

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*



Visokošolski program Geodezija,  
Smer za prostorsko informatiko

Kandidat:

**Bogdan Viler**

**Analiza rezultatov transformacij med  
koordinatnima sistemoma ETRS89 in D48 na  
območju Slovenske obale**

**Diplomska naloga št.: 227**

**Mentor:**

izr. prof. dr. Bojan Stopar

Ljubljana, 24. 5. 2007

## IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **BOGDAN VILER** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom **ANALIZA REZULTATOV TRANSFORMACIJ MED KOORDINATNIMA SISTEMOMA ETRS89 IN D48 NA OBMOČJU SLOVENSKE OBALE**

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL, Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 12. 05. 2007

---

(podpis)

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK:** 528.28(043.2)  
**Avtor:** Bogdan Viler  
**Mentor:** izr.prof.dr. Bojan Stopar  
**Naslov:** Analiza rezultatov transformacij med koordinatnima sistemoma ETRS89 in D48 na območju Slovenske obale  
**Obseg in oprema:** 75 str., 13 graf., 48 sl., 30 pregl.  
**Ključne besede:** GPS, VRS, Transformacije, ETRS89, D48

### **Izвлеček**

V diplomski nalogi smo analizirali odstopanja koordinat na obstoječih točkah ob uporabi različnih transformacijskih parametrov med ETRS/TM in D48/GK na območju Slovenske obale. Ker s 1.1.2008 začne veljati novi koordinatni sistem ETRS89/TM, bodo transformacije v geodeziji nujno potrebne. Za posamezna lokalna območja bo potrebno izračunati transformacijske parametre, če bodo koordinate veznih točk odstopale več kot 10 cm. Pri izračunu transformacijskih parametrov smo uporabili štiri vrste določitev koordinat, in sicer: GU Slovenije - statična metoda izmere, GU Slovenije - hitra statična metoda izmere, koordinate podjetja Harphasea določena z RTK metodo izmere in lokalno izbrana območja s RTK-VRS metodo izmere. Lokalna območja, ki so bila izbrana, so naslednja: Ankaran, Arze, Kubed in Olmo. Na teh območjih so bile izmerjene koordinate z RTK-VRS metodo izmere poligonske in detajlne točke. S primerjavo dobljenih koordinat smo ob uporabi različnih transformacijskih parametrov ugotavljali odstopanja na posameznih trigonometričnih, poligonskih in detajlnih točkah. Iz analiz smo ugotovili, da so relativna odstopanja v koordinatah, ki znašajo do 6 cm, v dopustnih mejah, kar je predpisano s pravilnikom o urejanju in spreminjanju mej parcel ter o evidentiranju mej parcel v zemljiškem katastru (Uradni list RS, št. 1/2004).

## **BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDC:** 528.28(043.2)  
**Author:** Bogdan Viler  
**Supervisor:** Assoc. Prof. dr. Bojan Stopar  
**Title:** Analysis of transformations between ETRS89 and D48 coordinate systems at the area of Slovenska obala  
**Notes:** 75 p., 13 fig., 48 pict., 30 tab.  
**Key words:** GPS, VRS, Transformations, ETRS89, D48

### **Abstract**

In the diploma work, we analysed differences of coordinates on the surveying points with the use of various transformation parameters between ETRS/TM and D48/GK in the area of the Slovene coast. As the new coordinate system ETRS89/TM comes into force on January 1<sup>st</sup> 2008, transformations in surveying will be necessary. For individual local areas, it will be necessary to compute the transformation parameters if the connection points' coordinates differ for more than 10 cm. In computing transformation parameters we used four types of coordinate determinations: SMA of Slovenia with static GPS method, SMA of Slovenia with fast static GPS method, coordinates of the company Harphasea and locally selected areas with RTK-VRS method. The selected local areas were: Ankaran, Arze, Kubed and Olmo. Here, the coordinates of the surveying points and detail points were observed with the RTK-VRS method. By comparing the acquired coordinates we assessed the differences at individual surveying points, while using different transformation parameters. From the analyses we found out that relative differences in coordinates, which add up to 6 cm, are within the accepted interval, which is regulated with the Rules on management and changing of parcel boundaries and on the recording of parcel boundaries in the land cadastre (Official Gazette of the Republic of Slovenia, No. 1/2004).

## **ZAHVALA**

Za pomoč in strokovno vodenje pri izvedbi diplomske naloge se zahvaljujem **izr. prof. dr. Bojanu Stoparju**

Hvala tudi g. Žarku Komadini iz Geodetske uprave Slovenije in g. Aljoši Žerjalu iz podjetja Harphasea Koper za posredovanje podatkov terenskih opazovanj.

Hvaležen sem tudi družini za vzpodbudo in potrpljenje v času študija.

## KAZALO VSEBINE

<b>1 UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2 KOORDINATNI SISTEMI .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Terestrični koordinatni sistem .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1.1 Naravni koordinatni sistem .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1.2 CT koordinatni sistem.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1.3 ITRS koordinatni sistem.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1.4 ETRS89 koordinatni sistem.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.5 WGS-84 koordinatni sistem.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Državni koordinatni sistem.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2.1 Položajna temeljna geodetska mreža.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2.2 Višinska temeljna geodetska mreža .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2.3 Gravimetrične temeljne geodetske mreže .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.4 Geoid v Sloveniji.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2.5 EUREF.....</b>	<b>6</b>
<b>3 GPS V GEODEZIJI.....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 Metode geodetske GPS izmere .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1.1 Statična GPS izmere.....</b>	<b>8</b>
<b>3.1.2 Hitra statična GPS izmere .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1.3 Kinematična metoda izmere GPS izmere.....</b>	<b>8</b>
<b>3.1.4 RTK metoda izmere GPS izmere .....</b>	<b>9</b>
<b>3.2 Vplivi na GPS opazovanja .....</b>	<b>9</b>
<b>3.3 Natančnost GPS metod izmere.....</b>	<b>10</b>
<b>4 VRS – METODA IZMERE DOLOČITVE POLOŽAJA.....</b>	<b>11</b>
<b>4.1 Določanje položaja z uporabo VRS-metode.....</b>	<b>11</b>
<b>4.2 Interpolacija vplivov na opazovanja za lokacijo VRS .....</b>	<b>11</b>
<b>4.3 Tehnologije prenosa podatkov v omrežjih GPS .....</b>	<b>12</b>
<b>4.3.1 Prenos podatkov z referenčnih postaj v GPS službo.....</b>	<b>12</b>

<b>4.3.2</b>	<b>Prenos podatkov GPS službe uporabnikom.....</b>	<b>13</b>
<b>4.4</b>	<b>Signal .....</b>	<b>14</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Opis omrežja .....</b>	<b>14</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Referenčne GPS postaje.....</b>	<b>15</b>
<b>4.5</b>	<b>GPS izmera Geodetske uprave R Slovenije .....</b>	<b>16</b>
<b>4.6</b>	<b>GPS izmera podjetja Harphasea Koper .....</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>TRANSFORMACIJE KOORDINATNIH SISTEMOV.....</b>	<b>19</b>
<b>5.1</b>	<b>Metode transformacij koordinatnih sistemov.....</b>	<b>19</b>
<b>5.2</b>	<b>Matematični model podobnostne transformacije.....</b>	<b>20</b>
<b>5.3</b>	<b>Izravnava transformacije.....</b>	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>ANALIZA REZULTATOV TRANSFORMACIJ MED ETRS89 IN D48 NA OBMOČJU SLOVENSKE OBALE .....</b>	<b>22</b>
<b>6.1</b>	<b>Podatki GU Slovenije .....</b>	<b>22</b>
<b>6.1.1</b>	<b>Izračun transformacijskih parametrov in primerjava z obstoječo geodetsko mrežo - statična metoda izmere .....</b>	<b>22</b>
<b>6.1.2</b>	<b>Izračun transformacijskih parametrov in primerjava z obstoječo geodetsko mrežo - hitra statična metoda izmere .....</b>	<b>25</b>
<b>6.2</b>	<b>Podatki podjetja Harphasea Koper .....</b>	<b>30</b>
<b>6.2.1</b>	<b>Izračun transformacijskih parametrov in primerjava z obstoječo geodetsko mrežo RTK metoda izmere .....</b>	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>ANALIZA REZULTATOV TRANSFORMACIJ MED ETRS89 IN D48 NA IZBRANIH OBMOČJIH SLOVENSKE OBALE .....</b>	<b>34</b>
<b>7.1</b>	<b>Podatki izmerjeni na terenu-detajl (RTK – VRS metoda izmere).....</b>	<b>34</b>
<b>7.2</b>	<b>Območje Ankaran - Izračun transformacijskih parametrov in primerjava z obstoječo geodetsko mrežo .....</b>	<b>34</b>
<b>7.2.1</b>	<b>Uporaba transformacijskih parametrov statične metode izmere GU Slovenije.....</b>	<b>35</b>
<b>7.2.2</b>	<b>Uporaba transformacijskih parametrov hitre statične metode izmere GU Slovenije.....</b>	<b>37</b>

<b>7.2.3 Uporaba transformacijskih parametrov RTK metode izmere Harphasea Koper ..</b>	<b>39</b>
<b>7.3 Območje Arze - Izračun transformacijskih parametrov in primerjava z obstoječo geodetsko mrežo .....</b>	<b>41</b>
<b>7.3.1 Uporaba transformacijskih parametrov statične metode izmere GU Slovenije.....</b>	<b>42</b>
<b>7.3.2 Uporaba transformacijskih parametrov hitre statične metode izmere GU Slovenije .....</b>	<b>44</b>
<b>7.3.3 Uporaba transformacijskih parametrov RTK metode izmere Harphasea Koper ..</b>	<b>46</b>
<b>7.4 Območje Kubed - Izračun transformacijskih parametrov in primerjava z obstoječo geodetsko mrežo .....</b>	<b>49</b>
<b>7.4.1 Uporaba transformacijskih parametrov statične metode izmere GU Slovenije.....</b>	<b>49</b>
<b>7.4.2 Uporaba transformacijskih parametrov hitre statične metode izmere GU Slovenije .....</b>	<b>51</b>
<b>7.4.3 Uporaba transformacijskih parametrov RTK metode izmere Harphasea Koper ..</b>	<b>53</b>
<b>7.5 Območje Olmo - Izračun transformacijskih parametrov in primerjava z obstoječo geodetsko mrežo .....</b>	<b>56</b>
<b>7.5.1 Uporaba transformacijskih parametrov statične metode izmere GU Slovenije.....</b>	<b>56</b>
<b>7.5.2 Uporaba transformacijskih parametrov hitre statične metode izmere GU Slovenije .....</b>	<b>58</b>
<b>7.5.3 Uporaba transformacijskih parametrov RTK metode izmere Harphasea Koper ..</b>	<b>60</b>
<b>8 PRIMERJAVA REZULTATOV MED TRANSFORMACIJSKIMI PARAMETRI NA ISTIH TOČKAH Z ODPSTOPANJI ZA CELOTNO SLOVENSKO OBALO.....</b>	<b>63</b>
<b>8.1 GU Slovenije (statična metoda izmere ) in Harphasea Koper (RTK metoda izmere ).....</b>	<b>63</b>
<b>8.2 GU Slovenije (hitra statična metoda izmere ) in Harphasea Koper (RTK metoda izmere ).....</b>	<b>65</b>
<b>8.3 Primerjava med transformacijskimi parametri na istih točkah z odstopanji na obravnavanih območjih Slovenske obale .....</b>	<b>67</b>
<b>8.3.1 Območje ANKARAN .....</b>	<b>67</b>
<b>8.3.2 Območje ARZE .....</b>	<b>68</b>
<b>8.3.3 Območje KUBED .....</b>	<b>69</b>



<b>8.3.4 Območje OLMO.....</b>	<b>70</b>
<b>9 ZAKLJUČEK.....</b>	<b>72</b>
<b>LITERATURA IN VIRI.....</b>	<b>75</b>

## **KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov – statična metoda izmere, Slovenska obala .....	22
Preglednica 2: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri – Statična metoda izmere, Slovenska obala .....	23
Preglednica 3: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - hitra statična metoda izmere, Slovenska obala .....	26
Preglednica 4: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri – hitra statična metoda izmere, Slovenska obala.....	26
Preglednica 5: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - RTK metoda izmere, Slovenska obala .....	30
Preglednica 6: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri - RTK metoda izmere, Slovenska obala .....	31
Preglednica 7: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - statična metoda izmere, območje Ankaran.....	36
Preglednica 8: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri – statična metoda izmere, območje Ankaran.....	36
Preglednica 9: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - hitra statična metoda izmere, območje Ankaran.....	38
Preglednica 10: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri, hitra statična metoda izmere, območje Ankaran .....	38
Preglednica 11: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - RTK metoda izmere, območje Ankaran.....	40
Preglednica 12: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri – RTK metoda izmere, območje Ankaran .....	40
Preglednica 13: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - statična metoda izmere, območje Arze .....	43
Preglednica 14: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri – statična metoda izmere, območje Arze.....	43

Preglednica 15: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - hitra statična metoda izmere, območje Arze .....	45
Preglednica 16: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri – hitra statična metoda izmere, območje Arze .....	45
Preglednica 17: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - RTK metoda izmere, območje Arze.....	47
Preglednica 18: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri – RTK metoda izmere, območje Arze .....	47
Preglednica 19: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - statična metoda izmere, območje Kubed .....	50
Preglednica 20: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri – statična metoda izmere, območje Kubed.....	50
Preglednica 21: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - hitra statična metoda izmere, območje Kubed .....	52
Preglednica 22: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri – hitra statična metoda izmere, območje Kubed.....	52
Preglednica 23: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - RTK metoda izmere, območje Kubed.....	54
Preglednica 24: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri – RTK metoda izmere, območje Kubed .....	54
Preglednica 25: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - statična metoda izmere, območje Olmo.....	57
Preglednica 26: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri – statična metoda izmere, območje Olmo .....	57
Preglednica 27: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - hitra statična metoda izmere, območje Olmo.....	59
Preglednica 28: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri – hitra statična metoda izmere, območje Olmo .....	59
Preglednica 29: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - RTK metoda izmere, območje Olmo .....	61

Preglednica 30: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri –

RTK metoda izmere, območje Olmo..... 61

## KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Prikaz odstopanj po posameznih trigonometričnih točkah – statična metoda izmere, Slovenska obala .....	24
Grafikon 2: Prikaz odstopanj točk po razredih po x-smeri - hitra statična metoda izmere, Slovenska obala (izhodna datoteka programa SiTra) .....	27
Grafikon 3: Prikaz odstopanj točk po razredih po y-smeri - hitra statična metoda izmere, Slovenska obala (izhodna datoteka programa SiTra) .....	28
Grafikon 4: Prikaz odstopanj točk po razredih po H-smeri - hitra statična metoda izmere, Slovenska obala (izhodna datoteka programa SiTra) .....	28
Grafikon 5: Prikaz odstopanj po točkah - hitra statična metoda izmere, Slovenska obala (izhodna datoteka programa SiTra) .....	29
Grafikon 6: Prikaz odstopanj po posameznih trigonometričnih točkah – RTK metoda izmere, Harphasea Koper .....	32
Grafikon 7: Prikaz odstopanj višin po posameznih točkah, območje Ankaran.....	41
Grafikon 8: Prikaz odstopanj višin po posameznih točkah, območje Arze.....	48
Grafikon 9: Prikaz odstopanj višin po posameznih točkah, območje Kubed.....	55
Grafikon 10: Prikaz odstopanj višin po posameznih točkah, območje Olmo .....	62
Grafikon 11: Prikaz primerjave odstopanj višin po posameznih točkah med meritvami GU Slovenije (hitra statična metoda izmere) in Harphasea Koper (RTK metoda izmere) za območje Slovenske obale.....	64
Grafikon 13: Prikaz primerjave odstopanj višin po posameznih točkah med meritvami GU Slovenije (hitra statična metoda izmere) in Harphasea Koper (RTK metoda izmere) za območje Slovenske obale.....	66

## **KAZALO SLIK**

Slika 1: Prikaz VRS metode določitve položaja v omrežju GPS postaj.....	11
Slika 2: Prikaz poteka komunikacije med referenčno GPS postajo in GPS službo .....	13
Slika 3: Prikaz poteka komunikacije med GPS službo in uporabnikom .....	13
Slika 4: Prikaz trigonometričnih točk GU Slovenija (statična metoda izmere) .....	16
Slika 5: Prikaz poligonskih točk GU Slovenija (hitra statična metoda izmere) .....	17
Slika 6: Prikaz trigonometričnih točk Harphasea Koper (RTK metoda izmere).....	18
Slika 7: Prikaz trigonometričnih točk statične metode izmere, Slovenska obala (izhodna datoteka programa SiTra) .....	23
Slika 8: Prikaz premikov na mreži trigonometričnih točk - statična metoda izmere, Slovenska obala (izhodna datoteka programa SiTra) .....	24
Slika 9: Prikaz trigonometričnih in poligonskih točk - hitra statična metoda izmere, Slovenska obala (izhodna datoteka programa SiTra) .....	26
Slika 10: Prikaz premikov trigonometričnih in poligonskih točk - hitra statična metoda izmere, Slovenska obala (izhodna datoteka programa SiTra) .....	27
Slika 11: Prikaz mreže deformacij - hitra statična metoda izmere, Slovenska obala (izhodna datoteka programa SiTra) .....	29
Slika 12: Prikaz trigonometričnih točk - RTK metoda izmere, Harphasea Koper (izhodna datoteka programa SiTra) .....	31
Slika 13: Prikaz premikov trigonometričnih točk - RTK metoda izmere, Harphasea Koper (izhodna datoteka programa SiTra) .....	32
Slika 14: Prikaz lokalnih območij na Slovenski obali.....	34
Slika 15: Prikaz poligonskih in detajlnih točk lokalnega območja Ankaran.....	35
Slika 16: Prikaz mreže točk - statična metoda izmere, območje Ankaran (izhodna datoteka programa SiTra) .....	35
Slika 17: Prikaz horizontalnih odstopanj točk - statična metoda izmere, območje Ankaran .....	36
Slika 18: Prikaz mreže poligonskih in detajlnih točk - hitra statična metoda izmere, območje Ankaran (izhodna datoteka programa SiTra).....	37
Slika 19: Prikaz horizontalnih odstopanj poligonskih in detajlnih točk - hitra statična	

metoda izmere, območje Ankaran .....	38
Slika 20: Prikaz mreže točk - RTK metoda izmere, območje Ankaran (izhodna datoteka programa SiTra) .....	39
Slika 21: Prikaz horizontalnih odstopanj točk - RTK metoda izmere, območje Ankaran .....	40
Slika 22: Prikaz točk lokalnega območja Arze.....	42
Slika 23: Prikaz mreže trigonometričnih točk statična metoda izmere območje Arze (izhodna datoteka programa SiTra) .....	43
Slika 24: Prikaz horizontalnih odstopanj poligonskih in detajlnih točk statična metoda izmere območje Arze.....	44
Slika 25: Prikaz mreže trigonometričnih in poligonskih točk - hitra statična metoda izmere, območje Arze (izhodna datoteka programa SiTra).....	45
Slika 26: Prikaz horizontalnih odstopanj poligonskih in detajlnih točk - hitra statična metoda izmere, območje Arze .....	46
Slika 27: Prikaz mreže točk - RTK metoda izmere, območje Arze (izhodna datoteka programa SiTra) .....	47
Slika 28: Prikaz horizontalnih odstopanj točk - RTK metoda izmere, območje Arze .....	48
Slika 29: Prikaz poligonskih in detajlnih točk lokalnega območja Kubed .....	49
Slika 30: Prikaz mreže točk - statična metoda izmere, območje Kubed (izhodna datoteka programa SiTra) .....	50
Slika 31: Prikaz horizontalnih odstopanj točk - statična metoda izmere, območje Kubed .....	51
Slika 32: Prikaz mreže točk - hitra statična metoda izmere, območje Kubed (izhodna datoteka programa SiTra) .....	52
Slika 33: Prikaz horizontalnih odstopanj točk - hitra statična metoda izmere, območje Kubed .....	53
Slika 34: Prikaz mreže točk - RTK metoda izmere, območje Kubed (izhodna datoteka programa SiTra) .....	54
Slika 35: Prikaz horizontalnih odstopanj točk - RTK metoda izmere, območje Kubed .....	55
Slika 36: Prikaz točk lokalnega območja Olmo .....	56
Slika 37: Prikaz mreže točk - statična metoda izmere, območje Olmo (izhodna datoteka programa SiTra) .....	57
Slika 38: Prikaz horizontalnih odstopanj točk - statična metoda izmere, območje Olmo.....	58
Slika 39: Prikaz mreže točk - hitra statična metoda izmere, območje Olmo	

(izhodna datoteka programa SiTra) .....	59
Slika 40: Prikaz horizontalnih odstopanj točk - hitra statična metoda izmere, območje Olmo .....	60
Slika 41: Prikaz mreže točk - RTK metoda izmere, območje Olmo (izhodna datoteka programa SiTra) .....	61
Slika 42: Prikaz horizontalnih odstopanj točk - RTK metoda izmere, območje Olmo .....	62
Slika 43: Prikaz horizontalnih odstopanj točk med GU Slovenijo (statična metoda izmere) in Harphasea Koper (RTK metoda izmere) .....	63
Slika 44: Prikaz horizontalnih odstopanj točk med GU Slovenijo (hitra statična metoda izmere) in Harphasea Koper (RTK metoda izmere) .....	65
Slika 45: Prikaz horizontalnih odstopanj točk med GU Slovenijo (statična metoda izmere – hitra statična metoda izmere) in RTK metoda izmere, območje Ankaran .....	67
Slika 46: Prikaz horizontalnih odstopanj točk med GU Slovenijo (statična metoda izmere – hitra statična metoda izmere) in RTK metoda izmere, območje Arze .....	68
Slika 47: Prikaz horizontalnih odstopanj točk med GU Slovenijo (statična metoda izmere – hitra statična metoda izmere) in RTK-VRS metoda izmere, območje Kubed .....	69
Slika 48: Prikaz horizontalnih odstopanj točk med GU Slovenijo (statična metoda izmere – hitra statična metoda izmere) in RTK-VRS metoda izmere, območje Olmo .....	70



## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

<b>VRS</b>	Virtual reference station
<b>GPS</b>	Global Positioning System
<b>RTK</b>	Real Time Kinematic
<b>GPRS</b>	General Radio Packet service
<b>GSM</b>	Global System for Mobile communications
<b>D 48</b>	Kratica sedanjega slovenskega državnega geodetskega datuma
<b>ETRS 89</b>	European Terrestrial Reference System 1989
<b>GNSS</b>	Global Navigation Satellite System
<b>GPRS</b>	General Packet Radio Service
<b>GRS 80</b>	Global Reference System 1980
<b>ITRS 89</b>	International Terrestrial Reference system 1989
<b>PDOP</b>	Position Dilution of Precision
<b>SIGNAL</b>	SI-Geodezija-Navigacija-Lokacija
<b>WGS 84</b>	World Geodetic system 1984
<b>GU</b>	Geodetska uprava
<b>VLBI</b>	Very Large Baselines Interferometry
<b>LLR</b>	Lunar Laser Ranging
<b>SLR</b>	Satelite Laser Ranging
<b>CT</b>	Conventional Terrestrial System
<b>IERS</b>	International Earth Rotation Service
<b>ICRS</b>	IERS Celestial Reference System
<b>EUREF</b>	EUropean Reference Frame
<b>IAG</b>	International Association of Geodesy

## 1. UVOD

Za temo diplomske naloge sem izbral analizo transformacijskih parametrov med koordinatnim sistemom ETRS89/TM in obstoječim državnim koordinatnim sistemom D48/GK na območju Slovenske obale. Primerjal sem odstopanja v koordinatah na geodetskih točkah ob uporabi različnih transformacijskih parametrov. Ker s 1.1.2008 začne veljati nov koordinatni sistem ETRS89/TM, bodo transformacije in uporabe le-teh v geodeziji nujno potrebne. Na posameznih lokalnih območjih, kjer bo ugotovljeno, da transformacijski parametri za širše območje niso uporabni, bomo morali le-te sami izračunati. Leto 2007 velja za prehodno in geodetska podjetja se bodo morala prilagoditi ter začeti z uvajanjem novega sistema.

Pri izračunu transformacijskih parametrov sem uporabil štiri vrste opazovanj (koordinate), katera so zajemala:

- opazovanja GU Slovenije (statična metoda izmere),
- opazovanja GU Slovenije (hitra statična metoda izmere),
- opazovanja podjetja Harphasea Koper (RTK metoda izmere),
- opazovanja izbranih območjih (RTK-VRS metoda izmere).

Od GU Slovenije sem pridobil koordinate točk statičnih meritev in hitro statičnih meritev, ki so jih izvedli zaposleni na GU Slovenije. Podjetje Harphasea iz Kopra mi je pa dalo koordinate točk, pridobljenih z RTK metodo izmere in navezavo na lokalno referenčno GPS postajo v Kopru. GU Slovenije je izvajala GPS meritve na trigonometričnih in poligonskih točkah po celotnem območju Slovenske obale. Podjetje Harphasea iz Kopra pa je izvajalo GPS meritve samo na trigonometričnih točkah.

Odločil sem se za naslednja lokalna območja: Ankaran, Arze, Kubed in Olmo. Ta območja so bila enakomerno razporejena po celotni Slovenski Obali in so zajemala meritve poligonskih ter detajlnih točk. Te točke so bile izmerjene na klasični terestrični način izmere, koordinate pa so bili pridobljeni s strani GU Slovenije.

Koordinate točk sem pridobil s terenskimi meritvami z uporabo GPS sprejemnika znamke Thales Z-max. Vsa opazovanja so bila izvedena s togim grezilom in na vrhu nameščeno anteno ter trinožnikom, tako da so odpadla groba odstopanja, povezana s centriranjem in horizontiranjem GPS antene.

S primerjavo dobljenih koordinate sem ugotavljal, kakšna so odstopanja na posameznih trigonometričnih, poligonskih in detajlnih točkah ob uporabi različnih transformacijskih parametrov, izračunanih iz različnih skupnih točk. V nalogi sem primerjal tudi dane koordinate točk s koordinatami istih točk, pridobljenih z različnimi transformacijskimi parametri. Iz analiz sem ugotovil, da so odstopanja koordinat v dopustnih mejah 6 cm, kar je predpisano s Pravilnikom o urejanju in spreminjanju mej parcel ter o evidentiranju mej parcel v zemljiškem katastru (Ur. l. RS 2004).

Najprej bom opisal koordinatne sisteme, ki jih potrebujemo za izračun transformacijskih parametrov, s katerimi bomo koordinate v enem koordinatnem sistemu preračunali v drugi koordinatni sistem.

## 2. KOORDINATNI SISTEMI

Koordinatni sistemi so osnova za določitev lokacije prostorskih podatkov. Prostorski podatki so lahko zajeti z naslednjimi metodami: geodetske meritve, skeniranje, daljinsko zaznavanje in fotogrametrija. Tako prostorski kot geodetski podatki so lahko določeni v različnih koordinatnih sistemih. Za povezavo med različnimi koordinatnimi sistemi potrebujemo transformacije, ki so opisane v poglavju 5. Namen diplomske naloge je določitev transformacijskih parametrov na podlagi pridobljenih koordinat (opazovanj). V naslednjih poglavjih bomo opisali obstoječe koordinatne sisteme.

### 2.1 Terestrični koordinatni sistemi

Z uporabo tehnologij, kot so internet, GPS in GSM, je smiselna uporaba prostorskih podatkov v koordinatnem sistemu za celotno Zemljo. V današnjem času poteka vzpostavitev koordinatnih sistemov s postopki satelitske geodezije, kot so VLBI, SLR, LLR in GPS, v povezavi s klasičnimi metodami izmere. Za celotno Zemljo so vzpostavljeni terestrični koordinatni sistemi. GRS-80 je referenčni elipsoid za izračun elipsoidnih koordinat na podlagi pravokotnih koordinat X,Y,Z (Stopar, B., Koler, B. 2006).

#### 2.1.1 Naravni koordinatni sistem

Ta koordinatni sistem je definiran s smermi koordinatnih osi, katere so definirane s smermi v naravi. Pri tem je pomembno, da se s horizontiranjem geodetskega instrumenta le-ta vključi v ta koordinatni sistem. Naravni koordinatni sistem ima izhodišče v poljubni točki P na zemeljski površini in je levosučen. Lokalni astronomski koordinatni sistem je topocentričen, zato je njegova uporaba v praksi omejena na redukcijo opazovanj, opravljenih na posameznih točkah (Stopar, B., Koler, B. 2006).

#### 2.1.2 CT Koordinatni sistemi

CT koordinatni sistem se imenuje dogovorjeni, ker obstaja pravilo o načinu pritrditve koordinatnega sistema na telo Zemlje. Vektor težnosti v CT koordinatnem sistemu je podan z astronomsko širino  $\Phi$  in astronomsko dolžino  $\lambda$ . CT koordinatni sistem ima izhodišče v težišču Zemlje. Koordinatni sistem je desnosučen in je najpomembnejši koordinatni sistem v geodeziji (Stopar, B., Koler, B. 2006).

#### 2.1.3 ITRS Koordinatni sistemi

Pri uporabi že omenjenih merskih tehnik (SLR, LLR, VLBI, GPS) je bila za enotno in usklajeno uporabo le-teh vzpostavljena mednarodna služba IERS. Naloga IERS je praktična realizacija ICRS koordinatnega sistema in ITRS – terestričnega koordinatnega sistema. Koordinatni sistem ITRS je dogovorjen terestrični koordinatni sistem, ki je geocentričen in

pritrjen na telo Zemlje. GRS-80 referenčni elipsoid se uporablja pri izračunu elipsoidnih koordinat ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ ) na osnovi pravokotnih koordinat  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  (Stopar, B., Koler, B. 2006).

#### **2.1.4 ETRS89 Koordinatni sistemi**

ETRS89 koordinatni sistem je za področje Evrope definirala podkomisija EUREF in ga uvrščamo med regionalne koordinatne sisteme. Države članice IAG so kot rezultat prve enotne evropske GPS izmere leta 1989 sprejele koordinatni sistem ETRS89. Glede na leto GPS izmere se koordinatni sistem imenuje ETRS89. ETRS koordinatni sistem je horizontalni koordinatni sistem. Višinski koordinatni sistem pa se imenuje EVRS. Oba sistema skupaj sestavljata ESRS, ki bi predstavljal natančno, stabilno in homogeno ogrodje za vse geodetske in druge potrebe. Poenotil bi koordinate po vsej Evropi. V okviru mednarodne GPS izmere v letih 1994, 1995 in 1996 smo v Sloveniji pridobili položaj točk v ETRS89 koordinatnem sistemu (Stopar, B., Koler, B. 2006).

#### **2.1.5 WGS-84 Koordinatni sistemi**

WGS-84 je pomemben terestrični koordinatni sistem, katerega izhodišče je v težišču Zemlje. Z-os koordinatnega sistema je usmerjena v smeri zemeljskega pola CTP, x-os je usmerjena proti presečišču ničelnega meridiana in ravnine ekvatorja in y-os, ki zaključuje desnosučni koordinatni sistem. Koordinatni sistem WGS-84 se razhaja z ETRS89 koordinatnim sistemom za približno 1 meter (Stopar, B., Koler, B. 2006).

### **2.2 Državni koordinatni sistem**

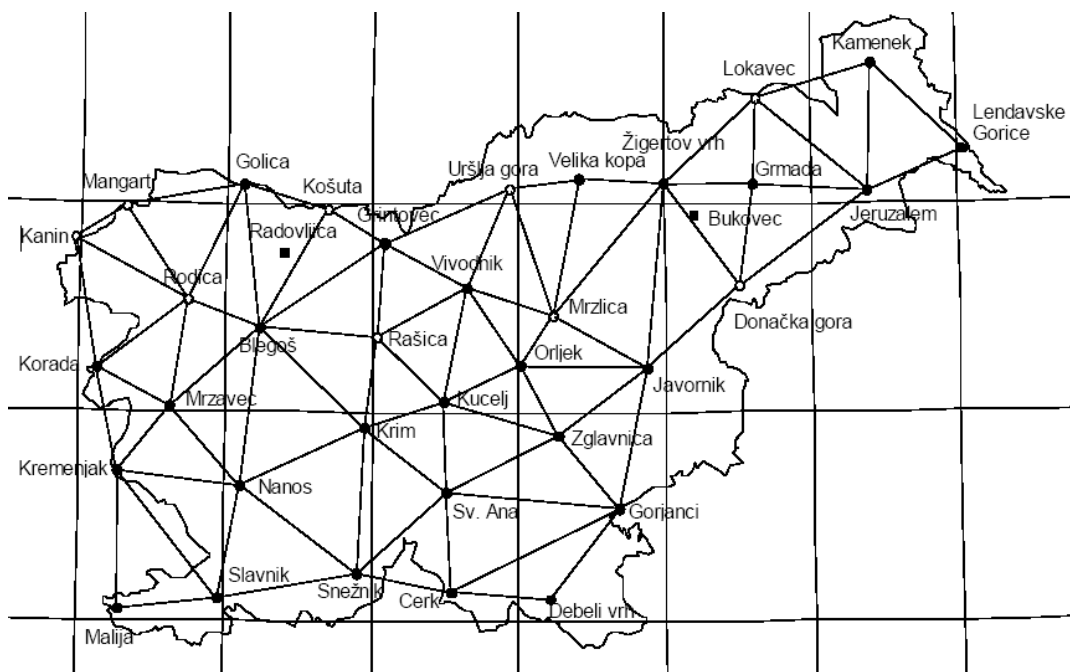
Državni koordinatni sistem temelji na astrogeodetskem datumu. Zagotovljena je horizontalna in višinska komponenta geodetskega datuma. Državni koordinatni sistem predstavljajo tri skupine temeljnih geodetskih mrež:

- položajna temeljna geodetska mreža,
- višinska temeljna geodetska mreža,
- temeljna gravimetrična mreža.

(Stopar, B., Koler, B. 2006).

#### **2.2.1 Položajna temeljna geodetska mreža**

To mrežo tvorita položajna geodetska mreža višjega in nižjega reda. Razlika med njima je stopnja relativne natančnosti in metoda določitve horizontalnih koordinat. Trigonometrično mrežo I. reda (višji red) sestavlja 35 trigonometričnih točk, ki skupaj tvorijo 46 trikotnikov. Velikost ozemlja pokritosti mreže je približno 230 x 140 km.



Trigonometrična mreža I. reda R Slovenije (Stopar, B., Koler, B., 2006: 26 str.).

V položajni temeljni geodetski mreži imajo geodetske točke modulirane pravokotne koordinate Gauss-Kruegerjeve konformne projekcije. Celotno ozemlje Slovenije se nahaja v 5. meridijski coni. Točka položajne temeljne geodetske mreže ima določeno tudi nadmorsko višino. V Sloveniji je položajna temeljna geodetska mreža začela nastajati pred 150 leti. Taka mreža ne more izpolnjevati zahteve današnjega časa. Ob uporabi GPS tehnologije so se pokazale težave z mrežo. Danes ugotavljamo, da je položaj astrogeodetske mreže Slovenije na Besselovem elipsoidu napačen za približno 350 m. Obstajajo tudi velike lokalne deformacije, kar v praksi povzroča težave. Uvajanjem terestričnih koordinatnih sistemov v vsakdanjo geodetsko prakso zahteva od nas sanacijo ali opustitev položajne temeljne geodetske mreže. Prehod v nov terestrični koordinatni sistem mora biti izveden tako, da bo ohranil položajno kakovost prostorskih podatkov in odstranil njihove slabosti (Stopar, B., Koler, B., 2006).

### 2.2.2 Višinska temeljna geodetska mreža

Kot pri položajni, tudi pri višinski temeljni geodetski mreži poznamo višji in nižji red. Višine točk so podane v sistemu normalnih ortometričnih višin (nadmorska višina-višina nad geoidom). V letih 1999 in 2000 je bil opravljen preračun v R Sloveniji na sedmih nivelmanskih zankah. Nivelmanska mreža Republike Slovenije je bila navezana na fundamentalni reper FR 1049, stabiliziran v bližini Ruš. Ortometrična višina fundamentalnega reperja FR 1049 je bila določena v višinskem datumu Trst, katerega izhodišče predstavlja reper na pomolu Sartorio v Trstu. Ortometrična višina normalnega reperja znaša 3,352 m. V letu 1877 so želeli povezati srednji nivo Sredozemskega morja s srednjim nivojem Severnega morja in tako določiti enotni normalni reper za celo Evropo. Ugotovili so, da je Sredozemsko morje nižje od Severnega za 13 cm, zato so posamezne države obdržale svoje normalne reperje. V prihodnjih letih nas tako čaka preračun višinske temeljne geodetske mreže v nov evropski višinski sistem (Stopar, B., Koler, B., 2006).

### 2.2.3 Gravimetrične temeljne geodetske mreže

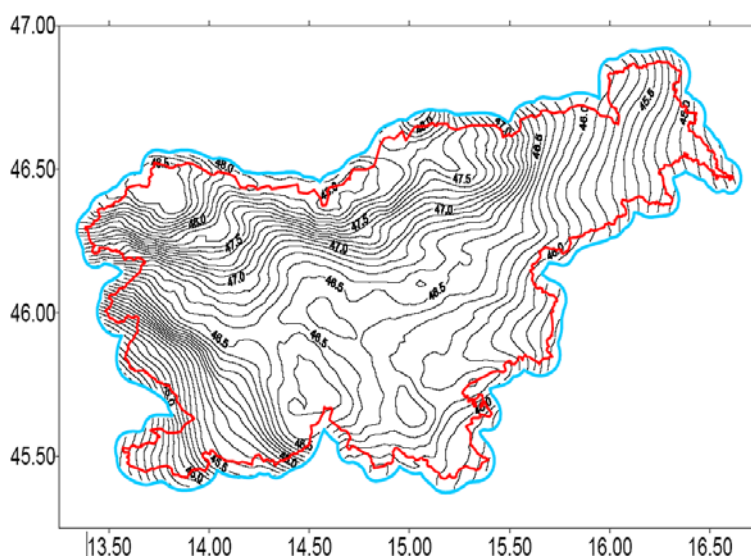
Na območju Slovenije so obstajale naslednje gravimetrične mreže:

- gravimetrični mreži I. in II. reda bivše Jugoslavije,
- gravimetrična mreža I. reda, ki jo je tvorilo 15 točk. V šestdesetih letih prejšnjega stoletja sta bili obe mreži združeni v eno. To mrežo je tvorilo približno 350 točk, od tega 32 točk v Sloveniji.

Po letu 1951 je Geološki zavod Slovenije izvajal regionalno in lokalno gravimetrično izmero. Na celem ozemlju je izmera vključevala 2800 gravimetričnih točk. Geodetska uprava Republike Slovenije je v letu 1995 začela z obnovo gravimetričnih mrež in stabilizirala šest novih gravimetričnih točk, katere so: grad Bogenšperk, Gotenica, cerkev sv. Areha na Pohorju, Sevniški grad, grad Socerb ter trdnjava Kluže pri Bovcu. Nova gravimetrična mreža Slovenije naj bi imela osnovo v teh točkah (Stopar, B., Koler, B. 2006).

### 2.2.4 Geoid v Sloveniji

V Sloveniji je bil leta 2000 izračunan novi absolutni geoid. V izračun je bilo zajetih 98 točk, od tega 50 točk na ozemlju Slovenije z izračunanimi odkloni navpičnice. Poleg teh je bilo vključenih še 3000 vrednosti anomalij težnosti. Natančnost izračunanih geoidnih višin je povprečno 3 cm, vendar je ta višja na območjih, kjer je število točk z znanimi geoidnimi višinami večje (Stopar, B., Koler, B. 2006).



Ploskev absolutnega geoida na območju R Slovenije (Stopar, B., Koler, B. 2006: 29 str.).

### **2.2.5 EUREF**

Za potrebe moderne geodezije morajo biti vzpostavljeni novi referenčni koordinatni sistemi, ki nadomeščajo stare. Med zahtevami je pomembno vzpostaviti koordinatne sisteme, ki veljajo za celotno Zemljo ali posamezne kontinente. Leta 1994 je bilo v Sloveniji določenih 8 točk v ETRS koordinatnem sistemu. Nova izmera v ETRS89, katera je zajemala 35 točk astrogeodetske mreže, je bila izvedena leta 1995. Tako smo dobili položaje točk v ETRS93 in ETRS89 koordinatnem sistemu (Stopar, B., Koler, B. 2006).

### 3. GPS V GEODEZIJI

GPS tehnologija je prinesla v geodetsko prakso nove postopke geodetske izmere, katere so vedno bolj učinkovite in produktivne. Določitev položaja na osnovi GPS opazovanj temelji na opazovanju razdalje med danimi in novimi točkami. Pri GPS metodi določitve položaja so dane točke sateliti. Osnova za izračun razdalje je čas, ki ga potrebuje GPS signal na poti od oddajnika do sprejemnika. GPS signal vsebuje informacijo o času oddaje signala, trenutni položaj satelita v času oddaje signala, identifikacijo posameznega satelita in podatke Zemljine atmosfere. Prenos informacij omogočajo ustrezne kode.

GPS tehnologija ima prednosti in slabosti pred klasičnimi geodetskimi merskimi postopki.

Prednosti so naslednje:

- za izvedbo meritev niso pomembni vremenski pogoji,
- visoka učinkovitost in produktivnost,
- ne potrebujemo medsebojne vidnosti točk za meritev,
- višja natančnost na razdaljah, daljših od 1 km,
- določitev tridimenzionalnega položaja,
- z GPS opazovanji pridobimo geometrijski položaj,
- nižja cena izmere.

GPS tehnologija ima tudi nekaj slabosti:

- okoli opazovane točke ne sme biti ovir zaradi sprejema GPS signala,
- elipsoidna višina točke ni primerna za praktično uporabo, potrebujemo ortometrične višine točke, zato moramo poznati obliko geoida.

Pridobitev višje natančnosti GPS položaja omogoča višja cena instrumentarija za GPS izmero, dolgotrajnejše meritve in obsežnejši postopki obdelave opazovanj.

V novejšem času so se pojavile metode, ki so uporabne v praktični geodeziji:

- kinematična metoda izmere,
- Stop-and-Go-Real Time Kinematic,
- RTK metoda GPS izmere,
- VRS-RTK metoda izmere.

Za določitev neznanega začetnega števila celih valov potrebujemo algoritem On-the-Fly (OTF). Metode, kot so kinematična, Stop-and-Go-Real Time Kinematic, RTK in VRS-RTK omogočajo pridobitev položaja z natančnostjo za vse zahtevne geodetske izmere. Poznamo dva tipa opazovanj: fazna in kodna opazovanja (Kogoj, D., Stopar, B. 2006).

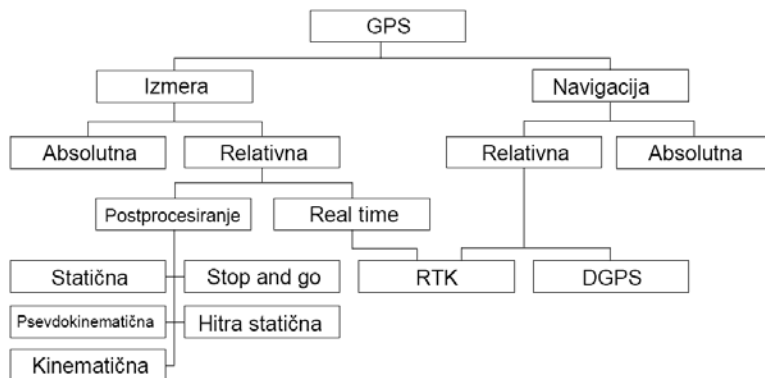
#### 3.1 Metode geodetske GPS izmere

GPS, internet in ostali prenosi zahtevajo povezanost uporabnikov s službami, ki omogočajo pravilno delovanje GPS sistema. Metode, katere uporabljamo v geodeziji, temeljijo na faznih opazovanjih. Te metode določajo relativni položaj med premičnim sprejemnikom in



stacionarnim referenčnim sprejemnikom in dosega primerno natančnost za uporabo v geodeziji.

Glede na način izvedbe meritev poznamo tudi drugi način delitve metode GPS izmere. To pomeni, ali sprejemnik miruje ali se giblje po terenu. Po tej delitvi poznamo statično in kinematično metodo GPS izmere. Spodaj je prikazana shema delitve GPS metod izmere.



Prikaz GPS metod izmere (Kogoj, D., Stopar, B. 2006: 19 str.)

### 3.1.1 Statična metoda GPS izmere

Osnovna metoda za določanje relativnega položaja GPS izmere je statična metoda. Čas trajanja opazovanj je 30-120 minut. Statično izmero običajno izvajamo v več serijah. To pomeni, da je vsaka točka neodvisno opazovana vsaj dvakrat. Kot rezultat statične izmere so bazni vektorji med pari točk. Pridobitev baznih vektorjev z relativno natančnostjo  $10^{-6} \times D$  ( $D$ -dolžina baznega vektorja), omogočajo matematični modeli za modeliranje ionosferske refrakcije in zanesljivi algoritmi za določitev neznanega začetnega števila celih valov. Pri uporabi natančnih efemerid satelitov dosežemo relativno natančnost baznih vektorjev tudi do  $10^{-7} \times D$ . Rezultate statične izmere pridobimo z izravnavo baznih vektorjev v GPS mreži (Kogoj, D., Stopar, B. 2006).

### 3.1.2 Hitra statična metoda GPS izmere

Hitra statična metoda GPS izmere je statična metoda izmere z razliko krajšega časa trajanja opazovanj. Proizvajalci GPS opreme imenujejo to metodo tudi Rapid Static™ in Fast Static™. Pojavila se je z razvojem algoritmov za določitev neznanega začetnega števila celih valov. Določitev začetnega števila celih valov je mogoča ob sprejemanju signalov petih ali več satelitov (Kogoj, D., Stopar, B. 2006).

### 3.1.3 Kinematična metoda GPS izmere

Ta metoda GPS izmere omogoča določitev relativnega položaja premičnega sprejemnika glede na stacionarni referenčni sprejemnik. V geodeziji je uporabna Stop-and-Go metoda, izvaja se tako, kot pri kinematični GPS izmeri. Na točkah, katere merimo, se zaustavimo za

nekaj sekund do nekaj minut. Pri tej metodi je najpomembnejša inicializacija meritev, določitev neznanih začetnih vrednosti števila celih valov med posameznimi sateliti in obema GPS sprejemnikoma. Poleg uspešne inicializacije potrebujemo neprekinjen sprejem signala 4 satelitov ves čas izmere. Zagotoviti moramo takšne pogoje s postopki izmere, da v rezultatih ne bo prisotnih sistematičnih vplivov (Kogoj, D., Stopar, B. 2006).

### 3.1.4 RTK metoda GPS izmere

RTK metoda izmere je kombinacija hitre statične in kinematične metode izmere ali pa tudi Stop-and-Go metode izmere. Za izvedbo RTK metode potrebujemo radijsko, GSM, GPRS ali UMTS povezavo med referenčnim in premičnim GPS sprejemnikom v času trajanja meritev. Metoda je uporabna v geodetskih nalogah na terenu. S to metodo pridobimo informacijo o količini in kakovosti opravljenega terenskega dela med samo izmero. Pri drugih metodah jih nimamo. V tabeli spodaj podajamo lastnosti posameznih metod.

Metoda izmere	Relativna točnost	Trajanje opazovanj	Slabosti	Prednosti
Statična	0.1 ppm – 10 ppm	1 – 4 ure	Počasna	Visoka točnost
Hitra statična	1 ppm – 10 ppm	5 min. – 20 min.	Potrebujemo prefinjen hardver in softver	Hitra in visoke točnosti
Kinematična	1.5 ppm – 10 ppm	1 min. – 2 min.	Neprekinjen sprejem signala najmanj 4 satelitov	Hitra
RTK	1 ppm – 10 ppm	Skoraj Real Time	Neprekinjen sprejem signala najmanj 4 satelitov ali več satelitov ali ponovna inicializacija	Visoka točnost določitve položaja premičnega objekta

Lastnosti posameznih metod GPS izmere (Kogoj, D., Stopar, B. 2006: 20 str.)

Za potrebe katastrske in topografske izmere je najboljša kombinacija uporabe hitro statične in RTK metode izmere. V praksi bo potrebna glede na konfiguracijo terena kombinacija GPS metod izmere in klasične metode izmere (Kogoj, D., Stopar, B. 2006).

### 3.2 Vplivi na GPS opazovanja

Za določitev natančnosti položaja posamezne GPS točke je odvisno od kakovosti opravljenih opazovanj in od geometrijske razporeditve satelitov. Opravljena opazovanja so odvisna od kakovosti sprejemnika in obravnave vplivov na opazovanja. Poznamo tri skupine vplivov na GPS opazovanja:

- vplivi z izvorom v satelitih,
- vplivi z izvorom v sprejemniku,
- vplivi z izvorom v mediju, ki vključujejo ionosfersko in troposfersko refrakcijo.

Eni vplivi so sistematični, nekateri slučajni. Z uporabo ustreznih matematičnih modelov odstranimo ali pa zmanjšamo sistematične vplive. Te vplive lahko odstranimo tudi z natančno opravljeno GPS izmero (Kogoj, D., Stopar, B. 2006).

### **3.3 Natančnost GPS metod izmere**

Pri detajlni izmeri, izmeri zemljiškega katastra in inženirske geodezije kombiniramo različne metode GPS izmere. Od proizvajalcev GPS opreme dobimo zagotovilo, da je natančnost RTK-GPS metode izmere v okviru enega centimetra, kar pa je potrebno preizkusiti na terenu. Za zemljiški kataster je pomembnejša horizontalna kot višinska natančnost. Pri nalogah topografske izmere in inženirske geodezije je višinska natančnost točke zelo pomembna, zato je pomembno, v katerem tipu so podane višine točk. Z RTK-GPS metodo izmere dosegamo visoko absolutno natančnost položaja točk. Zahteve zemljiškega katastra so predvsem v relativni natančnosti točk. Pri zemljiškem katastru moramo izvajati primerjavo zemljiško katastrskih točk in točk na sosednjih parcelah. Primerno relativno natančnost zagotovimo ob upoštevanjem naslednjega:

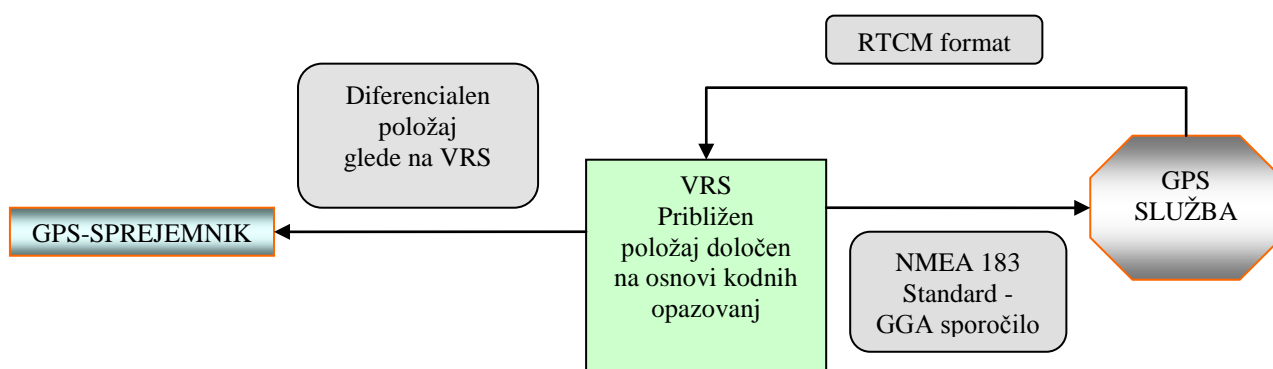
- pomembne detajlne točke določiti dvakrat,
- velika razdalja med referenčnim stojiščem in sprejemnikom lahko povzroči, da bodo odstopanja novo določenega položaja od danega večja od pričakovanega,
- pri zakoličevanju mej parcel je natančnosti položaja, pridobljenega z RTK metodo izmere, izpolnjena, a moramo vseeno poleg danih točk preveriti tudi točke sosednjih parcel in jih ponovno določiti. Če so obstoječe točke dane v državnem ali lokalnem koordinatnem sistemu, je potrebno izvesti transformacijo med državnim ali lokalnim in terestričnim koordinatnim sistemom,
- vsaka parcela ima obliko zaključenega lika. Za odkrivanje grobih pogreškov se je smiselno vrniti na točko, kjer smo opazovanja začeli, in preveriti položaj s tistim, ki smo ga pridobili na začetku opazovanj (Kogoj, D., Stopar, B. 2006).

## 4. VRS – METODA DOLOČITVE POLOŽAJA

### 4.1 Določanje položaja z uporabo VRS-metode izmere

Navidezna referenčna postaja (Virtual Reference Station – VRS) je računalniško simuliran izvor podatkovnih podatkov (korekcij), ki nadomešča fizično permanentno postajo, in sicer v bližini lokacije uporabnika. V tako generiranih podatkih so upoštevana permanentna opazovanja celotnega omrežja in ne le permanentne postaje, ki je najbližja lokaciji uporabnika. Ta način omogoča izvedbo zelo natančnih meritev v realnem času tudi na območjih, ki so od posamezne permanentne postaje oddaljena za več kot 20 km. Proizvajalec programske rešitve VRS zagotavlja centimetrsko natančnost v primeru, da so stranice trikotnikov med permanentnimi postajami krajše od 70 km.

Za uporabo VRS-sistema potrebujemo dvosmerno komunikacijo med mobilnim GPS sprejemnikom in centrom GPS službe. V smeri rover – GPS služba pošlje rover preko enake povezave, kot jo ima za pridobitev podatkov s centra GPS službe (GSM, GPRS) v obliki NMEA 183 standard, svoj približen položaj. GPS služba generira opazovanja za ta približen položaj in jih posreduje uporabniku v obliki formata RTCM. Za pridobitev točnega položaja GPS sprejemnika rover določi približen položaj na osnovi kodnih opazovanj, GPS služba pa za to točko izračuna opazovanja. Kako poteka prenos podatkov med GPS službo in roverjem, je opisano v poglavju 4.3 (Stopar, B. 2005).



Slika 1: Prikaz VRS metode določitve položaja v omrežju GPS postaj

### 4.2 Interpolacija vplivov na opazovanja za lokacijo VRS

Ob prenosu opazovanj z referenčne postaje na VRS je potrebno vplive na opazovanja z referenčne postaje prenesti (interpolirati) na lokacijo VRS. Na nivoju 2, to je modeliranje vplivov na opazovanja – dolgo periodični vplivi na opazovanja za celotno omrežje, uporabimo globalne modele za modeliranje vplivov na opazovanja. Sedaj pa uporabimo za modeliranje vplivov linearne 2-D modele. Mrežo GPS postaj razdelimo na trikotnike in linearno interpoliramo vplive za poljuben položaj znotraj trikotnika. Tukaj je možna tudi ekstrapolacija, vendar je rezultat nezanesljiv. Kakovost generiranja VRS je odvisna od

dejanske linearnosti vplivov na opazovanja na območju trikotnika. Dejanski vplivi lahko odstopajo od linearnosti. Razlika med linearnim modelom vplivov in dejanskimi vplivi bo ostala prisotna v diferencialno določenem položaju mobilnega sprejemnika z uporabo podatkov VRS (Stopar, B. 2005).

### **4.3 Tehnologije prenosa podatkov v omrežjih GPS postaj**

Bistveni del DGPS-ja so komunikacijske povezave. Tu gre za dve vrsti povezav, kateri sta zelo različni:

- med referenčno GPS postajo in centrom GPS službe,
- med centrom GPS službe in uporabnikom na terenu.

Značilnost prve skupine povezav je stacionarnost referenčne postaje, značilnost druge skupine povezav pa je mobilnost uporabnika (Stopar, B. 2005).

#### **4.3.1 Prenos podatkov z referenčnih postaj v GPS službo**

Pri tem prenosu podatkov z referenčnih postaj GPS v GPS službo je koda lahko poljubna (binarna, ASCII...). Kritična točka celotnega omrežja je sproten (neprekinjen) tok podatkov med referenčnimi postajami in centrom GPS službe, ki ga zahteva t.i. mrežna obravnava vplivov na opazovanja. Poznamo več variant tekočega prenosa podatkov z referenčnih postaj do GPS službe:

- najeti vodi,
- brezžična povezava,
- ADSL/internet,
- kabelsko omrežje.

#### **Najeti vodi**

Telefonski kabel med referenčno postajo in GPS službo dnevno prenaša 30-40Mb podatkov. Rešitev z najetimi vodi je optimalna s stališča zanesljivosti in varnosti povezave. Problem je visoka cena.

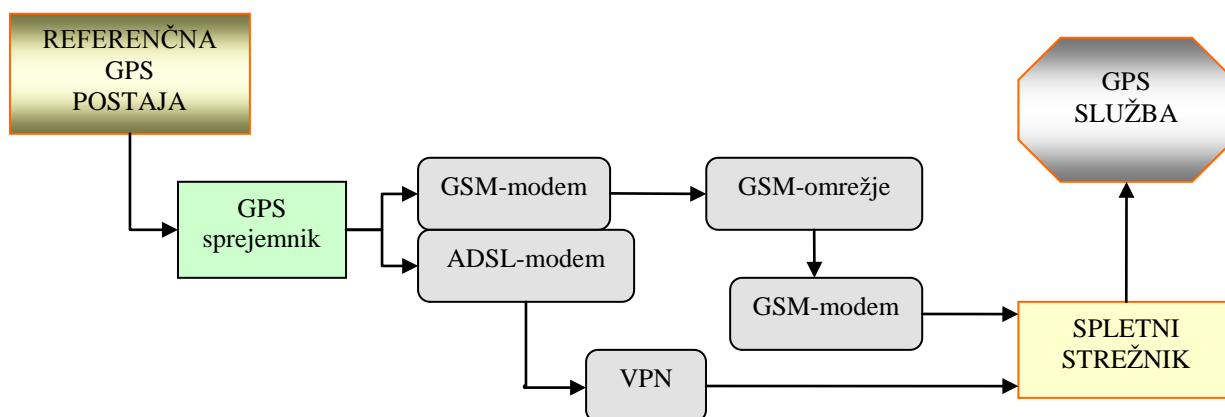
#### **Radijski prenos**

Preko radijskih valov je na referenčne postaje vezan radijski oddajnik. Dobra možnost ob ustreznih pokritosti ozemlja je s pomočjo repetitorjev. Slabost je občutljivost na vremenske razmere. Stroški so minimalni.

#### **Internetne povezave**

ADSL in VDSL na enem kablu telefonske žice omogoča široko pasovne povezave v internet. Omejenost je do 5 km oddaljenosti referenčnih postaj od telefonske centrale (ADSL). Problem ADSL je izpostavljenost nevarnosti interneta, zato je potrebna postavitve požarnega

zida. Poznamo VPN sistem, ki vzpostavi varne kanale znotraj internetnega omrežja. VPN je strojna ali programska oprema, podobna sistemu najetih vodov. Ob naraščajočem pomenu omrežij GPS postaje se pojavi zahteva po sekundarni povezavi med referenčno postajo in GPS službo. Druga povezava je GSM omrežje (GPRS, UMTS) (Stopar B., 2005, Tehnična infrastruktura, Predavanje).



Slika 2: Prikaz poteka komunikacije med referenčno GPS postajo in GPS službo

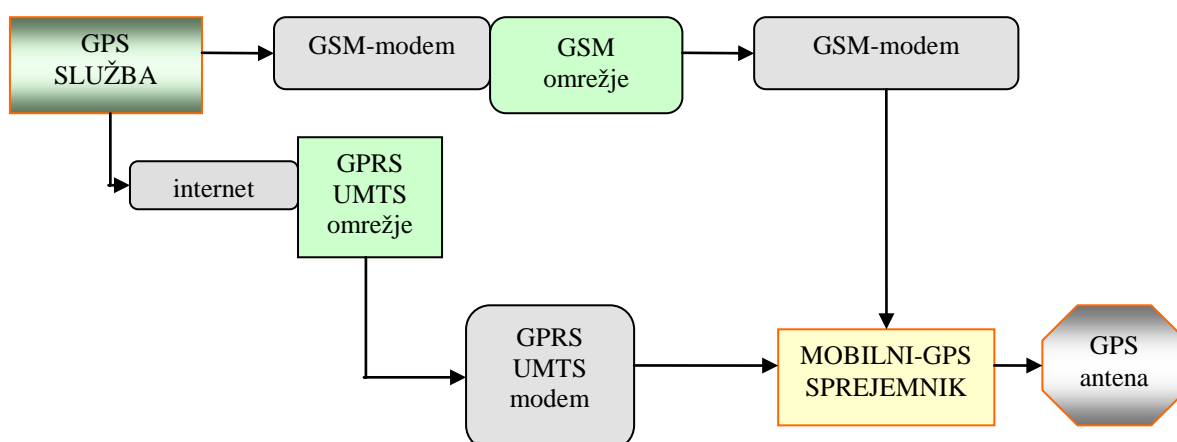
#### 4.3.2. Prenos podatkov GPS službe uporabnikom

Z GPS službe do mobilnega GPS sprejemnika poteka prenos v obliki RTCM formata. Ta format je primeren za prenos podatkov GNSS. Za potrebe VRS je potrebna dvosmerna komunikacija med mobilnim GPS sprejemnikom in centrom GPS službe.

Poznamo različne povezave:

- radijske,
- GSM,
- internet.

Prenos podatkov mora zagotavljati hitrost do 2400 gps. Te zahteve izpolnjujejo vsi prenosi preko mobilne telefonije GSM, GPRS in UMTS. Omejitev je omejena pokritost ozemlja z omrežjem mobilne telefonije (Stopar B., 2005, Tehnična infrastruktura, Predavanje).



Slika 3: Prikaz poteka komunikacije med GPS službo in uporabnikom

## 4.4 Signal

### 4.4.1 Opis omrežja

Del temeljne državne geoinformacijske infrastrukture, namenjene geodeziji, je omrežje permanentnih GPS postaj. Teh postaj je 15 in sicer: Ljubljana, Maribor, Črnomelj, Bovec, Bodonci, Brežice, Celje, Ilirska Bistrica, Koper, Nova Gorica (Bilje), Ptuj, Radovljica, Slovenj Gradec, Trebnje in Velika Polana, ki so komunikacijsko povezane s centrom Službe za GPS v Ljubljani. V letu 2006 je bila izgradnja le-teh dokončana, tako da so dosegli enakomerno pokritost države s popravki opazovanj. To omrežje postaja za geodete tudi prvi korak pri prehodu na nov državni koordinatni sistem. Temeljit bo na ETRS89 (European Terrestrial Reference System, 1989) koordinatnem sistemu.

GPS omrežje postaj je za uporabnika pomembno zaradi določitve relativnega – diferencialnega položaja lastnega sprejemnika. Tako določen položaj je natančnejši kot absolutni položaj, določen brez navezave na omrežje. Omrežje omogoča racionalnejšo izmero, saj za izmero potrebujemo samo premični sprejemnik. Vlogo referenčnega sprejemnika pa prevzema permanentna postaja GPS omrežja ali omrežje v celoti.

Omrežje stalnih postaj smo poimenovali s kratico, in sicer SIGNAL (SI-Geodezija-NAvigacija-Lokacija). Za centralni nadzor njegovega delovanja skrbi Služba za GPS. GPS služba deluje v okviru državne geodetske službe na Geodetskem inštitutom Slovenije v Ljubljani. Osnovna naloga GPS službe je zagotovitev podatkov za meritve v realnem času ali za naknadno obdelavo. GPS služba nadzira delovanje omrežja, vzdržuje spletno stran, opravlja geodetske analize in zagotavlja transformacijske parametre za preračunavanje koordinat med državnim in evropskim koordinatnim sistemom. Uporabo podatkov omrežja SIGNAL je dostopno samo registriranim uporabnikom. Za registracijo potrebujemo naslednje podatke:

- naziv organizacije/podjetja,
- ime in priimek uporabnika,
- kontaktni podatki,
- telefonsko številko sprejemnika,
- tip sprejemnika (neobvezno).

Ob registraciji bo dodeljeno uporabniško ime in geslo, s katerim lahko dostopamo do podatkov omrežja SIGNAL. Prednosti uporabe sistema SIGNAL so:

- možnost navezave na zelo natančno določeno mrežo geodetskih točk (omrežje permanentnih postaj GPS), pri čemer meritve na teh točkah za uporabnike neprekinjeno in nadzorovano izvaja Služba za GPS,
- polovični stroški pri nabavi opreme,
- izvedba meritev v realnem času, s posredovanjem korekcij opazovanj s strani Službe za GPS,
- pomoč, svetovanje in strokovna podpora Službe za GPS,
- občasna organizirana izobraževanja, informiranje in predstavitve,

Omrežje SIGNAL deluje neprekinjeno 24 ur na dan. S strani GPS službe je zagotovljena podpora ob delavnikih med 7. in 15. uro.

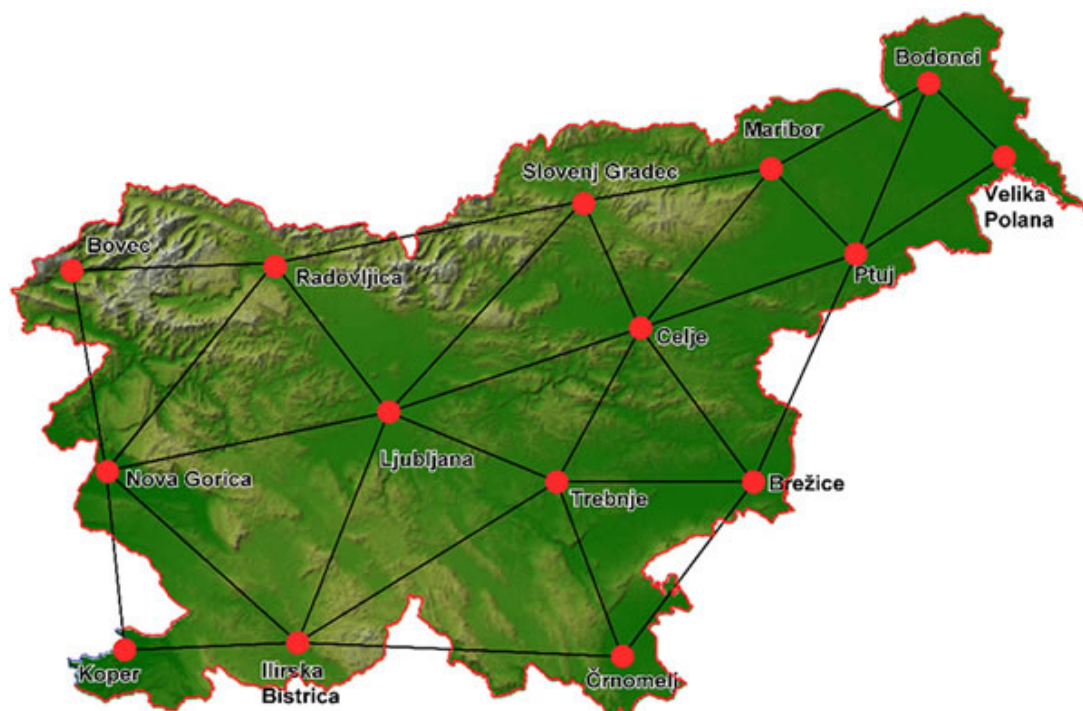
Omrežje SIGNAL lahko uporabljamo po celotnem državnem ozemlju. Pri meritvah v realnem času je mogoča navezava na posamezno permanentno postajo v polmeru 15–20 km od postaje, ali pa navezava na navidezno referenčno postajo (VRS), kjer pa mora biti znotraj trikotnika, ki tvorijo tri delujoče postaje skupaj. Kakovost (natančnost), ki jo zagotavlja sistem SIGNAL iz permanentnih GPS postaj, je reda 1 cm, kar je dosegljivo tudi uporabnikom pri statičnih meritvah z naknadno obdelavo podatkov. Dostop do zelenih podatkov registriranih uporabnikov je:

- neposreden klic na mobilno telefonsko številko v klicnem centru,
- uporaba NTRIP protokola preko mobilnega interneta,
- klicem na mobilno številko GPS službe.

(Vir: <http://www.gu-signal.si>: december 2006)

#### 4.4.2 Referenčne GPS postaje

Referenčne GPS postaje so razporejene po celotnem ozemlju Republike Slovenije, tako da so postavljene po zunanjih mejah. Te postaje v večini primerov omogočajo interpolacijo podatkov znotraj trikotnikov, zunaj trikotnikov, t.j. manjše območje države, pa ekstrapolacijo. Zunaj trikotnikov referenčnih postaj popravki opazovanj ne odstopajo veliko, ker so razdalje od referenčnih postaj majhne. Spodaj so prikazane vse referenčne postaje v državi.



Grafični prikaz referenčnih postaj v RS (Vir: <http://www.gu-signal.si>: december 2006)



## 4.5 GPS izmera Geodetske uprave R Slovenije

### Opis postopka GPS izmere

Geodetska uprava Slovenije (GU) je v letu 2004 opravljala GPS opazovanja na celotnem obalnem območju od Kraškega roba do Sečoveljskih solin in do meje s Hrvaško.

Cilj teh opazovanj je bil sledeč:

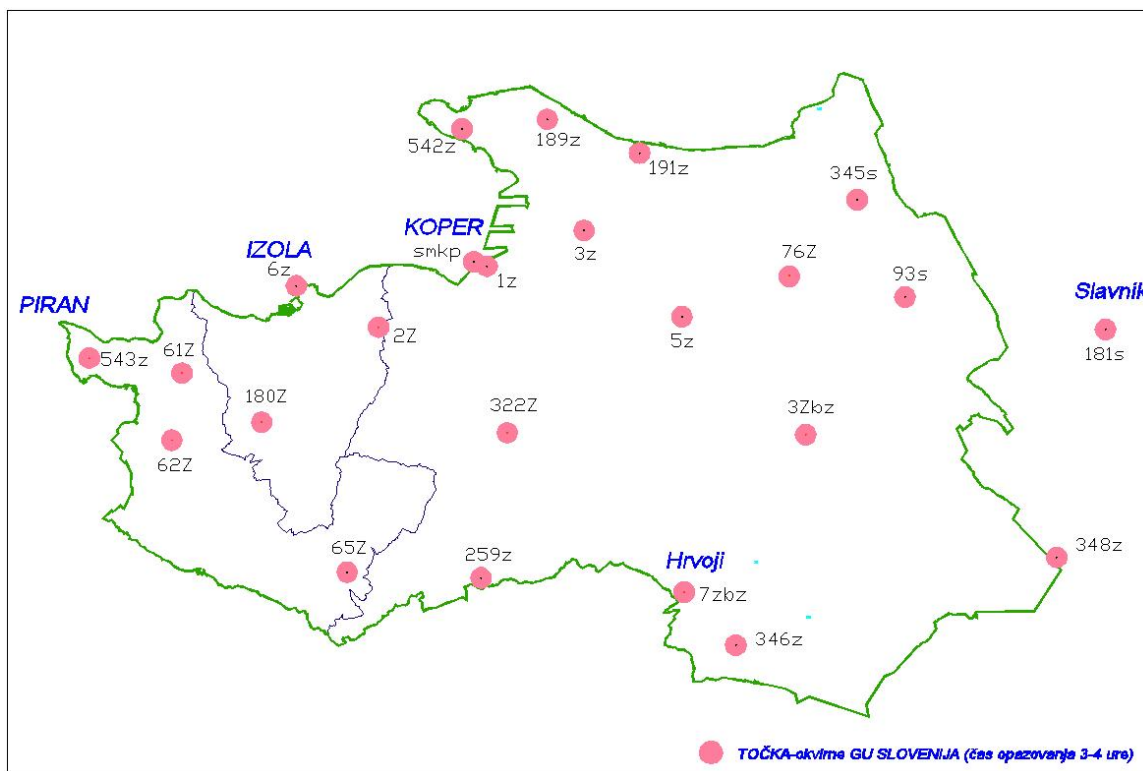
- ugotoviti homogenost geodetskih mrež na tem območju,
- ugotoviti možnosti povezave horizontalne in višinske mreže,
- širitev GPS tehnologije v geodetski izmeri,
- pripraviti začasne transformacijske parametre.

GPS opazovanja so bila razdeljena na dve GPS mreži:

- GPS mreža (trigonometrične točke),
- GPS mreža (zgostitvene točke-trigonometrične in poligonske točke).

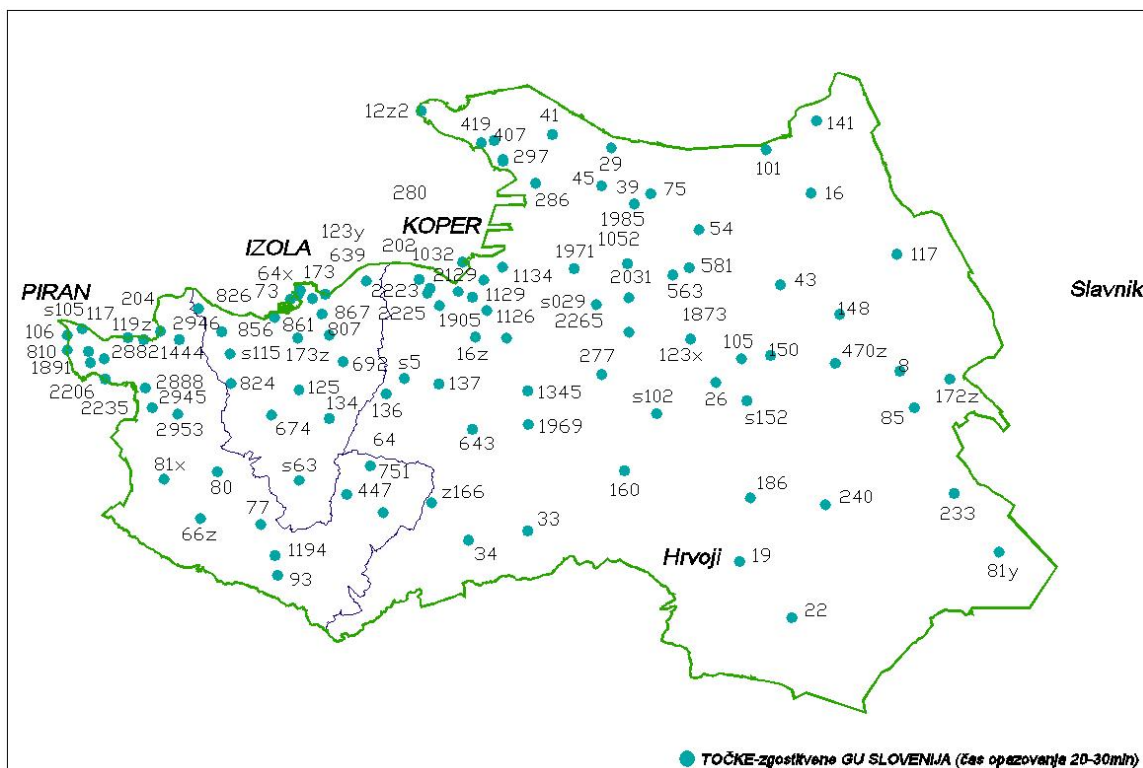
Za referenčne točke je GU Slovenija izbrala trigonometrične geodetske točke I reda: 5181s/I – Slavnik 180/I Malija, SMKP- mareograf Koper.

Za izmero GPS mreže so izbrali 23 trigonometričnih geodetskih točk II in III reda, katere so: 542z, 543z, 322z, 346z, 345s, 3z, 76z, 93s, 1z, 5z, 189z, 65z, 2z, 6z, 61z, 62z, 189z, 191z, 348z, 7z, 7zbz, 3z, 3zbz in SMKP.



Slika 4: Prikaz trigonometričnih točk (GU Slovenija - statična metoda izmere)

Poleg teh so za izmero zgostitvene mreže izbrali 125 geodetskih točk IV. in V. reda ter poligonske točke na tem območju.



Slika 5: Prikaz poligonskih točk (GU Slovenija -hitra statična metoda izmere)

GPS opazovanja so potekala na sledeč način:

- GPS meritve za trigonometrično mrežo so bile opravljene v 1261. tednu v dnevih 68, 69, 70, 71, 72 J.D.
- GPS meritve za zgostitveno mrežo so bile opravljene v 1270. tednu v dnevih 131, 132, 133, 134, 135.

Vse meritve so bile opravljene s 5 Trimble navigation sprejemniki 4000ssi/sse in z antenami compact L1/2 W/GRND P in EXT L1/2 GEOD(SST/E). Vse trigonometrične točke so bile opazovane s statično metodo v trajanju 3-4 ur z intervalom registracije 10 sekund in minimalni višinski kot je bil  $15^\circ$ . Zgostitveno GPS mrežo so izmerili s hitro statično metodo v trajanju 20-30 min., minimalni višinski kot je bil  $15^\circ$  z intervalom registracije 5 sekund. Izračun in obdelavo podatkov obeh mrež ter končno izravnavo so izvedli s GPSurvey 2.35. Transformacijo med ETRS89 koordinatnim sistemom in državnim koordinatnim sistemom so izvedli s 7. parametrično Helmertovo transformacijo s programom Protra 3.0 (Komadina, Ž. 2005).

## 4.6 GPS izmera podjetja Harphasea Koper

### Opis GPS postaje v Kopru in postopek opazovanj.

V podjetju Harphasea Koper so opravili GPS opazovanja na trigonometričnih točkah ( II. , III. in IV. reda) za celotno Slovensko obalno območje, ki zajema občine Koper, Izola in Piran. Za izvajanje meritev so uporabili referenčno GPS postajo na stavbi Mestne občine Koper, ki jo je kontrolirala tudi GU Slovenije, in ugotovila, da izpolnjuje pogoje za praktično uporabo pri terenskih meritvah. Ob kontroli GU Slovenije je bilo ugotovljeno odstopanje v horizontalni komponenti za 2 cm. Postavitve GPS antene je potekala od 20.08.2000 do 24.10.2000. Umerjanje je opravila strokovna skupina iz FGG Ljubljana – Oddelek geodezija pod vodstvom dr. Bojana Stoparja. Za opazovanja so uporabili GPS referenčni sprejemnik Ashtech Z FX 8MB (12 kanalni, L1, L2, fazni), ki omogoča RTK korekcijo centimetske natančnosti. Antena na sprejemniku je Magellan 105645 s choke ringom. Vse terenske meritve trigonometričnih točk so potekale z RTK metodo izmere (Žerjal, A. 2006) .

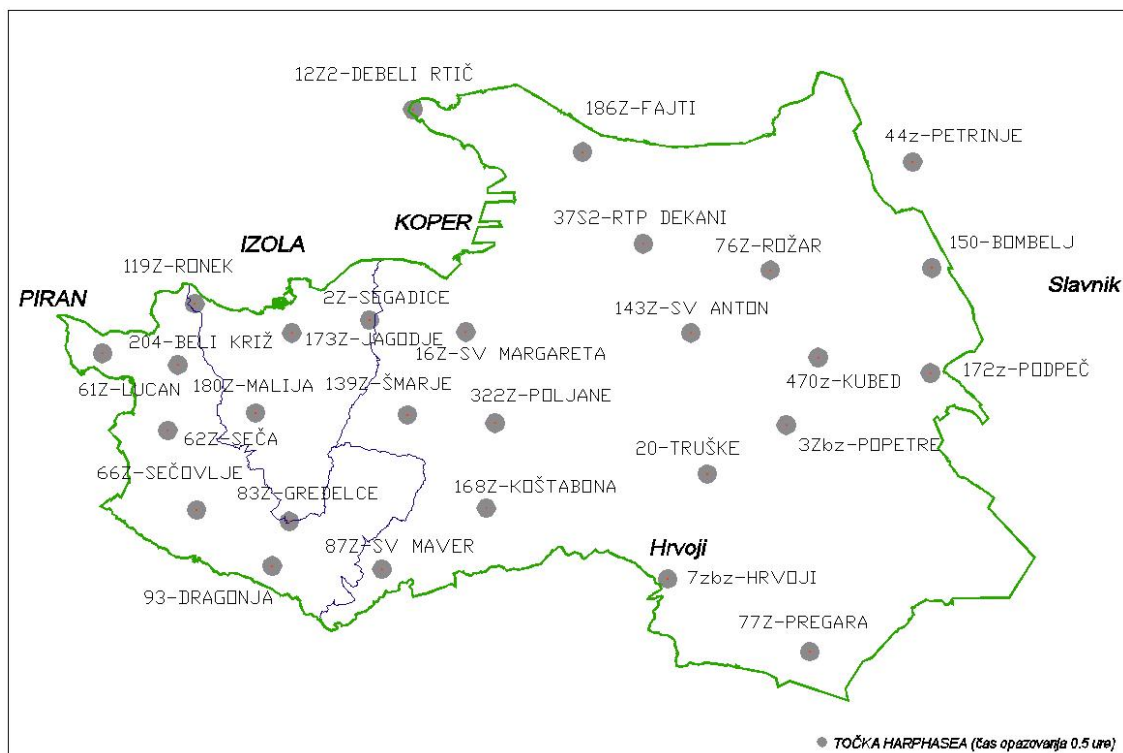
Pozicija referenčne antene:

-  $\lambda = 45^{\circ} 32,9496413'$

-  $\varphi = 13^{\circ} 43,795771'$

-  $h = 72,5719$  m

Za testiranje delovanja postaje so izvedli serijo meritev na danih trigonometričnih točkah z danimi koordinatami. Meritve so bile izvedene s sodelavci Geodetske uprave Koper in so pokrivalo celotno območje Slovenske obale (Žerjal, A. 2006).



Slika 6: Prikaz trigonometričnih točk (Harphasea Koper - RTK metoda izmere)

## 5. TRANSFORMACIJE KOORDINATNIH SISTEMOV

V diplomski nalogi bomo večinoma uporabljali izraz transformacija koordinatnih sistemov. Transformacija pomeni preračun koordinat točk iz enega koordinatnega sistema v drugega z uporabo transformacijskih parametrov. V nalogi se bomo srečali s transformacijo med GPS izmero in državnim koordinatnim sistemom, ki bo ena najpogostejših nalog geodetov. Državni koordinatni sistem temelji na astrogeodetskem datumu, GPS izmera pa se nanaša na terestrični koordinatni sistem. V dvorazsežnem koordinatnem sistemu uporabljamo transformacije, katerih točke so ravninske pravokotne koordinate  $(y, x)$  Gauss-Kruegerjeve projekcije ali točke v lokalnem koordinatnem sistemu. Pri transformaciji trirazsežnih koordinatnih sistemov rabimo pravokotne trirazsežne koordinate  $(X, Y, Z)$ , ki jih izračunamo iz elipsoidnih koordinat točk  $(\varphi, \lambda, h)$ . Z obdelavo GPS opazovanj pridobimo elipsoidne koordinate.

### 5.1 Metode transformacij koordinatnih sistemov

Pomen besede transformacija pomeni vzpostavitev matematične povezave dveh koordinatnih sistemov. Matematična povezava pomeni uporabo enačb za preslikavo položaja enega koordinatnega sistema v drugi koordinatni sistem. Lastnosti transformacijskih modelov podajajo transformacijski parametri. Transformacijski parametri so lahko znani ali pa jih izračunamo na podlagi koordinat točk v obeh koordinatnih sistemih. Poznamo tri vrste transformacij koordinatnih sistemov:

- Afina transformacija: preme linije se transformirajo v preme linije, ohranja se vzporednost. Spremenijo se velikost, oblika, položaj, merilo in orientacija linij.
- Podobnostna transformacija: preme linije se transformirajo v preme linije, ohranjajo se koti, merilo se spremeni.
- Ortogonalna transformacija je podobnostna transformacija, merilo je enako enoti, koti in razdalje med točkami se ne spremenijo, spremenijo se položaji točk.

Kriterij pri izbiri modela transformacije je razmerje med številom transformacijskih parametrov in številom koordinat skupnih točk. Za transformacijo točk iz GPS izmere v državni koordinatni sistem uporabljamo podobnostno transformacijo. Ta transformacija se uporablja za povezavo med koordinatnima sistemoma 7 transformacijskih parametrov:

- trije premiki,
- tremi zasuki,
- sprememba merila (razmerjem enote dolžin med koordinatnima sistemoma).

Podobnostno transformacijo smo si izbrali, ker imata koordinatna sistema različni izhodišči, različno orientacijo koordinatnih osi ter različno merilo. V geodeziji je ta transformacija najpogosteje uporabljena, ker imajo transformacijski parametri jasen geometrijski pomen (Kogoj, D., Stopar, B. 2006).

## 5.2 Matematični model podobnostne transformacije

Model podobnostne transformacije med vektorjema  $\mathbf{r}^G$  (G-astrogeodetski koordinatni sistem) in  $\mathbf{r}^{CT}$  (CT-terestrični koordinatni sistem) je dan z enačbo:

$$\mathbf{r}^{CT} = m\mathbf{R}\mathbf{r}^G + \mathbf{r}_o \quad (1.)$$

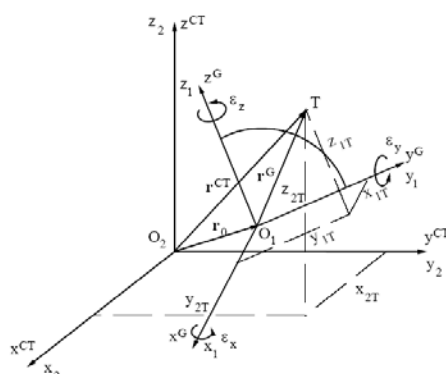
- $\mathbf{R}$  (rotacijska matrika),
- $m$  (faktor merila, oziroma kvocient enote merila sistema G glede na sistem CT),
- $\mathbf{r}_o$  (vektor premika izhodišča G-koordinatnega sistema glede na CT-koordinatni sistem).

Rotacijska matrika je sestavljena kot produkt 3 rotacijskih matrik, ki predstavljajo zasuke okrog posameznih koordinatnih osi G-koordinatnega sistema do lege, ko so vzporedne s koordinatnimi osmi CT- koordinatnega sistema. Oba koordinatna sistema sta desnosučna. V praksi je v uporabi t.i. kardanska rotacijska matrika, ki jo dobimo z množenjem rotacijskih matrik v naslednjem vrstnem redu:

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_z(\varepsilon_z)\mathbf{R}_y(\varepsilon_y)\mathbf{R}_x(\varepsilon_x) \quad (2.)$$

Rotacijske matrike za kote rotacij  $\varepsilon_z, \varepsilon_y, \varepsilon_x$  okrog osi  $z^G, y^G, x^G$  so:

$$\begin{aligned} \mathbf{R}_z(\varepsilon_z) &= \begin{bmatrix} \cos \varepsilon_z & \sin \varepsilon_z & 0 \\ -\sin \varepsilon_z & \cos \varepsilon_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ \mathbf{R}_y(\varepsilon_y) &= \begin{bmatrix} \cos \varepsilon_y & 0 & -\sin \varepsilon_y \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \varepsilon_y & 0 & \cos \varepsilon_y \end{bmatrix} \\ \mathbf{R}_x(\varepsilon_x) &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varepsilon_x & \sin \varepsilon_x \\ 0 & -\sin \varepsilon_x & \cos \varepsilon_x \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (3.)$$



Prikaz G in CT koordinatni sistem (Kogoj, D., Stopar, B. 2006).

### 5.3 Izravnava transformacije

Pri izravnavi transformacij uporabimo splošni model izravnave, ki omogoča skupno obravnavo opazovanj in neznanek. Za transformacijo potrebujemo koordinate točk v obeh koordinatnih sistemih, poleg tega pa še informacijo o natančnosti teh točk. V izravnavi so neznanke transformacijski parametri. Pri izravnavi dobimo kot rezultat dva niza koordinat, ki ju povezujejo ocenjene vrednosti transformacijskih parametrov. Po izvedeni transformaciji ostanejo merilo, orientacija in položaj koordinatnega sistema nespremenjeni. V koordinatnem sistemu pa se spremenijo koordinate, dolžine in koti med točkami. V postopku izravnave je natančnost transformacije ocenjenih transformacijskih parametrov odvisna od razporeditve točk na terenu. Te točke morajo biti prostorsko enakomerno razporejene, da dobimo zanesljivo rešitev. Na terenu se dogaja, da so deli območij deformirani, zato je potrebno z upoštevanjem pogoja števila nadštevilnih opazovanj določiti več lokalnih transformacijskih parametrov. Dani transformacijski parametri na večjem območju predstavljajo srednje vrednosti transformacijskih parametrov, kateri poskušajo odstraniti lokalne deformacije. Zato je potrebno veliko območje razdeliti na dele s posameznimi transformacijskimi parametri. Ocenjeno merilo med sistemoma je med transformacijskimi parametri najpomembnejše za geodezijo.

Pri ocenjevanju faktorja merila je potrebno ugotoviti:

- ali je merilo, določeno iz posamezne dolžine med parom točk, skladno s kupnim merilom na obravnavanem območju,
- ali so dolžine enega dela območja skladne z drugim delom,
- ali so stranice v določeni smeri skladne z ostalimi stranicami,
- če imamo dovolj podatkov, območje razdelimo na posamezna območja in ugotavljamo skladnost lokalnega merila območja s skupnim merilom celotnega območja.

Poleg merila nas tudi zanima obravnava popravkov koordinat, izračunanih kot razlika koordinat pred transformacijo in istih točk po transformaciji. Ob ugotovitvi, da popravki niso enakomerno porazdeljeni, pomeni, da so prisotni sistematični ali grobi pogreški. Po opravljeni izravnavi moramo pregledati opazovanja in ugotoviti prisotnost pogreškov v koordinatah. Natančnost transformiranih koordinat je pogojena z natančnostjo koordinat, uporabljenih za oceno transformacijskih parametrov in od natančnosti ocene transformacijskih parametrov (Kogoj, D., Stopar, B. 2006).

## **6. ANALIZA REZULTATOV TRANSFORMACIJ MED ETRS89 IN D48 NA OBMOČJU SLOVENSKE OBALE**

Za diplomsko nalogo smo prevzeli podatke od GU Slovenije in podjetja Harphasea Koper. Podatki so zajemali celotno Slovensko obalo do Kraškega roba na severu. Cilj diplomske naloge je bil ugotavljanje odstopanj na obstoječih točkah ob uporabi različnih transformacijskih parametrov, izračunanih na podlagi različnih opazovanj. Najprej smo analizirali podatke GU Slovenije, nato pa še podjetja Harphasea Koper.

### **6.1 Podatki GU Slovenije**

Opazovani GPS podatki s strani GU Slovenije so bili razdeljeni na dva dela:

- točke, opazovane s statično metodo izmere na trigonometričnih točkah,
- točke, opazovane s hitro statično metodo izmere na poligonskih in trigonometrični točkah

Za izračun transformacijskih parametrov smo pripravili datoteke \*.txt, ki smo jih uporabili v programu SiTra v 1.0. Sam program izračuna transformacijske parametre in jih prikaže v datoteki \*.str. Poleg te datoteke izdela še ostale grafične prikaze v datotekah \*.tif

#### **6.1.1 Izračun transformacijskih parametrov in primerjava z obstoječo geodetsko mrežo – statična metoda izmere**

Tukaj smo za izračun transformacijskih parametrov uporabili koordinate točk, določene s statično GPS metodo, izmerjeno na trigonometričnih točkah. V izračun so bile zajete vse trigonometrične točke, tako da smo transformirali celotno območje in pridobili odstopanja na vseh točkah. V preglednici 2 so izračunani transformacijski parametri iz izračunane transformacije za 23 trigonometričnih točk 2. in 3. reda.

Preglednica 1: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - statična metoda izmere, Slovenska obala.

	<b>Transfor. Parametri</b>
<b>deltaX</b>	-434.405832
<b>deltaY</b>	-324.243018
<b>deltaZ</b>	-396.847063
<b>alfa</b>	0 00 10.747413
<b>beta</b>	0 00 03.251584
<b>gama</b>	- 0 00 15.020828
<b>merilo (ppm)</b>	-18.527129

Celotno območje transformacije je zajemalo 291,43 km<sup>2</sup>. Meritve s statično GPS metodo so bile izvedene na 23 trigonometričnih točkah, čas trajanja posamezne meritve na točki je bila 3-4 ure. Koordinate trigonometričnih točk v D48 koordinatnem sistemu so pa bile prevzete od GU Slovenije. Stabilizacija le teh točk je bila izvedena v letih 1957-1960 z granitnimi kamni.

V preglednici 2 so prikazane najmanjše in največje vrednosti odstopanj koordinat med začetnim (ETRS89) transformiran v (D48) in končnim danim (D48) datumom na celotnem območju zajema.

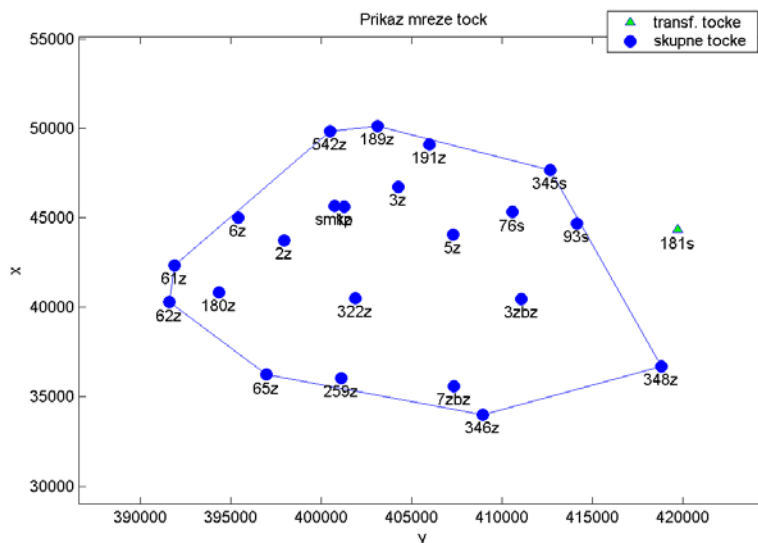
Preglednica 2: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri - statična metoda izmere, Slovenska obala

	<b>dx(cm)</b>	<b>dy(cm)</b>	<b>dH(cm)</b>
<b>Min</b>	-5.09	-4.45	-6.32
<b>Max</b>	8.60	8.50	17.35
<b>Sr. V.</b>	0.00	-0.00	2.30
<b>Sr. V.(abs)</b>	2.57	3.22	4.65

Kot vidimo v preglednici 2, je največje odstopanje po x-smeri 8.6 cm, po y-smeri 8.5 cm ter po višini 17.35 cm, kar pomeni, da je bila višina dane točke v končnem datumu (D48) napačno določena ali napačno zapisana. Kot podatek srednje vrednosti vseh odstopanj na točkah pa je prikazana visoka natančnost določitve parametrov zajetih točk v transformacijo (obravnavane so bile vse točke).

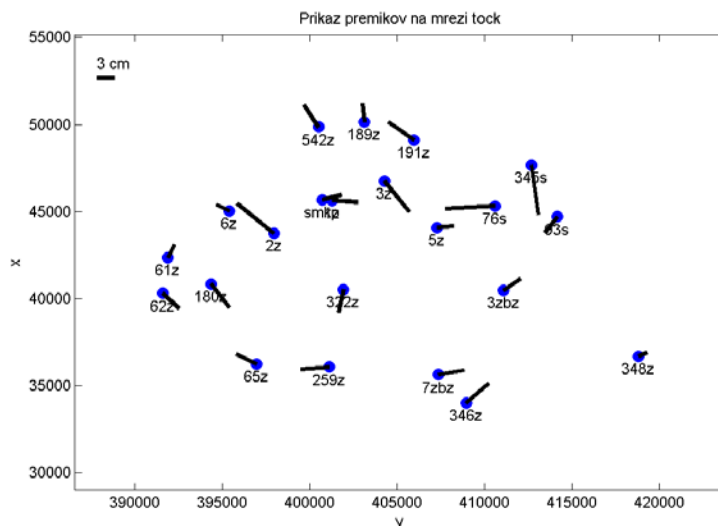
Na sliki 7 je prikazana razporeditev točk, zajetih v izračunu transformacije. Vidimo da so točke dokaj enakomerno razporejene po obravnavanem območju. Prikazane so skupne in transformirane točke.





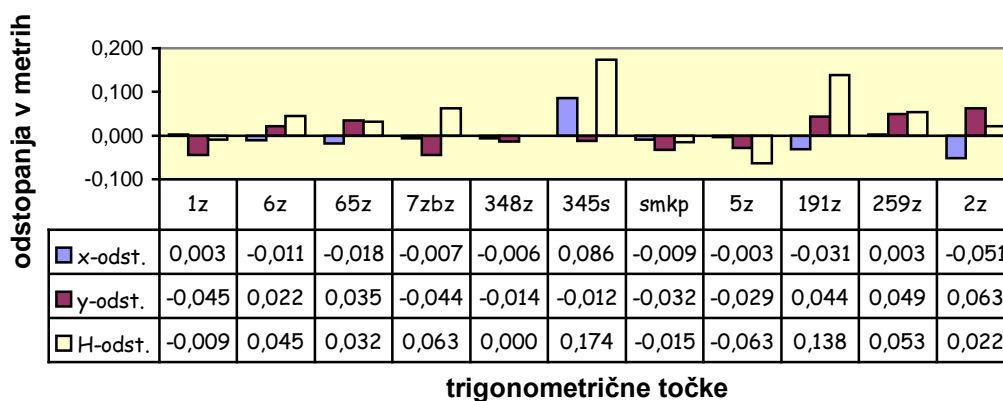
Slika 7: Prikaz trigonometričnih točk statične metode izmere, Slovenska obala (izhodna datoteka programa SiTra)

Na sliki 8 je prikazano območje točk z odstopanji v obliki vektorjev. Tukaj že vidimo, katere točke največ odstopajo in v kateri smeri. Prikazana so samo horizontalna odstopanja. V levem zgornjem vogalu imamo tudi grafično merilo, da vidimo za kakšna odstopanja gre. Ugotovili smo, da imajo trigonometrične točke 2z, 3z, 76s in 245s največja horizontalna odstopanja. Iz slike sklepamo, da so smeri ter dolžine vektorjev različne in ne obstaja sistematično odstopanje v določeni smeri. Vidi pa se, da so večja odstopanja na severni polovici obravnavanega območja.



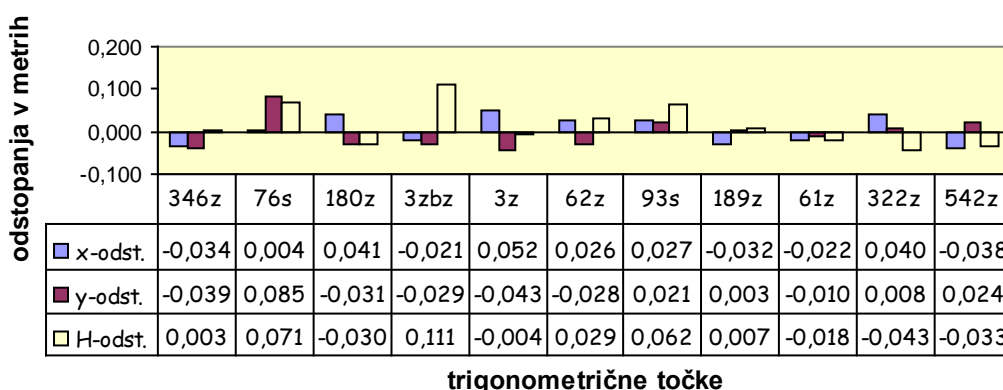
Slika 8: Prikaz premikov z vektorji na mreži točk - statična metoda izmere, Slovenska obala (izhodna datoteka programa SiTra)

Grafikon 1 prikazuje odstopanja v obliki grafa z numeričnimi podatki v x-smeri, y-smeri in H-smeri.



Grafikon 1: Prikaz odstopanj po posameznih trigonometričnih točkah - statična metoda izmere, Slovenska obala se nadaljuje...

nadaljevanje...



Iz prikazanih rezultatov statične metode izmere trigonometričnih točk ugotavljamo naslednje:

- Po x-smeri največ odstopa točka 345s ( 8,6 cm),
- Po y-smeri največ odstopata točki 2z in 76s (8,5 cm, 6,3 cm).

S pravilnikom o urejanju in spreminjanju parcel, ter o evidentiranju mej parcel v zemljiškem katastru, leta 2003 je bila predpisana natančnost določitve zemljiško katastrske točke v horizontalni smeri 6 cm ali manj. Za določitev natančnosti odstopanj na posameznih točkah med D48 koordinatnim sistemom pred transformacijo in po transformaciji, bomo kot referenčno natančnost vzeli 6 cm.

Za višinsko odstopanje ugotavljamo, da ima točka 345s, 191z in 3zbz verjetno napako v končnem datumu ali ni bila natančno določena, kajti ostale trigonometrične točke so glede na

opazovanja v ETRS 89 zelo natančne, določene z interpolacijo geoida in upoštevanjem višine nad elipsoidom. Iz rezultatov sklepamo, da je uporaba transformacijskih parametrov uporabna za celotno obravnavano območje. Problem nastane na lokalnih območjih, kjer moramo pred meritvami izvesti kontrolo na danih točkah z danimi koordinatami v D48 koordinatnem sistemu in če je odstopanje pod 6 cm, nadaljujemo z terenskim delom, če ne moramo izračunati druge transformacijske parametre.

### 6.1.2 Izračun transformacijskih parametrov in primerjava z obstoječo geodetsko mrežo - hitra statična metoda izmere

Za izračun transformacijskih parametrov smo uporabili koordinate točk, izmerjene na poligonskih točkah. Uporabili smo 125 geodetskih točk (trigonometri in poligonskih) na območju celotne Slovenske obale. Tako smo transformirali celotno območje in pridobili odstopanja na vseh točkah. V tabeli 4 so izračunani transformacijski parametri za obravnavano območje.

Preglednica 3: Transformacijski parametri - hitra statična metoda izmere, Slovenska obala

	<b>Transfor. Parametri</b>
<b>deltaX</b>	-439.275078
<b>deltaY</b>	-325.068610
<b>deltaZ</b>	-389.093616
<b>Alfa</b>	0 00 10.870473
<b>Beta</b>	0 00 02.983373
<b>Gama</b>	- 0 00 14.948198
<b>merilo (ppm)</b>	-18.851011

Površina območja transformacije: 346.73 km<sup>2</sup>

Prikaz najmanjše in največje vrednosti odstopanj med koordinatami za obravnavano območje:

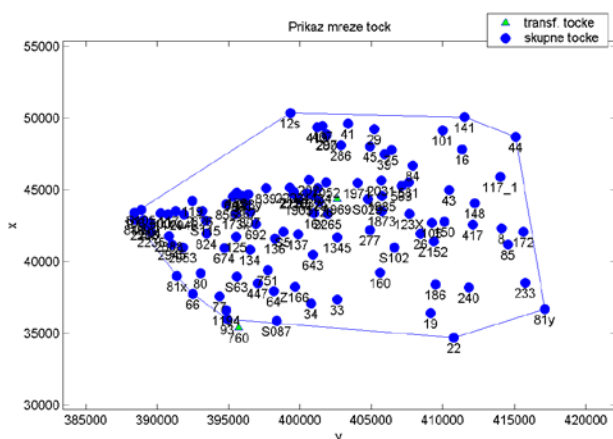
Preglednica 4: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri - hitra statična metoda izmere, Slovenska obala

	<b>dx(cm)</b>	<b>dy(cm)</b>	<b>dH(cm)</b>
<b>Min</b>	-14.22	-19.91	-3.48
<b>Max</b>	24.21	18.43	17.92
<b>Sr. V.</b>	0.01	-0.00	1.09
<b>Sr. V.(abs)</b>	4.80	5.02	2.29

V preglednici 5, najmanjših in največjih odstopanj ugotavljamo, da se pojavljajo že večja odstopanja kot pri statični metodi opazovanj. Tukaj vidimo, da je največje odstopanje po x-smeri 24,21 cm, v y-smeri 19,91 cm in po višini 17,92 cm. Kot srednjo vrednost vseh

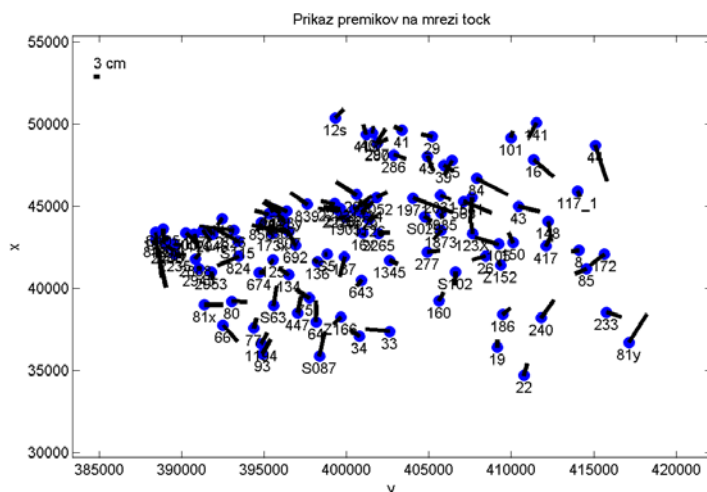
odstopanj pa vidimo, da smo v dopustnih odstopanjih (6 cm). Večja odstopanja prihajajo zaradi nižjih redov točk, določenih na različne načine v preteklosti.

Na sliki 9 je prikazano območje trigonometričnih in poligonskih točk, zajetih v transformacijo.



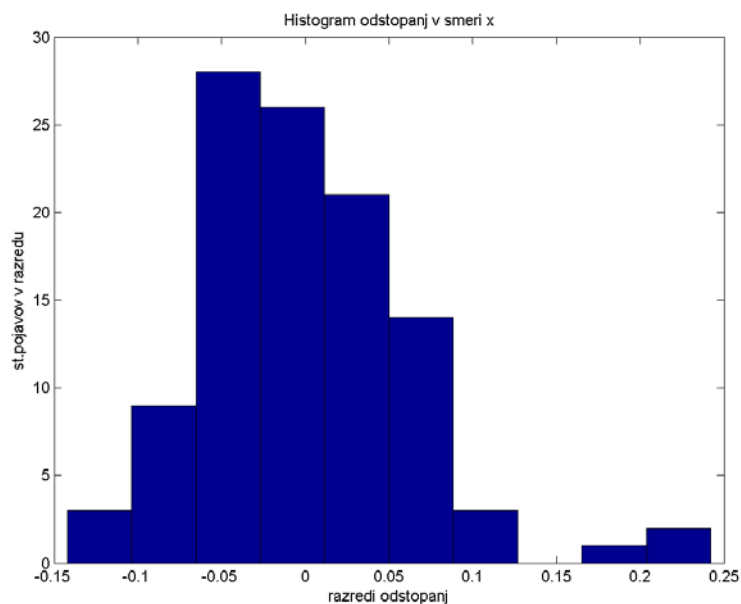
Slika 9: Prikaz trigonometričnih in poligonskih točk - hitra statična metoda izmere, Slovenska obala (izhodna datoteka programa SiTra)

Na sliki 10 je prikazano območje trigonometričnih in poligonskih točk z relativnimi odstopanji v obliki vektorjev. Tukaj že vidimo, katere točke odstopajo največ in v kateri smeri. Prikazana so samo horizontalna odstopanja. V levem zgornjem vogalu imamo tudi grafično merilo, ki pojasnjuje velikost odstopanja.



Slika 10: Prikaz premikov na območju geodetskih točk - hitra statična metoda, Slovenska obala (izhodna datoteka programa SiTra)

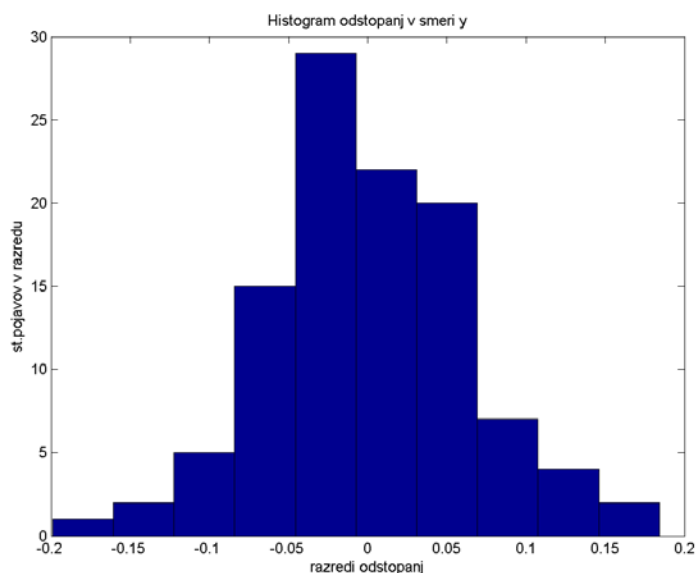
V izračun je bilo zajetih veliko poligonskih in trigonometričnih točk (125), zato bomo prikazali odstopanja po razredih. V grafikonu 2 je prikazan histogram odstopanj po x-smeri.



Grafikon 2: Prikaz odstopanj točk po razredih v x-smeri - hitra statična metoda izmere, Slovenska obala (izhodna datoteka programa SiTra)

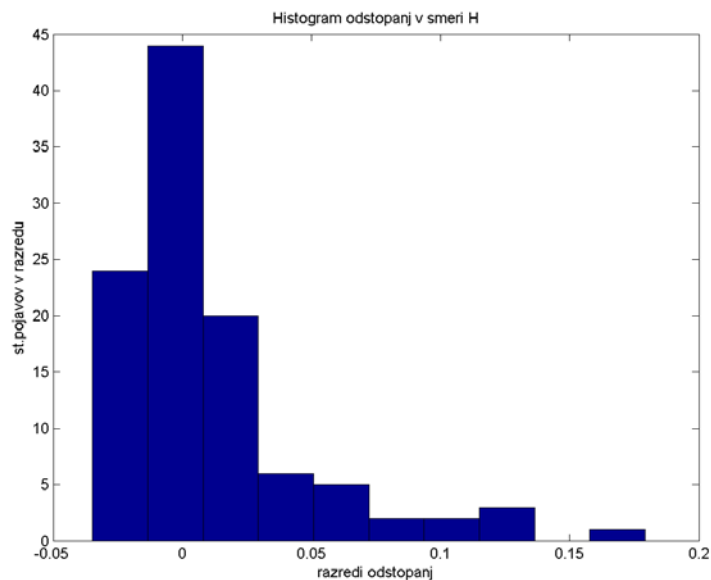
Ugotavljamo, da večina točk ustreza geodetski natančnosti (6 cm). Imamo pa kar nekaj točk, ki niso v dopustnih mejah odstopanj, med njimi je nekaj katere odstopajo do 25 cm. Na teh območjih moramo izračunati lokalne transformacijske parametre za praktično geodetsko izmero.

V grafikonu 3 je prikazan histogram odstopanje po y-smeri.



Grafikon 3: Prikaz odstopanj točk po razredih v y-smeri - hitra statična metoda izmere, Slovenska obala (izhodna datoteka programa SiTra)

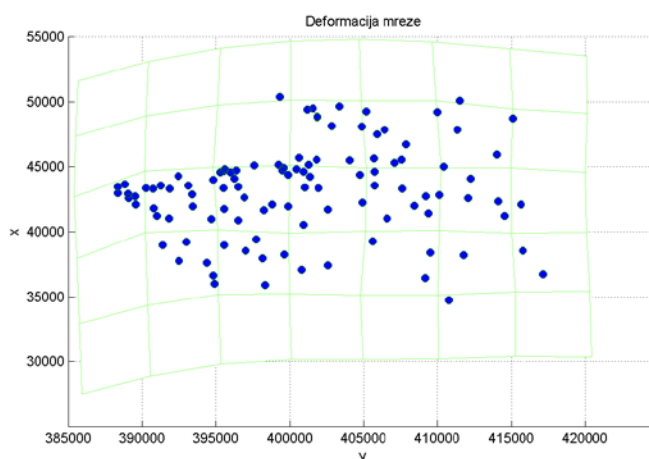
Tukaj prav tako ugotavljamo, da večina poligonskih točk ustreza izbrani natančnosti, tam, kjer so odstopanja večja, pa moramo izračunati nove lokalne transformacijske parametre.



Grafikon 4: Prikaz odstopanj točk po razredih v H-smeri - hitra statična metoda izmere, Slovenska obala (izhodna datoteka programa SiTra)

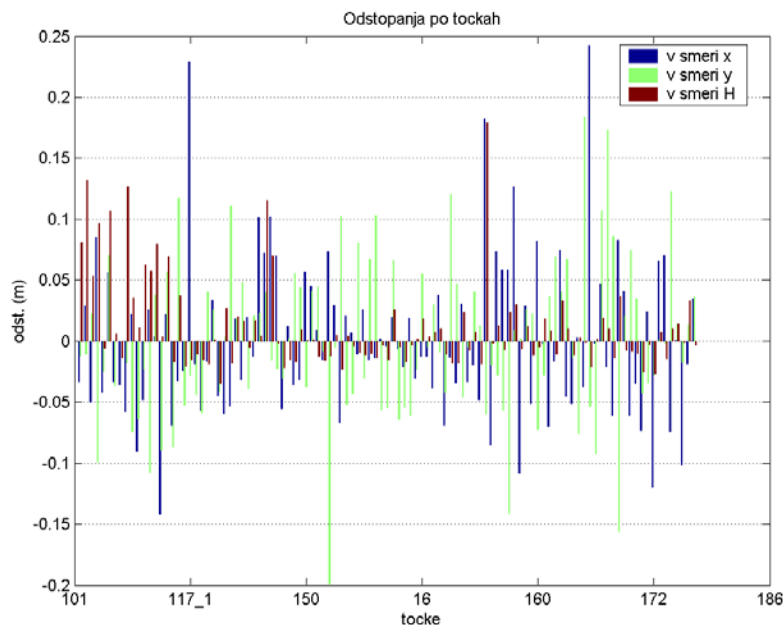
Pri višinah večine točk vidimo iz grafikona 4, da ustrezajo potrebam katastra in inženirske geodezije (komunalni kataster). Zelo malo točk ima večja odstopanja, to pa zaradi v preteklosti natančno izvedenih lokalnih nivelmanov.

Na sliki 11 so prikazane deformacije na mreži, določene iz rezultatov transformacije, katerih koordinate so določene v okviru hitre statične metode izmere.



Slika 11: Prikaz mreže deformacij - hitra statična metoda izmere, Slovenska obala (izhodna datoteka programa SiTra)

Največje deformacije mreže so na zahodu in severu obravnavanega območja.



Grafikon 5: Prikaz odstopanj po točkah - hitra statična metoda izmere, Slovenska obala (izhodna datoteka programa SiTra)

V grafikonu 5 so prikazana odstopanja v koordinatah trigonometričnih in poligonskih točk. Zaradi množice obravnavanih točk so oštevilčene le nekatere točke.

GPS opazovanja, katera je izvajala GU Slovenije so zadovoljila pričakovanja glede dobljenih rezultatov in dopustnih odstopanj (6 cm), med koordinatami trigonometričnih in poligonskih točk v končnem datumu (D48) in transformiranimi koordinatami istih točk. Zaradi velikega območja in velikega števila različnih poligonskih točk, ki so zajete v izmeri, je bilo tudi pričakovati določena odstopanja v poligonski mreži, kar povzročajo točke nižjih redov. Na točkah nižjih redov moramo izračunati lokalne transformacijske parametre za doseganje dopustne natančnosti (6 cm).

## 6.2 Podatki podjetja Harphasea Koper

Tukaj smo za izračun transformacijskih parametrov uporabili koordinate točk opazovanj podjetja Harphasea iz Kopa, kateri so bili izmerjeni z GPS-RTK metodo in vezani na referenčno anteno Mestne občine Koper. Opazovana je bila trigonometrična mreža, razporejena po celotni Slovenski obali. Podatki so bili pridobljeni z uporabo GPS sprejemnikom Ashtech Z FX 8MB (12 kanalni, L1, L2, fazni).

### 6.2.1 Izračun transformacijskih parametrov in primerjava z obstoječo geodetsko mrežo – RTK metoda izmere

Pri izračunu transformacijskih parametrov smo uporabili koordinate na trigonometričnih točkah pridobljene z RTK metodo izmere. V izračun so bile zajete vse trigonometrične točke, tako da sem transformiral celotno območje in pridobil odstopanja na vseh trigonometričnih

točkah. V tabeli 6 so rezultati izračuna transformacijskih parametrov za obravnavano območje.

Preglednica 5: Transformacijski parametri – RTK metoda izmere, Slovenska obala

	<b>Transfor. Parametri</b>
<b>deltaX</b>	-450.528545
<b>deltaY</b>	-331.644862
<b>deltaZ</b>	-404.140390
<b>alfa</b>	0 00 10.857742
<b>beta</b>	0 00 03.036486
<b>gama</b>	- 0 00 15.118200
<b>merilo (ppm)</b>	-15.788413

Površina območja transformacije: 324.64 km<sup>2</sup>

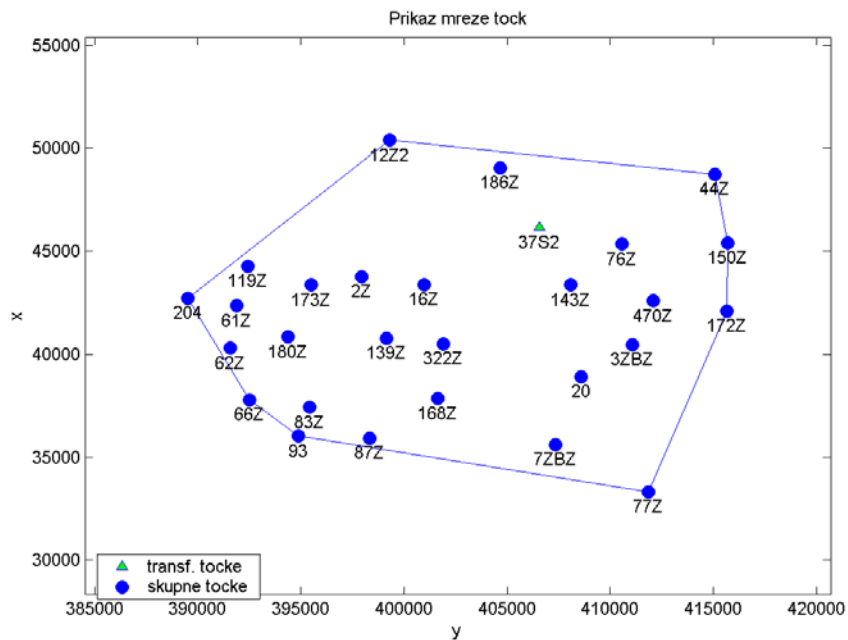
Preglednica 6: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri - RTK metoda izmere, Slovenska obala

	<b>dx(cm)</b>	<b>dy(cm)</b>	<b>dH(cm)</b>
<b>Min</b>	-14.06	-19.68	-40.76
<b>Max</b>	21.54	28.44	50.73
<b>Sr. V.</b>	0.01	-0.00	4.06
<b>Sr. V.(abs)</b>	5.64	5.95	10.68

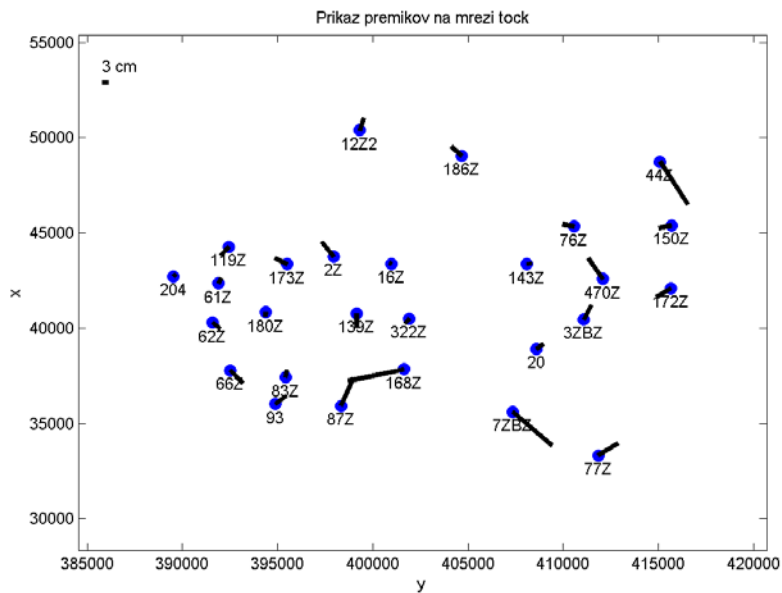
V preglednici 6 vidimo, da so največja odstopanja v koordinatah na skupnih točkah zajetih v izračun transformacijskih parametrov v x-smeri 21,54 cm, v y-smeri 28,44 cm in po višini 50,73 cm. Kot srednja vrednost odstopanj pa smo še vedno v dopustnih odstopanjih (6 cm), razen nekaterih trigonometričnih točk, na katerih je bila nestrokovno opravljena meritev ali pa je dani podatek napačen.

Na sliki 12 je prikazano območje trigonometričnih točk, zajetih v transformacijo.





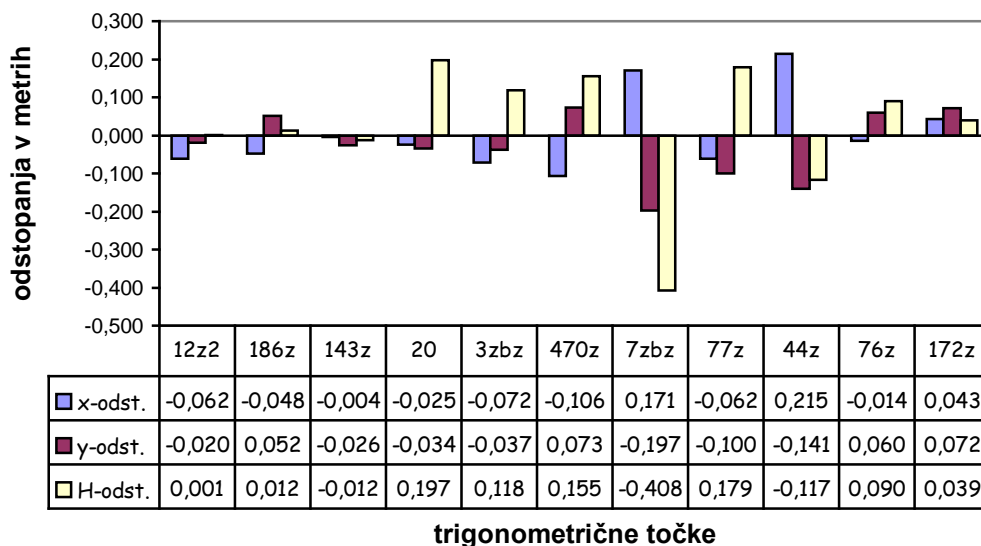
Slika 12: Prikaz trigonometričnih točk - RTK metoda izmere, Harphasea Koper (izhodna datoteka programa SiTra)



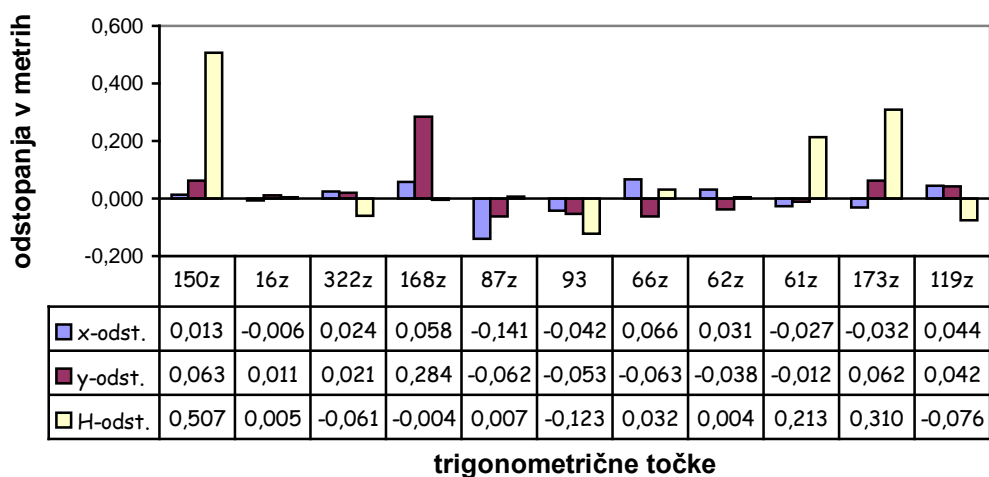
Slika 13: Prikaz premikov na mreži trigonometričnih točk - RTK metoda izmere, Harphasea Koper (izhodna datoteka programa SiTra)

Na osnovi slike 13 ugotavljamo, da imajo točke 87z, 168z, 7z bz in 44z največja horizontalna odstopanja, ostale so natančnejše (dopustno odstopanje 6 cm).

V grafikonu 6 je prikazano odstopanje po posameznih trigonometričnih točkah v smeri x, y in H.

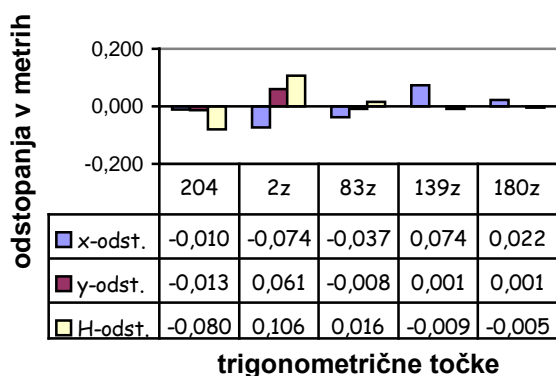


Grafikon 6: Prikaz odstopanj po posameznih trigonometričnih točkah - RTK metoda izmere, Harphasea Koper  
 nadaljevanje... se nadaljuje...



nadaljevanje...

se nadaljuje...



Na podlagi grafikona 6 in numeričnih izračunov lahko sklepamo naslednje:

- Po x-smeri največ odstopajo točke 12z2, 3zbz, 470z, 7zbz, 77z, 44z, 87z, 2z, 139z in 66z.
- Po y-smeri največ odstopajo točke 470z, 7zbz, 77z, 44z, 172z, 150z, 168z, 87z, 66z, 2z in 173z.

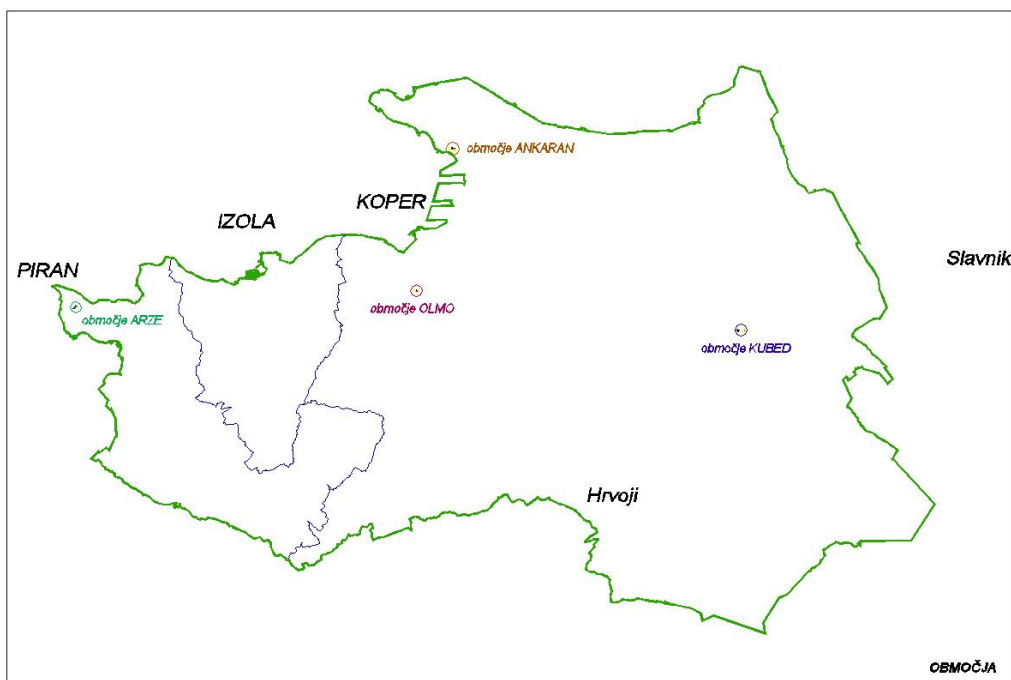
Pri višinah ugotavljamo, da imajo točke 20, 3zbz, 470z, 7zbz, 150z, 61z, 2z in 173z prevelika odstopanja, zato menim, da so obstoječi podatki ortometričnih višin napačno podani ali slabo izmerjeni v preteklosti.

Na podlagi dosedanjih izračunov ugotavljamo, da so bile meritve na točkah s statično metodo izmere najbolj natančne (GU Slovenija), manj so bile z hitro statično metodo izmere (GU Slovenija) in najmanj natančne meritve podjetja Harphesea - RTK metoda izmere. Vendar pri vseh glede na obravnavano območje in z uporabo različnih transformacijskih parametrov ugotavljamo, da so odstopanja v koordinatah točk v dopustnih mejah (6 cm). Obstajajo pa tudi velika odstopanja na določenih lokalnih območjih, kjer moramo izračunati lokalne transformacijske parametre, da zadovoljimo geodetsko natančnost (6 cm).

## 7. ANALIZA REZULTATOV TRANSFORMACIJ MED ETRS89 IN D48 NA IZBRANIH OBMOČJIH SLOVENSKE OBALE

### 7.1 Podatki izmerjeni na terenu – detajl (RTK – VRS metoda izmere)

Za diplomsko nalogo smo poleg znanih podatkov od GU Slovenije in podjetja Harphesea Koper izbrali še ostala štiri območja: Ankaran, Arze, Kubed in Olmo. Ta območja smo izbrali enakomerno po Slovenski obali, tako da smo ugotavljali dejanska odstopanja v koordinati točk na mikro lokacijah, ob uporabi različnih transformacijskih parametrov, izračunanih na podlagi koordinat točk pridobljenih z GPS metodo izmere. Vsa opazovanja sem izvajal z RTK – VRS metodo izmere s časovnim opazovanjem cca 20 sekund. Za opazovanja sem uporabil dvofrekvenčni GPS sprejemnik Thales navigation (ASCTECH) ZMax (12 kanalni, L1, L2, faza ter C/A in P(Y) koda, RTK). Proizvajalčeva horizontalna natančnost terenskih meritev je 1cm, višinska pa 2cm v RTK načinu. Antena ZMax je direktno vezana na sprejemnik.



Slika 14: Prikaz lokalnih območij na Slovenski obali

## 7.2 Območje Ankaran - Izračun transformacijskih parametrov in primerjava z obstoječo geodetsko mrežo

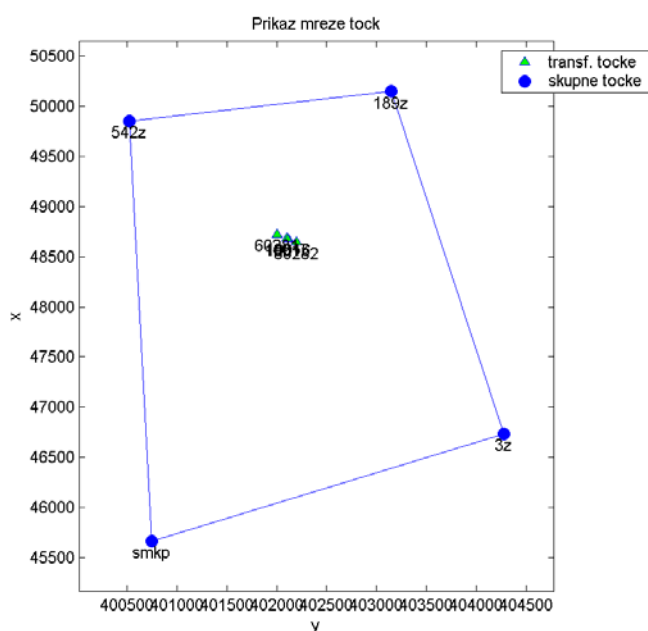
Na pregledni karti (sliki 15), je prikazano obravnavano območje v okolici Ankarana. Prikazani so položaji dveh poligonskih točk (60281 in 60282) in dveh detajlnih točk (10016 in 10017), izmerjeni robniki. Poligonske točke so stabilizirane z medeninastim čepom na pločniku v asfaltu (izmera mesta). Točke se nahajajo ob regionalni cesti Bertoki – Ankaran.



Slika 15: Prikaz poligonskih in detajlnih točk lokalnega območja Ankaran

### 7.2.1 Uporaba transformacijskih parametrov statične metode izmere GU Slovenije

Na sliki 22 so prikazane skupne trigonometrične točke 542z, 189z, 3z (IV. reda - stabilizirane z granitnim kamnom) in točka SMKP (medeninast čep) na pomolu v Kopru, za izračun transformacijskih parametrov ter transformirani poligonski točki (60281, 60282) in detajlni točki (10016, 10017). Primerjava je potekala med koordinatami danimi v D48 koordinatnim sistemom ter koordinatami pridobljene z transformacijo ob uporabi transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat (ETRS89) statična metode izmere in D48.



Slika 16: Prikaz mreže točk - statična metoda izmere, območje Ankaran (izhodna datoteka programa SiTra)

V preglednici 7 je prikazan rezultat izračuna transformacijskih parametrov.

Preglednica 7: Prikaz rezultata izračunanih transformacijskih parametrov - statična metoda izmere, območje Ankaran

	Transfor. Parametri
deltaX	-431.884767
deltaY	-104.626669
deltaZ	-358.946285
alfa	0 00 06.112168
beta	0 00 02.531736
gama	- 0 00 09.945328
merilo (ppm)	-21.781833

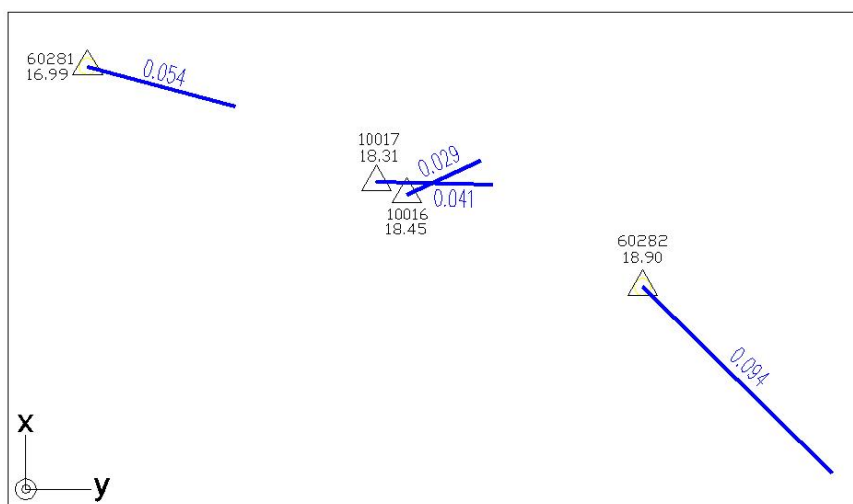
Območje zajema transformacije je 12,15 km<sup>2</sup>

Prikaz najmanjše in največje vrednosti odstopanj v koordinatah za obravnavano območje v skupnih točkah, zajetih v izračun transformacijskih parametrov:

Preglednica 8: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri - statična metoda izmere, območje Ankaran

	dx(cm)	dy(cm)	dH(cm)
<b>Min</b>	-2.93	-3.34	-3.26
<b>Max</b>	4.86	2.42	0.74
<b>Sr. V.</b>	-0.00	0.00	-1.08
<b>Sr. V.(abs)</b>	2.43	2.01	1.46

Iz preglednice 8 vidimo, da je največje relativno odstopanje v koordinatah skupnih točk pred transformacijo in po transformaciji v x-osi (4,86 cm), v y-osi (3,34 cm) in po višini (3,26 cm), kar pomeni, da so odstopanja pri uporabi lokalno izračunanih transformacijskih parametrov minimalna.

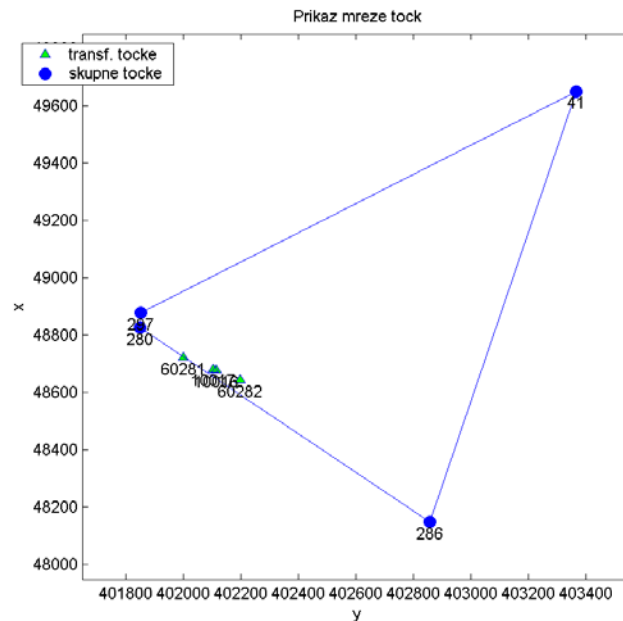


Slika 17: Prikaz horizontalnih odstopanj točk - statična metoda izmere, območje Ankaran

Iz slike 17 je razvidno, da poligonska točka 60282 najbolj odstopa (9,4 cm) z uporabo transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat pridobljenih z statično metodo izmere. Ostale točke so v dopustnih mejah (6 cm) in sicer točka 10016 odstopa 4,1 cm, točka 10017 odstopa 2,9 cm, ter točka 60281 odstopa 5,4 cm. Iz slike 23 je tudi razvidno, da je celotna obstoječa mreža sistematično zamaknjena v smeri med zahodom in severom, kar prikazujejo smeri vektorjev. Če pogledamo detajlni točki (10016 in 10017), opazimo da so natančnejše (manjše relativno odstopanje v koordinatah), kar pomeni, da je bila klasična geodetska izmera navezana na poligonsko točko 60281. Višinsko odstopanje je prikazano v poglavju (7.2.3).

## 7.2.2 Uporaba transformacijskih parametrov hitre statične metode izmere GU Slovenije

Na sliki 24 so prikazane skupne poligonske točke, zajete v izračun transformacijskih parametrov, to so 41, 286, 280 in 297, ter transformirane točke. Primerjava je potekala med koordinatami danimi v D48 koordinatnim sistemom ter koordinatami pridobljene z transformacijo ob uporabi transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat (ETRS89) hitre statične izmere in D48.



Slika 18: Prikaz mreže poligonskih in detajlnih točk - hitra statična metoda izmere, območje Ankaran (izhodna datoteka programa SiTra)

Transformirane so bile iste točke kot prej, in sicer 60281, 60282, 10016 in 10017.

V preglednici 9 je prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov.

Preglednica 9: Prikaz rezultata izračunanih transformacijskih parametrov - hitra statična metoda izmere, območje Ankaran

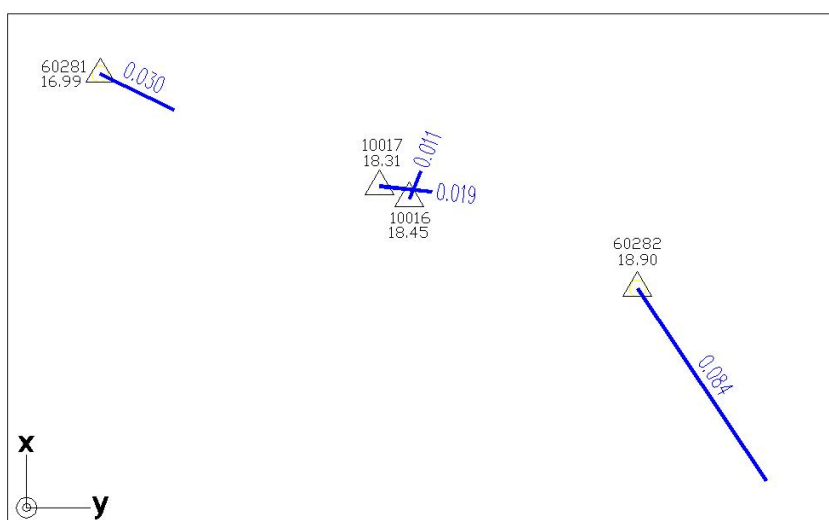
	<b>Transfor. Parametri</b>
<b>deltaX</b>	-549.486552
<b>deltaY</b>	-133.227060
<b>deltaZ</b>	-481.889042
<b>alfa</b>	0 00 07.657870
<b>beta</b>	0 00 02.916329
<b>gama</b>	- 0 00 08.322591
<b>merilo (ppm)</b>	5.312908

Površina območja transformacije: 0,97 km<sup>2</sup>

Preglednica 10: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri - hitra statična metoda izmere, območje Ankaran

	<b>dx(cm)</b>	<b>dy(cm)</b>	<b>dH(cm)</b>
<b>Min</b>	-5.39	-3.04	-1.66
<b>Max</b>	5.88	4.80	0.72
<b>Sr. V.</b>	-0.00	-0.00	-0.59
<b>Sr. V.(abs)</b>	2.97	2.40	0.95

Iz preglednice 10 je razvidno, da največje relativno odstopanje v koordinatah skupnih točk pred transformacijo in po transformaciji v x-osi (5,88 cm), v y-osi (4,80 cm) in po višini (31,66 cm), kar pomeni, da so odstopanja pri uporabi lokalno izračunanih transformacijskih parametrov minimalna.



Slika 19: Prikaz horizontalnih odstopanj poligonskih in detajlnih točk - hitra statična metoda izmere, območje Ankaran

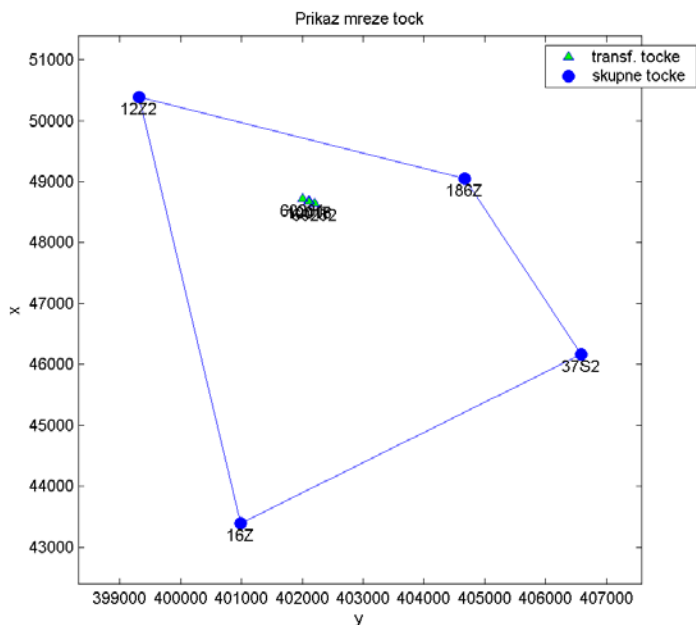
Iz slike 19 je razvidno, da poligonska točka 60282 še vedno najbolj odstopa (8,4 cm) z uporabo transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat pridobljenih z hitro statično metodo izmere. Ostale točke so v dopustnih mejah (6 cm) in z manjšo relativno razliko v koordinatah izračunanih na podlagi transformacijskih parametrov statične metode izmere. Tukaj tudi vidimo, da je celotna obstoječa mreža sistematično zamaknjena v smeri med zahodom in severom, kar prikazuje smeri vektorjev. Če pogledamo detajlne točke 10016 in 10017, odstopata 1,1 cm oziroma 1,9 cm, kar pomeni, da je bila klasična geodetska izmera navezana na poligonsko točko 60281 (odstopa 3,0 cm). Višinsko odstopanje je prikazano v poglavju (7.2.3).

### 7.2.3 Uporaba transformacijskih parametrov RTK metode izmere Harphasea Koper

Za izračun transformacijskih parametrov smo uporabili koordinate skupnih trigonometričnih točk : 12z2, 186z, 37s2 in 16z, določene z RTK metodo izmere. Transformirale so se iste točke kot prej 60281, 60282, 10016 in 10017. Primerjava pa je potekala med koordinatami danimi v D48 koordinatnim sistemom ter koordinatami pridobljene z transformacijo ob



uporabi transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat (ETRS89) RTK metode izmere in D48.



Slika 20: Prikaz mreže točk - RTK metoda izmere, območje Ankaran (izhodna datoteka programa SiTra)

V preglednici 11 je prikazan rezultat izračuna transformacijskih parametrov iz skupnih trigonometričnih točk 12z2, 186z, 37s2 in 16z. Zajeto območje obsega površino 28,35 km<sup>2</sup>.

Preglednica 11: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - RTK metoda izmere, območje Ankaran

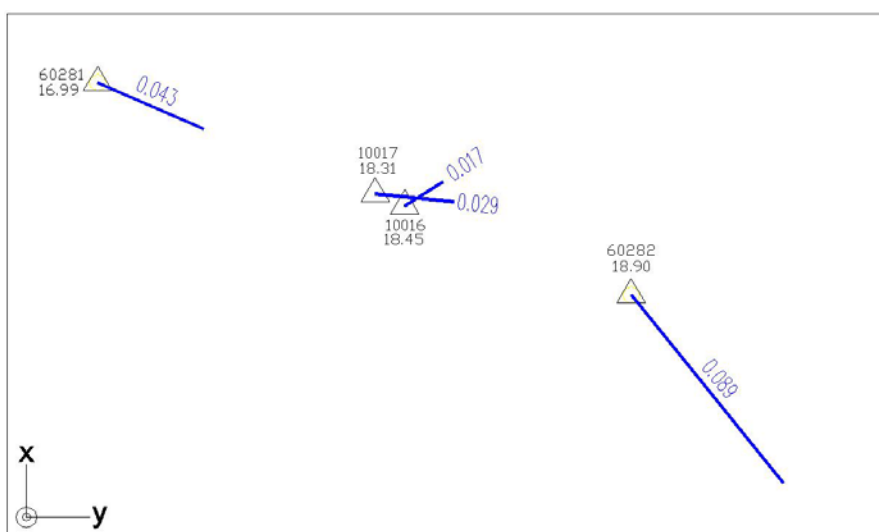
	<b>Transfor. Parametri</b>
<b>deltaX</b>	-458.121712
<b>deltaY</b>	-111.170827
<b>deltaZ</b>	-386.284533
<b>alfa</b>	0 00 05.446360
<b>beta</b>	0 00 02.367251
<b>gama</b>	- 0 00 10.645481
<b>merilo (ppm)</b>	-15.742819

Preglednica 12: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri - RTK metoda izmere, območje Ankaran

	<b>dx(cm)</b>	<b>dy(cm)</b>	<b>dH(cm)</b>
--	---------------	---------------	---------------

<b>Min</b>	-1.90	-4.93	-221.64
<b>Max</b>	3.25	8.19	1.19
<b>Sr. V.</b>	0.00	0.00	-54.97
<b>Sr. V.(abs)</b>	1.62	4.09	55.85

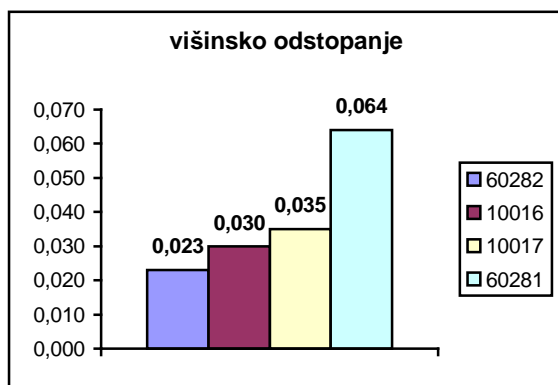
V preglednici 12 vidimo, da je največje koordinatno odstopanje na skupnih točkah v x-smeri (3,25 cm), v y-smeri (8,19 cm) in po višini (221,64 cm). Po višini pride do velikega odstopanja verjetno, zaradi napačne dane ortometrične višine točke 37s2, zato višino te točke zanemarimo in upoštevamo ortometrično višino izračunano na osnovi interpolacije geoida Slovenije in elipsoidne višine pridobljene z GPS metodo izmere .



Slika 21: Prikaz horizontalnih odstopanj - točk RTK metoda izmere, območje Ankaran

Iz slike 21 ja razvidno, da poligonska točka 60282 še vedno relativno najbolj odstopa v koordinati (8,9 cm) z uporabo transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat pridobljenih z RTK metodo izmere. Ostale točke so v dopustnih mejah (6 cm) in z manjšo relativno razliko v koordinatah izračunanih na podlagi transformacijskih parametrov statične metode izmere. Tukaj tudi vidimo, da je celotna obstoječa mreža sistematično zamaknjena v smeri med zahodom in severom. Detajlni točki 10016 in 10017, pa odstopata 1,7 cm oziroma 2,9 cm, kar pomeni, da je bila klasična geodetska izmera navezana na poligonsko točko 60281 (odstopa 4,3 cm).

V grafikonu 7 so prikazana relativna odstopanja danih ortometričnih višin transformiranih točk in višina izračunana na podlagi meritev elipsoidnih višin in interpolaciji geoida Slovenije na transformiranih točkah.



Grafikon 7: Prikaz odstopanj višin po posameznih točkah, območje Ankaran

Iz grafikona 7 sklepamo, da transformirane točke (10016, 10017 in 60281) ustrezajo danim ortometričnim višinam. Razen poligonska točka 60281 ima večje odstopanje (6,4 cm), kar pomeni da je dana ortometrična višina napačno podana ali slabo izvedena interpolacija geoida Slovenije v okolici poligonske točke 60281 oziroma se je točka premaknila.

### 7.3 Območje Arze - Izračun transformacijskih parametrov in primerjava z obstoječo geodetsko mrežo

Na pregledni karti (slika 28) je prikazana poligonska točka (60789) in detajlne točke (10002, 10003 in 10005). Poligonska točka (60789) je bila stabilizirana z betonskim kamnom in luknjico na sredini, ostale detajlne točke so jaški gospodarske javne infrastrukture. Terenske meritve smo izvajali z GPS sprejemnikom Thales-ZMax, ter uporabili RTK-VRS metodo izmere. V času terenskih meritev je bilo obzorje nad točkami odprto, tako da smo sprejemali signal 7-8 satelitov, poleg tega je telefonska povezave s centrom GPS službe potekala brez prekinitev.

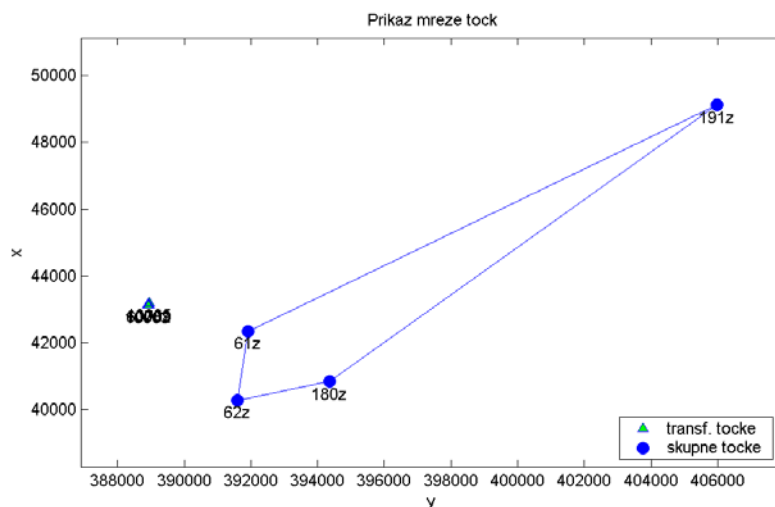


Slika 22: Prikaz točk lokalnega območja Arze

### 7.3.1 Uporaba transformacijskih parametrov statične metode izmere GU Slovenije

Tukaj smo za izračun transformacijskih parametrov uporabili koordinate točke pridobljenih z statično metodo izmere, in sicer trigonometrične točke 61z, 62z, 180z in 191z. Točke detajla 10002, 10003, 10005 in poligonska točka 60789 so se pa transformirale z transformacijskimi parametri izračunani iz koordinat točk statičnih meritev. Primerjava je potekala med koordinatami danimi v D48 koordinatnim sistemom ter koordinatami pridobljene z transformacijo ob uporabi transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat (ETRS89) statične metode izmere in D48.

Glede na sliko 23 je šlo za ekstrapolacijo, ker se transformirane točke nahajajo zunaj mreže skupnih točk. Na tem delu območja nismo imeli opazovanih skupnih trigonometričnih točk z statično metodo izmere, tako da bi se transformirane točke nahajale znotraj oboda mreže.



Slika 23: Prikaz mreže trigonometričnih, poligonskih in detajlnih točk - statična metoda izmere, območje Arze (izhodna datoteka programa SiTra)

V preglednici 13 so rezultati izračunanih transformacijskih parametrov. Območje je obsegalo 21,68 km<sup>2</sup>.

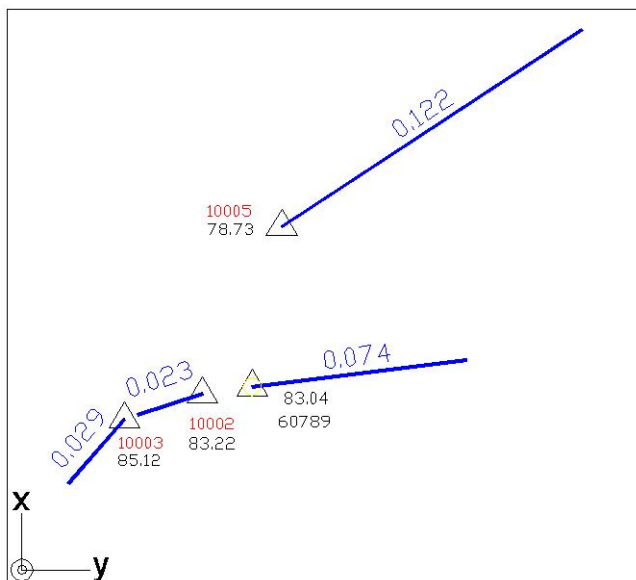
Preglednica 13: Prikaz rezultata izračunanih transformacijskih parametrov - statična metoda izmere, območje Arze

	<b>Transfor. Parametri</b>
<b>deltaX</b>	-483.840232
<b>deltaY</b>	-116.728268
<b>deltaZ</b>	-413.150215
<b>alfa</b>	0 00 06.476397
<b>beta</b>	0 00 02.624123
<b>gama</b>	- 0 00 09.539237
<b>merilo (ppm)</b>	-9.838089

Preglednica 14: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri - statična metoda izmere, območje Arze

	<b>dx(cm)</b>	<b>dy(cm)</b>	<b>dH(cm)</b>
<b>Min</b>	-4.15	-0.84	-1.81
<b>Max</b>	3.39	0.70	13.81
<b>Sr. V.</b>	0.00	-0.00	3.48
<b>Sr. V.(abs)</b>	2.12	0.68	4.87

V preglednici 14 je razvidno, da je največje relativno odstopanje koordinat v x-smeri 4,15 cm, v y-smeri 0,84 cm in višini 13,81 cm na skupnih trigonometričnih točkah zajetih za izračun transformacijskih parametrov.



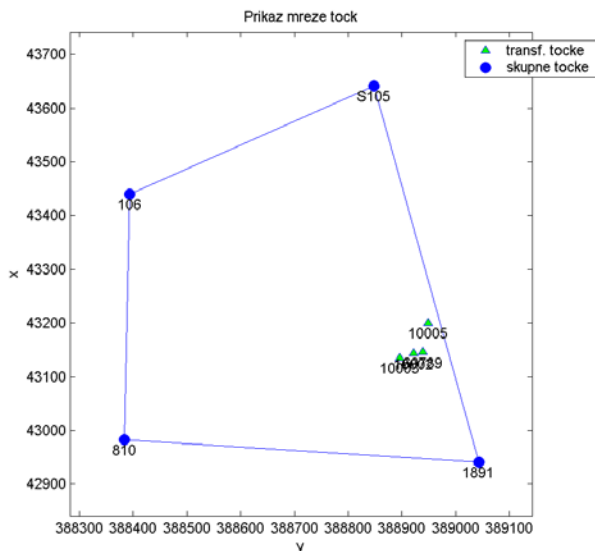
Slika 24: Prikaz horizontalnih odstopanj poligonskih in detajlnih točk - statična metoda izmere, območje Arze

Iz slike 24 sklepamo, da največ odstopata v koordinati detajlna točka 10005 (12,2 cm) in poligonska točka 60789 (7,4 cm), kateri sta izven dopustnih odstopanj (6 cm). Ostale transformirane točke (10002 in 10003) so natančnejše, ob uporabi izračunanih transformacijskih parametrov. Na sliki 30 vidimo tudi, da transformirane točke niso sistematično zamaknjene v isti smeri, točki detajla (10002 in 10003) sta zamaknjeni proti severu-vzhodu, točki 60789 in 10005 pa proti jugo-zahodu. Za izboljšavo natančnosti odstopanj koordinat točki 60789 in 10005, moramo izračunati nove transformacijske parametre, kjer je zajeta kot skupna točka tudi poligonska točka 60789. Sklepamo lahko, da bi bila odstopanja v koordinati točk 60789 in 10005 manjša ob uporabi lokalnih transformacijskih parametrov, pomembno predvsem pri prenosu zemljiško katastrskih točk v naravo.

### 7.3.2 Uporaba transformacijskih parametrov hitre statične metode izmere GU Slovenije

Za izračun transformacijskih parametrov smo uporabili koordinate trigonometričnih in poligonskih točk določene z hitro statično metodo izmere, ki so 106, 810, 1891 in s105. Transformirale so se iste poligonske in detajlne točke kot prej: 10002, 10003, 10005 in 60789. Primerjava je potekala med koordinatami danimi v D48 koordinatnem sistemu ter koordinatami pridobljene z transformacijo ob uporabi transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat (ETRS89) hitre statične metode izmere in D48.

Na sliki 25 vidimo da so transformirane poligonske in detajlne točke znotraj oboda skupnih točk zajete v izračun transformacijskih parametrov.



Slika 25: Prikaz mreže trigonometričnih, poligonskih in detajlnih točk - hitra statična metoda izmere, območje Arze (izhodna datoteka programa SiTra)

V preglednici 15 je prikazan rezultat izračunanih transformacijskih parametrov, katerih površina je zajemala 0,33 km<sup>2</sup>.

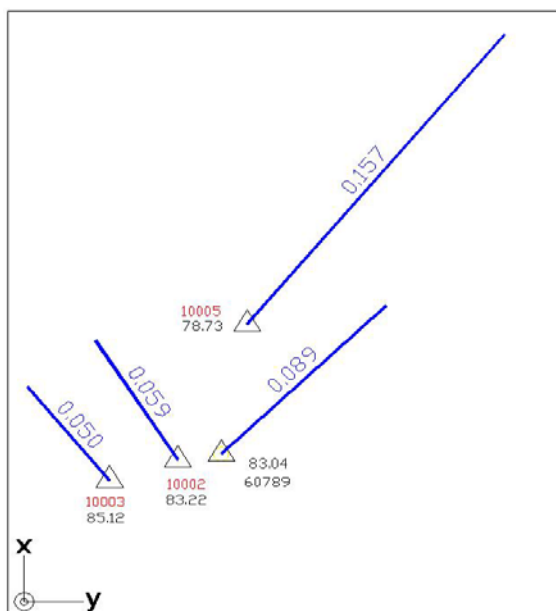
Preglednica 15: Prikaz rezultata izračunanih transformacijskih parametrov - hitra statična metoda izmere, območje Arze

	<b>Transfor. Parametri</b>
<b>deltaX</b>	-676.347903
<b>deltaY</b>	-158.047610
<b>deltaZ</b>	-611.411228
<b>alfa</b>	0 00 33.655148
<b>beta</b>	0 00 09.170675
<b>gama</b>	0 00 18.973736
<b>merilo (ppm)</b>	34.037820

Preglednica 16: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri - hitra statična metoda izmere, območje Arze

	<b>dx(cm)</b>	<b>dy(cm)</b>	<b>dH(cm)</b>
<b>Min</b>	-5.82	-6.27	-2.09
<b>Max</b>	6.70	6.02	-1.46
<b>Sr. V.</b>	0.01	-0.00	-1.65
<b>Sr. V.(abs)</b>	5.09	4.71	1.65

Iz preglednice 16 vidimo, da so maksimalna in minimalna relativna odstopanja v koordinatah skupnih točkah zajetih v izračun transformacijskih parametrov zunaj dopustnih mej (6 cm). Skupne točke odstopajo v x-smeri največ 6,70 cm, v y-smeri 6,27 cm in po višini so dokaj natančne 2,09 cm.



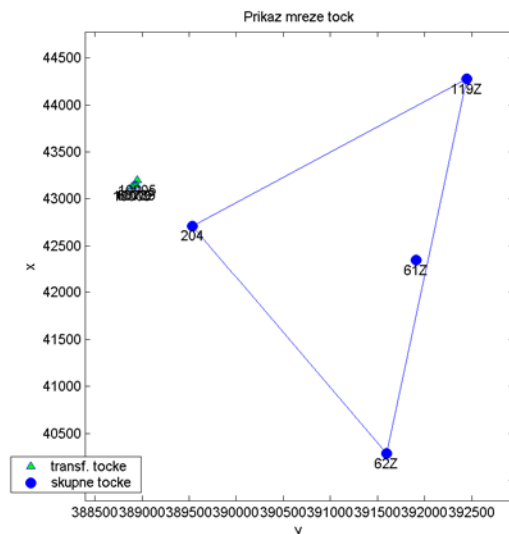
Slika 26: Prikaz horizontalnih odstopanj poligonskih in detajlnih točk - hitra statična metoda izmere, območje Arze

Kot pri uporabi transformacijskih parametrov izračunanih iz statičnih meritev, tudi tukaj ugotavljamo, da največ odstopa točka detajla 10005 (15,7 cm) in poligonska točka 60789 (8,9 cm). Odstopanja v koordinati točk, izračunana s transformacijskimi parametri hitre statične metode, so podobna, vendar so se smeri vektorjev spremenile. Pri uporabi transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat pridobljenih z hitro statično metodo izmere, vidimo da sta točki detajla (10002 in 10003) zamaknjeni proti jugo-vzhodu, točki 60789 in 10005 pa proti jugo-zahodu.

### 7.3.3 Uporaba transformacijskih parametrov RTK metode izmere Harphasea Koper

Za izračun transformacijskih parametrov smo uporabili koordinate trigonometričnih točk izmerjene z RTK metodo izmere. Skupne trigonometrične točke zajete v izračun transformacijskih parametrov so 204, 119z, 61z in 62z, transformirane točke pa so 10002, 10003, 10005 in 60789. Tukaj gre tudi za ekstrapolacijo, ker se transformirane točke nahajajo zunaj mreže skupnih točk zajete v transformacijo.





Slika 27: Prikaz mreže točk - RTK metoda izmere, območje Arze (izhodna datoteka programa SiTra)

V preglednici 17 so prikazani rezultati izračunanih transformacijskih parametrov. Površina območja transformacije je obsegala 5,15 km<sup>2</sup>.

Preglednica 17: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - RTK metoda izmere, območje Arze

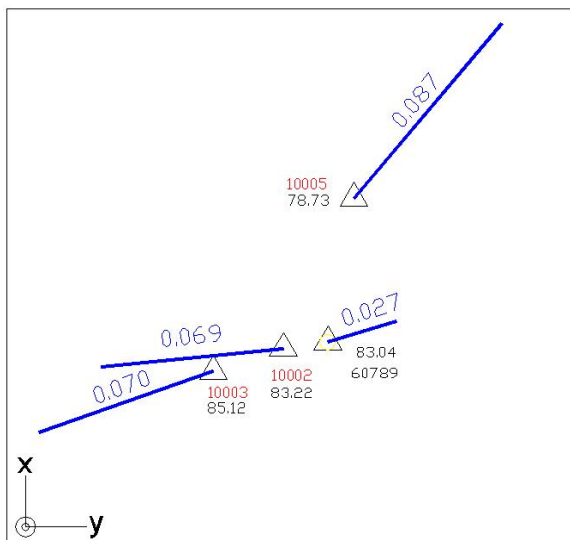
	<b>Transfor. Parametri</b>
<b>deltaX</b>	-512.750432
<b>deltaY</b>	-123.019154
<b>deltaZ</b>	-442.171685
<b>alfa</b>	0 00 06.911921
<b>beta</b>	0 00 02.708113
<b>gama</b>	- 0 00 09.057900
<b>merilo (ppm)</b>	-3.330812

Preglednica 18: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri - RTK metoda izmere, območje Arze

	<b>dx(cm)</b>	<b>dy(cm)</b>	<b>dH(cm)</b>
<b>Min</b>	-3.54	-1.93	-0.95
<b>Max</b>	3.50	2.66	21.32
<b>Sr. V.</b>	0.01	-0.00	5.28
<b>Sr. V.(abs)</b>	3.37	1.33	5.75

Iz preglednice 18 je razvidno, da ortometrična višina odstopa veliko, glede na dani podatek skupne trigonometrične točke 61z (21,32 cm), zajete v izračun transformacijskih parametrov.

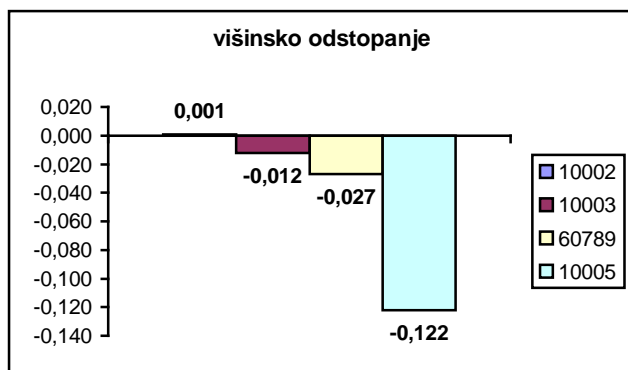
Menim, da je obstoječi podatek skupne trigonometrične točke 61z napačno podan ali pa je nastala napaka zaradi nestrokovno opravljenega terenskega dela, oziroma slabe interpolacije geoida Slovenije na omenjeni točki. Minimalna in maksimalna relativna odstopanja koordinat skupnih točk so v x-smeri največ 3,54 cm, v y-smeri pa 2,66 cm inv višini 21,32 cm.



Slika 28: Prikaz horizontalnih odstopanj točk - RTK metoda izmere, območje Arze

Iz slike 28 vidimo, da je le poligonska točka 60789 v dopustnih odstopanjih (6 cm), ob uporabi transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat skupnih točk RTK metode izmere. Detajlne točke 1002, 10003 in 10005 relativno odstopajo v koordinati več od dopustnega, zato bi bilo potrebno za doseganje večje relativne natančnosti izračunati lokalne transformacijske parametre. Poligonska točka 60789 odstopa le 2,7 cm, kar pomeni da izračunani transformacijski parametri, lahko uporabimo pri prenosu zemljiško katastrskih točk. Zemljiško katastrske točke na tem območju so pa bile določene iz poligonske točke 60789.

V grafikonu 8 so prikazana višinska odstopanja detajlnih točk 10002, 10003, 10005 in poligonske točke 60789.

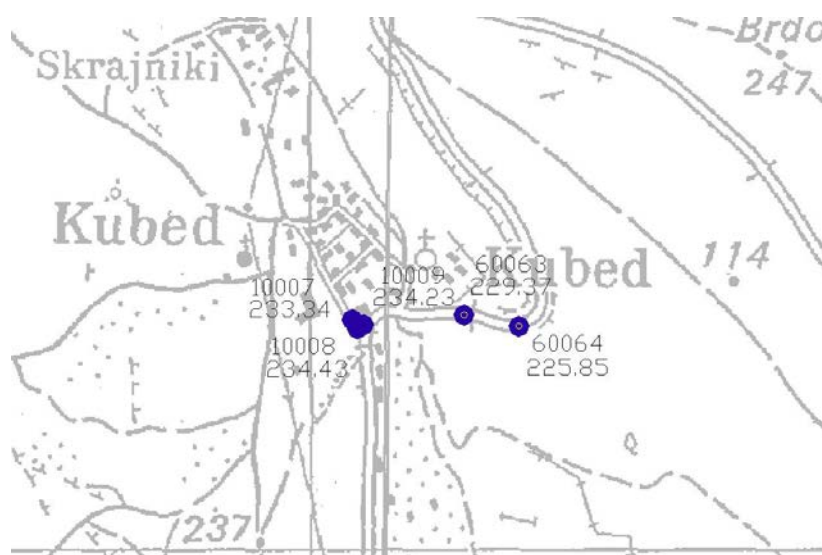


Grafikon 11: Prikaz odstopanj višin po posameznih točkah, območje Arze

Iz grafikona 8 je razvidno, da ima največje višinsko odstopanje detajlna točka 10005 (-12,2 cm), kar pomeni, da je bila pri klasičnih meritvah iz poligonske točke 60789 nenatančno izmerjena (niso bili odstranjeni različni pogreški). Večina med transformiranimi točkami je imela dano ortometrično višino nižjo, vendar z veliko relativno natančnostjo (0,1 cm-2,7 cm). Višine transformiranih točk izmerjene z GPS meritvami so bile določene z interpolacijo geoida Slovenije in elipsoidne višine.

#### 7.4 Območje Kubed - Izračun transformacijskih parametrov in primerjava z obstoječo geodetsko mrežo

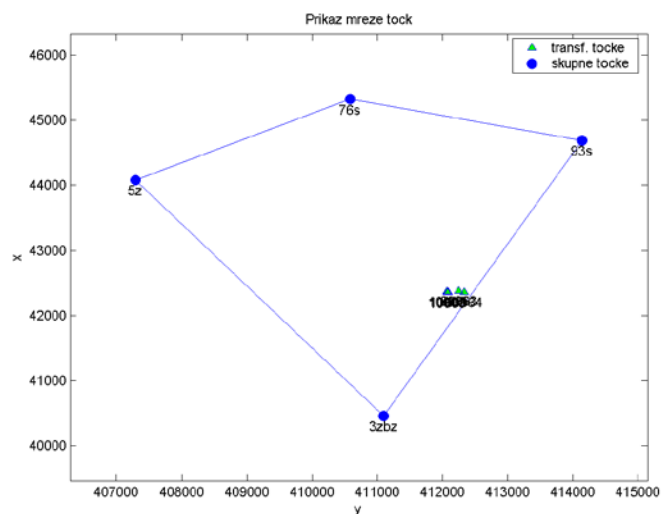
Na pregledni karti (slika 29) so prikazane točke zajete v transformacijo. Imamo dve poligonski točki (60063 in 60064) stabilizirani z betonskim kamnom in luknjico na sredini, ter detajlne točke (10007, 10008 in 10009), na terenu karakteristične točke (robnik). Koordinate poligonskih točk 60063 in 60064 smo pridobili na GU Slovenije. Terenske meritve pa smo izvajali z GPS sprejemnikom Thales-ZMax, ter uporabili RTK-VRS metodo izmere.



Slika 29: Prikaz poligonskih in detajlnih točk lokalnega območja Kubed

##### 7.4.1 Uporaba transformacijskih parametrov statične metode izmere GU Slovenije

Za izračun transformacijskih parametrov sem uporabil koordinate trigonometričnih točkah 5z, 76s, 93s in 3zbx v obeh koordinatnih sistemih (ETRS89 in D48). Naloga je bila transformacija detajlnih točk 10007, 10008, 10009, ter poligonski točki 60064 in 60063.



Slika 30: Prikaz mreže točk - statična metoda izmere, območje Kubed (izhodna datoteka programa SiTra)

Površina območja transformacije je obsegalo 16,84 km<sup>2</sup>.

Preglednica 19: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - statična metoda izmere, območje Kubed

	<b>Transfor. Parametri</b>
<b>deltaX</b>	-508.641526
<b>deltaY</b>	-124.436370
<b>deltaZ</b>	-438.613597
<b>alfa</b>	0 00 06.404848
<b>beta</b>	0 00 02.590458
<b>gama</b>	- 0 00 09.688557
<b>merilo (ppm)</b>	-4.131825

Preglednica 20: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri - statična metoda izmere, območje Kubed

	<b>dx(cm)</b>	<b>dy(cm)</b>	<b>dH(cm)</b>
<b>Min</b>	-2.02	-2.77	-6.32
<b>Max</b>	2.90	6.44	11.14
<b>Sr. V.</b>	0.00	0.00	4.52
<b>Sr. V.(abs)</b>	1.53	3.22	7.68

Kot vidimo iz preglednice 20, je maksimalno višinsko odstopanje 11,14 cm v skupnih točkah zajetih v izračunu transformacijskih parametrov. To napako lahko iščemo v dobljenem podatku trigonometrične točke 3zbz ali nestrokovnem opravljenem delu na točki 3zbz.

Maksimalna odstopanja koordinat skupnih točk v x-smeri (2,9 cm) so v dopustnih mejah (6 cm), v y-smeri (6,44 cm) je zunaj dopustnega (6 cm). Izračunani transformacijski parametri na skupnih točkah so uporabni za praktične geodetske meritve.

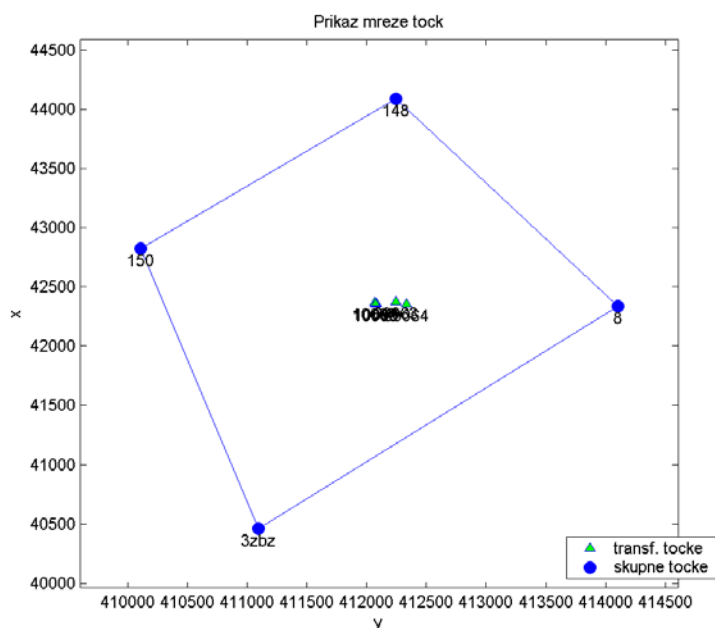


Slika 31: Prikaz horizontalnih odstopanj točk - statična metoda izmere, območje Kubed

V sliki 31 opazimo posebnost, ki je prej nismo zasledili, in sicer veliko relativno odstopanje koordinat opazovanih točk v končnem datumu (D48), ter istih točk po transformaciji z izračunanimi transformacijskimi parametri na podlagi koordinat dobljenih z statično metodo izmere. Iz tega sklepamo, da je bil poligon kateri je potekal iz naselja Rižana do naselja Kubed v preteklosti slabo izmerjen. Iz slike 37 vidimo tudi, da detajlne točke 10007, 10008 in 10009 odstopajo (45,7 cm), več kot poligonski točki 60063 in 60064 (32,9 cm - 37,3 cm). Menimo da detajlne točke odstopajo več, ker so bile verjetno nenatančno izmerjene z klasično geodetsko metodo. Izhodišče klasičnih geodetskih terenskih meritev detajlnih točk 10007, 10008 in 10009 je bilo v poligonski točki 60063 in 60064. Vse dane transformirane točke so premaknjena jugo-zahodno, ob uporabi transformacijskih parametrov izračunanih iz statične metode izmere.

#### 7.4.2 Uporaba transformacijskih parametrov hitre statične metode izmere GU Slovenije

Tukaj smo za izračun transformacijskih parametrov uporabili koordinate skupnih trigonometričnih in poligonskih točk določene z hitro statično metodo izmere, katere so: 150, 148, 8 in 3zbz. Transformiral sem iste detajlne točke kot prej, in sicer: 10007, 10008, 10009, 60064 in 60063.



Slika 32: Prikaz mreže točk - hitra statična metoda izmere, območje Kubed (izhodna datoteka programa SiTra)

V preglednici 21 so prikazani rezultati izračuna transformacijskih parametrov, izračunani na osnovi skupnih točk.

Preglednica 21: Prikaz rezultatov izračuna transformacijskih parametrov - hitra statična metoda izmere, območje Kubed

	<b>Transfor. Parametri</b>
<b>deltaX</b>	-542.060880
<b>deltaY</b>	-133.133373
<b>deltaZ</b>	-473.380475
<b>alfa</b>	0 00 04.733798
<b>beta</b>	0 00 02.174852
<b>gama</b>	- 0 00 11.449596
<b>merilo (ppm)</b>	3.563789

Površina območja transformacije: 7,54 km<sup>2</sup>

Preglednica 22: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri - hitra statična metoda izmere, območje Kubed

	<b>dx(cm)</b>	<b>dy(cm)</b>	<b>dH(cm)</b>
<b>Min</b>	-4.80	-3.23	5.31
<b>Max</b>	6.63	5.32	11.14
<b>Sr. V.</b>	0.01	-0.00	7.85
<b>Sr. V.(abs)</b>	3.48	2.66	7.85

Kot vidimo tudi tukaj iz preglednice 22, je maksimalno višinsko odstopanje 11,14 cm v skupnih točkah zajetih v izračunu transformacijskih parametrov. To napako lahko iščemo v dani ortometrični višini točke 3zbz ali nestrokovnem opravljenem delu na trigonometrični točki 3zbz. Največje relativno odstopanje v koordinatah skupnih točk zajetih v transformacijo je v x-smeri 6,63 cm, v y-smeri 5,32 cm.

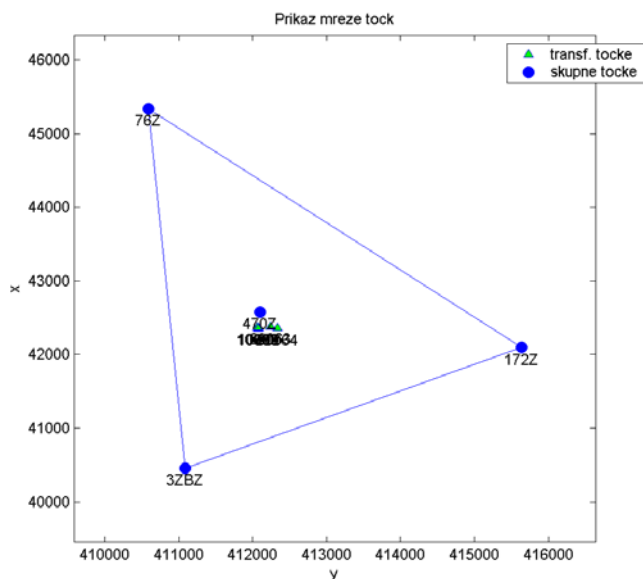


Slika 33: Prikaz horizontalnih odstopanj točk - hitra statična metoda izmere, območje Kubed

V sliki 33 nam smeri in dolžine vektorjev na poligonskih (60063 in 60064) in detajlnih točkah (10007, 10008 in 10009) prikažejo podobna odstopanja, kot na sliki 31. Razlike dolžine vektorjev izračunanih po transformaciji z uporabo koordinat statične metode izmere in hitro statične metode izmere so relativno majhne do 2 cm. Tukaj tudi sklepamo da je bil poligonski vlak nenatančno izmerjen in izravnal.

#### 7.4.3 Uporaba transformacijskih parametrov RTK metode izmere Harphasea Koper

Tukaj smo za izračun transformacijskih parametrov uporabili koordinate skupnih trigonometričnih točk v obeh koordinatnih sistemih (ETRS89 in D48) 76z, 172z, 3zbz in 470z. Transformiral sem detajlne točke 10007, 10008, 10009 in poligonski točki 60064 in 60063.



Slika 34: Prikaz mreže točk - RTK metoda izmere, območje Kubed (izhodna datoteka programa SiTra)

V preglednici 23 je prikazan rezultat izračuna transformacijskih parametrov. Površina območja transformacije je obsegala 1,49 km<sup>2</sup>.

Preglednica 23: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - RTK metoda izmere, območje Kubed

	<b>Transfor. Parametri</b>
<b>deltaX</b>	-532.147836
<b>deltaY</b>	-130.629983
<b>deltaZ</b>	-463.079945
<b>alfa</b>	0 00 05.369014
<b>beta</b>	0 00 02.331000
<b>gama</b>	- 0 00 10.787765
<b>merilo (ppm)</b>	1.284478

Preglednica 24: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri - RTK metoda izmere, območje Kubed

	<b>dx(cm)</b>	<b>dy(cm)</b>	<b>dH(cm)</b>
<b>Min</b>	-6.70	-7.11	2.52
<b>Max</b>	7.29	4.03	11.76
<b>Sr. V.</b>	0.01	0.00	6.80
<b>Sr. V.(abs)</b>	3.79	3.58	6.80



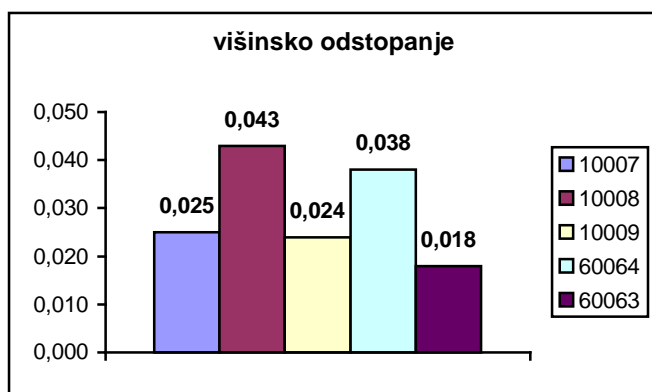
Iz preglednice 24 opazimo, da je največje relativno odstopanje v koordinatah na skupnih točkah zajetih v izračun transformacijskih parametrov v x-smeri 7,29 cm, v y-smeri 7,11 cm, višina pa odstopa kot prej na isti trigonometrični točki 3z bz. Ostale so primerne natančnosti.



Slika 35: Prikaz horizontalnih odstopanj točk - RTK metoda izmere, območje Kubed

Tudi na slika 35 vidimo, da so smeri in dolžine vektorjev na poligonskih točkah (60063 in 60064) in detajlnih točkah (10007, 10008 in 10009) podobna odstopanja, kot prikazujeta sliki 37 in 39. Razlike dolžine vektorjev izračunanih po transformaciji z uporabo koordinat statične in hitro statične metode izmere, ter RTK metode izmere so tudi relativno majhne do 2 cm. Dane transformirane poligonske in detajlne točke so zamaknjene proti jugozahodu. Tukaj tudi sklepamo da je bil poligonski vlak nenatančno izmerjen in izravnani.

V grafikonu 9 so prikazana višinska odstopanja detajlnih točk 10007, 10008, 10009 in poligonski točki 60064 in 60063.

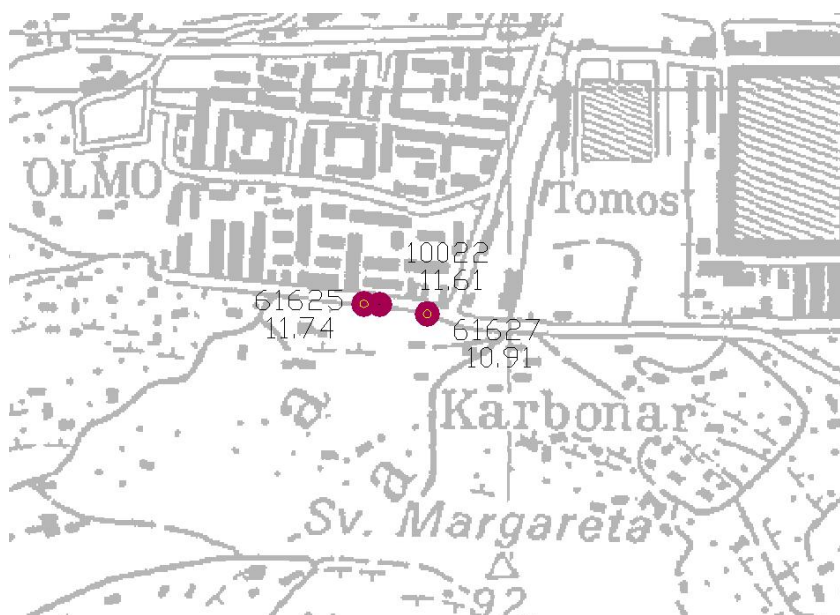


Grafikon 9: Prikaz odstopanj višin po posameznih točkah območje Kubed

Iz grafikona 9 vidimo, da so bile vse transformirane točke glede določitve na osnovi interpolacije geoida Slovenije in izmerjene elipsoidne višine zelo natančno določene, ker so odstopanja minimalna (1,8 cm – 4,3 cm). Pri izračunu poligonskega vlaka v preteklosti, so verjetno bile vse točke natančno višinsko izmerjene. Grafikon 12 nam prikaže tudi, da so vse višine točk določene z interpolacijo geoida Slovenije relativno nižje, glede na dano ortometrično višino.

## 7.5 Območje Olmo - Izračun transformacijskih parametrov in primerjava z obstoječo geodetsko mrežo

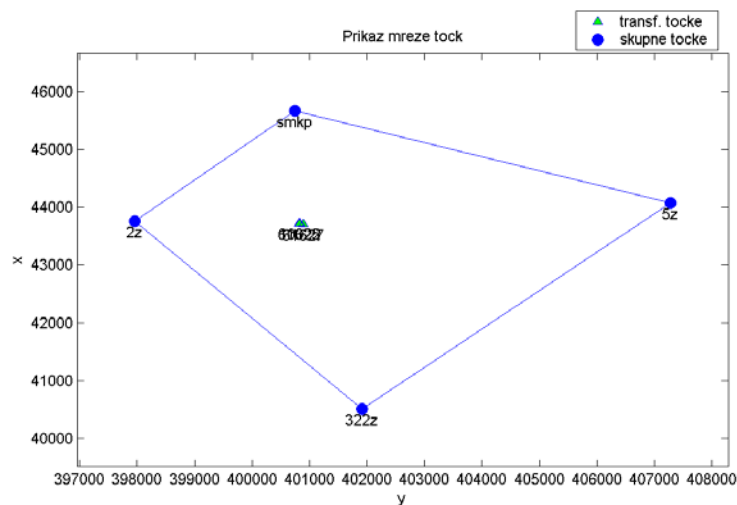
Na pregledni karti (slika 36) sta prikazani poligonski točki (61625 in 61627) in detajlna točka (10022). Poligonski točki sta stabilizirani z jeklenim klinom, detajlna točka je karakteristična točka na robniku. Vse omenjene točke smo transformirali z različnim transformacijskimi parametri in dobili koordinate ter jih primerjali z danimi koordinatami. Terenske GPS meritve so potekale v dobrih pogojih, obzorje nad točkami je bilo odprto ter v času meritev smo sprejemali signale 7-8 satelitov. Meritve smo izvajali z RTK-VRS metodo izmere, zato je bila potrebna nemotena telefonska povezava z centrom GPS službe v Ljubljani .



Slika 36: Prikaz točk lokalnega območja Olmo

### 7.5.1 Uporaba transformacijskih parametrov statične metode izmere GU Slovenije

Za izračun transformacijski parametrov smo uporabili koordinate točk pridobljenih z statično metodo izmere in koordinate v D48 koordinatnem sistemu, in sicer za trigonometrične točke 2z, smkp, 5z in 322z. Transformirala se bo detajlna točka 10022 in poligonski točki 61625 in 61627. Primerjava je praktično potekala med koordinatami danimi v D48 koordinatnem sistemu ter koordinatami pridobljene z transformacijo ob uporabi transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat (ETRS89) statične metode izmere in D48.



Slika 37: Prikaz mreže točk - statična metoda izmere, območje Olmo (izhodna datoteka programa SiTra)

V preglednici 25 je prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov, katero območje je zajemalo površino 24,24 km<sup>2</sup>.

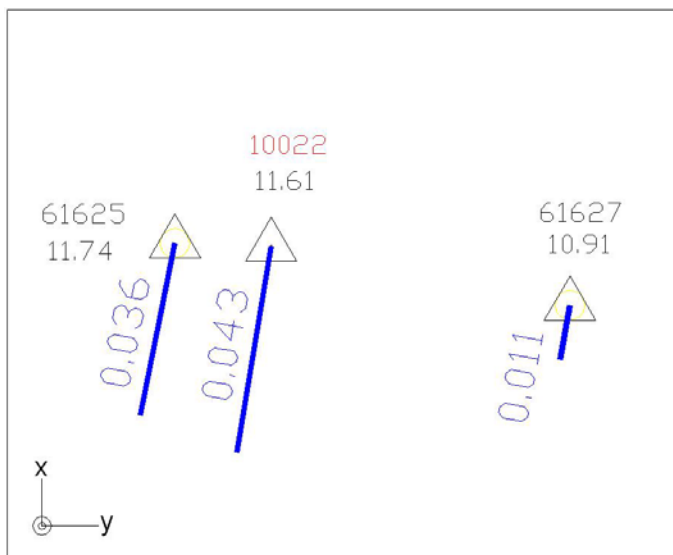
Preglednica 25: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - statična metoda izmere, območje Olmo

	Transfor. Parametri
<b>deltaX</b>	-438.402380
<b>deltaY</b>	-106.494266
<b>deltaZ</b>	-365.394830
<b>alfa</b>	0 00 05.112600
<b>beta</b>	0 00 02.276224
<b>gama</b>	- 0 00 11.002566
<b>merilo (ppm)</b>	-20.313594

Preglednica 26: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri - statična metoda izmere, območje Olmo

	dx(cm)	dy(cm)	dH(cm)
<b>Min</b>	-2.10	-4.05	-6.32
<b>Max</b>	2.30	2.86	2.22
<b>Sr. V.</b>	0.01	-0.00	-2.47
<b>Sr. V.(abs)</b>	2.10	2.27	3.58

V preglednici 26 je prikazano, da imajo skupne trigonometrične točke zajete v izračun za določitev transformacijskih parametrov največja odstopanja v x-smeri 2,30cm, v y-smeri 4,05cm in po višini 6,32cm, kar pomeni, da je izbor skupnih točk pravilen, glede na dobljena majhna relativna odstopanja na skupnih točkah (dopustno 6cm).

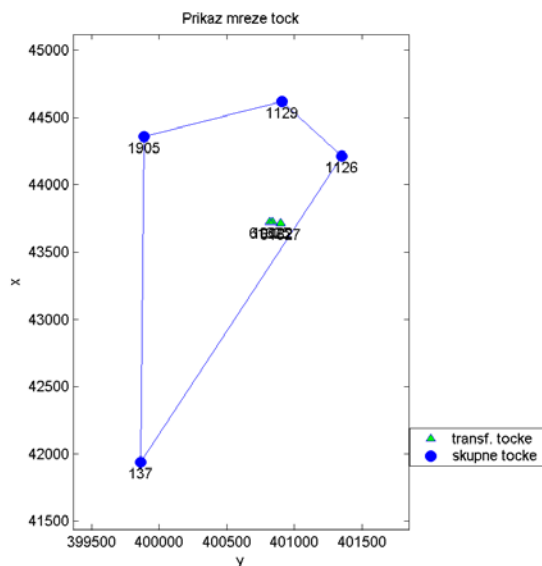


Slika 38: Prikaz horizontalnih odstopanj točk - statična metoda izmere, območje Olmo

Iz slike 38 vidimo, da so transformirane točke ob uporabi transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat pridobljenih z statično metodo izmere glede na podane D48 koordinate relativno natančne (dopustno odstopanje 6 cm). Smer vektorja premika transformiranih točk je proti severu. V tem primeru je uporaba transformacijskih parametrov uporabna tudi v zemljiškem katastru za prenos zemljiško katastrskih točk v naravo, ker poligonski točki 61627 (odstopa 1,1 cm) in 61625 (odstopa 3,6 cm) relativno malo odstopata v koordinati točki izračunani po transformaciji in dano koordinato v D48 koordinatnem sistemu (dopustno 6 cm).

### 7.5.2 Uporaba transformacijskih parametrov hitre statične metode GU Slovenije

Pri uporabi koordinat hitre statične metode izmere smo za izračun transformacijskih parametrov uporabili skupne trigonometrične ter poligonske točke 1905, 1129, 1126 in 137. Poligonski točki 61625 in 61627 in detajlno točko 10022 smo pa transformirali z izračunanimi transformacijskimi parametri. Tukaj je bila izvedena primerjava med koordinatami danimi v D48 koordinatnem sistemu ter koordinatami pridobljene z transformacijo ob uporabi transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat (ETRS89) hitre statične metode izmere in D48.



Slika 39: Prikaz mreže točk - hitra statična metoda izmere, območje Olmo (izhodna datoteka programa SiTra)

Preglednica 27: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - hitra statična metoda izmere, območje Olmo

	Transfor. Parametri
deltaX	-236.630917
deltaY	-56.773924
deltaZ	-154.982083
alfa	0 00 06.220193
beta	0 00 02.544752
gama	- 0 00 09.828762
merilo (ppm)	-66.759032

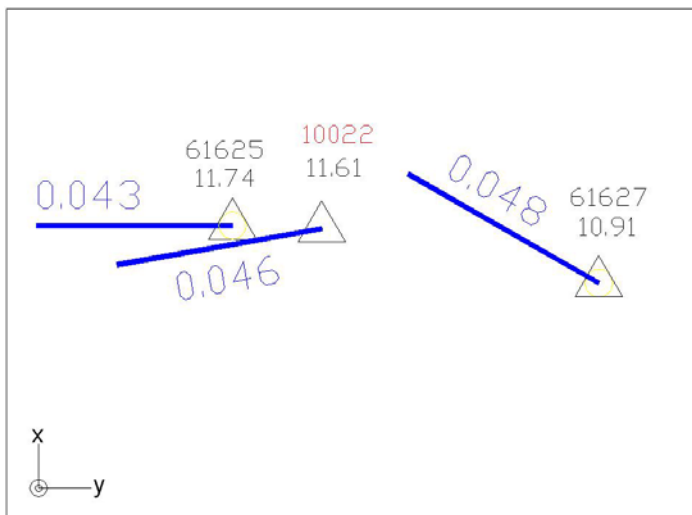
Površina območja transformacije: 2,03 km<sup>2</sup>

Preglednica 28: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri - hitra statična metoda izmere, območje Olmo

	dx(cm)	dy(cm)	dH(cm)
Min	-1.81	-3.20	-1.46
Max	3.06	1.98	0.40
Sr. V.	0.01	-0.00	-0.83
Sr. V.(abs)	1.52	1.60	1.03

Iz tabele 28 vidimo, da so skupne trigonometrične in poligonske točke, zajete v izračun transformacijskih parametrov, glede na podane koordinate, relativno zelo natančne (dopustno

6 cm). Relativna maksimalna odstopanja v koordinati skupnih trigonometričnih in poligonskih točk zajetih v izračun transformacijskih parametrov so v x-smeri 3,06 cm, v y-smeri 3,20 cm in po višini 1,46 cm.

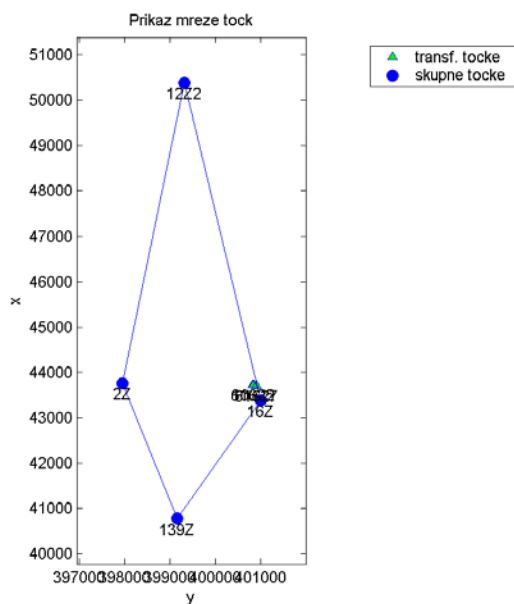


Slika 40: Prikaz horizontalnih odstopanj točk - hitra statična metoda izmere, območje Olmo

Na sliki 40 zasledimo posebnost, da vse transformirane poligonske in detajlne točke največ relativno odstopajo v koordinati v y-smeri, kar pomeni, da so obstoječe točke zajete v transformacijo zamaknjene proti vzhodu. V poglavju (7.5.1) smo imeli drugačno situacijo smeri vektorjev (točke so bile zamaknjene proti severu), ob uporabi drugih transformacijskih parametrov. Pri uporabi transformacijskih parametrov izračunanih na podlagi koordinat pridobljenih z hitro statično metodo izmere, dobimo odstopanja na poligonski točki 61625 (4,3 cm), na poligonski točki 61627 (4,8 cm) in na detajlni točki 10022 (4,6 cm), vse točke so v dopustnih mejah (6 cm).

### 7.5.3 Uporaba transformacijskih parametrov RTK metode izmere Harphasea Koper

Za izračun transformacijskih parametrov smo uporabili skupne trigonometrične točke 12z2, 16z, 2z in 139z. Transformirali smo poligonski točki 61625 in 61627 in detajlno točko 10022. Primerjavo smo izvajali med koordinatami danimi v D48 koordinatnem sistemu ter koordinatami pridobljene z transformacijo ob uporabi transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat (ETRS89) RTK metode izmere in D48.



Slika 41: Prikaz mreže točk - RTK metoda izmere, območje Olmo (izhodna datoteka programa SiTra)

Preglednica 29: Prikaz rezultata izračuna transformacijskih parametrov - RTK metoda izmere, območje Olmo

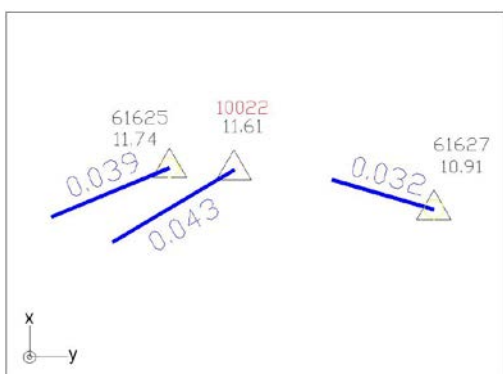
	Transfor. Parametri
<b>deltaX</b>	-437.618825
<b>deltaY</b>	-106.010416
<b>deltaZ</b>	-364.714227
<b>alfa</b>	0 00 05.060480
<b>beta</b>	0 00 02.268961
<b>gama</b>	- 0 00 11.041090
<b>merilo (ppm)</b>	-20.486337

Površina območja transformacije: 14,64 km<sup>2</sup>.

Preglednica 30: Prikaz maksimalnega in minimalnega odstopanja v x, y, in H smeri - RTK metoda izmere, območje Olmo

	dx(cm)	dy(cm)	dH(cm)
<b>Min</b>	-5.92	-3.23	-0.91
<b>Max</b>	4.69	3.03	10.60
<b>Sr. V.</b>	0.01	-0.00	2.56
<b>Sr. V.(abs)</b>	3.53	1.91	3.02

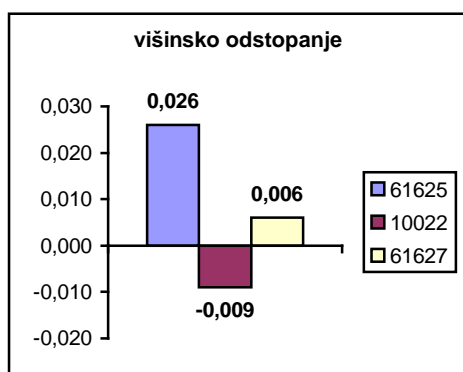
Iz preglednice 30 vidimo rezultate maksimalnih in minimalnih relativnih odstopanj v koordinatah po izračunani transformaciji na skupnih točkah v x- smeri, v y-smeri in H-smeri. V x-smeri je maksimalno odstopanja 5,92 cm v y-smeri pa 3,23 cm, kar je v dopustnih mejah odstopanja (6 cm). Pri maksimalnem relativnem odstopanju višin na skupnih točkah ugotovljamo, da skupna trigonometrična točka 2z največ odstopa (10,6 cm), glede na dano ortometrično višino.



Slika 42: Prikaz horizontalnih odstopanj točk - RTK metoda izmere, območje Olmo

Na sliki 42 vidimo, da vse transformirane poligonske in detajlne točke največ odstopajo v y-smeri in manj v x-smeri, kar pomeni, da so obstoječi točki 61625 in 10022 zamaknjeni proti severu-vzhodu, ter točka 61627 zamaknjena proti jugo-vzhodu. Premiki so prikazani s smerjo in dolžino vektorja. Poligonska točka 61625 odstopa 3,9 cm, poligonska točka 61625 odstopa 3,2 cm in detajlna točka 10022 odstopa 4,3 cm, kar je v dopustnih mejah odstopanja (6 cm).

V grafikonu 10 so prikazana višinska odstopanja točk 61625, 10022 in 61627.



Grafikon 10: Prikaz odstopanj višin po posameznih točkah, območje Olmo

Iz grafikona 10 je razvidno, da so višinska odstopanja glede na obstoječo ortometrično višino podana s strani GU Slovenije minimalna. Višine transformiranih poligonskih in detajlnih točk so bile določene z interpolacijo geoida Slovenije in izmerjeno elipsoidno višino. Do minimalnih odstopanj je prišlo predvsem zaradi ujemanja interpolacije geoida na tem območju z določitvijo ortometrične višine v preteklosti. Višinska odstopanja na transformiranih točkah so od 0,9 cm do 2,6 cm.



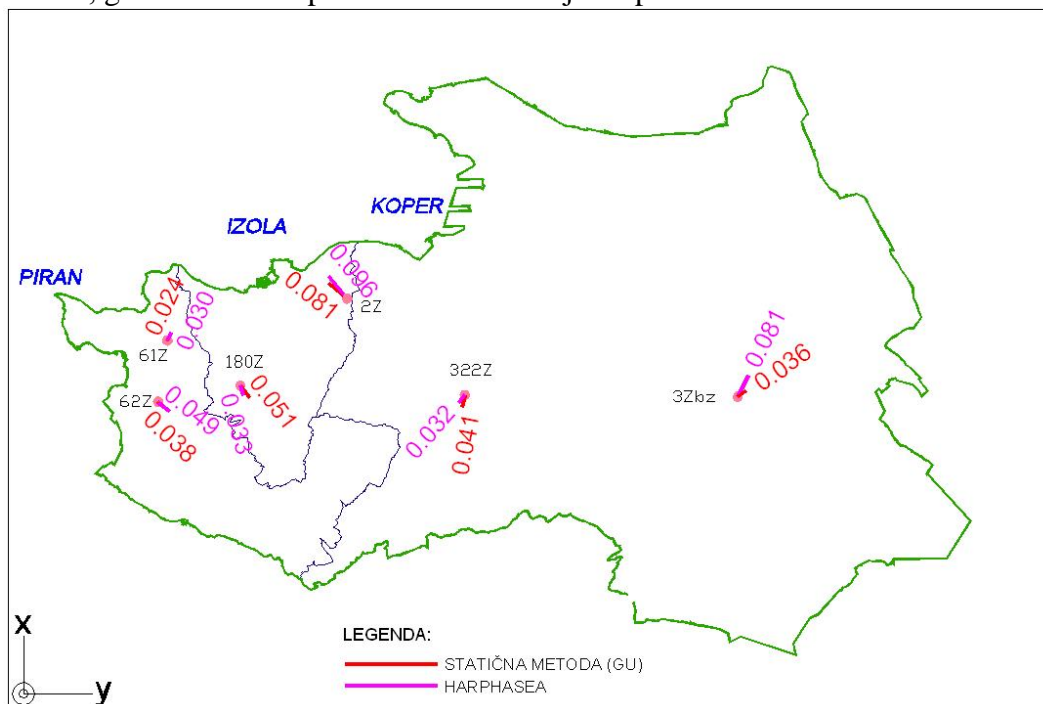
## 8. PRIMERJAVA REZULTATOV MED TRANSFORMACIJSKIMI PARAMETRI NA ISTIH TOČKAH Z OdstopANJI ZA CELOTNO SLOVENSKO OBALO

Zadali smo si nalogo, da na podlagi izračunanih transformacijskih parametrov in odstopanj koordinat pri istih točkah ugotovimo, kateri transformacijski parametri najbolj ustrezajo obravnavanemu območju. Primerjavo smo opravili na točkah, opazovanih z različnimi GPS metodami ob izračunih različnih transformacijskih parametrov. Primerjava je bila izvedena med statično metodo izmere (GU Slovenije) in RTK metodo izmere podjetja Harphasea Koper, ter primerjavo med hitro statično metodo izmere (GU Slovenije) in RTK metodo izmere podjetja Harphasea Koper.

### 8.1 GU Slovenija (statična metoda izmere) in Harphasea Koper (RTK metoda izmere)

Najprej bomo za celotno območje Slovenske obale primerjali odstopanja v koordinatah na skupnih geodetskih točkah ob uporabi transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat statične metode izmere GU Slovenije in izračunanih transformacijskih parametrov iz koordinat z RTK metodo izmere podjetja Harphasea Koper. Zajete so bile naslednje skupne trigonometrične točke: 2z, 180z, 3zbz, 62z, 61z in 322z.

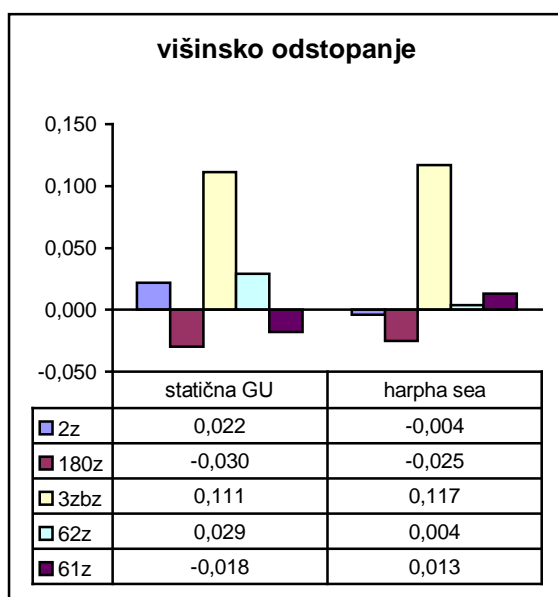
Na pregledni karti (slika 43) je grafično prikazana primerjava odstopanj z vektorji na skupnih točkah, glede na vrsto uporabe transformacijskih parametrov.



Slika 43: Prikaz horizontalnih odstopanj točk med GU Slovenijo (statična metoda izmere) in Harphasea Koper (RTK metoda izmere)

Iz slike 43 sklepamo, da ob uporabi izračunanih transformacijskih parametrov statične metode izmere (GU Slovenija) manj odstopajo v koordinati trigonometrične točke 3zbz, 2z, 61z in 62z, pri trigonometričnih točkah 322z in 180z pa uporaba transformacijskih parametrov, izračunanih na podlagi koordinat pridobljenih z RTK metode izmere podjetja Harphasea Koper. Odstopanja na trigonometričnih točkah ob uporabi transformacijskih parametrov statične metode izmere (GU Slovenija) so med 0,024 m do 0,081 m. Odstopanja na trigonometričnih točkah ob uporabi transformacijskih parametrov RTK metode izmere (Harphasea Koper) so med 0,030 m do 0,096 m. Smeri vektorja premika mreže sta podobna, ne glede na to, katere transformacijske parametre bomo uporabili. Pri tej primerjavi ugotavljamo, da je uporaba transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat statične metode izmere (GU Slovenija) boljša.

V grafikonu 11 so prikazana višinska odstopanja na skupnih trigonometričnih točkah.



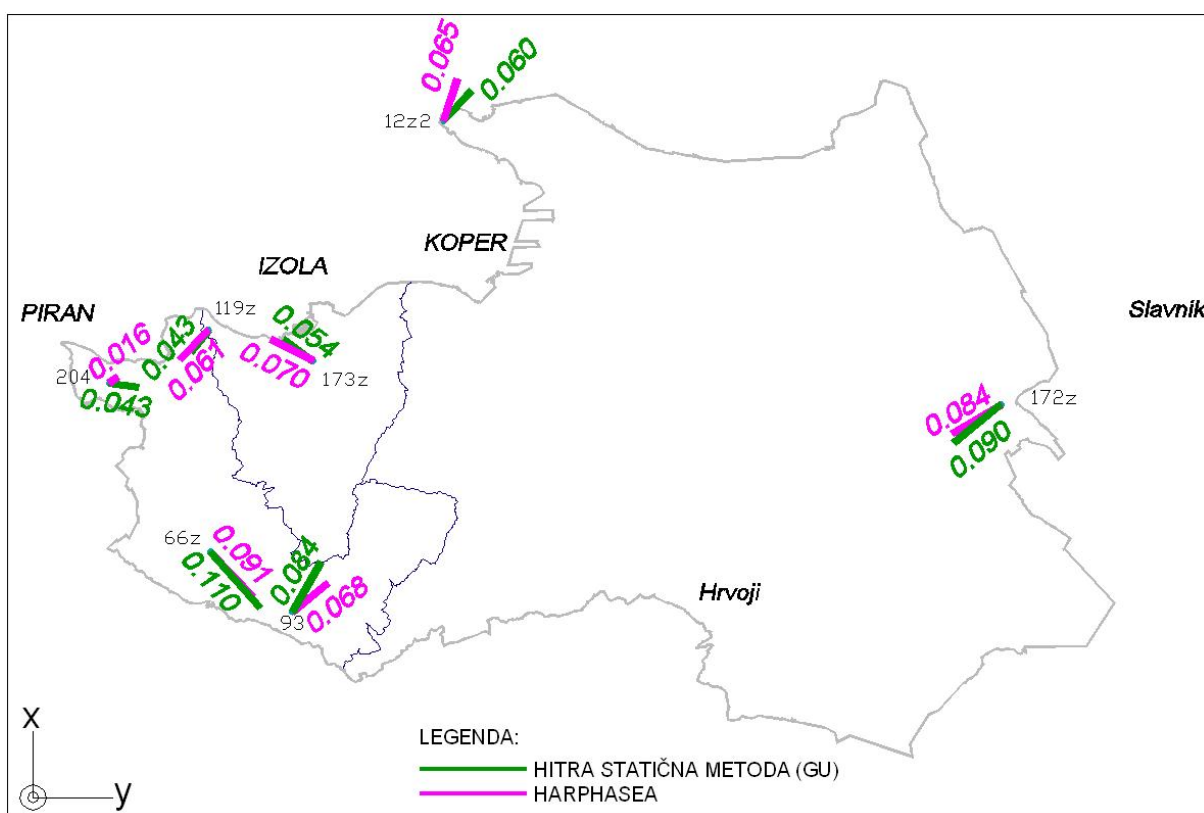
Grafikon 11: Prikaz primerjave odstopanj višin po posameznih trigonometričnih točkah določenih z statično metodo izmere (GU Slovenija) in RTK metodo izmero (podjetja Harphasea Koper) za območje Slovenske obale

Pri višinskem odstopanju obravnavanih točk opazimo veliko relativno natančnost, glede na pridobljeno ortometrično višino z interpolacijo geoida Slovenije ter elipsoidne višine in podano ortometrično višino z strani Geodetske uprave Slovenije, katera je bila izračunana s postopkom trigonometričnega višinomerstva. Trigonometrična točka 3zbz odstopa nekoliko več, kar pomeni da določitev višine v preteklosti ni bila najbolj natančna. Izmerjena ortometrična višina na točki 3zbz je nižja od uradne višine. Relativne razlike v višinskem odstopanju med statično metodo izmere (GU Slovenija) in RTK metodo izmere (Harphasea Koper) prihaja do razlik, ki nastanejo kot posledica nenatančnih terenskih meritev in kvalitetnega instrumentarija.

## 8.2 GU Slovenija (hitra statična metoda izmere) in Harphasea Koper (RTK metoda izmere)

Za celotno območje Slovenske obale smo primerjali odstopanja v koordinatah na istih trigonometričnih točkah ob uporabi transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat pridobljenih z hitro statično metodo (GU Slovenije) in izračunanih transformacijskih parametrov iz koordinat pridobljenih z RTK metodo izmere podjetja Harphasea Koper. V primerjavo so bile zajete naslednje skupne trigonometrične točke: 12z2, 172z, 173z, 119z, 204, 66z in 93.

Na pregledni karti (sliki 44), je grafično prikazana primerjava odstopanj v obliki vektorjev, glede na vrsto uporabe transformacijskih parametrov.

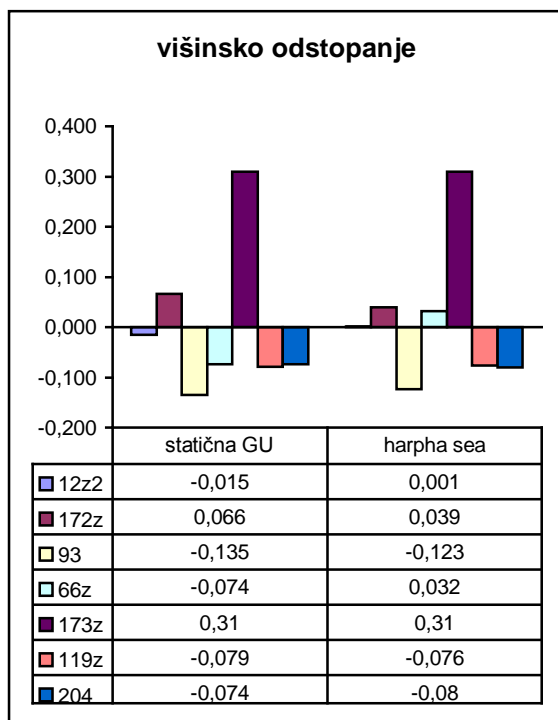


Slika 44: Prikaz horizontalnih odstopanj točk med GU Slovenije (hitra statična metoda izmere) in Harphasea Koper (RTK metoda izmere)

Iz slike 50 vidimo, da točke 119z, 173z in 12z2, odstopajo manj ob uporabi transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat pridobljenih z hitro statično metodo (GU Slovenija), kot točke 172z, 93, 66z in 204, kjer smo uporabili transformacijske parametre izračunane iz koordinat pridobljenih z RTK metodo izmere podjetja Harphasea Koper. Odstopanja na točkah ob uporabi transformacijskih parametrov hitre statične metode izmere (GU Slovenija) so med 0,043 m do 0,110 m. Odstopanja na točkah ob uporabi transformacijskih parametrov RTK metode izmere (Harphasea Koper) pa so med 0,016 m in 0,091 m. Smeri vektorja premika mreže sta podobna, ne glede, katere transformacijske parametre bi uporabili. Pri tej

primerjavi ugotavljamo, da je uporaba transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat hitre statične metode izmere (GU Slovenija) boljša na določenih območjih, na ostalih pa je boljša uporaba transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat pridobljenih z RTK metodo izmere (Harphasea Koper). Razlike v dolžinah in smereh obeh vektorje so minimalne med 0,005 m in 0,027 m, kar pomeni da pri terenskem geodetskem delu uporabimo tiste transformacijske parametre, kateri zagotavljajo manjša odstopanja na kontrolnih točkah.

V grafikonu 12 so prikazana višinska odstopanja na trigonometričnih točkah.



Grafikon 12: Prikaz primerjave odstopanj višin po posameznih točkah med meritvami GU Slovenije (hitra statična metoda izmere) in Harphasea Koper (RTK metoda izmere) za območje Slovenske obale

Glede na obstoječe podatke ortometričnih višin trigonometričnih točk Geodetske uprave Slovenije, lahko iz grafikona 15 razberemo večja višinska odstopanja, predvsem v trigonometrični točki 93 (0,135 m). Na dobljene razlike ortometričnih višin med meritvami hitre statične metode (GU Slovenija) in meritvami z RTK metodo (Harphasea Koper), najbolj vpliva kako je bilo kakovostno in strokovno izvedeno terensko delo na posamezni trigonometrični točki. Če bi bili odpravljene vsi pogoški, kateri se pojavljajo ob meritvah na terenu, bi bila odstopanja minimalna. Razlike med dano ortometrično višino in izmerjeno z GPS metodo na posamezni trigonometrični točki nastanejo, ker je višina posamezne trigonometrične točke bila določena z trigonometričnim višinomerstvom v preteklosti in z GPS metodo izmere - interpolacijo modela geoida Slovenije in elipsoidne višine.

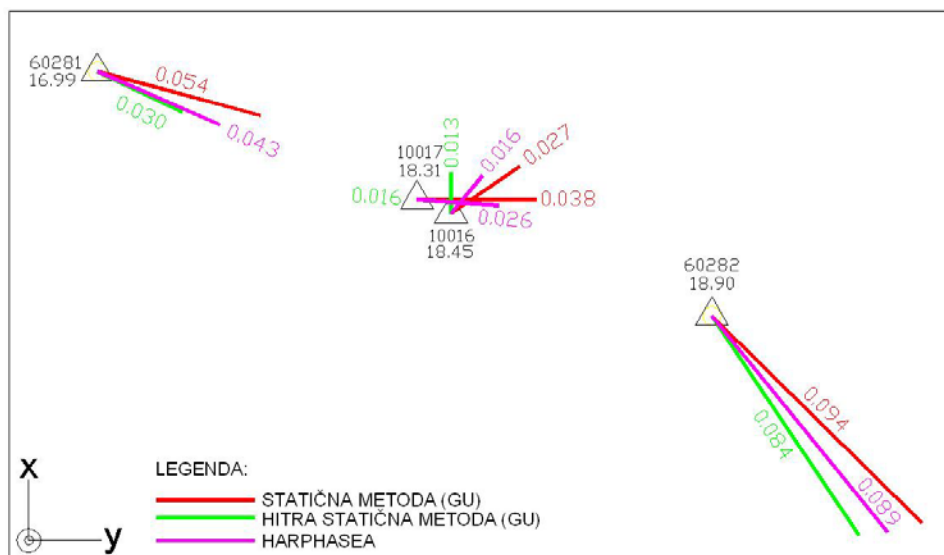
### 8.3 Primerjava med transformacijskimi parametri na istih točkah z odstopanji na obravnavanih območjih Slovenske obale

#### 8.3.1 Območje ANKARAN

V tem poglavju smo primerjali odstopanja v koordinatah na transformiranih točkah ob uporabi različnih transformacijskih parametrov. V izračunu sem uporabil transformacijske parametre, izračunane na podlagi koordinat skupnih trigonometričnih točk statične metode izmere, na podlagi transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat hitre statične metode izmere in na podlagi izračuna transformacijskih parametrov iz koordinat pridobljenih z RTK metodo izmere. Točke, katere so se transformirale, pa so bile izmerjene z RTK-VRS metodo, in sicer sta to bili poligonski točki 60281 in 60282 ter detajlni točki 10016, 10017 in 60281.

Na sliki 45 je grafično prikazana primerjava odstopanj v obliki vektorjev glede na vrsto uporabe transformacijskih parametrov. Obrazložitev legende na sliki 45:

- statična metoda (uporaba transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat trigonometričnih točk),
- hitra statična metoda (uporaba transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat trigonometričnih in poligonskih točk),
- Harphasea (uporaba transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat trigonometričnih točk),
- $\Delta$  transformirane točke (izmerjene z RTK-VRS metodo izmere).



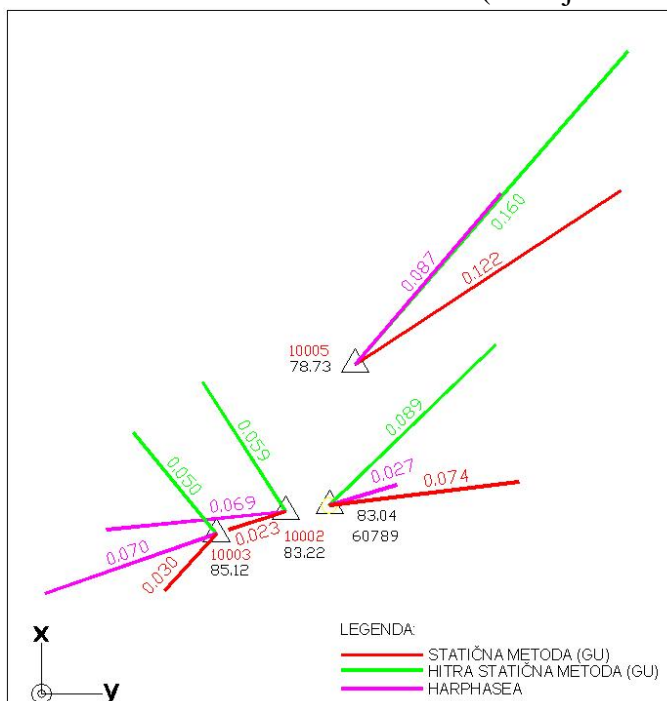
Slika 45: Prikaz horizontalnih odstopanj točk med GU Slovenijo (statična metoda izmere, hitra statična metoda izmere) in RTK metoda izmere, območje Ankaran

Iz slike 45 vidimo, da so obstoječe poligonske in detajlne točke zamaknjene proti zahodu in severozahodu. Relativne razlike v koordinatah točk pri uporabi različnih transformacijskih parametrov so minimalne, razen razlike v vektorju se spreminjajo (smeri in dolžina vektorja). Na poligonski točki 60281 nastanejo relativne razlike vektorjev ob uporabi različnih transformacijskih parametrov do 0,024 m, na detajlni točki 10017 do 0,022 m, na detajlni točki 10016 do 0.014 m in na poligonski točki 60282 do 0.010 m. Uporaba enega od treh izračunanih transformacijskih parametrov na tem območju zagotavlja natančnost za meritve v praktične namene, razen poligonska točka 60282 odstopa več od dopustnega (6 cm), zato je potrebno za izvajanje zemljiškega katastra vključiti v izračun transformacijskih parametrov. Višinska odstopanja so prikazana v poglavju (7.2.3), kjer obravnavamo isto območje.

### 8.3.2 Območje ARZE

Na območju Arz smo primerjali odstopanja v koordinatah na danih točkah ob uporabi različnih transformacijskih parametrov. Točke, zajete v transformacijo, so bile: 10002, 10003, 60789 in 10005. Na sliki 46 je grafično prikazana primerjava odstopanj v obliki vektorjev glede na vrsto uporabe transformacijskih parametrov. Obrazložitev legende na sliki 46:

- statična metoda (uporaba transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat trigonometričnih točk),
- hitra statična metoda (uporaba transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat trigonometričnih in poligonskih točk),
- Harphasea (uporaba transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat trigonometričnih točk),
- $\Delta$  transformirane točke (izmerjene z RTK-VRS metodo izmere).



Slika 46: Prikaz horizontalnih odstopanj točk med GU Slovenijo (statična metoda izmere, hitra statična metoda izmere) in RTK metoda izmere, območje Arze



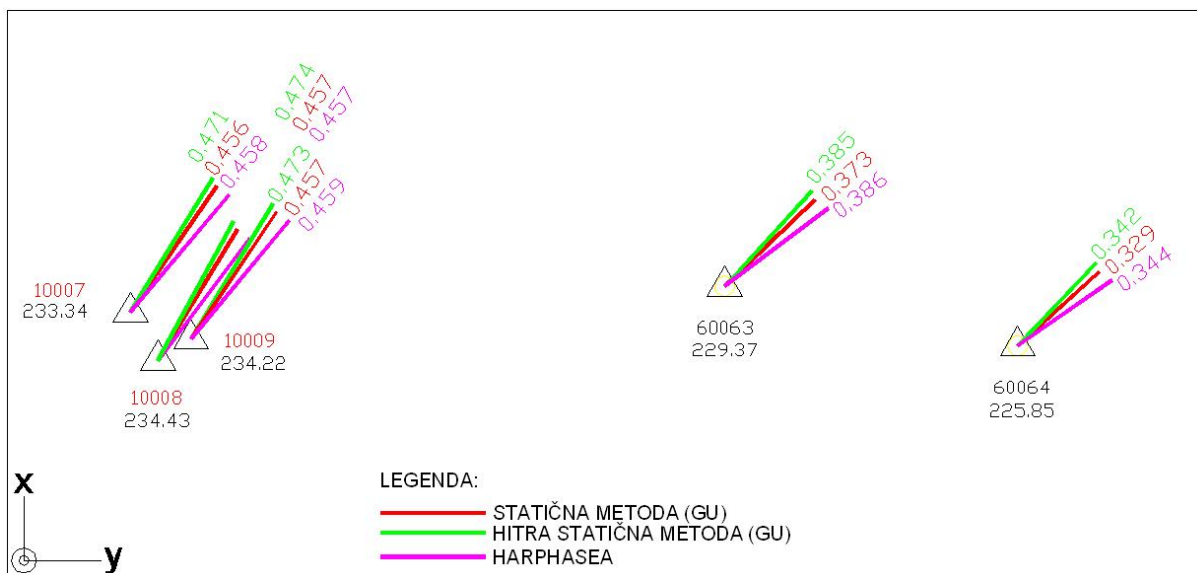
Iz slike 46 je razvidno, da je del obstoječih točk zamaknjen proti severovzhodu, del pa proti jugozahodu. Relativne razlike v koordinati točke pri uporabi različnih transformacijskih parametrov so nekoliko večje kot na območju Ankarana. Tudi tukaj se smeri in dolžine vektorjev spreminjajo. Na detajlni točki 10003 nastanejo ob uporabi različnih transformacijskih parametrov relativne razlike vektorjev do 0,040 m, na detajlni točki 10002 do 0,046 m, na poligonski točki 60789 do 0,062 m in na detajlni točki 10005 do 0,073 m. Za potrebe zemljiškega katastra je potrebno v izračun transformacijskih parametrov vključiti poligonsko točko 60789. Višinska odstopanja so prikazana v poglavju (7.3.3), kjer obravnavamo isto območje.

### 8.3.3 Območje KUBED

Na območju Kubeda smo primerjali odstopanja v koordinatah na danih točkah ob uporabi različnih transformacijskih parametrov. Točke, zajete v transformacijo, so: 10007, 10008, 10009, 60064 in 60063.

Na sliki 47 je grafično prikazana primerjava odstopanj v obliki vektorjev glede na vrsto uporabe transformacijskih parametrov. Obrazložitev legende na sliki 47:

- statična metoda (uporaba transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat trigonometričnih točk),
- hitra statična metoda (uporaba transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat trigonometričnih in poligonskih točk),
- Harphasea (uporaba transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat trigonometričnih točk),
- $\Delta$  transformirane točke (izmerjene z RTK-VRS metodo izmere).



Slika 47: Prikaz horizontalnih odstopanj točk med GU Slovenijo (statična metoda izmere, hitra statična metoda izmere) in RTK metoda izmere, območje Kubed

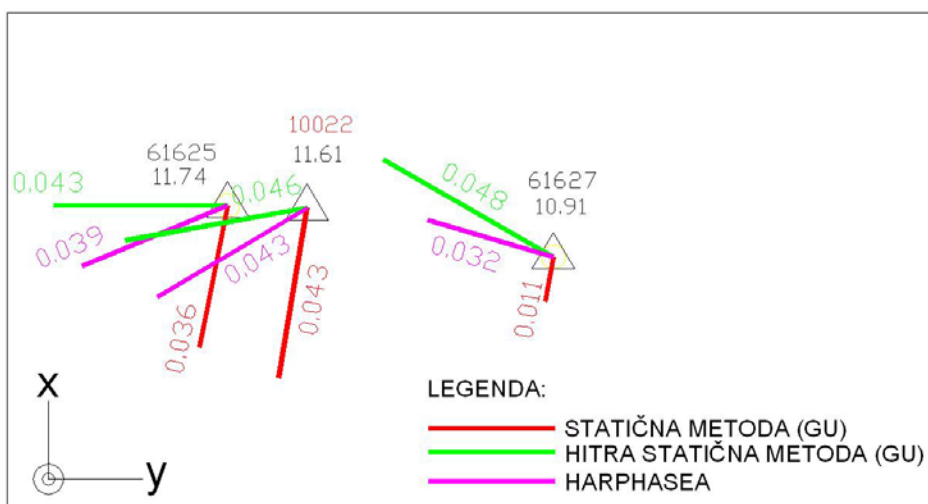
Iz slike 47 vidimo, da so obstoječe točke, katere so se transformirale, zamaknjene proti jugozahodu. Relativne razlike pri uporabi različnih transformacijskih parametrov so majhne, absolutna natančnost je zelo slaba, kar smo opisali že v poglavju (7.4). Tudi tukaj se smeri in dolžine vektorjev spreminjajo, vendar minimalno. Na detajlni točki 10007 nastanejo ob uporabi različnih transformacijskih parametrov relativne razlike vektorjev do 0,015 m, na detajlni točki 10008 do 0,017 m, na detajlni točki 10009 do 0,016 m, na poligonski točki 60063 do 0,013 m in na poligonski točki 60064 do 0,015 m. Za izboljšanje relativne natančnosti v okolici poligonskega vlaka je potrebno izračunati lokalne transformacijske parametre in vključiti obstoječi poligonski točki (60063 in 60064) v izračun transformacijskih parametrov. Višinska odstopanja so prikazana v poglavju (7.5.3), kjer obravnavamo isto območje.

### 8.3.4 Območje OLMO

Na območju Olma smo primerjali odstopanja v koordinatah na danih točkah ob uporabi različnih transformacijskih parametrov. Točke, zajete v transformacijo, so: 61625, 10022 in 61627.

Na sliki 48 je grafično prikazana primerjava odstopanj v obliki vektorjev glede na vrsto uporabe transformacijskih parametrov. Obrazložitev legende na sliki 48:

- statična metoda (uporaba transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat trigonometričnih točk),
- hitra statična metoda (uporaba transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat trigonometričnih in poligonskih točk),
- Harphasea (uporaba transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat trigonometričnih točk),
- $\Delta$  transformirane točke (izmerjene z RTK-VRS metodo izmere).



Slika 48: Prikaz horizontalnih odstopanj točk med GU Slovenijo (statična metoda izmere, hitra statična metoda izmere) in RTK metoda izmere, območje Olmo



Iz slike 48 sklepamo, da so obstoječe točke, katere so se transformirale, zamaknjene proti severovzhodu. Relativne razlike pri uporabi različnih transformacijskih parametrov so majhne, absolutna natančnost je zelo dobra, glede na dani podatek GU Slovenije. Tukaj pa tudi opazimo, da se smeri vektorjev nekoliko več spreminjajo ob uporabi različnih transformacijskih parametrov. Na poligonski točki 61625 nastanejo ob uporabi različnih transformacijskih parametrov relativne razlike v dolžini vektorjev do 0,007 m, na detajlni točki 10022 do 0,003 m, in na poligonski točki 61627 do 0,037 m. Uporaba enega od treh izračunanih transformacijskih parametrov na tem območju zagotavlja natančnost za meritve v praktične namene, tudi za potrebe zemljiškega katastra. Višinska odstopanja so prikazana v poglavju (7.5.3), kjer obravnavamo isto območje.

## 9. ZAKLJUČEK

Iz analiz primerjav, ki smo jih naredili v diplomski nalogi, smo z izračunanimi parametri na podlagi koordinat GU Slovenije (statična metoda izmere), GU Slovenije (hitra statična metoda izmere) in Harphasea (RTK metoda izmere) ugotavljali razlike v koordinatah D48 na točkah na celotnem območju Slovenske Obale, ter štirih izbranih lokalnih območjih. Pri lokalnih območjih smo pridobili koordinate ETRS89 z RTK-VRS metodo izmere, ter le te transformirali v koordinatni sistem D48 s transformacijskimi parametri, da smo ugotavljali relativne razlike med koordinatami.

Za statično metodo izmere, katere koordinate (ETRS89) smo pridobili od GU Slovenije, smo ugotovili, da so relativna odstopanja med danimi koordinatami (D48) in koordinatami ETRS89 transformirana v D48, ob uporabi transformacijskih parametrov izračunanih na podlagi skupnih trigonometričnih točk, določene z statično metodo izmere (ETRS89) in danimi koordinatami (D48) zelo majhna (slika 14), razen pri nekaterih trigonometričnih točkah, in to največ do 9 cm, ostale so v dopustnih odstopanjih (6 cm). Kot smo pričakovali, so imele ortometrične višine obravnavanih trigonometričnih točk, zaradi različnega načina določitve višin v preteklosti in na osnovi interpolacije geoida Slovenije večja odstopanja.

Pri hitri statični metodi izmere smo v izračun zajeli ogromno število trigonometričnih in poligonskih točk (125 točk). Analizirali smo relativna odstopanja koordinat med D48 in ETRS89 transformirane v D48 koordinatni sistem za večje množico točk. Ugotovili smo, da na nekaterih lokalnih območjih prihaja do večjih relativnih odstopanj med danimi koordinatami (D48) in transformiranimi ETRS89 v D48, prikazano na sliki 16 (poglavje 6.1.2), kar pa je vzrok nenatančnost določitve danih koordinat (D48) v preteklosti (točke nižjih redov). Ta odstopanja v koordinatah D48 lahko odpravimo z izračunom lokalnih transformacijskih parametrov, odvisno kakšno predpisano natančnost potrebujemo za zajem terenskih točk. Med 125 poligonskimi točkami le 14 poligonskih točk odstopa več kot 10cm, ostale (80%) pa odstopajo manj kot 6 cm. Ugotavljamo, da je uporaba transformacijskih parametrov izračunanih na podlagi skupnih točk, določenih z hitro statično metodo izmere (ETRS89) in danih koordinat (D48) skupnih točk, možna na večjem delu območja, vendar moramo ob vsakokratnih meritvah kontrolirati koordinate (D48) obstoječih točk v bližini.

Pri izračunu transformacijski parametrov na podlagi skupnih točk določenih z RTK metodo izmere (ETRS89) in danih koordinat (D48) istih točk podjetja Harphasea iz Kopra smo ugotovili, da na petih trigonometričnih točkah od 27 zajetih v izračunu odstopajo več kot 10 cm, kar je verjetno vzrok v danih koordinatah (D48), ostale v večini odstopajo do 6 cm. Te točke odstopajo na južnem in severovzhodnem delu Slovenske obale, prikazano v poglavju 6.2.1.

Za izbrana območja smo primerjali relativna odstopanja v koordinatah na istih točkah ob uporabi različnih transformacijskih parametrov. V analizah smo uporabili koordinate (ETRS89) pridobljene z statično metodo izmere, hitro statično metodo izmere in RTK metodo izmere. Za moje točke sem pa uporabil koordinate (ETRS89), katere sem pridobil z RTK-VRS metodo izmere.

Pri analizah smo primerjali odstopanja v koordinatah (D48) točk med statično metodo izmere (GU Slovenija) in RTK metodo izmere (Harphasea). Ugotovili smo, da ob uporabi različnih transformacijskih parametrov ni veliko relativnega odstopanja v koordinatah D48 (prikazano v poglavju 8.1) od 1cm - 2cm, kar je za večino geodetskih meritev zelo dobro. Iz primerjav koordinat D48 pridobljenih z hitro statično metodo izmere ETRS89 (GU Slovenije) in RTK metodo izmere ETRS89 (Harphasea) pa sklepam, da so relativna odstopanja koordinat (D48) med skupnimi točkami 1 cm – 3 cm, kar je tudi zelo natančno (prikazano v poglavju 8.2).

Na lokalnih območjih smo primerjali odstopanja v koordinatah D48 na istih točkah ob uporabi različnih transformacijskih parametrov.

Na območju Ankarana je poligonska točka 60282 zunaj dopustnega odstopanja (6 cm), odstopa največ v y-smeri, poligonska točka 60281 pa je v dopustnih odstopanjih (6 cm). Na območju Ankarana je najboljša uporaba transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat skupnih trigonometričnih ter poligonskih točk pridobljenih z hitro statično metodo izmere (ETRS89) in danih koordinat (D48).

Na območju Arz smo ugotovili, da je za detajlni točki 10002 in 10003 najboljša uporaba transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat trigonometrični točk statične metode izmere (ETRS89) in danih koordinat (D48), za točki 10005 in 60789 pa uporaba transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat pridobljenih z RTK metodo izmere (ETRS89) in danih koordinat (D48). Za uporabo transformacijskih parametrov v zemljiškem katastru, moramo v izračun zajeti tudi poligonsko točko 60789. Pri uporabi transformacijskih parametrov izračunanih na podlagi koordinat statične in hitre statične metode izmere prihaja do odstopanj (1-7 cm), verjetno zaradi razporeditve mreže skupnih točk zajetih v transformacijo.

Območje Kubeda je nekaj posebnega, kar smo ugotovili ob uporabi različnih transformacijskih parametrov. Tu prihaja do velikih odstopanj na poligonskih točkah (od 30-40 cm). Napaka je nastala verjetno v izračunu poligonskih točk v preteklosti z navezavo na nenatančne izhodiščne točke ali v nepravilni izravnavi poligonskega vlaka. Če pa pogledamo relativna odstopanja v koordinatah točk (D48), med uporabo različnih transformacijskih parametrov, ugotovimo, da so le-ta med 1 cm in 5 cm.

Na območju Olma smo prišli do sklepa, da so poligonske točke zelo natančne, glede na obstoječe dane koordinate v D48 koordinatnem sistemu. Tukaj je najboljša uporaba transformacijskih parametrov izračunanih iz koordinat pridobljenih z statično metodo izmere (ETRS89) in danih koordinat (D48), vendar ob uporabi drugih transformacijskih parametrov ne bo prišlo do večjih relativnih odstopanj koordinat na točkah, katere so se transformirale, ker je relativno odstopanje med njimi 1-4 cm. Vse obravnavane transformacijske parametre lahko uporabimo tudi v postopkih zemljiškega katastra.

Iz analiz sem ugotovil, da je uporaba večine transformacijskih parametrov izračunanih v nalogi, za transformacije iz ETRS89 koordinatnega sistema v D48 koordinatni sistem zanesljiva. Uporaba vseh izračunanih transformacijskih parametrov za večja območja je dobra, glede na dopustno odstopanje 6 cm. Izstopa le območje Kubeda, zato je potrebno na tem območju izračunati lokalne transformacijske parametre z vključitvijo določenih

poligonskih in detajlnih točk na mikrolokaciji v izračun. Rezultati, ki smo jih pridobili iz izračunov, so zadovoljili naša predvidevanja glede natančnosti obstoječega D48 koordinatnega sistema. Kot smo že omenili, je v praksi pravilo kontrolirati obstoječe dane koordinate točk v D48 koordinatnem sistemu na terenu in ob ugotovitvi nedopustnih odstopanj na novo izračunati transformacijske parametre z vključitvijo danih točk na mikrolokaciji, kar je predvsem pomembno za zemljiški kataster. Glede izračuna ortometrične višine smo vedno uporabljali geoid Slovenije, ki se je izkazal za zelo natančnega, ker smo predvidevali, da se oblika geoida Slovenije dobro prilega dejanskemu terenu, to pomeni, da je bila višina na podlagi interpolacije geoida in izmerjene elipsoidne višine natančno izračunana.

## LITERATURA IN VIRI

Kogoj, D., Stopar B. 2006. Geodetska izmera: Gradivo za strokovni izpit. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: 15 – 28

Stopar, B., Koler B., Kuhar M. 2006. Osnovni geodetski sistemi: Gradivo za strokovni izpit. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: 4 – 31

Stopar, B. 2005. VRS metoda določitve položaja: Ljubljana, Tehnična infrastruktura: Predavanja.

Pravilnik o urejanju in spreminjanju mej parcel ter o evidentiranju mej parcel v zemljiškem Katastru Ur. l. RS 1/2004: Št. 453-00-8/01: 8. člen.

Stopar, B. 2005. Transformacije. GPS metode izmere. Ljubljana, Višjageodezija1, Predavanja.

Komadina, Ž. 2005. Terenska GPS izmera. Ljubljana, Geodetske uprave RS.

Žerjal, A. 2006. Terenska GPS izmere. Koper, Harphasea Koper d.o.o.

## Spletni viri

Osnovni geodetski sistemi in geodetska izmera

<http://www.izs.si/> (15.12.2006)

Opis obrežja Signal

<http://www.gu-signal.si/> (20.12.2006)

Referenčna postaja Mestne občine Koper

<http://www.harphasea.com/> (10.12.2006)