

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:

Damir Kelenc

**Določitev transformacijskih parametrov med
koordinatnima sistemoma D48 in D96 na
obmčju mesta Ormož**

Diplomska naloga št.: 742

Mentor:

izr. prof. dr. Bojan Stopar

Somentor:

asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski

Ljubljana, 28. 2. 2008

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **Damir Kelenc** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom :
**»DOLOČITEV TRANSFORMACIJSKIH PARAMETROV MED KOORDINATNIMA
SISTEMOMA D48 IN D96 NA OBMOČJU MESTA ORMOŽ«.**

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

Ljubljana, _____ 2008.

(podpis avtorja)

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

ZAHVALA

Na prvem mestu bi se rad zahvalil mentorju izr. prof. dr. Bojanu Stoparju za razumevanje, vzpodbudo in pomoč pri diplomskem delu, somentorju asist. mag. Klemnu Kozmusu za izdatno pomoč pri napotkih za izvedbo praktične naloge ter asist. mag. Oskarju Sterletu za vse odgovore na zastavljena vprašanja pri obdelavi podatkov izmere.

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.236(043.2)
Avtor:	Damir Kelenc
Mentor:	izr. prof. dr. Bojan Stopar
Somentor:	asist. mag. Klemen Kozmus
Naslov:	Določitev transformacijskih parametrov med koordinatnima sistemoma D48 in D96 na območju mesta Ormož
Obseg in oprema:	95 str., 8 pregl., 30 sl., 24 en.
Ključne besede:	geodetski datum, koordinatni sistemi, transformacije, transformacijski parametri, statična izmera, RTK izmera

Izvleček:

Z namenom določitve transformacijskih parametrov geodetske mreže mesta Ormož smo v diplomskem delu predstavili osnovne teoretične pojme, povezane s pripravo, izvedbo in obdelavo GPS izmere s transformacijo koordinatnih sistemov, na koncu pa celotno teorijo ilustrirali s praktično nalogo. Predstavili smo ključne termine kot so geodetski datum, koordinatni sistemi ter transformacije koordinatnih sistemov. Predstavili smo spoznanja do katerih smo se dokopali med pripravo in izvedbo izmere na terenu. V nadaljevanju smo se ukvarjali z rešitvijo problema transformacije koordinatnih sistemov, ki v slovenski geodeziji predstavljajo poseben problem. Posebnosti naših problemov transformacij izvirajo iz Gauss - Krügerjevega koordinatnega sistema, ki je na območju Slovenije nehomogen oz. neenakomerne natančnosti. Za izbrano območje velikosti (3,5 x 2,5 km) smo pričakovali, da bo določitev enotnih transformacijskih parametrov zadostovala za doseganje nekaj centimetrskje položajne in višinske natančnosti rezultatov transformacije. Praktični del naloge je tako vključeval statično izmero na točkah lokalne geodetske mreže (mestna mreža Ormož) in RTK izmero na teh, kot tudi točkah poligonske mreže. Interpretacija rezultatov je bila izvedena delno na praktični raziskavi, delno pa na zgodovini vzpostavitve obstoječe poligonske mreže. Odstopanja med danimi in transformiranimi koordinatami točk so bila na točkah višjih redov v okviru pričakovanj. V poligonski mreži pa je prihajalo do veliko večjih razhajanj tudi do nekaj decimetrov, ki so bila sistematično porazdeljena po celotni mreži. Opazili smo zanimiv pojav formiranja gruč oz. grup točk, ki imajo podobna odstopanja. Opravili smo še analize natančnosti izmere in rezultatov transformacije.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 528.236(043.2)

Author: Damir Kelenc

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Bojan Stopar
Assist. Msc. Klemen Kozmus

Title: Assessment of transformation parameters between D48 and D96 coordinate systems at the Ormož city area

Notes: 95 p., 8 tab., 30 fig., 24 eq.

Key words: geodetic datum, coordinate system, transformations, transformation parameters, static survey, RTK survey

Abstract:

First, with purpose of definition transformation parameters of geodetic network of the city Ormož, we have interpreted the basic theoretical concepts of transformation of coordinate systems, preparation, realization and processing of GPS survey. We have represented basic terms like geodetic datum, coordinate systems and transformation of coordinate systems. We have presented cognitions which were discovered during the preparation and realization of the survey on the fieldwork. We have defined the problem of transformation of coordinate systems, which is difficult practical problem in Slovene surveying. The roots of this problem originate from Gauss - Krüger coordinate system, which is not homogeneous in Slovenia. For the chosen area (3,5 x 2,5 km), we have concluded that the definition of one set of transformation parameters will be enough for achieving few centimetre positional and height accuracy of transformed coordinates. In fact, we have realized static survey on reference points of the geodetic network of Ormož city and RTK survey on reference and detail points. The interpretation of results is realized partly on the practical research and partly on historic facts of establishment of geodetic network. The residuals between given and transformed coordinate points on the points of higher order were according to expectations. But there, in detail points, came to much bigger residuals of size order up to few decimetres. Besides we have noticed an interesting appearance of forming points into groups, which have similar residuals. Also, we have done the analysis of accuracy of coordinates, which we have determined, and results of transformation.

KAZALO VSEBINE

	str.
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	I
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION	III
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	IX
KAZALO SLIK	XI
KAZALO PRILOG	XIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XV
1 UVOD	1
2 KOORDINATNI SISTEMI	3
2.1 Koordinatni sistem in koordinatni sestav	3
2.2 Zakaj potrebujemo koordinatni sistem ?	5
2.3 Vrste koordinatnih sistemov za geodetske namene	6
2.3.1 Terestrični koordinatni sistemi	7
2.3.2 Naravni koordinatni sistem	8
2.3.4 ETRS89 koordinatni sistem	9
2.3.5 Koordinatni sistemi klasične geodezije	10
2.3.5.1 Astrogeodetski datum (horizontalni geodetski datum)	10
2.3.5.2 Višinski geodetski datum	12
2.3.6 Višinski koordinatni sistemi	13
2.3.6.1 Ortometrične višine	14
2.3.6.2 Elipsoidne višine	15
2.4 Koordinatni sistem D48/GK	16
2.4.1 Osnovni podatki o D48/GK	17
2.4.2 Osnovni podatki o višinskem koordinatnem sistemu	18

2.5	Nov državni koordinatni sistem	20
2.5.1	Zakaj nov koordinatni sistem?	21
2.5.2	Osnovni podatki o koordinatnem sistemu ETRS89/TM oz D96/TM:	23
2.5.3	Nov višinski koordinatni sistem	24
2.6	Geodetski datum.....	26
2.6.1	Splošno o geodetskem datumu	26
2.6.2	Strokovna definicija geodetskega datuma	27
2.6.3	Določitev geodetskega datuma geodetske mreže	28
2.6.3.1	Definiranje geodetskega datuma z minimalnim številom zunanjih opazovanj	30
2.6.3.2	Definiranje geodetskega datuma z notranjimi opazovanji (prosta mreža)	33
3	TRANSFORMACIJA KOORDINATNIH SISTEMOV	35
3.1	Splošno o pretvorbah in transformacijah.....	35
3.2	Tipi transformacij	36
3.2.1	Afina transformacija	36
3.2.2	Projektivna transformacija	38
3.2.3	Polinomska transformacija	38
3.2.4	Podobnostna transformacija	38
3.2.4.1	Osnovni pojmi.....	39
3.2.4.2	2D podobnostna transformacija.....	42
3.2.4.3	3D podobnostna transformacija.....	43
3.3	Izračun višin	46
3.4	Določitev lastnih transformacijskih parametrov in izravnavna transformacije .	47
3.4.1	Izračun lastnih transformacijskih parametrov in ocena kakovosti določitve transformacijskih parametrov	49
3.4.2	Izravnavna 7-parametrične transformacije.....	53
4	IZVEDBA GNSS IZMERE ZA DOLOČITEV TRANSFORMACIJSKIH PARAMETROV	55

4.1	Uporabljene metode GNSS izmere	55
4.1.1	Statična GPS izmera	55
4.1.3	RTK GNSS izmera	56
4.2	Izbira območja geodetske izmere.....	57
4.3	Določitev koordinat novih točk v ETRS89 koordinatnem sistemu s statično GNSS izmero.....	59
4.3.	Izvedba statične izmere na terenu.....	61
4.3.2	Obdelava in izravnava podatkov statične GPS izmere	64
4.3.2.1	Obdelava in določitev baznih vektorjev.....	65
4.3.2.2	Izravnava GPS mreže ter analiza proste in vklopljene GPS mreže.....	70
4.4	Določitev koordinat novih točk v ETRS89 koordinatnem sistemu z RTK GNSS izmero.....	77
4.5	Določitev transformacijskih parametrov.....	79
4.5.1	Možne rešitve postopka določitve transformacijskih parametrov	85
5	ZAKLJUČEK	89
	VIRI.....	91
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

<i>Preglednica 1: Datumski parametri pri različnih dimenzijah geodetskih mrež (Marjetič et al. 2007)</i>	<i>29</i>
<i>Preglednica 2: Višina antene na posamezni geodetski točki v času izmere.....</i>	<i>62</i>
<i>Preglednica 3: Koordinate danih točk v ETRS89 koordinatnem sistemu.....</i>	<i>66</i>
<i>Preglednica 4: Rezultati baznih vektorjev pridobljenih s pomočjo RINEX formata.....</i>	<i>68</i>
<i>Preglednica 5: Izravnane geodetske koordinate vklopljene mreže statične izmere (RINEX)..</i>	<i>72</i>
<i>Preglednica 6: Elipse pogreškov ob 95% stopnji zaupanja.....</i>	<i>72</i>
<i>Preglednica 7: Geodetske koordinate novih točk RTK izmere določene z izravnavo</i>	<i>78</i>
<i>Preglednica 8: Transformacijski parametri.....</i>	<i>81</i>

KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Naravni koordinatni sistem (Stopar et al., 2003)</i>	<i>8</i>
<i>Slika 2: Višine točk v različnih višinskih sistemih (Koler, 2000)</i>	<i>14</i>
<i>Slika 3: Elipsoidna višina (h) točke na površju (Hofmann-Wellenhof et al., 1994).....</i>	<i>15</i>
<i>Slika 4: Različne nivojske ploskve (Koler, 2000)</i>	<i>15</i>
<i>Slika 5: Širina meridianske cone ter prikaz pravokotnega Gauss-Krügerjevega koordinatnega sistema.....</i>	<i>18</i>
<i>Slika 6: Prikaz ETRS89 koordinatnega sistema</i>	<i>21</i>
<i>Slika 7: Grafična ponazoritev zahtev za definicijo 7 datumskih parametrov</i>	<i>32</i>
<i>Slika 8: Pravilna izbira veznih točk na posameznem območju izmere</i>	<i>36</i>
<i>Slika 9: Šestparametrična afina transformacija v 2D razsežnem prostoru</i>	<i>37</i>
<i>Slika 10: Rotacija ciljnega 2D koordinatnega sistema glede na izhodiščni koordinatni sistem (Kuhar, 2007).....</i>	<i>39</i>
<i>Slika 11: Refleksija levo sučnega koordinatnega sistema v desno sučni koordinatni sistem (Kuhar, 2007).....</i>	<i>41</i>
<i>Slika 12: 4-parametrična transformacija (Hofmann-Wellenhof et al., 1994).....</i>	<i>42</i>
<i>Slika 13: Burša – Wolf model 7-parametrične transformacije (Andrei, 2006).....</i>	<i>43</i>
<i>Slika 14: Prikaz problema prileganja elipsoida geoidu na izbranem območju</i>	<i>47</i>
<i>Slika 15: Ena izmed možnosti določitve transformacijskih parametrov (GURS, 2007).....</i>	<i>52</i>
<i>Slika 16: Omrežje permanentnih postaj SIGNAL (Geodetska uprava RS, Služba za GPS)</i>	<i>59</i>
<i>Slika 17: Skica statične izmere</i>	<i>61</i>
<i>Slika 18: Prikaz različno merjenih višin antene (Sterle, 2007).....</i>	<i>62</i>
<i>Slika 19: Lokacija trigonometra 30205</i>	<i>63</i>
<i>Slika 20: Prikaz pravilne postavitve instrumenta</i>	<i>63</i>
<i>Slika 21: Mreža izravnanih baznih vektorjev brez VRS s pripadajočimi relativnimi elipsami ... pogreškov.....</i>	<i>65</i>
<i>Slika 22: Mreža izravnanih točk določenih brez VRS s pripadajočimi absolutnimi elipsami pogreškov.....</i>	<i>73</i>
<i>Slika 23: Odstopanje položaja koncepta VRS-SIGNAL (rdeči vektorji) ter VRS-TTC (črni vektorji) glede na koordinate točk določene s statično metodo izmere (RINEX format).....</i>	<i>75</i>

<i>Slika 24: Odstopanja v določitvi višine med statično metodo in višino določeno s pomočjo koncepta VRS (SIGNAL) in VRS (TTC).....</i>	<i>76</i>
<i>Slika 25: Prikaz označitve in postavitve instrumenta na trigonometru 40231_Z2.....</i>	<i>77</i>
<i>Slika 26: Položajna odstopanja koordinat točk določenih s statično izmero in rtk izmero</i>	<i>78</i>
<i>Slika 27: Primerjava danih in transformiranih koordinat veznih točk v končnem datumu (Gauss-Krügerjev koordinatni sistem).....</i>	<i>80</i>
<i>Slika 28: Mreža točk geodetske izmere</i>	<i>83</i>
<i>Slika 29: Prikaz položajnih odstopanj koordinat med danimi in transformiranimi koordinatami v ciljnem oz. Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu.....</i>	<i>84</i>
<i>Slika 30: Prikaz višinskih odstopanj koordinat med danimi in transformiranimi koordinatami v ciljnem oz. Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu.....</i>	<i>85</i>

KAZALO PRILOG

- Priloga A1: Rezultati obdelave baznih vektorjev, pridobljenih s pomočjo VRS (SIGNAL)*
- Priloga A2: Rezultati obdelave baznih vektorjev, pridobljenih s pomočjo VRS (TTC)*
- Priloga B1: Rezultati statističnih testov (RINEX)*
- Priloga B2: Rezultati statističnih testov (VRS_SIGNAL)*
- Priloga B3: Rezultati statističnih testov (VRS_TTC)*
- Priloga C1: Rezultati izravnave vklopljene mreže s pomočjo RINEX formata*
- Priloga C2: Rezultati izravnave vklopljene mreže s pomočjo VRS (SIGNAL)*
- Priloga C3: Rezultati izravnave vklopljene mreže s pomočjo VRS (TTC)*
- Priloga D1: Točke določene z RTK metodo*
- Priloga E1: Komponente baznih vektorjev med VRS in točko izmere ter pripadajoča natančnost določitve baznih vektorjev*
- Priloga F1: Rezultati prostorske 7-parametrične transformacije*

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

APKIM - Actual Plate Kinematic Models

APOS - Austrian Positioning Service

ARP - Antenna Reference Point

Beidu - kitajski satelitski sistem

BIH - Bureau International de l'Heure

CIO - Conventional International Origin

CIS - Conventional Inertial System

CTP - Conventional Terrestrial Pole

CTS - Conventional Terrestrial System

D48 - Kratica imena bivšega slovenskega državnega geodetskega datuma, ki se po letu izračuna državne horizontalne geodetske mreže imenuje Datum 1948.

D48/GK - Pravokotni ravninski koordinatni sistem

D96/TM - Pravokotni ravninski koordinatni sistem

EPN - European Permanent Network

ESRS - European Spatial Reference System

ETRS89 - European Terrestrial Reference System 1989

ETRS89/TM - Pravokotni ravninski koordinatni sistem

EU - The European Union

EUREF - European Reference Frame

EVD - European Vertical Datum

EVRS - European Vertical Reference System

FK5 - Fundametal Katalog 5

GIS - Geographic Information System

GK koordinatni sistem - Gauss - Krügerjev koordinatni sistem

GLONASS - ruski satelitski sistem

GNSS - Global Navigation Satellite System

GPRS - Kratica za prenos podatkov v brezžičnih omrežjih (iz angl. General Packet Radio Service); ena izmed možnosti za dostop do podatkov – paketni dostop.

GPS - Global Positioning System

GRS80 - Global Reference System 1980

IAG - International Association of Geodesy

IAU - International Astronomical Union

ICS - International Classification for Standards

ICRF - International Celestial Reference Frame

ICRS - International Celestial Reference System

IERS - International Earth Rotation Service

IGS - The International GNSS Service ; IGS Final – natančne oz. precizne efemeride

INSPIRE - Infrastructure for Spatial Information in Europe

ITRS - International Terrestrial Reference System

IZS - Inženirska Zbornica Slovenije

L1 - GPS primary frequency (1575.42 MHz)

L2 - GPS secondary frequency (1227.6 MHz)

LLR - Lunar Laser Ranging

NAP - Normaal Amsterdams Peil

NATO - North Atlantic Treaty Organization

NUVEL - Geophysical Plate Kinematic Model

PDOP - Position Dilution of Precision

RINEX - Receiver Independent Exchange Format

RMS - Root Mean Square

RTK - Real Time Kinematic

SIGNAL - SlovenIja-Geodezija-NAvigacija-Lokacija

SLR - Satellite Laser Ranging

TM -Transverzalna Mercatorjeva projekcija

UELN - United European Levelling Network

VLBI - Very Long Baseline Interferometry

VRS - Virtual Reference Station

ZEN - Zakon o evidentiranju nepremičnin

WGS-84 - World Geodetic System 1984

1 UVOD

Živimo v času integracije oz. globalizacije, ko posamezne kulture, narodi in mentaliteta ljudi, v smislu gospodarstva in napredka, izgublajo na svojem pomenu. Kljub temu si današnja družba močno prizadeva za konstruktivne rešitve v vseh pogledih. Hrepeni po dobrinah in se bori za boljši jutri.

Skozi celotno obdobje zemljiškega katastra smo ljudje priča med-sosedskim sporom, ki so posledica nenatančno in nedokončno določenih mej. Torej geodetska stroka kot tudi praksa velikokrat predstavljata jabolko spora med ljudmi. Zato mora slovenska geodezija slediti svetovnim trendom, predvsem s kakovostno uporabo sodobnih teorij in tehnologij.

Načini in metode določitve koordinat točk se z razvojem GNSS (ang.: Global Navigation Satellite System) tehnologije in geoinformacijskih znanosti zelo razlikujejo od klasične določitve koordinat točk. Z izpopolnjevanjem merskega instrumentarija ter avtomatizacijo postopkov izmere, še bolj pa metod obdelave podatkov (uvedba računalnikov), smo prešli od trivialnih do zelo kompleksnih rešitev izmere in obdelave podatkov.

Skozi zgodovino razvoja geodetske znanosti smo prehodili že mnogo korakov, preskočili ali pa se kar izognili mnogim oviram, vendar pa še vedno ostaja primarna naloga geodezije korektna in kakovostna določitev položajev točk. Koordinat točk pa ne moremo določiti brez ustreznega koordinatnega sistema ter pripadajočega geodetskega datuma

V preteklosti je počasna in slaba komunikacija med znanstveniki predstavljala zavoro napredku. Počasen napredek geo-znanosti je posledica razdelitve sveta na dva politična bloka po drugi svetovni vojni. V tem času so koordinatne sisteme vzdrževale vojaške geodetske službe, zato so koordinatni sistemi predstavljali vojaško tajnost. Posledice so bile neažurnost prostorskih podatkov in slaba dostopnost do le-teh za potrebe javnosti. Rezultat tajnosti prostorskih podatkov je množica koordinatnih sistemov in geodetskih datumov v svetu, ki imajo različne referenčne osnove, dimenzije in spekter uporabnosti. Današnji dan pa se skušamo držati dogovorjenih standardov, ki nam olajšujejo delo ter prihranijo ogromne količine denarja.

Posledica neažurnosti in nedostopnosti do pravih prostorskih podatkov v preteklosti, nas privede do posebnega problema slovenske geodezije, transformacije, ki bi se je lahko izognili z novo izmero. Srž problema transformacije se skriva v različni in (večinoma) neprimerljivi natančnosti koordinat v koordinatnih sistemih, ki jih transformiramo. Zato je pri postopku transformacije potrebna velika mera previdnosti in doslednosti pri določitvi in uporabi transformacijskih parametrov.

Zaradi navedenih dejstev smo skušali opredeliti pojem transformacije in določitev transformacijskih parametrov. Na osnovi izmere, obdelave, raziskave, analize, interpretacije podatkov in kasnejših rezultatov na izbranem območju, smo tudi ilustrirali temeljne postopke določitve transformacijskih parametrov.

V uvodnem delu smo predstavili tipe koordinatnih sistemov in geodetskih datumov ter postopkov GNSS (oz. GPS - ang.: Global Positioning System) izmere. Predstavili smo attribute koordinatnega sistema D48 ter koordinatnega sistema D96.

V nadaljevanju smo se posvetili določitvi transformacijskih parametrov med koordinatnima sistemoma D48 in D96, kar je obširna in zahtevna naloga. Na podlagi izkušenj in prakse v stroki smo se odločili za podobnostno 7-parametrično transformacijo.

V praktičnem delu naloge smo imeli opravka z izmero in obdelavo podatkov statične GNSS izmere. V sklopu naloge smo se usmerili še v določitev transformacijskih parametrov, za katere smo preizkusili oz. testirali nekaj hipotez glede podatkov podanih v D48 koordinatnem sistemu.

V nalogi smo se skoncentrirali na kritično vrednotenje vseh vrst rezultatov (tudi vmesnih), v ospredje naloge pa je bila postavljena praktična izkušnja dela na terenu.

Naša želja je bila določitev pravih in uporabnih transformacijskih parametrov. Cilj je bil določitev transformacijskih parametrov za doseganje nekaj centimetske položajne in višinske natančnosti rezultatov transformacije oz. doseganje dopustnih odstopanj med danimi in transformiranimi koordinatami točk.

2 KOORDINATNI SISTEMI

Skozi celotno zgodovino si človek želi podjarmiti ostale vrste in prostor ter hoče ostati v nadrejenem položaju. Njegov um je vedno sanjal o nepredstavljenem in nedosegljivem, kar pa skozi tisočletja človeške zgodovine postaja, zaradi umskih, organizacijskih sposobnosti in raziskovalne narave le-tega, vedno bolj dosegljivo in bližje absolutni resnici.

Med temi velikimi apetiti posameznih narodov je tako tudi razpolaganje s prostorskimi podatki, kar človeku omogoča prednost v veliko pogledih. Za doseg tega stanja pa je potrebno ogromno znanja in vloženega truda.

Z razvojem tehnologij, metod, postopkov in teorij ter množico izvedenih poizkusov je človeška rasa prišla do blaginje. Na dosegu roke imamo vesolje, kar je posledica odkritja velikega števila fizikalnih načel. Vendar pa človek ne bi stopil na Luno, če ne bi vedel, kje se sploh nahaja. Zato jo je moral umestiti v prostor, kar je dosegel s pomočjo definiranja in materializacije različnih koordinatnih sestavov in sistemov.

Dejstvo pa je, da živimo v tridimenzionalnem Evklidskem prostoru.

2.1 Koordinatni sistem in koordinatni sestav

Koordinatni sistem definira množica pravil, ki podajo način dodeljevanja koordinat posameznim točkam. Koordinatne sisteme v geodeziji uporabljamo kot primerno sredstvo za opis splošnih fizikalnih zakonov in podajanje zveze z geodetskimi meritvami. Za optimalno delo izbiramo koordinatne sisteme, ki v čim večji meri poenostavijo predstavitev rezultatov meritev oz. različnih izračunov (Stopar et al., 2003).

Koordinate so sredstvo, s katerimi določamo položaj v koordinatnem sistemu. Koordinata je eno izmed n -števil, s katerimi je podan položaj točke v n -razsežnem prostoru. Položaj obravnavamo kot absolutno količino, koordinate, ki podajajo položaj, pa kot relativne

količine, ki so odvisne od koordinatnega sistema. Položaj v geometrijskem smislu določamo v eno-, dvo- in tri- razsežnem koordinatnem sistemu. Če pa nas zanima še sprememba položaja v času, uporabimo še četrto koordinato, ki jo predstavlja čas v štiri-razsežnem koordinatnem sistemu (Stopar et al., 2003).

Vzpostavitev koordinatnega sistema je sestavljena iz dveh korakov (Stopar et al., 2003):

- teoretična definicija koordinatnega sistema in
- povezava teoretično definirane koordinatnega sistema s fizičnim objektom.

Najprej se pri vzpostavitvi koordinatnega sistema dogovorimo o razsežnosti koordinatnega sistema, tipu koordinat (linijske, kotne, kotno-linijske ...), položaju izhodišča koordinatnega sistema (topocentričen, geocentričen ...), orientaciji koordinatnih osi in merilu (enoti) posameznih koordinat. Nato pa sledi drugi, in v primeru vzpostavitve koordinatnega sistema Zemlje, tudi veliko težji korak, ki predstavlja povezavo teoretično definirane koordinatnega sistema s telesom Zemlje. To povezavo izvedemo preko trajno stabiliziranih geodetskih točk na zemeljskem površju, ki predstavljajo praktično realizacijo koordinatnega sistema (Stopar et al., 2003).

Dosledno moramo ločiti dva izjemno pomembna geodetska termina, referenčni sestav (ang.: reference frame) in referenčni sistem (ang.: reference system), ki sta medsebojno povezana. Referenčni sestav omogoča materializacijo referenčnega sistema, saj šele materializiran referenčni sistem lahko uporabimo za opis položajev ter njihovih sprememb glede na Zemljo (terestrični sestavi) ali nebesna telesa, vključno z Zemljo v vesolju (nebesni sestavi). V klasični geodetski terminologiji predstavlja koordinatni sestav fizično stabilizirane geodetske točke na zemeljski površini s koordinatami, določenimi v izbranem koordinatnem sistemu (Stopar et al., 2003).

Zaradi globalnega (glede na celotno Zemljo) in lokalnega (v okolici fizično stabilizirane geodetske točke) geodinamičnega dogajanja pa se položaji točk na Zemlji stalno spreminjajo. Ustrezno obravnavanje koordinatnega sestava mora zato vključevati tudi obravnavanje sprememb položajev točk, ki koordinatni sistem praktično realizirajo. Za opis globalnega

geodinamičnega dogajanja imamo na razpolago globalne geodinamične modele (NUVEL - slo. prevod: model kinematike litosferskih plošč , APKIM - ang.: Actual Plate Kinematic Models), lokalno geodinamično dogajanje pa moramo ugotoviti z lokalnim spremljanjem sprememb položajev geodetskih točk.

Pogoj za pridobitev optimalnih rezultatov izmere je poznavanje koordinatnih sistemov, na katere se izmera nanaša (Stopar et al., 2003).

2.2 Zakaj potrebujemo koordinatni sistem ?

Koordinatne sisteme je v preteklosti potrebovalo le malo strok in dejavnosti, vendar se je z velikim tehnološkim napredkom v zadnjih desetletjih krog laičnih kot tudi strokovnih uporabnikov drastično povečal. Temu je botrovala velika, široka in cenovno dostopna ponudba tehnologij za enostavno in hitro določanje položaja. Pojav tehnologij (GNSS in GPS) in s tem programske opreme, ki omogoča geolociranje informacij ter manipulacijo s prostorskimi podatki.

Kakovost koordinatnega sistema mora biti boljša od tehnologij za določanje položaja, saj položajno opredeljuje ves (fizični) prostor.

Koordinatne sisteme je zaradi ekonomskih, strateških, političnih, znanstvenih povezav potrebno modificirati, spreminjati, prevzeti. V času globalizacije vse večje skupnosti (monetarne unije, federacije ...) stremijo h globalnemu, geocentričnemu, trirazsežnemu, enotnemu (standardiziranemu) in čim širše uporabnemu koordinatnemu sistemu.

2.3 Vrste koordinatnih sistemov za geodetske namene

V geodeziji in astronomiji sta uporabna dva tipa koordinatnih sistemov. Prvi tip koordinatnih sistemov je na »dogovorjeni« način pritrjen na oddaljene izvore radijskih valovanj – kvazarje. Imenuje se »Dogovorjeni inercialni sistem« - CIS (ang.: Conventional Inertial System) ter služi kot osnova za obravnavo gibanja drugega sistema »Dogovorjenega terestričnega sistema« – CTS (ang.: Conventional Terrestrial System). CTS se premika skupaj z Zemljo in je na »dogovorjeni« način pritrjen na določeno število observatorijev na zemeljski površini. Smer vektorja težnosti g (slika 1) v CT koordinatnem sistemu je podana z astronomsko širino Φ in astronomsko dolžino λ . CT sistem ima izhodišče v težišču Zemlje, pozitivna smer Z -osi sovpada s srednjim položajem rotacijske osi Zemlje CIO (ang.: Conventional International Origin), pozitivna smer X -osi je dana s presečiščem srednje ekvatorske ravnine in srednjega meridiana Greenwicha in Y -osjo, ki je pravokotna na XZ -ravnino, s pozitivno smerjo izbrano tako, da je koordinatni sistem desnosučen. Ta koordinatni sistem je najpomembnejši koordinatni sistem v geodeziji (Stopar et al., 2001).

Omenjena osnovna sistema definira in vzdržuje služba IERS (ang.: International Earth Rotation Service) z imenoma (Stopar et al., 2001):

- mednarodni nebesni referenčni sistem ICRS (ang.: International Celestial Reference System);
- mednarodni terestrični (zemeljski) referenčni sistem ITRS (ang.: International Terrestrial Reference System).

ICRS je s 1. januarjem 1998 postal uradni nebesni referenčni sistem IAU (ang.: International Astronomical Union), sprejeto na 23. generalni skupščini IAU avgusta 1997. ICRS je nadomestil t. i. FK5 (nem.: Fundamental Katalog 5). Izhodišče ICRS je v težišču Sončnega sistema, osi koordinatnega sistema so »pritrjene« glede na oddaljene kvazarje z natančnostjo tisočinke kotne sekunde. ICRS je materializiran s položaji 608 kvazarjev, ocenjenimi na osnovi opazovanj med leti 1979 in 1995 in ga imenujemo Mednarodni nebesni referenčni sestav – ICRF (ang.: International Celestial Reference Frame). Izhodišče ITRS je v težišču

telesa Zemlje, ki vključuje oceane in Zemljino atmosfero. ITRS je materializiran z ocenjenimi položaji (in pripadajočimi hitrostmi sprememb le-teh) izbranih IERS geodetskih observatorijev, ki tvorijo Mednarodni terestrični referenčni sestav – ITRF (ang.: International Terrestrial Reference Frame). Množica točk, ki definirajo ITRF, se vsako leto povečuje, tako da se pojavljajo nove različice ITRF. Le-te izhajajo v obliki ITRF_{yy}, kjer je s končnico 'yy' podano leto »izdaje« različice sestava ITRF (Stopar et al., 2001).

2.3.1 Terestrični koordinatni sistemi

S široko praktično uporabo tehnologij, ki omogočajo enostavno »prehajanje« državnih meja: internet, telekomunikacije in globalni satelitski navigacijski sistemi (GPS, GLONASS, Beidu), je smiselno obravnavanje prostorskih podatkov v enotnem koordinatnem sistemu, veljavnem za celotno Zemljo – terestričnemu koordinatnemu sistemu. Tako danes praktična realizacija koordinatnega sistema ne zahteva več ogromnega števila geodetskih točk, pač pa zahteva vzpostavitev t. i. geodetskih observatorijev, ki opremljeni z ustrezno tehnologijo zagotavljajo dostop do terestričnih koordinatnih sistemov in omogočajo praktično realizacijo le-teh. Praktična realizacija terestričnega koordinatnega sistema poteka v današnjem času s postopki in tehnikami satelitske geodezije, kot so: VLBI (Very Long Baseline Interferometry), SLR (Satellite Laser Ranging), LLR (Lunar Laser Ranging) in GNSS, v povezavi s klasičnimi geodetskimi tehnikami in metodami izmere kot so gravimetrična opazovanja ter geometrični nivelman.

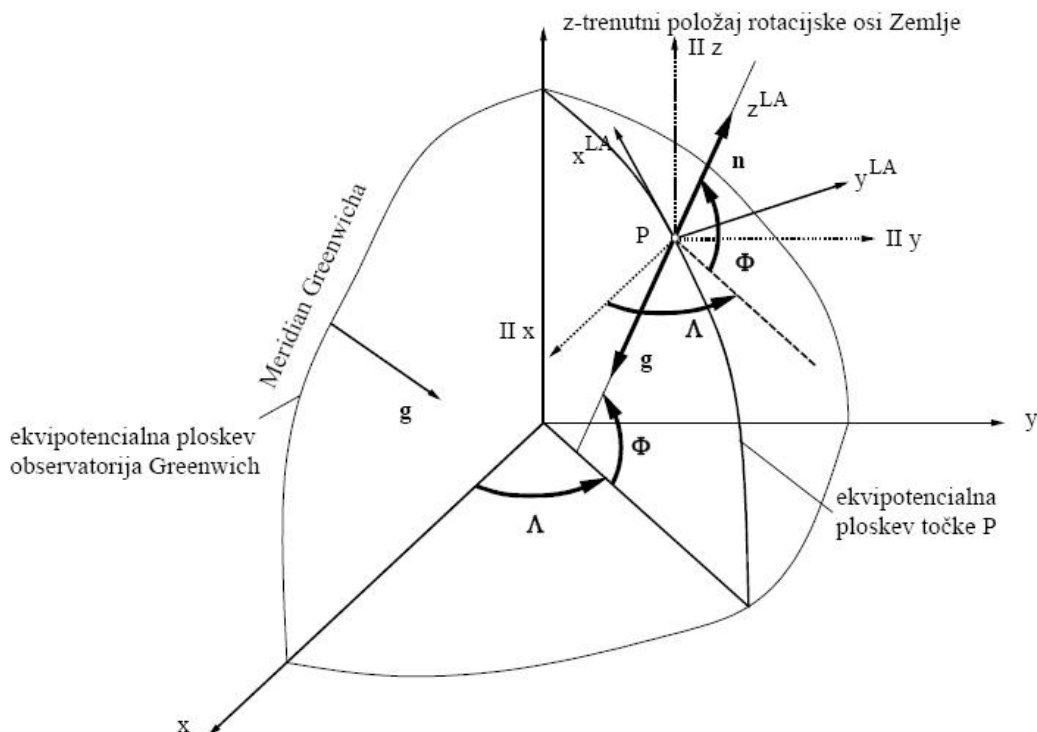
Terestrični koordinatni sistemi so definirani za celotno Zemljo. Pri tem se upoštevajo fizikalne lastnosti Zemlje kot nebesnega telesa. Tako je GRS-80 (ang.: Geodetic Reference System 1980) definiran z naslednjimi štirimi parametri (Stopar et. al. 2003):

- $a = 6378137 \text{ m}$ (velika polos elipsoida);
- $\omega = 7292.115 \cdot 10^{-11} \text{ rads}^{-1}$ (kotna hitrost vrtenja elipsoida);
- $GM = 398600.5 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$ (G - gravitacijska konstanta, M - masa elipsoida);
- $J_2 = 0.00108263$ (t. i. »dinamični faktor oblike« elipsoida).

Z naštetimi parametri je v celoti definirano zunanje težnostno polje rotacijskega elipsoida. Dva parametra (a in J_2) definirata velikost in obliko elipsoida, en (GM) maso elipsoida in ω njegovo kotno hitrost vrtenja. S temi štirimi parametri definiramo t. i. normalni elipsoid, to je elipsoid dane mase in hitrosti vrtenja. Površino tega elipsoida predstavlja t. i. ekvipotencialni elipsoid določene oblike in velikosti. Težnostno polje tega elipsoida je definirano s standardno težnostno enačbo. To je enačba, ki podaja vrednost normalnega težnostnega polja v točki kot funkcijo geodetske širine φ (po možnosti tudi geodetske dolžine λ in višine h). Obstaja več oblik standardnih težnostnih enačb (Stopar et. al. 2003).

2.3.2 Naravni koordinatni sistem

Naravni koordinatni sistem je tisti, katerega smeri koordinatnih osi so definirane s smermi, ki obstajajo v naravi. Za uporabo v geodeziji sta posebej pomembna smer vektorja težnostnega pospeška in smer rotacijske osi Zemlje. Smer vektorja težnostnega pospeška definirata v tem sistemu težnostni potencial in njegov gradient $gradW$ (slika 1). S horizontiranjem geodetskega instrumenta le-tega »vključimo« v ta koordinatni sistem.



Slika 1: Naravni koordinatni sistem (Stopar et al., 2003)

Smer vektorja težnosti g najenostavneje definiramo v lokalnem astronomskem (LA) koordinatnem sistemu (*slika 1*), ki ima izhodišče v poljubni točki P na zemeljski površini. Pozitivna smer z^{LA} -osi je pravokotna na ekvipotencialno ploskev skozi točko P, x^{LA} -os je usmerjena v smeri tangente na astronomski meridian s pozitivno smerjo v smeri trenutnega severnega Zemljinega pola, pozitivna smer y^{LA} -osi je izbrana tako, da je koordinatni sistem levosučen. Ker je LA koordinatni sistem topocentričen, je njegova uporaba v praksi omejena na redukcijo opazovanj, opravljenih na posameznih točkah v enoten terestrični koordinatni sistem (Stopar et al., 2003).

2.3.4 ETRS89 koordinatni sistem

Podkomisija EUREF (ang.: EUropean REference Frame) je na podlagi prve enotne evropske GPS izmere leta 1989 za območje Evrope definirala ETRS (ang.: European Terrestrial Reference System), ki ga uvrščamo med regionalne koordinatne sisteme. Praktična realizacija ETRS koordinatnega sistema je koordinatni sestav EUREF. Koordinatni sistem, ki ga je privzela podkomisija EUREF, sovpada z ITRS koordinatnim sistemom v začetku leta 1989 in je »pritrjen« na stabilni del Evrazijske plošče (Stopar et. al. 2003).

V praksi obravnavamo in uporabljamo ETRS89 kot horizontalni koordinatni sistem, višinski evropski koordinatni sistem pa je EVRS (ang.: European Vertical Reference System). Oba sistema skupaj sestavljata ESRS (ang.: European Spatial Reference System).

Rezultati transformacij med astrogeodetsko mrežo in globalnim koordinatnim sistemom ETRS89 omogočajo ocenjevanje nepravilnosti obstoječega koordinatnega sistema. Eden od pogojev za nemoteno uporabo modernih koordinatnih sistemov pa je tudi natančno poznavanje oblike ploskve geoida.

WGS-84 koordinatni sistem sovpada z ITRS in ETRS koordinatnimi sistemi v okviru 1 metra.

2.3.5 Koordinatni sistemi klasične geodezije

Položaj točke na površini Zemlje je lahko določen z naravnimi - astronomskimi ali z geometričnimi - geodetskimi koordinatami. Naravne koordinate kot so astronomska geografska širina Φ , astronomska geografska dolžina (A) in ortometrična višina (H) se nanašajo na težnostno polje. Geometrijske koordinate kot so geodetska geografska širina (φ), geodetska geografska dolžina (λ) in elipsoidna višina (h) se nanašajo na referenčni elipsoid. Obe vrsti koordinat povezuje geodetski datum (Stopar et. al. 2003).

V geodeziji je zgodovina pogojevala ločeno obravnavo med horizontalnimi in vertikalnimi geodetskimi datumi, zaradi lastnosti astrogeodetskega datuma. Vertikalni datum predstavlja geoid (ničelna nivojska ploskev), ki ga upodobimo s srednjo morsko gladino. Horizontalni datum pa je referenčna računaska ploskev – elipsoid izbrane velikosti in oblike in je izhodišče za izračun koordinat točk na zemeljskem površju.

Nastali so različni pogledi in definicije geodetskega datuma (Kuhar, 2007):

- Geodetski datum je najmanjše število parametrov, ki definirajo koordinatni sistem, vključno z njegovim izhodiščem, orientacijo in merilom (C. Jekeli);
- Geodetski datum določa orientacijo vsakega koordinatnega sistema glede na globalni geocentrični terestrični koordinatni sistem in s tem tudi glede na telo Zemlje (W. Torge).

2.3.5.1 Astrogeodetski datum (*horizontalni geodetski datum*)

Astrogeodetski datum je določen s parametri, ki podajajo obliko, položaj in orientacijo referenčnega elipsoida v CT koordinatnem sistemu. Središče referenčnega elipsoida je postavljeno v poljuben položaj glede na težišče Zemlje (posledica terestrične geodezije), ker je datumska ploskev umeščena v telo Zemlje tako, da na določenem delu zemeljskega površja najbolj aproksimira geoid. Torej središče rotacijskega elipsoida ne sovpa s težiščem

Zemlje. Orientacija referenčnega elipsoida se je izvedla na podlagi astronomskih in geodetskih opazovanj (Stopar et al., 2003).

Z astronomsko orientacijo se poizkuša doseči vzporednost male polosi elipsoida z rotacijsko osjo Zemlje.

Astrogeodetski datum določa 8 parametrov (Stopar et al., 2003):

- trije parametri, ki določajo položaj izhodišča koordinatnega sistema;
- trije parametri, ki določajo orientacijo koordinatnega sistema;
- dva parametra, ki določata velikost in obliko rotacijskega elipsoida (a, f) .

V praksi je bil določen z naslednjimi parametri (Stopar et al., 2003):

- astronomska širina in astronomska dolžina izhodiščne točke astrogeodetske mreže (Φ_0, Λ_0) ;
- astronomski azimut A_0 na izhodiščni točki proti sosednji točki;
- vrednosti odklona navpičnice (ξ_0, η_0) v izhodiščni točki;
- vrednost geoidne ondulacije N_0 v izhodiščni točki;
- dva parametra, ki določata velikost in obliko rotacijskega elipsoida (a, f) .

Datumski parametri astrogeodetskega datuma imajo vsaj svoj pomen, saj je navpičnica izhodiščne točke astrogeodetske mreže določena z astronomskima koordinatama (Φ_0, Λ_0) , s komponentama odklona navpičnice (ξ_0, η_0) je normala elipsoida »pritrjena« na navpičnico v izhodiščni točki, s parametrom N_0 pa je referenčni elipsoid orientiran po višini. Med astronomskimi in geodetskimi koordinatami v izhodiščni točki tako veljajo zveze (Stopar et al., 2003):

$$\xi_0 = \Phi_0 - \varphi_0 \quad (1)$$

$$\eta_0 = (\Lambda_0 - \lambda_0) \cos \varphi_0 \quad (2)$$

$$N_0 = h_0 - H_0 \quad (3)$$

kjer je H_0 vrednost nadmorske (ortometrične) višine izhodiščne točke, h_0 pa vrednost elipsoidne višine izhodiščne točke. Enačbe (1), (2) in (3) vzpostavljajo zvezo med normalo in navpičnico v izhodiščni točki mreže, vendar referenčni elipsoid lahko še kroži okrog normale v izhodiščni točki. To prostostno stopnjo v orientaciji referenčnega elipsoida odstranimo z opazovanim astronomskim azimutom A_0 v izhodiščni točki proti poljubni točki mreže. Med astronomskim azimutom A_0 in geodetskim azimutom α_0 mora, v izhodiščni točki mreže, veljati t. i. Laplacejeva enačba azimuta (Stopar et al., 2003):

$$A_0 - \alpha_0 = (\Lambda_0 - \lambda_0) \cos \varphi_0 \quad (4)$$

Z veljavnima enačbama (1) in (2) v izhodiščni točki mreže je zagotovljena vzporednost koordinatnih osi CT in glavnih osi referenčnega elipsoida. Da bi se izognili prevelikemu vplivu pogreškov opazovanj na vzporednost osi koordinatnih sistemov, so v astrogeodetski mreži, na t. i. Laplacejevih točkah, opravljena dodatna astronomska opazovanja astronomskih koordinat in astronomskih azimutov, od natančnosti katerih je odvisna dosežena vzporednost koordinatnih sistemov.

Astrogeodetski datum omogoča dobro prileganje elipsoida in geoida ter zanesljivo merilo astrogeodetske mreže v bližini izhodiščne točke. Slabosti astrogeodetskega datuma so nezanesljiva povezava s težiščem Zemlje ter slabša povezava referenčnega elipsoida in geoida, ki sta povezana samo v izhodiščni točki. Zato v praksi nastopajo deformacije koordinat z oddaljevanjem od izhodiščne točke. Posledica je nujnost ločevanja horizontalnih in višinskih geodetskih mrež (Stopar et al., 2003).

2.3.5.2 Višinski geodetski datum

Horizontalna opazovanja (določitev 2D položaja) se nanašajo na »izbran« datum, prav tako so tudi opazovanja povezana z določitvijo vertikalne komponente vezana na višinski datum. Znano je, da se višine nanašajo na geoid, saj instrumenti za določanje le-teh (nivelman in trigonometrično višinomerstvo) sovpadajo z lokalnimi navpičnicami (zagotovimo s horizontiranjem instrumenta).

Med višinskimi datumi je veliko razhajanj prav tako kot med horizontalnimi, vendar se višinske mreže, določene na osnovi različnih srednjih nivojev morja (datumov), nikoli ne razlikujejo za več kot 2 metra.

Višinski geodetski datum predstavlja množica parametrov (premik v vertikalni smeri in merilo s), ki omogočajo določitev višin novih točk v višinskem koordinatnem sistemu. Višinski datum je povezan s t. i. srednjim nivojem morja. Srednji nivo morja predstavlja ekvipotencialna ploskev, ki poteka skozi izbrano izhodiščno točko – mareograf in predstavlja referenčno ploskev za določitev višin s postopki geometričnega nivelmana. V praksi običajno nadomešča eno samo višinsko referenčno točko množica višinskih referenčnih točk, ki pa vse ne ležijo na isti ekvipotencialni ploskvi.

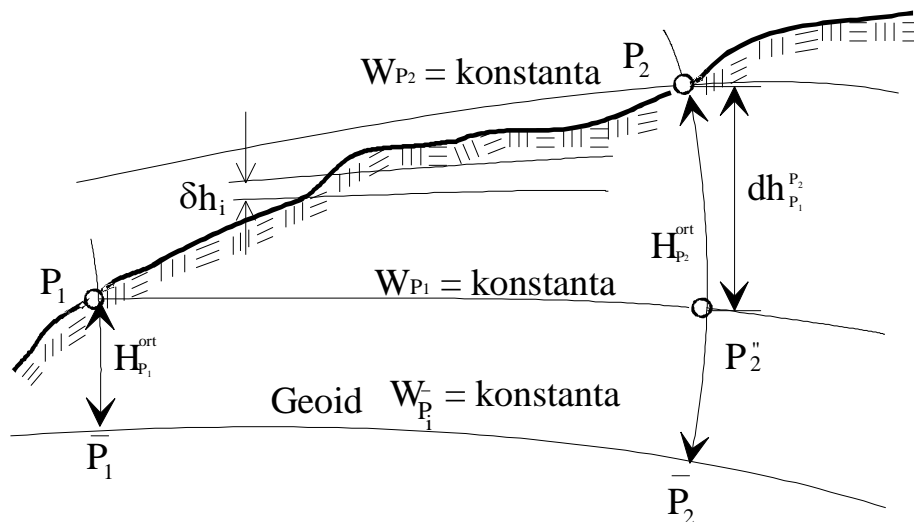
Astrogeodetski datum in višinski geodetski datum skupaj omogočata določitev položaja v tri-razsežnem prostoru v smislu klasične geodezije (Stopar et al., 2003).

2.3.6 Višinski koordinatni sistemi

Teoretično definiranih imamo množico višinskih koordinatnih sistemov, ki se nanašajo na različne izhodiščne ploskve. Tip višin je odvisen od namena uporabe.

Za potrebe transformacije med koordinatnima sistemoma D48 in D96 bomo razčlenili ortometrične in elipsoidne višine.

2.3.6.1 Ortometrične višine



Slika 2: Višine točk v različnih višinskih sistemih (Koler, 2000)

Ortometrična višinska razlika med točko \bar{P}_i in točko P_i je definirana kot razdalja točke P_i od geopotencialne ploskve $W_{\bar{P}_i} = \text{konstanta}$. Iz slike 2 lahko vidimo, da omenjeno razdaljo merimo vzdolž ukrivljene navpičnice, ki je položena skozi točko P_i . Če leži točka \bar{P}_i na geoidu, potem je ta razdalja ortometrična višina točke P_i , katere pridobimo tako, da "izmerimo" geopotencialni nivelman med geoidom in točko na zemeljski površini vzdolž navpičnice. To velja seveda samo teoretično, saj v notranjosti Zemlje ne moremo meriti. Ortometrično višino izračunamo po enačbi (Koler, 2000):

$$H_{P_i}^{ort} = \frac{C_{P_i}}{\bar{g}_{P_i}} \quad (5)$$

Ortometrično višinsko razliko izračunamo, iz merjene višinske razlike med dvema točkama, po sledeči enačbi (Koler, 2000):

$$H_{P_2}^{ort} - H_{P_1}^{ort} = \sum_{i=1}^n \delta h_i + \left[\frac{\bar{g}_{P_2}^{P_2} - g_0}{g_0} \right] \cdot \sum_{i=1}^n \delta h_i + \left[\frac{g_{P_1}^{mer} - g_0}{g_0} \right] \cdot H_{P_1} - \left[\frac{g_{P_2}^{mer} - g_0}{g_0} \right] \cdot H_{P_2} \quad (6)$$

kjer so:

$$\bar{g}_{P_1}^{P_2} = \frac{\bar{g}_{P_1} + \bar{g}_{P_2}}{2};$$

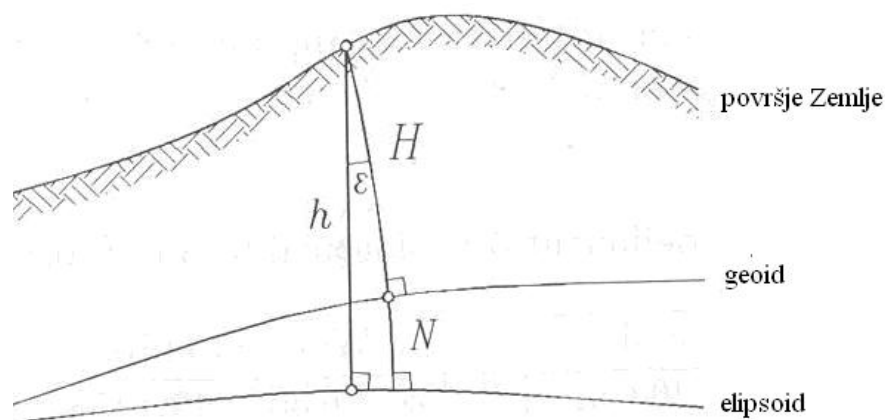
$$g_0 = 980515.57 \cdot 10^{-5} \text{ ms}^{-2};$$

$$\bar{g}_{P_i} = g_{P_i}^{mer} + 0.042351812 \cdot 10^{-5} \cdot H_{P_i} \quad (\text{srednji težnostni pospešek na navpičnici točke } P_i);$$

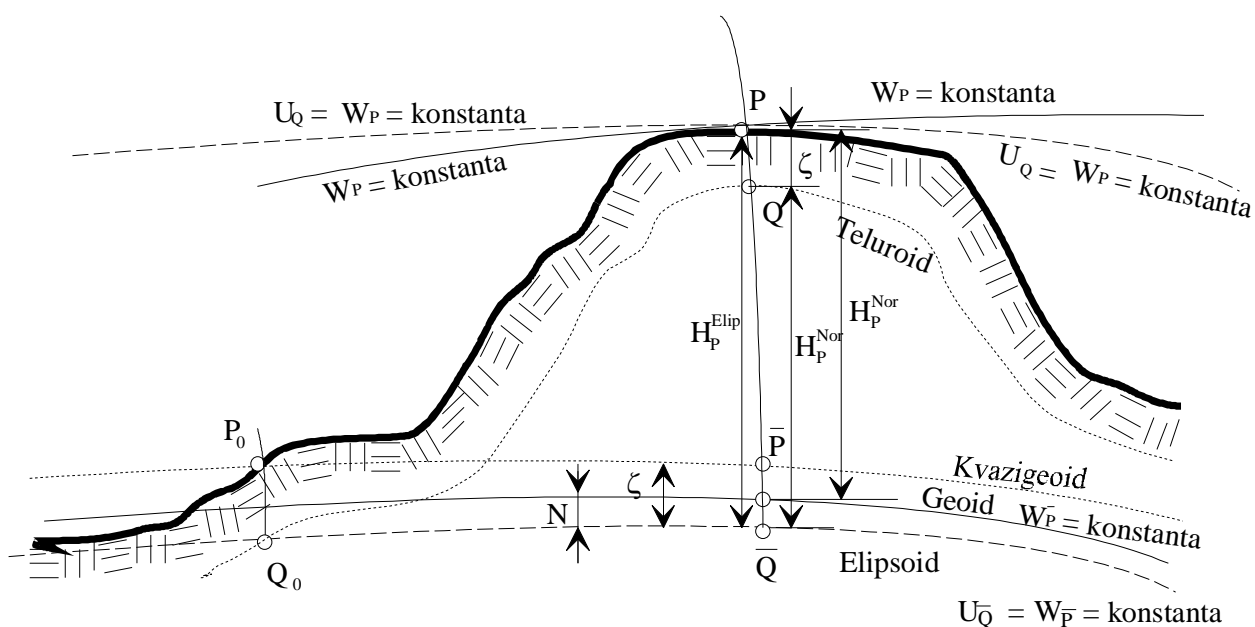
H_{P_1}, H_{P_2}, \dots nadmorski višini točk P_1 in P_2 v sistemu normalnih ortometričnih višin.

Obstaja več možnosti, kako določiti čim boljši približek teoretičnemu srednjemu težnostnemu pospešku vzdolž navpičnice (\bar{g}_{P_i}), zato imamo več vrst ortometričnih višinskih sistemov (Koler, 2000).

2.3.6.2 Elipsoidne višine



Slika 3: Elipsoidna višina (h) točke na površju (Hofmann-Wellenhof et al., 1994)



Slika 4: Različne nivojske ploskve (Koler, 2000)

Slika 3 nam predstavlja povezavo elipsoidne višine (h) z ortometrično višino (H) in geoidno ondulacijo (N), velja zveza (Koler, 2000):

$$h = H + N \quad (7)$$

Iz slike 4 je razvidna povezava elipsoidne višine točke P_i z ortometričnimi oz. normalnimi višinami, če zanemarimo ukrivljenost navpičnice velja enačba (Koler, 2000):

$$H_{P_i}^{eli} = H_{P_i}^{ort} + N = H_{P_i}^{ort} + \zeta \quad (8)$$

N ... ondulacija geoida - oddaljenost elipsoida od geoida;

ζ ... višinska anomalija - oddaljenost elipsoida od kvazigeoida.

Slika 4 in enačba 8 potrjujeta matematično povezavo med ortometričnimi, normalnimi in elipsoidnimi višinami (Koler, 2000).

2.4 Koordinatni sistem D48/GK

Dosedanji koordinatni sistem D48 ne izpolnjuje več zahtev po kakovosti prostorskih podatkov (univerzalen, trirazsežen, geocentričen koordinatni sistem) in izkoriščanja zmožnosti sodobnih tehnologij za določanje položaja, saj natančnost določitve položaja sodobnega instrumentarija že presega samo natančnost le-tega.

Korenine državnega koordinatnega sistema D48 segajo v obdobje Avstro-Ogrske monarhije. S tega stališča je koordinatni sistem zastarel, slabo vzdrževan in z veliko hibami že v sami osnovi. Sistem je zaradi merskih pogreškov v preteklosti in tektonskega spreminjanja državnega ozemlja deformiran in nehomogene kakovosti.

Položajno temeljno geodetsko mrežo tvorita položajna geodetska mreža višjega in nižjega reda. Delitev na redove izhaja iz metod določitve koordinat ter njihove natančnosti. Koordinate točk so dane v Gauss-Krügerjevi projekciji 5. meridianske cone, preslikane z

elipsoida Bessel 1841, ki je fiksiran v fundamentalni točki Hermannskogel z orientacijo na Hundesheimer Berg (Mesner et al., 2007).

V okviru analize stanja astrogeodetske mreže je bilo ugotovljeno, da:

- ima mreža napačen položaj na elipsoidu ($\Delta Y = ok.350 m, \Delta X = -90 m$);
- je nepravilno orientirana in
- da so v mreži prisotne velike lokalne deformacije merila, ki znašajo do 30 mm/km.

Merilo je na območju države zelo nehomogeno, kar povzroča pri izvajanju geodetskih storitev precej težav. V splošnem deformacije merila naraščajo od severovzhoda proti notranjosti države, proti zahodu pa so deformacije spet bolj slučajno razporejene. Dodaten problem mrež nižjih redov predstavlja tudi nehomogena razporeditev točk in nesistematično zgoščevanje točk v prostorskem smislu. Gostota točk je v posameznih trigonometričnih okrajih zelo raznolika. Prav tako je zelo raznoliko razmerje med številom točk dopolnilnega in glavnega reda, saj v nekaterih okrajih število točk dopolnilnega reda celo preseže glavni red (Mesner et al., 2007).

Po 1. 1. 2008 se je v zemljiškem katastru začel uvajati koordinatni sistem ETR89/TM, saj tako predpisuje veljavna zakonodaja (ZEN, 139. člen).

2.4.1 Osnovni podatki o D48/GK

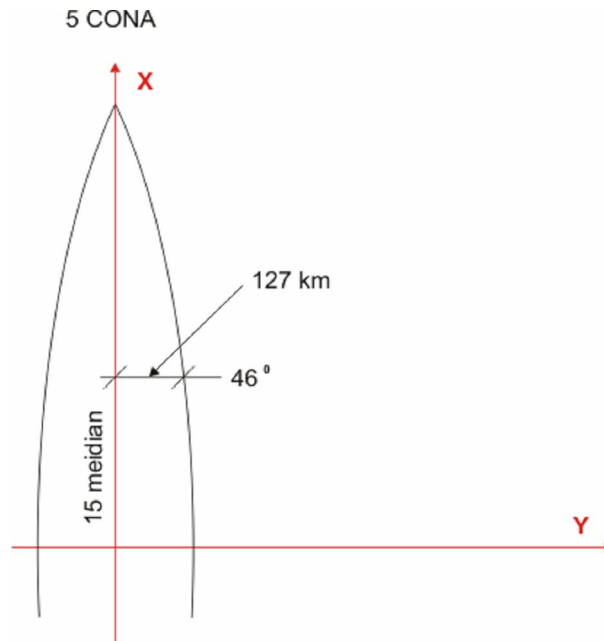
Koordinatni sistem D48/GK je bil dolga leta v operativni uporabi. Zaradi pomanjkljivosti ne ustreza več današnjim standardom.

➤ Koordinatni sestav:

- horizontalni datum D48 (Hermannskogel) in
- astrogeodetska mreža Slovenije.

➤ Tip in parametri kartografske projekcije:

- Gauss-Krügerjeva projekcija;
- Besselov elipsoid;
- širina cone: 3° ;
- modulacija: 0.9999;
- centralni meridian: 15° ;
- pomik proti severu: -5 000 000 m;
- pomik proti vzhodu: 500 000 m.



Slika 5: Širina meridianske cone ter prikaz pravokotnega Gauss-Krügerjevega koordinatnega sistema

Horizontalni sistem:

- napačna lega AGM na ref. elipsoidu;
- velike deformacije merila;
- neenakomerna točnost;
- obremenitev sistema z geodinamiko.

2.4.2 Osnovni podatki o višinskem koordinatnem sistemu

V preteklosti se določitvi višinske komponente ni namenjalo dovolj časa oz. truda, saj so se višine določale kar s trigonometričnim višinomerstvom. Le v izbranih inženirskih nalogah je prišel v poštev geometrični nivelman.

➤ Koordinatni sestav:

- višinski datum Trst;
- višinska temeljnega geodetska mreža višjega in nižjega reda.

➤ Sistem višin:

- sistem normalnih ortometričnih višin.

Za višinski koordinatni sistem velja, da je:

- nivelmanska mreža boljše kakovosti kot horizontalna mreža;
- nivelmanske zanke niso zaključene na ozemlju Slovenije;
- gravimetrična mreža je slabe kakovosti;
- mareograf izključen iz višinskega sistema;
- referenčna višinska ploskev ni geoid;
- normalne ortometrične višine računane iz slabih podatkov;
- obremenitev sistema z geodinamiko (Stopar et al., 2007).

Višinsko temeljno geodetsko mrežo tvorita višinska geodetska mreža višjega in nižjega reda. Celotna nivelmanska mreža je navezana na stari Avstro-Ogrski fundamentalni reper Ruše, katerega višina je določena v t. i. višinskem datumu Trst in katerega zanesljivost je vprašljiva, saj je bila ničelna ekvipotencialna ploskev ocenjena samo na podlagi enoletnih opazovanj nivoja Jadranskega morja. Po ponovni določitvi višine normalnega reperja v Trstu so ugotovili, da je odstopanje v višini kar 9 cm.

Države zelo redko menjajo svoj koordinatni sistem, saj gre za zapleten tehnični proces, ki pa je povezan tudi z uradnimi podatki o nepremičninah. V zadnjih 200 letih je bil na ozemlju Republike Slovenije zamenjan le enkrat. Podlago za vpeljavo novega sistema v Sloveniji dajeta Zakon o evidentiranju nepremičnin in Strategija osnovnega geodetskega sistema, ki jo je leta 2004 sprejela Vlada Republike Slovenije (Radovan, 2007).

2.5 Nov državni koordinatni sistem

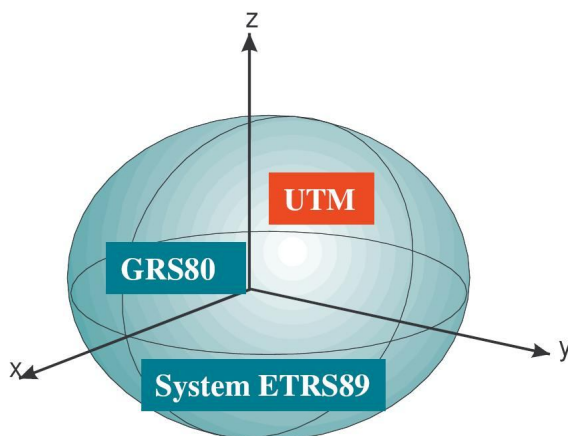
V Sloveniji postopoma prehajamo na nov državni koordinatni sistem, katerega realizacija bo potekala s pomočjo omrežja permanentnih postaj GNSS z imenom SIGNAL, ki je del evropskega omrežja permanentnih GNSS-postaj EPN (ang.:EUREF Permanent Network). EPN, ki je regionalno omrežje, predstavlja del globalnega omrežja permanentnih GNSS-postaj. Rezultat te medsebojne vzajemnosti bo zraven geodetskih koristi, množice stranskih produktov, še boljše poznavanje meteoroloških in geodinamičnih modelov na območju Evrope.

Potrebe po ekonomskem, ureditvenem in političnem združevanju so vedno večje, prav tako se spekter uporabnikov veča, zahteve le-teh pa so bolj sofisticirane, zato je bil projekt vzpostavitve in materializacije novega koordinatnega sistema le vprašanje časa.

Za potrebe geodezije bomo z omrežjem permanentnih GNSS-postaj zagotovili (drugače so to naloge geodetskih observatorijev, v Sloveniji ga nimamo):

- praktično realizacijo aktualnega ITRS koordinatnega sistema na našem ozemlju;
- praktično realizacijo ETRS89 koordinatnega sistema na našem ozemlju;
- obravnavo globalnega in lokalnega geodinamičnega dogajanja za definiranje terestričnih koordinatnih sistemov na našem ozemlju;
- izvajanje aktivnosti potrebnih za vzpostavitev višinskega koordinatnega sistema;
- neprekinjeno vzdrževanje koordinatnega sistema;
- zagotavljanje potrebnih informacij uporabnikom koordinatnega sistema (Stopar et al., 2002).

ETRS89 je geodetski datum za celotno Evropo, ki nam zagotavlja kvalitetne in ažurne prostorske podatke za dobre evidence in analize. Temelji na rotacijskem elipsoidu GRS80, ki je globalen in geocentričen. Zato elipsoidne koordinate imenujemo geodetske.



Slika 6: Prikaz ETRS89 koordinatnega sistema

2.5.1 Zakaj nov koordinatni sistem?

Koordinatni sistemi držav ali skupine držav se na določenem območju vzpostavljajo z namenom, da v njem prikazujemo površje Zemlje, objekte, pojave, itd. V njem so zapisani vsi uradni in tehnični prostorski podatki o objektih, pojavih ter stanjih v prostoru. Podatki v uporabniških geografskih informacijskih sistemih, evidencah, registrih, katastrih in drugih zbirkah podatkov so zato na ozemlju države med seboj primerljivi, izvajajo se lahko študije, analize, napovedi za prihodnost (nepremičnine, agronomija ...). Sem spadajo tudi podatki o nepremičninah, gospodarski infrastrukturi in topografiji.

V Republiki Sloveniji je bil uradno veljaven koordinatni sistem z oznako D48, ki temelji na astrogeodetski mreži in nivelmanski mreži visoke natančnosti, ki pa ne ustrezata več sodobnim zahtevam. Položaj astrogeodetske mreže je napačen za več sto metrov, mreža je zasukana, merilo v mreži ima velike deformacije. Nivelmanska mreža ni absolutno orientirana, geopotencialne kote v mreži so izračunane na osnovi nezanesljivih gravimetričnih opazovanj.

Slovenija je s pridružitvijo in vstopom v Evropsko unijo postala članica, ki mora upoštevati evropske usmeritve glede povezovanja in izmenjave prostorskih podatkov v skupnem koordinatnem sistemu.

Za Slovenijo kot članico EU je na področju prostorskih podatkov pomembna direktiva INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe), na podlagi katere bodo postavljeni standardi za opredelitev vsebine in položaja prostorskih podatkov, tudi ETRS89. Direktiva INSPIRE je v letu 2007 postala zavezujoča za vse države članice EU (European Union).

Slovenija je članica zveze NATO, ki določa in uporablja vojaške standarde na področjih določanja položaja in topografskega kartiranja. Z enotnim koordinatnim sistemom omogočimo skupne prostorske osnove za podporo nalog zveze NATO.

Tehnološki napredek določanja položaja je prav tako eden izmed razlogov, zakaj potrebujemo nov koordinatni sistem. Uvedba geoinformatike, navigacije in satelitskih sistemov v vsakdanjo geodezijo, so precej tehten razlog za nov koordinatni sistem. Sistem GNSS v Sloveniji že danes, ob uporabi državnega omrežja permanentnih postaj (SIGNAL - Slovenija-Geodezija-NAvigacija-Lokacija), omogoča določanje položaja s centimetrsko natančnostjo v realnem času in v evropskem koordinatnem sistemu ETRS89.

Zelo pomemben razlog je tudi sama transformacija med koordinatnimi sistemi. Srž problema je v tem, da D48 ni homogene natančnosti, zato so za lokalna kot regionalna območja potrebni drugi transformacijski parametri.

Nov državni koordinatni sistem potrebujemo s stališča:

- razvoja tehnologije satelitskih meritev (GNSS);
- novih zahtev in pojmovanja koordinatnih sistemov;
- stanja obstoječega koordinatnega sistema;
- EUREF resolucije in INSPIRE direktive, ki zajema preučitev zahtev uporabnikov in njihovih potreb, izdelavo temeljnih specifikacij in informacijske strukture ter opredelitev prioritet in pomena podatkovnih baz. Rezultatov projekta INSPIRE so zbrani podatki o potrebnih GIS slojih za izdelavo dobre analize okolja na enem mestu.
- vzpostavljen in realiziran bo v skladu z ISO standardi;

- koordinatni sistem bo ločen na horizontalno (geometrijsko) in višinsko komponento (fizikalna komponenta).

Nov koordinatni sistem Slovenije bo del enotnega evropskega referenčnega sistema, ki bo vključeval (Stopar et al., 2007):

- nov horizontalni sistem;
- nov referenčni elipsoid (GRS-80);
- nov višinski sistem (EVRS2000);
- novo višinsko referenčno ploskev;
- nov tip višin;
- nov gravimetrični sistem;
- novo kartografsko projekcijo;
- geokinematični model ozemlja.

ETRS89 je časovno neodvisen sistem (nanaša se na trenutek 1989.0), realizacijo (materializacijo) sistema predstavlja 49 trajno stabiliziranih geodetskih točk s koordinatami, določenimi na osnovi EUREF GPS izmer v letih 1994, 1995 in 1996 na ozemlju Slovenije. Koordinate točk se nanašajo na trenutek 1995.55, v koordinatni sistem je vključeno omrežje permanentnih postaj SIGNAL, poznati moramo (notranjo) geodinamiko državnega ozemlja (Stopar et al., 2007).

2.5.2 Osnovni podatki o koordinatnem sistemu ETRS89/TM oz D96/TM:

Države oz. skupine držav le redko zamenjajo koordinatni sistem, zato mora doprinos novega koordinatnega sistema upravičiti porabljen sredstva za vzpostavitev in uveljavitev le-tega.

➤ Koordinatni sestav:

- državno omrežje stalno delujočih GNSS postaj SIGNAL;
- ETRS točke.

➤ Tip in parametri kartografske projekcije:

- Transverzalna Mercatorjeva projekcija;
- elipsoid GRS-80, ki je skoraj identičen WGS-84 rotacijskemu elipsoidu. Zelo malo se razlikujeta le v sploščenosti, drugače pa se določitev koordinat, z enimi ali drugim, razlikuje za manj kot milimeter;
- širina cone: 3° ;
- modulacija: 0.9999;
- centralni meridian: 15° ;
- pomik proti severu: -5 000 000 m;
- pomik proti vzhodu: 500 000 m.

Za novo državno kartografsko projekcijo je bila izbrana transverzala oz. prečna Mercatorjeva projekcija (TM - ang.: Transverse Mercator), ki je modulirana in modificirana. Vsebuje enačbe in parametre, ki so povsem enaki dosedanji državni Gauss-Krügerjevi kartografski projekciji. Razlika med projekcijama je v novem terestričnem datumu (ETRS89 oz. D96 namesto D48) in novem državnem elipsoidu (GRS-80 namesto Besselovega elipsoida).

Prečna Mercatorjeva projekcija je kotopravilna (konformna), spremembe površin glede na sedanji državni ravninski koordinatni sistem so minimalne (površina celotnega državnega ozemlja se spremeni za $0,4 \text{ km}^2$). Dobra lastnost nove projekcije je tudi ohranitev vseh enačb in parametrov dosedanje državne kartografske projekcije, spremenijo se le parametri referenčnega elipsoida, identične so tudi vse enačbe redukcij terestričnih opazovanj.

2.5.3 Nov višinski koordinatni sistem

Podobno kot je bil namen vzpostavitve koordinatnega sistema ETRS poenotenje astrogeodetskih datumov v Evropi, je zaradi množice višinskih sistemov, z različnimi višinskimi izhodišči ter uporabo različnih tipov višin, definiran evropski višinski referenčni sistem EVRS ter praktično realizicijo tega sistema pod imenom EVRF2000 (European Vertical Reference Frame 2000). EVRS temelji na težnosti, tako da je to sistem, v katerem

imajo višine fizikalen pomen. EVRS bo definiran z višinskim datumom EVD (European Vertical Datum), ki je definiran z vrednostjo težnostnega potenciala ekvipotencialne ploskve mareografa v Amsterdamu – NAP (Normaal Amsterdams Peil). Višina v EVRS je definirana kot razlika težnostnih potencialov obravnavane točke P in NAP. Višinski sistem je torej definiran na osnovi geopotencialnih kot, ki se določajo z absolutnimi in relativnimi gravimetričnimi meritvami. Geopotencialne kote omogočajo izračun normalnih višin, ki predstavljajo sistem višin, v katerem so dane višine v EVRS. Praktično je EVRS realiziran z geopotencialnimi kotami višinskih točk v okviru evropske nivelmanske mreže UELN (United European Levelling Network), ki pokriva območje Severne, Srednje in Zahodne Evrope. (Stopar et al., 2003)

EVRS je določen z naslednjimi dogovori oz. standardi:

- Vertikalni datum je ničelni nivo, za katerega velja, da je zemeljski težnostni potencial W_0 identičen normalnemu potencialu srednjega Zemljinega elipsoida U_0 (Koler, 2007):

$$W_0 = U_0 \quad (9)$$

- Višinske komponente so razlike potencialov ΔW_p med potencialom točke P (W_p) na zemeljskem površju in potencialom ničelnega nivoja EVRS (W_0). Razlika potencialov $-\Delta W_p$ določa geopotencialno koto c_p (Koler, 2007):

$$-\Delta W_p = W_0 - W_p = c_p \quad (10)$$

Normalne višine so ekvivalentne geopotencialnim kotam.

- EVRS predstavlja ničelni nivo (ang.: zero tidal system), v skladu s IAG resolucijami.

Za potrebe prehoda na mednarodni koordinatni sistem se bo vzpostavila osnovna gravimetrična mreža in izvedla pretvorba obstoječih višinskih podatkov nivelmanskih mrež v EVRS2000.

2.6 Geodetski datum

2.6.1 Splošno o geodetskem datumu

V geodeziji izvajamo opazovanja na površju Zemlje, zato je ključnega pomena, kako definiramo le-to. Skozi zgodovino so znanstveniki in strokovnjaki empirično in teoretično doumeli, da Zemlja ni krogla, ampak je telo, ki je ob polih nekoliko sploščeno in na ekvatorju nabreklo. Natančnost določitve položaja v prostoru je tako postala problem aproksimacije oblike Zemlje. Kot prvo in najboljšo aproksimacijo Zemlje v geodeziji uporabljamo geoid, vendar je problem geoida v tem, da ni pravilne oblike in ga ni mogoče predstaviti kot matematični model. Rotacijski elipsoid že ustreza matematičnemu modelu, ki ga uporabljamo za redukcijo geodetskih opazovanj. Definiran je kot kombinacija algebraično povezanih dimenzij kot so velika in mala polos ter sploščenost, določen pa na podlagi satelitskih opazovanj in opazovanj izvedenih na površju Zemlje.

Dovolj natančni datumi (uporabna vrednost), so bili definirani oz. določeni šele v drugi polovici 18. stoletja, ko so bili na razpolago relativno dovolj natančni instrumenti ter metode izmere. Posledično so tako ugotovili, da Zemlji kot matematični model ustreza oblika elipsoida.

V osnovi ga uporabljajo različne stroke, od kartografije, navigacije, astronomije, vendar je vzdrževanje, ažuriranje in izboljševanje posameznih parametrov geodetskih datumov predmet geodetske stroke.

Z razvojem tehnologij in pojavom globalizacije je vedno večja potreba po delovanju v enotnem koordinatnem sistemu in s tem v enotnem globalnem geodetskem datumu.

2.6.2 Strokovna definicija geodetskega datuma

Geodetski datum definirajo količine (poljubne numerične ali geometrične), ki jih potrebujemo kot referenco za določitev drugih količin in ga obravnavamo kot potrebno število danih količin, ki jih potrebujemo za določitev novih količin v koordinatnem sistemu. Problem geodetskega datuma izhaja iz dejstva, da so običajna geodetska opazovanja, kot so dolžine, horizontalne smeri, zenitne razdalje, višinske razlike, relativni položaji (GNSS opazovanja) t. i. notranja opazovanja oz. notranje količine, ki omogočajo kvečjemu določitev relativnih položajev točk matematičnega modela. Koordinate točke v predhodno definiranem koordinatnem sistemu (astronomske koordinate točk (Φ, Λ, H) , elipsoidne koordinate (φ, λ, h) , kartezične koordinate v globalnem koordinatnem sistemu (X, Y, Z)) pa so t. i. zunanja opazovanja oz. zunanje količine. Zunanje količine so glede na notranje količine pomembnejše s stališča določitve lege, oblike in velikosti matematičnega modela v nekem predhodno določenem koordinatnem sistemu. Te količine neposredno ne vplivajo na geometrijo medsebojnih relativnih položajev točk in samo geometrijo geodetske mreže. Zunanja opazovanja definirajo koordinatni sistem, notranja opazovanja pa relativne odnose znotraj matematičnega modela. Iz tega sledi, da na osnovi samih klasičnih geodetskih opazovanj, brez informacij o geodetskem datumu, ne moremo pridobiti koordinat točk v koordinatnem sistemu. Potreba po datumu v matematičnem smislu pomeni, da je poleg števila opazovanj, ki mora biti vsaj enako številu neznank, potrebno zagotoviti minimalno število datumskih informacij, za enolično določitev koordinat točk v koordinatnem sistemu. Geodetski datum naj bi bil praviloma zagotovljen z zunanjimi količinami (Stopar et al., 2003).

Z geodetskim datumom je povezana tudi t. i. datumski ploskev, ki jo predstavlja matematična ploskev znane velikosti, oblike in lege v koordinatnem sistemu. Kot datumski ploskvi se v geodeziji uporabljata kroglja in rotacijski elipsoid, v nalogah inženirske geodezije pa tudi ravnina. Položaj in orientacija datumski ploskve glede na konvencionalni terestrični (CT) koordinatni sistem je določen s položajem središča referenčnega elipsoida glede na izhodišče CT sistema in z zasukom glavnih osi elipsoida glede na smeri koordinatnih osi CT koordinatnega sistema. Če je središče referenčnega elipsoida postavljeno v poljuben položaj glede na težišče Zemlje, govorimo o astrogeodetskem datumu. Če je središče referenčnega

elipsoida postavljeno v težišče Zemlje, je to geocentričen ali absolutni datum (Stopar et al., 2003).

Določitev geocentričnih datumov je bila možna šele z razvojem satelitske tehnologije.

2.6.3 Določitev geodetskega datuma geodetske mreže

V geodetski mreži mora biti geodetski datum v celoti določen s koordinatami danih točk, ki morajo po kakovosti ustrezati kakovosti opazovanj. Notranja in morebitna zunanja opazovanja lahko določajo nekatere datumske parametre, preostali nedoločeni datumski parametri pa se v geodetski mreži kažejo kot nepopolnost ali defekt geodetskega datuma (d – število preostalih nedoločenih datumskih parametrov).

Poznamo tri vrste določitve geodetskega datuma. V primeru, ko imamo natanko toliko danih količin (najpogosteje so to dane točke) kot jih je nujno potrebo, govorimo o enolično določenem geodetskem datumu. Pri le-tem z izbiro danih količin oz. vezi med danimi količinami in parametri za definiranje geodetskega datuma ne posegamo v notranjo geometrijo geodetske mreže. To je edina sprejemljiva in korektna možnost za optimalno obdelavo geodetskih mrež. Na drugi strani pa poznamo še pojav predoločenosti in poddoločenosti geodetskega datuma. V prvem primeru je geodetski datum definiran z več količinami (najpogosteje danimi točkami, npr. 4), kot je to nujno potrebno. Zato je izračun koordinat točk v geodetski mreži obremenjen z nepravilnostmi datumskih parametrov, kot jih definirajo koordinate danih točk, kar ni dobro. Ocenjevanje notranje natančnosti geodetske mreže je zato lahko težavno. V primeru poddoločenosti geodetskega datuma pa nimamo zadostnega števila danih količin (dana samo ena točka) za korektno določitev datumskih parametrov (Marjetič et al., 2007).

Geodetski datum je lahko podvržen tudi spremembam, ker se s časom razvijajo nove, boljše merske metode in natančnejši instrumentarij. Tako v geodetsko mrežo vključujemo kvalitetnejša opazovanja in z vnovičnimi izravnanimi mreže izboljšujemo kakovost koordinat točk, ki definirajo geodetski datum geodetske mreže, oz. ga definiramo na novo. S tem se

spreminjajo koordinate točk v geodetski mreži, ki jih lahko med sabo analitično primerjamo, če poznamo zveze med koordinatami točk, določenimi glede na različno definirane geodetske datume. Najbolj pogosta sprememba geodetskega datuma v času pa je sprememba položajev točk, ki definirajo geodetski datum (Marjetič et al., 2007).

Število potrebnih datumskih parametrov je odvisno od vrste opravljenih opazovanj in od razsežnosti prostora, v katerem določamo koordinate točk: 1D, 2D, 3D.. Parametri, ki jih je treba definirati za zagotovitev geodetskega datuma, so zasuk ali rotacija, premik ali translacija in merilo. V osnovi geodetski datum zagotovijo zunanja opazovanja (zunanje količine), lahko pa posamezne datumске parametre definirajo tudi geodetska opazovanja (notranje količine, notranja opazovanja) v geodetski mreži.

Preglednica 1: Datumski parametri pri različnih dimenzijah geodetskih mrež (Marjetič et al., 2007)

Tip mreže	Datumski parametri	Defekt datuma - d
1D višinska mreža	<i>1 translacija</i>	<i>1</i>
2D trilateracijska mreža	<i>2 translaciji (vzdolž osi $x - tx$ in osi $y - ty$)</i> <i>1 rotacija (okrog osi $z - \omega z$)</i>	<i>3</i>
2D triangulacijska mreža	<i>2 translaciji (vzdolž osi $x - tx$ in osi $y - ty$)</i> <i>1 rotacija (okrog osi $z - \omega z$)</i> <i>1 merilo (s)</i>	<i>4</i>
3D geodetska mreža	<i>3 translacije (vzdolž osi $x - tx$, $y - ty$ in $z - tz$)</i> <i>3 rotacije (okrog osi $x - \omega x$, $y - \omega y$ in $z - \omega z$)</i> <i>1 merilo (s)</i>	<i>7</i>

Merjene dolžine (s) v geodetski mreži določajo merilo mreže, morebitna opazovanja azimuta (α) zagotavljajo orientacijo mreže, merjeni koordinati (x, y za 2D ali x, y, z za 3D) ene od točk v geodetski mreži zagotavljata poznavanje premika geodetske mreže glede na izhodišče koordinatnega sistema (Marjetič et al., 2007).

2.6.3.1 Definiranje geodetskega datuma z minimalnim številom zunanjih opazovanj

Navedli smo, da je določitev geodetskega datuma korektna in zanesljiva le s t. i. zunanjimi opazovanji. Vendar so le-ta draga (astronomska opazovanja) in nezanesljiva oz. slabe kakovosti (absolutna določitev koordinat GNSS opazovanj, astronomsko določene koordinate). Zato so se tekom reševanja problematike določitve parametrov geodetskega datuma mreže razvili racionalnejši in ekonomični postopki. Ena izmed možnosti je vzpostavitev določenih vezi (zahtev), ki jih morajo izpolnjevati datumski parametri.

Vezi so teoretično lahko podane preko danih količin (danih koordinat točk v mreži – danih zunanjih opazovanj) ali z dodelitvijo velikih vrednosti uteži posameznim koordinatam točke, ki nastopajo v izravnavi kot opazovanja. Datum mora biti definiran tako, da datumski parametri ne vplivajo na notranjo geometrijo geodetske mreže oz. ne vplivajo na velikost položaja točk v matematičnem modelu. Zato moramo definirati toliko datumskih parametrov, kot jih nujno potrebujemo za zagotovitev geodetskega datuma geodetske mreže.

V primeru ravninske geodetske mreže moramo definirati največ 4 datumske parametre. Datum definiramo s štirimi koordinatami dveh točk. Če v mreži opazujemo dolžine, moramo definirati 3 datumske parametre (merilo določajo merjene dolžine). Datum definiramo z dvema danima koordinatama točke in enim azimutom. Ker v praksi le redkokdaj opazujemo azimut, privzamemo v tem primeru za dano eno točko z dvema koordinatama in eno dano koordinato druge točke. Za definiranje datuma v ravnini (ravnina kartografske projekcije) imamo naslednje vezne enačbe (Marjetič et al., 2007):

$\delta y_1 = 0, \delta x_1 = 0$ tako zagotovimo, da ni premika točke T_1 (določen položaj figure);

$v_{v_1^2} = b_{v_1^2}^T \delta p_{12} = 0$ tako zagotovimo, da ni spremembe smeri med T_1 in T_2 ,

$$b_{v_1^2}^T = [-b_1 \quad -b_2 \quad b_1 \quad b_2] = \begin{bmatrix} \frac{\Delta x_{12}^0}{(s_{12}^0)^2} & -\frac{\Delta y_{12}^0}{(s_{12}^0)^2} & -\frac{\Delta x_{12}^0}{(s_{12}^0)^2} & \frac{\Delta y_{12}^0}{(s_{12}^0)^2} \end{bmatrix}; \quad (11)$$

$v_{s_1^2} = b_{s_1^2}^T \delta p_{12} = 0$ tako zagotovimo, da ni spremembe dolžine med T_1 in T_2 (zagotovimo merilo);

$$b_{s_1^2}^T = [-f_1 \ -f_2 \ f_1 \ f_2] = \begin{bmatrix} \frac{\Delta y_{12}^0}{(s_{12}^0)^2} & \frac{\Delta x_{12}^0}{(s_{12}^0)^2} & -\frac{\Delta y_{12}^0}{(s_{12}^0)^2} & -\frac{\Delta x_{12}^0}{(s_{12}^0)^2} \end{bmatrix}; \quad (12)$$

kjer je $\delta p_{12}^T = [\delta y_1 \ \delta x_1 \ \delta y_2 \ \delta x_2]^T$.

Vezne enačbe v matrični obliki (Marjetič et al., 2007):

$$D^T \Delta = 0,$$

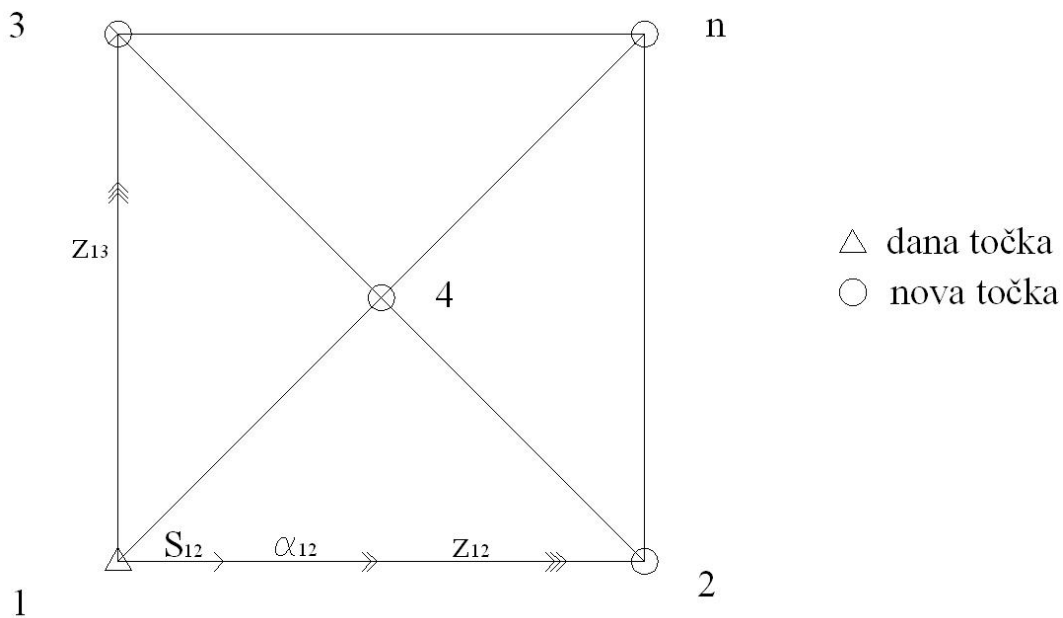
kjer je Δ vektor neznank in D datumska matrika oblike in velikosti:

$$D^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ -b_1 & -b_2 & b_1 & b_2 & \dots & 0 & 0 \\ -f_1 & -f_2 & f_1 & f_2 & \dots & 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ dimenzije } 4 \times 2n \text{ (n – število točk mreže)}$$

Glede na tip opazovanj (vključenih v matematični model) v matriki D^T odstranimo odgovarjajočo vrstico. V primeru trilateracije (merimo dolžine) v 2D mreži, lahko odstranimo 4. vrstico, če pa opazujemo azimut, pa lahko odstranimo 3. vrstico.

V 3D prostoru moramo za definicijo 7 datumskih parametrov zapisati 7 veznih enačb, s katerimi zagotovimo (slika 7), da (Stopar, 2005):

- se 1. točka po izravnavi ne bo premaknila;
- se azimut na točki 1 proti točki 2 ne bo spremenil (definiramo zasuk okoli z-osi, predstavlja α_{12});
- se razdalja med točko 1 in točko 2 ne bo spremenila (določeno je merilo mreže, predstavlja s_{12});
- se zenitni razdalji med točko 1 in točko 2 ter točko 1 in točko 3 ne bosta spremenili (definiran zasuk okoli x in y osi, predstavljata z_{12} in z_{13}).



Slika 7: Grafična ponazoritev zahtev za definicijo 7 datumskih parametrov

Za izpolnitev teh zahtev moramo formulirati 7 veznih enačb (Marjetič et al., 2007):

$\delta y_1 = 0, \delta x_1 = 0, \delta z_1 = 0$ tako zagotovimo, da ni premika T_1 (določen položaj figure);

$v_{v_1^2} = -b_{v_1^2}^T \delta p_{12} = 0$ tako definiramo zasuk okoli z-osi;

$v_{z_1^2} = -b_{z_1^2}^T \delta p_{12} = 0$ tako definiramo zasuk okoli x-osi;

$v_{z_1^3} = -b_{z_1^3}^T \delta p_{13} = 0$ tako definiramo zasuk okoli y-osi;

$v_{s_1^2} = b_{s_1^2}^T \delta p_{12} = 0$ tako zagotovimo merilo.

Datumska matrika D^T je dimenzije $7 \times 3n$ (n – število točk mreže). Če opazujemo vsaj 1 azimut odstranimo 4. vrstico, če pa opazujemo vsaj eno dolžino, pa odstranimo 7. vrstico iz D^T .

2.6.3.2 Definiranje geodetskega datuma z notranjimi opazovanji (prosta mreža)

Geodetski datum je možno definirati tudi z notranjimi opazovanji (opazovanje dolžin, kotov, smeri ...). Govorimo o izravnavi proste mreže, saj nobene izmed koordinat točk geodetske mreže ne privzamemo kot dane. Namesto koordinat točke mreže, azimuta ali dotične razdalje se notranje vezi nanašajo na neko fiktivno točko, fiktivni azimut, fiktivno dolžino v mreži. V 3D- in 2D-prostoru zahtevajo notranje vezi izpolnitev naslednjih pogojev za prosto mrežo (Marjetič et al., 2007):

- koordinate težišča mreže (povprečje približnih koordinat točk v mreži) se po izravnavi ne smejo spremeniti;
- mreža se glede na težišče ne sme zasukati;
- velikost geodetske mreže (povprečna razdalja med težiščem in posameznimi točkami mreže) mora ostati nespremenjena.

Matematično pridobimo vezne enačbe, ki zagotavljajo izpolnitev notranjih vezi, iz enačb podobnostne transformacije, ki zagotavlja, da je vsota kvadratov razlik med približnimi in ocenjenimi vrednostmi koordinatnih neznank najmanjša možna:

$\Delta^T \Delta = \min$, Δ – vektor popravkov približnih koordinat matematičnega modela (Marjetič et al., 2007).

Pri podobnostni transformaciji iz približnih koordinat matematičnega modela transformiramo v izravnavi ocenjene oz. pridobljene koordinate matematičnega modela. Zagotavlja nam premik, zasuk in spremembo merila matematičnega modela enako v vseh smereh.

V 2D prostoru (2D ravninskem pravokotnem koordinatnem sistemu) je podobnostna transformacija dana s 4-imi transformacijskimi (datumskimi) parametri. Dane imamo 4 približne koordinate neznank (npr. točka i (x_i^0, y_i^0)) kar je posledica linearizacije. Glede na vezi, ki jih morajo neznanke izpolniti, lahko pričakujemo, da se bo matematični model malo

premaknil (t_x, t_y) , zasukal za majhen kot $(\delta\omega_z)$ ter spremenil merilo za majhno vrednost (δ_s) .

V matrični obliki zapišemo vezne enačbe (izpolnjujejo vse tri zahteve matematičnega modela) kot (Marjetič et al., 2007):

$H^T \Delta = 0$, kjer je H matrika z elementi:

$$H^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & \dots & 0 & 1 \\ -y_1^0 & x_1^0 & -y_2^0 & x_2^0 & \dots & -y_m^0 & x_m^0 \\ x_1^0 & y_1^0 & x_2^0 & y_2^0 & \dots & x_m^0 & y_m^0 \end{bmatrix} \quad (13)$$

V prvi vrstici H^T nastopa zahteva glede premika matematičnega modela vzdolž x-osi, v drugi glede premika vzdolž y-osi, v tretji glede zasuka, v četrti pa zahteva glede merila. Geodetski datum je definiran v celoti s približnimi koordinatami točk matematičnega modela, ko je velikost matrike $H^T \rightarrow \dim(H^T) = 4 \times 2m$ (m-št. točk).

V primeru, da smo katerega izmed datumskih parametrov zagotovili z zunanjimi količinami (opazovanji) iz matrike H^T , odstranimo odgovarjajočo vrstico (če je v matematični model vključena vsaj ena dolžina, odstranimo četrto vrstico, če vključimo vsaj en opazovan smerni kot, pa tretjo vrstico).

V slučaju, ko je geodetski datum v celoti definiran na osnovi zunanjih opazovanj, ne potrebujemo notranjih vezi v izravnavi, ni potrebno uvesti matrike H^T .

Med matriko B – matrika koeficientov enačb popravkov (nastopa v posredni izravnavi in splošnem modelu izravnave) in H^T – matriko notranjih vezi v matematičnem modelu, obstaja zveza: $B \cdot H = 0$. Enačba predstavlja postopke izravnave opazovanj v izravnavi po MNK, hkrati pa predstavlja dobro kontrolno enačbo (Stopar, 2005).

3 TRANSFORMACIJA KOORDINATNIH SISTEMOV

Z lansiranjem in uveljavitvijo WGS-84 (World Geodetic System 1984) kot globalne geodetske reference ter GPS (Global Positioning System) kot vsestranskim sistemom pozicioniranja, se je pokazala potreba po razvoju natančnih in zanesljivih metod za transformacijo med globalnimi, regionalnimi in lokalnimi datumi ter koordinatnimi sistemi.

3.1 Splošno o pretvorbah in transformacijah

Mednarodni standard ISO19111¹ eksplicitno loči med pretvorbo koordinat ("coordinate conversion") in transformacijo koordinat ("coordinate transformation").

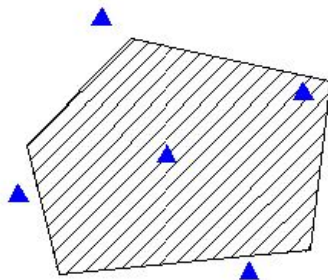
Po definiciji je pretvorba preračun koordinat iz enega koordinatnega sistema v drugega, v istem datumu. Transformacija pomeni preračun koordinat med dvema koordinatnima sistemoma, ki se nanašata na dva različna datuma. Lahko je linearna ali pa nelinearna, sama transformacija pa lahko nastopi v 1D, 2D oz. 3D prostoru.

Transformacija predstavlja matematično operacijo, ki nam omogoča pretvorbo koordinat izhodiščnega koordinatnega sistema v ciljnega in obratno-inverzno. Izbor tipa transformacije je odvisen od tega, kaj želimo pri prehodu med koordinatnima sistemoma ohraniti, načeloma naj bi vse vrste transformacij zagotavljale enak rezultat, ob doslednem upoštevanju zakonitosti. Glede na razsežnost koordinatnega sistema lahko točke/objekti (1D, 2D, 3D) spremenijo koordinate točk, svojo lokacijo in orientacijo, ohranijo pa velikost in obliko, oz. merilo, ali pa le-tega ne ohranijo. Izbira tipa oz. modela transformacije je odvisen od posamezne naloge in natančnosti, opredeljuje pa število in lastnosti transformacijskih parametrov.

Vmesni rezultat transformacije so izračunani parametri, na podlagi katerih določimo koordinate točk v ciljnem koordinatnem sistemu. V splošnem niso znani, izračunamo jih s

¹ ISO9111: Geographic information – Spatial referencing by coordinates

pomočjo identičnih točk t. i. veznih točk, ki nastopajo v obeh koordinatnih sistemih. Izbira veznih točk je zelo pomembna, saj s pravilno izbiro (razporeditvijo) točk zagotovimo najboljšo možno kombinacijo obeh koordinatnih sistemov, posledično pa zagotovimo relevantne transformacijske parametre za izbrano območje.



Slika 8: Pravilna izbira veznih točk na posameznem območju izmere

3.2 Tipi transformacij

V praksi izbira modela transformacije temelji na namenu želenih rezultatov transformacije. Dobro poznavanje lastnosti modelov transformacije nam omogoča optimalno izbiro modela za posamezno nalogo.

Glede na posamezne attribute modelov transformacij in število transformacijskih parametrov poznamo različne variante oz. tipe transformacij.

3.2.1 Afina transformacija

Predstavlja najbolj splošen model linearne transformacije. Afina transformacija pretvori premice v premice in ohranja vzporednost (slika 9). V splošnem se spremenijo velikost, oblika, položaj in orientacija mreže.

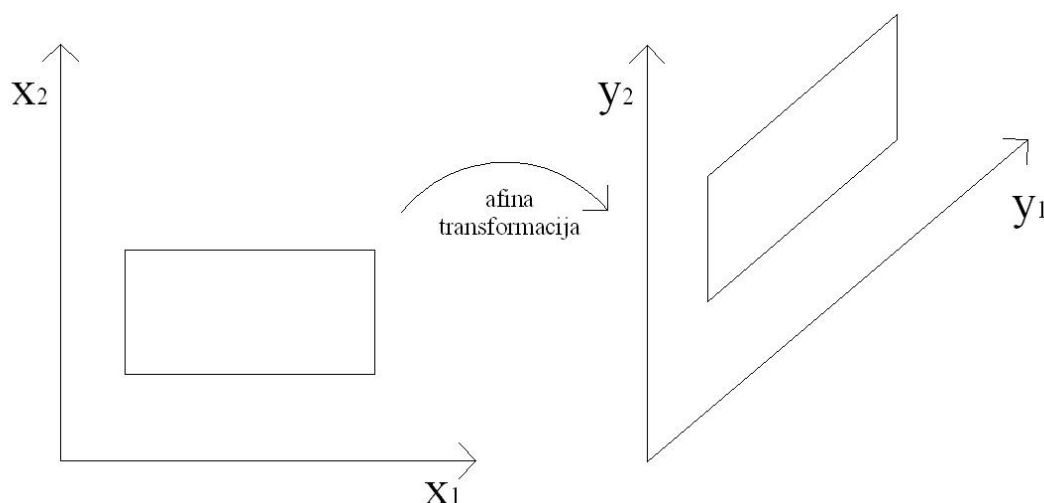
Merilo je funkcija orientacije linije in ne položaja linije v koordinatnem sistemu. Linije v določeni smeri so pomnožene s pripadajočim skalarjem.

V geodeziji najbolj uporabna 2D afina transformacija je trikotniško zasnovana odsekoma afina (6-parametrična) transformacija. Zvezna je na območju celotne Slovenije, eliminira oz. zmanjša nehomogeno natančnost Gauss-Krügerjevega koordinatnega sistema. Uporablja se za transformacija vektorskih podatkovnih slojev, ki pokrivajo celo državo (DKN - digitalni katastrski načrt) in geolociranje rastrskih slojev kot so DOF (digitalni orto-foto) in TTN (temeljni topografski načrt) (Berk et al., 2007).

Za šestparametrično afino transformacijo v dvorazsežnem prostoru veljajo naslednje zveze (Stopar, 2005):

$$\begin{aligned} y_1 &= ax_1 + bx_2 + c; \\ y_2 &= dx_1 + ex_2 + f. \end{aligned} \tag{14}$$

V enačbi (14) spremenljivke a , b , c , d , e in f predstavljajo parametre transformacije, ki določajo 2 premika koordinatnega sistema, 1 zasuk koordinatnega sistema, 1 spremembo kota med koordinatnima osema ter 2 spremembi merila vzdolž y_1 in y_2 koordinatnih osi (Stopar, 2005).



Slika 9: Šestparametrična afina transformacija v 2D razsežnem prostoru

3.2.2 Projektivna transformacija

Pri tej vrsti transformacije je merilo funkcija položaja. Uporablja se v velikih mrežah z več skupnimi točkami v obeh koordinatnih sistemih. Uporablja se pod predpostavko sistematičnih napak v merilu v enem od koordinatnih sistemov.

Projektivna transformacija je zahtevnejša od afine in na splošno zelo zmanjšuje število nadštevilnih opazovanj.

Odstraniti je potrebno vse lokalne deformacije in sistematične pogreške v mreži.

3.2.3 Polinomska transformacija

Predstavljajo tip transformacij, pri katerih transformacijski parametri nimajo očitnega geometrijskega pomena, zato so v praksi manj uporabne.

V nadaljevanju bomo podrobneje razčlenili 2D in 3D variante podobnostne (Similarity transformation) transformacije, ki imajo za geodetske znanosti in samo prakso velik pomen.

3.2.4 Podobnostna transformacija

Transformacijo, katere merilo je v vseh smereh identično, imenujemo podobnostna transformacija. Le-ta ohranja obliko, ohranjajo se koti med točkami – konformnost, dolžine linij, njihova orientacija ter koordinate točk oz. položaj pa se lahko spreminjajo. Natančnost transformacije je odvisna od velikosti območja in kakovosti veznih točk.

Poznamo različne variante 2D in 3D transformacij, za dobro razumevanje pa je potrebno definirati in razjasniti nekatere pojme, ki so povezani s pretvorbami in transformacijami med koordinatnimi sistemi.

3.2.4.1 Osnovni pojmi

V splošnem predstavlja pretvorba iz enega v drugi koordinatni sistem linearno transformacijo vektorja x v vektor y v obliki:

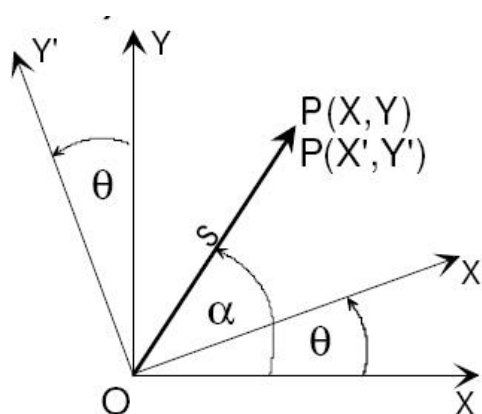
$$Y = Mx + t \quad (15)$$

Vsak element vektorja y je linearna kombinacija elementov vektorja x , elementi vektorja t pa predstavljajo vzporedni premik translacije koordinatnih osi. Matrika M se imenuje transformacijska matrika, ki je v splošnem pravokotna (število vrstic ni enako številu stolpcev). Vektor t se v splošnem imenuje vektor translacije (premika).

Zaradi poenostavitve transformacije med kartezičnimi (pravokotnimi) koordinatnimi sistemi so se vpeljale t. i. rotacijske in refleksijske (zrcalne) matrike.

3.2.4.1.1 Rotacijska matrika

Pri transformaciji med koordinatnimi sistemi pride do zasuka (*kot* θ) koordinatnih osi v ciljnim (novem) koordinatnem sistemu $x'y'$.



Slika 10: Rotacija ciljnega 2D koordinatnega sistema glede na izhodiščni koordinatni sistem
(Kuhar, 2007)

Ko točko P izrazimo s polarnimi koordinatami (radij vektor s in kot α) potem velja zveza (Kuhar, 2007):

$$x' = s \cos \alpha \cos \theta + s \sin \alpha \sin \theta \quad (16)$$

$$y' = s \sin \alpha \cos \theta - s \cos \alpha \sin \theta \quad (17)$$

Če izrazimo koordinate izhodiščnega in novega koordinatnega sistema s polarnimi koordinatami ter ciljne enačbe izrazimo s pomočjo izhodiščnih, dobimo naslednji enačbi (Kuhar, 2007):

$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (18)$$

$$y' = -x \sin \theta + y \cos \theta \quad (19)$$

V matrični obliki (Kuhar, 2007):

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \Theta & \sin \Theta \\ -\sin \Theta & \cos \Theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}, \text{ kjer matrika } R \text{ predstavlja rotacijsko matriko } R = \begin{bmatrix} \cos \Theta & \sin \Theta \\ -\sin \Theta & \cos \Theta \end{bmatrix}$$

Prav tako veljajo vse naštet lastnosti tudi v 3D prostoru in lahko zapišemo enačbe za rotacijo okoli treh osi tridimenzionalnega kartezičnega koordinatnega sistema.

V matrični obliki je rotacijska matrika (predstavlja rotacijo okoli Z-osi) enaka:

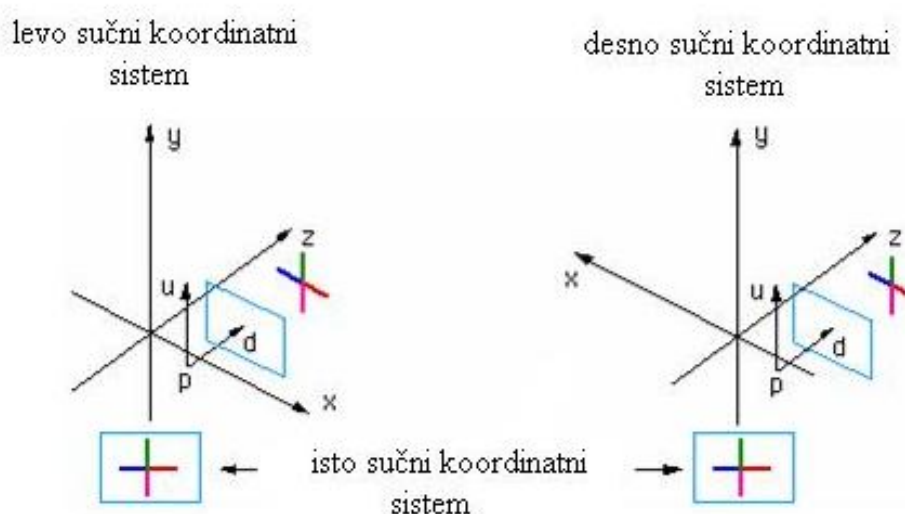
$$R_3(\Theta) = \begin{bmatrix} \cos \Theta & \sin \Theta & 0 \\ -\sin \Theta & \cos \Theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Dva koordinatna sistema s skupnim izhodiščem dovedemo do preklopa s tremi rotacijami okoli posameznih koordinatnih osi. Formiramo oz. definiramo t. i. skupno rotacijsko matriko (R_s), ki ima enake lastnosti kot posamezne (vsaka os) rotacijske matrike. Le-ta nastane kot produkt treh posameznih rotacijskih matrik, nova skupna matrika je ortogonalna.

Rezultat transformacije je odvisen od vrstnega reda rotacij, saj produkt matrik ni komutativen. V primeru, ko je $R_S = R_3(\gamma)R_2(\beta)R_1(\alpha)$, množimo z desne strani, prvo rotiramo okoli prve osi, potem okoli druge osi in na koncu okoli tretje osi (Kuhar, 2007).

3.2.4.1.2 Refleksijska matrika

Prehod iz desnega v levi koordinatni sistem je možen s pomočjo refleksije (zrcaljenja) posameznih koordinatnih osi. Množenje z refleksijsko matriko spremeni pozitivno smer posamezne koordinatne osi.



Slika 11: Refleksija levo sučnega koordinatnega sistema v desno sučni koordinatni sistem (Kuhar, 2007)

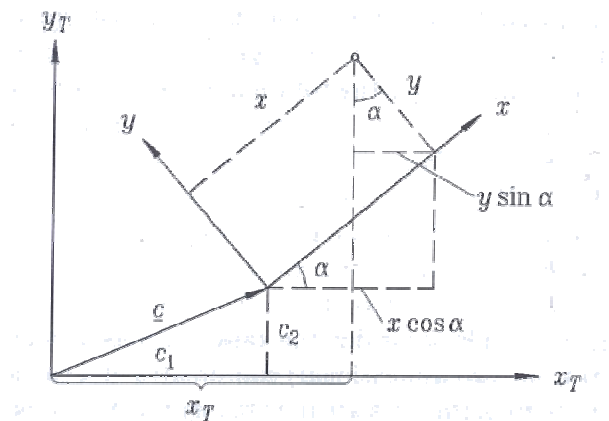
Refleksijske matrike se glasijo:

$$P_1 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad P_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad P_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

kjer matrika P_1 pomeni zrcaljene koordinatnega sistema preko x -osi, P_2 zrcaljenje preko y -osi ter P_3 zrcaljenje koordinatnega sistema preko z -osi.

3.2.4.2 2D podobnostna transformacija

Štiri-parametrično podobnostno transformacijo ali Helmertovo ravninsko transformacijo izvedemo preko najmanj dveh identičnih točk v obeh mrežah. Lastnosti transformacij so neodvisne od načina pridobitve transformacijskih parametrov. Kar posledično pomeni, da se koordinatna sistema med seboj razlikujeta v dveh translacijah (v smeri x in y osi), kotu zasuka med koordinatnima sistemoma in faktorju merila.



Slika 12: 4-parametrična transformacija (Hofmann-Wellenhof et al., 1994)

Za 4-parametrično podobnostno transformacijo veljajo zveze (Hofmann-Wellenhof et al., 1994), ki se nanašajo na sliko 12:

$$x_T = c_1 + p \cdot x - q \cdot y ;$$

$$y_T = c_2 + q \cdot x + p \cdot y ;$$

$$p = \mu \cdot \cos \alpha ;$$

$$q = \mu \cdot \sin \alpha ;$$

(20)

$$\mu = \sqrt{p^2 + q^2} ;$$

$$\tan \alpha = \frac{q}{p}$$

kjer c_1 , c_2 , p in q predstavljajo parametre transformacije, x , y koordinate točke v izhodiščnem, x_T , y_T pa koordinate točke v ciljnem koordinatnem sistemu. Parametra c_1 in c_2

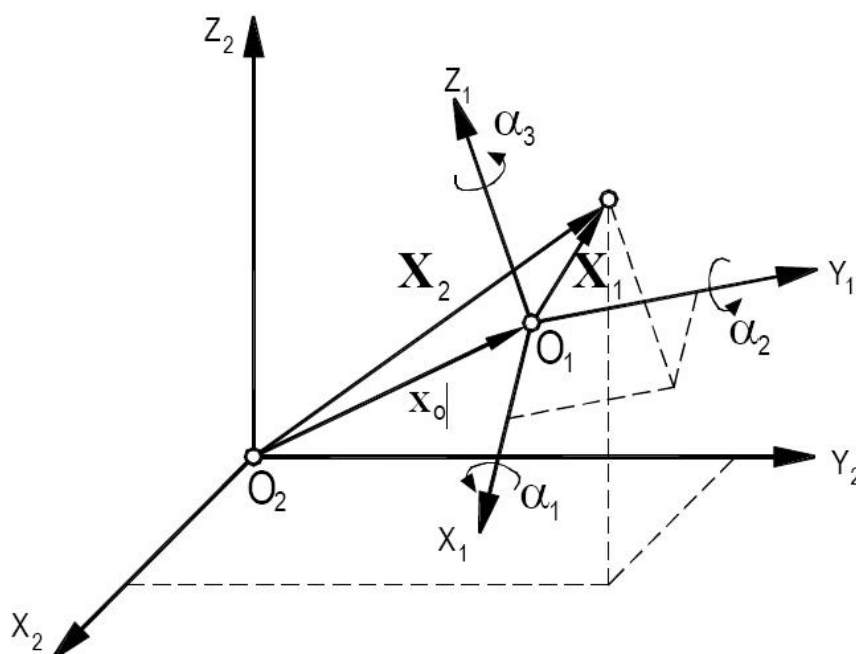
predstavljata premik točke, μ predstavlja spremembo merila, α pa kot rotacije ciljnega koordinatnega sistema glede na izhodiščni koordinatni sistem.

Uporablja se za transformacijo detajla s pomočjo lastnih (neodvisno pridobljenih) parametrov v zemljiškem katastru ter za enostavno transformacijo podatkovnih slojev s pomočjo danih (apriori privzetih) parametrov v CAD orodjih.

3.2.4.3 3D podobnostna transformacija

3.2.4.3.1 *Burša-Wolf model*

Ena izmed najpogosteje uporabljenih transformacijskih metod v geodeziji je 3D konformna transformacija, znana kot 3D podobnostna transformacija ali Helmertova transformacija oz. 7-parametrična transformacija. Transformacija je določena s tremi premiki enega koordinatnega sistema glede na drugega, tremi zasuki in spremembo merila, vendar kljub temu oblika figure ostaja nespremenjena.



Slika 13: Burša – Wolf model 7-parametrične transformacije (Andrei, 2006)

3D pravokotna koordinatna sistema, ob zadostnem številu veznih točk, sta lahko poveza s pomočjo Burša-Wolf modela 3D Helmertove transformacije, ki je podana z zvezo (Andrei, 2006):

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(2)} = \begin{bmatrix} \delta x \\ \delta y \\ \delta z \end{bmatrix} + \mu \cdot R(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(1)} \quad (21)$$

$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(2)}$, predstavlja koordinate i-te točke v ciljnem koordinatnem sistemu;

$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(1)}$, predstavlja koordinate i-te točke v izhodiščnem koordinatnem sistemu;

$\begin{bmatrix} \delta x \\ \delta y \\ \delta z \end{bmatrix}$, predstavlja tri parametre translacije (argument premika);

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ - predstavljajo tri zasuke okoli x, y, in z-osi.

μ - faktor merila, predstavlja razmerje dolžinske enote izhodiščnega in končnega koordinatnega sistema na vsaki koordinatni osi posebej.

R - skupna rotacijska matrika, ki predstavlja skupek vseh rotacijskih matrik po posamezni osi.

Enota translacije je podana v metrih, rotacije v radianih, spremembe merila pa v ppm (parts per million).

Podobnostna transformacija je uporabna zaradi:

- majhnega števila parametrov;
- enostavnosti modela, ki ga lahko implementiramo v programsko opremo;

- in dejstva, da v primeru homogenosti obeh koordinatnih sistemih, ne prihaja do lokalne distorzije merila in orientacije.

V praksi transformacijski parametri ponavadi niso znani. Pridobimo jih iz veznih in kontrolnih točk, podanih v obeh koordinatnih sistemih. Teoretično so tri dane koordinate (v obeh koordinatnih sistemih) dovolj za enolično določitev 7-parametrične transformacije (Andrei, 2006).

Če je podanih več danih točk, izvedemo izravnavo po MNK in lahko odkrivamo sistematične in grobo pogrešene dane točke. Le-te eliminiramo in jih ne vključimo v izravnavo kot dane.

3.2.4.3.2 Molodensky-Badekaš model

Problem modela Burša-Wolf je v tem, da so izravnani parametri zelo korelirani na majhnem območju obravnave. Model Molodensky-Badekaš pa odstrani to visoko korelacijo med parametri s povezavo le-teh s težiščem mreže (Andrei, 2006).

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(2)} = \begin{bmatrix} \bar{X} \\ \bar{Y} \\ \bar{Z} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \delta x' \\ \delta y' \\ \delta z' \end{bmatrix} + \mu \cdot R(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) \cdot \begin{bmatrix} X - \bar{X} \\ Y - \bar{Y} \\ Z - \bar{Z} \end{bmatrix}_{(1)} \quad (22)$$

$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$ X koordinate točk težišča izhodiščnega koordinatnega sistema;

$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$ Y koordinate točk težišča izhodiščnega koordinatnega sistema;

$\bar{Z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_i$ Z koordinate točk težišča izhodiščnega koordinatnega sistema;

$\begin{bmatrix} \delta x' \\ \delta y' \\ \delta z' \end{bmatrix}$ Molodensky-Badekaš translacija;

Izravnane koordinate, dolžine linij, faktor merila, kot rotacije, variančno-kovariančne matrike in referenčna varianca a-posteriori tega modela so identične kot rešitev Burša-Wolf modela.

Do razlik med modeloma prihaja pri translaciji, saj se razhajata v merilu in rotaciji centroida mreže.

Za boljšo ponazoritev razlik v translaciji uvedemo spremenljivko k , tako enačba Molodensky-Badekaš izgleda takole (Andrei, 2006):

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(2)} = k + \begin{bmatrix} \delta x' \\ \delta y' \\ \delta z' \end{bmatrix} + \mu \cdot R \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{(1)}, \text{ kjer je } k = \begin{bmatrix} \bar{X} \\ \bar{Y} \\ \bar{Z} \end{bmatrix}_{(1)} - \mu \cdot R \cdot \begin{bmatrix} \bar{X} \\ \bar{Y} \\ \bar{Z} \end{bmatrix}_{(1)} \quad (23)$$

Potrebno je izpostaviti, da ko delamo z globalnimi mrežami točk, ima težišče izhodiščnega koordinatnega sistema Molodensky-Badekaš enake koordinate kot center elipsoida ($\bar{X}_{(1)} = \bar{Y}_{(1)} = \bar{Z}_{(1)} = 0$), reduciramo ga na Burša-Wolf model.

3.2.4.3.3 Ortogonalna transformacija (2D in 3D)

Enaka je podobnosti transformaciji, kjer je merilo enako enoti. Koti in razdalje se ne spreminjajo, spremenijo pa se položaji točk v koordinatnem sistemu.

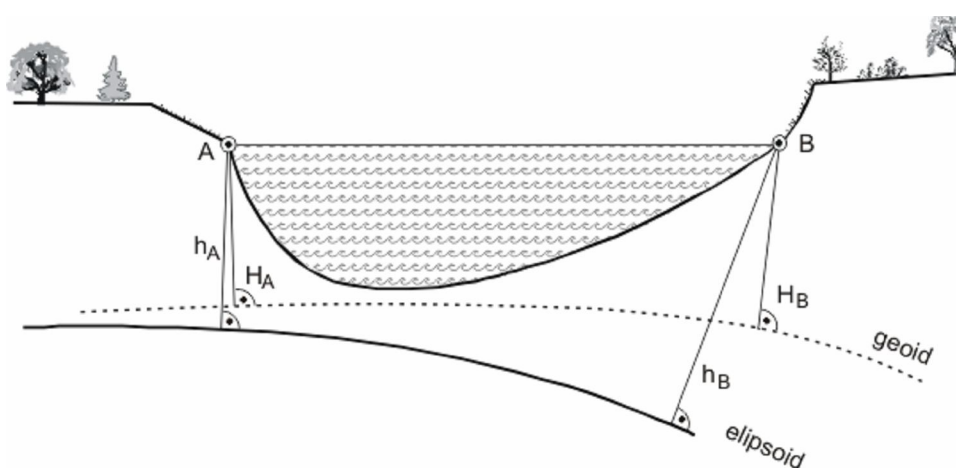
3.3 Izračun višin

Večina terestričnih državnih sistemov je kombinacija dveh ločenih koordinatnih sistemov, 2D ravninskega horizontalnega koordinatnega sistema in 1D višinskega sistema. Med drugim imata oba koordinatna sistema velikokrat različen faktor merila. Zato danes stremimo k realizaciji in materializaciji geodetskih referenčnih sestavov visoke natančnosti, ki so posledica razvoja satelitske GPS oz. GNSS tehnologije. Ta nam zagotavlja centimetrsko položajno in 1-3 centimetrsko višinsko natančnost.

V postopku transformacije višine (aritmetično) preračunavamo iz enega višinskega sistema v drugi sistem. Zanima nas relacija: elipsoidna višina (Bessel) ↔ elipsoidna višina (GRS80).

Višin v transformaciji »ne« uporabljamo, ker jih reduciramo na nivojske ploskve ($h=0$, $H=0$), tako se izognemo vplivu višin na določitev položajnih koordinat točk v postopku transformacije. Po opravljeni transformaciji višine interpoliramo s pomočjo ustreznih modelov geoida.

Za izračun višin uporabljamo absolutni model geoida z naslednjo zvezo: $H = h - N$, kjer H predstavlja ortometrično višino, ki se nanaša na geoid, h predstavlja elipsoidno višino nanašajočo se na izbrani rotacijski elipsoid ter N geoidno ondulacijo (slika 4).



Slika 14: Prikaz problema prileganja elipsoida geoidu na izbranem območju

3.4 Določitev lastnih transformacijskih parametrov in izravnava transformacije

Transformacija koordinat točk iz globalnega koordinatnega sistema v državni koordinatni sistem in obratno izvajamo s 7-parametrično podobnostno transformacijo, npr. Burša - Wolf model transformacije, v trirazsežnem pravokotnem koordinatnem sistemu.

Natančnost koordinat točk, katerih koordinate so določene z GNSS metodami izmere, je odvisna:

- od natančnosti koordinat točk v izvornem ETRS 89 in
- od kakovosti vklopa v državni koordinatni sistem.

Do vnaprej danih transformacijskih parametrov moramo biti vedno skeptični, razlog je v nehomogenosti Gauss-Krügerjevega koordinatnega sistema, kar posledično pomeni, da so lahko parametri primerni na posameznem delu območja, drugje pa več ne. Zato je ključnega pomena sama ocena kakovosti transformacije, ki jo izvedemo z izračunom odstopanj med transformiranimi koordinatami točk ter danimi koordinatami točk.

Gauss-Krügerjev koordinatni sistem je ločen na horizontalno in vertikalno komponento, zato transformacijo za horizontalne koordinate, ki se nanašajo na elipsoid, izvajamo s podobnostno transformacijo, vertikalno komponento (ortometrično višino H) pa pridobimo z interpolacijo geoidne višine iz modela absolutnega geoida Slovenije, ki predstavlja ploskev absolutnih geoidnih višin oz. višinskih odstopanj med geocentričnim elipsoidom in geoidom na danem območju.

Osnovno enačbo prostorske podobnostne transformacije, modela Burša-Wolf, opisuje enačba (21).

Kotni parametri v enačbi (21) so merjeni sourni in predstavljajo tri zaporedne zasuke okoli koordinatnih osi; najprej okoli Z -osi, nato okoli Y -osi in končno še okoli X -osi (kardanska rotacijska matrika). Običajno jih navajajo v ločnih sekundah in jih je seveda treba ustrezno pretvoriti (v radiane).

Navedeno enačbo transformacije skupaj z interpretacijo transformacijskih parametrov označujemo z angleško kratico CFR (ang.: Coordinate Frame Rotation convention), ki predstavlja kratico za postopek podobnostne transformacije in interpretacijo transformacijskih parametrov, uporablja pa jo tudi programski paket SiTraNet, ki smo ga uporabili za določitev transformacijskih parametrov na območju mesta Ormož.

3.4.1 Izračun lastnih transformacijskih parametrov in ocena kakovosti določitve transformacijskih parametrov

V primerih, ko je zahtevana natančnost koordinat detajlnih točk visoka, je treba izračunati lokalne transformacijske parametre, ki omogočajo optimalni vklop v Gauss - Krügerjev koordinatni sistem na konkretnem delovišču.

Izračun lastnih transformacijskih parametrov poteka po naslednjem postopku:

- vhodni podatki za izračun transformacijskih parametrov so vsaj trije pari točk (priporočljivo štirje ali več) s koordinatami v Gauss - Krügerjevem koordinatnem sistemu (y_{GK}, x_{GK}) in ETRS 89 koordinatnem sistemu (φ, λ, h)GRS 80;
- iz koordinat (y_{GK}, x_{GK}) v ravnini Gauss - Krügerjeve kartografske projekcije izračunamo koordinate točke na nivoju Besselovega elipsoida;
- iz elipsoidnih koordinat točk na nivoju Besselovega elipsoida ($\varphi, \lambda, 0$) in elipsoida GRS 80 ($\varphi, \lambda, 0$) izračunamo trirazsežne kartezične koordinate (X, Y, Z). S transformacijo na nivoju elipsoida se izognemo problematiki nezanesljivo in slabo določenih višin točk nižjih redov, ki lahko pokvarijo natančnost transformiranih koordinat detajlnih točk. Tak izračun uporabimo tudi v primeru, ko imamo različne višinske sisteme v izvornem in ciljnem koordinatnem sistemu;
- zvezo med danimi koordinatami v obeh koordinatnih sistemih in parametri transformacije podajajo enačbe 7-parametrične podobnostne transformacije;
- v postopku izravnave po metodi najmanjših kvadratov določimo optimalne vrednosti transformacijskih parametrov (3 pomiki, 3 zasuki, 1 sprememba merila).

Za metodo izravnave transformacije je najprimernejša tehnika izravnave splošni model izravnave.

Pri izbiri veznih točk je potrebna maksimalna pozornost, doslednost in kritičnost. Za vezne točke izbiramo točke višjih redov (trigonometri, navezovalne točke), pomembna je tudi sama razporeditev le-teh. Nahajati se morajo izven samega območja izmere, priporočljive pa so tudi vezne točke v sredini območja transformacije. Velik pomen je smiselno nameniti cenilkam kakovosti transformacije.

Cenilke kakovosti transformacije so (Kozmus et. al., 2007):

- odstopanja med danimi in transformiranimi Gauss-Krügerjevimi koordinatami na veznih točkah (tj. točk, iz katerih so bili izračunani transformacijski parametri);
- odstopanja med danimi in transformiranimi Gauß-Krügerjevimi koordinatami na kontrolnih točkah (tj. točk, ki niso bile vključene v izračun transformacijskih parametrov, imajo pa koordinate določene v obeh sistemih);
- standardni deviaciji a-posteriori, izračunani z izrazom $\sigma_0^2 = \frac{v^T P v}{r}$;
- srednjemu standardnemu odklonu (odstopanju), izračunanemu na osnovi odstopanj danih in transformiranih koordinat veznih točk;
- ocenjevanju morebitnih prisotnih grobih pogreškov v koordinatah veznih točk, ki temelji na postopku »data snooping« oz. na postopku »tau-test«. V primeru postopka »data snooping« vrednotimo standardizirane popravke $\frac{v_i}{\sigma_{vi}}$, v primeru postopka »tau-test« vrednotimo standardizirane popravke $\frac{v_i}{\sigma_{vi}}$, ki jih ocenjujemo z vrednostjo razmerij $(\frac{v_i}{\sigma_{vi}})/(\tau_{\alpha_0/2}(r))$, ki naj bi bilo manjše od 1.

Priporočljivo je uporabiti katero izmed metod za ugotavljanje prisotnosti oz. za iskanje grobih pogreškov (ti dve metodi uporablja programski paket SiTraNet, ki je bil uporabljen pri določitvi kakovosti transformacije in iskanju grobih pogreškov pri določitvi transformacijskih parametrov):

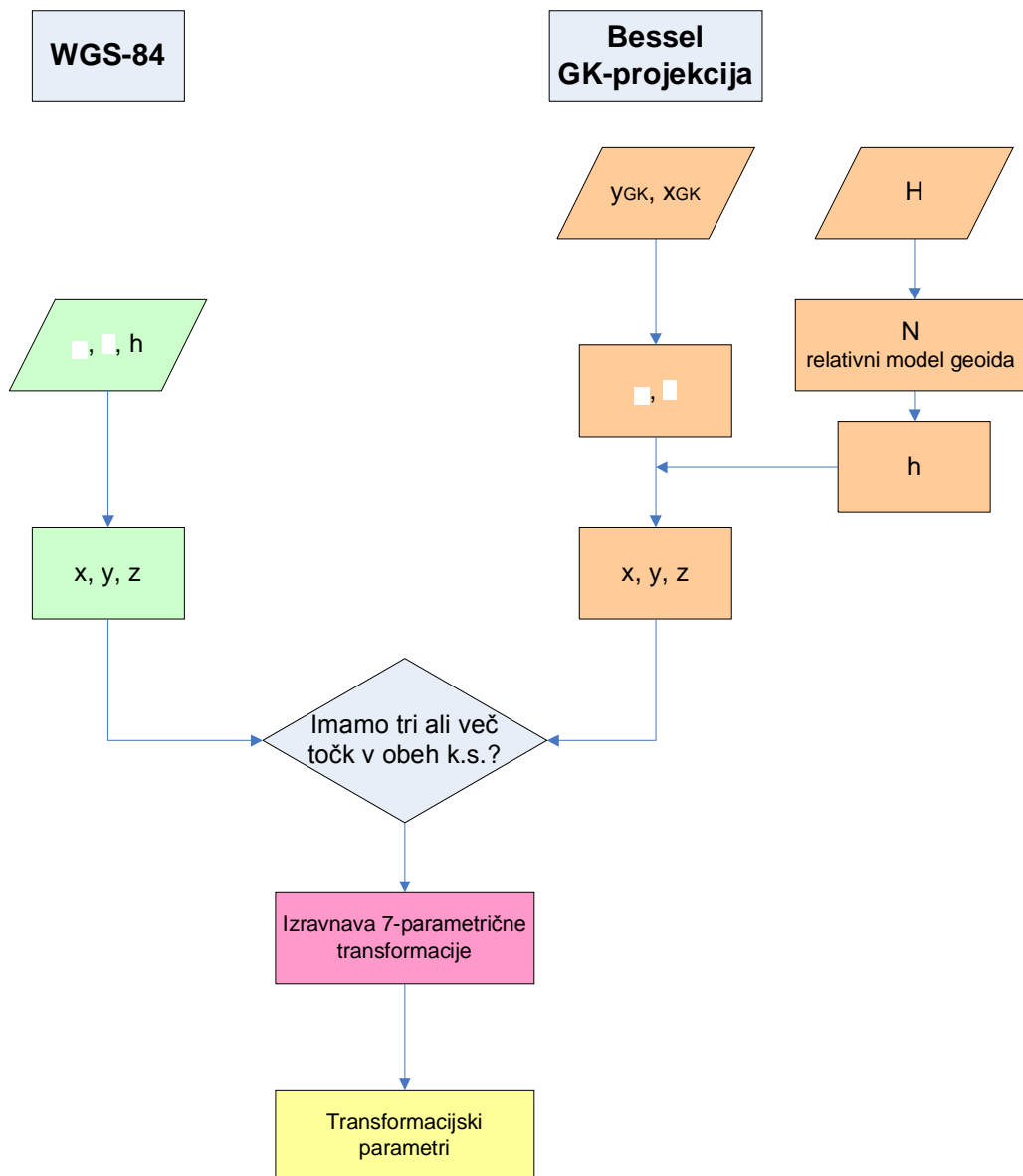
- globalni test modela z metodo »data-snooping«;

- »tau test«.

Globalni test modela uporabimo takrat, kadar je znana referenčna varianca a-priori σ_0^2 oz. so standardne deviacije vhodnih podatkov zanesljivo znane. Globalni test modela predstavlja test referenčne variance a-posteriori $\hat{\sigma}_0^2$ glede na referenčno varianco a-priori σ_0^2 . Osnova postopka »data-snooping« je izračun standardiziranih popravkov $\frac{v_i}{\sigma_{vi}}$ in primerjava teh vrednosti s kritično vrednostjo standardne normalne porazdelitve, ki je odvisna od stopnje značilnosti testa. Za $\alpha_0 = 0,001$ je kritična vrednost 3,29. Lociranje grobih pogreškov poteka z upoštevanjem števila nadštevilnosti iz matrike nadštevilnosti R^2 (sled-trace) (Stopar, 2005).

Metoda »tau-test« se uporabi takrat, ko referenčne variance a-priori σ_0^2 ne poznamo ali so natančnosti podatkov nezanesljive, kar je praviloma primer v praksi. V takih primerih uporabimo referenčno varianco a-posteriori $\hat{\sigma}_0^2$. Standardizirane popravke primerjamo s kritično vrednostjo $\tau_{\alpha/2}$, ki je odvisna od števila nadštevilnih opazovanj v matematičnem modelu $r = n - n_0$. Kot grobo pogrešeno opazovanje se tretira tisto, za katero je razmerje med standardiziranim popravkom $\frac{v_i}{\hat{\sigma}_{vi}}$ ter kritično vrednostjo tau-porazdelitve $\tau_{\alpha_0/2}(r)$ večje od 1 (Stopar, 2005).

² Matrika nadštevilnosti ni enaka rotacijski matriki, oznaka je le naključna.



Slika 15: Ena izmed možnosti določitve transformacijskih parametrov (GURS, 2007)

Bolj verodostojna izvedba transformacije, kot je shematsko prikazana na sliki 14, sloni na vrednostih višin enakih nič ($H=0$, $h=0$). Višine reduciramo na ničelno nivojsko ploskev ($H=0$) oz na površino referenčnega elipsoida ($h=0$). Transformacijo izvajamo s pravokotnimi koordinatami, zato se koordinate točk, ki niso podane kot pravokotne, preračunajo v prostorske pravokotne koordinate (X, Y, Z). V praksi imamo v postopku transformacije opravka z različnima višinskima sistemoma v izhodiščnem in ciljnim koordinatnem sistemu, zato povezavo med obema sistemoma vzpostavimo s pomočjo enačbe $h = H + N$.

3.4.2 Izravnava 7-parametrične transformacije

Izravnavo transformacije izvedemo, ko želimo pridobiti oceno transformacijskih parametrov med koordinatnima sistemoma na osnovi točk s koordinatami v obeh sistemih. Skupne točke morajo biti vsaj 3 zaželeno pa je, da jih je več. S tem izpolnimo osnovni pogoj izravnave – nadštevilnost, tri trojice koordinat predstavljajo 9 opazovanj, za določitev 7 datumskih parametrov jih potrebujemo 7. Imamo opravka z izravnavo transformacije, na podlagi katere določimo oceno transformacijskih parametrov ter ocenimo njihovo natančnost ter natančnost koordinat.

Vhodni podatki za izravnavo so:

- dva niza koordinat (identične točke v obeh koordinatnih sistemih);
- pripadajoče kovariančne matrike³.

Za izravnavo transformacije uporabljamo splošni model izravnave brez vseh omejitev, torej ni pogoja glede števila neznank ali pa števila opazovanj v enačbi popravkov oz. pogojnih enačbah, kot velja za posredno oz. pogojno izravnavo. Splošni model izravnave izraža enačba (Stopar, 2003):

$$A \cdot v + B \cdot \Delta = f \tag{24}$$

kjer A predstavlja matriko koeficientov popravkov opazovanj, B - matriko koeficientov neznank, v - vektor popravkov opazovanj, Δ - vektor neznank in vektor f, ki definira odstopanje izračunano iz d - vektorja konstant, l - vektorja opazovanj in matrike A. Za vektor odstopanj f velja zveza $f = d - A \cdot l$.

Za ta tip izravnave velja, da lahko v izravnavi transformacije koordinate točk v obeh koordinatnih sistemih obravnavamo kot opazovanja. Posebej smiselna je obravnava vseh

³ V primeru, da ne vemo kakšne natančnosti so koordinate v obeh koordinatnih sistemih izberemo enotsko kovariančno matriko, katere vrednosti standardnih odklonov koordinat so 1.

koordinat kot opazovanj, kadar so natančnosti koordinat v izvornem in ciljnem koordinatnem sistemu različne (Stopar, 2003).

Pri transformaciji se spremenijo posamezne koordinate, dolžine in koti v posameznem koordinatnem sistemu. Premiki točk v mreži so običajno majhni in ne spremenijo oblike celotne mreže. To dejstvo se s pridom izkorišča v geodeziji, kjer je poudarek na »fiksni« koordinatah danih točk.

Natančnost transformiranih koordinat je odvisna od natančnosti določitve transformacijskih parametrov in od natančnosti določitve koordinat (odvisno od uporabljenega instrumentarija, metod izmere, obdelave, programske opreme), ki jih transformiramo.

Pri transformaciji Gauss-Krügerjevega koordinatnega sistema v izbran koordinatni sistem oz. obratno se srečamo s pojavom nehomogenosti mreže, kar povzroča velike lokalne deformacije Gauss-Krügerjevega koordinatnega sistema. Iz tega sledi veliko število transformacijskih parametrov za celotno območje Slovenije (Mesner et al., 2007).

Rezultat transformacije so transformirane koordinate točk v ciljni koordinatni sistem ter pripadajoča ocena natančnosti določitve koordinate (elipse pogreškov, standardne deviacije ...). Ob uporabi stalno delujočega omrežja permanentnih postaj (SIGNAL), korektno izvedeni klasični terestični izmeri, korektno, predvsem pa pravilno izvedeni GPS izmeri ter na koncu pravilni določitvi transformacijskih parametrov, lahko po transformaciji dosežemo položajno natančnost reda velikosti 1-2 cm, višinsko reda velikosti 3–5 cm. Rezultate transformacije vrednotimo s pomočjo ustreznih statističnih testov.

Seveda lahko te zahteve hitro postanejo abstraktne, če osnovni, izhodiščni podatki, koordinate točk v Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu, niso dovolj visoke oz. neenotne natančnosti.

4 IZVEDBA GNSS IZMERE ZA DOLOČITEV TRANSFORMACIJSKIH PARAMETROV

4.1 Uporabljene metode GNSS izmere

Pri izvedbi projekta določitve transformacijskih parametrov geodetske mreže mesta Ormož smo morali najprej določiti koordinate točk v D96 koordinatni sistem. Nove točke smo določili na osnovi statične in RTK GNSS izmere.

4.1.1 Statična GPS izmera

Vse metode GNSS izmere, ki jih uporabljamo v geodeziji, temeljijo na faznih opazovanjih. Uporabljajo se za določitev relativnega položaja, ker le-ta omogoča doseganje zadovoljive natančnosti položaja za potrebe geodezije.

Statična GPS izmera je osnovna metoda za določanje relativnega položaja. Opazovanja pri tej metodi, ki trajajo od 30 do 120 minut, temeljijo na spremembi geometrijske razporeditve satelitov v času opazovanj. Statično izmero običajno izvajamo s številom sprejemnikov, ki je manjše od števila točk, zato jo izvedemo v več serijah. Rezultat statične izmere so bazni vektorji med točkami. Matematični modeli za modeliranje ionosferske refrakcije in zanesljivi algoritmi za določitev neznanega števila celih valov omogočajo ob izvedbi statičnih GPS opazovanj pridobitev baznih vektorjev, dolžin D , z relativno natančnostjo do $10^{-6} \cdot D$, ki pa je lahko v primeru uporabe natančnih efemerid satelitov tudi do $10^{-7} \cdot D$. Za doseganje tako visoke natančnosti pa je, poleg kakovostne izvedbe opazovanj in uporabe natančnih tirnic satelitov ustrezne kakovosti, potrebno izvesti tudi obdelavo opazovanj. Končne rezultate statične izmere pridobimo z izravnavo baznih vektorjev v GPS mreži (Stopar et al., 2006).

Prednost statične metode je relativna točnost (0,1–10 ppm), slabost je trajanje opazovanj na posamezni geodetski točki, ki lahko traja tudi nekaj dni, odvisno od želene kakovosti oz. potreb uporabnika.

4.1.3 RTK GNSS izmera

RTK izmera omogoča določitev kakovostnega položaja v realnem času in predstavlja najpogosteje uporabljeno metodo izmere z GNSS tehnologijo za potrebe detajlne geodetske izmere. Temelji na relativni določitvi položaja, osnova so fazna opazovanja, glede na dane koordinate točke. Dane točke so v primeru uporabe podatkov omrežja SIGNAL predstavljajo permanentne GNSS postaje. Permanentne postaje opravljajo funkcijo referenčnih sprejemnikov, ki našemu sprejemniku (roverju) pošilja opazovanja in popravke opazovanj (permanentnih postaj ali VRS postaje) v realnem času. Za nemoteno delo z metodo RTK je potrebno povezati rover s centrom omrežja SIGNAL. Povezavo vzpostavimo preko:

- klicnega dostopa (GSM);
- spletne povezave (NTRIP protokol).

RTK metodo izmere, zaradi nekaj centimetske natančnosti določitve horizontalnega položaja v realnem času, uporabljamo v geodeziji, gradbeništvu, GIS ...

Pri RTK izmeri moramo biti pozorni na t. i. inicializacijo, saj je od le-te (od tipa rešitev določitve neznanega števila celih valov na začetku opazovanj in vidljivosti vsaj štirih satelitov) odvisna natančnost določitve položaja novih točk. Hkrati pa je uspešna inicializacija edino merilo kvalitete določitve položajev novih točk, v nekoliko manjšo pomoč nam je še PDOP faktor, ki nam poda informacijo o geometrijski razporeditvi satelitov v času izmere.

4.2 Izbira območja geodetske izmere

Za območje izmere smo izbrali k.o. Ormož, ki je del mestne občine Ormož.

Občina Ormož je del Prlekije, pokrajine med Muro in Dravo. Leži med slovensko-hrvaško mejo ter Gornjo Radgono in Ptujem. Zajema širše ozemlje z ravnino in gričevjem.

Izbira območja je temeljila predvsem na:

- velikosti območja transformacije (vsaj 3x3 km);
- predpostavljeni homogenosti mreže na izbranem območju;
- enakomerno razporejenih veznih točkah, potrebnih za določitev transformacijskih parametrov.

Po določitvi okvirnega območja je sledilo rekognosciranje terena oz. fizično stabiliziranih točk različnih redov. Na terenu smo ugotovili gostoto in višino vegetacije, zgradb in ovir, ki bi lahko oteževale oz. onemogočale izvedbo GNSS izmere.

Pri iskanju točk na terenu smo si pomagali z GNSS instrumentom ter topografijami pridobljenimi s strani Geodetske pisarne Ormož.

Skozi čas se je veliko točk, predvsem zaradi izgradnje gospodarske javne infrastrukture, uničilo ali pa poškodovalo. Zato smo iz vzorca približno 500 točk (trigonometri, navezovalne točke, poligonske točke različnih redov) uspeli zbrati oz. najti vsaj 50 točk različnih natančnosti, ki so bile potencialno uporabne za določitev transformacijskih parametrov.

Po zagotovljenem in dobro definiranem naboru točk smo naredili selekcijo in redukcijo ter določili točke, ki smo jih v nadaljevanju prevzeli kot dane. Glavni kriteriji pri izbiri veznih točk so bili:

- red točke v mreži (uporabni le trigonometri in navezovalne točke);

- dobro stabilizirane točke (odpadejo plazovita in labilna območja);
- položaj točke v mreži;
- lokacija točke v naravi (odprtost terena proti južni strani neba, po možnosti brez naravnih in grajenih ovir – onemogočajo signal, odsotnost izvirov elektromagnetnega valovanja);
- izogibanje večjih vodnih površin, zaradi odboja signala (tega kriterija nismo mogli v celoti upoštevati, posledica oblike mreže).

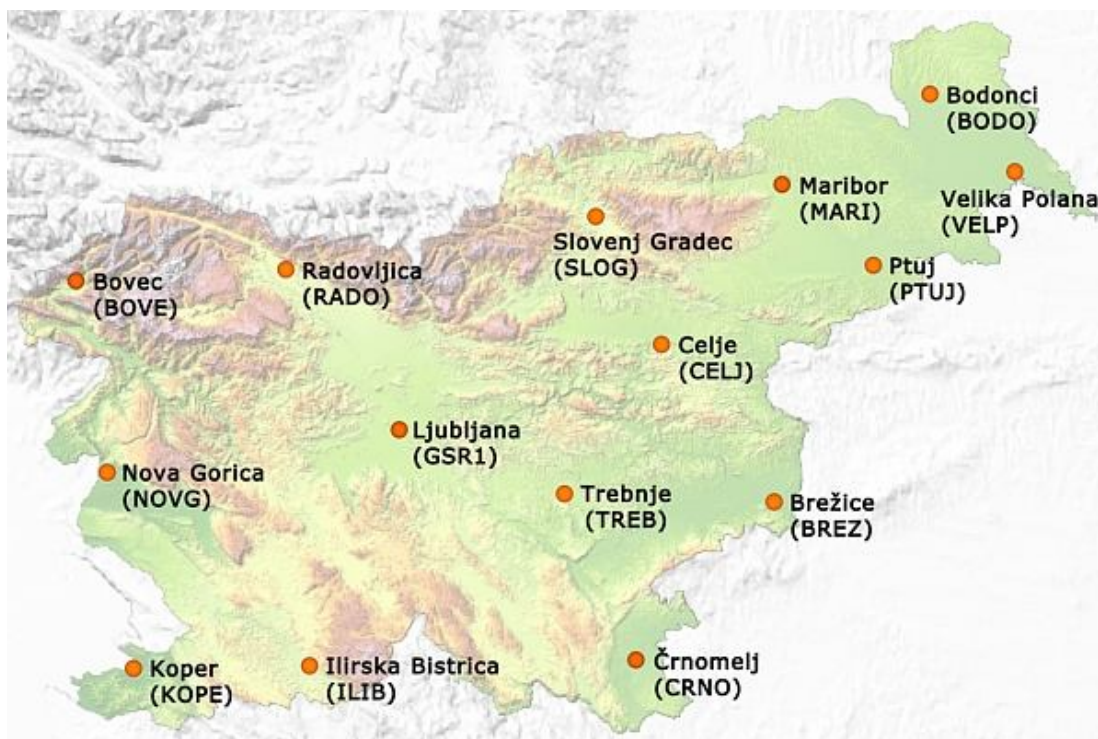
V primeru, ko je zadostno število točk, tj. število točk potrebnih za določitev transformacijskih parametrov, ustrezalo matematičnemu modelu, smo oblikovali referenčno mrežo, kjer smo upoštevali vse predhodno zastavljene kriterije, ki jih naša »optimalna« referenčna mreža mora izpolnjevati.

Izbrane točke smo že imeli podane v Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu, naša naloga je bila določitev le-teh še v ETRS89 koordinatnem sistemu.

Glede na natančnost posameznih GNSS metod določitve položaja smo na veznih točkah izvedli statično GNSS izmero z naknadno obdelavo podatkov (ang.: postprocessing). Na ostalih točkah nižjih redov in hkrati tudi veznih točkah so bili podatki pridobljeni s RTK (real-time-kinematic) metodo izmere s pomočjo navezave na nacionalni sistem permanentnih postaj SIGNAL.

V procesu statične izmere so nas zanimali različni koncepti statične izmere, zato smo v postopku določitve koordinat veznih točk v ETRS89 koordinatnem sistemu uporabili še VRS (ang.: Virtual Reference Station). Podatke za VRS postajo smo pridobili s strani SIGNAL-a, ki nam je posredoval podatke opazovanj za virtualno referenčno postajo. Podatke opazovanj za virtualno referenčno postajo smo generirali še s pomočjo programskega paketa TTC (ang.: Trimble Total Control). Obe možnosti smo izvedli pri naknadni obdelavi statične izmere, ker so dolžine nekaterih baznih vektorjev znašale do 40 km. SIGNAL je podatke za VRS točko modeliral s pomočjo ekstrapolacije, saj se izbrana točka ni nahajala v mreži, ki jo tvorijo permanentne postaje omrežja SIGNAL. V TTC smo t. i. virtualno referenčno točko oz.

postajo generirali sami in dobili podatke opazovanj za VRS, ki so bili primerljivi s podatki, izračunanimi in pridobljenimi z ostalimi metodami GNSS izmere.



Slika 16: Omrežje permanentnih postaj SIGNAL (Geodetska uprava RS, Služba za GPS)

4.3 Določitev koordinat novih točk v ETRS89 koordinatnem sistemu s statično GNSS izmero

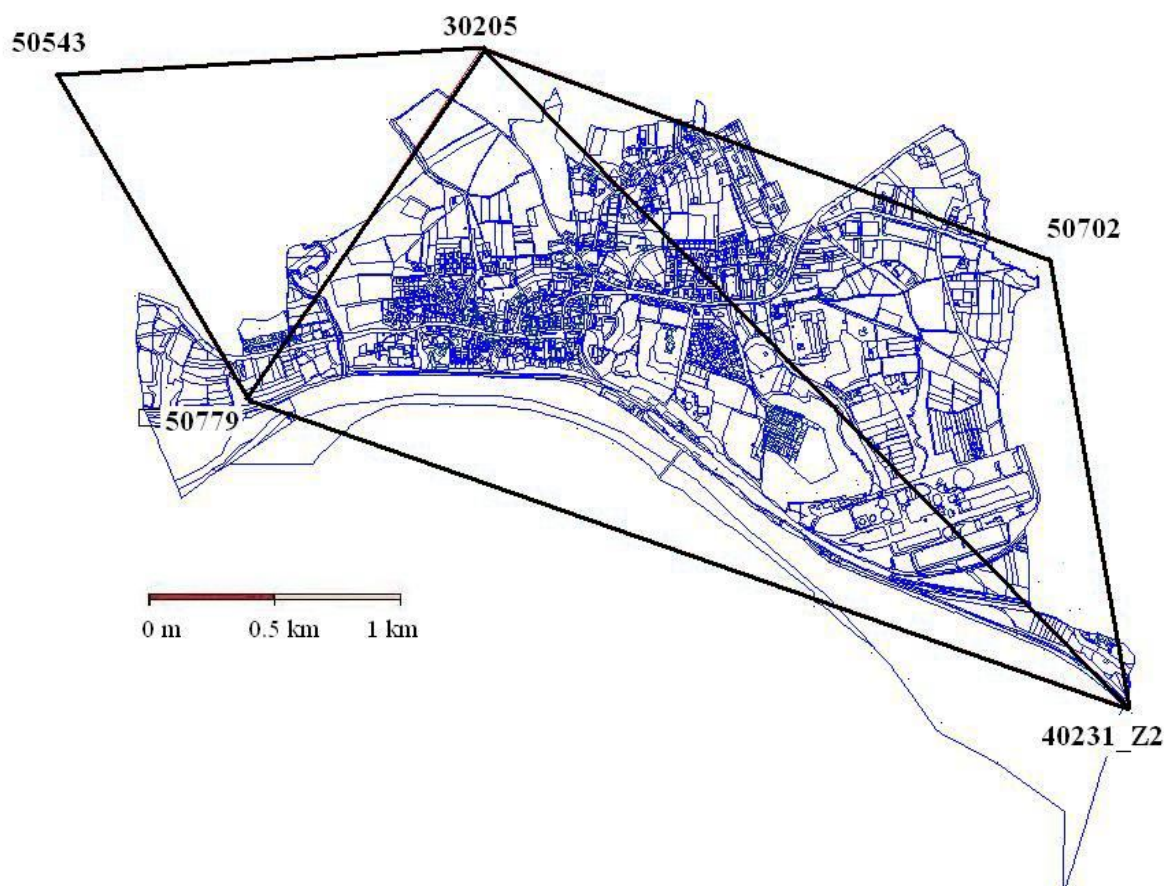
Z namenom določitve koordinat veznih točk v referenčni mreži smo na teh točkah izvedli statično GNSS izmero. Točke, izbrane za statično izmero, so bile točke z dobro stabilizacijo in so se nahajale na obodu mreže ter locirane na predelih brez naravnih ali grajenih ovir. Poizkušali smo namreč zagotoviti enakomerno razporeditev referenčnih točk na celotnem območju. V veliki meri smo že pri planiranju izmere poizkušali upoštevati ključne okoliščine, ki bi pri izvedbi in kasnejši obdelavi lahko vplivali na kakovost določitve koordinat veznih točk.

Pri razporeditvi veznih točk bi bilo potrebno glede na teorijo geodetskih mrež izbrati še kako točko v središču obravnavanega območja. Vendar tega pogoja ni bilo možno izpolniti, ker v tem predelu mreže ni bilo na izbiro nobene točke primerne natančnosti oz. reda.

Pri vezni točki 40231_Z2 je obstajala nekoliko povečana možnost vpliva večpotja signala (ang.: multipath), saj je ta stabilizirana v neposredni bližini akumulacijskega jezera Ormož.

Ostale vezne točke smo izbrali na lokacijah, ki so primerne za izvedbo statične izmere, s tem pa smo zmanjšali možnost pojava grobih in sistematičnih pogreškov. Izbrane geodetske točke bodo imele določene koordinate v koordinatnem sistemu ETRS89, kar pa bo posledično pomenilo velik plus za klasično terestrično izmero, ker so posamezne točke med seboj vidne.

Višinski kot pri izvajanju GPS izmere naj ne bi znašal manj kot 10-15°. S tem povečamo kakovost določitve koordinat, ker je s tem vpliv ionosferske in troposferske refrakcije manjši, izognemo pa se tudi morebitnim oviram, ki bi lahko preprečevale sprejem GPS signala. V izbranem terminu meritev smo za višinski kot upoštevali opazovanja samo za vrednosti višinskega kota večje od 15° ter opazovanja izvajali z intervalom 10 sekund. Pozornost smo posvečali tudi optimalni geometrijski razporeditvi satelitov, definiran s faktorjem PDOP (ang.: Position Dilution Of Precision), ki izraža razmerje med napako položaja sprejemnika in napako položajev satelitov – geometrijsko je to vrednost, ki je obratno sorazmerna volumnu štiristrane piramide, ki jo tvorijo sprejemnik in štiri sateliti v času meritev. PDOP ni zelo pomemben pri določitvi relativnega položaja, zato smo čas izvajanja izmere na posamezni točki omejili na 3 ure. Z dolgotrajnim časom izmere smo zagotovili pogoje za morebitno »popravilo« t. i. cycle slipov: skokov vrednosti faznih opazovanj zaradi izgube sprejema signala.



Slika 17: Skica statične izmere

4.3.1 Izvedba statične izmere na terenu

Statično izmero na veznih točkah smo izvajali z namenom kakovostne določitve koordinat točk mreže.

Uporabljali smo naslednji instrumentarij:

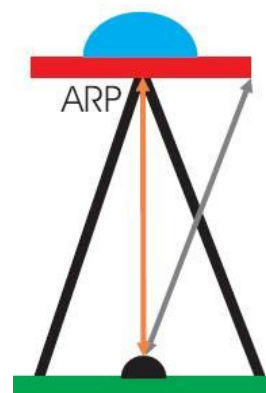
- GNSS sprejemnik Topcon Hiper PRO;
- ročni kontroler Topcon FC-100;
- radio-modem Wavecom Fastrack;
- anteno za radijski modem;
- togo grezilo, stativ;

- napajalnik za kontroler in sprejemnik;
- serijski kabel in USB kabel ...

Od programske opreme smo pri pripravi in obdelavi podatkov uporabljali naslednja programska orodja:

- Trimble Total Control;
- Geos 6;
- Microsoft ActiveSync;
- AutoCAD 2006 ter
- Sitra in SitraNet.

Pri izvedbi statične izmere smo se držali konvencionalnih dogovorov glede višine antene sprejemnika. Višino antene bi morali meriti vertikalno do referenčne točke antene ARP (ang.: Antenna Reference Point), ker pa to ni bilo možno, smo jo izračunali iz poševno merjene višine antene po enačbi $H_v = \sqrt{H_p^2 - r^2} - \Delta H$, kjer je H_p poševno merjena razdalja do oznake na ohišju antene, r odmik roba instrumenta od navpične osi antene in ΔH višinska razlika med oznako in referenčno točko ARP. Izdelali smo tudi zapisnik izmere.



Slika 18: Prikaz različno merjenih višin antene (Sterle, 2007)

Preglednica 2: Višina antene na posamezni geodetski točki v času izmere

TOČKA	poševna višina H_p [m]	vertikalna višina H_p [m]
30205	1,217	1,1840
40231_Z2	1,487	1,4544
50702	1,453	1,4204
50543	1,559	1,5266
50779	1,322	1,2892



Slika 19: Lokacija trigonometra 30205



Slika 20: Prikaz pravilne postavitve instrumenta

Statično izmero smo izvajali na petih geodetskih točkah (*slika 17*). Imeli smo le en sprejemnik, zato smo opazovanja naenkrat izvajali le na eni točki.

Opazovanja so bila izvedena med 6. in 7. 9. 2007, ko je bilo vreme konstantno pretežno oblačno.

4.3.2 Obdelava in izravnava podatkov statične GPS izmere

Na končno kakovost podatkov oz. rezultatov izmere v veliki meri vpliva pravilna obdelava pridobljenih opazovanj.

Obdelavo podatkov lahko na grobo razdelimo na naslednje korake:

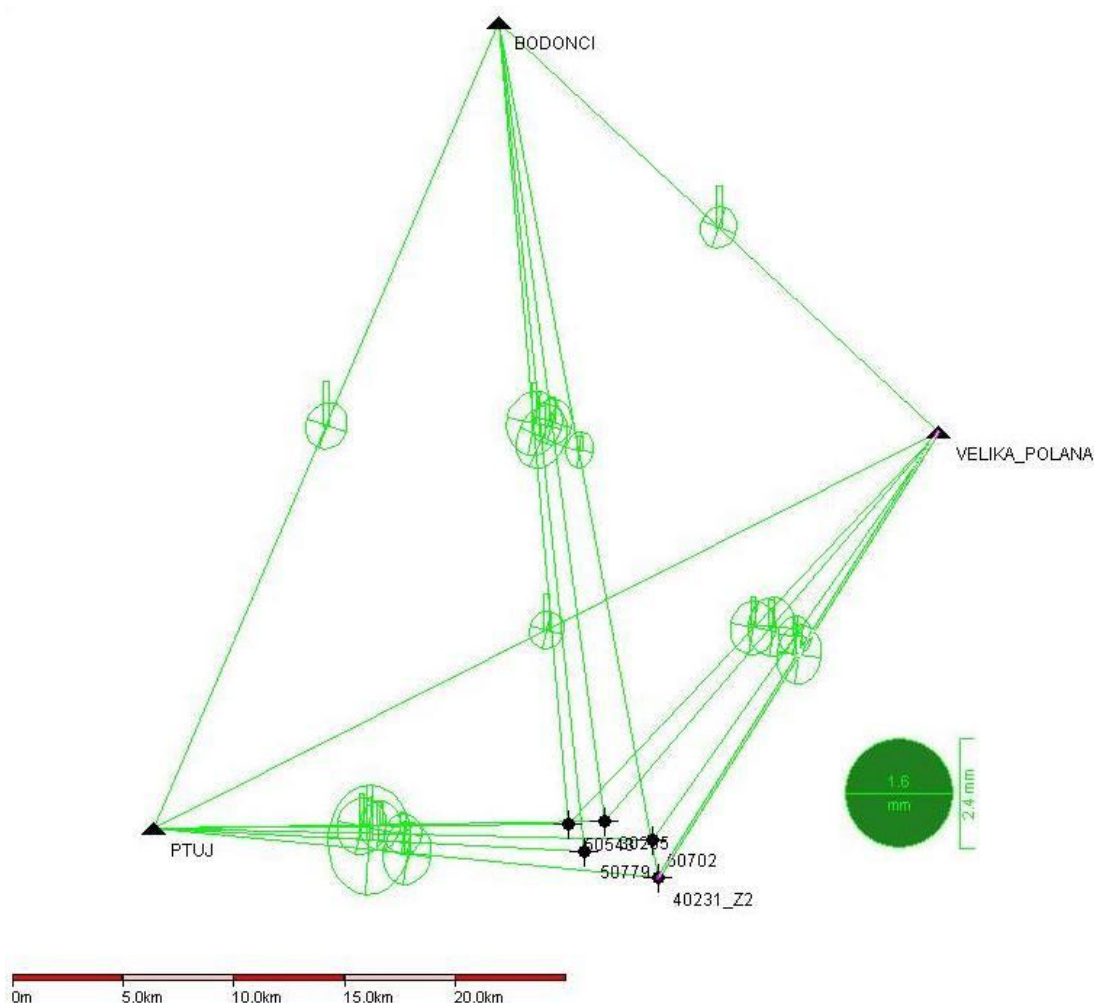
- prenos, pregled, poprava in arhiviranje podatkov opazovanj;
- pridobitev in priprava podatkov o referenčnih postajah (RINEX), ionosferskih modelih (smotrno za bazne vektorje daljše od 50 km) in preciznih efemeridah (IGS Final v sp3c formatu);
- obdelavo in izravnavo faznih opazovanj za pridobitev baznih vektorjev in položajev novih točk;
- izravnavo proste in vpete mreže ter
- transformacijo med koordinatnih sistemov ali pa določitev transformacijskih parametrov, če še za izbrano območje niso določeni oz. ne ustrezajo natančnosti naše naloge.

RINEX format zapisa podatkov GNSS opazovanj omogoča določitev kakovostnega položaja v okviru kinematične, statične ali hitre statične metode izmere, ki se uporabljajo za določitev položaja najvišje natančnosti. Vse tri metode izmere temeljijo na relativni določitvi položaja glede na dano točko, ki jo v primeru uporabe podatkov omrežja SIGNAL predstavljajo stalne GNSS postaje oz. VRS postaja (GURS, 2007). RINEX vsebuje:

- datoteko z opazovanji;
- navigacijsko sporočilo GPS satelitov in GLONASS satelitov.

4.3.2.1 Obdelava in določitev baznih vektorjev

V planiranju izmere obravnavamo samo linearno neodvisne vektorje. Posebno pomembni so ti vektorji s stališča kontrole izmere v zaključenih zankah. Zanka kot zaključena geometrijska figura je osnovni gradnik GPS mreže. Iz tega stališča mora biti vsota vektorjev v zaključenem poligonu enaka nič. Na podlagi te predpostavke lahko odkrivamo grobe pogreške, kot so nepravilno izmerjena višina antene, izmera napačne točke (Stopar et al., 2006). Za pridobitev rezultatov zelene kvalitete je potrebno pri daljših vektorjih podaljšati čas opazovanj glede na krajše vektorje.



Slika 21: Mreža izravnanih baznih vektorjev brez VRS s pripadajočimi relativnimi elipsami pogreškov

Za obdelavo vektorjev statične GNSS izmere smo uporabili programski paket Trimble Total Control.

Kot kontrolne oz. dane točke smo privzeli točke izbranih permanentnih postaj.

Preglednica 3: Koordinate danih točk v ETRS89 koordinatnem sistemu

TOČKA	geodetska širina	geodetska dolžina	h [m]
Ptuj	46° 24' 59.397578" N	15° 52' 51.957191" E	284.062
Velika Polana	46° 34' 20.611385" N	16° 20' 44.380796" E	219.005
Bodonci	46° 44' 26.689780" N	16° 5' 24.5900780" E	340.300

Po uvozu vseh potrebnih podatkov v TTC, ta samodejno sestavi vse možne kombinacije baznih vektorjev med točkami geodetske mreže. Posamezne vektorje lahko izključimo ali pa dodatno obdelamo.

Za določitev optimalnih baznih vektorjev, ki nam zagotavljajo kakovostne rezultate, je potrebno obdelavi le-teh posvetiti posebno pozornost. V procesu obdelave nastavljam parametre kot so višinski kot, interval opazovanj, tip efemerid, aktivne satelite in troposferske modele. Vse te nastavitve se lahko nanašajo na določen bazni vektor ali pa kar na obdelavo v celoti. Program TTC v procesu obdelave izravna opazovanja za določitev vsakega posameznega baznega vektorja. Nato izvedemo še izravnavo baznih vektorjev za določitev koordinat, v okviru izravnave geodetske mreže.

Po obdelavi vektorjev se geometrija mreže rahlo spremeni. Uporabni so le vektorji, ki so bili določeni s t.i. fixno rešitvijo – število neznanih začetnih valov je celo število. Ta tip rešitve baznih vektorjev je ustrezen in nam zagotavlja kakovostne rezultate izravnave. Zraven tipa rešitve je pomemben podatek o kakovosti rezultat še standardni odklon za posamezne komponente baznega vektorja, t.i. razmerje oz. ratio in RMS.

Standardni odklon – tudi standardna deviacija, srednji pogrešek – je najbolj pogosto uporabljena mera statistične razpršenosti; gre za kvadratni koren iz variance oziroma srednjega kvadratnega odklona od srednje vrednosti. RMS je kratica za srednji kvadratni odklon (ang.: Root Mean Square, tudi Mean Square Error); običajen statistični način podajanja natančnosti; predstavlja polovično dolžino 68,3-odstotnega intervala zaupanja – opazovanja, ki od srednje vrednosti odstopajo za več od trikratnika te vrednosti, se običajno obravnavajo kot grobe napake. Ratio – podaja razmerje referenčne variance med prvo in drugo najboljšo rešitvijo števila celih valov in naj ne bi presegalo vrednosti 4.

Zaradi uporabnosti podatkov statične izmere smo naredili analogijo podatkov baznih vektorjev pridobljenih s pomočjo RINEX formata, ki ga je generirala programska oprema v centru službe za GNSS in s pomočjo VRS-ja, modeliranega s strani SIGNAL-a, ter VRS-ja, modeliranega s programskih paketom TTC.

Preglednica 4: Rezultati baznih vektorjev pridobljenih s pomočjo RINEX formata

BAZNI VEKTOR		Prava razdalja [m]	Ratio	RMS [mm]	PDOP	tip rešitve
OD	DO					
BODO	300205	36228.1929	2.6	12.7	1.4-8.0	Lc
BODO	400231_Z2	39110.6905	2.5	10.6	1.1-8.5	L1
BODO	500543	36154.9039	2.5	19.1	1.5-7.4	Lc
BODO	50779	37458.3390	2.0	16.3	1.8-15.0	L1
PTUJ	300205	20338.6978	3.1	12.6	1.3-3.0	Lc
PTUJ	400231_Z2	22906.5167	1.8	13.2	1.0-2.7	Lc
PTUJ	400269	22506.0715	2.5	13.0	1.2-3.8	L1
PTUJ	500543	18710.7100	2.7	15.7	1.5-7.4	L1
PTUJ	50779	19464.5976	2.1	23.1	1.5-9.7	Lc
PTUJ	BODO	39447.9654	2.0	13.4	1.1-15	Lc
VELP	300205	23103.8234	2.5	11.6	1.3-3.0	Lc
VELP	400231_Z2	23668.2460	1.8	13.5	1.0-2.7	Lc
VELP	400269	22413.9004	3.0	12.6	1.2-3.8	L1
VELP	500543	24273.1470	2.7	15.1	1.5-7.4	L1
VELP	BODO	27069.8580	2.0	13.0	1.1-15	Lc
VELP	PTUJ	39653.2742	2.3	11.8	1.0-13.8	Lc

Rezultati obdelave baznih vektorjev (celotno poročilo), pridobljenih s pomočjo VRS (SIGNAL), so priloženi v prilogi A1, bazni vektorji, določeni s pomočjo VRS (TTC), pa v prilogi A2. Dolžine posameznih komponent ($\Delta x, \Delta y, \Delta z$) baznega vektorja, določene s statično izmero, kjer je pri obdelavi bil uporabljen RINEX format, VRS (SIGNAL) in dolžine posameznih komponent baznega vektorjev pridobljene s VRS (TTC), se med seboj razlikujejo do 0.1 mm.

Iz preglednice 4 je razvidno, da je pri vseh uporabljenih baznih vektorjih tip rešitve FIXED, pridobljen iz nosilnega valovanja L1, ali pa kot linearna kombinacija valovanj L1 in L2 = Lc.

Fixed L1 rešitev se uporablja za krajše vektorje (do 10 km), Fixed Lc rešitev pa za daljše vektorje, saj je le-ta prosta ionosferskih vplivov.

Relativne elipse pogreškov prikazane na sliki 21, so reda velikosti do 2,5 mm po daljši polosi ter 1,6 mm po krajši polosi relativne elipse. Največje relativne elipse pogreškov so se pojavljale med točkami statične izmere in permanentno postajo Ptuj.

Rezultati obdelave baznih vektorjev so:

- komponente baznih vektorjev ($(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$ ali $(\Delta N, \Delta E, \Delta h)$);
- variančno-kovarinčno matrika obdelanih vektorjev $\Sigma_{\Delta x \Delta y \Delta z}$ ter
- referenčna varianca a posteriori σ_0^2 .

Pred izravnavo opazovanj za določitev koordinat smo opravili še test ponovljivosti (primerjava vektorja v vseh serijah) in test zapiranja likov. Pri testu zapiranja likov smo pridobili odstopanja koordinat v smereh N-E-H, obseg, natančnost in razmerje ratio.

Mejna vrednost oz. dopustno odstopanje pri zapiranju likov oz. trikotnikov je bila 20.0 mm + 1 ppm (priloga B1, B2 in B3). Če je vsota komponent baznih vektorjev posameznega trikotnika presegala to vrednost, idealna vrednost je nič, test zapiranja likov oz. trikotnikov ni preстал in je bil zavrnjen. Bazni vektorji pridobljeni na osnovi statične izmere ter na osnovi VRS (SIGNAL) so preсталi vse teste, bazni vektorji pridobljeni na osnovi VRS (TTC), iz katerih je bilo sestavljenih 29 kombinacij trikotnikov, pa ne, ker je test zapiranja likov zavrnil dva trikotnika. Testa nista preсталa trikotnika formirana iz točk 50779-Bodonci-VRS (TTC) ter 50779-Ptuj-VRS (TTC), ker so bila odstopanja koordinat v smereh N-E-H večja od predhodno določene mejne vrednosti, ki je še sprejemljiva.

4.3.2.2 Izravnava GPS mreže ter analiza proste in vklopljene GPS mreže

V programu TTC izvedemo izravnavo opazovanj po metodi najmanjših kvadratov v:

- 1D (izravnava geometričnega nivelmana);
- 2D (ločena horizontalna in višinska izravnava);
- 3D (izravnava v trirazsežnem prostoru).

Ukvarjali smo se s posredno izravnavo po MNK na podlagi enačb popravkov opazovanj v 3D prostoru, kjer smo uporabili kartezične koordinate točk določenih v ETRS89 koordinatnem sistemu. S statično izmero smo pridobili koordinate točk v ETRS89 koordinatnem sistemu v obliki φ, λ, h , torej geodetske koordinate, ki smo jih morali preračunati v pravokotne kartezične koordinate X, Y, Z .

V enačbah popravkov posredne izravnave so nastopala opazovanja (za vsako opazovanje ena enačba), konstante in neznanke. V geodetski mreži neznanke predstavljajo koordinate novih točk.

Pred samo izpeljavo oz. izvedbo izravnave smo določili nastavitve za:

- Tau test, za katerega velja, da če je razmerje med standardiziranim popravkom $\frac{v_i}{\sigma_{vi}}$ ter kritično vrednostjo tau-porazdelitve $\tau_{\alpha_0/2}(r)$, v posamezni enačbi popravkov, večje od 1, je opazovanje, ki je vključeno v obravnavano enačbo popravkov, grobo pogrešeno ;
- stopnjo zaupanja ($1 \cdot \sigma$);
- uteži vektorjev;
- refrakcijski koeficient smo privzeli vrednost 0.14 in
- tipe opazovanj, ki jih program naj vključi v izravnavo.

Zadovoljive rezultate izravnave lahko dobimo le na podlagi izravnave proste in vklopljene mreže.

Pri izravnavi proste mreže ne privzamemo kot dane nobene točke. Po izravnavi se prosta mreža premakne glede na začasno referenčno točko, ki jo program TTC določi iz nabora točk, to je kar prva točka seznama. Prosta mreža se uporabi za pregled notranje geometrije mreže saj datum določijo približne koordinate vseh točk. Na ta način z geodetskim datumom ne posegamo v notranjo geometrijo mreže, ki jo določijo opazovanja. To pomeni, da izravnavo opazovanj v prosti mreži uporabimo za oceno kakovosti opazovanj, kjer kakovost opazovanj ocenimo brez morebitnega vpliva kakovosti koordinat danih točk.

Za izravnana opazovanja za določitev koordinat točk program izračuna elipse pogreškov in nas opozori na odkrite grobe pogreške na podlagi izvedenega Tau testa.

Z elipsami pogreškov grafično in računsko ponazorimo določenost koordinat posameznih točk. Absolutne elipse pogreškov se nanašajo na koordinate točke, relativne pa na bazni vektor. Elipse pogreškov približno enakih velikosti in usmerjene v smeri S-J, kažejo na solidno pogojeno geodetsko mrežo. Velikost elipse pogreškov pa je odraz natančnosti določitve položaja posamezne točke.

Natančnost ocenjenih količin, tj. koordinat točk, je obravnavana v okviru standardnega intervala zaupanja, povečanega s faktorjem 1,960. To je interval, znotraj katerega se nahaja 95 odstotkov vseh slučajnih spremenljivk iz enorazsežne populacije (koordinat točke).

Izravnavo proste mreže je izpolnila vse teste (Tau test), zato lahko sklepamo, da v opazovanjih ni grobih pogreškov.

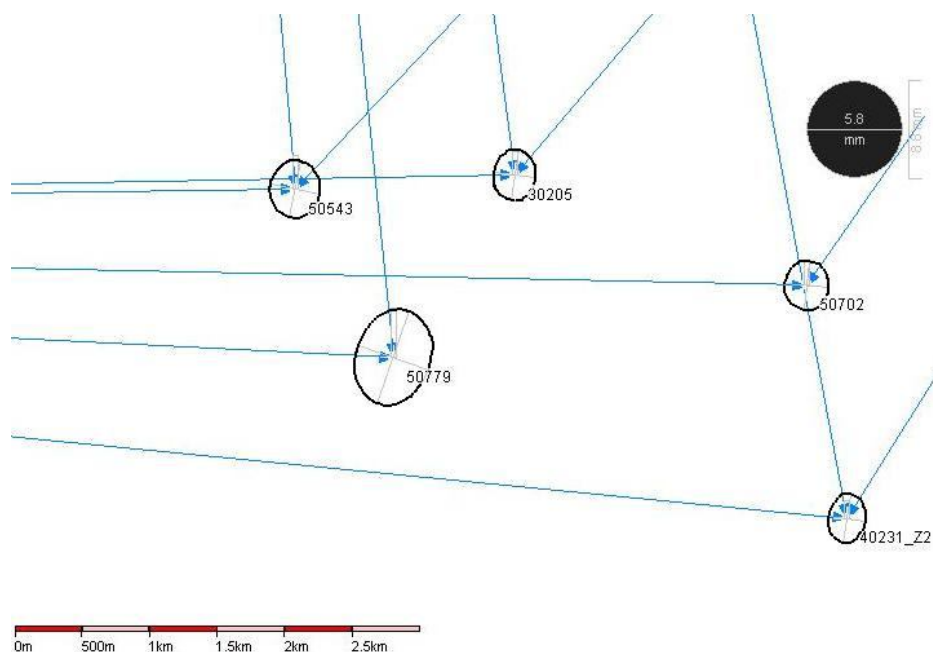
Izravnavo vklopljene mreže smo izvedli na podlagi treh danih (kontrolnih, fiksnih) točk (PTUJ, VELIKA POLANA, BODONCI).

Preglednica 5: Izravnane geodetske koordinate vklopljene mreže statične izmere (RINEX)

TOČKA	φ [N]	σ_{φ} [mm]	λ [E]	σ_{λ} [mm]	h [m]	σ_h [mm]
30205	46°25'01.60823"	3.1	16°08'44.29851"	2.6	296.9350	4.3
40231-Z2	46°23'38.72398"	2.9	16°10'37.95790"	2.2	238.3328	3.3
50702	46°24'34.16385"	2.9	16°10'25.08771"	2.6	249.3470	4.5
50543	46°24'58.97265"	3.5	16°07'28.06555"	3.1	317.2958	6.0
50779	46°24'18.48586"	5.7	16°08'01.35546"	4.6	258.1784	8.8
BODONCI	46°44'26.68978"	0.0	16°05'24.59008"	0.0	340.3000	0.0
PTUJ	46°24'59.39758"	0.0	15°52'51.95719"	0.0	284.0620	0.0
V.POLAN.	46°34'20.61139"	0.0	16°20'44.38080"	0.0	219.0050	0.0

Preglednica 6: Elipse pogreškov ob 95% stopnji zaupanja

TOČKA	Velika polos [mm]	Mala polos [mm]	Kot zasuka [°]
30205	3.0	2.5	7.8°
40231-Z2	2.9	2.2	7.6°
50702	2.9	2.6	5.2°
50543	3.4	3.0	11.6°
50779	5.7	4.3	19.0°
BODONCI	0.0	0.0	0.0
PTUJ	0.0	0.0	0.0
V.POLAN.	0.0	0.0	0.0



*Slika 22: Mreža izravnanih točk določenih brez VRS s pripadajočimi absolutnimi elipsami .
pogreškov*

Absolutne elipse pogreškov koordinat točk določenih iz opazovanj statične izmere so reda velikosti do 8,6 mm, na geodetski točki 50779, po veliki polosi absolutne elipse, po mali polosi absolutne elipse pa do 5,8 mm. Na ostalih točkah izmere so absolutne elipse nekoliko manjše in se gibljejo v intervalu med 3 in 4 mm na obeh poloseh absolutne elipse.

Z izravnavo opazovanj ter izvedbo statističnih testov (Tau test) smo ugotovili, da opazovanja za določitev koordinat vpete mreže niso bila grobo pogrešena. Rezultati izravnave so zadovoljivi, saj smo glede na metodo GNSS izmere pričakovali določitev položajnih koordinat v okviru 1 cm, višinsko so bila naša pričakovanja nekoliko bolj zadržana, zato smo pričakovali določitev višinske komponente na 3 cm natančno. Standardni odkloni položajev opazovanih točk so v okviru centimetske natančnosti.

Celotno informacijo o natančnosti ocenjenih položajev točk vsebuje kovariančna matrika $\Sigma_{\Delta\Delta}$ vektorja ocenjenih neznank (koordinat) Δ . V splošnem ločimo merila globalne in lokalne

natančnosti geodetske mreže. Globalna merila se nanašajo na celotno mrežo, lokalna merila pa na posamezne točke ali skupine točk v mreži (Stopar, 2005).

TTC nam poda informacijo o referenčni standardni deviaciji (ang.: Standard Error of Unit Weight), ki znaša 0,698. Kot kvadratni koren referenčne standardne deviacije pa izračunamo referenčno varianco a-posteriori, vrednost te pa je 0,835. Kar pomeni, da smo koordinate novih točk določili bolje kot smo sprva pričakovali, saj je referenčna varianca a-posteriori manjša od referenčne variance a-priori, za katero privzamemo vrednost 1.

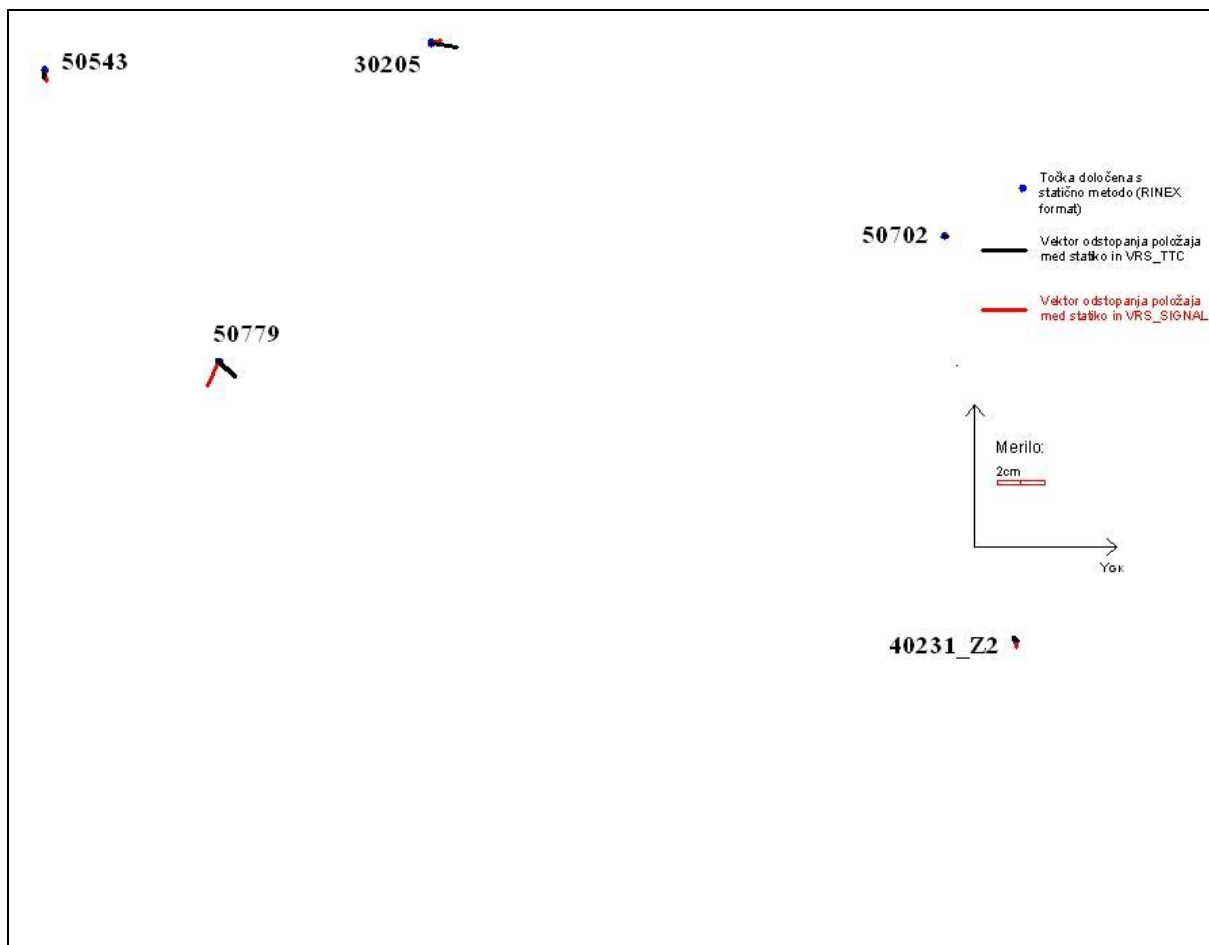
Vrednost referenčne standardne deviacije pri konceptu VRS (SIGNAL) znaša 1.011, kar pomeni, da je referenčna varianca a-posteriori v tem primeru 1.005, torej referenčna varianca a-posteriori skoraj sovpada z referenčno varianco a-priori. Pri konceptu VRS (TTC) znaša referenčna standardna deviacija 0.985, torej je referenčna varianca a-posteriori enaka 0.992.

A-posteriori referenčno varianco določamo na osnovi izravnave opazovanj in je zato odvisna od njihove kvalitete. Če vemo, da lahko to varianco določimo le v primerih nadštevilnih opazovanj, potem sledi spoznanje, da je σ_0^2 odvisna od števila nadštevilnih opazovanj, od kvalitete le-teh in od ustrezno izbranih povezav v mreži. A-priori referenčna varianca σ_0^2 pa je odvisna od vnaprej znanih parametrov oz. modelov, ki se jih pri obdelavi vektorjev uporablja: število opazovanj, dimenzije mreže, izkustveni moment iz predhodnih primerov obdelav.

Glede na lokacijo mesta Ormož je smotrno uporabiti VRS, ker območje leži izven geodetskega trikotnika permanentnih postaj (PTUJ, BODONCI, VELIKA POLANA), dolžine baznih vektorjev pa dosega do 40 km.

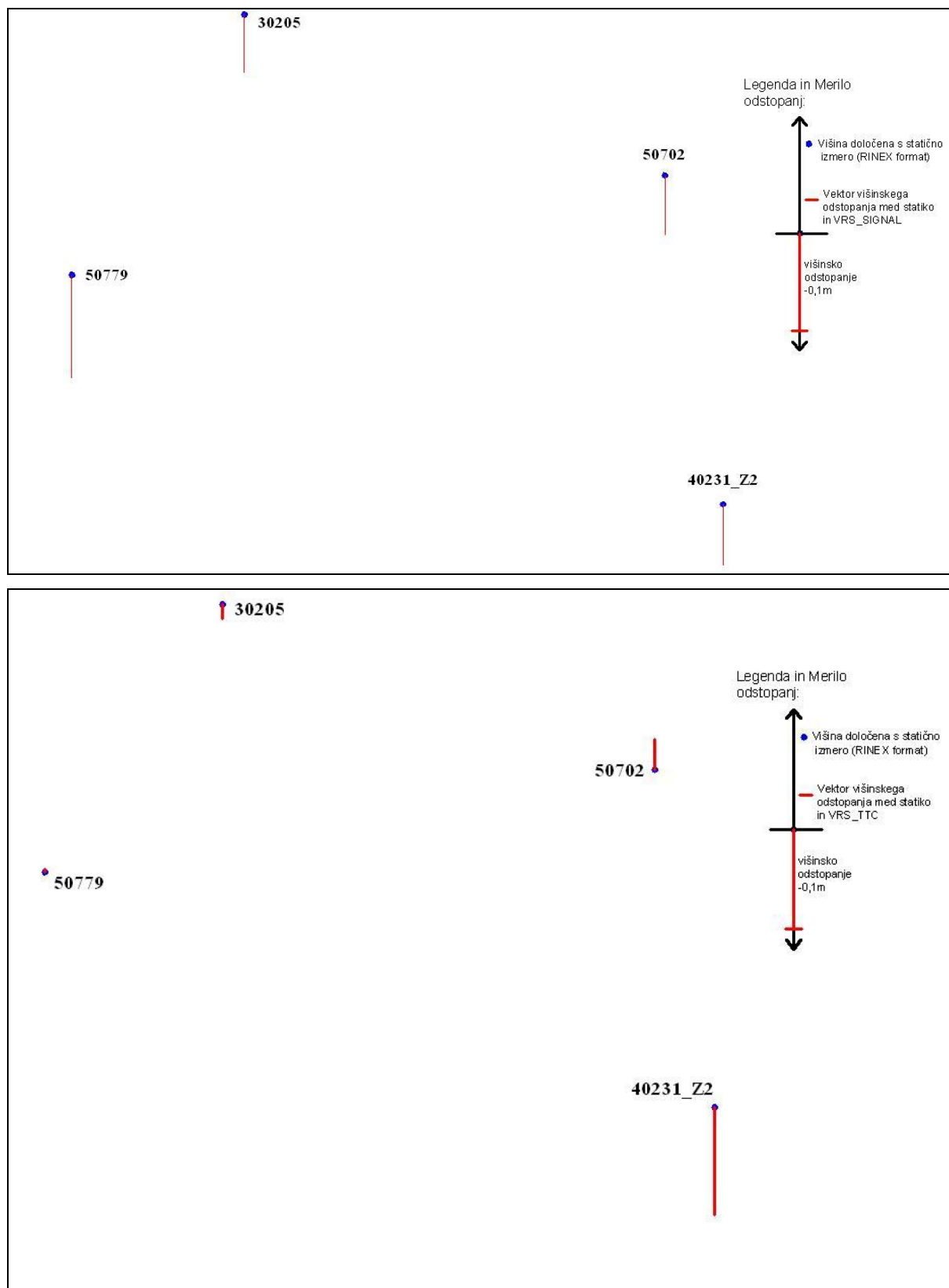
V bodoče bo alternativa za krajšanje baznih vektorjev, na južnem meddržavnem mejnem območju, navezava na hrvaški sistem permanentnih postaj (v izgradnji), tako kot to s pridom izkoriščamo na avstrijski strani (navezava na APOS).

Izravnana opazovanja za določitev koordinat točk in elipse pogreškov (uporaba VRS_SIGNAL ter VRS_TTC) so prikazana v prilogi C1, C2 in C3.



Slika 23: Odstopanje položaja koncepta VRS-SIGNAL (rdeči vektorji) ter VRS-TTC (črni vektorji) glede na koordinate točk določene s statično metodo izmere (RINEX format)

Izravnana opazovanja za določitev koordinat statične izmere obdelana s pomočjo VRS točke (SIGNAL) in VRS točke (TTC) sovpadajo, do nekaj centimetrov, z izravnanimi opazovanji za določitev koordinat obdelanimi z RINEX datoteko. Položajno smo dosegli ujemanje rezultatov do 3 cm, višinska komponenta pa odstopa do ± 8 cm. Grafična upodobitev posameznih odstopanja je prikazana na slikah 23 in 24. Na navezovalni točki 50779 prihaja v primeru uporabe koncepta VRS-SIGNAL in koncepta VRS-TTC za določitev koordinat točke do največjih odstopanj v referenčni mreži glede na statično izmero (RINEX format).



Slika 24: Odstopanja v določitvi višine med statično metodo in višino določeno s pomočjo koncepta VRS (SIGNAL) in VRS (TTC)

4.4 Določitev koordinat novih točk v ETRS89 koordinatnem sistemu z RTK GNSS izmero

Na točkah višjih redov smo izvedli statično izmero, ker smo podatke (izravnana opazovanja za določitev koordinat novo določenih točk) uporabili za določitev transformacijskih parametrov. Obstoječo poligonsko mrežo, ki smo jo predhodno odkrili z rekognosciranjem terena, pa smo izmerili z RTK izmero.

RTK izmera je služila tudi za kontrolo, bolje rečeno primerjavo, statične izmere.

Koordinate točk v ETRS-89 koordinatnem sistemu, pridobljene z RTK in s statično izmero, na trigonometrih in navezovalnih točkah, položajno sovpadajo do nekaj centimetrov (koordinate identične do 4. decimalnega mesta sekunde (3 mm) geodetskih koordinat). Višinsko je ujemanje koordinate v okviru 3 cm, le na točki 40231_Z2 je prišlo do odstopanja 10 cm. To nepričakovano odstopanje je najverjetneje razlog stabilizacije, saj je točka stabilizirana na nasipu akumulacijskega jezera ter vpliva multipath-a, zaradi bližine velike vodne površine. Slabši rezultat je verjetno posledica terminskega plana izmere, saj se je izmera izvajala v času visokega vodostaja akumulacijskega jezera Ormož. To pomeni, da sila vode pritiska na stene nasipa, kjer je stabilizirana točka, ki bi se lahko posledično premaknila.

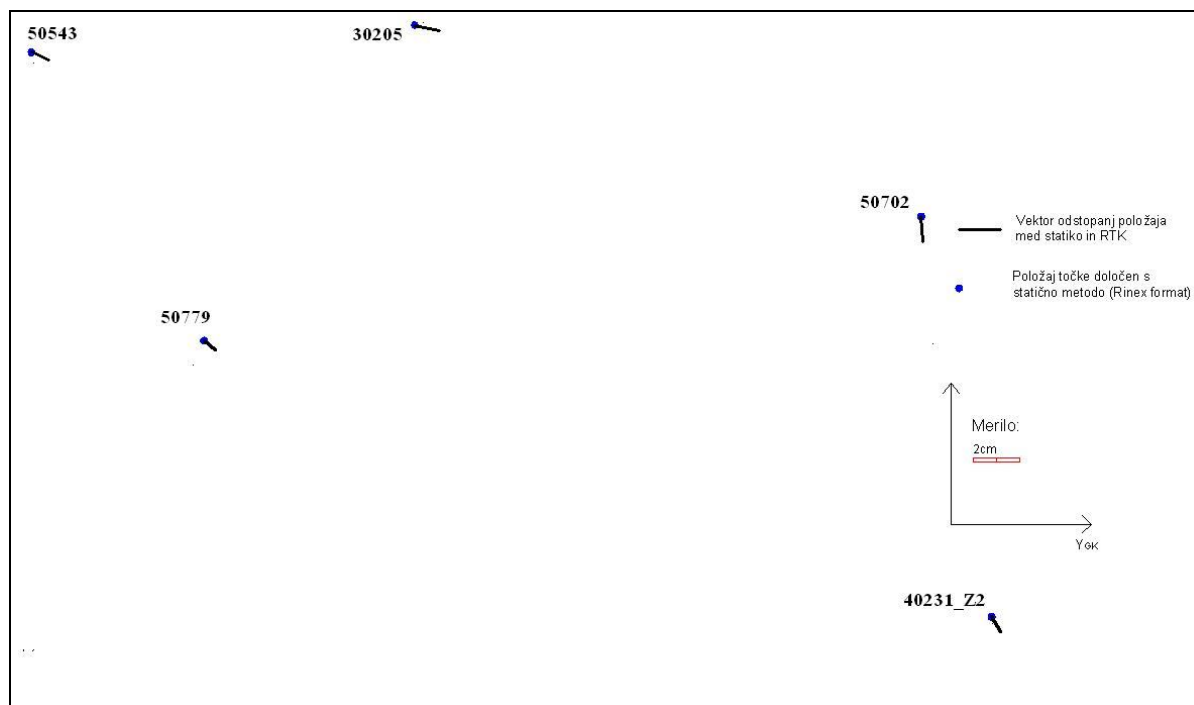


Slika 25: Prikaz označitve in postavitve instrumenta na trigonometru 40231_Z2

Zaradi boljše primerljivosti bomo rezultate (le meritve na točkah višjih redov) RTK izmere podali z geodetskimi koordinatami. Koordinate poligonskih točk so prikazane v prilogi D1, v prilogi E1 pa so prikazane komponente baznih vektorjev (dN , dE , dh) med merjenimi točkami in VRS, s pripadajočimi standardnimi deviacijami. Natančnost določitve horizontalnih komponent baznega vektorja se gibljejo med vrednostmi 1 do 4 cm, natančnost višinske komponente baznega vektorja pa znaša 2-5 cm.

Preglednica 7: Geodetske koordinate novih točk RTK izmere določene z izravnavo

TOČKA	φ [N]	λ [E]	h [m]
30205	46°25'01.60869"	16°08'44.29777"	296. 919
40231-Z2	46°23'38.72448"	16°10'37.95868"	238. 225
50702	46°24'34.16337"	16°10'25.08664"	249. 317
50543	46°24'58.97153"	16°07'28.06469"	317. 312
50779	46°24'18.48579"	16°08'01.35485"	258. 181



Slika 26: Položajna odstopanja koordinat točk določenih s statično izmero in rtk izmero

4.5 Določitev transformacijskih parametrov

Primarni cilj diplomske naloge je bil določitev transformacijskih parametrov za območje k. o. Ormož. Za izvedbo le-te smo pridobili podatke, Gauss-Krügerjeve koordinate vseh stabiliziranih točk na tem območju. S statično izmero pa smo pridobili še ustrezne koordinate točk v ETRS-89 koordinatnem sistemu.

Program SiTraNet, ki je dostopen na naslovu <http://sitranet.si/>, s katerim smo izvedli transformacijo, omogoča izvedbo 7-parametrične podobnostne trirazsežne transformacije. Trirazsežna transformacija v programu temelji na modelu Burša-Wolf. Za izračun transformacijskih parametrov potrebujemo dva niza koordinat t. i. veznih točk, ki imajo podane koordinate v obeh koordinatnih sistemih. Kot vezne točke smo privzeli 30205, 40231_Z2, 50702, 50543 in 50779.

V vhodnih podatkih upoštevamo tudi natančnosti koordinat točk, če pa nimamo podatkov o natančnosti točk, je kovariančna matrika koordinat točk enotska.

Program SitraNet izvaja transformacijo v okviru kartezičnih koordinat. Kartezične koordinate v Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu določimo tako, da ravninske horizontalne koordinate (y_{GK}, x_{GK}) in ortometrično višino H pretvorimo v geodetske koordinate (φ, λ, h) , geodetske pa nato v kartezične koordinate (X, Y, Z) . V ETRS89 pa tip koordinat (φ, λ, h) pretvorimo v kartezične koordinate (X, Y, Z) .

Za izračun kartezičnih pravokotnih koordinat točk imamo glede višin več možnosti, saj transformacijo lahko izvajamo z uporabo točk na ničelni nivojski ploski ($H=0$) ali na površini referenčnega elipsoida ($h=0$). Ta možnost se uporablja v primeru, ko gre za različne sisteme višin v obeh koordinatnih sistemih in to možnost smo uporabili tudi mi.

Za določitev kakovostnih transformacijskih parametrov potrebujemo nadštevilna opazovanja. Za določitev 7 parametrov transformacije potrebujemo tri pare koordinat točk v obeh

koordinatnih sistemih, kar nam omogoča 9 opazovanj, za določitev 7 neznank v modelu pa potrebujemo 7 opazovanj.

Izravnava transformacije v programu SiTraNet poteka po splošnem modelu izravnave, ki omogoča skupno obravnavo opazovanj in neznank brez vseh omejitev v modelu. V primeru transformacije obravnavamo koordinate točk, dane v obeh koordinatnih sistemih kot opazovanja s pripadajočo informacijo o natančnosti (Kozmus et al., 2007).

Rezultat izravnave transformacije sta dva niza koordinat, ki ju povezujejo ocenjene vrednosti transformacijskih parametrov. Spremembe-razlike koordinat točk v mreži so običajno majhne in ne spreminjajo narave transformiranega lika (geodetske mreže).

točka	x	y	H	
30205	142090.762	588435.661	251.470	dan
	142090.709	588435.645	251.540	transf.
	0.053	0.016	-0.070	dan - transf.
40231-Z2	139567.380	590900.840	192.900	dan
	139567.374	590900.827	192.997	transf.
	0.006	0.013	-0.097	dan - transf.
50702	141274.960	590600.420	203.940	dan
	141274.982	590600.445	204.001	transf.
	-0.022	-0.025	-0.061	dan - transf.
50543	141985.910	586808.980	271.860	dan
	141985.928	586808.963	271.861	transf.
	-0.018	0.017	-0.001	dan - transf.
50779	140746.050	587537.760	212.710	dan
	140746.068	587537.781	212.766	transf.
	-0.018	-0.021	-0.056	dan - transf.

dan – dane GK koordinate

transf. – ETRS 89 koordinate transformirane v GK koordinate

dan – transf – razlika koordinate oz. odstopanje

*Slika 27: Primerjava danih in transformiranih koordinat veznih točk v končnem datumu
(Gauss-Krügerjev koordinatni sistem)*

Izbira začetnega oz. končnega datuma je odvisna od potreb uporabnika, saj je transformacija inverzna. V našem primeru smo kot vhodni datum izbrali ETRS-89, kot končnega ali ciljnega pa Gauss – Krügerjev koordinatni sistem.

Razlika med danimi in transformiranimi koordinatami veznih točk v končnem datumu je v mejah pričakovanega, saj ne presega nekaj centimetrskih vrednosti. Položajna odstopanja so manjša kot višinska, kar smo glede na naravo mreže lahko pričakovali. Rezultati izravnave transformacije so zadovoljivi in jih lahko označimo kot uspešne, v oči bode le razlika višinskih komponent vezne točke 40231_Z2, kjer je odstopanje v okviru decimetra. To anomalijo lahko interpretiramo s predvidevanjem, da se je točka verjetno nekoliko posedla, zaradi neustreznega mikrolokacije le-te. Med vezne točke smo jo uvrstili, ker leži na obodu našega območja in ker v bližini le-te ni nobene točke istega reda, ki bi jo lahko nadomestila. Razlog za višinska odstopanja vseh veznih točk, razen 50543, je možen tudi v metodi določitve le-teh, saj niso bile določene s pomočjo geometričnega nivelmana, ampak verjetno kar s trigonometričnim višinomerstvom.

Preglednica 8: Transformacijski parametri

TRANSFOMACIJSKI PARAMETRI ZA k.o. ORMOŽ			enota
3 translacije v 3D prostoru	deltaX	- 615.626019	m
	deltaY	- 177.554346	m
	deltaZ	- 575.789630	m
3 rotacije v 3D prostoru	alfa (X os)	0° 00' 04.490359 "	sekunda
	beta (Y os)	0° 00' 02.437239 "	sekunda
	gama	- 0° 00' 12.565131 "	sekunda
sprememba merila	m	24.137354	ppm

Srednji standardni odklon horizontalnega položaja koordinat točke je kvadratna sredina oz. kvadratni koren iz polovice vsote kvadratov standardnih odklonov obeh horizontalnih koordinat točke. Srednji standardni odklon iz odstopanj znaša *0.027 m*.

Večje kot je ujemanje geometrije mreže izhodiščnega in ciljnega koordinatnega sistema transformacije, boljši so rezultati transformacije.

Vrednotenje kakovosti izravnave transformacije sloni na različnih kriterijih in cenilkah, ki so prikazani v prilogi F1. Na podlagi odstopanj danih in transformiranih koordinat veznih točk, lahko trdimo, da je bila izravnava transformacije, in s tem določitev transformacijskih parametrov, korektno izvedena. Podatki transformacije so praktično uporabni, ker so testirani in izračunani po usklajenih metodah in postopkih.

Pozornost smo posvetili še velikosti območja določitve transformacijskih parametrov. Zanimalo nas je, ali bo glede na različno izbrane vezne točke in velikost območja prihajalo do kakih drastičnih razlik pridobljenih rezultatov.

Po vseh kombinacijah uporabljenih veznih točk za določitev transformacijskih parametrov, na območju k. o. Ormož ni prišlo do nobenih sprememb transformacijskih parametrov, določenih iz vseh veznih točk. Rezultat ni bil presenetljiv, saj smo glede na konfiguracijo in velikost terena (3,5 x 2 km) sklepali, da bo izračun enotnih parametrov zadovoljeval potrebe po solidni natančnosti transformacije na celotnem območju k. o. Ormož.

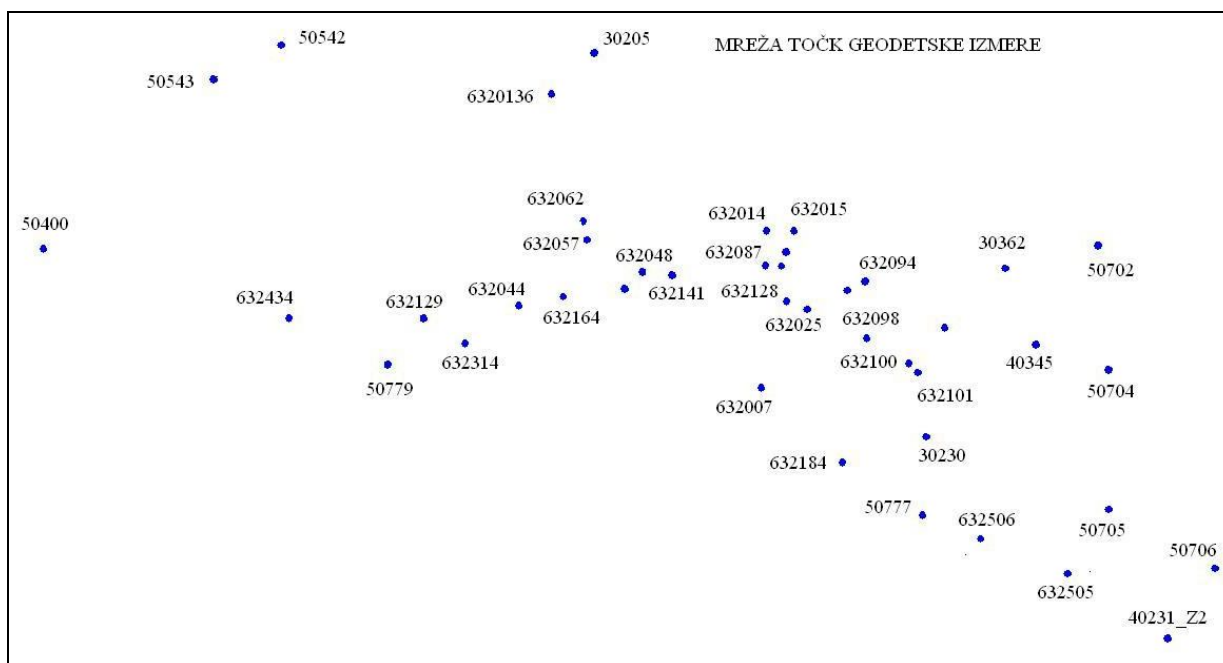
Na podlagi RTK izmere in določenih transformacijskih parametrov, lahko po primerjavi transformiranih koordinat in danih koordinat (izdane s strani Geodetske pisarne Ormož) poligonske mreže trdimo, da je poligonska mreža slabo določena. Položajna odstopanja med transformiranimi in danimi koordinatami poligonskih točk so tudi do 3 decimetre.

Po opravljeni transformaciji smo ugotovili, da lahko poligonske točke grupiramo po posameznih predelih območja (*slika 29*), ker imajo le-te primerljiva odstopanja danih glede na transformirane koordinate. Razlog za tako obnašanje odstopanj koordinat točk verjetno izvira iz zgodovine določitve koordinat teh točk. Grupam točk so bile koordinate najverjetneje določene v različnih časovnih obdobjih in iz različnih referenčnih točk. Dodaten razlog za slabo položajno natančnost točk, katerih odstopanja koordinat so največja, pa je verjetno v ponovni neprofesionalno izvedeni stabilizaciji uničenih točk za potrebe zemljiškega katastra. Tako se nam poraja vprašanje, če so bila pri posamezni vzpostavitvi in ponovni stabilizaciji

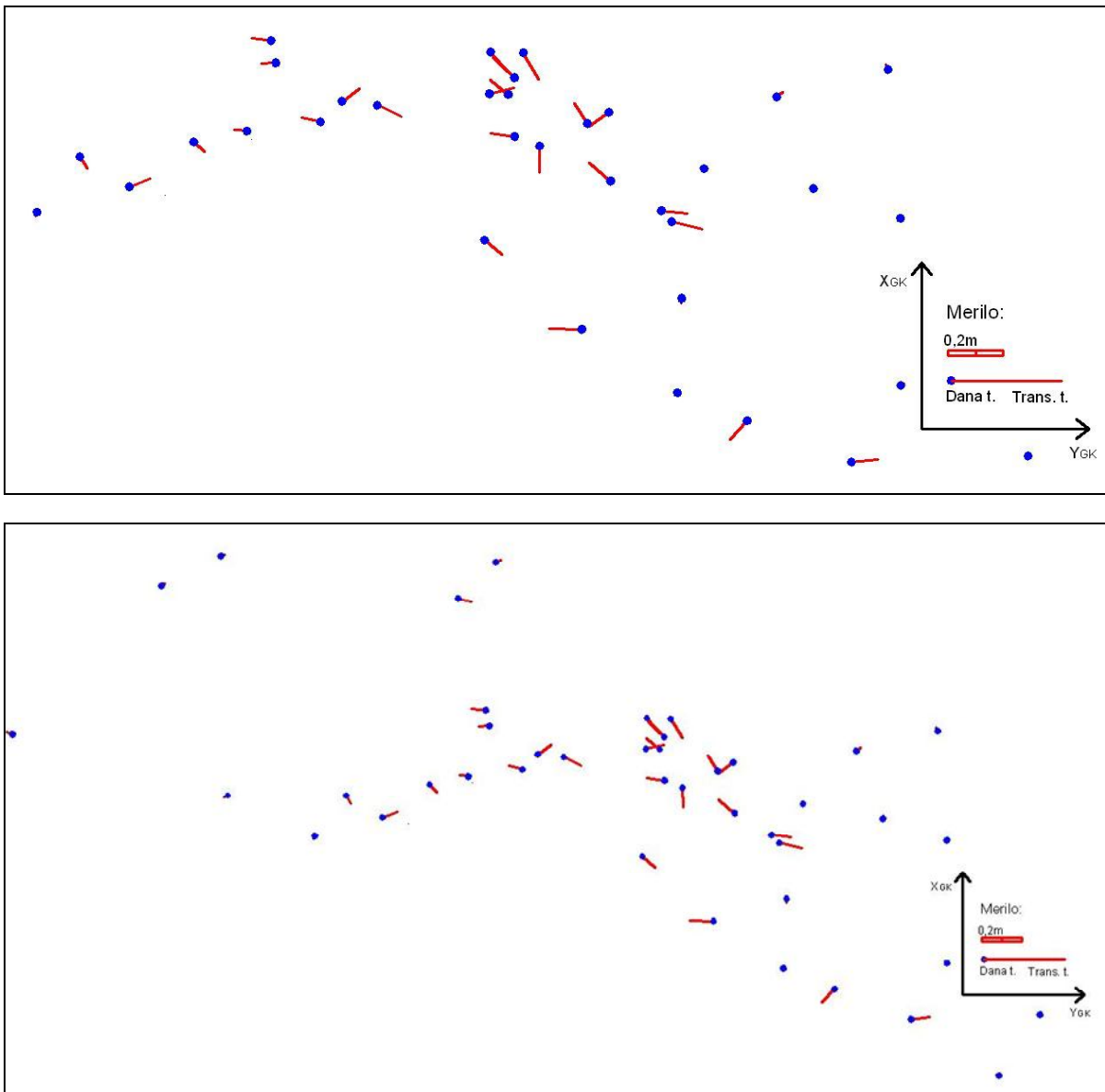
teh točk upoštevana vsa pravila zgoščevanja mreže, izbrane pravilne metode izmere in upoštevana dopustna odstopanja, izbran primeren instrumentarij in višine določene z geometričnim nivelmanom.

Zanimiva je ugotovitev, da odstopanja položajnih koordinat točk naraščajo od sredine proti robu mreže. Le položajna odstopanja koordinat točk višjih redov, na robu mreže, so zadovoljive natančnosti.

Glede na povedano kot alternativo k izboljšanju rezultatov transformacije predlagamo uporabo ustreznega tipa transformacije. Pri določitvi transformacijskih parametrov smo uporabljali Helmertovo podobnostno transformacijo, s pripadajočo enotsko varinčno kovarinčno matriko, katere vrednosti standardnih odklonov so ena. S tem tipom transformacije deloma odpravimo slabosti v Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu. Ta trditev sloni na empiričnih izkušnjah avtorjev programskega paketa SitraNet ter na podlagi naših testov oz. operacij s pridobljenimi podatki.

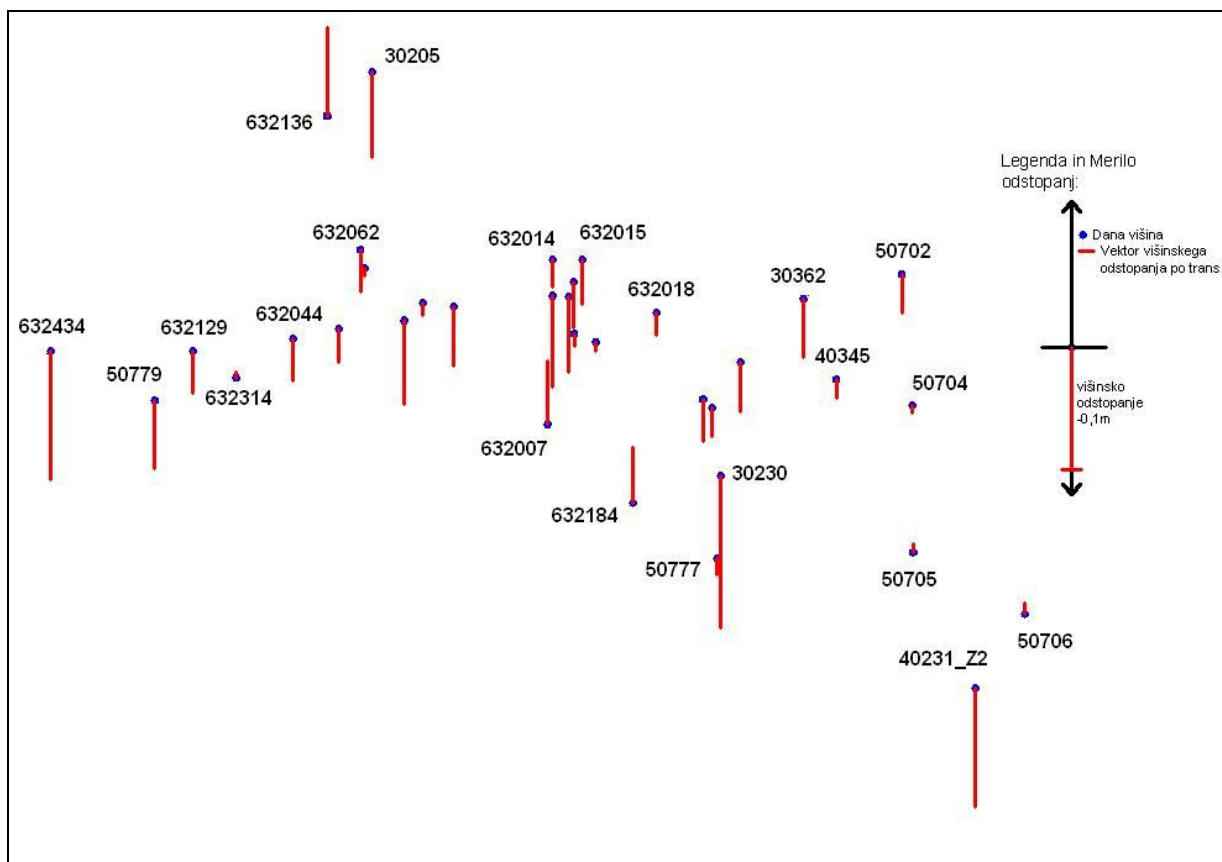


Slika 28: Mreža točk geodetske izmere



Slika 29: Prikaz položajnih odstopanj koordinat med danimi in transformiranimi koordinatami v ciljnem oz. Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu

Slika 29 prikazuje odstopanja koordinat med danimi in transformiranimi koordinatami v Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu. Z modro točko je označena dana točka v izbranem koordinatnem sistemu, rdeč vektor predstavlja položajni premik točke po izvedeni transformaciji. Slika prikazuje izsek in celotno stanje mreže točk po izvedeni transformaciji.



Slika 30: Prikaz višinskih odstopanj koordinat med danimi in transformiranimi koordinatami v ciljnem oz. Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu

4.5.1 Možne rešitve postopka določitve transformacijskih parametrov

V slovenski geodeziji se je veliko sredstev vlagalo v srednjeevropske modele obravnave katastra (zgodovinska povezanost z Avstrijo), ob napakah katastra iz časa cesarice Marije Terezije, kljub nekaj popravkom skozi zgodovino (reambulacija), se niso rešili temeljni problemi kot so napačna orientacija geodetske mreže, napačen položaj mreže na elipsoidu in in nehomogenost geodetske mreže. Ogromne vsote denarja smo porabili pri digitalizaciji oz. vektorizaciji katastrskih načrtov, njihovih popravkih in najrazličnejših izvedbah »sanacij« letih. Na koncu pa uporabnik (geodet) dobi predse osnovo, na podlagi katere bi moral biti sposoben stranki zagotoviti nekaj centimetrsko natančnost koordinat zemljiško-katastrskih

točk, ob splošno znanem dejstvu, da so izvorni podatki veliko slabše natančnosti kakor je to danes potrebno.

V vseh pogledih skušamo biti evropski, moderni, vendar brez kančka prepotrebne razuma, ki bi moral prevladati nad interesi individuuma.

Najbolj radikalno rešitev problema Gauss-Krügerjevega koordinatnega sistema in s tem transformacije vidimo v reambulaciji oz. novi izmeri vsaj nekaterih pomembnih območij, kot so območja najbolj intenzivne izrabe prostora, predvsem pa območja, kjer je tržna vrednost nepremičnin najvišja, na podlagi katere bi lahko vzpostavili zdrave in transparente temelje slovenskemu katastru, ki po tržnem deležu geodetskih storitev najbolj prednjači. Novo izmero v novem koordinatnem sistemu (D96/TM) bi lahko izvedli s klasično terestrično geodetsko izmero, z operativno uporabo omrežja SIGNAL, pa se nam rešitev ponuja kar na dlani. Množica preizkušenih in zanesljivi metod GNSS izmere, bi v kombinaciji z omrežjem SIGNAL, lahko dala hitro, učinkovito, kakovostno ter relativno poceni izvedbo nove detajlne izmere.

Glede na to, da Geodetska uprava RS poseduje velik nabor geodetskih oz. prostorskih podatkov, bi morala za kakovostjo le-teh trdno stati. Čas pa je pokazal, da obstoječa baza ne sledi in ne zadošča več današnjim potrebam po natančnosti določitve koordinat, zato bi iz tega naslova morali zbrati potrebna sredstva in izvesti novo izmero na najbolj »aktualnih« območjih. Sredstva za plačilo nove izmere bi bilo potrebno pridobiti iz javno-zasebnega partnerstva. Tako bi na eni strani državne institucije pridobile kvalitetne prostorske podlage, geodetska podjetja pa zanesljive vire.

Ko bi bile dane vse možnosti in zagotovljeni vsi pogoji, bi lahko od bodočih uporabnikov (predvsem geodetov) zahtevali dovolj natančno in hkrati realno določitev koordinat točk. Sedaj pa se nahajamo v dani situaciji, ko mora geodet, ne glede na kakovost izhodiščnih podatkov, zagotoviti sprejemljiv rezultat (koordinate točk) znotraj toleranc postavljenih s strani GURS - a.

Prihodnost vidimo tudi v katastrskih načrtih, razdelanih v sloje glede na čas nastanka, spremembe in popravka, iz katerih bi bila razvidna celotna zgodovina posamezne parcele.

Smotrna bi bila tudi združitev nekaterih evidenc (dvojno vodenje, posledično veliki stroški), ki bi nam omogočila veliko krajše postopke. Prilagoditi bi bilo potrebno tudi zakonodajo, saj nam dejstva pričajo, da smo geodeti postali preveč uradniški, izgubili pa smo tudi na avtoriteti, posledično zaradi nestrokovnega dela ter podatkov izdanih s strani Geodetske uprave RS, ki nikakor ne zadoščajo potrebam današnje družbe.

Kapitalizem nas je privedel do gospodarske blaginje, kjer ima vsaka stvar svojo vrednost. Leta je odvisna od temeljnega ekonomskega načela ponudbe in povpraševanja. Zato bomo morali, glede na veliko rast vrednosti nepremičnin, geodeti čim hitreje presedlati oz. izrabljati vse prednosti D96 koordinatnega sistema, ki nam bo omogočal kvalitetnejšo in predvsem bolj kakovostno določitev položaja.

Nekateri problemi pa bodo še vedno ostali, ker bo velika množica podatkov (elaborati izmer ...) še vedno določena v starem D48 koordinatnem sistemu, kjer ni bilo zadostnega zunanjega nadzora nad izmerami. Nadzor je bil preokoren, ker so bila dopustna odstopanja (na nivoju mreže) zelo blaga, na katastrskem področju pa je bila kakovost detajla zagotovljena le s predpisanimi ustreznimi postopki izmere.

Omeniti je potrebno še probleme povezane s transformacijo, ki se nanašajo na transformacijo različnih podatkovnih zbirk, kjer ločimo transformacijo na nivoju države ter detajla, odvisno od potreb in želene natančnosti transformirane zbirke. Tako pri transformaciji prostorskih zbirk ključni problem predstavljajo deformacije vsebine, do katerih prihaja zaradi spremembe referenčnega elipsoida, geodetskega datuma in nehomogene natančnosti D48 (Berk et al., 2007).

Zaradi deformacij vsebine in stroškov povezanih z izvedbo transformacije je bil uspešno transformiran le ortofoto (Berk et al., 2007).

5 ZAKLJUČEK

V diplomskem delu smo zajeli vse korake GPS izmere, kar bo naši nadaljnji poklicni poti v veliko pomoč. Soočali smo se z raznolikimi dilemami ter problemi. V terenskem delu smo zaobjeli veliko faz dela z GPS instrumentom, saj smo izvajali zakoličbo (rekognosciranje terena), statično izmero (izvedba izmere in naknadna obdelava), RTK izmero, v sklopu katere smo izkusili delovanje omrežja SIGNAL. Na koncu praktičnega projekta, ko smo zbrali dovolj podatkov, smo določili in ocenili še transformacijske parametre za izbrano območje.

Kakovostna določitev transformacijskih parametrov geodetu zagotavlja kvalitetno opravljeno delo in nadaljnje reference. Glede na tip naloge oz. projekta je smotrno najprej predvideti, ali je določitev novih transformacijskih parametrov sploh potrebna in ali jih lahko izberemo iz nabora že določenih s strani Geodetske uprave RS. Izbor parametrov je v največji meri odvisen od želene natančnosti določitve novih koordinat. Za potrebe geodetske izmere na nivoju detajla izvajamo izključno lastne transformacije.

Problem transformacije izhaja, glede na izkušnje pridobljene skozi praktično izmero, iz Gauss-Krügerjevega koordinatnega sistema, saj točke geodetske mreže, ki imajo koordinate določene v starem koordinatnem sistemu, niso enotne natančnosti in niso homogene, zato je potrebno izvajati lokalne transformacije. Problem se pojavi tudi zaradi različnih sistemov višin, v katerih so podane vezne točke. V ETRS89 koordinatnem sistemu so v uporabi elipsoidne višine, ki imajo geometričen pomen, v Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu pa so v veljavi ortometrične višine, ki so odvisne od težnostnega polja Zemlje, vprašljiva je tudi metoda njihove določitve.

S 1. 1. 2008 je Slovenija prešla v nov državni koordinatni sistem ETRS89, uspela je vzpostaviti sistem permanentnih postaj SIGNAL, ki ima veliko uporabno ter tehnološko vrednost. GPS izmera je tako postala del vsakdana slehernega geodeta, ki bo želel opravljati geodetske storitve v povezavi z geodetsko izmero.

Na tej zgodovinski in za slovensko geodezijo pomembni prelomnici se nam poraja vprašanje, ali bo konzervativen slovenski geodet sposoben narediti ta velik mentalni preskok in iz klasične terestrične izmere presedlati na tehnološko dovršeno GPS izmero.

Velik strokovni izziv geodetov v bodoče bo uporaba, še bolj pa izračun pravih in uporabnih transformacijskih parametrov za območje izmere, glede na zahtevano natančnost projekta. Omenjeni izziv se bo pojavljal v povezavi z geodetskimi podatki danimi v Gauss-Krügerjevem koordinatnem sistemu, v podobni situaciji pa so bili tudi geodeti pred stoletjem, ko so lokalne katastrske načrte morali vključevati v koordinatni sistem.

Zaradi neizmernege tempa dela si geodetski strokovnjaki (praktiki) vzamejo premalo časa za kvalitetni študij GPS teorije in povezanih področij: ocena kakovosti in modeli transformacij, posledica tega pa je zato nepoznavanje osnov, ki pa posledično vodi v napake. Zato je na mlajših in prihajajočih generacijah veliko breme, saj smo sedaj mi ambasadorji, ki bodo probleme transformacije poizkušali strpno, hkrati pa elegantno, odpraviti v doglednem času, ki nam prihaja naproti.

Vendar to nikakor ne pomeni, da je dobe terestrične izmere konec. Še vedno bo, zaradi ovir, vpliva odbojnih in elektromagnetnih površin, rednih in vzdrževalnih del na omrežjih kot so SIGNAL, klasična izmera v uporabi. V prihodnosti bo verjetno najboljša uporaba kombinacije klasične in GPS izmere, saj ima vsaka svoje prednosti in slabosti. GPS tako prednjači v visoki natančnosti meritev v zelo kratkem času, možnost meritev v skoraj vseh vremenskih pogojih, medsebojna vidljivost točk ni več potrebna, možnost določanja zelo dolgih vektorjev in hitrosti izmere, predvsem pa v okviru GPS izmer ni potrebno razmišljati o koordinatnem sistemu–geodetskem datumu in lokalni obravnavi rezultatov izmer. Slabost za GNSS izmero še vedno predstavljajo ovire, v takem slučaju pa GNSS v celoti nadomesti terestrična izmera.

Pojem transformacije bo stalnica v geodetski praksi še v naslednjem desetletju, ključnega pomena, v smislu natančnosti določitve transformacijskih parametrov in kakovosti transformiranih koordinat točk, bo v geodetski izmeri in v nalogah inženirske geodezije ter deformacijskih meritvah.

VIRI

Andrei, C-O., 2006. 3D affine coordinate transformations. Master's of Science Thesis in Geodesy. Stockholm, Royal Institute of Technology (KTH), School of Architecture and the Built Environment: 2-7.

Berk, S., Duhovnik, M., 2007. Transformacija podatkov geodetske uprave Republike Slovenije v novi državni koordinatni sistem. Ljubljana, Geod. vest, 51, 4: 804-825.

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

Fan, H. 1997. Theory of errors and least squares adjustment. TRITA GEOFOTO 1997:21. Department of Geodesy and Photogrammetry, Royal Institute of Technology, Stockholm, October 1997.

Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger H., and Collins J. 1994. Global Positioning System-Theory and Practice, Third edition, Wien New York Springer-Verlag : 255-278.

Jenko, M. 2001. O ekstremnih točkah našega planeta. Ljubljana, Geod. vest, 45, 4: 554.

Koler B., Medved K., Kuhar M. 2006. Projekt nove gravimetrične mreže 1. reda Republike Slovenije. Ljubljana, Geod. vestn., 50, 3: 451-460.

Koler B., Medved K., Kuhar M. 2007. Uvajanje sodobnega višinskega sistema v Sloveniji. Ljubljana, Geod. vestn., 51, 4: 777-778.

Marjetič, A., Stopar, B. 2007. Geodetski datum in S – transformacija. Ljubljana, Geodetski vestnik, 51, 1-2: 550-555.

Mikhail, E.M. 1976. Observations and least squares. New York, New York: IEP/A. Dun-Donelley.

Plešnar, M. 2000. GPS v detajlni geodetski izmeri. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Režek, J., Radovan, D., Stopar, B. 2004. Strategija osnovnega geodetskega sistema. Ljubljana, Geod. vestn, 48, 3: 288-306.

Sterle, O. 2007. Združevanje klasičnih geodetskih in GNSS-opazovanj v geodinamičnih raziskavah. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo..

Stopar, B. 2007. Vzpostavitev EVRS v Sloveniji. Ljubljana, Geod. vestn., 51, 4: 767-773.

Stopar, B, Kuhar, M. 1997. Astrogeodetska mreža Slovenije in geoid. Astrogeodetic network of Slovenia and geoid. Ljubljana, Geod.vestn., 41, 2: 91-110.

Stopar, B., Kuhar, M. 2001. Moderni geodetski koordinatni sistemi in astrogeodetska mreža Slovenije. Ljubljana, Geod. vestn., 45,1-2: 11-26.

DRUGI VIRI:

Berk, S., Klanjšček, M. 2007. Transformacija med koordinatnima sistemoma D48/GK in D96/TM. Obvezno izobraževanje geodetov. Poljčane, Maribor, Sežana, Geodetski inštitut Slovenije.

KOGOJ, D., STOPAR, B. 2006. Geodetska izmera. Strokovni izpit iz geodetske stroke. <http://www.izs.si/zbirke/dokumenti/Show?id=msgeo-strok-izpiti-gradivo.htm> (10.09.2007).

Kogoj, D. 2007. Predavanja Geodezija 2.

<ftp://ftp.fgg.uni-lj.si/Sendable/Geodezija%20II%20-%20UNI/Predavanja%202007-2008-gradivo/04-Koordinatni%20sistemi%20v%20geodeziji.pdf> (20.12.2007).

Koler, B., 2000. Predavanja Inženirska geodezija 2.

<ftp://ftp.fgg.uni-lj.si/Sendable/2007/visine%20tock%20v%20razlicnih%20visinskih%20sistemih.doc> (29.10.2007).

Kozmus, K., Stopar, B. 2007. Navodila za uporabo spletne aplikacije za transformacije koordinatnih sistemov SiTraNet : v1.0. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 2-4.

Mesner, N., Berk, S., Radovan, D., Pegan Žvokelj, B., Ravnihar, F., Korošec, M., Mozetič, B., Komadina, Ž., Logar, M., Triglav, J., Stopar, B., Ferlan, M., Pavlovčič Prešeren, P., in Kozmus, K. 2007. Tehnično navodilo za uporabo novega koordinatnega sistema v zemljiškem katastru. Ljubljana, Geodetska uprava Republike Slovenije, Geodetski inštitut Slovenije ter Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Mozetič, B. 2006. Državni koordinatni sistem. Izobraževanje za imetnike geodetskih izkaznic.

Radovan, D., Klanjšček, M., Berk, S., Stopar, B., Kozmus, K. 2005. Razvoj osnovnega geodetskega sistema : končno poročilo. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije.

Radovan D. 2007a. Slovensko omrežje referenčnih postaj GPS, povzetek.

http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2007/SZGG2007_Radovan.pdf (18.12.2007).

Radovan, D. 2007b. Slovensko omrežje referenčnih postaj GPS za natančno določanje položaja. V: Kozmus, K. (ur.), Kuhar, M. (ur.). Raziskave s področja geodezije in geofizike 2006 : zbornik predavanj. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 21-28.

STOPAR, B. 2003. Izravnalni račun II, zapiski s predavanj. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

STOPAR, B. 2005. Izravnalni račun III, zapiski s predavanj. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

STOPAR, B., PAVLOVČIČ-PREŠEREN, P., KOZMUS, K. 2006. GPS v geodetski praksi, študijsko gradivo. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Stopar, B., Koler, B., Kuhar, M. 2003. Programska zasnova in priprava gradiv za izvedbo strokovnega dela izpita iz geodetske stroke : Osnovni geodetski sistemi. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 4-19.

Stopar, B., Koler, B., Kuhar, M., Jenko, M. 2007. Sodelovanje znanstveno raziskovalnega sektorja pri uvajanju evropskega koordinatnega sistema v Sloveniji: otvoritvena konferenca in predstavitev projekta Vzpostavitev evropskega koordinatnega sistema v Sloveniji. Ljubljana, MOP; Geodetska uprava RS.

Stopar, B., Radovan, D., Berk, S., Bilc, A. 2002. Projekt izgradnje slovenskega omrežja permanentnih GPS – postaj in vzpostavitev GPS službe, povzetek.

http://www.fgg.uni-lj.si/sugg/referati/2002/Stopar_et_al2002.pdf (18.10.2007).

Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P., in Kozmus, K., Mozetič, B., Komadina, Ž., Radovan, D., Berk, S., Mesner, N., Klanjšček, M. 2006. Navodilo za izvajanje izmere z uporabo globalnih navigacijskih satelitskih sistemov v državnem koordinatnem sistemu. Ljubljana, Geodetska uprava Republike Slovenije, Geodetski inštitut Slovenije ter Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

GURS

http://www.gu.gov.si/si/delovnapodrocja_gu/projekti_gu/nov_drzavni_koordinatni_sistem/
(12.12.2007).

IZS

http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/strokovni_izpiti/msgeo/geodetska_izmera.pdf (20.12.2007).

ZEN, 139. člen

<http://www.uradni-list.si/1/ulonline.jsp?urlid=200647&dhid=82501> (15.12.2007).

<http://slogis.zrc-sazu.si/GISslo004/zbornik.htm>

www.fgg.uni-lj.si/~mkuhar/Pouk/VG/Transformacije.pdf - 96 KB (15.12.2007).

PRILOGE

Priloga A1: Rezultati obdelave baznih vektorjev pridobljenih s pomočjo VRS (SIGNAL)

Project : IZRAVN-1.GGS

User Name	Trimble Employee	Date & Time	15:21:28 29/10/2007
Coordinate System	Slovenia	Zone	Slovenia
Project Datum	Slovenia	Geoid Model	
Coordinate Units	Meter		
Distance Units	Meter		
Height Units	Meter		
Angle Units	Degrees		

Number of Baselines	24 (Solution(s): 24)
Minimum Ratio	1.8
Start Date and Time	2007/9/6 0:00 (GPS + 0.0h)
End Date and Time	2007/9/9 23:59 (GPS + 0.0h)

BODO - 300205

	BODO	300205
Receiver / S/N	NetRS / Unknown	HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height	TRM41249.00 TZGD / Not Set / 0.1180m	TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.2900m
Baseline Vector	23895.1020m +-0.9mm / 11331.4446m +-0.6mm / -24760.9487m +-0.7mm / Solutions: Fixed Lc	
Time Span (GPS + 0.0h)	2007/9/6 16:01 - 2007/9/6 19:11 / 11390 Sec	
Time Information	GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common Epochs: 1139	
Ratio 2.8	OK PDOP: 1.4 - 8.0 /	RDOP: 0.1 / RMS: 12.9 mm / Number of Satellites : 11

BODO - 400231_Z2

	BODO	400231_Z2
Receiver / S/N	NetRS / Unknown	HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height	TRM41249.00 TZGD / Not Set / 0.1180m	TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.5600m
Baseline Vector	24960.8397m +-0.6mm / 14168.0295m +-0.4mm / -26568.2027m +-0.5mm / Solutions: Fixed L1	
Time Span (GPS + 0.0h)	2007/9/6 12:34 - 2007/9/6 15:34 / 10780 Sec	
Time Information	GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common Epochs: 1078	
Ratio 2.5	OK PDOP: 1.1 - 8.5 /	RDOP: 0.1 / RMS: 11.0 mm / Number of Satellites : 10

BODO - 500543

	BODO	500543
Receiver / S/N	NetRS / Unknown	HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height	TRM41249.00 TZGD / Not Set / 0.1180m	TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.6330m
Baseline Vector	24417.6518m +-1.2mm / 9787.7836m +-1.0mm / -24802.3115m +-1.4mm / Solutions: Fixed Lc	
Time Span (GPS + 0.0h)	2007/9/6 19:35 - 2007/9/6 22:54 / 11930 Sec	
Time Information	GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common Epochs: 1193	
Ratio 2.5	OK PDOP: 1.5 - 7.4 /	RDOP: 0.0 / RMS: 19.4 mm / Number of Satellites : 10

BODO - 50779

	BODO	50779
Receiver / S/N	NetRS / Unknown	HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height	TRM41249.00 TZGD / Not Set / 0.1180m	TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.3950m
Baseline Vector	25050.7875m +-1.5mm / 10710.9987m +-1.3mm / -25707.1386m +-2.8mm / Solutions: Fixed Lc	

```

Time Span (GPS + 2007/9/6 9:08 - 2007/9/6 12:08 / 10830 Sec
0.0h)
Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
Epochs: 1083
Ratio 1.8 OK PDOP: 1.7 - 15.0 / RDOP: 0.1 / RMS: 28.4 mm / Number of Satellites : 8

PTUJ - 300205
Receiver / S/N PTUJ 300205
GPS1200 / 0460425 HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.2900m
Baseline Vector -5649.6429m +-0.9mm / 19538.1935m +-0.6mm / 56.3803m +-0.8mm / Solutions:
Fixed Lc
Time Span (GPS + 2007/9/6 16:01 - 2007/9/6 19:11 / 11390 Sec
0.0h)
Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
Epochs: 1139
Ratio 2.6 OK PDOP: 1.3 - 3.0 / RDOP: 0.0 / RMS: 13.0 mm / Number of Satellites : 13

PTUJ - 400231_Z2
Receiver / S/N PTUJ 400231_Z2
GPS1200 / 0460425 HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.5600m
Baseline Vector -4583.8651m +-1.1mm / 22374.7874m +-0.8mm / -1750.8714m +-1.0mm
/ Solutions: Fixed Lc
Time Span (GPS + 2007/9/6 12:34 - 2007/9/6 15:34 / 10780 Sec
0.0h)
Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
Epochs: 1078
Ratio 1.8 OK PDOP: 1.0 - 2.7 / RDOP: 0.0 / RMS: 13.5 mm / Number of Satellites : 13

PTUJ - 400269
Receiver / S/N PTUJ 400269
GPS1200 / 0460425 HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.5260m
Baseline Vector -5690.6745m +-0.8mm / 21767.4814m +-0.7mm / -562.3659m +-0.9mm
/ Solutions: Fixed L1
Time Span (GPS + 2007/9/7 21:49 - 2007/9/8 0:55 / 11190 Sec
0.0h)
Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 250 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
Epochs: 1119
Ratio 2.5 OK PDOP: 1.2 - 3.8 / RDOP: 0.0 / RMS: 14.0 mm / Number of Satellites : 12

PTUJ - 500543
Receiver / S/N PTUJ 500543
GPS1200 / 0460425 HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.6330m
Baseline Vector -5127.0703m +-1.0mm / 17994.5423m +-0.8mm / 15.0315m +-1.2mm / Solutions:
Fixed L1
Time Span (GPS + 2007/9/6 19:35 - 2007/9/6 22:54 / 11930 Sec
0.0h)
Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
Epochs: 1193
Ratio 2.5 OK PDOP: 1.5 - 7.4 / RDOP: 0.0 / RMS: 15.5 mm / Number of Satellites : 10

PTUJ - 50779
Receiver / S/N PTUJ 50779
GPS1200 / 0460425 HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.3950m
Baseline Vector -4493.9263m +-1.7mm / 18917.7529m +-1.4mm / -889.7818m +-2.4mm
/ Solutions: Fixed Lc
Time Span (GPS + 2007/9/6 9:08 - 2007/9/6 12:08 / 10830 Sec
0.0h)
Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
Epochs: 1083
Ratio 1.8 OK PDOP: 1.5 - 14.8 / RDOP: 0.0 / RMS: 28.2 mm / Number of Satellites : 10

PTUJ - BODO
Receiver / S/N PTUJ BODO
GPS1200 / 0460425 NetRS / Unknown
    
```

Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m TRM41249.00 TZGD / Not Set / 0.1180m
Baseline Vector -29544.7365m +-1.4mm / 8206.7532m +-0.7mm / 24817.3365m +-1.5mm
/ Solutions: Fixed Lc
Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/6 0:00 - 2007/9/9 23:59 / 345590 Sec
Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
Epochs: 34559
Ratio 2.0 OK PDOP: 1.1 - 14.9 / RDOP: 0.1 / RMS: 16.9 mm / Number of Satellites : 23

VELP - 300205

Receiver / S/N GPS1200 / 0459182 HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.2900m
Baseline Vector 16367.6591m +-1.2mm / -11225.6244m +-0.8mm / -11826.7409m +-1.0mm
/ Solutions: Fixed Lc
Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/6 16:01 - 2007/9/6 19:11 / 11390 Sec
Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
Epochs: 1139
Ratio 2.5 OK PDOP: 1.3 - 3.0 / RDOP: 0.0 / RMS: 11.9 mm / Number of Satellites : 13

VELP - 400231_Z2

Receiver / S/N GPS1200 / 0459182 HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.5600m
Baseline Vector 17433.4158m +-1.0mm / -8389.0326m +-0.7mm / -13634.0004m +-0.9mm
/ Solutions: Fixed Lc
Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/6 12:34 - 2007/9/6 15:34 / 10780 Sec
Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
Epochs: 1078
Ratio 1.8 OK PDOP: 1.0 - 2.7 / RDOP: 0.0 / RMS: 14.0 mm / Number of Satellites : 13

VELP - 400269

Receiver / S/N GPS1200 / 0459182 HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.5260m
Baseline Vector 16326.6288m +-0.6mm / -8996.3384m +-0.6mm / -12445.4811m +-0.7mm
/ Solutions: Fixed L1
Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/7 21:49 - 2007/9/8 0:55 / 11190 Sec
Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 250 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
Epochs: 1119
Ratio 3.4 OK PDOP: 1.2 - 3.8 / RDOP: 0.0 / RMS: 12.0 mm / Number of Satellites : 12

VELP - 500543

Receiver / S/N GPS1200 / 0459182 HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.6330m
Baseline Vector 16890.2139m +-0.9mm / -12769.2797m +-0.7mm / -11868.1017m +-1.0mm
/ Solutions: Fixed L1
Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/6 19:35 - 2007/9/6 22:54 / 11930 Sec
Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
Epochs: 1193
Ratio 2.5 OK PDOP: 1.5 - 7.4 / RDOP: 0.0 / RMS: 14.0 mm / Number of Satellites : 10

VELP - 50779

Receiver / S/N GPS1200 / 0459182 HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.3950m
Baseline Vector 17523.3999m +-1.3mm / -11846.0011m +-1.1mm / -12772.9082m +-1.8mm
/ Solutions: Fixed Lc
Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/6 9:08 - 2007/9/6 12:08 / 10830 Sec
Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
Epochs: 1083
Ratio 2.2 OK PDOP: 1.5 - 14.8 / RDOP: 0.0 / RMS: 19.1 mm / Number of Satellites : 10

VELP - BODO

	VELP	BODO
Receiver / S/N	GPS1200 / 0459182	NetRS / Unknown
Antenna / S/N / Height	LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m	TRM41249.00 TZGD / Not Set / 0.1180m
Baseline Vector	-7527.4478m +-2.4mm / -22557.0793m +-1.3mm / 12934.2068m +-2.7mm / Solutions: Fixed Lc	
Time Span (GPS + 0.0h)	2007/9/6 0:00 - 2007/9/9 23:59 / 345590 Sec	
Time Information	GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common Epochs: 34559	
Ratio 2.0	OK PDOP: 1.1 - 14.9 / RDOP: 0.0 / RMS: 23.1 mm / Number of Satellites : 23	

VELP - PTUJ

	VELP	PTUJ
Receiver / S/N	GPS1200 / 0459182	GPS1200 / 0460425
Antenna / S/N / Height	LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m	LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m
Baseline Vector	22017.3006m +-2.2mm / -30763.8174m +-1.3mm / -11883.1101m +-2.4mm / Solutions: Fixed Lc	
Time Span (GPS + 0.0h)	2007/9/6 0:00 - 2007/9/9 23:59 / 345590 Sec	
Time Information	GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common Epochs: 34559	
Ratio 2.0	OK PDOP: 1.0 - 11.9 / RDOP: 0.0 / RMS: 23.5 mm / Number of Satellites : 27	

300205 - Virtual_2

	300205	Virtual_2
Receiver / S/N	HiPer / 8PP7GY0SR28	GPS1200 / 0460425
Antenna / S/N / Height	TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.2900m	LEIAX1202 / Not Set / 0.0840m
Baseline Vector	-577.9282m +-0.8mm / -516.4615m +-0.6mm / 681.5480m +-0.7mm / Solutions: Fixed Ln	
Time Span (GPS + 0.0h)	2007/9/6 16:01 - 2007/9/6 19:11 / 11390 Sec	
Time Information	GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common Epochs: 1139	
Ratio 22.0	OK PDOP: 1.3 - 3.0 / RDOP: 0.1 / RMS: 6.8 mm / Number of Satellites : 13	

Virtual_2 - 400231_Z2

	Virtual_2	400231_Z2
Receiver / S/N	GPS1200 / 0460425	HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height	LEIAX1202 / Not Set / 0.0840m	TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.5600m
Baseline Vector	487.8303m +-0.6mm / 2320.1329m +-0.5mm / -1125.7171m +-0.5mm / Solutions: Fixed L1	
Time Span (GPS + 0.0h)	2007/9/6 12:34 - 2007/9/6 15:34 / 10780 Sec	
Time Information	GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common Epochs: 1078	
Ratio 21.4	OK PDOP: 1.0 - 2.7 / RDOP: 0.1 / RMS: 6.6 mm / Number of Satellites : 13	

Virtual_2 - 400269

	Virtual_2	400269
Receiver / S/N	GPS1200 / 0460425	HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height	LEIAX1202 / Not Set / 0.0840m	TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.5260m
Baseline Vector	-618.9644m +-0.6mm / 1712.8285m +-0.6mm / 62.7940m +-0.6mm / Solutions: Fixed Ln	
Time Span (GPS + 0.0h)	2007/9/7 21:49 - 2007/9/8 0:55 / 11190 Sec	
Time Information	GPS-Week: 1443 / DOY: 250 / Processing Interval: 10.00 Sec / common Epochs: 1119	
Ratio 3.2	OK PDOP: 1.2 - 3.8 / RDOP: 0.1 / RMS: 6.9 mm / Number of Satellites : 12	

Virtual_2 - 500543

	Virtual_2	500543
Receiver / S/N	GPS1200 / 0460425	HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height	LEIAX1202 / Not Set / 0.0840m	TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.6330m
Baseline Vector	-55.3666m +-0.6mm / -2060.1129m +-0.5mm / 640.1962m +-0.7mm / Solutions: Fixed Ln	
Time Span (GPS + 0.0h)	2007/9/6 19:35 - 2007/9/6 22:54 / 11930 Sec	

Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
 Epochs: 1193
Ratio 6.5 OK PDOP: 1.5 - 7.4 / RDOP: 0.1 / RMS: 6.3 mm / Number of Satellites : 10

BODO - Virtual_2

	BODO	Virtual_2
Receiver / S/N	NetRS / Unknown	GPS1200 / 0460425
Antenna / S/N / Height	TRM41249.00 TZGD / Not Set / 0.1180m	LEIAX1202 / Not Set / 0.0840m
Baseline Vector	-24473.0463m +-1.4mm / -11847.9067m +-0.8mm / 25442.4849m +-1.5mm / Solutions: Fixed Lc	
Time Span (GPS + 0.0h)	2007/9/6 0:00 - 2007/9/9 23:59 / 345590 Sec	
Time Information	GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common Epochs: 34559	
Ratio 2.0	OK PDOP: 1.1 - 14.9 / RDOP: 0.1 / RMS: 16.7 mm /	Number of Satellites : 23

PTUJ - Virtual_2

	PTUJ	Virtual_2
Receiver / S/N	GPS1200 / 0460425	GPS1200 / 0460425
Antenna / S/N / Height	LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m	LEIAX1202 / Not Set / 0.0840m
Baseline Vector	5071.6879m +-1.2mm / -20054.6590m +-0.7mm / 625.1461m +-1.2mm / Solutions: Fixed Lc	
Time Span (GPS + 0.0h)	2007/9/6 0:00 - 2007/9/9 23:59 / 345590 Sec	
Time Information	GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common Epochs: 34559	
Ratio 2.0	OK PDOP: 1.0 - 11.9 / RDOP: 0.0 / RMS: 6.6 mm /	Number of Satellites : 27

VELP - Virtual_2

	VELP	Virtual_2
Receiver / S/N	GPS1200 / 0459182	GPS1200 / 0460425
Antenna / S/N / Height	LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m	LEIAX1202 / Not Set / 0.0840m
Baseline Vector	-16945.6065m +-1.4mm / 10709.1568m +-0.8mm / 12508.2632m +-1.5mm / Solutions: Fixed Lc	
Time Span (GPS + 0.0h)	2007/9/6 0:00 - 2007/9/9 23:59 / 345590 Sec	
Time Information	GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common Epochs: 34559	
Ratio 2.0	OK PDOP: 1.0 - 11.9 / RDOP: 0.0 / RMS: 14.7 mm /	Number of Satellites : 27

Priloga A2: Rezultati obdelave baznih vektorjev pridobljenih s pomočjo VRS (TTC)

Project : IZRAVN-1.GGS

User Name	Trimble Employee	Date & Time	15:0:3 29/10/2007
Coordinate System	Slovenia	Zone	Slovenia
Project Datum	Slovenia	Geoid Model	
Coordinate Units	Meter		
Distance Units	Meter		
Height Units	Meter		
Angle Units	Degrees		

Number of Baselines	24 (Solution(s): 24)
Minimum Ratio	1.8
Start Date and Time	2007/9/6 0:00 (GPS + 0.0h)
End Date and Time	2007/9/9 23:59 (GPS + 0.0h)

BODO - 300205

	BODO	300205
Receiver / S/N	NetRS / Unknown	HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height	TRM41249.00 TZGD / Not Set / 0.1180m	TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.2900m
Baseline Vector	23895.1019m +-0.9mm / 11331.4446m +-0.6mm / -24760.9487m +-0.7mm / Solutions: Fixed Lc	
Time Span (GPS + 0.0h)	2007/9/6 16:01 - 2007/9/6 19:11 / 11390 Sec	
Time Information	GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common Epochs: 1139	
Ratio 2.8	OK PDOP: 1.4 - 8.0 /	RDOP: 0.1 / RMS: 12.9 mm / Number of Satellites : 11

BODO - 400231_Z2

	BODO	400231_Z2
Receiver / S/N	NetRS / Unknown	HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height	TRM41249.00 TZGD / Not Set / 0.1180m	TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.5600m
Baseline Vector	24960.8397m +-0.6mm / 14168.0295m +-0.4mm / -26568.2027m +-0.5mm / Solutions: Fixed L1	
Time Span (GPS + 0.0h)	2007/9/6 12:34 - 2007/9/6 15:34 / 10780 Sec	
Time Information	GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common Epochs: 1078	
Ratio 2.5	OK PDOP: 1.1 - 8.5 /	RDOP: 0.1 / RMS: 11.0 mm / Number of Satellites : 10

BODO - 500543

	BODO	500543
Receiver / S/N	NetRS / Unknown	HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height	TRM41249.00 TZGD / Not Set / 0.1180m	TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.6330m
Baseline Vector	24417.6518m +-1.2mm / 9787.7836m +-1.0mm / -24802.3114m +-1.4mm / Solutions: Fixed Lc	
Time Span (GPS + 0.0h)	2007/9/6 19:35 - 2007/9/6 22:54 / 11930 Sec	
Time Information	GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common Epochs: 1193	
Ratio 2.5	OK PDOP: 1.5 - 7.4 /	RDOP: 0.0 / RMS: 19.4 mm / Number of Satellites : 10

BODO - 50779

	BODO	50779
Receiver / S/N	NetRS / Unknown	HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height	TRM41249.00 TZGD / Not Set / 0.1180m	TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.3950m
Baseline Vector	25050.7875m +-1.5mm / 10710.9987m +-1.3mm / -25707.1384m +-2.8mm / Solutions: Fixed Lc	
Time Span (GPS + 0.0h)	2007/9/6 9:08 - 2007/9/6 12:08 / 10830 Sec	
Time Information	GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common	

```

Epochs: 1083
Ratio 1.8   OK PDOP: 1.7 - 15.0 /   RDOP: 0.1 /   RMS: 28.4 mm /   Number of Satellites : 8

PTUJ - 300205
Receiver / S/N      PTUJ                      300205
                    GPS1200 / 0460425          HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m   TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.2900m
Baseline Vector    -5649.6429m +-0.9mm / 19538.1935m +-0.6mm / 56.3803m +-0.8mm / Solutions:
                    Fixed Lc
Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/6 16:01 - 2007/9/6 19:11 / 11390 Sec
Time Information    GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
                    Epochs: 1139
Ratio 2.6   OK PDOP: 1.3 - 3.0 /   RDOP: 0.0 /   RMS: 13.0 mm /   Number of Satellites : 13

PTUJ - 400231_Z2
Receiver / S/N      PTUJ                      400231_Z2
                    GPS1200 / 0460425          HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m   TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.5600m
Baseline Vector    -4583.8651m +-1.1mm / 22374.7873m +-0.8mm / -1750.8714m +-1.0mm / Solutions:
                    Fixed Lc
Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/6 12:34 - 2007/9/6 15:34 / 10780 Sec
Time Information    GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
                    Epochs: 1078
Ratio 1.8   OK PDOP: 1.0 - 2.7 /   RDOP: 0.0 /   RMS: 13.5 mm /   Number of Satellites : 13

PTUJ - 400269
Receiver / S/N      PTUJ                      400269
                    GPS1200 / 0460425          HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m   TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.5260m
Baseline Vector    -5690.6745m +-0.8mm / 21767.4814m +-0.7mm / -562.3659m +-0.9mm / Solutions:
                    Fixed L1
Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/7 21:49 - 2007/9/8 0:55 / 11190 Sec
Time Information    GPS-Week: 1443 / DOY: 250 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
                    Epochs: 1119
Ratio 2.5   OK PDOP: 1.2 - 3.8 /   RDOP: 0.0 /   RMS: 14.0 mm /   Number of Satellites : 12

PTUJ - 500543
Receiver / S/N      PTUJ                      500543
                    GPS1200 / 0460425          HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m   TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.6330m
Baseline Vector    -5127.0703m +-1.0mm / 17994.5423m +-0.8mm / 15.0315m +-1.2mm / Solutions:
                    Fixed L1
Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/6 19:35 - 2007/9/6 22:54 / 11930 Sec
Time Information    GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
                    Epochs: 1193
Ratio 2.5   OK PDOP: 1.5 - 7.4 /   RDOP: 0.0 /   RMS: 15.5 mm /   Number of Satellites : 10

PTUJ - 50779
Receiver / S/N      PTUJ                      50779
                    GPS1200 / 0460425          HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m   TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.3950m
Baseline Vector    -4493.9263m +-1.7mm / 18917.7528m +-1.4mm / -889.7818m +-2.4mm / Solutions:
                    Fixed Lc
Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/6 9:08 - 2007/9/6 12:08 / 10830 Sec
Time Information    GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
                    Epochs: 1083
Ratio 1.8   OK PDOP: 1.5 - 14.8 /   RDOP: 0.0 /   RMS: 28.2 mm /   Number of Satellites : 10

PTUJ - BODO
Receiver / S/N      PTUJ                      BODO
                    GPS1200 / 0460425          NetRS / Unknown
Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m   TRM41249.00 TZGD / Not Set / 0.1180m
Baseline Vector    -29544.7365m +-1.4mm / 8206.7532m +-0.7mm / 24817.3364m +-1.5mm
    
```

/ Solutions: Fixed Lc

Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/6 0:00 - 2007/9/9 23:59 / 345590 Sec

Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
 Epochs: 34559

Ratio 2.0 OK PDOP: 1.1 - 14.9 / RDOP: 0.1 / RMS: 16.9 mm / Number of Satellites : 23

VELP - 300205

VELP 300205

Receiver / S/N GPS1200 / 0459182 HiPer / 8PP7GY0SR28

Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.2900m

Baseline Vector 16367.6590m +-1.2mm / -11225.6244m +-0.8mm / -11826.7409m +-1.0mm
 / Solutions: Fixed Lc

Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/6 16:01 - 2007/9/6 19:11 / 11390 Sec

Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
 Epochs: 1139

Ratio 2.5 OK PDOP: 1.3 - 3.0 / RDOP: 0.0 / RMS: 11.9 mm / Number of Satellites : 13

VELP - 400231_Z2

VELP 400231_Z2

Receiver / S/N GPS1200 / 0459182 HiPer / 8PP7GY0SR28

Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.5600m

Baseline Vector 17433.4157m +-1.0mm / -8389.0325m +-0.7mm / -13634.0004m +-0.9mm
 / Solutions: Fixed Lc

Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/6 12:34 - 2007/9/6 15:34 / 10780 Sec

Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
 Epochs: 1078

Ratio 1.8 OK PDOP: 1.0 - 2.7 / RDOP: 0.0 / RMS: 14.0 mm / Number of Satellites : 13

VELP - 400269

VELP 400269

Receiver / S/N GPS1200 / 0459182 HiPer / 8PP7GY0SR28

Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.5260m

Baseline Vector 16326.6288m +-0.6mm / -8996.3384m +-0.6mm / -12445.4811m +-0.7mm
 / Solutions: Fixed L1

Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/7 21:49 - 2007/9/8 0:55 / 11190 Sec

Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 250 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
 Epochs: 1119

Ratio 3.4 OK PDOP: 1.2 - 3.8 / RDOP: 0.0 / RMS: 12.0 mm / Number of Satellites : 12

VELP - 500543

VELP 500543

Receiver / S/N GPS1200 / 0459182 HiPer / 8PP7GY0SR28

Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.6330m

Baseline Vector 16890.2139m +-0.9mm / -12769.2797m +-0.7mm / -11868.1017m +-1.0mm
 / Solutions: Fixed L1

Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/6 19:35 - 2007/9/6 22:54 / 11930 Sec

Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
 Epochs: 1193

Ratio 2.5 OK PDOP: 1.5 - 7.4 / RDOP: 0.0 / RMS: 14.0 mm / Number of Satellites : 10

VELP - 50779

VELP 50779

Receiver / S/N GPS1200 / 0459182 HiPer / 8PP7GY0SR28

Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.3950m

Baseline Vector 17523.3998m +-1.3mm / -11846.0011m +-1.1mm / -12772.9082m +-1.8mm
 / Solutions: Fixed Lc

Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/6 9:08 - 2007/9/6 12:08 / 10830 Sec

Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
 Epochs: 1083

Ratio 2.2 OK PDOP: 1.5 - 14.8 / RDOP: 0.0 / RMS: 19.1 mm / Number of Satellites : 10

VELP - BODO

VELP BODO

Receiver / S/N GPS1200 / 0459182 NetRS / Unknown
Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m TRM41249.00 TZGD / Not Set / 0.1180m
Baseline Vector -7527.4478m +-2.4mm / -22557.0793m +-1.3mm / 12934.2068m +-2.7mm
/ Solutions: Fixed Lc
Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/6 0:00 - 2007/9/9 23:59 / 345590 Sec
Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
Epochs: 34559
Ratio 2.0 OK PDOP: 1.1 - 14.9 / RDOP: 0.0 / RMS: 23.1 mm / Number of Satellites : 23

VELP - PTUJ

VELP PTUJ
Receiver / S/N GPS1200 / 0459182 GPS1200 / 0460425
Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m
Baseline Vector 22017.3005m +-2.2mm / -30763.8174m +-1.3mm / -11883.1101m +-2.4mm
/ Solutions: Fixed Lc
Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/6 0:00 - 2007/9/9 23:59 / 345590 Sec
Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
Epochs: 34559
Ratio 2.0 OK PDOP: 1.0 - 11.9 / RDOP: 0.0 / RMS: 23.5 mm / Number of Satellites : 27

300205 - VRS

300205 VRS
Receiver / S/N HiPer / 8PP7GY0SR28 GPS1200 / 0459182
Antenna / S/N / Height TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.2900m LEIAX1202 / Not Set / 0.0840m
Baseline Vector 6450.2521m +-1.3mm / 1867.3402m +-0.9mm / -6381.6098m +-1.1mm / Solutions:
Fixed Lc
Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/6 16:01 - 2007/9/6 19:11 / 11390 Sec
Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
Epochs: 1139
Ratio 2.0 OK PDOP: 1.4 - 15.0 / RDOP: 0.1 / RMS: 12.0 mm / Number of Satellites : 11

VRS - 400231_Z2

VRS 400231_Z2
Receiver / S/N GPS1200 / 0459182 HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.0840m TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.5600m
Baseline Vector 7516.0168m +-1.2mm / 4703.9295m +-0.8mm / -8188.8644m +-0.9mm / Solutions:
Fixed Lc
Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/6 12:34 - 2007/9/6 15:34 / 10780 Sec
Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
Epochs: 1078
Ratio 2.5 OK PDOP: 1.1 - 14.2 / RDOP: 0.0 / RMS: 12.4 mm / Number of Satellites : 10

VRS - 500543

VRS 500543
Receiver / S/N GPS1200 / 0459182 HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.0840m TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.6330m
Baseline Vector 6972.8141m +-0.7mm / 323.6846m +-0.5mm / -6422.9666m +-0.8mm / Solutions:
Fixed L1
Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/6 19:35 - 2007/9/6 22:54 / 11930 Sec
Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
Epochs: 1193
Ratio 2.7 OK PDOP: 1.5 - 7.4 / RDOP: 0.1 / RMS: 9.3 mm / Number of Satellites : 10

VRS - 50779

VRS 50779
Receiver / S/N GPS1200 / 0459182 HiPer / 8PP7GY0SR28
Antenna / S/N / Height LEIAX1202 / Not Set / 0.0840m TPSHIPER_PLUS / Not Set / 1.3950m
Baseline Vector 7605.9959m +-3.0mm / 1246.9673m +-2.0mm / -7327.7732m +-3.4mm / Solutions:
Fixed Lc
Time Span (GPS + 0.0h) 2007/9/6 9:08 - 2007/9/6 12:08 / 10830 Sec
Time Information GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common
Epochs: 1083
Ratio 2.1 OK PDOP: 1.7 - 15.0 / RDOP: 0.1 / RMS: 20.3 mm / Number of Satellites : 8

BODO - VRS

	BODO	VRS
Receiver / S/N	NetRS / Unknown	GPS1200 / 0459182
Antenna / S/N / Height	TRM41249.00 TZGD / Not Set / 0.1180m	LEIAX1202 / Not Set / 0.0840m
Baseline Vector	-17444.8420m +-6.3mm / -9464.1134m +-3.1mm / 18379.3211m +-7.1mm / Solutions: Fixed L1	
Time Span (GPS + 0.0h)	2007/9/6 0:00 - 2007/9/7 20:05 / 158700 Sec	
Time Information	GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common Epochs: 15870	
Ratio 2.0	OK PDOP: 1.1 - 15.0 / RDOP: 0.0 / RMS: 44.8 mm /	Number of Satellites : 22

PTUJ - VRS

	PTUJ	VRS
Receiver / S/N	GPS1200 / 0460425	GPS1200 / 0459182
Antenna / S/N / Height	LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m	LEIAX1202 / Not Set / 0.0840m
Baseline Vector	12099.8818m +-1.1mm / -17670.8614m +-0.6mm / -6438.0023m +-1.2mm / Solutions: Fixed Lc	
Time Span (GPS + 0.0h)	2007/9/6 0:00 - 2007/9/7 20:05 / 158700 Sec	
Time Information	GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common Epochs: 15870	
Ratio 2.4	OK PDOP: 1.1 - 15.0 / RDOP: 0.0 / RMS: 7.7 mm /	Number of Satellites : 22

VELP - VRS

	VELP	VRS
Receiver / S/N	GPS1200 / 0459182	GPS1200 / 0459182
Antenna / S/N / Height	LEIAX1202 / Not Set / 0.1490m	LEIAX1202 / Not Set / 0.0840m
Baseline Vector	-9917.4043m +-1.0mm / 13092.9651m +-0.5mm / 5445.1313m +-1.1mm / Solutions: Fixed Lc	
Time Span (GPS + 0.0h)	2007/9/6 0:00 - 2007/9/7 20:05 / 158700 Sec	
Time Information	GPS-Week: 1443 / DOY: 249 / Processing Interval: 10.00 Sec / common Epochs: 15870	
Ratio 2.3	OK PDOP: 1.1 - 15.0 / RDOP: 0.0 / RMS: 6.1 mm /	Number of Satellites : 22

Priloga B1: Rezultati statističnih testov (RINEX)

Project : BREZ VRS.ggs

User Name	Trimble Employee	Date & Time	15:35:50 14/11/2007
Coordinate System	Slovenia	Zone	Slovenia
Project Datum	Slovenia	Geoid Model	
Coordinate Units	Meter		
Distance Units	Meter		
Height Units	Meter		
Angle Units	Degrees		

Number of Baselines	16 (16 processed)
Minimum ratio	1.8

1. Loop Closure

1.1. Summary

Significance	20.0mm + 1.0 ppm
Number of Lines	3
Number of Loops	12
Number Passed	12
Number Failed	0

2. Repeatability Test

Significance	20.0mm + 1.0 ppm
--------------	------------------

3. Instrument Eccentricities

	Height
Ant. Ecc. (min)	0.0000m
Ant. Ecc. (max)	2.0000m

4. Points Observed Only Once

Point Number

5. Points Determined Only Once

Point Number

6. Connectivity of Observations

- Uses Only Best Result And Enabled Lines

Batch Process OK!

7. Connectivity of Determinations

- Uses Only Processed Lines

Network adjustment OK!

8. OBS File Integrity

Failed Observation File(s)	Message
D:\Delajtu\ttc\Order223\BODO249A.OBS	More than a day of data
D:\Delajtu\ttc\Order223\PTUJ249A.OBS	More than a day of data
D:\Delajtu\ttc\Order223\Velj249A.OBS	More than a day of data

Priloga B2: Rezultati statističnih testov (VRS_SIGNAL)

Project : IZRAVN-1.GGS

User Name	Trimble Employee	Date & Time	15:21:13 29/10/2007
Coordinate System	Slovenia	Zone	Slovenia
Project Datum	Slovenia	Geoid Model	
Coordinate Units	Meter		
Distance Units	Meter		
Height Units	Meter		
Angle Units	Degrees		

Number of Baselines	24 (24 processed)
Minimum ratio	1.8

1. Loop Closure

1.1. Summary

Significance	20.0mm + 1.0 ppm
Number of Lines	3
Number of Loops	28
Number Passed	28
Number Failed	0

2. Repeatability Test

Significance	20.0mm + 1.0 ppm
--------------	------------------

3. Instrument Eccentricities

	Height
Ant. Ecc. (min)	0.0000m
Ant. Ecc. (max)	2.0000m

4. Points Observed Only Once

Point Number

5. Points Determined Only Once

Point Number

6. Connectivity of Observations

- Uses Only Best Result And Enabled Lines

Batch Process OK!

7. Connectivity of Determinations

- Uses Only Processed Lines

Network adjustment OK!

8. OBS File Integrity

Failed Observation File(s)	Message
D:\Delajtu\TTC\statika podatki\izravnava_brez_vrs\Order223\BODO249A.OBS	More than a day of data
D:\Delajtu\TTC\statika podatki\izravnava_brez_vrs\Order223\PTUJ249A.OBS	More than a day of data
D:\Delajtu\TTC\statika podatki\izravnava_brez_vrs\Order223\Veli249A.OBS	More than a day of data
D:\DELAJTU\TTC\STATIKA PODATKI\IZRAVNAVA_VRS_SIGNAL\Order224\Trimble_Virt1A.OBS	More than a day of data

Priloga B3: Rezultati statističnih testov (VRS_TTC)

Project : IZRAVN-1.GGS

User Name	Trimble Employee	Date & Time	15:01:11 29/10/2007
Coordinate System	Slovenia	Zone	Slovenia
Project Datum	Slovenia	Geoid Model	
Coordinate Units	Meter		
Distance Units	Meter		
Height Units	Meter		
Angle Units	Degrees		

Number of Baselines	24 (24 processed)
Minimum ratio	1.8

1. Loop Closure

1.1. Summary

Significance	20.0mm + 1.0 ppm					
Number of Lines	3					
Number of Loops	29					
Number Passed	27					
Number Failed	2					

	Length	ΔNorthing	ΔEasting	ΔElevation	PPM	Ratio
Best	75143.0565m	-0.0212m	0.0648m	0.0810m	1.409	1 / 709787
Worst	52462.7396m	-0.0359m	0.0616m	0.0492m	1.650	1 / 605941
Average Loop	63802.8981m	-0.0285m	0.0632m	0.0651m	1.530	1 / 657864

1.2. Failed Loops

Closure (3)	ΔNorthing	ΔEasting	ΔElevation	PPM	Ratio
50779 - BODO - VRS	-0.0212m	0.0648m	0.0810m	1.409	1 / 709787
50779 - PTUJ - VRS	-0.0359m	0.0616m	0.0492m	1.650	1 / 605941

1.2.1. Failed Loops (detail)

Loop: 50779 - BODO - VRS

Observation	Solution ID	Solution type:	Start Time
VRS - 50779	12666	Double Diff. / Fixed / Lc	9:08:20 06/09/2007
BODO - 50779	11746	Double Diff. / Fixed / Lc	9:08:20 06/09/2007
BODO - VRS	12754	Double Diff. / Fixed / Ll	0:00:00 06/09/2007

Failed combinations for loop:

	Length	ΔNorthing	ΔEasting	ΔElevation	PPM	Ratio
11746 - 12754 - 12666	75143.0565m	-0.0212m	0.0648m	0.0810m	1.409	1 / 709787

Loop: 50779 - PTUJ - VRS

Observation	Solution ID	Solution type:	Start Time
VRS - 50779	12666	Double Diff. / Fixed / Lc	9:08:20 06/09/2007
PTUJ - 50779	11922	Double Diff. / Fixed / Lc	9:08:20 06/09/2007
PTUJ - VRS	12846	Double Diff. / Fixed / Lc	0:00:00 06/09/2007

Failed combinations for loop:

	Length	ΔNorthing	ΔEasting	ΔElevation	PPM	Ratio
--	--------	-----------	----------	------------	-----	-------

11922 - 12846 - 12666 52462.7396m -0.0359m 0.0616m 0.0492m 1.650 1 / 605941

Significance 2. Repeatability Test
 20.0mm + 1.0 ppm

3. Instrument Eccentricities

	Height
Ant. Ecc. (min)	0.0000m
Ant. Ecc. (max)	2.0000m

4. Points Observed Only Once

	Point Number

5. Points Determined Only Once

	Point Number

6. Connectivity of Observations
 - Uses Only Best Result And Enabled Lines

Batch Process OK!

7. Connectivity of Determinations
 - Uses Only Processed Lines

Network adjustment OK!

8. OBS File Integrity	Message
Failed Observation File(s)	
D:\Delajtu\TTC\statika podatki\izravnava_brez_vrs\Order223\BODO249A.OBS	More than a day of data
D:\Delajtu\TTC\statika podatki\izravnava_brez_vrs\Order223\PTUJ249A.OBS	More than a day of data
D:\Delajtu\TTC\statika podatki\izravnava_brez_vrs\Order223\Velj249A.OBS	More than a day of data
C:\DOCUME~1\gu\LOCALS~1\Temp\VRS.OBS	More than a day of data

Priloga C1: Rezultati izravnave vklopljene mreže s pomočjo RINEX formata

Project : BREZ VRS.ggs

User Name	Trimble Employee	Date & Time	15:30:00 14/11/2007
Coordinate System	Slovenia	Zone	Slovenia
Project Datum	Slovenia	Geoid Model	
Coordinate Units	Meter		
Distance Units	Meter		
Height Units	Meter		
Angle Units	Degrees		

Network Adjustment in WGS84.

Number of GPS Baselines	16
Number of Total Station Measurements	0
Number of Control Points in WGS84	3
Number of Adjusted Points	8
Confidence level	1 σ
Significance Level for Tau Test	1.00 %
Standard Error of Unit Weight	0.698
Number of Iterations	1
Refraction Coefficient	0.140

- Observations which were rejected by the statistical test are marked.

1. Baselines Input in WGS84 (Components and Std.Dev.)

Observation	ΔX_m	σ_{mm}	ΔY_m	σ_{mm}	ΔZ_m	σ_{mm}	Solution
BODONCI-30205	23895.0991	9.0	11331.4449	6.6	-24760.9473	8.5	Double Diff. / Fixed / Lc
BODONCI-40231_Z2	24960.8388	6.5	14168.0314	4.2	-26568.2052	5.2	Double Diff. / Fixed / L1
BODONCI-50543	24417.6495	12.4	9787.7874	9.7	-24802.3121	14.9	Double Diff. / Fixed / Lc
BODONCI-50779	25050.8320	9.7	10711.0598	8.0	-25707.1231	14.6	Double Diff. / Fixed / L1
PTUJ-30205	-5649.6413	9.2	19538.1935	6.5	56.3812	7.9	Double Diff. / Fixed / Lc
PTUJ-40231_Z2	-4583.8664	10.9	22374.7875	7.3	-1750.8734	8.9	Double Diff. / Fixed / Lc
PTUJ-50543	-5127.0732	10.7	17994.5426	8.5	15.0306	12.4	Double Diff. / Fixed / L1
PTUJ-50702	-5690.6755	7.3	21767.4806	6.2	-562.3662	8.2	Double Diff. / Fixed / L1
PTUJ-50779	-4493.8704	17.2	18917.8221	13.1	-889.7709	22.6	Double Diff. / Fixed / Lc
PTUJ-BODONCI	-29544.7302	13.1	8206.7497	7.5	24817.3358	14.9	Double Diff. / Fixed / Lc
VELIKA_POLANA-30205	16367.6550	10.9	-11225.6257	7.7	-11826.7433	9.4	Double Diff. / Fixed / Lc
VELIKA_POLANA-40231_Z2	17433.4171	10.0	-8389.0323	6.8	-13634.0007	8.2	Double Diff. / Fixed / Lc
VELIKA_POLANA-50543	16890.2144	9.9	-12769.2791	8.0	-11868.1015	11.6	Double Diff. / Fixed / L1
VELIKA_POLANA-50702	16326.6286	6.8	-8996.3376	5.7	-12445.4827	7.6	Double Diff. / Fixed / L1
VELIKA_POLANA-BODONCI	-7527.4458	12.1	-22557.0676	6.8	12934.1978	13.8	Double Diff. / Fixed / Lc
VELIKA_POLANA-PTUJ	22017.2919	10.8	-30763.8143	6.2	-11883.1285	12.1	Double Diff. / Fixed / Lc

- Standard deviations of the static baselines have been multiplied with the factor 10.00.

2. WGS84 Control Points Input (Cart. Coordinates and Std.Dev.)

Point	X	σ	Y	σ	Z	σ
BODONCI	4207416.6108m	0.0mm	1213625.9713m	0.0mm	4622309.3254m	0.0mm
PTUJ	4236961.3295m	0.0mm	1205419.2192m	0.0mm	4597491.9832m	0.0mm
VELIKA_POLANA	4214944.0395m	0.0mm	1236183.0352m	0.0mm	4609375.1081m	0.0mm

3. Adjusted Baselines in WGS84 (Components and Std.Dev.)

Observation	ΔX	σ	ΔY	σ	ΔZ	σ
BODONCI-30205	23895.0870m	3.9mm	11331.4413m	2.8mm	-24760.9565m	3.4mm
BODONCI-40231_Z2	24960.8430m	3.4mm	14168.0322m	2.2mm	-26568.2099m	2.7mm
BODONCI-50543	24417.6456m	4.4mm	9787.7874m	3.5mm	-24802.3147m	5.1mm

BODONCI-50779	25050.8358m	5.9mm	10711.0623m	4.7mm	-25707.1197m	8.6mm
PTUJ-30205	-5649.6317m	3.9mm	19538.1934m	2.8mm	56.3857m	3.4mm
PTUJ-40231_Z2	-4583.8757m	3.4mm	22374.7843m	2.2mm	-1750.8677m	2.7mm
PTUJ-50543	-5127.0731m	4.4mm	17994.5395m	3.5mm	15.0276m	5.1mm
PTUJ-50702	-5690.6678m	3.5mm	21767.4794m	2.9mm	-562.3616m	3.9mm
PTUJ-50779	-4493.8830m	5.9mm	18917.8144m	4.7mm	-889.7775m	8.6mm
PTUJ-BODONCI	-29544.7187m	0.0mm	8206.7521m	0.0mm	24817.3423m	0.0mm
VELIKA_POLANA-30205	16367.6583m	3.9mm	-11225.6225m	2.8mm	-11826.7392m	3.4mm
VELIKA_POLANA-40231_Z2	17433.4143m	3.4mm	-8389.0316m	2.2mm	-13633.9926m	2.7mm
VELIKA_POLANA-50543	16890.2169m	4.4mm	-12769.2765m	3.5mm	-11868.0974m	5.1mm
VELIKA_POLANA-50702	16326.6222m	3.5mm	-8996.3366m	2.9mm	-12445.4866m	3.9mm
VELIKA_POLANA-BODONCI	-7527.4287m	0.0mm	-22557.0638m	0.0mm	12934.2173m	0.0mm
VELIKA_POLANA-PTUJ	22017.2900m	0.0mm	-30763.8159m	0.0mm	-11883.1249m	0.0mm

4. Baseline Residuals (Residuals and Standardized Residuals)

Observation	Northing Res.	Stand. Res.	Eastng Res.	Stand. Res.	Height Res.	Stand. Res.	Red.No.
BODONCI-30205	2.7mm	0.728	-0.0mm	-0.004	-15.4mm	-2.554	1.89
BODONCI-40231_Z2	-6.4mm	-2.584	-0.4mm	-0.225	-0.5mm	-0.176	1.27
BODONCI-50543	0.9mm	0.166	1.1mm	0.217	-4.5mm	-0.419	2.21
BODONCI-50779	-0.9mm	-0.263	1.4mm	0.488	5.4mm	0.975	0.79
PTUJ-30205	-3.6mm	-0.847	-2.7mm	-0.786	9.6mm	1.803	1.90
PTUJ-40231_Z2	11.1mm	1.849	-0.5mm	-0.115	-2.7mm	-0.413	2.42
PTUJ-50543	-1.5mm	-0.313	-3.0mm	-0.712	-2.7mm	-0.337	1.97
PTUJ-50702	-1.9mm	-0.601	-3.3mm	-1.161	8.1mm	1.654	1.63
PTUJ-50779	5.7mm	0.581	-3.9mm	-0.530	-14.6mm	-1.042	2.21
PTUJ-BODONCI	-4.0mm	-0.821	-0.9mm	-0.204	12.8mm	0.959	3.00
VELIKA_POLANA-30205	-0.2mm	-0.029	2.1mm	0.485	5.8mm	0.832	2.22
VELIKA_POLANA-40231_Z2	7.4mm	1.369	1.4mm	0.343	4.1mm	0.707	2.31
VELIKA_POLANA-50543	0.6mm	0.139	1.8mm	0.475	5.1mm	0.703	1.82
VELIKA_POLANA-50702	1.6mm	0.600	2.8mm	1.153	-6.9mm	-1.658	1.37
VELIKA_POLANA-BODONCI	0.8mm	0.184	-1.1mm	-0.285	26.2mm	2.122	3.00
VELIKA_POLANA-PTUJ	4.1mm	1.031	-1.1mm	-0.301	1.1mm	0.099	3.00

5. Adjusted Points in WGS84 (Cart. Coordinates and Std.Dev.)

Point	X	σ	Y	σ	Z	σ
30205	4231311.6978m	3.9mm	1224957.4127m	2.8mm	4597548.3689m	3.4mm
40231_Z2	4232377.4538m	3.4mm	1227794.0035m	2.2mm	4595741.1155m	2.7mm
50543	4231834.2564m	4.4mm	1223413.7587m	3.5mm	4597507.0107m	5.1mm
50702	4231270.6617m	3.5mm	1227186.6986m	2.9mm	4596929.6216m	3.9mm
50779	4232467.4466m	5.9mm	1224337.0337m	4.7mm	4596602.2057m	8.6mm
BODONCI	4207416.6108m	0.0mm	1213625.9713m	0.0mm	4622309.3254m	0.0mm
PTUJ	4236961.3295m	0.0mm	1205419.2192m	0.0mm	4597491.9832m	0.0mm
VELIKA_POLANA	4214944.0395m	0.0mm	1236183.0352m	0.0mm	4609375.1081m	0.0mm

6. Adjusted Points in WGS84 (Geogr. Coordinates and Std.Dev.)

Point	Latitude	σ	Longitude	σ	Height	σ
30205	N 46° 25' 01.60823''	3.1mm	E 16° 08' 44.29851''	2.6mm	296.9350m	4.3mm
40231_Z2	N 46° 23' 38.72398''	2.9mm	E 16° 10' 37.95790''	2.2mm	238.3328m	3.3mm
50543	N 46° 24' 58.97265''	3.5mm	E 16° 07' 28.06555''	3.1mm	317.2958m	6.0mm
50702	N 46° 24' 34.16385''	2.9mm	E 16° 10' 25.08771''	2.6mm	249.3470m	4.5mm
50779	N 46° 24' 18.48586''	5.7mm	E 16° 08' 01.35546''	4.6mm	258.1784m	8.8mm
BODONCI	N 46° 44' 26.68978''	0.0mm	E 16° 05' 24.59008''	0.0mm	340.3000m	0.0mm
PTUJ	N 46° 24' 59.39758''	0.0mm	E 15° 52' 51.95719''	0.0mm	284.0620m	0.0mm
VELIKA_POLANA	N 46° 34' 20.61139''	0.0mm	E 16° 20' 44.38080''	0.0mm	219.0050m	0.0mm

7. Adjusted Points Error Ellipses

Point	Semimajor Axis	Seminor Axis	Angle	95% confidence radius
30205	3.1mm	2.6mm	7.8°	7.0mm
40231_Z2	2.9mm	2.2mm	7.6°	6.4mm
50543	3.5mm	3.0mm	11.6°	8.0mm
50702	2.9mm	2.6mm	5.2°	6.8mm
50779	5.8mm	4.4mm	19.0°	12.7mm
BODONCI	0.0mm	0.0mm	90.0°	0.0mm
PTUJ	0.0mm	0.0mm	90.0°	0.0mm
VELIKA_POLANA	0.0mm	0.0mm	90.0°	0.0mm

Priloga C2: Rezultati izravnave vklopljene mreže s pomočjo VRS (SIGNAL)

Project : IZRAVN-1.GGS

User Name	Trimble Employee	Date & Time	15:20:03 29/10/2007
Coordinate System	Slovenia	Zone	Slovenia
Project Datum	Slovenia	Geoid Model	
Coordinate Units	Meter		
Distance Units	Meter		
Height Units	Meter		
Angle Units	Degrees		

Network Adjustment in WGS84.

Number of GPS Baselines	24
Number of Total Station Measurements	0
Number of Control Points in WGS84	3
Number of Adjusted Points	9
Confidence level	1 σ
Significance Level for Tau Test	1.00 %
Standard Error of Unit Weight	1.011
Number of Iterations	1
Refraction Coefficient	0.140

- Observations which were rejected by the statistical test are marked.

1. Baselines Input in WGS84 (Components and Std.Dev.)

Observation	ΔX_m	σ_{mm}	ΔY_m	σ_{mm}	ΔZ_m	σ_{mm}	Solution
300205-Virtual_2	577.9282	7.8	516.4615	6.0	-681.5480	7.3	Double Diff. / Fixed / Ln
BODO-300205	23895.1020	8.6	11331.4446	6.3	-24760.9487	7.3	Double Diff. / Fixed / Lc
BODO-400231_Z2	24960.8397	6.1	14168.0295	3.8	-26568.2027	4.8	Double Diff. / Fixed / L1
BODO-500543	24417.6518	11.9	9787.7836	9.6	-24802.3115	13.6	Double Diff. / Fixed / Lc
BODO-50779	25050.7875	15.4	10710.9987	13.0	-25707.1386	28.0	Double Diff. / Fixed / Lc
BODO-Virtual_2	24473.0463	14.0	11847.9067	7.5	-25442.4849	15.4	Double Diff. / Fixed / Lc
PTUJ-300205	-5649.6429	9.5	19538.1935	6.4	56.3803	7.7	Double Diff. / Fixed / Lc
PTUJ-400231_Z2	-4583.8651	11.5	22374.7874	7.6	-1750.8714	9.5	Double Diff. / Fixed / Lc
PTUJ-400269	-5690.6745	7.8	21767.4814	6.7	-562.3659	8.8	Double Diff. / Fixed / L1
PTUJ-500543	-5127.0703	10.3	17994.5423	8.3	15.0315	12.0	Double Diff. / Fixed / L1
PTUJ-50779	-4493.9263	17.4	18917.7529	13.6	-889.7818	24.2	Double Diff. / Fixed / Lc
PTUJ-BODO	-29544.7365	13.7	8206.7532	7.4	24817.3365	15.1	Double Diff. / Fixed / Lc
PTUJ-Virtual_2	-5071.6879	11.6	20054.6590	6.7	-625.1461	12.1	Double Diff. / Fixed / Lc
VELP-300205	16367.6591	11.9	-11225.6244	8.2	-11826.7409	9.7	Double Diff. / Fixed / Lc
VELP-400231_Z2	17433.4158	10.5	-8389.0326	7.1	-13634.0004	8.7	Double Diff. / Fixed / Lc
VELP-400269	16326.6288	6.5	-8996.3384	5.6	-12445.4811	7.2	Double Diff. / Fixed / L1
VELP-500543	16890.2139	9.0	-12769.2797	7.5	-11868.1017	10.4	Double Diff. / Fixed / L1
VELP-50779	17523.3999	13.4	-11846.0011	10.7	-12772.9082	17.9	Double Diff. / Fixed / Lc
VELP-BODO	-7527.4478	24.0	-22557.0793	12.6	12934.2068	26.6	Double Diff. / Fixed / Lc

VELP-PTUJ	22017.3006	21.7	-30763.8174	13.0	-11883.1101	23.6	Double Diff. / Fixed / Lc
VELP-Virtual_2	16945.6065	14.5	-10709.1568	8.4	-12508.2632	14.9	Double Diff. / Fixed / Lc
Virtual_2-400231_Z2	487.8303	6.3	2320.1329	4.7	-1125.7171	5.4	Double Diff. / Fixed / L1
Virtual_2-400269	-618.9644	6.2	1712.8285	5.7	62.7940	6.5	Double Diff. / Fixed / Ln
Virtual_2-500543	-55.3666	6.3	-2060.1129	5.5	640.1962	6.7	Double Diff. / Fixed / Ln

- Standard deviations of the static baselines have been multiplied with the factor 10.00.

2. WGS84 Control Points Input (Cart. Coordinates and Std.Dev.)

Point	X	σ	Y	σ	Z	σ
BODO	4207416.5680m	0.0mm	1213625.9590m	0.0mm	4622309.2781m	0.0mm
PTUJ	4236961.2865m	0.0mm	1205419.2070m	0.0mm	4597491.9362m	0.0mm
VELP	4214943.9967m	0.0mm	1236183.0226m	0.0mm	4609375.0610m	0.0mm

3. Adjusted Baselines in WGS84 (Components and Std.Dev.)

Observation	ΔX	σ	ΔY	σ	ΔZ	σ
300205-Virtual_2	577.9298m	5.1mm	516.4601m	3.8mm	-681.5437m	4.6mm
BODO-300205	23895.0906m	4.8mm	11331.4416m	3.4mm	-24760.9540m	4.1mm
BODO-400231_Z2	24960.8457m	4.1mm	14168.0317m	2.7mm	-26568.2096m	3.4mm
BODO-500543	24417.6506m	4.6mm	9787.7877m	3.8mm	-24802.3075m	5.1mm
BODO-50779	25050.8043m	8.8mm	10711.0265m	7.1mm	-25707.1304m	12.9mm
BODO-Virtual_2	24473.0204m	3.5mm	11847.9016m	2.6mm	-25442.4977m	3.5mm
PTUJ-300205	-5649.6279m	4.8mm	19538.1936m	3.4mm	56.3879m	4.1mm
PTUJ-400231_Z2	-4583.8728m	4.1mm	22374.7837m	2.7mm	-1750.8677m	3.4mm
PTUJ-400269	-5690.6650m	4.1mm	21767.4801m	3.6mm	-562.3606m	4.5mm
PTUJ-500543	-5127.0679m	4.6mm	17994.5397m	3.8mm	15.0344m	5.1mm
PTUJ-50779	-4493.9142m	8.8mm	18917.7785m	7.1mm	-889.7885m	12.9mm
PTUJ-BODO	-29544.7185m	0.0mm	8206.7520m	0.0mm	24817.3419m	0.0mm
PTUJ-Virtual_2	-5071.6981m	3.5mm	20054.6536m	2.6mm	-625.1558m	3.5mm
VELP-300205	16367.6619m	4.8mm	-11225.6220m	3.4mm	-11826.7369m	4.1mm
VELP-400231_Z2	17433.4170m	4.1mm	-8389.0319m	2.7mm	-13633.9925m	3.4mm
VELP-400269	16326.6248m	4.1mm	-8996.3355m	3.6mm	-12445.4854m	4.5mm
VELP-500543	16890.2219m	4.6mm	-12769.2759m	3.8mm	-11868.0904m	5.1mm
VELP-50779	17523.3756m	8.8mm	-11846.0371m	7.1mm	-12772.9133m	12.9mm
VELP-BODO	-7527.4287m	0.0mm	-22557.0636m	0.0mm	12934.2171m	0.0mm
VELP-PTUJ	22017.2898m	0.0mm	-30763.8156m	0.0mm	-11883.1248m	0.0mm
VELP-Virtual_2	16945.5917m	3.5mm	-10709.1620m	2.6mm	-12508.2806m	3.5mm
Virtual_2-400231_Z2	487.8253m	4.4mm	2320.1301m	3.2mm	-1125.7120m	3.9mm
Virtual_2-400269	-618.9669m	4.4mm	1712.8264m	3.8mm	62.7952m	4.7mm
Virtual_2-500543	-55.3698m	4.7mm	-2060.1140m	3.9mm	640.1901m	5.1mm

4. Baseline Residuals (Residuals and Standardized Residuals)

Observation	Northing Res.	Stand. Res.	Easting Res.	Stand. Res.	Height Res.	Stand. Res.	Red.No.
300205-Virtual_2	2.2mm	0.365	-1.9mm	-0.415	3.9mm	0.652	1.81
BODO-300205	4.9mm	0.927	0.2mm	0.040	-11.9mm	-1.470	2.07
BODO-400231_Z2	-9.4mm	-2.438	0.4mm	0.142	-0.6mm	-0.150	1.58
BODO-500543	2.7mm	0.307	4.3mm	0.547	2.9mm	0.190	2.53
BODO-50779	-11.6mm	-0.681	22.0mm	1.999	22.4mm	0.990	2.18
BODO-Virtual_2	10.3mm	1.604	2.4mm	0.411	-27.3mm	-1.375	2.65
PTUJ-300205	-5.2mm	-0.792	-4.1mm	-0.780	15.5mm	1.819	2.21
PTUJ-400231_Z2	8.6mm	0.888	-1.4mm	-0.191	-3.1mm	-0.305	2.63
PTUJ-400269	-2.7mm	-0.468	-4.0mm	-0.764	9.9mm	1.136	2.17
PTUJ-500543	0.8mm	0.110	-3.2mm	-0.484	3.2mm	0.251	2.40
PTUJ-50779	-18.2mm	-1.181	21.2mm	1.844	8.0mm	0.383	2.21
PTUJ-BODO	-8.6mm	-1.252	-6.2mm	-0.999	15.7mm	0.787	3.00
PTUJ-Virtual_2	1.5mm	0.266	-2.4mm	-0.439	-14.8mm	-0.945	2.57
VELP-300205	0.3mm	0.034	1.5mm	0.204	5.3mm	0.460	2.50

VELP-400231_Z2	4.5mm	0.510	0.3mm	0.042	6.7mm	0.724	2.56
VELP-400269	-0.8mm	-0.184	3.8mm	0.973	-5.2mm	-0.782	1.79
VELP-500543	1.4mm	0.221	1.4mm	0.249	14.2mm	1.330	2.23
VELP-50779	20.6mm	2.206	-27.9mm	-3.662	-26.7mm	-1.947	1.62
VELP-BODO	-9.3mm	-0.809	9.8mm	0.959	23.1mm	0.656	3.00
VELP-PTUJ	-3.0mm	-0.249	4.8mm	0.419	-17.5mm	-0.567	3.00
VELP-Virtual_2	-0.6mm	-0.086	-0.9mm	-0.128	-23.3mm	-1.192	2.72
Virtual_2-400231_Z2	7.5mm	1.757	-1.3mm	-0.372	-0.1mm	-0.033	1.57
Virtual_2-400269	3.0mm	0.680	-1.4mm	-0.330	-1.2mm	-0.250	1.58
Virtual_2-500543	-1.7mm	-0.428	-0.1mm	-0.033	-6.7mm	-1.428	1.42

5. Adjusted Points in WGS84 (Cart. Coordinates and Std.Dev.)

Point	X	σ	Y	σ	Z	σ
30205	4231311.6586m	4.8mm	1224957.4006m	3.4mm	4597548.3241m	4.1mm
40231_Z2	4232377.4137m	4.1mm	1227793.9907m	2.7mm	4595741.0685m	3.4mm
50702	4231270.6215m	4.1mm	1227186.6871m	3.6mm	4596929.5756m	4.5mm
50543	4231834.2186m	4.6mm	1223413.7467m	3.8mm	4597506.9706m	5.1mm
50779	4232467.3723m	8.8mm	1224336.9855m	7.1mm	4596602.1477m	12.9mm
BODO	4207416.5680m	0.0mm	1213625.9590m	0.0mm	4622309.2781m	0.0mm
PTUJ	4236961.2865m	0.0mm	1205419.2070m	0.0mm	4597491.9362m	0.0mm
VELP	4214943.9967m	0.0mm	1236183.0226m	0.0mm	4609375.0610m	0.0mm
Virtual_2	4231889.5884m	3.5mm	1225473.8606m	2.6mm	4596866.7804m	3.5mm

6. Adjusted Points in WGS84 (Geogr. Coordinates and Std.Dev.)

Point	Latitude	σ	Longitude	σ	Height	σ
30205	N 46° 25' 01.60819''	3.8mm	E 16° 08' 44.29848''	3.2mm	296.8743m	5.1mm
40231_Z2	N 46° 23' 38.72392''	3.5mm	E 16° 10' 37.95784''	2.7mm	238.2697m	4.0mm
50702	N 46° 24' 34.16380''	3.6mm	E 16° 10' 25.08771''	3.3mm	249.2850m	5.2mm
50543	N 46° 24' 58.97268''	3.9mm	E 16° 07' 28.06550''	3.4mm	317.2394m	5.9mm
50779	N 46° 24' 18.48655''	9.2mm	E 16° 08' 01.35426''	6.9mm	258.0780m	12.8mm
BODO	N 46° 44' 26.68978''	0.0mm	E 16° 05' 24.59008''	0.0mm	340.2350m	0.0mm
PTUJ	N 46° 24' 59.39758''	0.0mm	E 15° 52' 51.95719''	0.0mm	283.9971m	0.0mm
VELP	N 46° 34' 20.61139''	0.0mm	E 16° 20' 44.38080''	0.0mm	218.9401m	0.0mm
Virtual_2	N 46° 24' 30.00002''	2.7mm	E 16° 08' 59.99997''	2.4mm	284.9847m	4.2mm

7. Adjusted Points Error Ellipses

Point	Semimajor Axis	Seminor Axis	Angle	95% confidence radius
30205	3.8mm	3.2mm	12.3°	8.7mm
40231_Z2	3.5mm	2.7mm	10.8°	7.7mm
50702	3.6mm	3.3mm	-3.1°	8.4mm
50543	3.9mm	3.4mm	8.0°	9.0mm
50779	9.2mm	6.9mm	3.7°	20.1mm
BODO	0.0mm	0.0mm	90.0°	0.0mm
PTUJ	0.0mm	0.0mm	90.0°	0.0mm
VELP	0.0mm	0.0mm	90.0°	0.0mm
Virtual_2	2.7mm	2.4mm	-4.2°	6.3mm

Priloga C3: Rezultati izravnave vklopljene mreže s pomočjo VRS (TTC)

Project : IZRAVN-1.GGS

User Name	Trimble Employee	Date & Time	15:17:41 29/10/2007
Coordinate System	Slovenia	Zone	Slovenia
Project Datum	Slovenia	Geoid Model	
Coordinate Units	Meter		
Distance Units	Meter		
Height Units	Meter		
Angle Units	Degrees		

Network Adjustment in WGS84.

Number of GPS Baselines	24
Number of Total Station Measurements	0
Number of Control Points in WGS84	3
Number of Adjusted Points	9
Confidence level	1 σ
Significance Level for Tau Test	1.00 %
Standard Error of Unit Weight	0.985
Number of Iterations	1
Refraction Coefficient	0.140

- Observations which were rejected by the statistical test are marked.

1. Baselines Input in WGS84 (Components and Std.Dev.)

Observation	ΔX_m	σ_{mm}	ΔY_m	σ_{mm}	ΔZ_m	σ_{mm}	Solution
300205-VRS	-6450.2521	13.3	-1867.3402	9.1	6381.6098	11.1	Double Diff. / Fixed / Lc
BODO-300205	23895.1019	8.6	11331.4446	6.3	-24760.9487	7.3	Double Diff. / Fixed / Lc
BODO-400231_Z2	24960.8397	6.1	14168.0295	3.8	-26568.2027	4.8	Double Diff. / Fixed / L1
BODO-500543	24417.6518	11.9	9787.7836	9.6	-24802.3114	13.6	Double Diff. / Fixed / Lc
BODO-50779	25050.7875	15.4	10710.9987	13.0	-25707.1384	28.0	Double Diff. / Fixed / Lc
BODO-VRS	17444.8420	62.6	9464.1134	30.5	-18379.3211	70.7	Double Diff. / Fixed / L1
PTUJ-300205	-5649.6429	9.5	19538.1935	6.4	56.3803	7.7	Double Diff. / Fixed / Lc
PTUJ-400231_Z2	-4583.8651	11.5	22374.7873	7.6	-1750.8714	9.5	Double Diff. / Fixed / Lc
PTUJ-400269	-5690.6745	7.8	21767.4814	6.7	-562.3659	8.8	Double Diff. / Fixed / L1
PTUJ-500543	-5127.0703	10.3	17994.5423	8.3	15.0315	12.0	Double Diff. / Fixed / L1
PTUJ-50779	-4493.9263	17.4	18917.7528	13.6	-889.7818	24.2	Double Diff. / Fixed / Lc
PTUJ-BODO	-29544.7365	13.7	8206.7532	7.4	24817.3364	15.1	Double Diff. / Fixed / Lc
PTUJ-VRS	-12099.8818	10.8	17670.8614	5.8	6438.0023	12.1	Double Diff. / Fixed / Lc
VELP-300205	16367.6590	11.9	-11225.6244	8.2	-11826.7409	9.7	Double Diff. / Fixed / Lc
VELP-400231_Z2	17433.4157	10.5	-8389.0325	7.1	-13634.0004	8.7	Double Diff. / Fixed / Lc
VELP-400269	16326.6288	6.5	-8996.3384	5.6	-12445.4811	7.2	Double Diff. / Fixed / L1
VELP-500543	16890.2139	9.0	-12769.2797	7.5	-11868.1017	10.4	Double Diff. / Fixed / L1
VELP-50779	17523.3998	13.4	-11846.0011	10.7	-12772.9082	17.9	Double Diff. / Fixed / Lc
VELP-BODO	-7527.4478	24.0	-22557.0793	12.6	12934.2068	26.6	Double Diff. / Fixed / Lc
VELP-PTUJ	22017.3005	21.7	-30763.8174	13.0	-11883.1101	23.6	Double Diff. / Fixed / Lc
VELP-VRS	9917.4043	10.1	-13092.9651	5.5	-5445.1313	11.3	Double Diff. / Fixed / Lc
VRS-400231_Z2	7516.0168	11.6	4703.9295	7.7	-8188.8644	9.3	Double Diff. / Fixed / Lc
VRS-500543	6972.8141	6.6	323.6846	5.4	-6422.9666	7.6	Double Diff. / Fixed / L1
VRS-50779	7605.9959	30.0	1246.9673	19.7	-7327.7732	33.6	Double Diff. / Fixed / Lc

- Standard deviations of the static baselines have been multiplied with the factor 10.00.

2. WGS84 Control Points Input (Cart. Coordinates and Std.Dev.)

Point	X	σ	Y	σ	Z	σ
BODO	4207416.6108m	0.0mm	1213625.9713m	0.0mm	4622309.3254m	0.0mm
PTUJ	4236961.3295m	0.0mm	1205419.2192m	0.0mm	4597491.9832m	0.0mm
VELP	4214944.0395m	0.0mm	1236183.0352m	0.0mm	4609375.1081m	0.0mm

3. Adjusted Baselines in WGS84 (Components and Std.Dev.)

Observation	ΔX	σ	ΔY	σ	ΔZ	σ
300205-VRS	-6450.2569m	6.3mm	-1867.3405m	4.3mm	6381.6093m	5.7mm
BODO-300205	23895.0886m	5.1mm	11331.4420m	3.6mm	-24760.9559m	4.3mm
BODO-400231_Z2	24960.8438m	4.4mm	14168.0306m	2.8mm	-26568.2078m	3.6mm
BODO-500543	24417.6464m	4.7mm	9787.7860m	3.7mm	-24802.3139m	5.4mm
BODO-50779	25050.8095m	8.2mm	10711.0336m	6.4mm	-25707.1302m	11.8mm
BODO-VRS	17444.8317m	4.4mm	9464.1014m	2.8mm	-18379.3466m	4.6mm
PTUJ-300205	-5649.6302m	5.1mm	19538.1941m	3.6mm	56.3864m	4.3mm
PTUJ-400231_Z2	-4583.8750m	4.4mm	22374.7827m	2.8mm	-1750.8655m	3.6mm
PTUJ-400269	-5690.6666m	4.9mm	21767.4791m	4.3mm	-562.3601m	5.5mm
PTUJ-500543	-5127.0724m	4.7mm	17994.5381m	3.7mm	15.0284m	5.4mm
PTUJ-50779	-4493.9092m	8.2mm	18917.7857m	6.4mm	-889.7880m	11.8mm
PTUJ-BODO	-29544.7187m	0.0mm	8206.7521m	0.0mm	24817.3423m	0.0mm
PTUJ-VRS	-12099.8870m	4.4mm	17670.8535m	2.8mm	6437.9957m	4.6mm
VELP-300205	16367.6598m	5.1mm	-11225.6219m	3.6mm	-11826.7386m	4.3mm
VELP-400231_Z2	17433.4150m	4.4mm	-8389.0332m	2.8mm	-13633.9905m	3.6mm
VELP-400269	16326.6234m	4.9mm	-8996.3368m	4.3mm	-12445.4850m	5.5mm
VELP-500543	16890.2176m	4.7mm	-12769.2779m	3.7mm	-11868.0965m	5.4mm
VELP-50779	17523.3808m	8.2mm	-11846.0302m	6.4mm	-12772.9129m	11.8mm
VELP-BODO	-7527.4287m	0.0mm	-22557.0638m	0.0mm	12934.2173m	0.0mm
VELP-PTUJ	22017.2900m	0.0mm	-30763.8159m	0.0mm	-11883.1249m	0.0mm
VELP-VRS	9917.4030m	4.4mm	-13092.9624m	2.8mm	-5445.1292m	4.6mm
VRS-400231_Z2	7516.0121m	5.7mm	4703.9292m	3.7mm	-8188.8613m	5.3mm
VRS-500543	6972.8147m	5.0mm	323.6845m	3.9mm	-6422.9673m	5.6mm
VRS-50779	7605.9778m	9.0mm	1246.9321m	6.8mm	-7327.7837m	12.4mm

4. Baseline Residuals (Residuals and Standardized Residuals)

Observation	Northing Res.	Stand. Res.	Easting Res.	Stand. Res.	Height Res.	Stand. Res.	Red.No.
300205-VRS	3.0mm	0.365	1.0mm	0.135	-3.6mm	-0.282	2.27
BODO-300205	4.9mm	0.977	1.2mm	0.240	-14.6mm	-1.942	1.92
BODO-400231_Z2	-6.6mm	-1.955	-0.1mm	-0.030	-0.8mm	-0.216	1.32
BODO-500543	1.6mm	0.185	3.8mm	0.502	-4.9mm	-0.338	2.51
BODO-50779	-16.7mm	-0.986	27.4mm	2.503	27.2mm	1.212	2.28
BODO-VRS	-8.0mm	-0.327	-8.6mm	-0.400	-27.5mm	-0.299	2.97
PTUJ-300205	-4.8mm	-0.760	-3.0mm	-0.596	12.9mm	1.631	2.08
PTUJ-400231_Z2	11.9mm	1.269	-1.7mm	-0.240	-3.2mm	-0.323	2.56
PTUJ-400269	-1.0mm	-0.200	-4.4mm	-0.954	9.0mm	1.184	1.78
PTUJ-500543	0.2mm	0.024	-3.5mm	-0.535	-4.4mm	-0.365	2.37
PTUJ-50779	-22.7mm	-1.482	26.8mm	2.348	13.1mm	0.631	2.30
PTUJ-BODO	-8.1mm	-1.215	-6.0mm	-0.993	15.8mm	0.814	3.00
PTUJ-VRS	0.7mm	0.171	-6.0mm	-1.576	-9.7mm	-0.675	2.25
VELP-300205	0.5mm	0.062	2.2mm	0.316	2.7mm	0.247	2.42
VELP-400231_Z2	7.5mm	0.894	-0.4mm	-0.069	6.6mm	0.747	2.48
VELP-400269	0.7mm	0.197	3.0mm	0.932	-6.1mm	-1.167	1.22
VELP-500543	0.6mm	0.090	0.7mm	0.130	6.6mm	0.657	2.19
VELP-50779	15.9mm	1.643	-22.7mm	-2.938	-21.6mm	-1.537	1.78
VELP-BODO	-9.1mm	-0.809	9.6mm	0.959	23.2mm	0.676	3.00
VELP-PTUJ	-3.2mm	-0.272	4.3mm	0.391	-17.5mm	-0.582	3.00
VELP-VRS	1.8mm	0.440	3.0mm	0.843	1.1mm	0.086	2.17
VRS-400231_Z2	5.5mm	0.640	1.0mm	0.148	-1.0mm	-0.109	2.20
VRS-500543	-0.9mm	-0.242	-0.2mm	-0.061	-0.2mm	-0.031	1.34
VRS-50779	12.4mm	0.503	-28.7mm	-1.294	-26.3mm	-0.849	2.58

5. Adjusted Points in WGS84 (Cart. Coordinates and Std.Dev.)

Point	X	σ	Y	σ	Z	σ
30205	4231311.6994m	5.1mm	1224957.4133m	3.6mm	4597548.3696m	4.3mm
40231_Z2	4232377.4546m	4.4mm	1227794.0020m	2.8mm	4595741.1176m	3.6mm

50702	4231270.6629m	4.9mm	1227186.6983m	4.3mm	4596929.6231m	5.5mm
50543	4231834.2572m	4.7mm	1223413.7573m	3.7mm	4597507.0116m	5.4mm
50779	4232467.4203m	8.2mm	1224337.0049m	6.4mm	4596602.1952m	11.8mm
BODO	4207416.6108m	0.0mm	1213625.9713m	0.0mm	4622309.3254m	0.0mm
PTUJ	4236961.3295m	0.0mm	1205419.2192m	0.0mm	4597491.9832m	0.0mm
VELP	4214944.0395m	0.0mm	1236183.0352m	0.0mm	4609375.1081m	0.0mm
VRS	4224861.4425m	4.4mm	1223090.0728m	2.8mm	4603929.9789m	4.6mm

6. Adjusted Points in WGS84 (Geogr. Coordinates and Std.Dev.)

	Latitude	σ	Longitude	σ	Height	σ
40231_Z2	N 46° 25' 01.60821''	3.9mm	E 16° 08' 44.29852''	3.4mm	296.9366m	5.5mm
50702	N 46° 23' 38.72402''	3.8mm	E 16° 10' 37.95782''	2.9mm	238.3345m	4.2mm
50543	N 46° 24' 34.16385''	4.2mm	E 16° 10' 25.08768''	3.8mm	249.3489m	6.3mm
50779	N 46° 24' 58.97266''	3.8mm	E 16° 07' 28.06547''	3.3mm	317.2967m	6.4mm
BODO	N 46° 24' 18.48641''	8.4mm	E 16° 08' 01.35451''	6.3mm	258.1480m	11.7mm
PTUJ	N 46° 44' 26.68978''	0.0mm	E 16° 05' 24.59008''	0.0mm	340.3000m	0.0mm
VELP	N 46° 24' 59.39758''	0.0mm	E 15° 52' 51.95719''	0.0mm	284.0620m	0.0mm
VRS	N 46° 34' 20.61138''	0.0mm	E 16° 20' 44.38080''	0.0mm	219.0050m	0.0mm
30205	N 46° 30' 01.60812''	2.9mm	E 16° 08' 44.29841''	2.5mm	296.9475m	5.8mm

7. Adjusted Points Error Ellipses

Point	Semimajor Axis	Seminor Axis	Angle	95% confidence radius
300205	4.0mm	3.3mm	16.5°	9.0mm
400231_Z2	3.8mm	2.8mm	12.0°	8.3mm
400269	4.2mm	3.8mm	3.1°	9.9mm
500543	3.8mm	3.3mm	8.0°	8.7mm
50779	8.4mm	6.3mm	9.4°	18.4mm
BODO	0.0mm	0.0mm	90.0°	0.0mm
PTUJ	0.0mm	0.0mm	90.0°	0.0mm
VELP	0.0mm	0.0mm	90.0°	0.0mm
VRS	2.9mm	2.5mm	1.1°	6.6mm

Priloga D1: Točke določene z RTK metodo

Project name: damir.ttp
Surveyor:
Comment:
Linear unit: Meters
Projection: JERUZALEM9 GK5
Geoid:

Name	Points			WGS84 Ell.Height (m)
	WGS84 Longitude	WGS84 Latitude	WGS84	
1	16°07'37,69231E	46°24'32,19073N	273,277	
2	16°09'02,73096E	46°24'31,21048N	261,385	
3	16°09'21,20116E	46°24'29,36650N	258,795	
4	16°09'21,20372E	46°24'29,33921N	258,739	
5	16°09'26,43386E	46°24'25,38262N	259,437	
6	16°09'26,47994E	46°24'25,34975N	259,411	
7	16°09'27,56724E	46°24'22,61025N	256,051	
8	16°09'27,50138E	46°24'21,63328N	255,006	
9	16°09'38,25196E	46°24'29,15379N	260,650	
10	16°10'37,08825E	46°23'39,15522N	238,138	
184	16°09'33,14500E	46°24'03,85622N	238,923	
30205	16°08'44,29777E	46°25'01,60869N	296,919	
30362	16°10'06,52536E	46°24'30,68614N	254,842	
40231	16°10'37,95868E	46°23'38,72448N	238,225	
40345	16°10'12,50120E	46°24'19,91927N	250,096	
50400	16°06'52,45093E	46°24'35,30656N	242,713	
50542	16°07'40,77320E	46°25'03,33761N	311,781	
50543	16°07'28,06469E	46°24'58,97153N	317,312	
50701	16°09'54,13036E	46°24'22,43637N	252,223	
50701.	16°09'54,13019E	46°24'22,43688N	252,241	
50702.	16°10'25,08664E	46°24'34,16337N	249,317	
50704	16°10'27,05586E	46°24'16,53290N	243,270	
50705	16°10'26,72666E	46°23'56,76110N	236,036	
50706	16°10'47,96315E	46°23'48,30390N	235,173	
50777	16°09'49,09171E	46°23'56,30379N	238,369	
50777.	16°09'49,09244E	46°23'56,30446N	238,364	
50779	16°08'01,35485E	46°24'18,48579N	258,181	
400230	16°09'50,03937E	46°24'07,31269N	248,466	
400346	16°09'50,03979E	46°24'07,31218N	248,436	
632007	16°09'16,99213E	46°24'14,46477N	238,885	
632010	16°09'53,12160E	46°24'09,19067N	242,251	
632014	16°09'18,47146E	46°24'36,41157N	263,590	
632015	16°09'23,98928E	46°24'36,27937N	261,860	
632018	16°09'34,59161E	46°24'27,89177N	260,298	
632022	16°10'07,71009E	46°24'27,88878N	254,267	
632048	16°08'53,66469E	46°24'30,91231N	265,068	
632057	16°08'42,26869E	46°24'35,51460N	265,770	
632062	16°08'41,88537E	46°24'38,10568N	269,229	
632087	16°09'18,20138E	46°24'31,52789N	260,292	
632088	16°09'21,34697E	46°24'31,40813N	259,247	
632089	16°09'22,41501E	46°24'33,37904N	259,613	
632092	16°09'19,09049E	46°24'22,58055N	258,938	
632098	16°09'38,37100E	46°24'21,12592N	254,620	
632100	16°09'46,84177E	46°24'17,57425N	251,078	
632101	16°09'48,55320E	46°24'16,29222N	250,725	
632120	16°09'03,86281E	46°24'36,78468N	266,501	
632128	16°09'22,33986E	46°24'26,49155N	260,715	
632130	16°08'09,07097E	46°24'24,85818N	244,343	
632136	16°08'35,51140E	46°24'55,90972N	284,066	
632141	16°08'59,61329E	46°24'30,36873N	261,394	
632143	16°09'02,14316E	46°24'28,53276N	259,518	

632163.	16°08'38,09160E	46°24'26,59288N	256,470
632173	16°09'03,30836E	46°24'31,19692N	261,376
632175	16°08'57,82931E	46°24'28,86720N	263,021
632176	16°08'58,02531E	46°24'26,53930N	262,167
632177	16°08'53,66492E	46°24'30,91277N	265,103
632179	16°09'04,37806E	46°24'20,10192N	241,887
632180	16°09'04,37758E	46°24'20,10201N	241,887
632258	16°08'50,01178E	46°24'28,53558N	260,758
632260	16°08'38,04061E	46°24'27,48006N	255,277
632262	16°08'28,30449E	46°24'26,40990N	255,735
632314	16°08'17,67342E	46°24'21,28642N	240,770
632359	16°09'33,97975E	46°24'29,55886N	260,888
632434	16°07'41,86206E	46°24'25,15704N	262,567
632464	16°08'37,58823E	46°24'27,58293N	255,253
632505	16°10'18,24429E	46°23'47,88865N	238,170
632506	16°10'00,74309E	46°23'52,89010N	238,235
632546	16°08'34,55444E	46°24'27,64529N	254,706
632547.	16°08'29,67944E	46°24'26,38363N	255,877
Base7000001	16°06'52,52945E	46°24'35,27387N	243,246
Base7000002	16°07'28,09979E	46°24'58,96180N	318,497
Base7000003	16°07'41,65093E	46°24'25,08339N	264,569
Base7000004	16°08'32,49514E	46°24'27,09317N	257,135
Base7000005	16°08'37,58849E	46°24'27,58304N	257,373
Base7000006	16°09'21,39570E	46°24'31,46013N	259,531
Base7000007	16°09'03,37823E	46°24'31,11566N	272,215
Base7000008	16°09'50,05685E	46°24'07,30850N	250,215
Base7000009	16°09'57,10258E	46°23'53,91345N	236,246
Base7000010	16°09'55,80520E	46°23'54,35724N	238,114
Base7000011	16°09'49,09163E	46°23'56,30350N	240,478
Base7000012	16°09'17,00731E	46°24'14,48520N	238,988
Base7000013	16°09'04,37786E	46°24'20,10193N	243,969

Priloga E1: Komponente baznih vektorjev med VRS in točko izmere ter pripadajoča natančnost določitve baznega vektorja

Project Summary

Project name: damir.ttp
Surveyor:
Comment:
Linear unit: Meters

Name	GPS Observations				
	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horizontal Precision (m)	Vertical Precision (m)
Base7000001-50400	0,985	-1,690	1,573	0,014	0,014
Base7000002-1	-823,620	216,638	-43,121	0,013	0,014
Base7000002-50542	138,961	268,691	-4,593	0,017	0,016
Base7000002-50543	0,289	-0,753	0,921	0,023	0,023
Base7000003-50779	-197,669	423,744	-4,264	0,021	0,021
Base7000003-632130	1,444	585,714	-18,089		
Base7000003-632262	55,276	995,793	-6,676	0,020	0,020
Base7000003-632314	-106,186	771,027	-21,656	0,023	0,022
Base7000003-632434	2,338	4,477	0,104	0,017	0,017
Base7000003-632547	54,889	1025,170	-6,531	0,025	0,024
Base7000004-632546	17,682	43,734	-0,320	0,025	0,019
Base7000005-30205	1052,598	128,042	41,683	0,015	0,016
Base7000005-632057	246,330	96,402	10,514	0,024	0,024
Base7000005-632062	326,209	87,056	13,974	0,016	0,017
Base7000005-632120	292,249	556,994	11,269	0,016	0,021
Base7000005-632136	873,926	-57,026	28,816	0,015	0,018
Base7000005-632163	-30,416	11,188	1,203	0,019	0,022
Base7000005-632260	-3,040	9,703	0,011	0,028	0,020
Base7000005-632464	-0,004	-0,005	-0,014	0,023	0,019
Base7000006-632014	151,958	-64,688	6,164	0,012	0,018
Base7000006-632015	149,602	53,210	4,441	0,014	0,015
Base7000006-632087	1,093	-68,249	2,863	0,012	0,016
Base7000006-632088	-1,622	-1,017	1,822	0,012	0,016
Base7000006-632089	59,563	20,902	2,190	0,042	0,041
Base7000007-2	2,726	-13,865	-8,725	0,011	0,015
Base7000007-3	-48,444	381,426	-11,296	0,020	0,018
Base7000007-4	-49,286	381,493	-11,352	0,025	0,027
Base7000007-5	-169,807	494,982	-10,651	0,015	0,017
Base7000007-6	-170,807	495,981	-10,677	0,015	0,017
Base7000007-7	-255,047	520,443	-14,037	0,032	0,034
Base7000007-8	-285,231	519,479	-15,083	0,021	0,022
Base7000007-9	-49,669	745,670	-9,422	0,016	0,017
Base7000007-400230	-720,293	1007,350	-21,608	0,039	0,041
Base7000007-400346	-720,308	1007,360	-21,638	0,037	0,039
Base7000007-632010	-661,340	1072,329	-27,818	0,012	0,015
Base7000007-632018	-89,781	668,069	-9,779	0,011	0,012
Base7000007-632048	-9,300	-207,354	-5,052	0,017	0,025
Base7000007-632092	-258,616	339,415	-11,160	0,012	0,015
Base7000007-632098	-297,487	751,856	-15,458	0,017	0,020
Base7000007-632100	-404,480	934,386	-18,993	0,021	0,025
Base7000007-632101	-443,523	971,522	-19,344	0,019	0,021
Base7000007-632128	-136,850	407,045	-9,376	0,022	0,021
Base7000007-632141	-24,233	-80,069	-8,720	0,014	0,020
Base7000007-632143	-80,130	-25,213	-10,594	0,017	0,019
Base7000007-632173	2,486	-1,528	-8,733	0,020	0,033
Base7000007-632175	-71,147	-117,493	-7,096	0,098	0,099
Base7000007-632176	-142,959	-112,261	-7,952	0,035	0,045
Base7000007-632176	-71,144	-117,498	-7,100	0,099	0,100
Base7000007-632177	-9,285	-207,349	-5,017	0,015	0,021

Base7000007-632258	-83,814	-284,301	-9,368	0,015	0,023
Base7000007-632359	-38,503	654,246	-9,188	0,013	0,015
Base7000008-10	-854,323	1017,500	-9,939	0,014	0,017
Base7000008-30362	726,964	341,070	6,767	0,020	0,019
Base7000008-40231	-867,345	1036,293	-9,851	0,012	0,016
Base7000008-40345	396,434	473,619	2,021	0,016	0,020
Base7000008-50701	468,346	80,115	4,128	0,021	0,020
Base7000008-50701.	468,361	80,111	4,146	0,016	0,016
Base7000008-50702.	840,201	735,877	1,265	0,015	0,018
Base7000008-50704	296,497	786,027	-4,792	0,018	0,021
Base7000008-50705	-314,049	788,074	-12,040	0,015	0,020
Base7000008-50706	-568,397	1245,590	-12,885	0,017	0,021
Base7000008-632022	640,972	367,650	6,191	0,013	0,016
Base7000009-632506	-30,447	78,230	4,098	0,028	0,031
Base7000010-632505	-192,621	482,272	2,183	0,013	0,015
Base7000011-184	228,174	-344,046	0,539	0,021	0,021
Base7000011-50777	0,008	0,002	-0,003	0,020	0,022
Base7000011-50777.	0,029	0,017	-0,008	0,018	0,019
Base7000012-632007	-0,636	-0,314	2,003	0,022	0,028
Base7000013-632179	-0,001	0,005	0,024	0,022	0,030
Base7000013-632180	0,002	-0,005	0,024	0,024	0,032

Priloga F1: Rezultati prostorske 7-parametrične transformacije

PROSTORSKA TRANSFORMACIJA
SiTraNet v1.0

Avtorstvo: Klemen Kozmus & Bojan Stopar, UL FGG
Datum: 09.11.2007

Tip transformacije: 3D 7-parametrična podobnostna
Tip visin v transformaciji: Visine 0: h(ETRS89)=0, H(D48)=0
Transformirana visina: H = h - N
Helmertova transformacija: DA

Vhodna datoteka: vhodna_Ormoz_5D_vse_t.txt (Protra)

KOORDINATE TOCK V ZACETNEM DATUMU - elipsoid WGS-84 - elipsoidne koord.

tocka	fi	la	h	s_fi	s_la	s_h
30205	46 25 01.60822	16 08 44.29851	296.934	1.000	1.000	1.000
40231-Z2	46 23 38.72398	16 10 37.95790	238.333	1.000	1.000	1.000
50702	46 24 34.16385	16 10 25.08771	249.347	1.000	1.000	1.000
50543	46 24 58.97265	16 07 28.06555	317.296	1.000	1.000	1.000
50779	46 24 18.48586	16 08 01.35546	258.178	1.000	1.000	1.000
50400	46 24 35.30656	16 06 52.45093	242.713	1.000	1.000	1.000
50543_D	46 24 58.97153	16 07 28.06469	317.312	1.000	1.000	1.000
50542	46 25 03.33761	16 07 40.77320	311.781	1.000	1.000	1.000
1	46 24 32.19073	16 07 37.69231	273.277	1.000	1.000	1.000
632434	46 24 25.15704	16 07 41.86206	262.567	1.000	1.000	1.000
50779_D	46 24 18.48579	16 08 01.35485	258.181	1.000	1.000	1.000
632129	46 24 24.85818	16 08 09.07097	244.343	1.000	1.000	1.000
632314	46 24 21.28642	16 08 17.67342	240.770	1.000	1.000	1.000
632547	46 24 26.38363	16 08 29.67944	255.877	1.000	1.000	1.000
632044	46 24 26.40990	16 08 28.30449	255.735	1.000	1.000	1.000
632164	46 24 27.58293	16 08 37.58823	255.253	1.000	1.000	1.000
632260	46 24 27.48006	16 08 38.04061	255.277	1.000	1.000	1.000
632163	46 24 26.59288	16 08 38.09160	256.470	1.000	1.000	1.000
632057	46 24 35.51460	16 08 42.26869	265.770	1.000	1.000	1.000
632062	46 24 38.10568	16 08 41.88537	269.229	1.000	1.000	1.000
632136	46 24 55.90972	16 08 35.51140	284.066	1.000	1.000	1.000
30205_D	46 25 01.60869	16 08 44.29777	296.919	1.000	1.000	1.000
632120	46 24 36.78468	16 09 03.86281	266.501	1.000	1.000	1.000
632089	46 24 33.37904	16 09 22.41501	259.613	1.000	1.000	1.000
632015	46 24 36.27937	16 09 23.98928	261.860	1.000	1.000	1.000
632014	46 24 36.41157	16 09 18.47146	263.590	1.000	1.000	1.000
632087	46 24 31.52789	16 09 18.20138	260.292	1.000	1.000	1.000
632088	46 24 31.40813	16 09 21.34697	259.247	1.000	1.000	1.000
632173	46 24 31.19692	16 09 03.30836	261.376	1.000	1.000	1.000
2	46 24 31.21048	16 09 02.73096	261.385	1.000	1.000	1.000
632141	46 24 30.36873	16 08 59.61329	261.394	1.000	1.000	1.000
632175	46 24 28.86720	16 08 57.82931	263.021	1.000	1.000	1.000
632176	46 24 26.53930	16 08 58.02531	262.167	1.000	1.000	1.000
632177	46 24 30.91277	16 08 53.66492	265.103	1.000	1.000	1.000
632048	46 24 30.91231	16 08 53.66469	265.068	1.000	1.000	1.000
632258	46 24 28.53558	16 08 50.01178	260.758	1.000	1.000	1.000
632143	46 24 28.53276	16 09 02.14316	259.518	1.000	1.000	1.000
3	46 24 29.36650	16 09 21.20116	258.795	1.000	1.000	1.000
4	46 24 29.33921	16 09 21.20372	258.739	1.000	1.000	1.000
632128	46 24 26.49155	16 09 22.33986	260.715	1.000	1.000	1.000
5	46 24 25.38262	16 09 26.43386	259.437	1.000	1.000	1.000
632025	46 24 25.34975	16 09 26.47994	259.411	1.000	1.000	1.000
7	46 24 22.61025	16 09 27.56724	256.051	1.000	1.000	1.000
8	46 24 21.63328	16 09 27.50138	255.006	1.000	1.000	1.000
632092	46 24 22.58055	16 09 19.09049	258.938	1.000	1.000	1.000
632539	46 24 29.55886	16 09 33.97975	260.888	1.000	1.000	1.000
632094	46 24 29.15379	16 09 38.25196	260.650	1.000	1.000	1.000
632018	46 24 27.89177	16 09 34.59161	260.298	1.000	1.000	1.000
632098	46 24 21.12592	16 09 38.37100	254.620	1.000	1.000	1.000
632100	46 24 17.57425	16 09 46.84177	251.078	1.000	1.000	1.000
632101	46 24 16.29222	16 09 48.55320	250.725	1.000	1.000	1.000
632010	46 24 09.19067	16 09 53.12160	242.251	1.000	1.000	1.000
30230	46 24 07.31269	16 09 50.03937	248.466	1.000	1.000	1.000
40346	46 24 07.31218	16 09 50.03979	248.436	1.000	1.000	1.000
50702D	46 24 34.16337	16 10 25.08664	249.317	1.000	1.000	1.000
30362	46 24 30.68614	16 10 06.52536	254.842	1.000	1.000	1.000
632022	46 24 27.88878	16 10 07.71009	254.267	1.000	1.000	1.000
40345	46 24 19.91927	16 10 12.50120	250.096	1.000	1.000	1.000
50701	46 24 22.43688	16 09 54.13019	252.241	1.000	1.000	1.000
50704	46 24 16.53290	16 10 27.05586	243.270	1.000	1.000	1.000
50705	46 23 56.76110	16 10 26.72666	236.036	1.000	1.000	1.000
50706	46 23 48.30390	16 10 47.96315	235.173	1.000	1.000	1.000
40231_Z2D	46 23 38.72448	16 10 37.95868	238.225	1.000	1.000	1.000

10	46	23	39.15522	16	10	37.08825	238.138	1.000	1.000	1.000
632506	46	23	52.89010	16	10	00.74309	238.235	1.000	1.000	1.000
632505	46	23	47.88865	16	10	18.24429	238.170	1.000	1.000	1.000
50777	46	23	56.30446	16	09	49.09244	238.364	1.000	1.000	1.000
632184	46	24	03.85622	16	09	33.14500	238.923	1.000	1.000	1.000
632007	46	24	14.46477	16	09	16.99213	238.885	1.000	1.000	1.000
632179	46	24	20.10192	16	09	04.37806	241.887	1.000	1.000	1.000
Base7000001	46	24	35.27387	16	06	52.52945	243.246	1.000	1.000	1.000
Base7000002	46	24	58.96180	16	07	28.09979	318.497	1.000	1.000	1.000
Base7000003	46	24	25.08339	16	07	41.65093	264.569	1.000	1.000	1.000
Base7000004	46	24	27.09318	16	08	32.49514	257.135	1.000	1.000	1.000
Base7000005	46	24	27.58304	16	08	37.58849	257.373	1.000	1.000	1.000
Base7000006	46	24	31.46013	16	09	21.39570	259.531	1.000	1.000	1.000
Base7000007	46	24	31.11566	16	09	03.37823	272.215	1.000	1.000	1.000
Base7000008	46	24	07.30850	16	09	50.05685	250.215	1.000	1.000	1.000
Base7000009	46	23	53.91345	16	09	57.10258	236.246	1.000	1.000	1.000
Base7000010	46	23	54.35724	16	09	55.80520	238.114	1.000	1.000	1.000
Base7000011	46	23	56.30350	16	09	49.09163	240.478	1.000	1.000	1.000
Base7000012	46	24	14.48520	16	09	17.00731	238.988	1.000	1.000	1.000
Base7000013	46	24	20.10193	16	09	04.37786	243.969	1.000	1.000	1.000

KOORDINATE TOCK V KONCNEM DATUMU - elipsoid Bessel - GK mod. koord.

tocka	x	y	H	s_x	s_y	s_H
30205	142090.762	588435.661	251.470	1.000	1.000	1.000
40231-Z2	139567.380	590900.840	192.900	1.000	1.000	1.000
50702	141274.960	590600.420	203.940	1.000	1.000	1.000
50543	141985.910	586808.980	271.860	1.000	1.000	1.000
50779	140746.050	587537.760	212.710	1.000	1.000	1.000

Vežne točke za izračun transformacijskih parametrov:

30205 40231-Z2 50702 50543 50779

TRANSFORMIRANE KOORDINATE TOCK - elipsoid Bessel - GK mod. koord.

tocka	x	y	H	N(int.)
30205	142090.709	588435.645	251.540	45.394
40231-Z2	139567.374	590900.827	192.997	45.336
50702	141274.982	590600.445	204.001	45.346
50543	141985.928	586808.963	271.861	45.435
50779	140746.068	587537.781	212.766	45.412
50400	141244.452	586058.773	197.267	45.446
50543_D	141985.894	586808.945	271.877	45.435
50542	142124.568	587078.394	266.353	45.428
1	141161.969	587026.338	227.851	45.426
632434	140946.076	587118.494	217.145	45.422
50779_D	140746.066	587537.768	212.769	45.412
632129	140945.182	587699.740	198.934	45.409
632314	140837.550	587885.057	195.365	45.405
632547	140998.628	588139.204	210.477	45.400
632044	140999.015	588109.827	210.335	45.400
632164	141038.101	588307.578	209.857	45.396
632260	141035.065	588317.286	209.881	45.396
632163	141007.689	588318.772	211.075	45.395
632057	141284.440	588403.988	220.376	45.394
632062	141364.321	588394.641	223.835	45.394
632136	141912.048	588250.558	238.667	45.399
30205_D	142090.724	588435.629	251.525	45.394
632120	141330.361	588864.587	221.118	45.383
632089	141231.001	589262.332	214.238	45.375
632015	141321.042	589294.641	216.486	45.374
632014	141323.398	589176.741	218.213	45.377
632087	141172.530	589173.179	214.915	45.377
632088	141169.816	589240.413	213.872	45.375
632173	141157.666	588855.261	215.992	45.384
2	141157.905	588842.924	216.001	45.384
632141	141130.946	588776.719	216.009	45.385
632175	141084.031	588739.294	217.635	45.386
632176	141012.219	588744.526	216.781	45.386
632177	141145.894	588649.436	219.715	45.388
632048	141145.880	588649.431	219.680	45.388
632258	141071.364	588572.483	215.368	45.390
632143	141075.048	588831.575	214.134	45.384
3	141106.735	589238.222	213.420	45.375
4	141105.893	589238.289	213.364	45.375
632128	141018.327	589263.841	215.340	45.375
5	140985.370	589351.780	214.064	45.373
632025	140984.370	589352.779	214.038	45.373
7	140900.128	589377.241	210.679	45.372

8	140869.944	589376.277	209.634	45.372
632092	140896.559	589196.210	213.562	45.376
632539	141116.676	589511.047	215.519	45.369
632094	141105.510	589602.472	215.283	45.367
632018	141065.396	589524.870	214.929	45.369
632098	140857.687	589608.658	209.253	45.367
632100	140750.692	589791.192	205.715	45.363
632101	140711.648	589828.328	205.363	45.362
632010	140493.827	589929.136	196.891	45.360
30230	140434.874	589864.157	203.105	45.361
40346	140434.858	589864.166	203.075	45.361
50702D	141274.967	590600.422	203.971	45.346
30362	141161.728	590205.608	209.488	45.354
632022	141075.734	590232.188	208.913	45.354
40345	140831.192	590338.160	204.745	45.351
50701	140903.120	589944.644	206.881	45.360
50704	140731.253	590650.573	197.926	45.344
50705	140120.696	590652.619	190.693	45.343
50706	139866.343	591110.144	189.841	45.332
40231_z2D	139567.389	590900.843	192.889	45.336
10	139580.411	590882.050	192.802	45.336
632506	139992.952	590099.363	192.880	45.355
632505	139844.069	590475.496	192.824	45.346
50777	140094.697	589848.940	193.003	45.361
632184	140322.847	589504.870	193.554	45.369
632007	140645.329	589155.059	193.508	45.377
632179	140815.442	588883.102	196.504	45.383
Base7000001	141243.466	586060.464	197.800	45.446
Base7000002	141985.604	586809.699	273.062	45.435
Base7000003	140943.738	587114.017	219.146	45.423
Base7000004	141021.405	588199.023	211.737	45.398
Base7000005	141038.105	588307.584	211.977	45.396
Base7000006	141171.436	589241.430	214.156	45.375
Base7000007	141155.179	588856.790	226.832	45.383
Base7000008	140434.750	589864.532	204.854	45.361
Base7000009	140023.399	590021.131	190.889	45.357
Base7000010	140036.692	589993.216	192.756	45.358
Base7000011	140094.667	589848.923	195.117	45.361
Base7000012	140645.965	589155.374	193.611	45.377
Base7000013	140815.442	588883.098	198.586	45.383

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOCK V PRAVOKOTNEM KOORDINATNEM SISTEMU

točka	X	Y	Z	
30205	4230472.568	1225110.339	4596891.818	dan
	4230472.609	1225110.334	4596891.782	transf.
	-0.041	0.005	0.036	dan - transf.
	0.027	0.027	0.027	std.dev.transf.k.
	1.531	0.196	1.348	std.popr.
	0.633	0.081	0.558	tau test
40231-z2	4231576.996	1227958.163	4595126.957	dan
	4231577.004	1227958.151	4595126.953	transf.
	-0.008	0.012	0.004	dan - transf.
	0.027	0.027	0.027	std.dev.transf.k.
	0.297	0.442	0.154	std.popr.
	0.123	0.183	0.064	tau test
50702	4230462.979	1227348.677	4596307.451	dan
	4230462.956	1227348.696	4596307.466	transf.
	0.022	-0.020	-0.015	dan - transf.
	0.027	0.027	0.027	std.dev.transf.k.
	0.834	0.736	0.568	std.popr.
	0.345	0.304	0.235	tau test
50543	4230981.774	1223562.866	4596835.703	dan
	4230981.766	1223562.846	4596835.716	transf.
	0.008	0.020	-0.013	dan - transf.
	0.027	0.027	0.027	std.dev.transf.k.
	0.313	0.731	0.481	std.popr.
	0.129	0.302	0.199	tau test
50779	4231654.070	1224497.430	4595973.723	dan
	4231654.051	1224497.447	4595973.735	transf.
	0.018	-0.017	-0.012	dan - transf.
	0.027	0.027	0.027	std.dev.transf.k.
	0.681	0.633	0.454	std.popr.
	0.282	0.262	0.188	tau test

PRIMERJAVA DANIH IN TRANSFORMIRANIH KOORDINAT VEZNIH TOČK V KONCNEM DATUMU

točka	x	y	H	
30205	142090.762	588435.661	251.470	dan
	142090.709	588435.645	251.540	transf.
	0.053	0.016	-0.070	dan - transf.
40231-Z2	139567.380	590900.840	192.900	dan
	139567.374	590900.827	192.997	transf.
	0.006	0.013	-0.097	dan - transf.
50702	141274.960	590600.420	203.940	dan
	141274.982	590600.445	204.001	transf.
	-0.022	-0.025	-0.061	dan - transf.
50543	141985.910	586808.980	271.860	dan
	141985.928	586808.963	271.861	transf.
	-0.018	0.017	-0.001	dan - transf.
50779	140746.050	587537.760	212.710	dan
	140746.068	587537.781	212.766	transf.
	-0.018	-0.021	-0.056	dan - transf.

TRANSFORMACIJSKI PARAMETRI

deltaX	-615.626019	m
deltaY	-177.554346	m
deltaZ	-575.789630	m
alfa	0 00 04.490359	"
beta	0 00 02.437239	"
gama	- 0 00 12.565131	"
merilo	24.137354	ppm

Srednji st. odklon (matricni racun): 0.021 m
Srednji st. odklon (iz odstopanj): 0.027 m
Stevilo iteracij: 2
Stevilo nadstevilnosti: 8

Najmanjše in največje vrednosti odstopanj (v cm):

min	-2.2	-2.5	-9.7
max	5.3	1.7	-0.1

sr.v.	-0.0	0.0	-5.7
sr.v.(abs)	2.4	1.8	5.7