0,0022	0,0120	0,0123	
136	412444,6680	63097,0961	423,8770	0,0020	-0,0029	0,0114	0,0119	
137	412444,6682	63097,0942	423,8803	0,0018	-0,0009	0,0080	0,0083	
138	412444,6705	63097,1037	423,8902	-0,0005	-0,0104	-0,0019	0,0106	
139	412444,6701	63097,0981	423,8812	-0,0001	-0,0048	0,0072	0,0087	
140	412444,6679	63097,0956	423,8765	0,0021	-0,0023	0,0119	0,0123	
141	412444,6679	63097,0944	423,8758	0,0021	-0,0012	0,0125	0,0128	
142	412444,6649	63097,0972	423,8739	0,0051	-0,0039	0,0145	0,0158	
143	412444,6663	63097,0966	423,8725	0,0037	-0,0033	0,0159	0,0166	
144	412444,6671	63097,0974	423,8861	0,0029	-0,0041	0,0023	0,0055	
145	412444,6680	63097,0977	423,8876	0,0020	-0,0045	0,0008	0,0050	
146	412444,6657	63097,1000	423,8922	0,0043	-0,0068	-0,0039	0,0089	

147	412444,6657	63097,1002	423,8915	0,0043	-0,0069	-0,0031	0,0087
148	412444,6649	63097,1005	423,8920	0,0051	-0,0073	-0,0036	0,0096
149	412444,6660	63097,0992	423,8903	0,0040	-0,0060	-0,0020	0,0075
150	412444,6664	63097,0961	423,8922	0,0036	-0,0028	-0,0038	0,0060
151	412444,6683	63097,0972	423,8884	0,0017	-0,0039	-0,0001	0,0043
152	412444,6684	63097,0992	423,8883	0,0016	-0,0059	0,0000	0,0061
153	412444,6681	63097,1012	423,8804	0,0019	-0,0080	0,0080	0,0114
154	412444,6686	63097,0977	423,8840	0,0014	-0,0045	0,0043	0,0064
155	412444,6691	63097,0930	423,8881	0,0009	0,0003	0,0003	0,0010
156	412444,6720	63097,0975	423,8941	-0,0020	-0,0043	-0,0057	0,0074
157	412444,6724	63097,0959	423,8893	-0,0024	-0,0027	-0,0010	0,0037
158	412444,6730	63097,0973	423,8871	-0,0030	-0,0041	0,0012	0,0052
159	412444,6703	63097,0972	423,8855	-0,0003	-0,0040	0,0029	0,0049
160	412444,6687	63097,0975	423,8840	0,0013	-0,0043	0,0044	0,0063
161	412444,6689	63097,0986	423,8849	0,0011	-0,0053	0,0034	0,0064
201	412444,6751	63097,0953	423,8708	-0,0051	-0,0020	0,0175	0,0184
202	412444,6731	63097,0919	423,8745	-0,0031	0,0013	0,0138	0,0143
203	412444,6758	63097,0997	423,8825	-0,0058	-0,0065	0,0058	0,0104
204	412444,6739	63097,0973	423,8808	-0,0039	-0,0041	0,0076	0,0095
205	412444,6751	63097,0973	423,8745	-0,0051	-0,0041	0,0139	0,0154
206	412444,6744	63097,0954	423,8689	-0,0044	-0,0021	0,0195	0,0201
207	412444,6688	63097,0907	423,8774	0,0012	0,0025	0,0110	0,0113
208	412444,6721	63097,0954	423,8795	-0,0021	-0,0022	0,0089	0,0094
209	412444,6738	63097,0940	423,8759	-0,0038	-0,0007	0,0125	0,0131
210	412444,6757	63097,0955	423,8731	-0,0057	-0,0022	0,0153	0,0165
211	412444,6741	63097,0921	423,8827	-0,0041	0,0011	0,0056	0,0071
212	412444,6753	63097,0939	423,8839	-0,0053	-0,0006	0,0045	0,0070
213	412444,6732	63097,0897	423,8846	-0,0032	0,0035	0,0037	0,0061
214	412444,6740	63097,0910	423,8824	-0,0040	0,0022	0,0060	0,0075
215	412444,6748	63097,0933	423,8814	-0,0048	0,0000	0,0069	0,0084
216	412444,6749	63097,1000	423,8770	-0,0049	-0,0067	0,0113	0,0141
217	412444,6755	63097,0985	423,8956	-0,0055	-0,0053	-0,0073	0,0105
218	412444,6749	63097,0932	423,9003	-0,0049	0,0000	-0,0120	0,0129
219	412444,6746	63097,0972	423,8976	-0,0046	-0,0040	-0,0093	0,0111
220	412444,6751	63097,0921	423,8947	-0,0051	0,0011	-0,0063	0,0081
221	412444,6746	63097,0838	423,8878	-0,0046	0,0094	0,0006	0,0105
222	412444,6757	63097,0801	423,8791	-0,0057	0,0131	0,0093	0,0171
223	412444,6736	63097,0779	423,8817	-0,0036	0,0154	0,0066	0,0171
224	412444,6734	63097,0821	423,8772	-0,0034	0,0111	0,0111	0,0161
225	412444,6719	63097,0846	423,8747	-0,0019	0,0087	0,0137	0,0163
226	412444,6715	63097,0827	423,8746	-0,0015	0,0106	0,0138	0,0174
227	412444,6708	63097,0906	423,8904	-0,0008	0,0027	-0,0020	0,0034
228	412444,6720	63097,0878	423,9070	-0,0020	0,0055	-0,0187	0,0196
229	412444,6719	63097,0882	423,8983	-0,0019	0,0051	-0,0100	0,0113
230	412444,6759	63097,0930	423,8853	-0,0059	0,0002	0,0031	0,0067
231	412444,6761	63097,0925	423,8800	-0,0061	0,0008	0,0084	0,0104
232	412444,6747	63097,0908	423,8774	-0,0047	0,0025	0,0110	0,0122
233	412444,6731	63097,0840	423,8834	-0,0031	0,0093	0,0050	0,0110
234	412444,6715	63097,0833	423,8899	-0,0015	0,0100	-0,0016	0,0102
235	412444,6728	63097,0855	423,8820	-0,0028	0,0078	0,0064	0,0104
236	412444,6721	63097,0863	423,8788	-0,0021	0,0069	0,0095	0,0120
237	412444,6728	63097,0871	423,8724	-0,0028	0,0061	0,0160	0,0173

PRILOGA A2: KOORDINATE VSEH NOVODOLOČENIH TOČK NA LOKACIJI 2

točka				odstop.	od		st. dev. (3D)
	N	E	h	N	E	h	
301	412190,1552	63733,4911	411,9118	-0,0090	-0,0069	-0,0207	0,0236
302	412190,1527	63733,4829	411,8999	-0,0065	0,0013	-0,0088	0,0111
303	412190,1522	63733,4906	411,9045	-0,0060	-0,0064	-0,0134	0,0160
304	412190,1525	63733,4924	411,9077	-0,0063	-0,0081	-0,0166	0,0195
305	412190,1486	63733,4870	411,9052	-0,0024	-0,0027	-0,0141	0,0146
306	412190,1486	63733,4839	411,9080	-0,0025	0,0003	-0,0169	0,0171
307	412190,1490	63733,4775	411,8827	-0,0028	0,0067	0,0084	0,0111
308	412190,1426	63733,4793	411,8740	0,0036	0,0049	0,0171	0,0181
309	412190,1433	63733,4856	411,8879	0,0029	-0,0014	0,0032	0,0045
310	412190,1425	63733,4879	411,8745	0,0037	-0,0037	0,0166	0,0174
311	412190,1426	63733,4867	411,8734	0,0036	-0,0025	0,0177	0,0183
312	412190,1503	63733,4923	411,8779	-0,0041	-0,0081	0,0132	0,0160
313	412190,1538	63733,4911	411,8791	-0,0076	-0,0068	0,0120	0,0157
314	412190,1560	63733,4888	411,8807	-0,0098	-0,0045	0,0104	0,0150
315	412190,1569	63733,4836	411,8902	-0,0107	0,0006	0,0009	0,0108
316	412190,1543	63733,4843	411,8997	-0,0081	-0,0001	-0,0086	0,0118
317	412190,1531	63733,4885	411,8837	-0,0069	-0,0043	0,0074	0,0110
318	412190,1463	63733,4887	411,8846	-0,0001	-0,0045	0,0065	0,0079
319	412190,1451	63733,4903	411,8926	0,0010	-0,0061	-0,0015	0,0063
320	412190,1431	63733,4920	411,8806	0,0031	-0,0077	0,0105	0,0134
321	412190,1447	63733,4873	411,8808	0,0015	-0,0031	0,0103	0,0108
322	412190,1378	63733,4912	411,8915	0,0083	-0,0070	-0,0004	0,0109
323	412190,1343	63733,4853	411,8828	0,0119	-0,0011	0,0083	0,0145
324	412190,1349	63733,4866	411,8872	0,0113	-0,0024	0,0039	0,0122
325	412190,1346	63733,4800	411,9014	0,0116	0,0042	-0,0103	0,0161
326	412190,1339	63733,4811	411,8967	0,0123	0,0032	-0,0056	0,0139
327	412190,1339	63733,4885	411,9011	0,0122	-0,0042	-0,0100	0,0164
328	412190,1367	63733,4864	411,9070	0,0095	-0,0022	-0,0159	0,0187
329	412190,1437	63733,4768	411,8633	0,0024	0,0074	0,0278	0,0288
330	412190,1410	63733,4790	411,8619	0,0052	0,0052	0,0292	0,0301
331	412190,1422	63733,4797	411,8652	0,0039	0,0045	0,0259	0,0266
332	412190,1426	63733,4796	411,8766	0,0035	0,0046	0,0145	0,0156
333	412190,1456	63733,4810	411,8745	0,0006	0,0032	0,0166	0,0169
334	412190,1433	63733,4800	411,8812	0,0029	0,0043	0,0099	0,0111
335	412190,1445	63733,4781	411,8899	0,0017	0,0061	0,0012	0,0064
336	412190,1519	63733,4760	411,8755	-0,0057	0,0082	0,0156	0,0186
337	412190,1498	63733,4811	411,8708	-0,0036	0,0031	0,0203	0,0209
338	412190,1498	63733,4848	411,8895	-0,0036	-0,0006	0,0016	0,0040
339	412190,1494	63733,4859	411,8730	-0,0032	-0,0016	0,0181	0,0185
340	412190,1505	63733,4785	411,8659	-0,0044	0,0058	0,0252	0,0262
341	412190,1514	63733,4789	411,8660	-0,0052	0,0053	0,0251	0,0262
342	412190,1508	63733,4812	411,8675	-0,0047	0,0030	0,0236	0,0242
343	412190,1484	63733,4829	411,8798	-0,0022	0,0013	0,0113	0,0116
344	412190,1437	63733,4790	411,8879	0,0025	0,0052	0,0032	0,0066
345	412190,1467	63733,4755	411,8733	-0,0005	0,0087	0,0178	0,0198
346	412190,1451	63733,4795	411,9058	0,0011	0,0047	-0,0147	0,0155
347	412190,1449	63733,4788	411,9019	0,0013	0,0055	-0,0108	0,0122
401	412190,1402	63733,4843	411,9173	0,0060	-0,0001	-0,0262	0,0269
402	412190,1461	63733,4857	411,9196	0,0000	-0,0015	-0,0285	0,0285
403	412190,1298	63733,4839	411,9107	0,0164	0,0003	-0,0195	0,0255

404	412190,1386	63733,4835	411,9127	0,0076	0,0007	-0,0216	0,0229
405	412190,1419	63733,4804	411,9218	0,0043	0,0038	-0,0307	0,0312

PRILOGA B: TRANSFORMACIJE

PRILOGA B1: POROČILO 4-PARAMETRIČNE PODOBNOSTNE TRANSFORMACIJE ZA OBMOČJE CENTRALNEGA KRASA Z UPORABO 6-IH TOČK (SITRANET)

PROSTORSKA TRANSFORMACIJA

SiTraNet v2.01

Avtorja: Klemen Kozmus Trajkovski & Bojan Stopar, UL FGG

Datum: 25.09.2008

Tip transformacije: 2R 6-parametrična podobnostna
Helmertova transformacija: DA

Datoteka s podatki v začetnem datumu: t_GK_6.KOO

Datoteka s podatki v končnem datumu: t_TM_6.KOO

KOORDINATE TOČK V ZAČETNEM DATUMU - D48/GK

točka	x	y	s_X	s_Y
300009	412913.180	71267.370	1.000	1.000
400007	411338.870	68653.770	1.000	1.000
400105	400888.510	71735.260	1.000	1.000
400106	400207.700	73973.780	1.000	1.000
400313	413656.220	68499.500	1.000	1.000
400140	407845.300	75319.320	1.000	1.000
410046	409735.940	71451.740	1.000	1.000
410008	408741.340	70639.910	1.000	1.000
410104	403368.100	70374.440	1.000	1.000
410374	410670.150	76100.260	1.000	1.000
310007	411337.200	68680.780	1.000	1.000
410006	402850.570	75548.030	1.000	1.000
410097	409911.180	67387.390	1.000	1.000
310003	405748.220	70756.500	1.000	1.000
410180	412057.940	66940.650	1.000	1.000
410127	409578.980	68639.960	1.000	1.000
410313	413711.430	68446.460	1.000	1.000
410037	412624.360	63403.180	1.000	1.000
310009	412771.740	71362.910	1.000	1.000

KOORDINATE TOČK V KONČNEM DATUMU - D96/TM

točka	N	E	s_N	s_E
300009	412540.950	71754.150	1.000	1.000
400007	410966.660	69140.520	1.000	1.000
400105	400515.950	72222.270	1.000	1.000
400106	399835.190	74460.850	1.000	1.000

400313	413283.960	68986.250	1.000	1.000
400140	407472.980	75806.240	1.000	1.000

Vezne točke za izračun transformacijskih parametrov:

300009 400007 400105 400106 400313 400140

TRANSFORMIRANE KOORDINATE TOČK - D96/TM

točka	N	E
300009	412540.962	71754.148
400007	410966.594	69140.544
400105	400515.984	72222.275
400106	399835.170	74460.838
400313	413284.003	68986.227
400140	407472.977	75806.248
410046	409363.641	71938.581
410008	408369.010	71126.760
410104	402995.629	70861.390
410374	410297.905	76587.144
310007	410964.924	69167.554
410006	402478.119	76035.057
410097	409538.859	67874.175
310003	405375.813	71243.409
410180	411685.672	67427.388
410127	409206.659	69126.768
410313	413339.214	68933.186
410037	412252.084	63889.861
310009	412399.519	71849.692

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOČK V KONČNEM DATUMU

300009	412540.950	71754.150 dan
	412540.962	71754.148 transf.
	-0.012	0.002 dan - transf.
400007	410966.660	69140.520 dan
	410966.594	69140.544 transf.
	0.066	-0.024 dan - transf.
400105	400515.950	72222.270 dan
	400515.984	72222.275 transf.
	-0.034	-0.005 dan - transf.
400106	399835.190	74460.850 dan
	399835.170	74460.838 transf.
	0.020	0.012 dan - transf.

400313	413283.960	68986.250	dan
	413284.003	68986.227	transf.
	-0.043	0.023	dan - transf.

400140	407472.980	75806.240	dan
	407472.977	75806.248	transf.
	0.003	-0.008	dan - transf.

TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI

a	1.0000
b	0.0000
c	-383.3635
d	-0.0000
e	1.0000
f	493.8041

Srednji stand. odklon: 0.028 m

Število iteracij: 2

Število veznih točk: 6

Najmanjše in največje vrednosti odstopanj (v cm):

min	-4.3	-2.4
max	6.6	2.3

sr.v. -0.0 0.0
sr.v.(abs) 3.0 1.2

PRILOGA B2: POROČILO 4-PARAMETRIČNE PODOBNOSTNE TRANSFORMACIJE ZA OBMOČJE CENTRALNEGA KRASA Z UPORABO 5-IH TOČK (SITRANET)

PROSTORSKA TRANSFORMACIJA

SiTraNet v2.01

Avtorja: Klemen Kozmus Trajkovski & Bojan Stopar, UL FGG

Datum: 25.09.2008

Tip transformacije: 2R 6-parametrična podobnostna

Helmertova transformacija: DA

Datoteka s podatki v začetnem datumu: t_GK_5.KOO

Datoteka s podatki v končnem datumu: t_TM_5.KOO

KOORDINATE TOČK V ZAČETNEM DATUMU - D48/GK

točka	x	y	s_X	s_Y
300009	412913.180	71267.370	1.000	1.000
400105	400888.510	71735.260	1.000	1.000
400106	400207.700	73973.780	1.000	1.000
400313	413656.220	68499.500	1.000	1.000
400140	407845.300	75319.320	1.000	1.000
410046	409735.940	71451.740	1.000	1.000
410008	408741.340	70639.910	1.000	1.000
410104	403368.100	70374.440	1.000	1.000
410374	410670.150	76100.260	1.000	1.000
310007	411337.200	68680.780	1.000	1.000
410006	402850.570	75548.030	1.000	1.000
410097	409911.180	67387.390	1.000	1.000
310003	405748.220	70756.500	1.000	1.000
410180	412057.940	66940.650	1.000	1.000
410127	409578.980	68639.960	1.000	1.000
410313	413711.430	68446.460	1.000	1.000
410037	412624.360	63403.180	1.000	1.000
310009	412771.740	71362.910	1.000	1.000

KOORDINATE TOČK V KONČNEM DATUMU - D96/TM

točka	N	E	s_N	s_E
300009	412540.950	71754.150	1.000	1.000
400105	400515.950	72222.270	1.000	1.000
400106	399835.190	74460.850	1.000	1.000
400313	413283.960	68986.250	1.000	1.000
400140	407472.980	75806.240	1.000	1.000

Vezne točke za izračun transformacijskih parametrov:
300009 400105 400106 400313 400140

TRANSFORMIRANE KOORDINATE TOČK - D96/TM

točka	N	E
300009	412540.942	71754.155
400105	400515.965	72222.282
400106	399835.171	74460.837
400313	413283.960	68986.243
400140	407472.991	75806.243
410046	409363.622	71938.588
410008	408368.984	71126.769
410104	402995.600	70861.401
410374	410297.926	76587.136
310007	410964.882	69167.570
410006	402478.134	76035.051
410097	409538.806	67874.195
310003	405375.788	71243.418
410180	411685.615	67427.409
410127	409206.616	69126.784
410313	413339.171	68933.202
410037	412251.997	63889.893
310009	412399.500	71849.699

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOČK V KONČNEM DATUMU

300009	412540.950	71754.150 dan
	412540.942	71754.155 transf.
	0.008	-0.005 dan - transf.
400105	400515.950	72222.270 dan
	400515.965	72222.282 transf.
	-0.015	-0.012 dan - transf.
400106	399835.190	74460.850 dan
	399835.171	74460.837 transf.
	0.019	0.013 dan - transf.
400313	413283.960	68986.250 dan
	413283.960	68986.243 transf.
	-0.000	0.007 dan - transf.
400140	407472.980	75806.240 dan
	407472.991	75806.243 transf.
	-0.011	-0.003 dan - transf.

TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI

a 1.0000
b 0.0000
c -384.0967
d -0.0000
e 1.0000
f 494.0733

Srednji stand. odklon: 0.012 m

Število iteracij: 2

Število veznih točk: 5

Najmanjše in največje vrednosti odstopanj (v cm):

min	-1.5	-1.2
max	1.9	1.3

sr.v. 0.0 0.0

sr.v.(abs) 1.1 0.8

PRILOGA B3: POROČILO 4-PARAMETRIČNE PODOBNOSTNE TRANSFORMACIJE ZA OBMOČJE KRIŽA Z UPORABO 4-IH TOČK (SITRANET)

PROSTORSKA TRANSFORMACIJA

SiTraNet v2.01

Avtorja: Klemen Kozmus Trajkovski & Bojan Stopar, UL FGG

Datum: 25.09.2008

Tip transformacije: 2R 6-parametrična podobnostna

Helmertova transformacija: DA

Datoteka s podatki v začetnem datumu: Kriz_2D_GK.KOO

Datoteka s podatki v končnem datumu: Kriz_2D_TM.KOO

KOORDINATE TOČK V ZAČETNEM DATUMU - D48/GK

točka	x	y	s_X	s_Y
300007	411338.870	68653.770	1.000	1.000
300009	412913.180	71267.370	1.000	1.000
400037	412594.590	63061.560	1.000	1.000
400313	413656.220	68499.500	1.000	1.000
310007	411337.200	68680.780	1.000	1.000
310009	412771.740	71362.910	1.000	1.000
410097	409911.180	67387.390	1.000	1.000
410180	412057.940	66940.650	1.000	1.000
410313	413711.430	68446.460	1.000	1.000
430097	409977.250	67268.850	1.000	1.000
430312	413752.720	69736.090	1.000	1.000
410046	409735.940	71451.740	1.000	1.000
410037	412624.360	63403.180	1.000	1.000

KOORDINATE TOČK V KONČNEM DATUMU - D96/TM

točka	N	E	s_N	s_E
300007	410966.660	69140.520	1.000	1.000
300009	412540.946	71754.146	1.000	1.000
400037	412222.205	63548.223	1.000	1.000
400313	413283.958	68986.247	1.000	1.000

Vezne točke za izračun transformacijskih parametrov:

300007 300009 400037 400313

TRANSFORMIRANE KOORDINATE TOČK - D96/TM

točka	N	E
300007	410966.646	69140.517
300009	412540.971	71754.152
400037	412222.217	63548.226
400313	413283.934	68986.242

310007	410964.977	69167.527
310009	412399.537	71849.693
410097	409538.966	67874.121
410180	411685.662	67427.372
410313	413339.142	68933.201
430097	409605.032	67755.579
430312	413380.458	70222.849
410046	409363.816	71938.529
410037	412251.994	63889.851

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOČK V KONČNEM DATUMU

300007	410966.660	69140.520 dan
	410966.646	69140.517 transf.
	0.014	0.003 dan - transf.
300009	412540.946	71754.146 dan
	412540.971	71754.152 transf.
	-0.025	-0.006 dan - transf.
400037	412222.205	63548.223 dan
	412222.217	63548.226 transf.
	-0.012	-0.003 dan - transf.
400313	413283.958	68986.247 dan
	413283.934	68986.242 transf.
	0.024	0.005 dan - transf.

TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI

a	1.0000
b	0.0000
c	-363.2241
d	-0.0000
e	1.0000
f	486.3279

Srednji stand. odklon: 0.020 m

Število iteracij: 3

Število veznih točk: 4

Najmanjše in največje vrednosti odstopanj (v cm):

min	-2.5	-0.6
max	2.4	0.5

sr.v. 0.0 0.0
sr.v.(abs) 1.9 0.4

PRILOGA B4: POROČILO AFINE TRANSFORMACIJE ZA OBMOČJE CENTRALNEGA KRASA Z UPORABO 8-IH TOČK

Afina transformacija: L.

10.12.2008

Točka	Transformacijske točke					
	PRVOTNI SISTEM			NOVI SISTEM		
	Y	X	H	Y	X	H
400106	400207.700	73973.780	0.000	399835.190	74460.851	0.000
400121	405658.130	74387.870	0.000	405285.750	74874.820	0.000
400140	407845.300	75319.320	0.000	407472.984	75806.237	0.000
400097	409977.250	67268.850	0.000	409604.900	67755.620	0.000
300007	411338.870	68653.770	0.000	410966.660	69140.520	0.000
400312	413752.720	69736.090	0.000	413380.447	70222.824	0.000
400313	413656.220	68499.500	0.000	413283.958	68986.247	0.000
300009	412913.180	71267.370	0.000	412540.946	71754.146	0.000

Število transformiranih točk: 11

Parametri transformacije

Srednji pogrešek določitve koordinat $M_0 = 3.65$ cm

Točka	Transformirane točke					
	PRVOTNI SISTEM			NOVI SISTEM		
	Y	X	H	Y	X	H
310003	405748.220	70756.500	0.000	405375.822	71243.407	0.000
310007	411337.200	68680.780	0.000	410964.910	69167.550	0.000
310009	412771.740	71362.910	0.000	412399.497	71849.686	0.000
410006	402850.570	75548.030	0.000	402478.138	76035.057	0.000
410008	408741.340	70639.910	0.000	408369.006	71126.756	0.000
410046	409735.940	71451.740	0.000	409363.632	71938.577	0.000
410097	409911.180	67387.390	0.000	409538.851	67874.171	0.000
410127	409578.980	68639.960	0.000	409206.652	69126.764	0.000
410180	412057.940	66940.650	0.000	411685.655	67427.383	0.000
410313	413711.430	68446.460	0.000	413339.189	68933.179	0.000
410374	410670.150	76100.260	0.000	410297.890	76587.138	0.000

PRILOGA B5: POROČILO AFINE TRANSFORMACIJE ZA OBMOČJE CENTRALNEGA KRASA Z UPORABO 6-IH TOČK

Afina transformacija: L.

10.12.2008

Točka	Transformacijske točke			NOVI SISTEM		
	PRVOTNI SISTEM			Y	X	H
400106	400207.700	73973.780	0.000	399835.190	74460.851	0.000
400121	405658.130	74387.870	0.000	405285.750	74874.820	0.000
400140	407845.300	75319.320	0.000	407472.984	75806.237	0.000
400097	409977.250	67268.850	0.000	409604.900	67755.620	0.000
400313	413656.220	68499.500	0.000	413283.958	68986.247	0.000
300009	412913.180	71267.370	0.000	412540.946	71754.146	0.000

Število transformiranih točk: 11

Parametri transformacije

Srednji pogrešek določitve koordinat $M_o = 1.29$ cm

Točka	Transformirane točke			NOVI SISTEM		
	PRVOTNI SISTEM			Y	X	H
310003	405748.220	70756.500	0.000	405375.805	71243.412	0.000
310007	411337.200	68680.780	0.000	410964.894	69167.557	0.000
310009	412771.740	71362.910	0.000	412399.497	71849.690	0.000
410006	402850.570	75548.030	0.000	402478.139	76035.056	0.000
410008	408741.340	70639.910	0.000	408368.994	71126.761	0.000
410046	409735.940	71451.740	0.000	409363.626	71938.581	0.000
410097	409911.180	67387.390	0.000	409538.826	67874.180	0.000
410127	409578.980	68639.960	0.000	409206.632	69126.771	0.000
410180	412057.940	66940.650	0.000	411685.632	67427.392	0.000
410313	413711.430	68446.460	0.000	413339.177	68933.187	0.000
410374	410670.150	76100.260	0.000	410297.909	76587.137	0.000

PRILOGA B6: POROČILO 4-PARAMETRIČNE PODOBNOSTNE TRANSFORMACIJE ZA OBMOČJE CENTRALNEGA KRASA Z UPORABO 6-IH TOČK (GEOS)

Helmertova(4P) transformacija: T.

04.12.2008

Točka	Transformacijske točke PRVOTNI SISTEM			NOVI SISTEM		
	Y	X	H	Y	X	H
400106	400207.700	73973.780	0.000	399835.190	74460.850	0.000
410374	410670.150	76100.260	0.000	410297.930	76587.250	0.000
300009	412913.180	71267.370	0.000	412540.950	71754.150	0.000
400313	413656.220	68499.500	0.000	413283.960	68986.250	0.000
410104	403368.100	70374.440	0.000	402995.570	70861.420	0.000
400105	400888.510	71735.260	0.000	400515.950	72222.270	0.000

Število transformiranih točk: 11

Parametri transformacije

$$Y_n = T_y + C \cdot Y + D \cdot X \quad X_n = T_x + C \cdot X - D \cdot Y$$

$$C = 1.000026413, D = 1.61651e-050$$

$$\text{Translacija v smeri Y osi: } T_y = -384.298$$

$$\text{Translacija v smeri X osi: } T_x = 491.607$$

$$\text{Zasuk sistema } \varphi = -0.000926168^\circ \text{ (sourno)}$$

$$\text{Sprememba merila} = 1.000026413$$

$$\text{Srednji pogrešek določitve koordinat } M_o = 2.83 \text{ cm}$$

Točka	Transformirane točke PRVOTNI SISTEM			NOVI SISTEM		
	Y	X	H	Y	X	H
310003	405748.220	70756.500	0.000	405375.783	71243.417	0.000
310007	411337.200	68680.780	0.000	410964.877	69167.552	0.000
310009	412771.740	71362.910	0.000	412399.499	71849.729	0.000
410006	402850.570	75548.030	0.000	402478.134	76035.120	0.000
410008	408741.340	70639.910	0.000	408368.980	71126.775	0.000
410046	409735.940	71451.740	0.000	409363.620	71938.611	0.000
410097	409911.180	67387.390	0.000	409538.799	67874.151	0.000
410127	409578.980	68639.960	0.000	409206.610	69126.759	0.000
410180	412057.940	66940.650	0.000	411685.608	67427.364	0.000
410313	413711.430	68446.460	0.000	413339.166	68933.187	0.000
410374	410670.150	76100.260	0.000	410297.930	76587.238	0.000

PRILOGA B7: POROČILO 4-PARAMETRIČNE PODOBNOSTNE TRANSFORMACIJE ZA OBMOČJE KRASA (GEOS)

Helmertova(4P) transformacija: KKK.

04.12.2008

Število transformiranih točk: 11

Parametri transformacije

$$Y_n = T_y + C \cdot Y + D \cdot X \quad X_n = T_x + C \cdot X - D \cdot Y$$

$$C = 1.000021058, D = 1.73124e-050$$

$$\text{Translacija v smeri Y osi: } T_y = -382.190$$

$$\text{Translacija v smeri X osi: } T_x = 492.412$$

$$\text{Zasuk sistema } \varphi = -0.000991908^\circ \text{ (sourno)}$$

$$\text{Sprememba merila} = 1.000021059$$

$$\text{Srednji pogrešek določitve koordinat } M_o = 0 \text{ cm}$$

Transformirane točke

Točka	PRVOTNI SISTEM			NOVI SISTEM		
	Y	X	H	Y	X	H
310003	405748.220	70756.500	0.000	405375.799	71243.378	0.000
310007	411337.200	68680.780	0.000	410964.861	69167.517	0.000
310009	412771.740	71362.910	0.000	412399.478	71849.679	0.000
410006	402850.570	75548.030	0.000	402478.171	76035.059	0.000
410008	408741.340	70639.910	0.000	408368.980	71126.733	0.000
410046	409735.940	71451.740	0.000	409363.615	71938.563	0.000
410097	409911.180	67387.390	0.000	409538.789	67874.125	0.000
410127	409578.980	68639.960	0.000	409206.603	69126.727	0.000
410180	412057.940	66940.650	0.000	411685.586	67427.338	0.000
410313	413711.430	68446.460	0.000	413339.137	68933.151	0.000
410374	410670.150	76100.260	0.000	410297.926	76587.165	0.000