

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*

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



Univerzitetni program Geodezija,  
smer Geodezija

Kandidatka:

**Saša Ekart**

## **Projekt zgostitve EUVN točk v Sloveniji**

**Diplomska naloga št.: 699**

**Mentor:**

doc. dr. Miran Kuhar

**Somentor:**

Klemen Medved

Ljubljana, 13. 12. 2006

## **ERRATA**

<b>Stran z napako</b>	<b>Vrstica z napako</b>	<b>Namesto</b>	<b>Naj bo</b>
-----------------------	-------------------------	----------------	---------------

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani **EKART SAŠA** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »**PROJEKT ZGOSTITVE EUVN TOČK V SLOVENIJI**«.

Besedilo ni recenzirano in ni lektorirano.

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

Ljubljana, 21.11.2006

Podpis:

## BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

<b>UDK:</b>	<b>528.2(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Saša Ekart</b>
<b>Mentor:</b>	<b>doc. dr. Miran Kuhar</b>
<b>Somentor:</b>	<b>Klemen Medved, univ. dipl. inž. geod.</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Projekt zgostitve EUVN točk Sloveniji.</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>132 str., 32 preglednic, 19 slik, 4 graf., 24 enačb.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>EUREF, UELN, EVRS, EUVN, EUVN_DA, ETRS89, EGG97, kvazigeoid, anomalija višine, geopotencialna kota, normalna višina.</b>

### Izvleček

Diplomska naloga predvsem služi kot »zbirka« opazovanj in izračunov potrebnih za določitev novih EUVN (European Vertical Reference Network) točk v Sloveniji v sklopu projekta *Zgostitev evropske višinske referenčne mreže EUVN\_DA* (EUVN Densification Action) pod vodstvom IAG podkomisije EUREF. Glavni vzrok za izvedbo projekta EUVN\_DA je neskladnost dobljenih anomalij višin  $\zeta^{EUVN}$  v projektu EUVN v letu 2001 (razlike med GPS-elipsoidnimi in niveliranimi višinami  $h_{EUVN}-H_{UELN}$ ) v primerjavi z anomalijami višin  $\zeta^{EGG97}$  evropskega gravimetričnega kvazigeoida EGG97 v nekaterih delih Evrope.

Izvajalec projekta v Sloveniji je Geodetska uprava Republike Slovenije GURS v sodelovanju z Geodetski inštitutom Slovenije GI in Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo FGG. Na območju Slovenije je določenih 12 EUVN\_DA točk (novih EUVN točk). Dve od teh točk (SI01 in SI03) so že bile vključene EUVN mrežo. Projekt zahteva tri tipe geodetskih opazovanj in sicer: geometrični nivelman, GPS in gravimetrične meritve. Diplomska naloga tako opisuje izračun iskanih količin (geopotencialna kota, normalna višina in koordinate točk v ETRS89 koordinatnem sistemu) iz rezultatov meritev. Izračunane so tudi natančnosti geopotencialnih kot in normalnih višin EUVN\_DA točk. V teoretičnem delu naloge je povdarek na težnostnem polju Zemlje in definiciji višinskih sistemov.

## **BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

<b>UDC:</b>	<b>528.2(043.2)</b>
<b>Autor:</b>	<b>Saša Ekart</b>
<b>Supervisor:</b>	<b>Assist. Prof. dr. Miran Kuhar</b>
<b>Co-supervisor:</b>	<b>Klemen Medved, B. Sc.</b>
<b>Title:</b>	<b>EUVN_DA project on the territory of Slovenia</b>
<b>Notes:</b>	<b>132 p., 32 tab., 19 fig., 4 graph., 24 eq.</b>
<b>Key words:</b>	<b>EUREF, UELN, EVRS, EUVN, EUVN_DA, ETRS89, EGG97, quasigeoid, height anomaly, geopotential number, normal height.</b>

### **Abstract**

Present work serves as a collection of measurements and results, which are needed for the determination of new EUVN (European Vertical Reference Network) points in Slovenia under the project EUVN\_DA (EUVN Densification Action), which is held by International Association of Geodesy IAG Sub-commission Europe Reference Frame EUREF. Main reason for initiation of EUVN\_DA project are the discrepancyies between the current gravimetric quasigeoid (EGG97) and the point-wise EUVN quasigeoid. Differences between the EGG97 quasigeoid and the GPS/levelling quasigeoidal height anomalies of the EUVN stations are significant and highly variable in some part of Europe.

In Slovenia is for EUVN\_DA project responsible Surveying and Mapping Authority of Republic of Slovenia (SMARS; GURS in Slovenia) in cooperation with Geodetic Institute of Slovenia (GIS) and University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering (FGG). On the territory of Slovenia are 12 EUVN\_DA stations (new EUVN stations). There are two points (SI01 in SI03), that are already part of the EUVN. Project requires three types of measurements: levelling, GPS- observations and gravimetric measurements. This paper describes how are the required data gained from the results of the measurements. Estimated accuracy of geopotential and normal height of EUVN\_DA-stations is also provided. Theoretical part of diploma is focused on gravity field of the Earth and definitions of the Heights systems.

## ZAHVALA

Zahvalil bi se mentorju doc. dr. Miranu Kuharju in somentorju Klemnu Medvedu, univ. dipl. inž. geod., za pomoč in posredovanje podatkov za izdelavo diplomske naloge. Prav tako se zahvaljujem za sodelovanje doc. dr. Božu Kolerju, izr. prof. dr. Bojanu Stoparju ter mladima raziskovalcema Anki Lisec, univ. dipl. inž. geod. in Oskarju Sterletu, univ. dipl. inž. geod.

Za pomoč pri tiskanju diplomske naloge hvala asist. Darku Herzog, univ. dipl. inž. el.

Vsem skupaj se zahvaljujem tudi za izkazano prijaznost.

Zelo sem hvaležen svojim staršem, Marti in Štefanu Ekart, za vzpodbudo, veliko potrpljenja in zvesto podporo v vseh letih mojega šolanja. Hkrati se jima želim opravičiti za dolgotrajnost mojega študija. Enako hvala tudi Marjanu Pesjaku in Mariji Klarič.

Hvala tudi Danili Urek, univ. dipl. inž. geod., ki mi je tekom študija stala ob strani.

## KAZALO VSEBINE

<b>UVOD</b>	<b>1</b>
<b>1 MEDNARODNO ZDRUŽENJE ZA GEODEZIJO IAG</b>	<b>2</b>
1.1 IAG	2
1.1.1 Komisija 1. Referenčni sestavi (Reference Frames)	2
1.1.1.1 Pod-komisija 1.3a - Evropa (EUREF)	3
<b>2 TEŽNOSTNO POLJE ZEMLJE</b>	<b>5</b>
2.1 Težnostni pospešek in težnostni potencial	5
2.2 Geometrija težnostnega polja	7
<b>3 GEOID IN ROTACIJSKI ELISPOID</b>	<b>10</b>
3.1 Normalno težnostno polje	11
3.1.1 Geodetski referenčni sistem 1980 (GRS80)	13
3.2 Projekcija točke na elipsoid in druge oblike Zemlje	16
3.3 Anomalija težnosti	18
3.4 Model geoida (kvazigeoida)	19
3.4.1 Globalni geopotencialni model EGM96	20
3.4.2 Evropski gravimetrični kvazigeoid EGG97	22
3.4.3 Geoid Republike Slovenije	24
<b>4 VIŠINSKI SISTEMI</b>	<b>25</b>
4.1 Uvod – višine pri geometričnem nivelmanu	25
4.2 Definicija višinskega sistema	28
4.3 Geopotencialne kote	29
4.4 Dinamične višine	30
4.5 Ortometrične višine	32
4.5.1 Helmert	34
4.6 Normalne višine	35
4.6.1 Molodenski	37

<b>4.7</b>	<b>Normalne ortometrične višine</b>	<b>38</b>
<b>4.8</b>	<b>Elipsoidne višine</b>	<b>40</b>
<b>4.9</b>	<b>Tabela lastnosti vseh višinskih sistemov</b>	<b>42</b>
<b>4.10</b>	<b>Nacionalni višinski sistemi v Evropi</b>	<b>43</b>
<b>5</b>	<b>NIVELMANSKA, GRAVIMETRIČNA in GPS-MREŽA</b>	<b>44</b>
<b>5.1</b>	<b>Nivelmanska mreža</b>	<b>44</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Razdelitev nivelmanske mreže v RS in dopustna odstopanja</b>	<b>45</b>
<b>5.1.1.1</b>	<b>Dopustna odstopanja</b>	<b>46</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Ocena natančnosti opazovanih višinskih razlik pri geometričnem niveliranju</b>	<b>47</b>
<b>5.1.2.1</b>	<b>Ocena natančnosti opazovanih višinskih razlik pri geometričnem niveliranju PRED izravnavo</b>	<b>47</b>
<b>5.1.2.1.1</b>	<b>Ocena natančnosti opazovanih višinskih razlik iz razlik dvojnih merjenj</b>	<b>47</b>
<b>5.1.2.1.2</b>	<b>Ocena natančnosti opazovanih višinskih razlik iz razlik dvojnih merjenj nivelmanskega vlaka</b>	<b>48</b>
<b>5.1.2.1.3</b>	<b>Ocena natančnosti opazovanih višinskih razlik iz odstopanj pri zapiranju zank</b>	<b>48</b>
<b>5.1.2.2</b>	<b>Ocena natančnosti opazovanih višinskih razlik pri geometričnem niveliranju PO izravnavi</b>	<b>48</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Slovenski vertikalni datum (Avstro-Ogrska in Jugoslavija)</b>	<b>49</b>
<b>5.1.4</b>	<b>Zgodovinski pregled nivelmanskih del v Sloveniji</b>	<b>49</b>
<b>5.1.4.1</b>	<b>Preračun nivelmanske mreže Republike Slovenije (1999-2000)</b>	<b>50</b>
<b>5.2</b>	<b>Gravimetrična mreža</b>	<b>52</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Gravimetrični referenčni sistemi</b>	<b>52</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Gravimetrična mreža v Republiki Sloveniji</b>	<b>53</b>
<b>5.2.2.1</b>	<b>Osnovna gravimetrična mreža Jugoslavije</b>	<b>53</b>
<b>5.2.2.2</b>	<b>Absolutne gravimetrične točke v Republiki Sloveniji</b>	<b>53</b>
<b>5.2.2.3</b>	<b>Nova gravimetrična mreža v Republiki Sloveniji</b>	<b>55</b>
<b>5.3</b>	<b>GPS-mreža</b>	<b>56</b>
<b>5.3.1</b>	<b>Kordinatni sistemi, pomembni za GPS</b>	<b>56</b>



<b>5.3.1.1</b>	<b>ITRS koordinatni sistemi</b>	<b>56</b>
<b>5.3.1.2</b>	<b>ETRF89 koordinatni sistem</b>	<b>57</b>
<b>5.3.1.2.1</b>	<b>Prehod iz ITRFyy v ETRS89</b>	<b>57</b>
<b>5.3.1.3</b>	<b>WGS-84 koordinatni sistem</b>	<b>59</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Stanje GPS-točk na območju Slovenije</b>	<b>59</b>
<b>5.3.2.1</b>	<b>GPS-permanentne postaje</b>	<b>60</b>
<b>6</b>	<b>EVROPSKI VIŠINSKI SISTEMI</b>	<b>61</b>
<b>6.1</b>	<b>UEN (United European Levelling Network)</b>	<b>62</b>
<b>6.2</b>	<b>EUVN (European Vertical Reference Network)</b>	<b>66</b>
<b>6.2.1</b>	<b>Določevanje srednjega nivoja morja za potrebe EUVN</b>	<b>68</b>
<b>6.3</b>	<b>EVRS2000 (European Vertical Reference System 2000)</b>	<b>70</b>
<b>6.4</b>	<b>EVS2000 (European Vertical System 2000)</b>	<b>72</b>
<b>7</b>	<b>PROJEKT EUVN_DA</b>	<b>74</b>
<b>7.1</b>	<b>EUVN_DA tehnični napotki</b>	<b>76</b>
<b>8</b>	<b>MERITVE ZA PROJEKT EUVN_DA V SLOVENIJI</b>	<b>78</b>
<b>8.1</b>	<b>Nove EUVN (EUVN_DA) točke na območju RS</b>	<b>79</b>
<b>8.2</b>	<b>Geometrični nivelman</b>	<b>81</b>
<b>8.2.1</b>	<b>Ocena natančnosti in popravki niveliranih višinskih razlik</b>	<b>81</b>
<b>8.3</b>	<b>Gravimetrična opazovanja</b>	<b>86</b>
<b>8.3.1</b>	<b>Izvedba gravimetričnih meritev</b>	<b>86</b>
<b>8.3.2</b>	<b>Upoštevani popravki pri izračunu težnostnih pospeškov</b>	<b>88</b>
<b>8.3.3</b>	<b>Rezultati izračunanih absolutnih težnostnih pospeški na EUVN_DA točkah</b>	<b>92</b>
<b>8.4</b>	<b>GPS-opazovanja</b>	<b>94</b>
<b>8.4.1</b>	<b>Koordinate EUVN_DA točk podane v ETRS89 v epohi (1995.55)</b>	<b>94</b>
<b>8.4.2</b>	<b>Koordinate EUVN_DA točk podane v ETRS89 v epohi (2000.00)</b>	<b>97</b>
<b>8.4.3</b>	<b>Koordinate EUVN_DA točk podane v ETRS89 v epohi (2006.07)</b>	<b>98</b>
<b>8.4.3.1</b>	<b>Izvedba GPS-izmere</b>	<b>98</b>
<b>8.4.3.2</b>	<b>Obdelava in rezultati GPS-izmere</b>	<b>99</b>

9	<b>IZRAČUN</b>	<b>102</b>
9.1	<b>Gepotencialne kote</b>	<b>103</b>
9.1.1	<b>Izračun geopotencialnih kot</b>	<b>103</b>
9.1.1.1	<b>Višinske razlike uporabljene za izračun geopotencialnih kot</b>	<b>105</b>
9.1.2	<b>Rezultati izračuna geopotencialnih kot</b>	<b>109</b>
9.2	<b>Normalne višine</b>	<b>110</b>
9.2.1	<b>Izračun normalnih višin</b>	<b>110</b>
9.2.1.1	<b>Izračun in rezultati izračuna normalnega težnostnega pospeška</b>	<b>111</b>
9.2.2	<b>Rezultati izračuna normalnih višin</b>	<b>112</b>
9.3	<b>Ocena natančnosti EUVN_DA točk</b>	<b>113</b>
10	<b>REZULTATI</b>	<b>115</b>
10.1	<b>Komentar rezultatov</b>	<b>115</b>
10.1.1	<b>Višine EUVN_DA točk</b>	<b>115</b>
10.1.2	<b>Primerjava projekta EUVN_DA s projektom EUVN izvedenim leta 2000</b>	<b>119</b>
10.1.3	<b>Ocena natančnosti normalne višine EUVN_DA točk</b>	<b>121</b>
11	<b>ZAKLJUČEK</b>	<b>125</b>
12	<b>VIRI</b>	<b>128</b>

**RILOGE:**

**PRILOGA A1: Topografije EUVN\_DA točk.**

**PRILOGA A2: Topografije UELN izhodiščnih reperjev.**

**PRILOGA A3: Topografije navezovalnih reperjev za niveliranje EUVN\_DA točk.**

**PRILOGA B1: Opazovane vrednosti niveliranih višinskih razlik in povzetek načina njihove pridobitve za posamezno EUVN\_DA točko.**

**PRILOGA B2: Ocena natančnosti in popravki niveliranih višinskih razlik.**

**PRILOGA C: Izračun absolutnih težnostnih pospeškov.**

**PRILOGA D: Pomembne EUREF resolucije za EUVN\_DA.**

**PRILOGA E1: Neizpoljeni predvideni obrazci GPS, višinskih in gravimetričnih podatkov EUVN\_DA.**

**PRILOGA E2: Izpoljen novo podan obrazec EUVN\_DA za Slovenijo (format A3).**

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Lastnosti višinskih sistemov (Lisec et al, 2003 str. 42): .....	42
Preglednica 2: Tabela javnih EUVN rezultatov - primer za Slovenijo (maj, 2002) ( <a href="http://crs.bkg.bund.de/evrs/tabelle_neu.html">http://crs.bkg.bund.de/evrs/tabelle_neu.html</a> ): .....	68
Preglednica 3: Referenčna točka UELN ( <a href="http://crs.bkg.bund.de/evrs/Evrs.html">http://crs.bkg.bund.de/evrs/Evrs.html</a> ): .....	71
Preglednica 4: Vsebine UELN/EVS – podatkovne baze (maj, 2002) samo za Republiko Slovenijo ( <a href="http://crs.bkg.bund.de/evrs/DataCen.html">http://crs.bkg.bund.de/evrs/DataCen.html</a> ,01.03.2006): .....	73
Preglednica 5: Legenda pomena uporabe različnih barv v diplomski nalogi: .....	79
Preglednica 6: Izbrane točke in njihove koordinate v EUVN sistemu (Medved, 2006):.....	80
Preglednica 7: Rezultati izračuna standardnih odklonov kilometra enojnega nivelmana in standardnih odklonov kilometra dvojnega nivelmana nivelmanskih linij: .....	82
Preglednica 8: Višinske razlike brez in z upoštevanjem popravkov:.....	85
Preglednica 9: Izračunani absolutni težnostni pospeški na EUVN_DA, UELN in vmesnih točkah oz. reperjih NVN ali 1.reda ter podani absolutni težnostni pospeški uporabljenih absolutnih gravimetričnih točk, prikazano po serijah: .....	92
Preglednica 10: Kartez. koord. kombinirane rešitve EUREF uporabljene za EUVN_DA točke (Berk et al, 2003b - Priloga_29):.....	96
Preglednica 11: Transformacijski parametri uporabljeni za transformacijo koordinat iz ITRF96 v ETRS89 KS (Berk et al, 2003a – str.51):.....	96
Preglednica 12: Kartezične in elipsoidne koordinate v ETRS89 KS na GRS-80 elipsoidu v epohi (1995.55) (Berk et al, 2003b - Priloga_32):.....	97
Preglednica 13: Elipsoidne koordinate v ETRS89 KS na GRS-80 elipsoidu v epohi (2000):.....	98
Preglednica 14: Seznam vseh opazovališč, uporabljene opreme, višine anten in potek opazovanj (Berk et al, 2006, str.8 in 10):.....	98
Preglednica 15: Seznam vseh vektorjev, njihovih dolžin in potek opazovanj (Berk et al, 2006, str.8): .....	99

Preglednica 16: Položaji novih točk s pripadajočimi natančnostmi v koordinatnem sestavu ITRF 2000 in sistemu ETRS89 za srednjo epoho opazovanj 2006.07 (Berk et al, 2006, str.14 in 15):.....	100
Preglednica 17: Položaji novih točk v koordinatnem sistemu ETRS89 na GRS80 elipsoidu: .....	101
Preglednica 18: Izračun višinskih razlik med UELN točkami in reperji nivelmana 1.reda/NVN in višinskih razlik med reperji nivelmana 1.reda/NVN in EUVN_DA točkami in njihova primerjava z originalnimi uporabljenimi vrednostmi v izračunu: .....	105
Preglednica 19: Definitivne višinske razlike in njihove poprave:.....	106
Preglednica 20: Izravnava višinske razlike $\Delta h_{A-174}^{SI08}$ : .....	108
Preglednica 21: Izračun višinske razlike $\Delta h_{CP-877}^{SI13}$ : .....	109
Preglednica 22: Podane geopotencialne kote UELN točk in izračun geopotencialnih kot EUVN_DA točk: .....	109
Preglednica 23: Izračunane srednje normalne težnosti za vsako EUVN_DA točko:.....	112
Preglednica 24: Izračunane vrednosti normalnih višin novih EUVN točk, datum Amsterdam: .....	112
Preglednica 25: Vrednosti standardnih odklonov višine točk/reperjev:.....	113
Preglednica 26: Primerjava oddanih (original) in novih (poprava) geopotencialnih kot ter normalnih višin:.....	115
Preglednica 27: Primerjava normalnih-ortometričnih (datum Trst) in normalnih (datum Amsterdam) višin z elipsoidno višino in anomalijo višine: .....	116
Preglednica 28: Primerjava elipsoidnih koordinat EUVN in EUVN_DA točk: .....	119
Preglednica 29: Primerjava višin EUVN in EUVN_DA točk:.....	120
Preglednica 30: Primerjava razlik med $\zeta^{EGG97} - \zeta^{EUVN}$ in $\zeta^{SLO} - \zeta^{EUVN\_DA}$ anomalijami višin na območju Slovenije: .....	121
Preglednica 31: Standardni odkloni geopotencialnih kot navezovalnih UELN točk:.....	123
Preglednica 32: Rezultati izračuna ocene natančnosti geopotencialnih kot in normalnih višin EUVN_DA točk: .....	123

## KAZALO SLIK

Slika 1: Gravitacija, centrifugalni pospešek in težnost (Torge, 1989 – str.24).....	5
Slika 2: Zemlja, geoid, elipsoid (Kuhar, 2001 – str. 30).....	10
Slika 3: Geoid, elipsoid, teluroid in kvazigeoid. ....	17
Slika 4: Odstopanje med vektorjema realne sile teže in normalne sile teže.....	18
Slika 5: Razlika potencialov.....	27
Slika 6: Načini povezave med reperji.....	44
Slika 7: Gravimetrična mreža 0. in 1.reda Republike Slovenije (GURS, 2006).....	55
Slika 8: Približen položaj UELN95 točk na območju Slovenije.....	66
Slika 9: Razlike med EUVN in EGG97 anomalijami višine (povečava na območju Slovenije) (Torres, Kenyeres, 2003).....	74
Slika 10: Skica opazovanj, danih in izračunanih količin.....	78
Slika 11: Približen položaj starih EUVN in novih EUVN (EUVN_DA) točk in njihova območja radija ~ 35 km. ....	80
Slika 12: Serije opazovanj težnostnega potenciala.....	87
Slika 13: Metode merjenj gravimetričnih merjenj. ....	91
Slika 14: Epoha opazovanj EUVN_DA točk. ....	94
Slika 15: Točke EUREF na območju Slovenije, vključene v preračun (Berk et al, 2003a, str.47). ....	95
Slika 16: Izbor neodvisnih vektorjev na območju Slovenije (levo) in na celotnem območju (desno) (Berk et al, 2006, str. 6, 8 in 9 ). ....	99
Slika 17: Shema opazovanj in iskanih količin.....	102
Slika 18: Točke na katerih je bil določen težnostni pospešek in njihova medsebojna povezava za izračun geopotencialnih kot novih EUVN točk. ....	104
Slika 19: Razlike med EUVN in EGG97 anomalijami višin na območju Slovenije (Torres, Kenyeres, 2003). ....	121

## KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Standardni odkloni višine točk oz. reperjev. ....	114
Grafikon 2: Razlike med SLO-EUVN_DA anomalijami višin in normalne višine EUVN_DA točk, datum Ams. ....	117
Grafikon 3: Razlike med normalnimi-ortometričnimi, datum Trst in normalnimi višinami, datum Amsterdam v EUVN_DA projektu. ....	120
Grafikon 4: Ocena natančnosti normalnih višin EUVN_DA točk, datum Ams. ....	124

### OPOMBA:

Oštevilčene niso preglednice, slike, grafikoni in enačbe, ki so dobesedno privzete iz nekih virov in so takšne tudi ostale.

## UVOD

Projekt EUVN (European Vertical Reference Network), ki ga vodi IAG podkomisja EUREF in pokriva vse Evropske države, je bil leta 2001 uspešno dokončan. Sodelovanje Slovenije v projektu je bilo po mnenju podkomisije EUREF ocenjeno kot kvalitetno.

EUVN točke predstavljajo enega izmed osnovnih elementov Evropske geodetske mreže. Uporabljene so bile za ocenitev razlik med višinskim datumom in geoidom, pridobljenim z GPS-meritvami in niveliranjem, ki služijo kot prva kontrola obstoječim kontinentalnim in nacionalnim geoidnim rešitvam v evropskem terestričnem referenčnem sistemu ETRS89. V nekaterih delih Evrope je neujemanje med trenutnim evropskim gravimetričnim geoidom (EGG97) in točkovnim EUVN/UELN geoidom veliko in nehomogeno. Po obširnem obravnavanju problema so na EUREF simpoziju v Tromso 2000 in Dubrovniku 2001 odobrili dve resoluciji. EUREF tehnična delovna skupina (TWG) je glede na ti dve resoluciji zaključila, da začne z izvedbo zgostitve obstoječe EUVN mreže. Sestavila je delovno skupino (WG) za pripravo in vodenje izvedbe zgostitve EUVN mreže pod imenom EUVN\_DA (EUVN Densification Action), ki bo osnova za realizacijo višinske referenčne ploskve Evrope decimetrsk natančnosti. Glavni namen projekta je torej vzpostavitev goste in homogene mreže, ki bo izhodišče nadaljnim evropskim modelom geoida. Skupaj s planiranim novim Evropskim gravimetričnim geoidom (EGG2006) bo v veliko pomoč pri analizah višinskih mrež.

Zgostitev mreže na področju Republike Slovenije je izvajala Geodetska uprava Republike Slovenije GURS v sodelovanju s Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo FGG in Geodetskim inštitutom Slovenije GI. Diplomaska naloga opisuje pridobitev in izračun zahtevanih količin EUVN\_DA projekta na področju Republike Slovenije.



## **1 MEDNARODNO ZDRUŽENJE ZA GEODEZIJO IAG**

### **1.1 IAG**

IAG (International Association of Geodesy) je »Mednarodno združenje za geodezijo« in je ena od sedmih združb znotraj »Mednarodne zveze za geodezijo in geofiziko« IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics). Začetki delovanja IAG segajo v zgodnje 19. stoletje. Zadnje obširno in celovito preureditev je doživela v času 1999-2003. Sedaj so izhodišča zveze naslednja: jasno začrtani cilji, baziranje na treh stebrih geodezije (geometrična oblika Zemlje, njena gravitacija in orientacija v vesolju) in boljše sodelovanje z zelo uspešnimi IAG servisi. Organizacijo tako urejajo: pravilniki za IAG znanstvena srečanja, IAG statuti in IAG predpisi. Slednji detaljno definirajo znanstveno delo zveze, medtem ko IAG statuti opredeljujejo bolj objektivne cilje zveze. Znanstveno delo zveze je izvedeno znotraj komponent organizacije, ki so: Komisije, Službe, Notranji komisijski komiteji, Oddelek za stike z javnostmi in IAG projekti. Trenutno obstajajo štiri komisije (IAG, 2006):

- Komisija 1. Referenčni sestavi (Reference Frames)
- Komisija 2. Težnostno polje (Gravity Field)
- Komisija 3. Zemljina rotacija in geodinamika (Earth Rotation and Geodynamics)
- Komisija 4. Pozicioniranje (ali navigacija) in aplikacije (Positioning and Applications)

Vsaka komisija ima svoj vodilni komite, ki definira podstrukturo komisije, ki jo lahko tvorijo: Pod-komisije (Sub-commissions), Študijske skupine (Study Groups) in Projekti komisije (Commission Projects).

#### **1.1.1 Komisija 1. Referenčni sestavi (Reference Frames)**

Komisijo 1. Referenčni sestavi tvori med drugimi Pod-komisija PK 1.3 – Regionalni referenčni sestavi (SC 1.3 - Regional Reference Frames), katere del je Pod-komisija PK 1.3a – Evropski referenčni sestav EUREF (SC 1.3a - Europe Reference Frame).

Aktivnosti Pod-komisij regionalnih referenčnih sestavov so predvsem zaradi pridobivanja podatkov tesno povezane z naslednjimi IAG servisi (IAG, 2006):

- Mednarodna služba rotacije Zemlje in referenčnih sistemov IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service) .
- Mednarodna GPS-služba IGS (International GPS Service).
- Mednarodna služba za lasersko merjenje ILRS (International Laser Ranging Service) .
- Mednarodna VLBI služba za geodezijo in astrometrijo IVS (International VLBI Service for Geodesy and Astrometry) .
- Mednarodna DORIS služba IDS (International DORIS Service) .

#### **1.1.1.1 Pod-komisija 1.3a - Evropa (EUREF)**

EUREF, Evropski referenčni sestav kot pod-komisija za Evropo skrbi za definicijo, vzpostavitev in vzdrževanje višinskega in položajnega Evropskega referenčnega sestava. Pri tem sodeluje s EuroGeographics, ki je začasno združenje (konzorcij) Državnih kartografskih agencij NMA (National Mapping Agencies) v Evropi.

Pod-komite EUREF tvorijo predstavniki iz Evropskih držav članic IAG. Tehnično delovno skupino TWG (Technical Working Group) tvorijo člani, ki so predhodno izvoljeni, člani vodilni za posebne projekte in bivši uradni člani.

Program trenutnih aktivnosti (IAG-EUREF, 2005):

- nadaljevanje razvijanja EUREF permanentnih postaj EPN (EUREF Permanent Network) v tesnem sodelovanju z Mednarodno GPS-službo IGS (International GPS Service) za vzdrževanje Evropskega referenčnega sestava, kot tudi nadgradnja k ITRF (International Terrestrial Reference Frame) in kot osnovna podpora drugim podobnim projektom, kot je npr. GALILEO,
- razširitev Združene Evropske višinske mreže UELN (Unified European Levelling Network) in priprava za njen izračun po geokinematičnem pristopu,

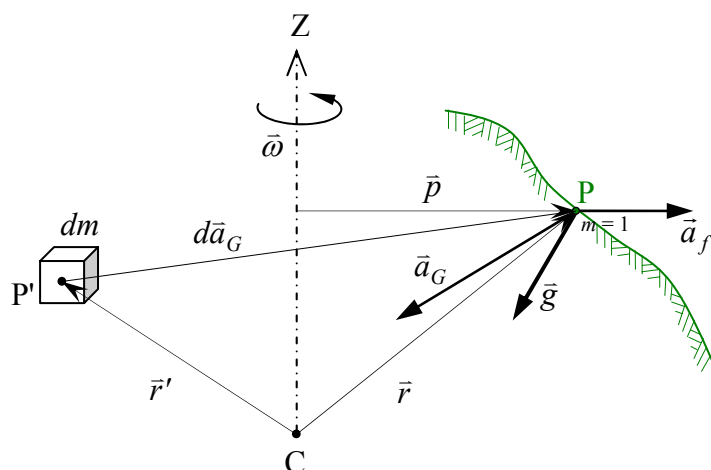
- nadgradnja projekta Evropska združena geodetska mreža ECGN (European Combined Geodetic Network) in raziskovanje že odkritih odstopanj med EUVN (European Vertical Reference Network) in gravimetričnim geoidom (projekt Zgotovitve mreže EUVN EUVN\_DA (EUVN Densification Action)) v tesnem sodelovanju z IAG komisijo 2: Težnostno polje (Gravity Field),
- vzpostavitev dovolj gostega »modela hitrostnega polja« v Evropi za dolgoročno ohranjanje Evropskega referenčnega sestava,
- kako prispevati k IAG projektu IGGOS (Integrated Global Geodetic Observing System) z uporabo obstoječe infrastrukture pod vodstvom EUREF članic.
- vzpodbujanje prevzema referenčnih sistemov definiranih v EUREF (ETRS89-European Terrestrial Reference System in EVRS2000-European Vertical Reference System) v Evropskih državah in drugih Evropskih organizacijah, ki se ukvarjajo z geo-položajnimi aktivnostmi,
- organizacija letnega simpozija, ki se nanaša na aktivnosti izvajane na nacionalnih in drugih Evropskih nivojih v povezavi z globalnim delom in cilji EUREF.

## 2 TEŽNOSTNO POLJE ZEMLJE

### 2.1 Težnostni pospešek in težnostni potencial

V točki P, ki se nahaja na površju Zemlje in se z njo vrti okoli osi Z, je **težnostni pospešek**  $g$  enotske mase sestavljen iz **gravitacije**<sup>1</sup>  $a_G$  in **centrifugalnega pospeška**  $a_f$  (Torge, 1989):

$$g = a_G + a_f$$



Slika 1: Gravitacija, centrifugalni pospešek in težnost (Torge, 1989 – str.24).

Enota za težni pospešek v SI sistemu merskih enot je  $[\text{ms}^{-2}]$ . Za prikaz odstopanj dejanskega težnega pospeška od polja normalne sile teže in za praktične meritve z gravimetri se uporabljata manjši enoti (Kuhar, 2001):

$$1\mu\text{ms}^{-2} = 10^{-6} \text{ms}^{-2} \quad 1\text{nms}^{-2} = 10^{-9} \text{ms}^{-2}$$

V geodeziji in geofiziki oz. gravimetriji je še vedno v rabi pomožna enota:

<sup>1</sup> pojem »gravitacija« je mišljena kot pospešek privlačne sile Zemlje  $a_G$ , kar je enako gravitacijski sili  $F_G$  enotske mase  $m = 1$ .

$$1\text{mGal} = 10^{-5}\text{ms}^{-2} \qquad 1\mu\text{Gal} = 10^{-8}\text{ms}^{-2}$$

Izpeljani sta iz enote Gal, poimenovani po G. Galileu ( $1\text{Gal} = 1\text{cms}^{-2}$ ). Te enote v uradni rabi niso dovoljene, vendar se v znanstvenem komuniciranju še vedno uporabljajo.

Zemljino gravitacijo podaja Newtonov gravitacijski zakon:

$$a_G(r) = G \iiint_{\text{Zemlja}} \frac{(r'-r)}{|r'-r|^3} dm = G \iiint_V \frac{\rho(r')}{|r'-r|^3} (r'-r) dV$$

- $r'$  ... geocentrični vektor točkovnega elementa P' mase  $dm$ ;
- $r$  ... geocentrični vektor točkovnega elementa P enotske mase  $m = 1$ ;
- $G$  ... Newtonova gravitacijska konstanta ( $(6,67259\ 0,00085) \times 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2}$ );
- $\rho$  ... gostota točkovnega masnega elementa  $dm$ ;
- $dV$  ... volumen točkovnega masnega elementa  $dm$ .

Centrifugalni pospešek, ki ga občuti telo enotske mase, je podan z naslednjim izrazom:

$$a_f(r) = \omega^2 \cdot p$$

- $\omega$  ... kotna hitrost rotacije Zemlje ( $7,292115 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$ );
- $p$  ... pravokotna razdalja točke P od rotacijske osi Z ( $\sqrt{x^2 + y^2}$ ).

Predstavitev težnostnega polja in z njim vsa povezana računanja se poenostavijo, če iz vektorskega polja preidemo na skalarno polje. Lahko zapišemo:

$$\bar{a}_G = \text{grad } V = \left( \frac{\partial V}{\partial x}, \frac{\partial V}{\partial y}, \frac{\partial V}{\partial z} \right); \quad \bar{a}_f = \text{grad } \Phi = \left( \frac{\partial \Phi}{\partial x}, \frac{\partial \Phi}{\partial y}, \frac{\partial \Phi}{\partial z} \right)$$

Tako dobimo **gravitacijski potencial** za Zemljo:

$$V(r) = G \iiint_V \frac{\rho(r')}{|r'-r|} dV \quad \lim_{r \rightarrow \infty} V = 0$$

ter centrifugalni potencial:

$$\Phi(r) = \frac{\omega^2}{2} \cdot p^2 \quad \lim_{d \rightarrow 0} \Phi = 0$$

in **težnostni potencial** kot vsoto gravitacijskega in centrifugalnega potenciala:

$$W(r) = V(r) + \Phi(r) = G \iiint_V \frac{\rho(r')}{|r'-r|} dV + \frac{\omega^2}{2} \cdot p^2$$

Skladno z enačbami zgoraj, str.5 in str.6, velja:

$$g = \text{grad } W = \left( \frac{\partial W}{\partial x}, \frac{\partial W}{\partial y}, \frac{\partial W}{\partial z} \right)$$

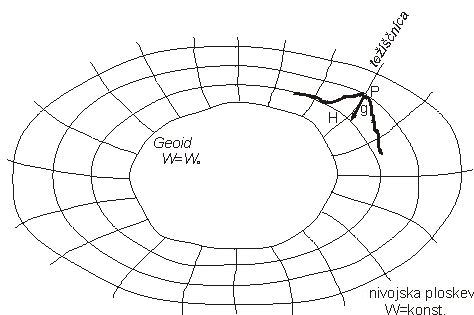
**Silo teže**  $F$ , ki deluje na telo mase  $m$ , pridobimo z množenjem  $g$  in  $m$  ali kot vsoto **gravitacijske sile**  $F_G$  in **centrifugalne sile**  $f$  :

$$F = m \cdot g = F_G + f$$

## 2.2 Geometrija težnostnega polja

Ploskve s konstantnim potencialom imenujemo ekvipotencialne ploskve ali nivojske ploskve.

$$W(x,y,z) = C = \textit{konstanta}$$



Slika: Geoid in nivojske ploskve (Lisec, 2002 – str. 21).

Lastnosti ekvipotencialnih ploskev so (Pavlovčič, 2001):

- so sklenjene, zaprte ploskve,
- so konveksne ploskve,
- so gladke zvezne ploskve brez prekinitev (na vsako točko na ploskvi lahko napnemo pripadajočo tangento ravnino),
- se ne sekajo,
- niso vzporedne med seboj,
- polmer ukrivljenosti se spreminja od točke do točke (nehomogene gostote mas v notranjosti Zemlje).

Zaradi nepravilne porazdelitve gostote v notranjosti Zemlje so ekvipotencialne ploskve zemeljskega težnostnega polja nepravilne ploskve, imenovane **geope** ali **geopotencialne ploskve**. Same ekvipotencialne ploskve težnostnega polja Zemlje lahko za ploskve izven zemeljskega površja zapišemo v sicer zahtevni analitični obliki, kar pa ni mogoče za ploskve, ki vsaj delno potekajo znotraj površja Zemlje (Lisec, 2002).

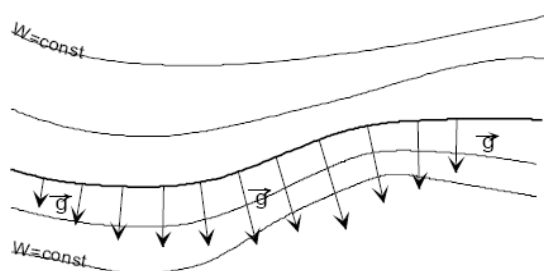
Težnostno polje je vektorsko polje, zato pri njem pomembno vlogo igrajo **silnice**, smerne krivulje vektorskega polja. Silnice so krivulje v vektorskem polju, za katere velja, da se smer tangente vsake točke krivulje ujema s smerjo polja. Silnice težnostnega polja imenujemo **težiščnice**, "plumb line" (ponazarja jih smer grezila). Torej, vektor sile teže je v vsaki točki na površini Zemlje tangenta na težiščnico.

Če poiščemo odvod težnostnega polja v nasprotni smeri vektorja sile teže vzdolž težiščnice, dobimo enačbo, ki podaja zvezo med višino in potencialom in je osnova teorije določanja višin točk. Prikazuje neločljiv odnos, s katerim je zaznamovana geodezija: zvezo med diferencialno razliko potencialov, ki je fizikalna količina in diferencialno razliko višin sosednjih nivojskih ploskev, ki je geometrična količina:

$$dW = -g \cdot dH \quad \Rightarrow \quad \delta W = -g \cdot \delta H \quad \Rightarrow \quad g = -\frac{\delta W}{\delta H}$$

Vidimo, da je težni pospešek negativni vertikalni gradient težnostnega potenciala  $W$ , ali pa vertikalna komponentna vektorja *grad*  $W$  (Kuhar, 2001).

Težni pospešek je funkcija razdalje točke od centra zemeljskih mas, v bližini zemeljske skorje pa tudi funkcija razporeditve površinskih mas. Zato vrednost težnega pospeška na nivojskih ploskvah ni konstantna. Če se težni pospešek na nivojski ploskvi spreminja, potem se, skladno z enačbo zgoraj spreminja tudi oddaljenost  $dH$  med sosednjima ploskvima. Posledica navedenega dejstva je neparalelnost nivojskih ploskev. Slika unten ponazarja zvezo med velikostjo težnosti in oddaljenostjo nivojskih ploskev. Čim večja je težnost, tem bližje so druga drugi nivojske ploskve, saj težnost predstavlja kvocient razlike potencialov dveh neskončno sosednjih ploskev in njune oddaljenosti (Kuhar, 2001).



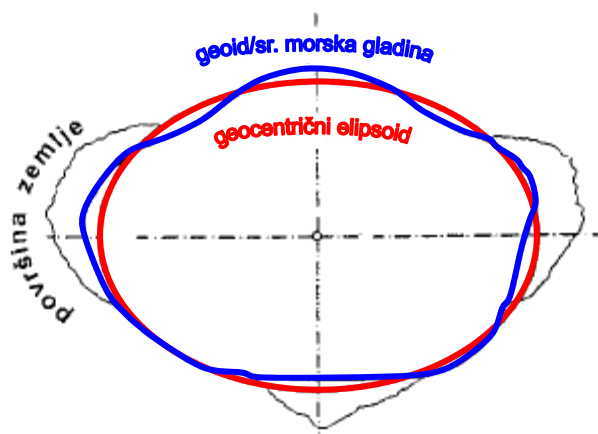
Slika: Težnost na ekvipotencialnih ploskvah (Kuhar, 2001 – str. 23).



### 3 GEOID IN ROTACIJSKI ELISPOID

Obliko Zemlje lahko predstavimo z eno od nivojskih ploskev težnostnega potenciala, saj so vsa dogajanja na fizični površini Zemlje tesno povezana s silo teže. V *fizikalnem pogledu* se obliki Zemlje najbolj prilega nivojska ploskev, imenovana **geoid**. To je po Gaussu potencialna ploskev zemeljskega telesa, ponazorjena s srednjo gladino svetovnih morij in v mislih podaljšana pod celinami. Je zaprta, zvezna nivojska ploskev, ki se delno širi znotraj, delno pa zunaj Zemlje (Kuhar, 2001).

V *matematičnem pogledu* se obliki Zemlje najbolj prilega **dvoosni rotacijski elipsoid**, ki je tudi izbran kot referenčna ploskev za določanje položaja točk na Zemlji. Čeprav Zemlja ni idealen elipsoid, ima elipsoidno težnostno polje velik praktičen pomen pri proučevanju realnega Zemljinega polja težnosti.



Slika 2: Zemlja, geoid, elipsoid (Kuhar, 2001 – str. 30).

Geoid je podan z enačbo:

$$W = W(x,y,z) = W_0$$

Morska gladina je podvržena številnim časovnim in prostorskim spremembam. V daljših časovnih obdobjih lahko obravnavamo morsko gladino kot ekvipotencialno ploskev, vendar se ta spreminja zaradi raznih vplivov. Tako lahko na primer tektonski procesi znotraj zemljine skorje spremenijo morsko gladino za nekaj sto metrov v obdobju  $10^8$  let. Velik vpliv na

gladino morja v krajših časovnih obdobjih  $10^3 - 10^5$  let ima izmenjava vode med ledeniki in oceani. V zelo kratkih časovnih obdobjih vplivata na nivo morja predvsem Luna in Sonce. Posledica njenega izmeničnega privlačnega vpliva se kaže kot plima in oseka (Kuhar, 2001).

Torej, da lahko morsko gladino obravnavamo kot dober približek geoida, moramo definirati srednji nivo morja, ki je določen kot povprečje opazovanj gladine morja, običajno v časovnem obdobju najmanj 18,6 let (Lunina perioda). Določa se na merilnih mestih, razporejenih vzdolž obale. Instrumenti na merilnih mestih, ki zaznavajo srednji nivo morja, so mareografi. V bližini mareografa se nahaja višinska točka, reper mareografa, ki se z meritvami naveže na državno nivelmansko mrežo. Normalni reper, ki določa lego ničelne nivojske ploskve, je stabiliziran na geološko stabilnem območju.

### 3.1 Normalno težnostno polje

Za določitev "normalnega" težnostnega polja uporabimo *rotacijski elipsoid*. Tako dobimo *nivojski elipsoid*, čigar ploskev je *ekvipotencialna ploskev* lastnega težnostnega polja. Ekvipotencialne ploskve normalnega težnostnega polja Zemlje imenujemo *sferope* ali *sferopotencialne ploskve*. Potencial normalnega težnostnega polja nivojskega elipsoida se lahko predstavi z enačbo:

$$U = U(x, y, z)$$

in je enolično določen (Heiskanen, Moritz, 1996 – str.64):

- s parametri rotacijskega elipsoida: veliko  $a$  in malo polosjo  $b$  (ali sploščenostjo  $f$ ),
- z maso  $M$  (enaka skupni masi Zemlje in njene atmosfere) ter
- kotno hitrostjo rotacije  $\omega$  (enaka Zemljini).

Izračunamo ga lahko po enačbi:

$$U = V + \frac{1}{2} \cdot \omega^2 \cdot (x^2 + y^2)$$

Potencial nivojskega elipsoida  $U_0$  je konstanten in je enak potencialu geoida  $U_0 = W_0$ . Vektor normalne sile teže  $\gamma$  je enak gradientu normalnega težnostnega potenciala:

$$\vec{\gamma} = \text{grad } U$$

Velikost normalnega težnega pospeška na elipsoidu ( $h=0$ ) podaja izraz *Somigliane* (1929):

$$\gamma_0 = \frac{a\gamma_e \cos^2 \varphi + b\gamma_p \sin^2 \varphi}{\sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi}}$$

$\gamma_e$  ... vrednost normalnega težnostnega pospeška na ekvatorju;

$\gamma_p$  ... vrednost normalnega težnostnega pospeška na polu;

$a, b$  ... velika in mala polos rotacijskega elipsoida;

$\varphi$  ... elipsoidna (geodetska) širina.

Kot vidimo je  $\gamma_0$  za dani elipsoid odvisna samo od geografske širine  $\varphi$ ,  $\gamma_0 = \gamma_0(\varphi)$ . Za določitev vrednosti normalnega težnostnega pospeška zunaj elipsoida ( $h \neq 0$ ) lahko uporabimo Taylorjevo vrsto:

$$\gamma(\varphi, h) = \gamma_0 + \left(\frac{\partial \gamma}{\partial h}\right)_0 h + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 \gamma}{\partial h^2}\right)_0 h^2 + \dots$$

ter tako dobimo (Leismann, 1992 cit. po Lisec, 2002):

$$\gamma(\varphi, h) = \gamma_0 \left( 1 - \frac{2}{a} \cdot \left( 1 + f + \frac{\omega^2 a}{\gamma_e} - 2f \sin^2 \varphi + \frac{3}{2} f^2 - 2f^2 \sin^2 \varphi + \frac{1}{2} f^2 \sin^4 \varphi \right) h \right)$$

$f$  ... geometrična sploščenost elipsoida;

$\omega$  ... kotna hitrost rotacije Zemlje.

### 3.1.1 Geodetski referenčni sistem 1980 (GRS80)

Poglavje povzeto po Moritz, H. 1989 (<http://crs.bkg.bund.de/evrs/Euvn.html> - 01.11.2005):

#### ↗ Definicija

Bazira na teoriji geocentričnega ekvipotencialnega elipsoida, definiranega z naslednjimi dogovorjenimi (conventional) konstantami:

- ekvatorialni radij Zemlje (velika polos elipsoida):

$$a = 6\,378\,137 \text{ m,}$$

- geocentrična gravitacijska konstanta Zemlje (z upoštevanjem atmosfere):

$$GM = 3\,986\,005 \times 10^8 \text{ m}^3\text{s}^{-2},$$

- dinamični faktor oblike Zemlje brez upoštevanja stalnega vpliva plimovanja:

$$J_2 = 108\,263 \times 10^{-8},$$

- kotna hitrost rotacije Zemlje:

$$\omega = 7\,292\,115 \times 10^{-11} \text{ rads}^{-1}$$

Uporabljene enačbe za preračun so enake, kot so bile objavljene iz strani IAG za Geodetski referenčni sistem 1967, pridobljene na XV-tem generalnem zasedanju IUGG v Moskvi 1971.

#### ↗ Numerične vrednosti:

Izpeljane geometrične konstante:

$b = 6\,356\,752.3141$  ... mala polos elipsoida;

$e^2 = 0.006\ 694\ 380\ 022\ 90$  ... kvadrat prve ekscentricitete elipsoida;  
 $f = 0.003\ 352\ 810\ 681\ 18$  ... geometrična sploščenost elipsoida.

Izpeljane fizikalne konstante:

$U_0 = 6\ 263\ 686.0850 \times 10\ \text{m}^2\text{s}^{-2}$  ... normalni težnostni potencial na elipsoidu;  
 $m = 0.003\ 449\ 786\ 003\ 08$  ... pomožna okrajšava:  $m = \omega^2 \cdot a^2 \cdot b / GM$ ;  
 $\gamma_e = 9.780\ 326\ 7715\ \text{ms}^{-2}$  ... normalni težnostni pospešek na ekvatorju;  
 $\gamma_p = 9.832\ 186\ 3685\ \text{ms}^{-2}$  ... vrednost normalnega težnostnega pospeška na polu;  
 $f^* = 0.005\ 302\ 440\ 112$  ... težnostna sploščenost:  $f^* = (\gamma_p - \gamma_e) / \gamma_e$ ;  
 $k = 0.001\ 931\ 851\ 353$  ... pomožna okrajšava  $k = (b \cdot \gamma_e - a \cdot \gamma_e) / a \cdot \gamma_e = (b \cdot \gamma_e / a \cdot \gamma_e) - 1$ .

↗ Enačba težnosti 1980

Vrednost  $\gamma_0$  lahko pridobimo po enačbi *Somigliane*. Vendar je za potrebe numeričnih izračunov bolj primerna naslednja enačba:

$$\gamma_0 = \gamma_e \cdot \frac{1 + k \cdot \sin^2 \cdot \varphi}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2 \cdot \varphi}}$$

Če izhajamo iz vrste:

$$\gamma_0 = \gamma_e \cdot \left( 1 + \sum_{n=1}^{\infty} a_{2,n} \cdot \sin^{2n} \varphi \right)$$

$$a_2 = \frac{1}{2} \cdot e^2 + k$$

$$a_4 = \frac{3}{8} \cdot e^4 + \frac{1}{2} \cdot e^2 \cdot k$$

$$a_6 = \frac{5}{16} \cdot e^6 + \frac{3}{8} \cdot e^4 \cdot k$$

$$a_8 = \frac{35}{128} \cdot e^8 + \frac{5}{16} \cdot e^6 \cdot k$$

dobimo:

$$\begin{aligned}\gamma_0(\varphi) = & 9.7803267715 \cdot \left( 1 + 0.0052790414 \cdot \sin^2 \varphi \right. \\ & + 0.0000232718 \cdot \sin^4 \varphi \\ & + 0.0000001262 \cdot \sin^6 \varphi \\ & \left. + 0.0000000007 \cdot \sin^8 \varphi \right) \quad [\text{ms}^{-2}]\end{aligned}$$

z natančnostjo  $10^{-3} \mu\text{ms}^{-2}$  oziroma  $10^{-4} \text{mGal} = 0.1 \mu\text{Gal}$ .

Če izhajamo iz dogovorjenega izraza:

$$\gamma_0 = \gamma_e \cdot \left( 1 + f^* \cdot \sin^2(\varphi) - \frac{1}{4} \cdot f_4 \cdot \sin^2(2\varphi) \right) \quad f^* = \frac{1}{2} \cdot f^2 + \frac{5}{2} \cdot f \cdot m$$

dobimo:

$$\gamma_0(\varphi) = 9.780327 \cdot \left( 1 + 0.0053024 \cdot \sin^2(\varphi) - 0.0000058 \cdot \sin^2(2\varphi) \right) \quad [\text{ms}^{-2}]$$

z natančnostjo  $1 \mu\text{ms}^{-2}$  oziroma  $0.1 \text{mGal}$ .

#### ↗ Izhodišče in orientacija referenčnega sistema

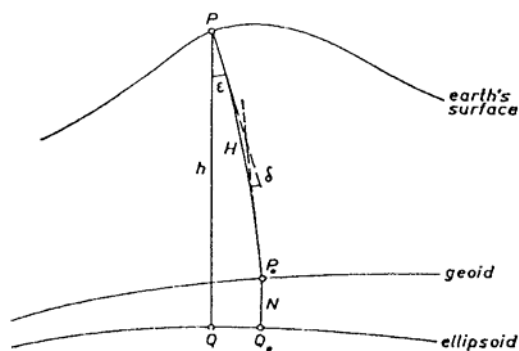
GRS 1980 je definiran kot geocentričen referenčni sistem, kar pomeni, da je njegovo izhodišče masno središče Zemlje. Rotacijska os referenčnega elipsoida ima smer enako CIO (Conventional International Origin for Polar Motion). Ničelni meridian definira BIH (Bureau International de l'Heure).

Tako pridobimo kartezični koordinatni sistem XYZ, katerega izhodišče je geocenter, katerega Z-os je rotacijska os referenčnega elipsoida, definirana s smerjo CIO in katerega X-os poteka skozi ničelni meridian kot določa BIH.

### 3.2 Projekcija točke na elipsoid in druge oblike Zemlje

Naj pozicijo točke  $P$  določajo naravne koordinate  $\Phi$ ,  $\Lambda$  in  $H$ . Prvič njeno projekcijo na geoidu  $P_0$  določa težiščnica (je rahlo ukrivljena krivulja). Razdalja  $PP_0$  med točkama  $P$  in  $P_0$  merjena vzdolž težiščnice je ortometrična višina  $H$  (glej poglavje 4.5, str.32). Ker običajno ne izvajamo izračunov direktno na geoidu, točko  $P_0$  nato projiciramo še na referenčni elipsoid preko normale na elipsoid (je premica). Tako dobimo še točko  $Q_0$  na elipsoidu. To dvojno projekcijo imenujemo *Pizzetijeva projekcija* (Heiskanen, Moritz, 1996 – str.180). Razdaljo med točkama  $P_0Q_0$  merjeno vzdolž normale imenujemo geoidna višina ali geoidna ondulacija  $N$  (geoidal height ali geoidal undulation). Pri tem ločimo med absolutno geoidno ondulacijo, ki se nanaša na globalni geocentrični elipsoid, in relativno geoidno ondulacijo, če se nanaša na lokalni referenčni elipsoid. Absolutna geoidna ondulacija v Sloveniji znaša v povprečju +46 m.

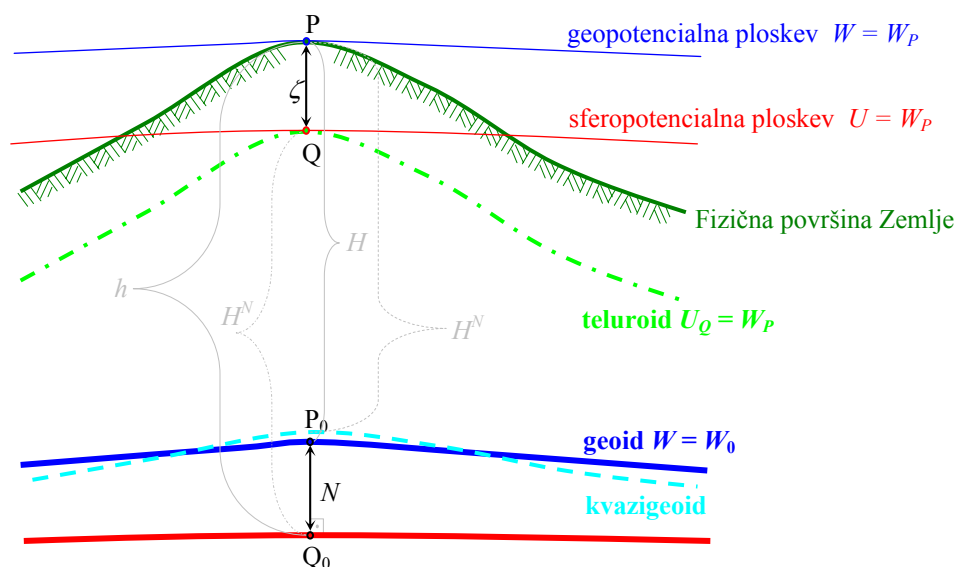
Lažje je, če točko  $P$  projiciramo direktno na elipsoid vzdolž normale na elipsoid (je premica), ter tako pridobimo točko  $Q$ . Razdalja  $PQ = h$  je geometrična višina točke  $P$  nad elipsoidom in jo imenujemo elipsoidna višina (glej poglavje 4.8, str.40). Ker je točka  $P$  lahko določena tudi z  $h$  in geografskimi koordinatami  $\varphi$  in  $\lambda$ , lahko naravne koordinate  $\Phi$ ,  $\Lambda$  in  $H$  točke  $P$  nadomestimo z t.i. geodetskimi koordinatami  $\varphi$ ,  $\lambda$  in  $h$ . Ta projekcija se imenuje *Helmertova projekcija* (Heiskanen, Moritz, 1996).



Slika: Pizzetijeva in Helmertova projekcija (Heiskanen, Moritz, 1996 – str.180).

V praksi je razlika med obema projekcijama majhna, saj je dejanska razlika  $h - (H+N)$  znotraj enega milimetra (Heiskanen, Moritz, 1996). Tudi če je  $\varepsilon = 1'$  in  $H = 1000\text{m}$  (za  $R = 6371\text{km}$ ), je razdalja  $QQ_0$  okrog 30 cm (slika oben). Geodetske koordinate se razlikujejo za manj kot  $0.01''$ , kar je pod natančnostjo določitve astronomskih koordinat. Zato lahko v večini primerov zanemarimo razlike med tema dvema projekcijama (Heiskanen, Moritz, 1996).

Geometrijsko mesto točk, za katero velja, da je v vsaki njeni točki Q izpolnjeno  $U_Q = W_P$  imenujemo **teluroid** (Hirvonen 1960, 1961 cit. po Kuhar, 2001). Teluroid ni nivojska ploskev, njegova oblika ponazarja fizično površino Zemlje. Višinska razlika med teluroidom in fizično površino Zemlje je anomalija višine  $\zeta$ , med teluroidom in elipsoidom pa normalna višina  $H^N$  (glej poglavje 4.6, str.35).



Slika 3: Geoid, elipsoid, teluroid in kvazigeoid.

Če normalne višine vseh točk na površini Zemlje nanesejo navzdol v njeno notranjost, dobimo ploskev **kvazigeoida**. Na ta način je kvazigeoid za normalne višine to, kar je geoid za ortometrične višine. Kvazigeoid ni nivojska ploskev, vendar so njegova odstopanja od geoida majhna, na morjih ti dve ploskvi sovpadata.



Zaključimo lahko, da med elipsoidno, ortometrično in normalno višino veljajo zveze:

$$h = H + N = H^N + \zeta$$

### 3.3 Anomalija težnosti

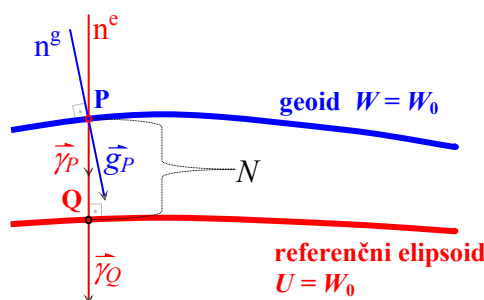
Dejansko težnostno polje Zemlje  $W$  odstopa od normalnega težnostnega polja nivojskega elipsoida  $U$ , zato je za določitev dejanskega težnostnega polja Zemlje je potrebno poznati vrednost motečega težnostnega polja oz. potenciala  $T$ .

$$W(x,y,z) = U(x,y,z) + T(x,y,z)$$

Dejanskega  $W$  in motečega potenciala  $T$  ne moremo neposredno izmeriti, vendar obstaja možnost, da  $T$  izrazimo s pomočjo količin, ki se jih da določiti oz. izmeriti.

Naj bo točka P na geoidu  $W(x,y,z) = W_0$ , normala na elipsoid  $U(x,y,z) = U_0$  skozi točko P pa prebada elipsoid v točki Q. Vektor težnostnega pospeška v točki P je  $\vec{g} = \vec{g}_P$ , vektor normalnega težnostnega pospeška v točki Q pa  $\vec{\gamma} = \vec{\gamma}_Q$ . Njuno razliko imenujemo vektor anomalije težnostnega pospeška  $\Delta\vec{g}$ :

$$\Delta\vec{g} = \vec{g}_P - \vec{\gamma}_Q$$



Slika 4: Odstopanje med vektorjema realne sile teže in normalne sile teže.

Razlika velikosti vektorjev imenujemo **anomalija težnostnega pospeška** ali **anomalija težnosti**, razliko v smeri pa odklon navpičnice (vertikale). To je razlika smeri vektorja sile

teže od smeri vektorja normalnega težnostnega polja. Na osnovi odklonov lahko določimo obliko geoida (Lisec, 2002).

Vektorja  $\vec{\gamma}$  in  $\vec{g}$  je možno primerjati tudi v točki P na geoidu. Ta primerjava nam poda vektor »motečega« težnega pospeška  $\delta\vec{g}$  (Kuhar, 2001):

$$\delta\vec{g} = \vec{g}_P - \vec{\gamma}_P$$

Tokrat razliko velikosti vektorjev imenujemo »moteči« težni pospešek ali »moteča« težnost, razliko v smeri pa pravtako odklon navpičnice.

### 3.4 Model geoida (kvazigeoida)

Podobno kot se upodablja površina Zemlje, se tudi površina ploskve geoida (kvazigeoida) lahko predstavi s pomočjo množice diskretnih točk (največkrat v obliki pravilne mreže točk – grida, kjer preostale vrednosti izračunamo s postopki interpolacije), ali pa v obliki točno definirane matematične enačbe. Ploskvi geoida oz. kvazigeoida sta zelo kompleksni. Njihovo pravo obliko lahko podamo samo v obliki neskončne matematične vrste. V praksi pa je to povsem nemogoče in se zato zadovoljujemo s končnimi matematičnimi vrstami, ki v največji možni meri aproksimirata ploskvi geoida (kvazigeoida) (Kuhar, 2001).

Končni rezultat vsakega izračuna je določena oblika in velikost geoida (kvazigeoida) glede na izbrano referenčno ploskev. V prostorskem smislu povezujejo geoid (kvazigeoid) in izbrani referenčni elipsoid geoidne višine oz. anomalije višine. To so odstopanja pravilne oblike elipsoida od nepravilne oblike geoida (kvazigeoida). Naloga določitve geoida (kvazigeoida) je torej v izračunu teh odstopanj. S tem namenom so bile razvite številne metode računanja, ki pa so odvisne od vrste razpoložljivih geodetskih merskih količin (Kuhar, 2001).

Na nekaterih območjih Zemlje so edini dostopni modeli geoida globalni geopotencialni modeli, ki so podani v obliki vrste sfernih funkcij. Nekateri (kot na primer EGM96) dosegajo

stopnjo in red 360, kar pomeni prostorsko ločljivost pol ločne stopinje oziroma 55 kilometrov, zato ne morejo nuditi natančnosti boljše od metra v absolutnem in nekaj decimetrov v relativnem smislu (Higgins, 2000, cit. po Kuhar, Prešeren, 2000).

Če potrebujemo model geoida večje natančnosti, moramo določiti lokalni model geoida. Pri tem lahko uporabimo tudi globalni geopotencialni model, ki nam pri tem predstavlja dolgovalovni vpliv zemeljskih mas na potek geoidne ploskve. Primer takšnega geoida je EGG97, ki je določen za območje Evrope, lahko pa določimo tudi model geoida za manjše območje, pri čemer lahko dosežemo večjo natančnost geoidnih všin (Kuhar, Prešeren, 2000).

### 3.4.1 Globalni geopotencialni model EGM96

Nosilke projekta določitve Globalnega geopotencialnega modela EGM96 (Earth Gravitational Model 96) so tri organizacije: NASA (National Aeronautics and Space Administration), NIMA (National Imaginary and Mapping Agency) in Mestna univerza v Ohio OSU (Ohio State University). Skupaj s programi za njegovo uporabo je brezplačno dostopen na svetovnem spletu (NIMA, 1997). <http://164.214.2.59/GandGhgs-84/geos.html>.

Model EGM96 je predstavljen v obliki vrste sfernih funkcij gravitacijskega potenciala, razvite do stopnje in reda  $n=m=360$ . Anomalijo višine oz. geoidno višino v točki na površju Zemlje lahko izračunamo, če poznamo njene koordinate  $(\varphi, \lambda)$  in vrednosti normiranih gravitacijskih koeficientov  $(\bar{C}_{nm}, \bar{S}_{nm})$  (NIMA, 2000 – str.6-2 in 6-3):

$$\zeta(\varphi, \lambda, r) = \frac{GM}{\gamma(\varphi) \cdot r} \left[ \sum_{n=2}^m \left( \frac{a}{r} \right)^n \sum_{m=0}^n (\bar{C}_{nm} \cdot \cos(m \cdot \lambda) + \bar{S}_{nm} \cdot \sin(m \cdot \lambda)) \cdot \bar{P}_{nm}(\sin \varphi) \right]$$

$$N(\varphi, \lambda) = N_0 + \zeta(\varphi, \lambda, r) + \frac{\Delta g_{BA}(\varphi, \lambda)}{\bar{\gamma}} \cdot H(\varphi, \lambda)$$

$GM$  ... gravitacijska konstanta Zemlje;

$r$  ... razdalja od težišča Zemlje do točke P;

- $a$  ... velika polos WGS84 elipsoida;  
 $n, m$  ... stopnja in red;  
 $\varphi, \lambda$  ... geocentrična geodetska širina in dolžina;  
 $\bar{C}_{nm}, \bar{S}_{nm}$  .. normirani gravitacijski koeficienti;  
 $\bar{P}_{nm}$  ... normirana prirejena Legendrova funkcija;  
 $N_0$  ... geoidna višina, ničelni člen ( $N_0 = -0.53$  m);  
 $\bar{\gamma}$  ... povprečna vrednost normalnega težnega pospeška;  
 $H(\varphi, \lambda)$  ... rezultat analize harmonične vrste višinske podatovne baze JGP95E<sup>1</sup>;  
 $\Delta g_{BA}(\varphi, \lambda)$  .. Bouguerova anomalija težnosti iz EGM96.

Geoidne višine se nanašajo na referenčni elipsoid WGS84 ( se zanem. malo razl. od GRS80).

Glavni del določitve ploskve geoida torej predstavlja določitev normiranih gravitacijskih koeficientov v vrsti sfernih funkcij anomalije višine, ki so odvisni od razporeditve mas v telesu Zemlje. Le-te ne moremo izmeriti neposredno, pač pa jih določamo s pomočjo podatkov o težnostnem pospešku, ki jih razdelimo (Nima, 1997 cit. po Prešeren, 1999):

#### ↪ Na kopnem

Pri določitvi EGM96 je bilo vključenih tudi enakomerno razporejenih 419 gravimetričnih točk iz Slovenije, ki jih je v okviru sodelovanja z Univerzo v Leedsu posredoval Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko iz Ljubljane.

#### ↪ Na morjih

Model je določen na osnovi opazovanj satelitske altimetrije (GEOSAT in ERS1). Opravljene so bile tudi meritve s tehnikami letalskega pridobivanja podatkov o težnosti (ang.: airborne gravity survey), značilen primer za to je Grenlandija.

---

<sup>1</sup> Joint Gravity Project 95 (JGP95E) je globalni 5' digitalni višinski model, ki ga je razvila NIMA in NASA/GSFC iz najboljših razpoložljivih podatkov v EGM96 projektu.

## ↗ Satelitski podatki

Izvršena so bila opazovanja sledenja tirov več kot 30 satelitov s tehnikami SLR (Satellite Laser Ranging), TDRSS (Tracking and Data Relay Satellite System), GPS (Global Positioning System) in Transit/Doppler. Poleg tega so bila vključena tudi opazovanja med sateliti (ang.: satellite-to-satellite tracking).

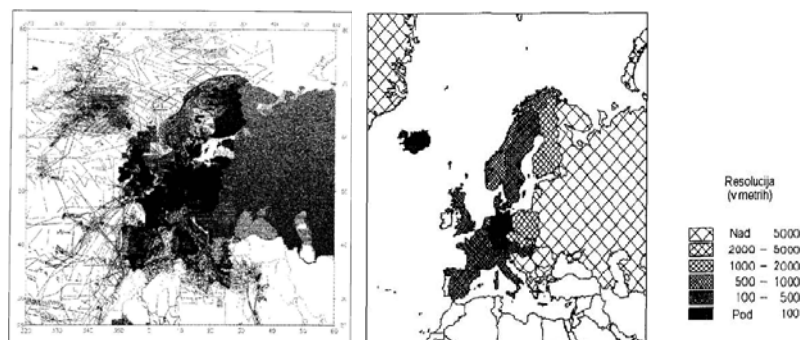
### **3.4.2 Evropski gravimetrični kvazigeoid EGG97**

Na geodetskem inštitutu Hannoverske univerze IfE (Institut für Erdmessung) so leta 1990 pričeli s projektom določitve evropskega gravimetričnega geoida EGG (European Gravimetric (quasi) Geoid). Projekt je potekal pod pokroviteljstvom Komisije za geoid (danes je to Komisija 2: Gravitacijsko polje) pri Mednarodnem združenju za geodezijo IAG.

Za izračun EGG97 so bili uporabljeni (Prešeren, 1999):

- globalni geopotencialni model EGM96,
- gravimetrični podatki, ki zajemajo 2,7 milijona točk. V vseh Evropskih državah je resolucija 10km ali boljša. Pri določitvi modela je bilo vključenih tudi približno 3000 gravimetričnih točk iz Slovenije. Na nekaterih morskih področjih so podatki gravimetrične izmere nezadostni, zato so bile za večino evropskih morij upoštevane tudi anomalije težnosti, dobljene s pomočjo, satelitske altimetrije (ERS-1).
- podatki o reliefu zbrani v obliki digitalnega modela reliefa DMR v enotni gridni mreži 7,5'x7,5' glede na geocentrični referenčni koordinatni sistem WGS84.

Pred obdelavo so gravimetrični podatki in DMR transformirani v WGS84 referenčni koordinatni sistem, gravimetrična izmera je vezana na globalno gravimetrično mrežo IGSN71. Referenčna ploskev geoidnih višin je elipsoid GRS80.



Slika: *levo* - razporeditev podatkov o gravimetričnih meritvah in *desno* - digitalni modeli reliefa v bazi IfE<sup>1</sup> (stanje junija 1996) (Prešeren, 1999, str.52-53).

Izračun kvazigeoida EGG97 je izveden s tehniko "remove-restore" v povezavi s hitro Fourierjevo transformacijo. Gravimetrična opazovanja so bila v postopku "remove" pretvorjena v reducirane anomalije težnosti  $\Delta\bar{g}_{red}$ , nato pa preračunana na srednje anomalije težnosti  $\Delta\bar{g}_{sr}$  z gridom 1,0'x1,5'. Te so bile uporabljene za izračun reduciranih anomalij višin  $\zeta_{red}$ , ki so bile nato s postopkom "restore" pretvorjene v anomalije višin ali kvazigeoidne višine  $\zeta$ . Vhodni podatki za izračun EGG97 so torej anomalije težnosti, ki se nanašajo na površje Zemlje. Ker opazovanja niso bila predhodno reducirana na geoid, je pri EGG97 primarni rezultat kvazigeoid, ki je podan z anomalijami višin v gridni mreži 1,0'x1,5' in 10'x15'. Geoid dobimo s transformacijo anomalij višin v geoidne višine, pri čemer upoštevamo gostoto mas v notranjosti Zemlje (IfE, 1997 cit. po Prešeren, 1999):

$$N = \zeta + \frac{\bar{g} - \bar{\gamma}}{\bar{\gamma}} \cdot H$$

$\zeta$  ... kvazigeoidna višina;

$H$  ... ortometrična višina (glej poglavje 3.5);

$\bar{\gamma}$  ... srednja vrednost normalnega težnega pospeška;

$\bar{g}$  ... srednja vrednost težnega pospeška:  $\bar{g} = g + 0,0424H$  [Gal],  $g$  [Gal],  $H$  [km];

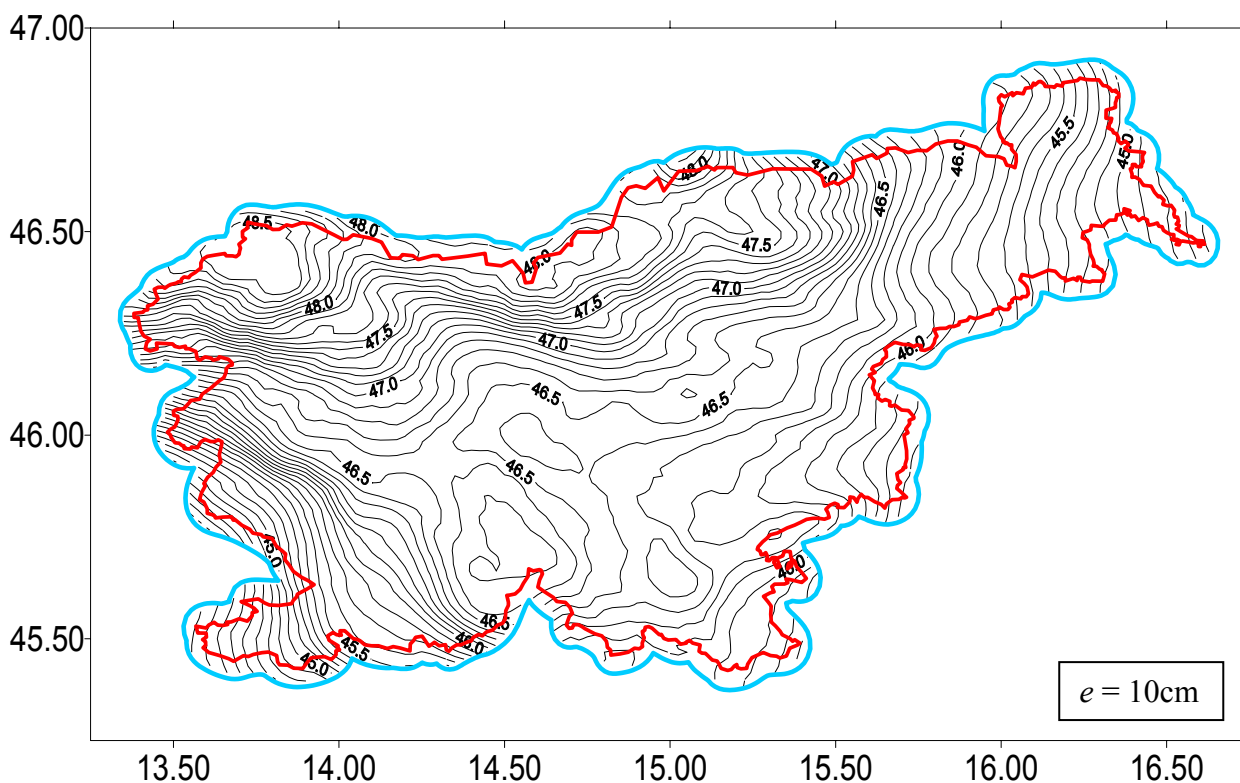
$g$  ... merjena vrednost težnega pospeška na površini Zemlje.

<sup>1</sup> Institut für Erdmessung.

### 3.4.3 Geoid Republike Slovenije

Za Geoid Republike Slovenije določen leta 2000 so bili uporabljeni astro–geodetski in gravimetrični podatki. V izračun ploskve geoida je bilo na ozemlju Slovenije in mejnih območjih Avstrije, Madžarske, Italije in Hrvaške vključenih 99 točk z izmerjenimi odkloni navpičnice skupaj z vrednostmi težnosti za 4000 točk in s podatki preciznega nivelmana in GPS za skoraj 200 točk. Model ploskve geoida je izračunan s pomočjo kolokacije po metodi najmanjših kvadratov z tehniko "remove – restore". Obširno o metodi računanja je pojasnjeno v magistrski nalogi Boška Pribičevića "Nov preračun ploskve geoida Republike Slovenije" (1999, FGG Ljubljana).

Digitalni model geoida za območje Slovenije je podan z vrednostmi geoidnih višin v pravilni mreži točk (grid) z ločljivostjo 1',0 × 1',5. Geoidne višine so podane glede na geocentrični elipsoid GRS80.



Slika: Dvodimenzijski prikaz ploskve geoida na območju Slovenije.

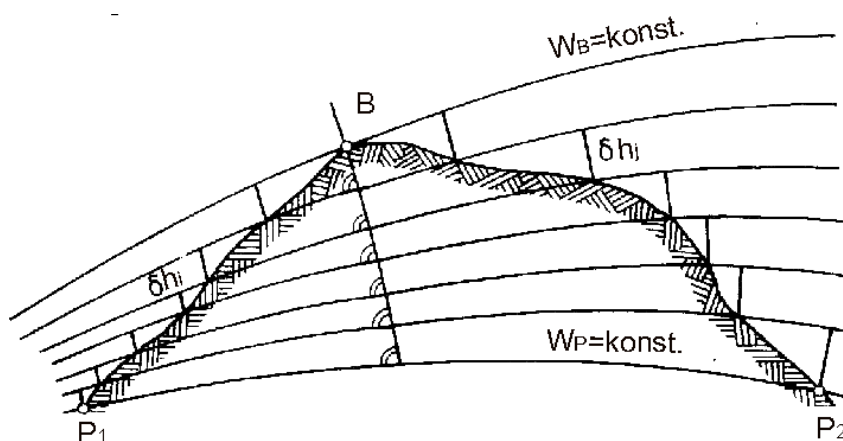
## 4 VIŠINSKI SISTEMI

### 4.1 Uvod – višine pri geometričnem nivelmanu

Pri določevanju nadmorske višine točke v sodobnih nivelmanskih mrežah višjih redov je potrebno poleg popravkov, ki so povezani s terestrično izmero in pogreški instrumenta, upoštevati tudi dejstvo, da poteka izmera v težnostnem polju Zemlje. Popravke niveliranih višinskih razlik zaradi vpliva težnostnega polja Zemlje je mogoče določiti s približnimi enačbami ali pa se nepravilno težnostno polje opiše z normalnim težnostnim poljem (Lisec, Koler, Kuhar, 2003).

Nivojske ploskve Zemlje niso vzporedne, kar prikazuje slika unten. Posledica nevporednosti nivojskih ploskev se kaže pri geometričnem nivelmanu. Naj bosta točki  $P_1$  in  $P_2$  točki na isti nivojski ploskvi (na nivoju morja – geoida). Nadmorsko višino točke B dobimo kot vsoto delnih višinskih razlik  $\delta h$ . V primeru niveliranja iz dveh različnih strani je očitno, da dobimo dve različni vrednosti za nadmorsko višino točke B (Lisec, 2002):

$$\sum_{i=1}^n \delta h_i \neq \sum_{j=1}^n \delta h_j .$$



Slika: Nevporednost nivojskih ploskev (Leismann, 1992 – str. 15 , cit. po Lisec, 2002).



Navedemo lahko približno enačbo za razmaknjenost sferopotencialnih ploskev, ki ustreza srednji višini nivelmanske linije  $H_m$  in ustrezni srednji geografski širini  $\varphi_m$  (Pellinen, Deumlich, 1982 cit. po Kuhar, 2001):

$$\Delta h \approx -0,0053 \cdot H_m \cdot \Delta\varphi \cdot \sin(2 \cdot \varphi_m)$$

Numerična konstanta  $-0,0053$  je težnostna sploščenost  $f^*$  za nivojski elipsoid GRS80. Za dolžino nivelmanske linije 50km (ustreza razliki geografskih širin začetne in končne točke linije  $\Delta\varphi = 0,008\text{rad}$ ) in srednjo višino linije  $H_m = 500\text{m}$ , dobimo vrednost  $\Delta h \approx 0,02\text{m}$ , ki je večja od običajnega kilometrskega pogreška niveliranja na tej razdalji.

Kot vemo, poteka skozi eno poljubno točko samo ena nivojska ploskev. To pomeni, da je tej točki prirejena samo ena vrednost potenciala  $W$ . Na ta način težnostni potencial predstavlja možnost predstavitve enoličnega višinskega položaja.

Označimo sedaj delno višinsko razliko med dvema točkama  $P_{i-1}$  in  $P_i$  z  $\delta h_i$ . Če sta nam znani vrednosti težnega pospeška na točkah, lahko izračunamo razliko potencialov med tema dvema točkama:

$$W_i - W_{i-1} = - \int_{P_{i-1}}^{P_i} g \delta h = -(l_{i-1} \bar{g}_{i-1} - l_i \bar{g}_i)$$

$\delta h$  ... nivelirana višinska razlika;

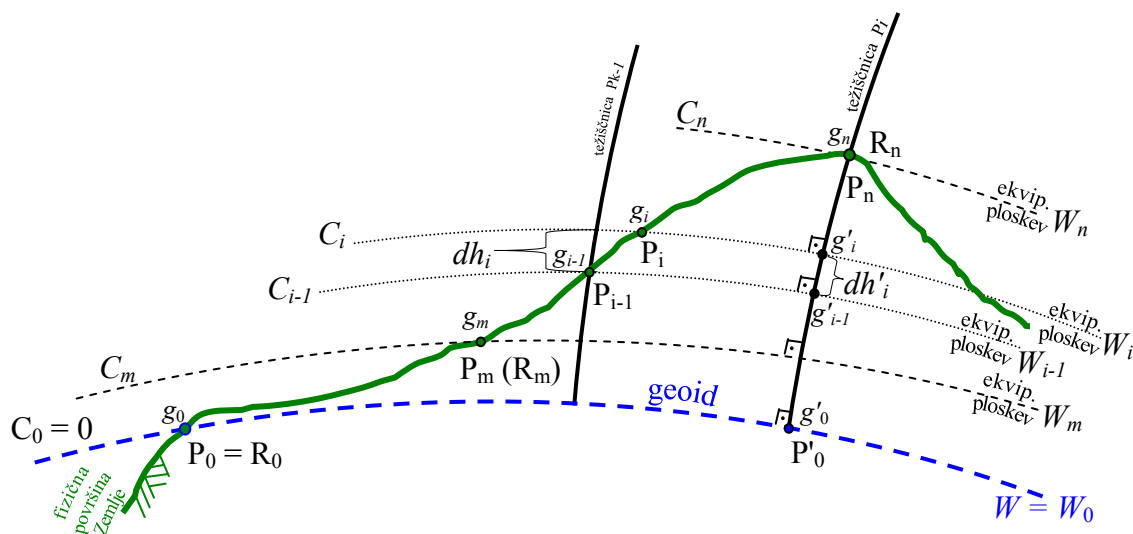
$l_i$  ... dolžina težiščnice od točke  $P_i$  do presečišča med nivojsko ploskvijo skozi optično središče objektiva nivelirja in težiščnico skozi  $P_i$ ;

$l_{i-1}$  ..... dolžina težiščnice od točke  $P_{i-1}$  do presečišča med nivojsko ploskvijo skozi optično središče objektiva nivelirja in težiščnico skozi  $P_{i-1}$ ;

$\bar{g}_i$  ... srednja vrednost težnostnega pospeška vzdolž težiščnice na točki  $P_i$  :

$$\bar{g}_i := \frac{1}{l_i} \int g \delta h .$$

V praksi vrednosti  $l_{i-1}$  in  $l_i$  enačimo z odčitkoma na latah (lata zadaj  $l_z$  in leta spredaj  $l_s$ ).



Slika 5: Razlika potencialov.

Na »Slika 5: oben« so točke na katerih postavimo lato označene s črko  $P_x$  in dodatno z  $R_x$ , če predstavljajo tudi reper. Točka  $P_m$  predstavlja samo vmesno točko, kadar niveliramo med točkama  $P_0$  in  $P_n$  oz. reper, kadar niveliramo med  $P_m$  in  $P_n$ . V tem poglavju naj velja, da je indeks  $i = 1$  rezerviran za nivelirano viš. razliko  $\Delta h_1$  med točkama  $P_0$  in  $P_1$ , indeks  $i = 2$  za  $P_1$  in  $P_2$  itd. V praksi pa imajo reperji neko svojo fiksno oznako. Tako ob indeksu  $i$  višinskim razlikam običajno pripišemo še oznaki reperjev, med katerima niveliramo. Tako lahko indeks  $i$  zmeraj teče od 1 do  $n$ , kjer je  $n$  število stojišč nivelirja.

Za točko  $P_n$  torej velja:

$$W_0 - W_n = \int_{P_0}^{P_n} dW = - \int_{P_0}^{P_n} g \delta h = - \int_{P_0}^{P_n} g' \delta h',$$

kjer integriramo vzdolž terena ( $\delta h = \delta l$ ) od geoida do točke  $P_n$ , ali pa vzdolž težiščnice ( $\delta h'$ ) točke  $P_n$ . Takšen nivelman imenujemo geopotencialni nivelman, saj povezuje geometrični nivelman z meritvami težnega pospeška (opravljenih na površini Zemlje) (Kuhar, 2001).

## 4.2 Definicija višinskega sistema

Definicija višinskega sistema je dokaj težavna naloga, saj je višina neločljivo povezana s težnostnim poljem Zemlje. Sicer lahko višino definiramo tudi geometrično na primer z elipsoidnimi (geodetskimi) koordinatami. Elipsoidne višine imajo dobro lastnost zaradi geometrične predstavitve in so nepogrešljive pri satelitskem določevanju položaja točk na Zemlji, medtem ko so za vsakdanjo uporabo v tehničnih nalogah neprimerne, saj točke istih elipsoidnih višin odstopajo od nivojskih ploskev tudi do  $\pm 100$  m (Lisec, 2002).

Za idealni višinski sistem naj bi veljalo (Bilajbegović, 1989 cit. po Lisec, 2002):

1. Višine točk morajo biti enolično določene in neodvisne od poti niveliranja.
2. Višine se morajo določiti enolično na osnovi fizikalnih meritev na fizični površini Zemlje brez uvedenih hipotez in predpostavk o notranji sestavi Zemlje.
3. Iz višin naj bi se določila geoidna ondulacija z zadovoljivo natančnostjo na čim bolj enostaven način. Tako bi bila mogoča enostavna povezava višin definiranega sistema z elipsoidnimi višinami, ki jo zahteva satelitska metoda določevanja položaja točk na površini Zemlje (GPS).
4. Višine točk naj bi bile podane v metrih, za katere mora obstajati geometrična razlaga.
5. Točke z isto višino morajo ležati na isti nivojski ploskvi.
6. Popravki merjenih višinskih razlik naj bodo čim manjši, da jih lahko pri niveliranju nižjega reda zanemarimo. Za višino točke na fizikalni površini velja:

$$h_i = H_i^{OR} + N_i = H_i^N + \zeta_i \quad (\text{glej poglavje 4.8, str. 40})$$

7. Popravki višinskih razlik med zaključnima točkama nivelmanske linije nižjega reda naj bi bili čim bližje linearni funkciji. S tem bi lahko uporabljali linearno interpolacijo določitve popravkov višinskih razlik med začetno in končno točko nivelmanske linije.

8. Preračun obstoječih višin »normalnih-ortometričnih višin« v novi sistem naj bi bil enostaven in popravki naj bi bili čim manjši.

Vsem naštetim zahtevam ne ustreza noben višinski sistem, saj so si zahteve med seboj tudi protislovne, to pa pomeni, da se mora višinski sistem določiti na osnovi kompromisov (Lisec, 2002). Danes je v Sloveniji veljaven višinski sistem s tako imenovanimi normalnimi ortometričnimi višinami. Vertikalni datum predstavlja ničelna nivojska ploske oziroma srednji nivo morja, ki je bila določena leta 1875 na osnovi mareografskih opazovanj na pomolu Sartorio v Trstu (Lisec, Koler, Kuhar, 2003).

### 4.3 Geopotencialne kote

Geoid ali ničelna nivojska ploskev predstavlja primerjalno ploskev za določitev razlik potencialov in merjenih višinskih razlik. Za njegovo upodobitev si pomagamo s srednjo morsko gladino, v mislih podaljšano pod celinami. Razlike potencialov, ki so reducirane na geoid imenujemo *geopotencialne kote*  $C$ . Geopotencialna kota je definirana kot negativna razlika potencialov od geoida točke do točke na površju Zemlje (Kuhar, 2002):

$$C_n = W_0 - W_n = \int_{P_0}^{P_n} dW = - \int_{P_0}^{P_n} g \delta h = - \int_{P_0}^{P_n} g' \delta h'$$

Enoto za geopotencialno koto imenujemo geopotencialno število ali GPU (»geopotencial unit«), kjer je  $1 \text{ GPU} = 10 \text{ m}^2\text{s}^{-2}$  ali v starih enotah  $1 \text{ GPU} = 1000 \text{ Galm}$ , saj se vrednosti geopotencialnih kot ne razlikujejo od nadmorskih višin za več kot 2 %.

Geopotencialno koto v praksi določimo kot vsoto:

$$C_n \approx \sum_{i=1}^n g_i^{sr} \Delta h_i \quad \text{oz.} \quad C_n = C_m + \Delta C_{mn}, \quad \text{kjer je} \quad \Delta C_{mn} \approx \sum_{i=m}^n g_i^{sr} \Delta h_i \quad (4.1)$$

- $i, n$  ... indeks;  $i = 1, \dots, n$  ali od  $m, \dots, n$ ;  $n$  je št. stojišč nivelirja (instrumenta);  
 $\Delta h_i$  ... nivelirana višinska razlika med točkama  $P_{i-1}$  in  $P_i$ :  $\Delta h_i = \Delta l_i = l_i^z - l_i^s$ ;  
 $g_i^{sr}$  ... srednja vrednost težnostnega pospeška kot aritmetična sredina težnosti na izmeniščih nivelmanske late:  $g_i^{sr} = \frac{1}{2} \cdot (g_{i-1} + g_i)$ .

V praksi težnostnega pospeška ne merimo na vsakem stojišču late vzdolž nivelmanske linije, ampak običajno samo na krajiščih te. Indeks  $n$  tako ni št. stojišč instrumenta, ampak št. nivelmanskih linij oz. *reperjev*-1 v niv. vlaku, na katerih smo določili težnostni pospešek. Višinska razlika  $\Delta h_i$  je tako vsota vseh višinskih razlik med latama v niv. liniji =  $(\Sigma(\Delta l_i))_i^1$ .

Dobre in slabe strani geopotencialnih kot (Lisec, 2002):

- ✓ določimo jih lahko na podlagi meritev opravljenih na fizični površini Zemlje (brez predpostavk o porazdelitvi gostote mas v notranjost Zemlje),
- ✓ točke na isti nivojski ploskvi imajo enako geopotencialno koto, so neodvisne od poti niveliranja – krivuljni integral po sklenjeni poti je enak nič,
- ✓ so pozitivne nad geoidom, nič na geoidu in negativne pod geoidom,
- ✗ jih ne moremo geometrično interpretirati (enota  $m^2s^{-2}$ ),
- ✗ ni enostavne povezave med geopotencialnimi kotami in geometričnimi elipsoidnimi višinami.

#### 4.4 Dinamične višine

Dinamične višine dobimo, če delimo geopotencialno koto s konstantno vrednostjo težnega pospeška na nivoju elipsoida z geografsko širino  $\varphi = 45^\circ$ :

<sup>1</sup> znotraj oklepaja teče  $i$  od 0 do št. stojišč instr. v niv.liniji za vsako niv. linijo posebj, zunaj oklepaja od 0 do št. niv.linij.

$$H_i^D = \frac{C_i}{\gamma_0^{45}}$$

$C_i$  ... geopotencialna kota točke  $P_i$ ;

$\gamma_0^{45}$  ... normalni težnostni pospešek za  $\varphi = 45^\circ$ :  $\gamma_0^{45} = 9,806199203 \text{ ms}^{-2}$ .

Tako smo dobili količino, ki ima konstantno vrednost na nivojski ploskvi izraženo v metrih.

Dinamične višine oz. višinske razlike dobimo tako, da merjeni višinski razliki med obema reperjema prištejemo dinamični popravek, ki eliminira odstopanje višinskih razlik pri zaključeni nivelmanski zanki:

$$H_n^D = \frac{C_n}{\gamma_0^{45}} = \int_{P_0}^n \delta h + \int_{P_0}^n \frac{g - \gamma_0^{45}}{\gamma_0^{45}} \approx \sum_{i=1}^n \Delta h_i + \sum_{i=1}^n \frac{g_i^{sr} - \gamma_0^{45}}{\gamma_0^{45}} \Delta h_i$$

$$DP_{mn}^1 = \int_{P_m}^{P_n} \frac{g - \gamma_0^{45}}{\gamma_0^{45}} \delta h \approx \sum_{i=m}^n \frac{g_i^{sr} - \gamma_0^{45}}{\gamma_0^{45}} \Delta h_i$$

Kuhar (2002) navaja naslednji primer izračuna dinamičnega popravka na ekvatorju:

vrednost težnega pospeška znaša približno  $g \approx 9,78 \text{ ms}^{-2}$ , normalni težni pospešek je  $\gamma_0^{45} = 9,806 \text{ ms}^{-2}$ , za višinsko razliko  $\Delta h = 300 \text{ m}$  znaša dinamični popravek  $DP = -0,8 \text{ m}$ .

Dobre in slabe strani dinamičnih višin (Lisec, 2002):

✓ točke z isto dinamično višino ležijo na isti nivojski ploskvi,

---

<sup>1</sup> V večini literature je dinamičen popravek indeksiran kot  $DP_{ij}$  in v vsoti teče indeks  $i$  od  $i = 1, \dots, n$ . Tako je jasno, da gre za vsoto vseh niveliranih višinskih razlik med dvema reperjema, od prve do zadnje. V mojem primeru se enačba nanaša na »Slika 5:«, str.3, kjer vidimo medsebojni položaj točk  $P_m$  in  $P_n$ . Indeks  $i = 1$  je rezerviran samo za nivelirano viš. razliko med točkama  $P_0$  in  $P_1$  itd.

- ✓ niso definirane na osnovi hipotez in so neodvisne od poti niveliranja,
- ✓ imajo dimenzijo dolžin;
- ✗ popravki niveliranih višinskih razlik so lahko zelo veliki (vidimo iz primera),
- ✗ nimajo geometričnega pomena.

#### 4.5 Ortometrične višine

Ortometrična višina je odaljenost točke na površju Zemlje od geoida, merjeno po ukrivljeni težiščnici, kar lahko zapišemo kot (integriramo vzdolž težiščnice):

$$H_i^{OR1} = \int_{P_0}^{P_i} \delta h'$$

Zapišemo lahko:

$$H_i^{OR} = \int_{P_0}^{P_i} \delta h' = - \int_{P_0}^{P_i} \frac{dW}{g_i'} = \int_{P_0}^{P_i} \frac{dC}{g_i'} = - \int_{P_0}^{P_i} \frac{g}{g_i'} \delta h$$

Ortometrično višino dobimo, če geopotencialno koto  $C_i$  točke  $P_i$  delimo s srednjo vrednostjo težnostnega pospeška vzdolž težiščnice:

$$H_i^{OR} = \frac{1}{\bar{g}_i'} \int_{P_0}^{P_i} g \delta h \quad \Rightarrow \quad H_i^{OR} = \frac{C_i}{\bar{g}_i'}$$

$\bar{g}_i'$  ... srednja vrednost težnega pospeška vzdolž težiščnice v integralnem pomenu

$$\bar{g}_i = \frac{1}{H_i} \int_0^H g \cdot \delta h$$

---

<sup>1</sup> Ortometrično višino okrajšano označimo tudi samo kot  $H^O$  ali  $H \Rightarrow H^{OR} = H^O = H$ .

Ker lahko srednji težni pospešek vzdolž težiščnice določimo le na osnovi hipotez o gostoti, lahko v praksi določimo le bolj ali manj natančne aproksimacije ortometričnih višin. Ker obstaja več načinov, kako določiti čim boljši približek teoretičnemu srednjemu pospešku vzdolž težiščnice, imamo celo vrsto ortometričnih višinskih sistemov, ki se običajno imenujejo po avtorju metode njihovega izračuna. Vse enačbe oz. ortometrične višinske sisteme lahko razdelimo v dve skupini (Kuhar, 2001):

- prva skupina metod poskuša določiti vrednost srednjega težnega pospeška vzdolž težiščnice čim bolj eksaktno, in tako višinski sistem čim bolj približati teoretičnemu ortometričnemu višinskemu sistemu. Tu pripadajo metode izračuna, ki so jih predlagali *Helmert, Niethammer, Mader, Müller*.
- druga skupina metod, ki poskušajo obdržati izračunane ortometrične višine čim bližje niveliranim višinam. Tu pripadajo enačbe, ki so jih predlagali *Ramsayer, Ledersteger, Baranov*.

V naslednjem podpoglavju 4.5.1, str.34 je predstavljen samo *Helmertov* pristop.

V praksi določimo ortometrične višinske razlike tako, da niveliranim višinskim razlikam prištejemo ortometrični popravek (Leismann, 1992 cit. po Lisec, 2002):

$$OP_{mn} = \sum_{i=m}^n \frac{g_i^{sr} - \gamma_0^\varphi}{\gamma_0^\varphi} \Delta h_i + \frac{\bar{g}_m - \gamma_0^\varphi}{\gamma_0^\varphi} H_m^{OR} - \frac{\bar{g}_n - \gamma_0^\varphi}{\gamma_0^\varphi} H_n^{OR}$$

$H_m^{OR}$ ,  $H_n^{OR}$  . . . približne ortometrične višine reperjev  $P_m$  in  $P_n$ .

Ortometrični popravek tvorijo trije členi. Prvi člen predstavlja dinamični popravek, ki je odvisen od poti niveliranja in znaša par centimetrov. Naslednja dva člena sta krajevno odvisna in ju izračunamo na osnovi predpostavk o porazdelitvi mas. Tudi ta dva popravka sta velika, vendar nasprotnega predznaka kot dinamični popravek, zato je skupni ortometrični popravek relativno majhen, saj znaša od nekaj milimetrov do centimetra (Lisec, 2002).



Dobre in slabe strani ortometričnih višin:

- ✓ imajo geometrični pomen,
- ✓ možna je povezava z elipsoidnimi višinami  $h = H + N$ ,
- ✓ skupni ortometrični popravek je relativno majhen;
- ✗ točke z enakimi ortometričnimi višinami ne ležijo na istih nivojskih ploskvah (razen na geoidu),
- ✗ srednji težni pospešek vzdolž težiščnice lahko določimo le na osnovi hipotez o gostoti, zato lahko v praksi določimo le bolj ali manj natančne aproksimacije ortometričnih višin.

#### 4.5.1 Helmert

Helmertova metoda določi srednjo vrednost težnega pospeška vzdolž težiščnice med geoidom in točko na fizični površini na enostaven način. Predpostavi linearno spreminjanje težnostnega pospeška z višino (Leismann, 1992 cit. po Lisec, 2002):

$$g^{HE} = g_{H/2} = \frac{1}{2} \cdot (g_i + g_0)$$

Če za vrednost težnostnega pospeška na geoidu privzamemo izraz za redukcijo po Poincaré-Prey, dobimo:

$$\bar{g}^{HE} = g_i + (3,086 - 0,83818\rho_i) \cdot 10^{-6} \cdot \frac{H_i^{OR}}{2} \quad [\text{ms}^{-2}]$$

$g_i$  ... težnost na površju Zemlje točke  $P_i$  [ $\text{ms}^{-2}$ ];

$H_i^{OR}$  ... približna ortometrična višina [m];

$\delta g_0$  ... redukcija po Poincaré-Prey [ $\text{ms}^{-2}$ ]:  $\delta g_0 = (3,086 - 0,83818\rho_i) \cdot 10^{-6} \cdot H_i^{OR}$  ;

$\rho_i$  ... gostota [ $\text{kg}/\text{dm}^3$ ]: srednja gostota litosfere  $\rho_i = 2,67 \text{ kg}/\text{dm}^3$ .

Lahko pa izhajamo iz naslednjega približka za vrednost povprečnega težnega pospeška znotraj zemeljskih mas (Pribičević, 1999 cit. po Prešeren, 1999):

$$\bar{g} = g - \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial g}{\partial H} \cdot H$$

Izraz za redukcijo težnostnega pospeška po Poincaré-Prey podaja približno numerično vrednost gradienta težnega pospeška (Lisec, 2002):

$$\frac{\partial g}{\partial H} \approx \frac{\partial \gamma}{\partial H} + 4 \cdot \pi \cdot G \cdot \rho \approx (-3,08600 + 2,23793) \mu\text{ms}^{-2}/\text{m} = -0,84807 \mu\text{ms}^{-2}/\text{m} = -0,084807 \text{ Gal}/\text{km}.$$

Praktičen izraz za srednji težnostni pospešek reduciran na geoid vzdolž težiščnice po Helmertu za točko  $P_i$  je (Lisec, 2002):

$$\bar{g}_i = g_i + 0,0424H_i \quad [\text{Gal}]; \quad \Leftrightarrow (g_i [\text{Gal}]; H_i [\text{km}])$$

Za vertikalni gradient težnostnega pospeška Helmert predpostavi vrednost gradienta normalnega težnostnega polja  $3,086 \cdot 10^{-6} \text{ ms}^{-2}$ . Pri zahtevani večji natančnosti moramo upoštevati, da vrednost dejanskega gradienta niha med  $-2,0 \cdot 10^{-6} \text{ ms}^{-2}$  v dolinah in  $-4,0 \cdot 10^{-6} \text{ ms}^{-2}$  v visokogorju. Tako ta metoda ni zelo primerna za območja z zelo razgibano topografijo (Lisec, 2002).

#### 4.6 Normalne višine

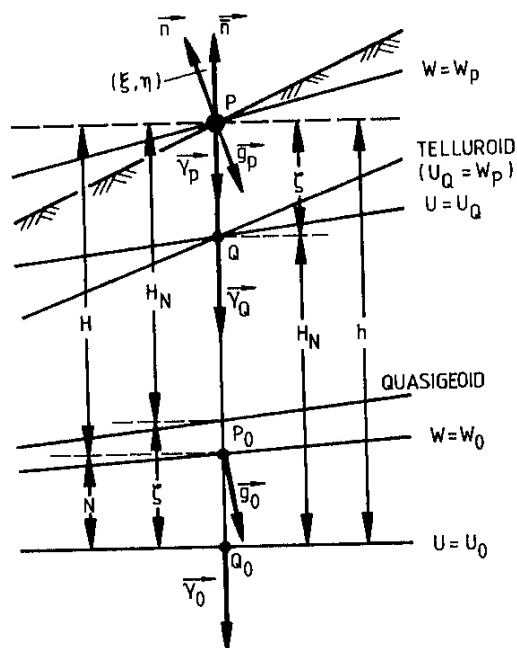
Normalno višino dobimo če geopotencialno koto  $C_i$  delimo z srednjo vrednostjo normalnega težnega pospeška na odseku "normalne težiščnice" točke  $P_i$  (Kuhar, 2001):

$$H_i^N = \frac{C_i}{\bar{\gamma}_i}$$

$\bar{\gamma}_i$  ... srednja vrednost normalnega težnega pospeška na odseku "normalne

$$\text{težiščnice" točke } P_i: \bar{\gamma}_i = \frac{1}{H_i^N} \int_0^{H_i^N} \gamma dH^N .$$

Srednja vrednost normalnega pospeška se išče na odseku težiščnice v normalnem težnostnem polju med točko  $Q_0$  na nivojskem elipsoidu in točko  $Q$  na teluroidu. Teluroid je geometrijsko mesto točk, za katerega velja, da je v vsaki njegovi točki  $Q$  izpolnjeno  $W_P = U_Q$ . Višinska razlika med teluroidom in fizično površino Zemlje je anomalija višine  $\zeta$ . Če normalne višine nanesejo navzdol od fizične površine, dobimo novo ploskev – kvazigeoid, ki ni nivojska ploskev, vendar se od nje le minimalno razlikuje (Lisec, 2002).



Slika: Fizična površina Zemlje, višine ter dejanske in normalne vrednosti težnosti Zemlje (Torge, 1989 – str.41).

Izračun srednje vrednosti normalnega težnega pospeška podaja več avtorjev: *Molodenski* (glej poglavje 4.6.1, str.37), *Vignal*, *Bomford*, *Hirvonen*.

Normalne višine določimo tako, da niveliranim višinskim razlikam prištejemo normalni popravek:

$$NP_{mn} = \sum_{i=m}^n \frac{g_i^{sr} - G_0}{G_0} \Delta h_i + \frac{\bar{\gamma}_m - G_0}{G_0} H_m^N - \frac{\bar{\gamma}_n - G_0}{G_0} H_n^N$$

$G_0$  . . . poljubna vrednost težnostnega pospeška.

Dobre in slabe lastnosti normalnih višin:

- ✓ določimo jih lahko brez dodatnih pogojev in hipotez;
- ✗ točke na isti nivojski ploskvi nimajo enakih normalnih višin,
- ✗ v visokogorju te višine zelo odstopajo od ortometričnih višin.

#### 4.6.1 Molodenski

Prvi je uvedel normalne višine Molodenski leta 1945, ko je v svoji teoriji o obliki Zemlje skušal fizično površino Zemlje opisati s pomožno ploskvijo, ki jo je kasneje Hirvonen poimenoval teluroid. Vsaki točki P na fizični površini je določil točko Q, ki leži na normalnem elipsoidu s težnostnim potencialom  $U_Q$  in je po vrednosti enak težnostnemu potencialu točke P  $W_P$  (Lisec, 2002).

Srednjo vrednost normalne težnosti lahko določimo kot (Lisec, 2002):

$$\bar{\gamma}_i = \frac{1}{H_i^N} \int_0^{H_i^N} \gamma \delta h = \gamma_0 + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial \gamma}{\partial H} \right)_0 H_i^N + \frac{1}{6} \left( \frac{\partial^2 \gamma}{\partial H^2} \right)_0 (H_i^N)^2 + \dots$$

Vrednost povprečnega težnostnega pospeška dobimo s pomočjo izraza:

$$\bar{\gamma}_i = \frac{1}{H_i^N} \gamma_0 \left[ 1 - \left( 1 + f + \frac{\omega^2 a}{\gamma_a} - 2f \sin^2 \varphi \right) \frac{H_i^N}{a} + \frac{H_i^{N^2}}{a^2} \right],$$

Normalni popravek lahko določimo za naše kraje tudi kot (Bilajbegović, 1984, cit. po Lisec, 2002):

$$NP_{i,n} = -0.000025685 \cdot H_{sr} \cdot \Delta\varphi^{[''}] + 0.00101987 \cdot (g - \gamma)_s \cdot \delta h_{i,n} \quad [\text{mm}]$$

$\delta h_{i,n}$  ... višinska razlika med reperjema  $i$  in  $n$  [m],

$\Delta\varphi$  ... razlika v geografski širini ["];

$(g - \gamma)_s$  ... anomalija določena iz gravimetričnih kart ali z enačbo [mGal]:

$$g - \gamma = g_{mer} + \partial g^{FA} - \gamma_\varphi;$$

$\partial g^{FA}$  ... popravek prostega zraka.

Anomalija  $\Delta g = (g - \gamma)$  se je v II. NVN za Jugoslavijo določala (Bilajbegović, 1989, cit. po Lisec, 2002):

$$\Delta g_i = (0,30857 + 0,00021 \cdot \cos(2\varphi_i)) \cdot H_i \quad [\text{mGal}]$$

Popravek prostega zraka za direktno redukcijo težnostnega pospeška za  $H_i$  in  $H_n$ , brez upoštevanja topografskih mas je enak:

$$\delta g^{FA} = + \frac{\partial g}{\partial H} (\Delta H_{i,n}) \cdot \delta g^{FA} = +3.086 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta H_{i,n} \quad [\text{ms}^{-2}]$$

#### 4.7 Normalne ortometrične višine

Ker v devetnajstem stoletju merjenje težnostnega pospeška ni bilo ravno pogosto, so se ortometrične višine določale na osnovi normalnega težnostnega pospeška v odvisnosti od geografske širine točke in so se nanašale na ničelno nivojsko ploskev (NN). Tako določene višine se imenujejo sferoidne ortometrične ali normalne ortometrične višine, ki predstavljajo razmerje med geopotencialno koto in povprečnim normalnim težnostnim pospeškom (Lisec, 2002):

$$H_i^{NO} = \frac{C_i}{\bar{\gamma}_i}$$

Iz niveliranih višinskih razlik dobimo normalne ortometrične višine tako, da jim prištejemo normalni ortometrični popravek (Lisec, 2002):

$$NOP_{mn} = \sum_{i=m}^n \frac{\gamma_i^{sr} - \gamma_0^\varphi}{\gamma_0^\varphi} \Delta h_i + \frac{\bar{\gamma}_m - \gamma_0^\varphi}{\gamma_0^\varphi} H_m^{NO} - \frac{\bar{\gamma}_n - \gamma_0^\varphi}{\gamma_0^\varphi} H_n^{NO}$$

Izraz za izračun normalnega ortometričnega popravka med točkama P<sub>1</sub> in P<sub>2</sub> lahko zapišemo tudi kot (Bilajbegović, 1984 cit.po Lisec, 2002):

$$NOP_{12} = -\beta \sin(2\varphi_m) H_m \frac{\Delta\varphi''}{\rho''} + \beta^2 \sin^2 \varphi_m \sin(2\varphi_m) H_m \frac{\Delta\varphi''}{\rho''}$$

$\beta$  ... težnostna sploščenost rotacijskega elipsoida (tudi oznaka  $f^*$ );

$\varphi_m$  ... srednja geografska širina;

$H_m$  ... srednja višina v metrih;

$\Delta\varphi''$  ... razlika geografskih širin v sekundah;

$\rho = 180^\circ/\pi$ .

Zadnji člen smemo zanemariti, če je razdalja med reperjema manjša od 2 km in višina H manjša od 600 m. Tako lahko v splošnem za izračun normalnega ortometričnega popravka uporabimo izraz (Leismann, 1992 cit. po Lisec, 2002):

$$NOP_{ij} = -\beta \sum_i (H_{mi} \sin 2\varphi_{mi}) \left( \frac{\Delta\varphi_i}{\rho} \right) = -0,000025707 \sum_i (H_{mi} \sin 2\varphi_{mi}) \Delta\varphi'' \text{ [mm]}$$

Za Slovenijo s srednjo geografsko širino  $\varphi_{sr} = 46^\circ 07'$ , velja (Lisec, 2002):

$$NOP = -0.000025685 \cdot \Delta\varphi^{[n]} \cdot H_{sr}^{[m]} \text{ [m]}$$

Dobre in slabe lastnosti normalnih višin:

- ✓ so neodvisne od raznih predpostavk,
- ✓ popravki merjenih višinskih razlik so majhni;
- ✗ geometrična razlaga višin ni možna,
- ✗ točke z isto višino ne ležijo na isti nivojski ploskvi,

#### 4.8 Elipsoidne višine

Elipsoidna višina predstavlja najkrajšo razdaljo med točko na površju Zemlje in referenčnim elipsoidom. Definirana je popolnoma geometrično. Elipsoidno višino lahko izrazimo tudi preko razlik normalnega težnostnega potenciala (Liseč, Koler, Kuhar, 2003):

$$h_i = \frac{U_0 - U_i}{\gamma_i}$$

Elipsoidne višine lahko določimo na dva načina – direktno in indirektno (Liseč, 2002):

*Direktne metode* določitve elipsoidnih višin nam podajo relativne elipsoidne višine, ki se nanašajo na lokalni elipsoid (terestrične meritve kot so trigonometrično višinomerstvo, geometrični-astronomski nivelman ipd.). Če se elipsoidne višine nanašajo na geocentrični elipsoid, dobimo absolutne elipsoidne višine (s satelitskimi tehnikami, ki nam podajo tridimenzionalne kartezične koordinate) in ne temeljijo na nobenih predpostavkah in hipotezah.

Z *indirektnimi metodami* določitve elipsoidnih višin se srečamo, ko želimo višinske sisteme povezati z elipsoidnimi koordinatami. Tako velja, da ortometrične in elipsoidne višine povezuje geoidna ondulacija:

$$h = H^O + N,$$

normalne in elipsoidne višine pa višina kvazigeoida:

$$h = H^N + \zeta.$$

Danes geoidne višine in višine kvazigeoida praviloma niso podane z visoko natančnostjo, vendar pa lahko določimo z znatno večjo natančnostjo razlike geoidnih (kvazigeoidnih) višin na osnovi astrogeodetskih in gravimetričnih izmer. Tako dosežemo z merjenimi težnostnimi pospeški, z ustreznim modelom terena in modernimi računskimi postopki natančnost  $[3-5] \times 10^{-6}$  (Leismann, 1992 cit. po Liseč, 2002). Tedaj lahko določimo elipsoidne višine iz niveliranih višinskih razlik na sledeči način:

$$\Delta h = \sum \delta h_i + \Delta OP + \Delta N \quad \text{ali} \quad \Delta h = \sum \delta h_i + \Delta NP + \Delta \zeta.$$

V obeh primerih moramo poznati vrednost težnostnega pospeška v opazovani točki, da lahko določimo ortometrični oziroma normalni popravek. Podobno velja tudi za normalni ortometrični popravek, kjer  $N_{NN}$  predstavlja oddaljenost elipsoida od ničelne nivojske ploskve (Liseč, 2002):

$$\Delta h = \sum \delta h_i + \Delta NOP + \Delta N_{NN}$$

Dobre in slabe strani elipsoidnih višin (Liseč, 2002):

- ✓ niso definirane na osnovi hipotez in so neodvisne od poti niveliranja,
- ✓ definirane so popolnoma geometrično in se nanašajo na referenčni elipsoid,
- ✓ točke z isto elipsoidno višino ne ležijo na isti nivojski ploskvi;
- ✗ odkloni ploskev z isto elipsoidno višino od nivojske ploskve so globalno zelo veliki in dosežejo tudi do  $\pm 100$  m,
- ✗ odkloni so veliki tudi na lokalnem območju na primer v hribovitih predelih dosežejo odklon na razdalji 10 km do  $\pm 1$  m (Wirth, 1990 cit. po Liseč, 2002).



#### 4.9 Tabela lastnosti vseh višinskih sistemov

Preglednica 1: Lastnosti višinskih sistemov (Lisec et al, 2003 str. 42):

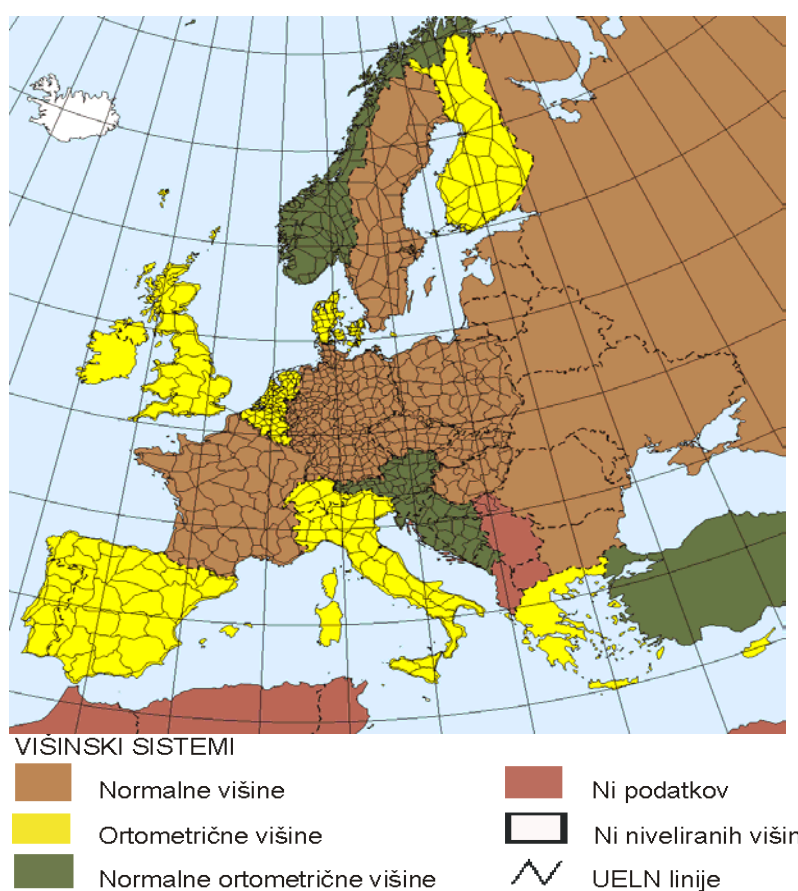
LASTNOSTI		VIŠINSKI SISTEMI					
		GEOPOT. KOTE	DINAM. VIŠINE	NORM. VIŠINE	ORTOM. VIŠINE	NORM.- ORTOM. VIŠINE	ELIPS. VIŠINE
1	Enolično določene višine, neodvisne od poti niveliranja?	✓	✓	✓	✓	✗	✓
2	Višine, neodvisne od predpostavk?	✓	✓	✓	✗	✓	✓
3	Matematična povezava z elipsoidnimi višinami?	✗	✓	✓	✓	✓	
4a	Višine so podane v metrih?	✗	✓	✓	✓	✓	✓
4b	Višine je mogoče razložiti na geometrijski način?	✗	✗	✓	✓	✗	✓
4c	Referenčna ploskev je	geoid	geoid	kvazi-geoid	geoid	NN ploskev	refer. elipsoid
5	Ali točke z isto višino ležijo na isti nivojski ploskvi?	✓	✓	✗	✓	✗	✗
6	Popravki merjenih višinskih razlik so majhni?	✗	✗	✓ <sub>1</sub>	✓ <sub>2</sub>	✓	✗

<sup>1</sup> Izjema višine po *Bomfordu*.

<sup>2</sup> Nekateri: *Baranov, Ramsayer, Strang, Chen*.

#### 4.10 Nacionalni višinski sistemi v Evropi

V Evropi so v veljavi trije različni višinski sistemi: normalne višine, ortometrične višine in normalne ortometrične višine. Tako so na primer ortometrične višine uveljavljene v Belgiji, Italiji, Švici, Danski in Finski. Normalne višine se uporabljajo v Franciji, Nemčiji na Švedskem in v večini Vzhodnoevropskih državah. Na Norveškem, Avstriji, Sloveniji in v ostalih republikah bivše Jugoslavije še danes predstavljajo osnovni državni višinski sistem normalne ortometrične višine.



Slika: Nacionalni višinski sistemi v Evropi  
(<http://evrs.leipzig.ifag.de/Relations.html>, 01.03.2006).

V praksi v Sloveniji poznamo štiri višinske sisteme (Rajner, 1998 cit. po Prešeren, 1999): geopotencialne kote, prave ortometrične višine, normalne ortometrične višine in normalne višine Molodenskega.

## 5 NIVELMANSKA, GRAVIMETRIČNA in GPS-MREŽA

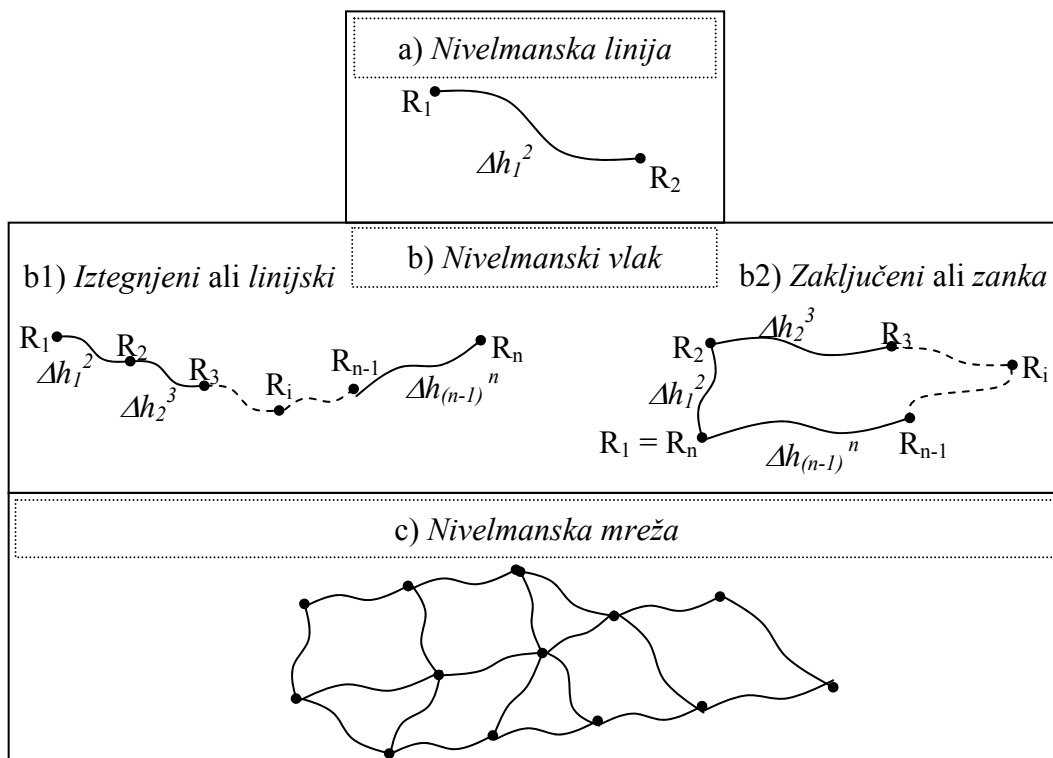
### 5.1 Nivelmanska mreža

Nivelmanska mreža je osnovna geodetska višinska mreža, ki služi kot geometrijska osnova za višinsko predstavitev detajla. Materializirana je z reperji, ki so stabilizirani na poseben predpisan način. Te reperje med saboj povezujemo (Kogoj, 1999):

dva med seboj direktno povezana reperja tvorita *nivelmansko linijo*, večje število med seboj povezanih nivelmanskih linij predstavlja *nivelmanski vlak*, ki je lahko:

- *Iztegnjeni* ali *linijski* nivelmanski vlak.
- *Zaključeni* nivelmanski vlak ali nivelmanska *zanka*.

Med seboj povezani nivelmanski vlaki tvorijo *nivelmansko mrežo*.



Slika 6: Načini povezave med reperji.

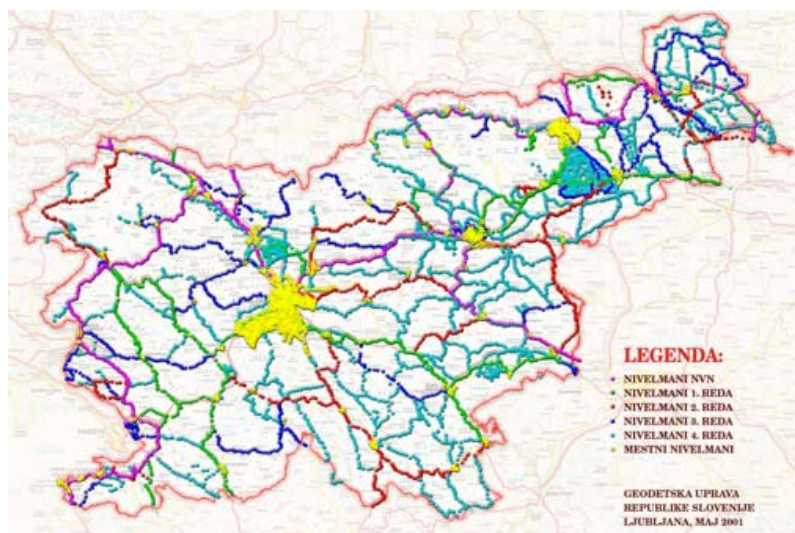
Če v nivelmanskem vlaklu višine končnega reperja (točke)  $R_n$  (»Slika 6: b1, str.44«) ne poznamo, imenujemo tak vlak *prosti* ali *slepi* nivelmanski vlak.

Kjer se stikata več kot dve nivelmanski liniji, imenujemo to vozlišče, ki je sestavni del vsake nivelmanske mreže ((»Slika 6: c, str.44«).

### 5.1.1 Razdelitev nivelmanske mreže v RS in dopustna odstopanja

Temeljne višinske geodetske točke definirajo višinski sistem RS. Glede na stopnjo natančnosti in način razvijanja mrež uvrščamo le-te v (GURS, 2005):

- nivelmanske mreže z veliko natančnostjo (NVN),
- nivelmanske mreže 1. reda,
- nivelmanske mreže 2. reda,
- nivelmanske mreže 3. reda,
- nivelmanske mreže 4. reda,
- mestne nivelmanske mreže.



Slika: Nivelmanska mreža temeljnih višinskih geodetskih točk v višinskem sistemu RS (<http://www.gu.gov.si/index.php?id=9912#13335>, 01.03.2006).

### 5.1.1.1 Dopustna odstopanja

Privzeto iz Pravilnika o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk (ULRS št.18-980/81, str. 26-27):

⇨ Dopustno odstopanje  $\Delta$  [mm] med niveliranjem naprej in nazaj:

- Nivelmanske mreže z veliko natančnostjo (NVN)	$\Delta = \pm 2 \cdot \sqrt{S + 0.04 \cdot S^2}$
- Nivelmanske mreže 1. reda	$\Delta = \pm 3 \cdot \sqrt{S + 0.04 \cdot S^2}$
- Nivelmanske mreže 2. reda	$\Delta = \pm 4 \cdot \sqrt{S + 0.04 \cdot S^2}$
- Nivelmanske mreže 3. reda	$\Delta = \pm 10 \cdot \sqrt{S + 0.04 \cdot S^2}$
- Nivelmanske mreže 4. reda	$\Delta = \pm 16 \cdot \sqrt{S + 0.06 \cdot S^2}$
- Mestna niv. mreža 1. reda	$\Delta = \pm 4 \cdot \sqrt{S + 0.04 \cdot S^2}$
- Mestna niv. mreža 2. reda	$\Delta = \pm 6 \cdot \sqrt{S + 0.04 \cdot S^2}$

⇨ Dopustno odstopanje  $f$  [mm] sklenjenih niv. zank:

- Nivelmanske mreže z veliko natančnostjo (NVN)	$f = \pm 1 \cdot \sqrt{S + 0.04 \cdot S^2}$
- Mestna niv. mreža 1. reda	$f = \pm 2 \cdot \sqrt{S + 0.04 \cdot S^2}$

⇨ Dopustno odstopanje  $f$  [mm] za nasprotje med merjeno in dano višinsko razliko:

- Nivelmanske mreže 1. reda	$f = \pm 1.5 \cdot \sqrt{S + 0.04 \cdot S^2}$
- Nivelmanske mreže 2. reda	$f = \pm 2 \cdot \sqrt{S + 0.04 \cdot S^2}$
- Nivelmanske mreže 3. reda	$f = \pm 5 \cdot \sqrt{S + 0.04 \cdot S^2}$
- Nivelmanske mreže 4. reda	$f = \pm 8 \cdot \sqrt{S + 0.06 \cdot S^2}$
- Mestna niv. mreža 2. reda	$f = \pm 3 \cdot \sqrt{S + 0.04 \cdot S^2}$

$S$  ... dolžina niv. stranice, poligona ali zanke v [km]  $\Rightarrow$  izrač. odstopanje v [mm].

## 5.1.2 Ocena natančnosti opazovanih višinskih razlik pri geometričnem niveliranju

### 5.1.2.1 Ocena natančnosti opazovanih višinskih razlik pri geometričnem niveliranju PRED izravnavo

Poznamo tri načine ocene natančnosti opazovanih višinskih razlik pri geometričnem nivelmanu pred izravnavo:

- ↗ iz razlik dvojnih merjenj (uporabljamo najpogosteje),
- ↗ iz razlik dvojnih merjenj nivelmanskega vlaka,
- ↗ iz odstopanj pri zapiranju zanke.

#### 5.1.2.1.1 Ocena natančnosti opazovanih višinskih razlik iz razlik dvojnih merjenj

- ↗ standardni odklon v eni smeri ali standardni odklon kilometra enojnega nivelmana:

$$\sigma_{\Delta h} = \pm \sqrt{\frac{[p\delta\delta]}{2 \cdot n}} = \pm \sqrt{\frac{1}{2 \cdot n} \cdot \left[ \frac{\delta\delta}{S_l} \right]}$$

$p$  ... utež nivelmanske linije:  $p_l = 1/S_l$ ;

$S_l$  ... dolžina nivelmanske linije [km];

$n$  ... št. nivelmanskih linij;

$[p\delta\delta]$  ... produkt uteži in vsote kvadratov razlik dvojnih merjenj:

$$[p\delta\delta] = \sum_{i=1}^n p_i \cdot \delta_i^2 = \sum_{i=1}^n \delta_i^2 / S_{li}, \quad (\delta_i = \Delta h_i^j + \Delta h_j^i).$$

- ↗ standardni odklon nivelmanske linije ali standardni odklon kilometra dvojnega nivelmana nivelmanske linije:

$$\sigma_0 = \frac{\sigma_{\Delta h}}{\sqrt{2}}$$

### 5.1.2.1.2 Ocena natančnosti opazovanih višinskih razlik iz razlik dvojnih merjenj nivelmanskega vlaka

↗ standardni odklon kilometra dvojnega nivelmana nivelmanskega vlaka:

$$\sigma_V = \pm \sqrt{\frac{1}{4 \cdot n} \cdot [\gamma\gamma] S_V}$$

$\gamma$  ... razlika dvojnih merjenj v nivelmanskem vlaku;

$S_V$  ... dolžina posameznih nivelmanskih vlakov [km];

$n$  ... št. nivelmanskih vlakov.

### 5.1.2.1.3 Ocena natančnosti opazovanih višinskih razlik iz odstopanj pri zapiranju zank

↗ standardni odklon kilometra dvojnega nivelmana nivelmanske zanke:

$$\sigma_Z = \pm \sqrt{\frac{1}{2 \cdot n} \cdot [ff] d_Z}$$

$f$  ... odstopanje pri zapiranju zank:  $f = 0 - \sum_{i=1}^{n_j} \Delta h_i$  ( $n_j$  ... št. viš. razlik v j-ti zanki);

$d_Z$  ... vsota dolžin nivelmanskih linij v nivelmanski mreži [km];

$n$  ... št. zank v mreži.

### 5.1.2.2 Ocena natančnosti opazovanih višinskih razlik pri geometričnem niveliranju PO izravnavi

Izračunamo (a-posteriori) referenčni standardni odklon merjene višinske razlike:

$$\sigma_0 = \pm \sqrt{\frac{\mathbf{v}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v}}{n - u}},$$

- $v$  ... vektor popravkov;
- $P$  ... matrika uteži;
- $u$  ... št. potrebnih pazovanj;
- $n$  ... št. opazovanj.

### 5.1.3 Slovenski vertikalni datum (Avstro-Ogrska in Jugoslavija)

Prve višinske meritve na našem ozemlju so bile navezane na mareograf na pomolu Sartorio v Trstu, in sicer na nivo morja, določenega v letu 1875. Z izvajanjem del II. nivelmana visoke natančnosti Jugoslavije v letih 1968-1972, so se nivelmanske meritve vezale na novo višinsko izhodiščno točko, in sicer na normalni reper v Maglaju (BIH). Višina slednjega je bila določena na osnovi opazovanj gladine morja mareografov, razporejenih vzdolž jadranske obale. V Sloveniji se višine, navezane na Maglaj, zaradi razpada Jugoslavije niso uveljavile, tako da so uradne višine še danes vezane na mareograf v Trstu. Osnovo našega višinskega sistema predstavlja torej ničelni nivo morja, določen na mareografu v Trstu na osnovi enoletnega opazovanja (1875).

Fundamentalni reper za Republiko Slovenijo je reper No. 374 oz. 1049 v Rušah, ki je bil stabiliziran že leta 1878 kot avstrijski osnovni reper in se nahaja na geološkem stabilnem področju. Reper je predstavljal enega od sedemnajstih fundamentalnih reperjev v NVN (kot tudi mareograf v Kopru). Višine so bile preračunane tako za vertikalni datum Trst kot za Maglaj.

### 5.1.4 Zgodovinski pregled nivelmanskih del v Sloveniji

Izmere nivelmanskih vlakov višjih redov lahko na območju Republike Slovenije razdelimo nekako na štiri obdobja (Koler, 1997):

#### ↷ Avstroogrski nivelman (izvedba 1873-1895, objava 1896-1909)

Na območju Slovenije je bilo stabiliziranih in izmerjenih 734 km nivelmanskih linij. Ta nivelman oziroma nadmorske višine reperjev avstrijskega nivelmana se nanašajo na srednji



nivo morja v Trstu (pomol Sartorio), določenega na osnovi enoletne registracije morske gladine (1875).

#### ↻ Prvi nivelman velike natančnosti SFRJ (I. NVN) (1946-1957)

Na območju Republike Slovenije je bilo stabiliziranih in izmerjenih 1084 km nivelmanskih vlakov. Nivelmanske mreže nižjih redov na območju Slovenije so bile izravnane glede na reperje iz avstroogrške izmere, celotna mreža pa ni bila nikoli izravnana.

#### ↻ Drugi nivelman velike natančnosti SFRJ (II. NVN) (izvedba 1970-1973, objava 1986)

Na območju Republike Slovenije so bili stabilizirani in izmerjeni nivelmanski vlaki II. NVN v dolžini 688 km. Normalni reper so stabilizirali na geološko stabilnem območju v osrednjem delu bivše SFRJ – Maglaj (Bosna in Hercegovina). Določene so bile srednje višine morja za datum 3. 7. 1971 (1971,5) na vseh mareografih vzdolž obale SFRJ (razen mareografa v Baru), tako da se polna perioda opazovanja srednjega nivoja morja 18,6 let nanaša na obdobje 1962,2-1980,0. Mreža je bila izravnana tudi v več višinskih sistemih, tako so na voljo: normalne (sferoidne) ortometrične višine, normalne višine – višine Molodenskega, ortometrične višine in geopotencialne kote

#### ↻ Niveliranje posameznih nivelmanskih vlakov višjih redov po letu 1971 oziroma po II. NVN

##### **5.1.4.1 Preračun nivelmanske mreže Republike Slovenije (1999-2000)**

V letih 1999 in 2000 se je izvedel končni preračun višinske mreže na območju Slovenije. Višine vseh reperjev so izračunane v vertikalnem datumu Trst. Pri tem je celotna nivelmanska mreža Slovenije navezana na star avstro-ogrski fundamentalni reper No 374 oziroma FR-1049 stabiliziran pri Rušah leta 1878, kot avstrijski osnovni reper (GURS, 2005).

Višinska mreža Slovenije je po novem preračunu izravnana v sferoidnem (normalnem) ortometričnem višinskem sistemu in vsi reperji imajo normalne ortometrične višine. Vendar

pa obstaja v Sloveniji tudi določeno število reperjev iz II. NVN, ki so bili izravnani v takratni sistem geopotencialnih kot in so tako vključeni v Skupno Evropsko nivelmansko mrežo UELN (glej poglavje 6.1), ki je izravnana v sistemu geopotencialnih kot (GURS, 2005).

Osnovna mreža (osnova za preračun) je sestavljena iz nivelmanskih poligonov, ki so bili vključeni v II. NVN, iz poligonov 1. reda, ki so bili izmerjeni po letu 1980, in iz nivelmanskega vlaka 1-5 (Postojna-Rupa-Reka). Tako smo dobili 7 nivelmanskih zank, ki so skupaj s slepim poligonom NVN4 izravnane na nivo vertikalnega datuma Trst v sferoidnem (normalnem) višinskem sistemu (GURS, 2005).



Slika: Sedem nivelmanskih zank kot osnova za preračun

(<http://www.gu.gov.si/index.php?id=9912#13335>, 01.03.2006).

## 5.2 Gravimetrična mreža

Točke z izmerjenimi vrednostmi težnega pospeška so povezane v gravimetrične mreže. Te lahko razdelimo na globalne, regionalne in lokalne mreže gravimetričnih kontrolnih točk, ki se med seboj razlikujejo v gostoti točk. Detajlna gravimetrična izmera za potrebe geodetskih, geodinamičnih in geofizikalnih raziskav se navezuje na te mreže.

### 5.2.1 Gravimetrični referenčni sistemi

Na konferenci IAG v Londonu leta 1909 je bil uveden **Potsdamski težnostni sistem**, ki se je v praksi ohranil vse do leta 1971. Temeljlil je na absolutni določitvi vrednosti težnega pospeška na Geodetskem inštitutu v Potsdamu leta 1900. S kasnejšimi opazovanji so ugotovili zamik v izhodišču tega sistema; absolutna vrednost  $|g|$  je večja za + 14 mGal.

Po letu 1950 se je zaradi nove tehnologije in novih metod gravimetričnih meritev razvila nova globalna mreža referenčnih točk, ki so jo na 15. skupščini Mednarodnega združenja geodezije in geofizike IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics) v Moskvi leta 1971 poimenovali **Mednarodna standardna težnostna mreža 1971 IGSN71** (International Gravity Standardization Net 1971), katere izhodišče predstavlja deset absolutnih meritev na osmih točkah. Mreža vsebuje 478 osnovnih točk in 1398 pomožnih, ekscentrično postavljenih točk. Poskus vzpostavitve evropske gravimetrične mreže, ki bi z večjo natančnostjo in homogenostjo dopolnila IGSN71, predstavlja Enotna evropska gravimetrična mreža EUGN94 (Unified European Gravity Network 1994). Ta mreža trenutno vsebuje okoli 500 točk v 11 evropskih državah. Dosežena natančnost opazovane težnosti v tej mreži je okoli 20  $\mu$ Gal.

Za nadziranje trenutnih sprememb težnosti v globalnem smislu in kontrolo težnosti na točkah regionalnih gravimetričnih mrež je IAG vzpostavila tudi IAGBN (International Absolute Gravity Basestation Network), ki je sestavljena iz 36 globalno razporejenih osnovnih točk z natančnostjo  $\pm 1 \mu$ Gal.

## **5.2.2 Gravimetrična mreža v Republiki Sloveniji**

### **5.2.2.1 Osnovna gravimetrična mreža Jugoslavije**

Na območju bivše države Jugoslavije je bila vzpostavljena osnovna gravimetrična mreža, ki je bila izmerjena v letih 1964–1967. Mreža je bila sestavljena iz 55 sklenjenih poligonov skupne dolžine približno 12 000 km. 350 glavnih točk te mreže se je nahajalo na medsebojni razdalji okoli 30 km. Za vsako glavno točko obstaja topografija oziroma detajlni opis položaja s koordinatami, položajem na karti, višino in izmerjenim težnostnim pospeškom, ki je določen v potsdamskem težnostnem sistemu. Poleg glavnih točk so v gravimetrično izmero vključili tudi vmesne pomožne točke. Za omenjene točke topografij nimamo na voljo, tako da jih na terenu ni možno odkriti (Koler et al, 2006).

Na območju Republike Slovenije je potekalo 6 poligonov osnovne gravimetrične mreže, od tega sta le dva potekala v celoti po ozemlju Slovenije. Na območju Slovenije se je nahajalo 31 točk osnovne gravimetrične mreže. Leta 2005 je GURS pregledala točke osnovne gravimetrične mreže na terenu. Ugotovljeno je bilo, da je od skupno 31 točk osnovne gravimetrične mreže ohranjenih še 22 točk. Ostale točke (9) so uničene ali nedostopne (Koler et al, 2006).

### **5.2.2.2 Absolutne gravimetrične točke v Republiki Sloveniji**

V Sloveniji je bilo v devetdesetih letih izmerjenih 6 temeljnih gravimetričnih točk z absolutnim gravimetrom, ki so solidna osnova za razvijanje državne gravimetrične mreže in za določitev oblike ploskve novega evropskega geoida na Slovenskem ozemlju (GURS, 2005). Te točke so stabilizirane v gradu Bogenšperk, v Gotenici, v cerkvi sv. Areha na Pohorju, v Sevniškem gradu, v gradu Socerb ter v trdnjavi Kluže pri Bovcu (Urek, 2005). Absolutne gravimetrične točke so določene v IGSN71 sistemu in predstavljajo ničelno gravimetrično mrežo Slovenije.

Preglednica: Absolutni težnostni pospešek gravimetričnih točk (Urek, 2005 - str.53):

Ime točke	Absolutni gravimeter	Epoha	Popr. gibanja polov (μGal)	Vertik.		Opaz. višina (mm)	Rezultat na opazovani višini (μGal)	Prenos na višino 1m (μGal)	Rezultat na višini 1 m (μGal)	Rezultat na točki (μGal)
				Stand. pogr. (μGal)	grad. (μGal/m)					
BOGENŠPERK (200)	FG5 101	5/1996		0,8	-284,5	1303	980593154,3	+86,2	980593240,5	980593525,0
	IMGC	7/1996	-1,4			860	980593304,9	-39,8	980593263,7	980593548,2
	JILAg-5	12/1998			-294,7	835	980593288,4	-46,9	980593241,5	980593536,2
	JILAg-5	5/2000	-0,2	0,6	-290,8	840	980593299,2	-46,5	980593252,7	980593543,5
										980593538,2
GOTENICA (500)	IMGC	7/1996	-1,6	0,5	-205,8	867	980506649,2	-27,4	980506620,2	980506825,8
	JILAg-5	12/1998		0,5		867	980506647,6			
						834	980506653,7	-34,2	980506619,5	980506825,3
										980506825,5
AREH (400)	IMGC	7/1996	-1,6	1,4	-308,6 <sup>1</sup>	860	980483435,3	-43,2	980483390,5	980483699,1
SEVNICA (300)	IMGC	11/1996	-2,0	2,3	-308,6 <sup>1</sup>	899	980640725,0	-31,2	980640691,8	980641000,4
SOCERB (7), tudi (100)	IMGC	11/1996	-1,9	1,3	-308,6 <sup>1</sup>	895	980558271,0	-32,4	980558236,7	980558545,3
SOCERB (ekscenter)										980558503,4 <sup>2</sup>
KLUŽE (1000),(600)	IMGC	11/1996	-1,8	1,5	-308,6 <sup>1</sup>	881	980545637,9	-36,7	980545599,4	980545908,0

Preglednica: Nove oznake abs. grav. točk kot jih predvideva »Projekt nove gravimetrične mreže RS«, glej poglavje 5.2.2.3, str.55 (Koler et al, 2006 – str. 457):

Nova oznaka	Stara oznaka <sup>1</sup>
AGT 100 Bogenšperk	Bogenšperk
AGT 200 Gotenica	Gotenica
AGT 300 Sevnica	Sevnica
AGT 400 Areh	Areh
AGT 500 Socerb	Socerb
AGT 600 Kluže	Kluže

V diplomski nalogi so nadalje uporabljene še stare oznake in oštevilčbe, kot so navedene v preglednici zgoraj.

<sup>1</sup> Vertikalni gradient se ni meril v sklopu meritev. Privzet je približek, in sicer, spremembo težnosti, kot posledico spremembe nadmorske višine  $\Delta H$  (m), zapišemo (Seigel, 1995 cit. po Urek, 2005):

$$\Delta g_{FA} = \frac{-2 \cdot G \cdot M \cdot \Delta H}{R^2} = -0,3086 \text{ mGal/m} \quad (G \dots \text{gravitacijska konstanta, } M \dots \text{masa Zemlje, } R \dots \text{Zemeljski polmer}).$$

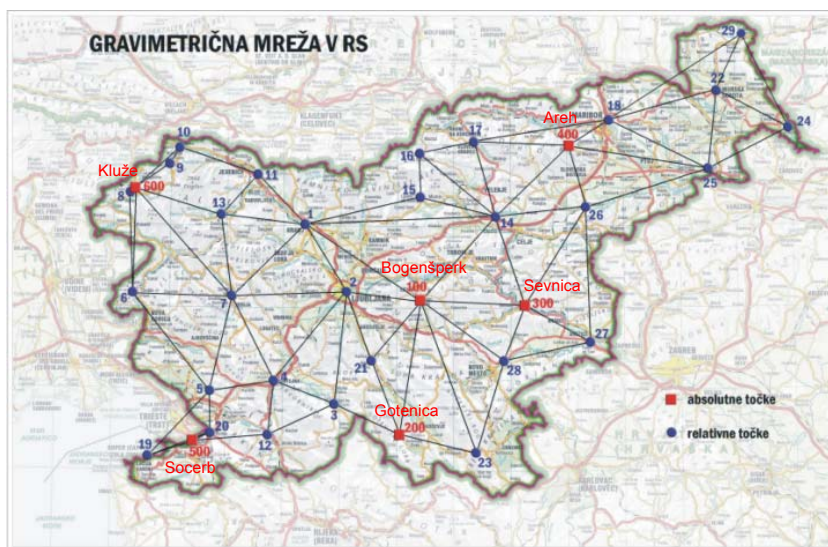
<sup>2</sup> Absolutna gravimetrična točka Socerb (7) je stabilizirana v kleti gradu Socerb in je dostopna le z upravljalcem gradu. Zato je smiselno, da se v merjenja vključi ekscenter, ki je stabiliziran v skali pred vhodom v grad. Prenos absolutnega pospeška je bil izveden leta 2000 pod vodstvom dr. Ruessa in znaša -41,9 μGal (Urek, 2005).

### 5.2.2.3 Nova gravimetrična mreža v Republiki Sloveniji

Za potrebe vzpostavitve novega koordinatnega sistema Slovenije in sodobnega višinskega sistema je treba vzpostaviti tudi nov gravimetrični sistem, ki bo nadomestil »zastarelo« osnovno gravimetrično mrežo Jugoslavije (Koler et al, 2006). Na tej podlagi je bila zato izdelana idejna zasnova nove gravimetrične mreže 1. reda Republike Slovenije, ki bo najverjetneje v celoti realizirana do konca leta 2006.

Pri določitvi položajev novih gravimetričnih točk so upoštevali naslednje (Koler et al, 2006):

- Gravimetrična točka se mora nahajati v bližini nivelmanskih poligonov višjih redov.
- Do gravimetrične točke naj bo omogočen dostop z osebnim avtomobilom.
- Zagotoviti je treba enakomerno gostoto gravimetričnih točk na območju Slovenije.
- Upoštevano je geološko mnenje o primernosti lokacij gravimetričnih točk.
- Vključitev ohranjenih točk osnovne gravimetrične mreže Jugoslavije.



Slika 7: Gravimetrična mreža 0. in 1. reda Republike Slovenije (GURS, 2006).

V gravimetrično mrežo 1. reda Republike Slovenije bo vključeno 29 točk, ki predstavljajo oglišča 38 gravimetričnih likov (slika oben) in sicer (Koler et al, 2006):

↗ ohranjenene gravimetrične točke osnovne gravimetrične mreže Jugoslavije:

- 8 točk: 2, 4, 5, 6, 9, 19, 20, 23 (stabilizirane so na geološko primernih podlagah);
- 9 točk: 1, 8, 10, 11, 12, 15, 16, 22, 26 (stabilizirane so na nestabilnih območjih).

↗ nove gravimetrične točke:

- 12 točk<sup>1</sup>: 3, 7, 13, 14, 17, 18, 21, 24, 25, 27, 28, 29.

Ostale 4 ohranjene gravimetrične točke, ki niso vključene v novo gravimetrično mrežo 1. reda (točke s staro oznako 347–Kamnik–Godič, 22–Kočevje, 39–Brezno v Dravski dolini, 43–Sp. Ščavnica–Trstenik), bodo vključene pri izmeri gravimetričnega lika na območju, kjer so točke stabilizirane (Koler et al, 2006).

## 5.3 GPS-mreža

### 5.3.1 Kordinatni sistemi, pomembni za GPS

Praktična materializacija koordinatnega **systema** je koordinatni **sestav**. Koordinatni sistem je samo teoretična definicija koordinatnega sestava. Za praktično uporabo koordinatnega sistema je potrebno določiti položaje določenemu številu točk v koordinatnem sistemu in jih fizično označiti. Tako postane, teoretično definiran koordinatni sistem tudi praktično dostopen in uporaben.

#### 5.3.1.1 ITRS koordinatni sistemi

ITRS (International Terrestrial Reference System) koordinatni sistem je Globalni terestrični referenčni sistem. Sistem je kartezičen in geocentričen. IERS (International Earth Rotation Service) služba je odgovorna za določanje ITRF (International Terrestrial Reference Frame) koordinat točk in parametrov rotacije Zemlje v času (Stopar, Pavlovčič, 2001). Realizacija koordinatnega sistema ITRS sloni na SLR (Satelite Laser Ranging), LLR (Lunar Laser Ranging), VLBI (Very Long Baseline Interferometry) in GPS (Global Positioning System)

---

<sup>1</sup> Potrebno preveriti, ker verjetno ena od teh spada med ohranjene gravim. točke, in je teh točk 11.

opazovanjih. ITRF<sub>yy</sub> je verzija koordinatnega sestava, kot ga definira izbrana množica točk za praktično realizacijo ITRS koordinatnega sistema. Končnica <sub>yy</sub> označuje posamezno realizacijo sistema oziroma časovno epoho realizacije. Do sedaj se je zvrstila cela množica ITRF koordinatnih sestavov: ITRF89, ITRF90, ITRF91, ITRF92, ITRF93, ITRF94, ITRF96, ITRF97 in trenutno aktualni ITRF2000 koordinatni sestav.

Povezava GPS z ITRS koordinatnim sistemom je postala pomembna z ustanovitvijo Mednarodne GPS-službe za geodinamiko IGS (International GPS Service for Geodynamics), (sedaj se je preimenoval v GNSS - Global Navigation Satellite System), ki sodeluje z Mednarodno službo rotacije Zemlje IERS (International Earth Rotation Service). Od začetka leta 1992 se v IGS uporabljajo ITRF koordinate permanentnih GPS-postaj za potrebe določanja preciznih efemerid timic GPS-satelitov. Izračunane IGS koordinate satelitov so določene v ITRF koordinatnih sestavih.

### **5.3.1.2 ETRF89 koordinatni sistem**

Evropski referenčni koordinatni sistem 89 ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) je EUREF privzeti sistem, ki sovpada z ITRS koordinatnim sistemom za čas 1989.0 in je pritrjen na stabilni del Evrazijske plošče. Uvrščamo ga med regionalne terestrične koordinatne sisteme. Realizacija ETRF89 koordinatnega sestava je bila izvedena na osnovi ITRF89 koordinat evropskih SLR in VLBI postaj za trenutek 1989,0. ETRF89 je bil določen na osnovi prve EUREF GPS-kampanje EUREF GPS89, z navezavo na izhodiščne točke, dane v ETRF89 koordinatnem sistemu, in izvedenemi povezavami med točkami SLR/VLBI ter EUREF GPS89. Zgoščevanje ETRF koordinatnega sestava poteka predvsem z evropskimi GPS-kampanjami (Stopar, Pavlovčič, 2001).

#### **5.3.1.2.1 Prehod iz ITRF<sub>yy</sub> v ETRS89**

Glavni cilj transformacije (v obe smeri) je doseči smiselno povezavo položajev točk v ETRS89 koordinatnem sistemu z natančnimi "preciznimi" efemeridi, ki so podane v ITRF<sub>yy</sub> koordinatnem sistemu. Postopek je pomemben v primeru statične obdelave GPS-opazovanj.



Zvezo med omenjenima terestričnimi referenčnimi koordinatnimi sistemoma vzpostavljamo s sedem-parametrično podobnostno transformacijo. Parametri, ki določajo medsebojni prostorski odnos dveh koordinatnih sistemov, so (Stopar, Pavlovčič, 2001):

- premik izhodišča ciljnega koordinatnega sistema v koordinatah izhodiščnega koordinatnega sistema  $t_x, t_y, t_z$  oz. radij vektor  $t$ ,
- trije rotacijski parametri  $R_x, R_y, R_z$  oz. rotacijska matrika  $R$ ,
- dolžinsko merilo  $m$ .

V primeru ITRF so v tabelah spremembe položaja podane v enotah [cm/leto], spremembe zasuka pa v [(1/1000)"/leto]. Pred transformacijo jih pretvorimo v [m/leto] in [rad/leto].

#### ↷ Transformacija iz ITRF<sub>yy</sub>( $t_c$ ) v ETRS89( $t_c$ )

$$r_E(t_c) = r_{yy}(t_c) + t_{yy} + \begin{bmatrix} 0 & -R_z^{yy} & R_y^{yy} \\ R_z^{yy} & 0 & -R_x^{yy} \\ -R_y^{yy} & R_x^{yy} & 0 \end{bmatrix} \cdot r_{yy}(t_c) \cdot (t_c - 1989.0)$$

$r_E(t_c)$  . . . radij vektor obravnavane točke v ETRS89 v trenutku meritve  $t_c$ ,

$r_{yy}(t_c)$  . . . radij vektor obravnavane točke v ITRF<sub>yy</sub> v trenutku meritve  $t_c$ .

Položaj točke v ETRS89 koordinatnem sistemu, izračunan v prejšnjem koraku, se nanaša na trenutek izmere. Za končni rezultat moramo preračunati položaj točke v ETRS89 koordinatnem sistemu, veljavnem za začetek leta 1989 (1989.0). Preračun lahko izvedemo na več načinov, npr:

#### ↷ Transformacija iz ETRS89( $t_c$ ) v ETRS89(89.0)

$$r_E(1989.0) = r_E(t_c) + v_E \cdot (1989.0 - t_c)$$

$r_E(1989.0)$  radij vektor položaja obravnavane točke v ETRS89 koordinatnem sistemu za epoho 1989.0,

$v_E$  ..... vektor lokalne spremembe položaja točke v ETRS89 koordinatnem sistemu.

Če  $v_E$  ne poznamo, privzamemo za vrednost  $v_E = 0$  (Stopar, Pavlovčič, 2001).

### 5.3.1.3 WGS-84 koordinatni sistem

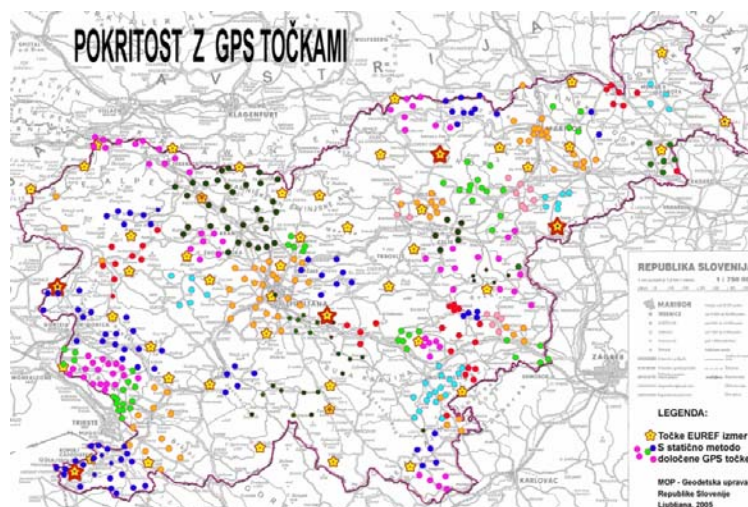
WGS-84 terestrični koordinatni sistem je geocentričen in je vzpostavljen je na osnovi GPS, SLR, LLR in VLBI opazovanj. Orientacija osi tega koordinatnega sistema je dana z:

- Z-os je usmerjena v smeri konvencionalnega zemelj. pola (CTP), kot ga definira BIH,
- X-osje presečišče WGS-84 ravnine BIH ničelnega meridiana in ravnine CTP ekvatorja,
- Y-os zaključuje desnosučni ortogonalni koordinatni sistem.

Tudi tukaj je pomembna transformacija iz ETRS89 v WGS-84 koordinatni sistem in obratno zaradi uporabe ETRS89 koordinat referenčnih točk skupaj s »broadcast« efemeridami GPS-satelitov, ki so podane v WGS-84 koordinatnem sistemu. Postopek je npr. pomemben v primeru RTK GPS-metode izmere.

### 5.3.2 Stanje GPS-točk na območju Slovenije

Trenutno je na območju Slovenije 1597 GPS-točk s določenimi položaji v ETRS89 koordinatnem sistemu, med katerimi jih je 422 (26 %) določenih s statično metodo izmere. Od tega jih je bilo 4 % določeni na podlagi celodnevni opazovanj, 22 % GPS-točk pa je bilo določenih z eno ali večurnimi opazovanji. 1175 (74 %) GSP točk pa je bilo določenih s hitro statično metodo izmere z opazovanji, ki so bila krajša od ene ure. Predvideno je zgoščanje mreže GPS in sicer, da bo vsaka GPS-točka pokrivala območje 10 km<sup>2</sup> (GURS, 2006).

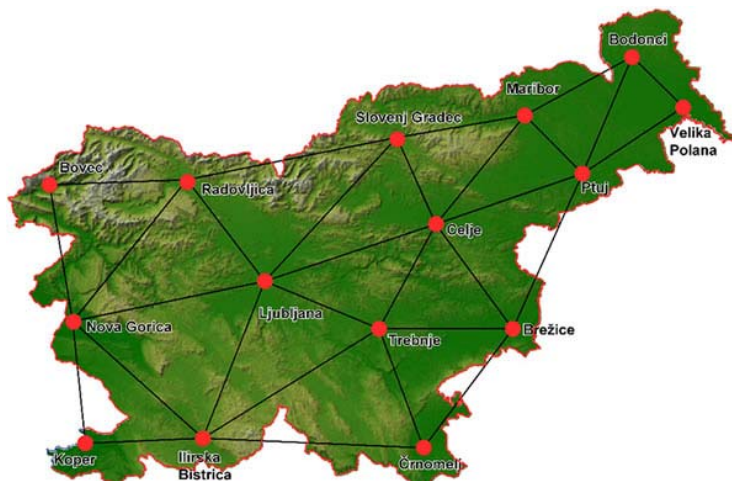


Slika: Pokritost z GPS-točkami v Sloveniji

(<http://www.gu.gov.si/index.php?id=9912#13335>, 01.03.2006).

### 5.3.2.1 GPS-permanentne postaje

Omrežje permanentnih postaj GPS je del temeljne državne geoinformacijske infrastrukture, namenjene geodeziji in navigaciji (GURS, 2006). Omrežje petnajstih stalnih postaj, ki sprejema signale navigacijskih satelitov, se imenuje s kratico SIGNAL (SI-Geodezija-NAvigacija-Lokacija). Za centralni nadzor njegovega delovanja skrbi Služba za GPS.



Slika: Položaj 15-ih permanentnih GPS postaj na območju Slovenije

(<http://www.gu.signal.si/>, 01.03.2006).

## 6 EVROPSKI VIŠINSKI SISTEMI

Prvi koraki pri vzpostavitvi Evropskega višinskega sistema so bili narejeni leta 1994, ko je na zahtevo CERCO po enotnem evropskem višinskem sistemu z natančnostjo 0,1 m podkomisija EUREF na konferenci v Varšavi sprejela sklep (Resolution 3, Warsaw 1994) o novi izravnavi in razširitvi skupne višinske mreže v dežele Vzhodne Evrope. Na simpoziju v Ankari je bil sprejet sklep (Resolution 2, Ankara 1996) o vzpostavitvi Evropskega višinskega sistema EVRS (European Vertical Reference System). S tem je bil narejen velik korak k modernemu integriranemu referenčnemu sistemu Evrope, ki povezuje GPS-koordinate in višine, določene na osnovi gravimetričnih meritev oziroma klasične nadmorske višine (Lisec, 2002).

Razvoj in realizacije Evropskega višinskega sistema poteka na več nivojih in v več korakih:

### ↻ statični pristop:

- UELN-95 je fizikalno definiran višinski sistem, z ničelno točko v Amsterdamu in natančnostjo 0,1 m; zadnja realizacija sistema je UELN-95/98;
- EUVN97 je elipsoidni višinski sistem z natančnostjo 0,01 m; sistem je bil realiziran z GPS-izmero v 1997.4, rezultati pa so podani v ITRF96 in ETRS89;
- EVRS2000 je rezultat projektov UELN in EUVN. Definira Evropski vertikalni datum in parametre potrebne za njegovo realizacijo in praktično uporabo.

Višine se navezujejo na referenčno točko, določeno z opazovanji gladine morja.

### ↻ kinematični pristop:

- EVS2000 – sami začetki segajo že v leto 1996, ko je bil na konferenci v Ankari sprejet sklep (Resolution 4, Ankara 1996) o razvoju kontinentalnega kinematičnega referenčnega višinskega sistema z natančnostjo enega centimetra, ob upoštevanju vseh podatkov, ki bi pripomogli k realizaciji projekta: ponovne nivelmanske izmere, GPS, gravimetrične meritve, opazovanja srednjega nivoja morja na različnih mareografih;

## 6.1 UELN (United European Levelling Network)

Projekt UELN-95 je bil zasnovan leta 1994 kot nadaljevanje vzpostavljanja *Skupne evropske nivelmanske mreže* UELN po 10 letni prekinitvi. Glavni cilj je bil vzpostaviti skupno nivelmansko mrežo za Evropo z natančnostjo enega decimetra, v projekt pa vključiti čim več držav Srednje in Vzhodne Evrope. Hkrati je cilj projekta postopno razvijanje tako imenovanega »kinematičnega« višinskega sistema s centimetrsko natančnostjo (EVRS, 2005).

Začetna naloga projekta UELN-95 je bila ponovna izravnava mrež UELN-73/86 Zahodne in Severne Evrope, UPLN-82 (United Precise Levelling Network) Srednje in Vzhodne Evrope ter nacionalnih mrež držav, ki niso bile vključene v UELN-73/86 ali UPLN-82 (Lisec, 2002). Izravnava je bila izvedena z geopotencialnimi kotami kot vpeto-prosta izravnava vezana na referenčno točko UELN73 oz. referenčno točko v Amsterdamu NAP (Normal Amsterdams Peil) (EVRS, 2005).



Slika: Referenčna točka v Amsterdamu NAP (Normal Amsterdams Peil) (Lisec, 2002, str. 81).

Razširitev mreže UELN-95 je bila izvedena v dveh korakih različnih kakovosti (EVRS, 2005):

- po temeljitosti: zamenjava opazovanj tistih blokov v mreži, ki so že bile del UELN-73, z novimi konfiguracijsko izboljšanimi meritvami (predvsem z zgoščevanjem);
- po obsegu: dodajanje novih nacionalnih mrežnih blokov v centralni in vzhodni Evropi, ki niso bile vključene v UELN-73.

Normalne višine so bile izračunane po enačbi:

$$H_n^N = \frac{C_P}{\bar{\gamma}}$$

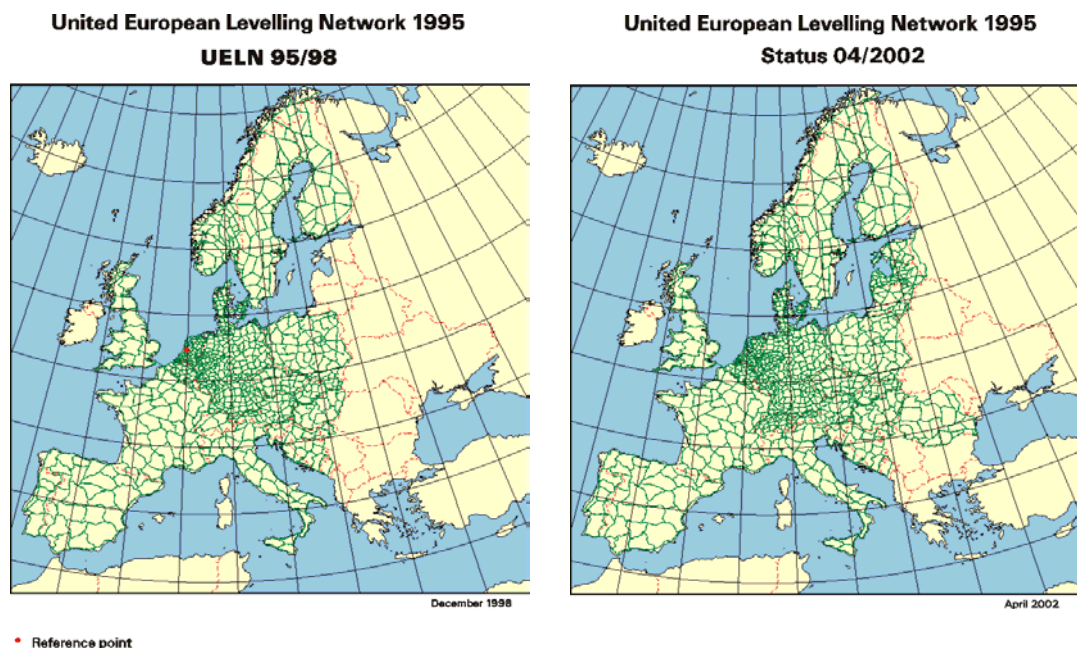
$\bar{\gamma}$  ... srednja vrednost normalne težnosti vzdolž normalne težišnice med elipsoidom in teluroidom:

$$\bar{\gamma} = \gamma_0(\varphi) - \frac{0,3086[mGal/m] \cdot h}{2} + \frac{0,072 \cdot 10^{-6}[mGal/m^2] \cdot h^2}{2}$$

$\gamma_0(\varphi)$  ... normalni težnostni pospešek na elipsoidu (enačba težnosti GRS80 in geografsko širino podano v ETRS89).

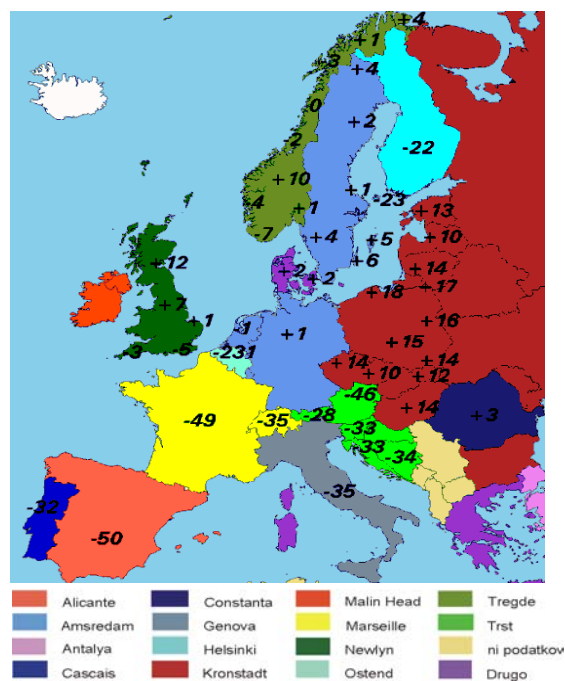
Leta 1999 je bila izravnana verzija UELN-95/13 posredovana sodelujočim državam kot rešitev za UELN-95/98. Vključevala je že preko 3000 vozliščnih točk vezanih na referenčno točko v Amsterdamu NAP. Normalne višine v sistemih UELN-95/98 so na voljo za več kot 20 držav (slika) (Lisec, 2002).

Ker se UELN mreža tudi po letu 1998 dopolnjuje z novimi podatki in informacijami, so v planu nove rešitve UELN (UELNO7).



Slika: UEN 95: levo UEN 95/98-stanje december 1998 in desno širitev mreže-stanje april 2002 (<http://crs.bkg.bund.de/evrs/Ueln.html>, 01.03.2006).

Naslednja slika in preglednica prikazuje razlike med referenčno točko UEN95/98 sistema in referenčno točko sistema posameznih držav.



Slika: Primerjava UEN95/98 z nacionalnimi sistemi  
(<http://crs.bkg.bund.de/evrs/Relations.html>, 01.03.2006).

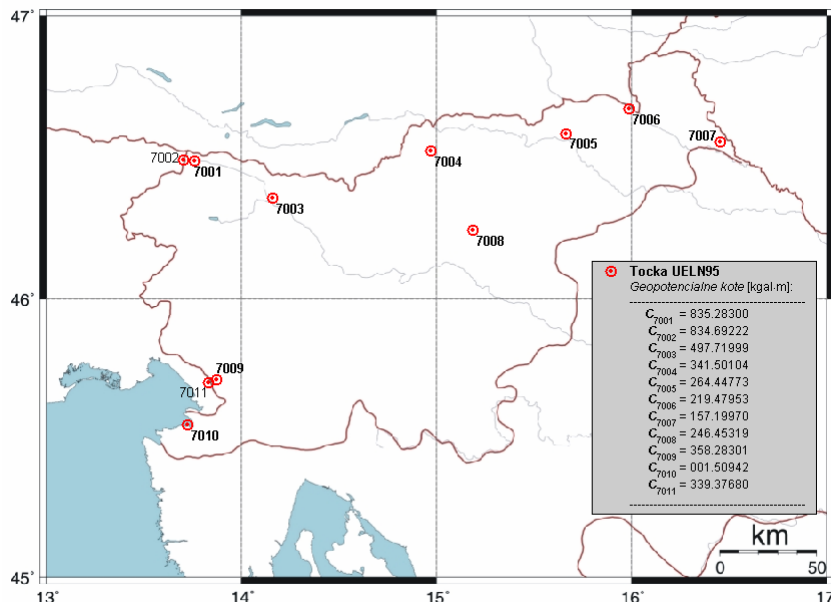
Preglednica: Razlike med višinskim sistemom UELN95/98 in nacionalnimi višinskimi sistemi v Evropi (Lisec, 2002, str. 79):

Država	Referenčni mareograf	Tip višin	UELN-naci. sistem [cm]	Min/max [cm]	Število identičnih točk
Albanija	Durres				
Avstrija	Trst	NOH	-35	-25/-48	100 (UELN)
Belgija	Ostend	OH	-231	-230/-232	4 (EUVN)
Belorusija	Kronstadt	NO	+15		
Bosna in Hercegovina	Trst	NOH	-34	-33/-34	5 (UELN)
Bolgarija	Kronstadt	NH	+15		
Hrvaška	Trst	NOH	-33	-32/-35	4 (UELN)
Češka	Kronstadt	NH	+11	+8/+16	53 (UELN)
Danska	10 mareografov	OH	+2	+1/+3	733(UELN)
Estonija	Kronstadt	NH	+13	+12/+15	36 (UELN)
Finska	Helsinki	OH	+22	+22/+23	8 (UELN)
Francija	Marseille	NH	-49	-48/-49	7 (EUVN)
Nemčija	Amsterdam	NH	+1	+1/+2	431 (UELN)
Grčija					
Madžarska	Kronstadt	NH	+14	+13/+14	4 (EUVN)
Islandija	ni niveliranih višin				
Irska	Malin Head	OH			
Italija	Genova	OH	-35	-33/-36	11 (EUVN)
Latvija	Kronstadt	NH	+10	+8/+12	124 (UELN)
Litva	Kronstadt	NH	+14	+13/+14	46 (UELN)
Makedonija	Trst	OH			
Moldavija	Kronstadt	NH	+15		
Nizozemska	Amsterdam	OH	-1	0/-3	758 (UELN)
Norveška	Tregde	NOH	0	-7/+10	10 (UELN)
Poljska	Kronstadt	NH	+16	+14/+18	117 (UELN)
Portugalska	Cascais	OH	-32	-29/-33	5 (EUVN)
Romunija	Constanta	NH	+3	+2/+4	64 (UELN)
Rusija	Kronstadt	NH	+15		
Slovaška	Kronstadt	NH	+12	+11/+13	3 (EUVN)
<b>Slovenija</b>	<b>Trst</b>	<b>NOH</b>	<b>-33</b>	<b>-33/-34</b>	<b>9 (UELN)</b>
Španija	Alicante	OH	-50	-47/-52	7 (UELN)
Švedska	Amsterdam	NH	+3	0/+6	11 (EUVN)
Švica	Marseille	OH (NH)	-35 -17	-16/-56 -15/-22	7 (EUVN)
Turčija	Antalya	OH			
Ukrajina	Kronstadt	NH	+15		
Velika Britanija	Newlyn	OH	+2	+12/-5	
Jugoslavija	Trst	NOH			

(NH – normalne višine; OH – ortometrične višine; NOH – normalne ortometrične višine)



V Sloveniji se nahaja devet UELN95 točk.



Slika 8: Približen položaj UELN95 točk na območju Slovenije.

## 6.2 EUVN (European Vertical Reference Network)

Vzporedno z mrežo UELN se je vzpostavljala *Evropska višinska referenčna mreža* EUVN (European Vertical Reference Network), ki predstavlja geometrično-fizikalni referenčni sestav za Evropo, saj je združena mreža naslednjih opazovanj (EVRS, 2005):

- GPS-opazovanja za določitev elipsoidnih višin vseh EUVN točk,
- niveliranje med EUVN položaji točk in UELN izhodiščnimi točkami za določitev fizikalnih višin vseh EUVN točk,
- opazovanje nivoja morja na mareografih.

Glavna praktična in znanstvena stališča zasnove projekta so naslednja (Medved, 2001):

- prispevati k enotnemu Evropskemu višinskemu datumu,

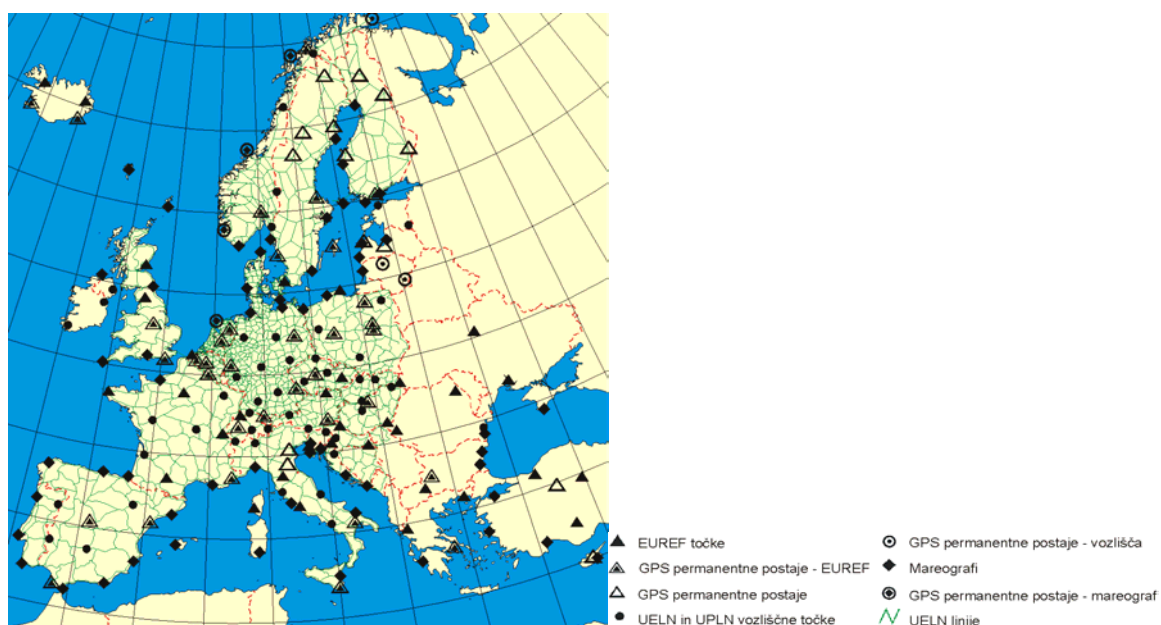
- povezava evropskih mareografov kot prispevek opazovanju sprememb absolutne morske gladine,
- ustanovitev temeljnih višinskih točk za določitev geoida na območju Evrope,
- priprava za Evropsko višinsko kinematično mrežo EVKN (European Vertical Kinematic Network).

Vsem EUVN točkam so določene tridimenzionalne koordinate v ETRS89  $(x_P, y_P, z_P)_{ETRS89}$  ter geopotencialne kote  $C_P$  (privzete iz UELN sistema):

$$C_P = W_0^{UELN} - W_P$$

Poleg geopotencialnih kot so vsem točkam določene normalne višine  $H_N$ , ki se nanašajo na sistem GRS80.

Skupno je leta 2000 EUVN predstavljalo 196 točk: 66 EUREF in 13 permanentnih opazovalnic, 54 UELN in UPLN (United Precise Levelling Network of Central and Eastern Europe) točk ter 63 mareografov (Lisec, 2002).



Slika: EUVN – stanje junija 2000

(<http://evrs.leipzig.ifag.de/Relations.html>) (Lisec, 2002 - str. 77).

Slovenija je vključena v projekt EUVN s tremi točkami (preglednica 4).

Preglednica 2: Tabela javnih EUVN rezultatov - primer za Slovenijo (maj, 2002)  
([http://crs.bkg.bund.de/evrs/tabelle\\_neu.html](http://crs.bkg.bund.de/evrs/tabelle_neu.html)):

ime	elipsoidne koordinate v ITRF96(1997.4)						normalna višina H v UELN- 95/98 [m]	pre - označitev	h-H [m]	EGG97 geoid [m]	EGG97 (H-h) [cm]	mareograf	h(MSL) 1997 [m]	H(MSL) 1997 [m]	
	širina			dolžina											višina h [m]
	[°]	[']	["]	[°]	[']	["]									
<b>Slovenija</b>															
SI01	VELIKA_PI	46	17	10.93335	15	11	07.52165	342.174	295.255		46.919	46.751	-17		
SI02	LENDAVSKE	46	33	57.18812	16	28	36.85857	385.192	339.820		45.372	45.308	-6		
SI03	MALIJA	45	30	13.63428	13	38	36.20645	323.128	278.186		44.942	45.047	10		

MSL - Mean Sea Level (srednji nivo morja)

Slovenske EUVN točke so višinsko priključene na naslednje UELN95 reperje (Koler, Kuhar, 2000):

- S101 - Velika Pirešica navezana na UELN95 reper 7008 (oznaka pri nas: reper 2753 Arja vas);
- S102 - Lendavske gorice navezane na UELN95 reper 7007 (reper FR3052 Lendava);
- S103 - Malija navezana na UELN95 reper 7010 (reper 5486 Koper).

Z navezavo na UELN95 reperje je bilo možno določiti nadmorske višine EUVN točk v Evropskem vertikalnem datumu UELN95, kot tudi vertikalnem datumu Slovenije (Koler, Kuhar, 2000).

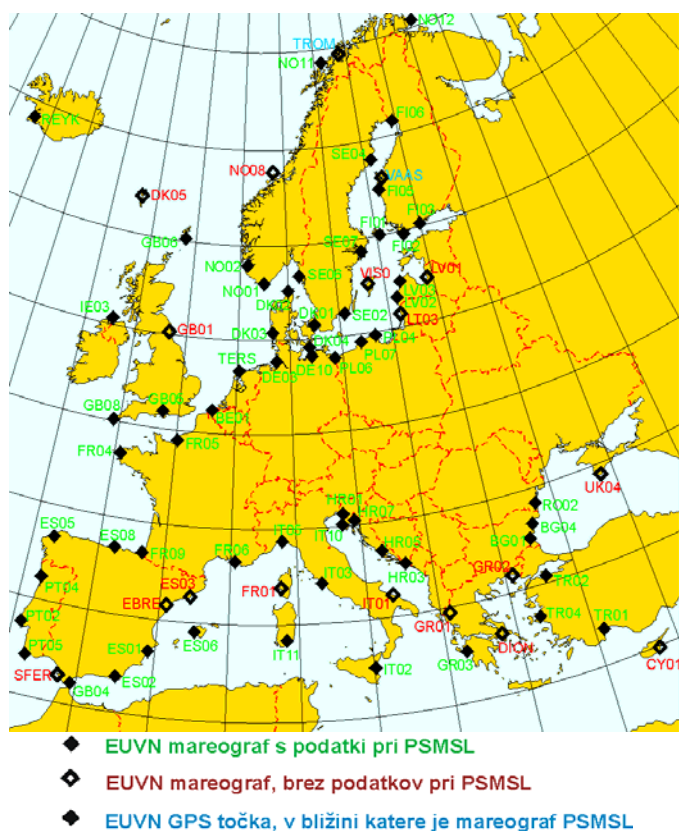
### 6.2.1 Določevanje srednjega nivoja morja za potrebe EUVN

Za opazovanje srednje gladine morja imamo v Evropi mrežo mareografov vzdolž morske obale, ki registrirajo trenutni nivo morja. Osnovo za višinski sistem predstavlja normalni reper TGBM (Tide Gauge Benchmark), glede na katerega se določa nivo morske gladine (Liseč, 2002).

V mrežo mareografov za potrebe EUVN so vključeni (Liseč, 2002):

- mareograf, ki so osnova nacionalnim višinskim sistemom in imajo nepoškodovani normalni reper,
- mareograf, ki so vključeni v GLOSS (Global Sea Level Observing Program),
- mareograf, ki imajo že dolgo periodo obratovanja oziroma so bili vključeni v GPS-izmero,
- pomembna je tudi geografska razporejenost.

Z navezavo izhodiščnega reperja na EUVN GPS-točko se nivo morske gladine lahko naveže na skupni evropski višinski sistem. V EUVN mrežo je vključenih 79 mareografov, vendar so bili popolni podatki GPS-izmer izhodiščnih reperjev na voljo le za 54 mareografov, ki so zbrani v podatkovni bazi servisa PSMSL.



Slika: Mreža mareografov v Evropi

(<http://evrs.leipzig.ifag.de/Evs.html>) (Lisec, 2002 - str.77).

### 6.3 EVRS2000 (European Vertical Reference System 2000)

Z zahtevami in povpraševanjem po enotnem višinskem sistemu v Evropi je podkomisija mednarodne organizacije EUREF oblikovala osnutek o realizaciji *Evropskega višinskega referenčnega sistema* EVRS, ki je bil predstavljen na EUREF konferenci v Tromsu 2000 z resolucijo št. 5. Je težnostno odvisen višinski referenčni sistem in je definiran z naslednjimi določili (EVRS, 2005):

- Višinski datum določa ničelna nivojska ploskev, katere Zemljin težnostni potencial  $W_0$  je enak normalnemu težnostnemu potencialu elipsoida  $U_0$ :

$$W_0 = U_0$$

- višinska komponenta položaja točk  $\Delta W_P$  je določena z razliko potencialov med Zemljinim težnostnim potencialom točke P  $W_P$  in potencialom EVRS ničelne nivojske ploskve  $W_0$ . Potencialne razlike  $-\Delta W_P$  so privzete kot gepotencialne kote  $C_P$ :

$$-\Delta W_P = W_0 - W_P = C_P$$

- EVRS upošteva spremembe potenciala zaradi plimovanja (»zero tidal system«).

Realizacija EVRS je znana pod imenom *Evropski višinski referenčni sestav* EVRF2000, ki ga predstavljajo vozliščne točke UELN95/98, razširjene v Estonijo, Latvijo, Litvo in Romunijo; točkam so določene gepotencialne kote in normalne višine, ki se nanašajo na referenčno točko v Amsterdamu NAP. Višinski datum EVRS je tako realiziran z ničelno nivojsko ploskvijo skozi referenčno točko v Amsterdamu NAP ( $C_{NAP} = 0$ ) in je privzet kot normalni težnostni potencial elipsoida GRS80 (EVRS, 2005):

$$W_{NAP}^{dejanski} = U_0^{GRS80}$$

Geodetski datum EVRF2000 je torej pritrjen z referenčno točko UELN št. 000A2530/13600.

Preglednica 3: Referenčna točka UELN (<http://crs.bkg.bund.de/evrs/Evrs.html>):

Ime točke Država	UELN oznaka	Koordinate (ETRS89)		Višina (UELN 95/98)		Težnost (IGSN71)
		elips. širina elips. dolžina [° ' " ]		geopotencialna kota [m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> ]	normalna višina [m]	absolutni težnostni pospešek [ms <sup>-2</sup> ]
Referenčna točka EVRS 000A2530 Nizozemska	13600	52 22 53 04 54 34		<b>7.0259</b>	<b>0.71599</b>	9.81277935

Potencial Zemljinega težnostnega polja v NAP  $W_{NAP}$  je podan z vsoto (EVRS, 2005):

$$W_{NAP} = W_0 + \Delta W_{SST} + \Delta W_{TGO}$$

$\Delta W_{SST}$  ..... odstopanje potenciala topografije morja SST (Sea Surface Topography) na mareografskem plovcu v Amsterdamu od geoida  $W_0 = U_0$ ;

$\Delta W_{TGO}$  ..... spreminjanje potenciala med ploskvijo NAP  $W_{NAP}$  in ploskvijo srednjega nivoja morja na mareografskem plovcu v Amsterdamu TGO (Mean sea surface at the Tide Gauge).

Zvezo med definiranim in realiziranim EVRS datumom pa podaja enačba (EVRS, 2005):

$$\begin{aligned} \Delta W_{EVRS} &= W_{NAP} - W_{NAP}^{dejanski} \\ &= W_{NAP} - U_0^{GRS80} \\ &= U_0 - U_0^{GRS80} + \Delta W_{SST} + \Delta W_{TGO} \end{aligned}$$

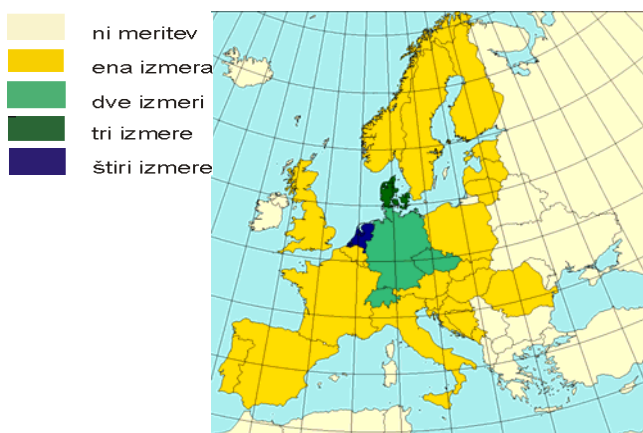
## 6.4 EVS2000 (European Vertical System 2000)

Evropski višinski sistem EVS2000 je načrtovan kot geokinematična višinska mreža v kombinaciji z mrežo GPS-permanentnih postaj, UELN s ponavljajočimi meritvami, Evropskim gravimetričnim geoidom in opazovanji na mareografih vzdolž morske obale Evrope in seveda tudi s ponavljajočimi gravimetričnimi meritvami. Višinska razlika med dvema točkama  $i$  in  $j$  je določena kot (EVRS, 2005):

$$\Delta h_{ij} = H_j - H_i + V_j(t_k - t_0) - V_i(t_k - t_0)$$

- $H$  ... težnostno odvisna višina točke;
- $t_0$  ... referenčni čas;
- $V$  ... hitrost vertikalnega premika točke;
- $i, j$  ... indeks točke.

Povezavo med tako določenimi višinami  $H$  in GPS-višinami  $h$  predstavlja geoidna ondulacija  $N$  ( $h = H + N$ ). Ker geoidne višine  $N$  niso enakih natančnosti kot nivelirane višine oziroma višinske razlike, GPS-višine  $h$  ne morejo biti uporabljene kot opazovanja. Kljub temu pa pod pogojem, da v prihodnosti ne bo nekih novih nepredvidljivih sprememb geoidne višine, lahko z opazovanji na GPS-permanentnih postajah v povezavi s ponavljajočimi gravimetričnimi meritvami in niveliranjem uporabimo pridobljene hitrosti vertikalnih premikov točk  $i$  ( $v_i = V_i$ ).



Evropska podatkovna baza višinskega sistema trenutno razpolaga s podatki (geopotencialnih kot ali višin), ki so jih prispevale posamezne države. Za večino držav velja, da se podatki vežejo le na eno obdobje – eno izmero, z izjemo Nemčije, Češke, Švice, Danske in Nizozemske (Lisec, 2002).

Slika: Višinske izmere po državah (status Maj, 2002) (Lisec, 2002 - str. 80).

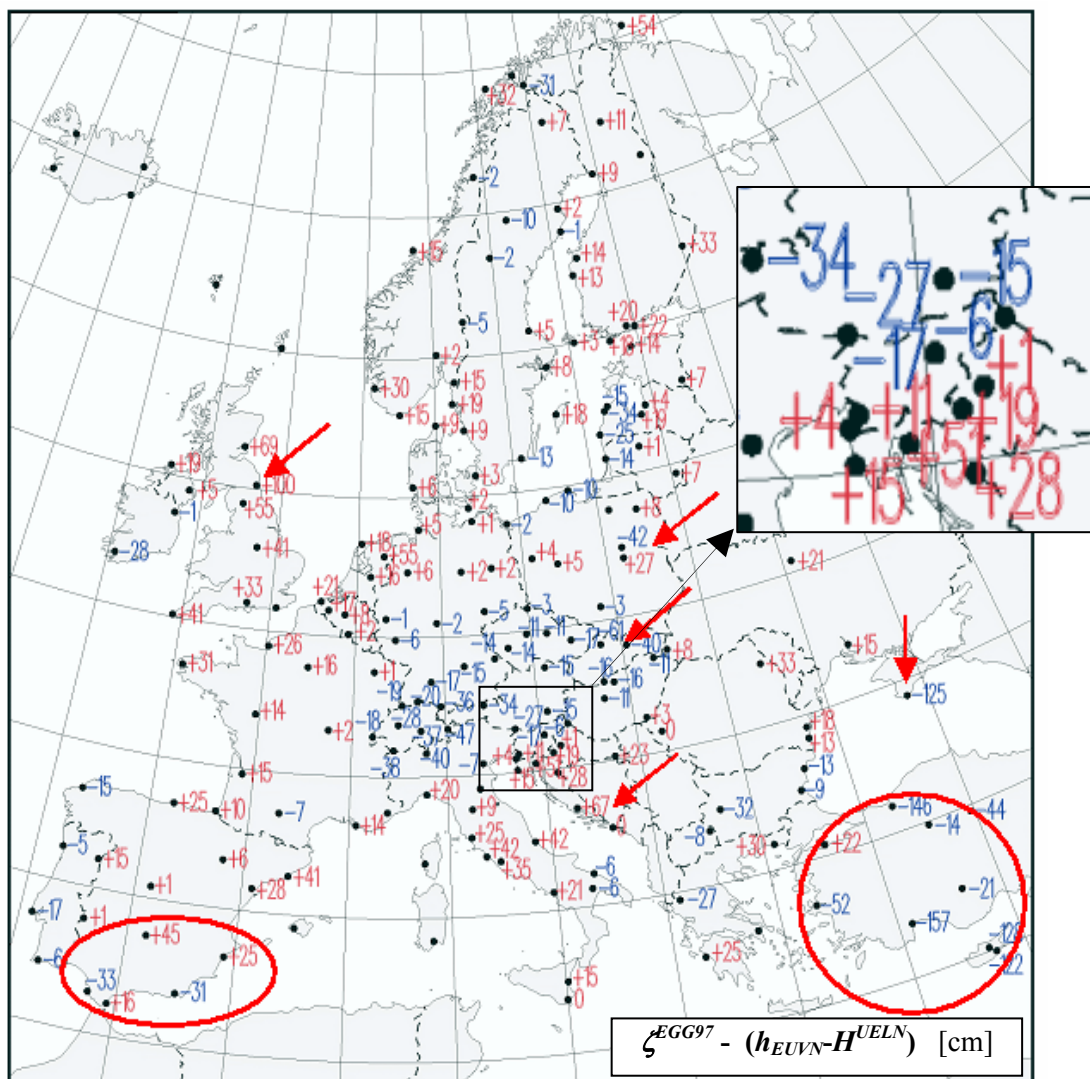
Preglednica 4: Vsebine UELN/EVS – podatkovne baze (maj, 2002) samo za Republiko Slovenijo (<http://crs.bkg.bund.de/evrs/DataCen.html>, 01.03.2006):

Država	Število vozličnih točk	Število opazovanj	Državna višina	Celotna mreža je 1-ega reda	Epoha opazovanj	Epoha vsakega opazovanja je znana	Leto vnosa v UELN	Tip opazovanj	Druge epohe
Slovenija	11	15	x	x	1970-1973	x	1996	ΔC	



## 7 PROJEKT EUVN\_DA

Leta 2001 je bil projekt EUVN uspešno zaključen. Eden izmed najpomembnejših produktov EUVN projekta je tudi visoko-natančni točkovni geoid. Anomalije višine dobljene kot razlike med GPS-elipsoidnimi in niveliranimi višinami ( $h_{EUVN} - H^{UELN1}$ ), so bile primerjane z anomalijami višine  $\zeta^{EGG97}$  evropskega gravimetričnega kvazigeoida EGG97. Dobljene razlike prikazuje »Slika 9: «.



Slika 9: Razlike med EUVN in EGG97 anomalijami višine (povečava na območju Slovenije)  
(Torres, Kenyeres, 2003).

<sup>1</sup>  $H^{UELN}$  to je abs. normalna višina EUVN točke pridobljena z niveliranjem, datum UELN95; moja oznaka  $H_E^{N.Ams.}$ . Če je UELN spodaj:  $H_{UELN}$ , to ne pomeni datuma, ampak indeks imena točke.

Skupno se geoida ujemata znotraj meje 2 dm, vendar so v večini primerov razlike naključne. Vzrok dobljenim točkovnim razlikam lahko razdelimo na (Kenyeres et al, 2000):

- srednji in dolgovalovni sistematični vpliv težnostnega polja Zemlje in
- grobe pogreške (outlier's).

Obstaja samo nekaj regij, znotraj katerih bi lahko pogreške opredelili kot sistematične, kjer je dolgovalovni vpliv težnostnega polja Zemlje jasno prisoten. Med temi izstopa Alpsko gorovje, kjer so razlike velike vse do -40 cm. Na nekaterih območjih pa je nemogoče določiti vzrok tem razlikam, ki je lahko v določitvi geoida ali v niveliranju (Kenyeres et al, 2000).

Grobi pogreški so najverjetneje vzrok prisotnosti velikih pogreškov v podatkih niveliranja. Gostejša kot je mreža, lažje je določiti grobe pogreške (na sliki zgoraj takšne primere prikazujejo rdeče puščice) (Kenyeres et al, 2000).

Zato je za opredelitev, najdbo in odstranitev nastalih razlik nujno potreben natančnejši model geoida in gostejša mreža GPS/nivelmanskih točk (Kenyeres et al, 2000).

Po obširnem obravnavanju problema so na to temo na EUREF simpoziju v Tromso 2000 in Dubrovniku 2001 odobrili dve resoluciji. EUREF Tehnična delovna skupina (TWG) je glede na ti dve resoluciji zaključila, da začne z izvedbo zgostitve obstoječe EUVN mreže. Sestavila je delovno skupino (WG) za pripravo in vodenje izvedbe zgostitve EUVN mreže pod imenom *Zgostitev evropske višinske referenčne mreže EUVN\_DA* (EUVN Densification Action) ali tudi *D\_EUVN* (Densification EUVN). Državne kartografske agencije (v sloveniji je to Geodetska uprava Republike Slovenije GURS) so dobile prošnjo za sodelovanje in pridobitev potrebnih podatkov visoke natančnosti. EUVN\_DA projekt ni planiran kot direktno nadaljevanje EUVN projekta, ampak predstavlja bolj praktično uporabo tistega, kar je bilo v EUVN projektu že doročeno (Torres, Kenyeres, 2003).

Projekt zahteva tudi tesno sodelovanje med EUREF in Evropsko pod-podkomisijo Mednarodne komisije za težnostno polje in geoid IGGC Esc (International Gravity and Geoid Commission, European Subcommission). Zato je IGGC Esc začela z izvajanjem izračuna novega evropskega gravimetričnega geoida, ki bi naj bil končan leta 2006. Vključeval bo

novejše terestrične gravimetrične podatke in izboljšane satelitske modele težnosti (CHAMP, GRACE) (Torres, Kenyeres, 2003).

Ustanovljena je bila strokovna skupina predstavnikov EUREF in IGGC Esc, ki bo izvajala kontrolo in analize posredovnih podatkov. Izvajanje projekt je planirano v dveh se prekrivajočih fazah (Torres, Kenyeres, 2003):

- A. popis obstoječih in zbiranje primernih EUVN\_DA podatkov; rok za oddajo preprostega spiska (metapodatkov) približnih koordinat in kart obstoječih primernih GPS/višinskih točk je 15.maj 2003, katerih povzetek je bil predstavljen na EUREF simpoziju 2003, ter dokončni rok 31.december 2003 za oddajo vseh zahtevanih podatkov.
- B. je namenjeno vzpostavitvi in opazovanju novih točk v območjih, kjer zahtevani podatki niso na voljo. Rok za oddajo teh podatkov je 28.februar 2006, podatkovna baza EUVN\_DA pa bi naj bila končana do 31.maja 2006.

Podani so tehnični napotki za opazovanja in obrazci za oddajo potrebnih podatkov, ki so priloženi v prilogi D: Podani obrazci GPS, višinskih in gravimetričnih podatkov EUVN\_DA. Ti obrazci so stari obrazci in v primeru Slovenije niso bili izpolnjeni in oddani, ampak je to bil nov obrazec, ki je

## **7.1 EUVN\_DA tehnični napotki**

### **↗ Položaj točk**

Zaželjena razdalja med točkami je 50 do 100 km, kar pogojuje vsaj eno točko na 10 000 km<sup>2</sup>. Točke bi naj bile na stabilnem terenu brez vidnih objektov nad višinskim kotom 15°. Za čim manjše stroške in čim večjo natančnost novih EUVN točk, bi se te naj nahajale čim bližje reperju UELN sistema ali mreže 1.reda. Za izbiro pozicij in kvaliteto podatkov je odgovorna pristojna državna agencija. Vključene so lahko meritve obstoječih GPS/višinske točk, nove

točke pa bi naj bile določene in izmerjene le v primeru, ko med obstoječimi ni druge vidne na razdalji 100km (Torres, Kenyeres, 2003).

#### ↗ GPS

Minimalni čas opazovanj bi naj bil 24h za ustrezno izločitev dnevnega nihanja višinske komponente. Vključitev serij daljših opazovanj je zelo dobrodošla, saj to izboljšuje natančnost elipsoidne višine. GPS-opazovanja naj bodo obdelana po mednarodnih standardih (IGS/CODE precise orbit, IGS phase center models) z uporabo kateregakoli znanstvenega programskega orodja. Višinski kot naj ne bi bil višji od  $15^\circ$ . Koordinate naj bodo podane v ETRS89 ali ITRFyy sistemu, pravtako naj bo podana epoha opazovanja. Formularji za podatke so priloženi (Torres, Kenyeres, 2003).

#### ↗ Geometrični nivelman in gravimetrična opazovanja

Potrebno je določiti višinsko razlik med izbrano novo EUVN točko in najbližjo UELN ali EUVN točko. Uporabijo se lahko že obstoječe meritve. Potrebne so tudi gravimetrične meritve (ali uporaba zanesljivega in natančnega modela) za določitev geopotencialnih kot (Torres, Kenyeres, 2003).

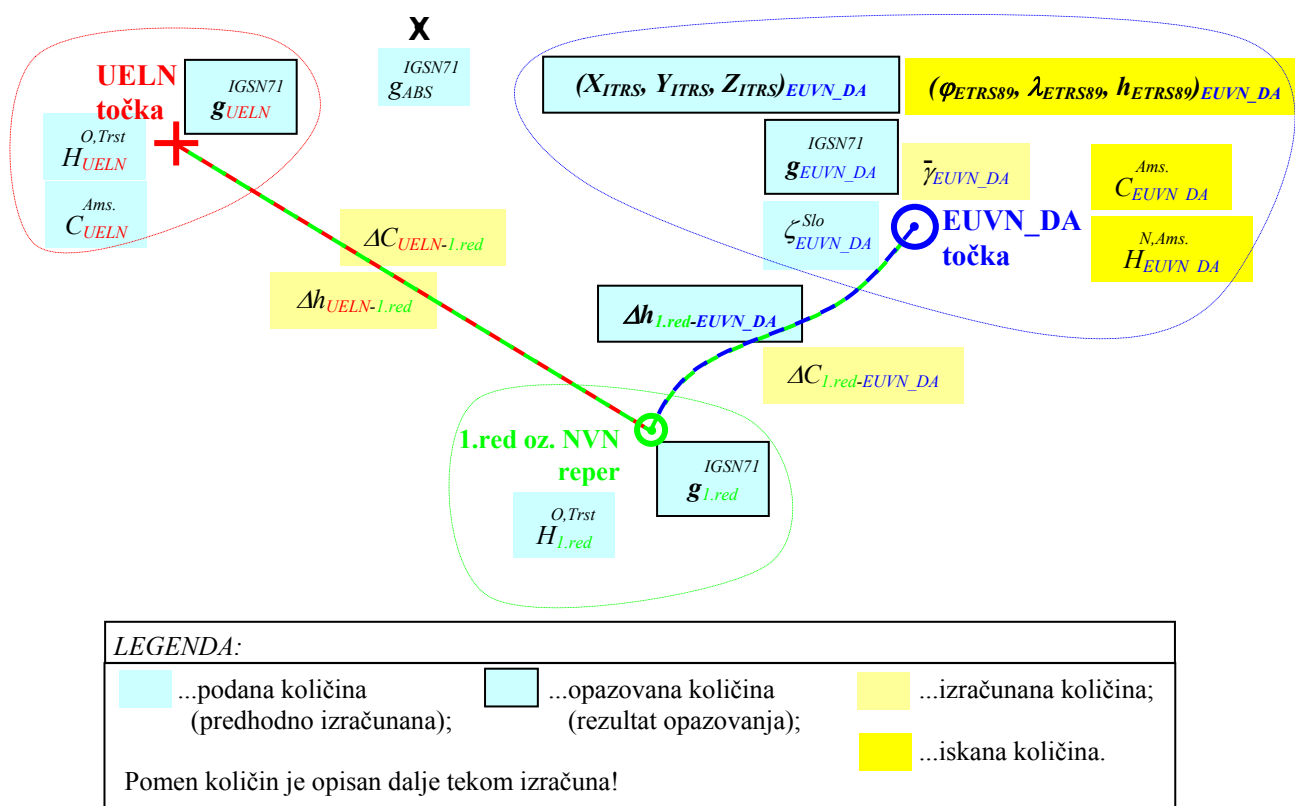
## 8 MERITVE ZA PROJEKT EUVN\_DA V SLOVENIJI

Projekt zahteva tri sklope opazovanj, s katerimi v osnovi pridobimo podatke ( $\rightarrow$ ), ki jih nato uporabimo za izračun iskanih količin ( $\}$ ):

- |                         |   |                       |                   |
|-------------------------|---|-----------------------|-------------------|
| - GPS-opazovanja        | $\rightarrow$ določitev položaja (X,Y,Z)                        | } elipsoidna višina   | } normalna višina |
| - Geometrični nivelman  | $\rightarrow$ določitev višinskih razlik                        |                       |                   |
| - Gravimetrične meritve | $\rightarrow$ določitev težnostnega pospeška na površini Zemlje | } geopotencialna kota |                   |

Načeloma potrebujemo podatke opazovanj na treh točkah za določitev nove EUVN točke:

- UELN točka (izhodiščni reper),
- reper nivelmana 1.reda ali NVN reper (navezni oz. vmesni reper) in
- nova EUVN (EUVN\_DA) točka.



Slika 10: Skica opazovanj, danih in izračunanih količin.

↗ OPOMBA 1:

Preglednica 5: Legenda pomena uporabe različnih barv v diplomski nalogi:

XXXX	...UELN točka (izhodiščna točka); (nanaša se samo na oznako točke).
XXXX	...Reper nivelmana NVN ali 1.reda, določen g (navezovalni ali vmesni reper).
XXXX	...Reper, vrednosti g ne poznamo.
XXXX	...EUVN ali EUVN DA točka.
	...DANO (vrednost je podana).
	...IZRAČUN (vmesni izračun).
	...IZRAČUN (vmesni izračun, pomembnejša vrednost, predhodno izračunana,...).
	...IZRAČUN (iskana vrednost).

V diplomski nalogi v večini velja, kadar so oznake, količine ali vrednosti obarvane, je njihov pomen, kot je prikazano v »Preglednica 5:«.

↗ OPOMBA 2:

Ker so bili rezultati projekta v začetku marca 2006 oddani pristojnim na tem področju v podkomisiji EUREF, ta diplomatska naloga pa je nastajala še tudi po tem datumu, je bilo naknadno odkritih nekaj napak, predvsem v izračunanih in nato uporabljenih višinskih razlikah med navezovalnimi reperji nivelmana NVN ali 1.red in novo EUVN točko. Zato sta nadalje tekom diplomske naloge v uporabi pojma »ORIGINAL« ali »ODDANO« ki se nanašata na količine, ki so bile uporabljene za pridobitev oddanih rezultatov ali oddane rezultate same in pojem »DOPOLNITEV« ali »POPRAVA« za količine, ki so se naknadno spremenile glede na originalne vrednosti. Prikaz izračuna količin, ki so nadalje odvisne od teh pomankljivih ali napačnih vrednosti, je v diplomski nalogi podan in izračunan samo z popravljenimi vrednostmi. Iskane količine oz. rezultati so podani »oddani« in »popravljeni« (novi).

## 8.1 Nove EUVN (EUVN\_DA) točke na območju RS

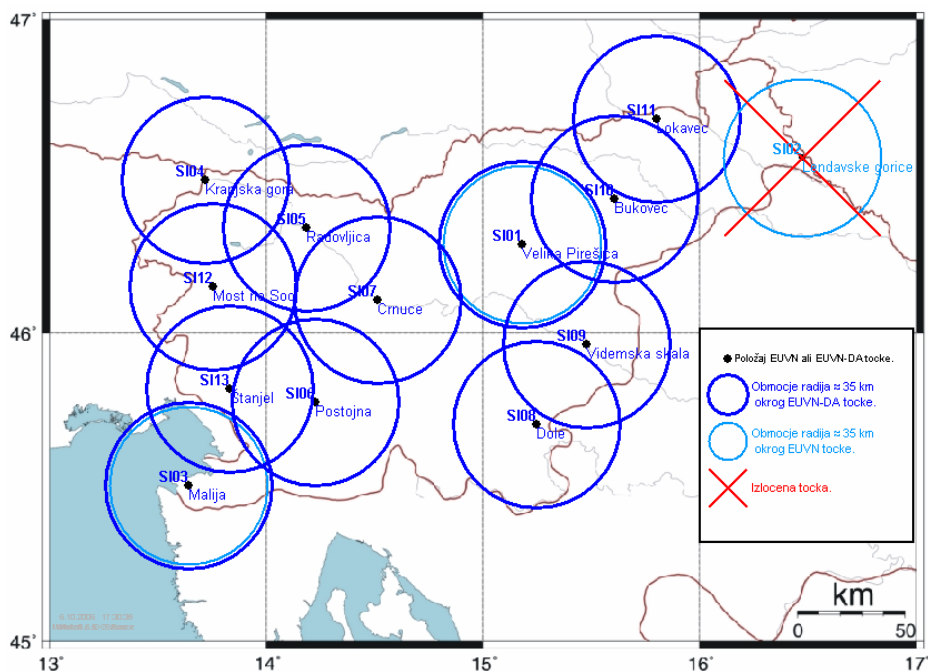
Na območju Slovenije je GURS v sodelovanju z Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo FGG izbral naslednje točke (Medved, 2006):

- 2 točki (SI01 in SI03) so že vključene v EUVN mrežo,
- 10 točk je novih (SI04, SI05, SI06, SI07, SI08, SI09, SI10, SI11, SI12, SI13).

Točka SI02 –Lendavske gorice, ki je bila del EUVN mreže, sedaj ni vključena zaradi njene nestabilnosti (Medved, 2006).

Preglednica 6: Izbrane točke in njihove koordinate v EUVN sistemu (Medved, 2006):

Ime točke	Državna id.	EUVN_DA id.	ETRS 89 širina [° ' "]	ETRS 89 dolžina [° ' "]	ETRS 89 elips. višina [m]	EPOHA [leto]
Velika Pirešica	98s	SI01	46-17-10, 927713	15-11-07, 514622	342.1762	2006.07
Malijska	180	SI03	45-30-13, 628141	13-38-36, 199808	323.1278	1997.00
Kranjska Gora	KRGO	SI04	46-29-35, 634165	13-43-12, 605371	898.3080	1997.00
Radovljica	457	SI05	46-20-27, 187068	14-11-14, 527354	551.0220	1997.00
Postojna	PSTJ	SI06	45-46-36, 675223	14-13-42, 785207	783.0735	2006.07
Črnuče	CRNU	SI07	46-06-16, 740692	14-30-56, 504600	332.8848	2006.07
Dole	375s	SI08	45-42-07, 505630	15-15-02, 423480	499.4703	2000.00
Videmska skala <sup>1</sup>	754s	SI09	45-57-43, 520090	15-29-16, 081380	205.7742	2000.00
Bukovec	219	SI10	46-26-03, 903065	15-36-44, 436012	475.5530	1997.00
Lokavec	386	SI11	46-41-29, 421282	15-48-24, 816915	449.1518	1997.00
Most na Soči	MOSO	SI12	46-09-03, 821242	13-45-23, 779679	266.8969	2006.07
Štanjel	STAN	SI13	45-49-11, 584641	13-50-06, 429727	333.5470	2006.07



Slika 11: Približen položaj starih EUVN in novih EUVN (EUVN\_DA) točk in njihova območja radija ~ 35 km.

<sup>1</sup> V uporabi za ime točke Videmska skala (SI09) je tudi Krško.

## 8.2 Geometrični nivelman

Vse nove EUVN točke so bile z geometričnim nivelmanom navezane na najbližji reper nivelmana 1.reda ali NVN. Z preračunom celotne slovenske nivelmanske mreže visoke natančnosti leta 2000, se je normalna ortometrična višina reperjev spremenila v velikosti od -80 do +80 mm (Vardjan, 2001 cit. po Medved, 2006). To je razlog za spremembo višin točk SI01 in SI03 (Medved, 2006).

V prilogi B1 so podane vrednosti opazovanih višinskih razlik v nivelmaskih linijah in povzetek načina niveliranja za posamezno novo EUVN točko.

### 8.2.1 Ocena natančnosti in popravki niveliranih višinskih razlik

Popravke računamo za vsako višinsko razliko posamezne nivelmanske linije, ki skupaj tvorijo nivelmanski vlak med reperjem nivelmana NVN ali 1.reda in novo EUVN točko.

Dopustno odstopanje  $\delta$  med niveliranjem naprej in nazaj:

$$\delta = \Delta h'_a + \Delta h'_n \quad (8.1)$$

$\Delta h'_a$  ... nivelirana višinska razlika naprej posamezne nivelmanske linije,

$\Delta h'_n$  ... nivelirana višinska razlika nazaj posamezne nivelmanske linije.

je primerjano z dopustnim odstopanjem  $\Delta$  med niveliranjem naprej in nazaj za nivelmanske mreže z veliko natančnostjo (poglavje 5.1.1, str.45):

$$\Delta = \pm 2 \cdot \sqrt{S + 0.04 \cdot S^2}$$

Izračunan je standardni odklon kilometra enojnega nivelmana in standardni odklon kilometra dvojnega nivelmana nivelmanske linije (glej poglavje 5.1.2, str.47):



$$\sigma_{\Delta h} = \pm \sqrt{\frac{[p\delta\delta]}{2 \cdot n}} = \pm \sqrt{\frac{1}{2 \cdot n} \cdot \left[ \frac{\delta\delta}{S_l} \right]}$$

$$\sigma_0 = \frac{\sigma_{\Delta h}}{\sqrt{2}}$$

Preglednica 7: Rezultati izračuna standardnih odklonov kilometra enojnega nivelmana in standardnih odklonov kilometra dvojnega nivelmana nivelmanskih linij:

NVN, 1.red reper	EUVN_DA reper	$\Delta h'_{sr} = \Delta h'$ [m]	$S$ [km]	$\sigma_{\Delta h}$ [mm/km]	$\sigma_0$ [mm/km]	$\sigma_0 S$ [mm/km]	opomba
FR1016	SI01	18.67780	0.337	± 0.90	± 0.60	± 0.30	
3926/20	SI03						ni podatkov niveliranja.
2742	SI04	-14.30680	0.711	± 1.20	± 0.80	± 0.60	
CP-486	SI05	2.26900	0.008	± 8.00	± 6.00	± 0.10	
2779a	SI06	148.84640	2.313	± 1.50	± 1.10	± 2.60	
FR-1014	SI07	-9.78590	0.580	± 0.80	± 0.60	± 0.40	
A-174	SI08	-24.12860	0.545	± 1.50	± 1.10	± 0.60	
MXVII	SI09	-3.74230	0.939	± 0.96	± 0.68	± 0.64	
B-6	SI10	154.55580	2.962	± 1.50	± 1.10	± 3.30	
AP-6	SI11	40.41017	3.113	± 0.47	± 0.33	± 1.03	
C-113	SI12	53.39840	1.310	± 0.45	± 0.32	± 0.42	
CP-877	SI13						delno nivelirana, ni podatkov.

Zahtevana natančnost ( $\sigma_0$ ) v EUVN projektu je bila pod  $\pm 1$  mm/km (Ihde et al, 2000).

Nivelirane višinske razlike posamezne nivelmanske linije  $\Delta h'$  so popravljene s popravki, ki jih določimo s kompariranjem nivelmanskih lat:

$$\Delta h = \Delta h' \cdot \left[ 1 + (m_0 + \alpha \cdot (T - T_0)) \cdot 10^{-6} \right] + (l_0)$$

$\Delta h'$  ... nivelirana višinska razlika;

$m_0$  ... popravek metra late pri referenčni temperaturi  $T_0$  [ppm];

$\alpha$  ... linearni razteznostni koeficient razdelbe late pri referenčni temperaturi  $T_0$  [ppm/°C];

$T$  ... merjena temperatura late;

$T_0$  ... referenčna temperatura late (običajno 20°C);

$l_0$  ... popravek pete late oz. začetne črtice razdelbe.

Popravek pete late  $l_0$  ni znan in ni upoštevan!

Nivelirane višinske razlike popravljene za popravek metra late in temperaturni popravek  $\Delta h$  so nato po Bilajbegoviću popravljene še za normalni-ortometrični popravek  $NOP$ :

$$\Delta h_{NOP} = \Delta h + NOP = \Delta h^1 \quad (8.2)$$

$$NOP = -0.000025685 \cdot \Delta\varphi^{[r]} \cdot H_{sr}^{[m]} \quad [\text{m}]$$

$H_{ij}^{sr[m]}$  ... srednja pribl. nadmorska višina v [m] med opaz. reperjema;

$\Delta\varphi_{ij}^{[r]}$  ... razlika pribl. geografskih širin v ["] med opaz. reperjema.

Rezultate zgoraj navedenih izračunov za posamezno novo EUVN točko podaja Priloga B2: Ocena natančnosti in popravki niveliranih višinskih razlik.

Na določenih nivelmanskih linijah je dejansko odstopanje večje od dopustnega odstopanja, kar kaže na rezultate, ki so pod željeno in zahtevano natančnostjo (priloga B2). Vrednosti niveliranih višinskih razlik so opazovane od treh do pet decimalk metra natančno (»Preglednica 8:,str.85«). Če pogledamo v prilogo B2, ugotovimo precejšnjo neenotnost tudi v izračunu končnih vrednosti niveliranih višinskih razlik do novih EUVN točk. Vidimo, da za vse nivelirane višinske razlike ni možno upoštevati temperaturnega popravka in popravka metra late. Na točki SI11 je uporabljena poenostavitev, kjer sta uporabljeni vrednosti  $m_0 = 0$  in  $\alpha = 1$ . Normalni-ortometričnega popravek je izračunan samo za nekatere višinske razlike (»Preglednica 8:,str.85«). Na točki SI12 je uporabljena poenostavitev, kjer položajev vmesnih

---

<sup>1</sup>  $\Delta h$  oznaka višinske razlike je do tukaj predstavljala viš.razliko popravljeno za popravka meter late in temperaturni popravek. Naj v bodoče velja ta oznaka tudi za višinsko razliko popravljeno za  $NOP$ .

reperjev v nivelmanskem vlaku nimamo podanih. Izračunan je popravek, ki upošteva samo začetni in končni reper v niv. vlaku. V izračunu nekaterih popravkov niveliranim višinskim razlikam, ki so bile uporabljene za izračun količin, ki so bile oddane, je bilo naknadno odkritih tudi nekaj napak.

Vzrok naštetim pomankljivostim je predvsem v tem, da so bila opazovanja izvedena z uporabo različne metodologije in opreme v rokah večih izvajalcev v različnih časih, saj so bile uporabljene višinske razlike prvotno namenjene za potrebe drugih projektov (predvsem za določitev absolutne višine točk), ki so bili izvedeni ločeno.

Zato podajam originalne in popravljene višinske razlike (»Preglednica 8.; str.85«). Priloga B2 prikazuje samo popravljen in dopolnjen izračun.

»Preglednica 8.; str.85« je razdeljena na dva dela: original in poprava. V stolpcu original so trije stolpci, v slednjem dva. V prvem so »surove« višinske razlike dobljene kot vsote višinskih razlik nivelmanskih linij, ki skupaj tvorijo nivelmanski vlak med reperjem nivelmana NVN ali 1.reda in novo EUVN točko. Tukaj tudi vidimo ali je bil uporabljen nastavek na novi EUVN točki. V naslednjih štirih stolpcih je vidno kateri popravki so bili izračunani v primeru originalnih in v primeru popravljenih oz. dopoljenih vrednostih.

Kot v »Preglednica 8.; str.85« vidimo razlike med originalnimi in popravljenimi niveliranimi višinami ne presegajo vrednosti  $\pm 0.2$  mm, izjema je le točka SI10, kjer je razlika 13.8 mm. Vzrok je v grobem pogrešku za izračun popravka metra late in temperaturnega popravka uporabljena napačna enačba:

$$\Delta h = \Delta h' \cdot [1 + (m_0 \cdot \alpha \cdot (T - T_0)) \cdot 10^{-6}] \quad (8.3)$$

Velikost pogreška bo pravgotovo vplivala na izračunani vrednosti geopotencialno koto in normalno višino točke SI10. Spremembe drugih niveliranih višinskih razlik so zanemarljive.

Preglednica 8: Višinske razlike brez in z upoštevanjem popravkov:

	OD	Z in brez upošt. nast.	ORIGINAL		DOPOLN. oz. POPR.		OPOMBE
	DO		$\Delta h'$	$\Delta h$ upoštevani popravki	$\Delta h$ upoštevani popravki		
$p^1$	NVN oz. 1.red	$\Delta h'$	1) ML+TP	2) NOP	1) ML+TP	2) NOP	
$n^2$	EUVN DA	$\Delta h' - 0.04m$	1) ML+TP	2) NOP	1) ML+TP	2) NOP	
[št.]	[Reper]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	
4	FR1016 (NVN)	18.7178	x	x	x	18.7178	Izračunal sem $\Delta h$ z upoštevanjem NOP. Višinska razlika se NI spremenila.
1	98s = SI01	18.6778	x	x	x	18.6778	
	3926/20 (NVN)						Višinska razlika je izračunana iz abs.viš reperjev, podatkov niveliranja nisem imel.
	180 = SI03						
4	2742 (NVN)	-14.2668	x	x	x	-14.2666	Izračunal sem $\Delta h$ z upoštevanjem NOP. Višinska razlika se JE spremenila.
1	KRGO = SI04	-14.3068	x	x	x	-14.3066	
3	CP-486 (NVN)	2.269	x	x	x	2.269	Izračunal sem $\Delta h$ z upoštevanjem NOP. Višinska razlika se NI spremenila.
1	457 = SI05	x	x	x	x	x	
4	2779a (1.red)	148.8864	x	x	x	148.8868	NOP sem izračunal brez upoštevanja vmesnih reperjev!!!! NOP = NOPskupni
3	PSTJ = SI06	148.8464	x	x	x	148.8468	
4	FR-1014(NVN)	-9.7459	-9.7457	-9.7456	-9.7457	-9.7458	Napaka v izračunu NOP: uporabljen je $\Delta\varphi = -13.00''$ , sam sem izrač. $\Delta\varphi = 11.70''$ .
1	CRNU = SI07	-9.7859	-9.7857	-9.7856	-9.7857	-9.7858	
4	A-174 (1.red)	-24.0886	x	x	x	-24.0884	Izravnava je izvedena z $\Delta h$ brez upošt. NOP za določitev abs.višine 375s: izravn. od R(A-174):-24.1277 in R(2053):-20.4836 z upoštevanjem NOP dobim: izravnano od R(A-174):-24.1276 in R(2053):-20.4837.
1	375s = SI08	-24.1286	x	x	x	-24.1284	
4	2053	-20.4441	x	x	x	-20.4441	
1	375s = SI08	-20.4841	x	x	x	-20.4841	
5	MXVII (NVN)	-3.70230	-3.70228	-3.70219	-3.70228	-3.70237	NOP:uporabljen $\Delta\varphi = \varphi_{Od} - \varphi_{Do} = -21.12''$ , popravil sem v $\Delta\varphi = \varphi_{Do} - \varphi_{Od} = 21.12''$ .
1	754s = SI09	-3.74230	-3.74228	-3.74219	-3.74228	-3.74237	
4	B-6 (1.red)	154.5558	154.5410	154.5410	154.55479	154.5548	V izračunu ML+TP uporabljena napačna en.: $\Delta h = \Delta h' \cdot [1 + (m_0 \cdot \alpha \cdot (T - T_0)) \cdot 10^{-6}]$
5	219 = SI10	x	x	x	x	x	
5	AP-6 (1.red)	40.41017	40.40995	40.40996	40.40995	40.41016	V izrač. ML+TP uporablj.: $m_0 = 0$ in $\alpha = 1$ . V izrač. NOP nap.: za Hsr so uporablj. $\Delta h$
5	386 = SI11	x	x	x	x	x	
	brez ML+TP	40.41017	x	x	x	40.41038	Izračunal sem tudi $\Delta h$ z NOP brez TP+ML
5	C-113 (NVN)	53.43840	53.43825	53.43815	53.43832	53.43822	NOP = NOPskupni!!!! Napaki v izračunu ML+TP: Uporabljene napačne T in T <sub>0</sub> .
6	MOSO = SI12	53.39840	53.39825	53.39815	53.39832	53.39822	
4	124	0.4144	x	x	x	x	Težnost je merjena na reperju CP-877, zato je iz abs.viš. CP-877 in 3905 izrač. $\Delta H = 1.3928m$ , iz abs.viš. 3905 in 124. $\Delta H = -24.3803m$ , ki je prišteta nivelirani višini med 124 in SI13 $\Delta h = 0.4144m$ . $\Delta h(CP-877) - (SI13) = -22.5732 m$ .
1	STAN = SI13	x	x	x	x	x	

LEGENDA:	
XXXX	...napaka v vrednosti;
	...napaka v vrednosti: original uporabljeno;
	...uporabljena vrednost za predhodni izrač.;
	...uporabljena končna vrednost v dipl.nalogi.

Če je rumeno obarvano polje, kjer se nahaja uporabljena vrednost, v levem stolpcu ORIGINAL to pomeni, da je uporabljena vrednost v diplomski nalogi za izračun enaka, kot je bila uporabljena v projektu, ki je bil oddan. Če se ta rumeno obarvana vrednost nahaja v desnem stolpcu DOPOLNITEV oz. POPRAVA, je to uporabljena vrednost v diplomski nalogi in se po vrednosti razlikuje od originalne.

<sup>1</sup> p...opazovanja so odčitana na natančnost  $10^{-p}$  metra.

<sup>2</sup> n...št. nivelmanskih linij.

### 8.3 Gravimetrična opazovanja

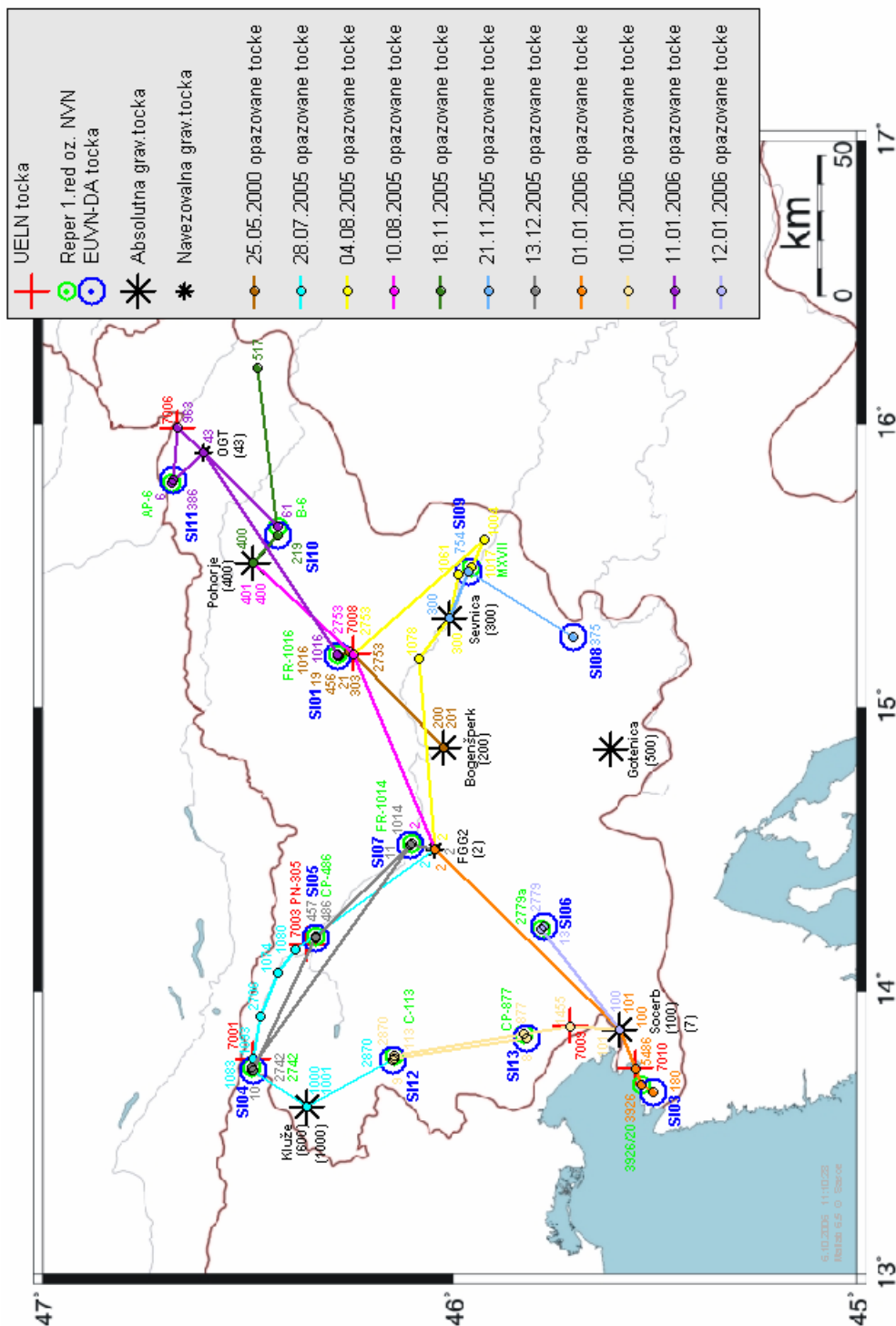
Ker je za izračun geopotencialnih kot EUVN točk potrebno poznati vrednost težnega pospeška med UELN reperjem in samo EUVN točko, je bilo potrebno izvesti relativne gravimetrične meritve, ki jih je z relativnim gravimetrom Scintrex CG-3M je v večini izvedel univ.dipl.inž.geod. Klemen Madved (GURS, Ljubljana) in doc. dr. Božo Koler.

Nekateri reperji so bili izmerjeni že julija in avgusta 2005 in rezultati teh meritev so prevzeti iz diplomske naloge Danile Urek »Avtomatska obdelava in analiza testnih meritev z relativnim gravimetrom Scintrec CG-3M«. Zato se niso ponovno izračunali (Medved, 2006).

Izjema je le UELN točka 7003 (reper nivelmana NVN PN-305), na kateri tehnično ni bilo mogoče izvesti novih meritev, je težnost povzeta iz meritev 1971. Podatkov o uporabljeni metodologiji, inštrumentariju itd. na tem reperju PN-305 moja diplomska naloga ne podaja. Po opravljenih analizah v diplomski nalogi D. Urek (2005) vemo, da se vrednosti težnostnih pospeškov pridobljenih v letu 1971 od pridobljenih v letu 2005 razlikujejo nekje za okoli 1000  $\mu\text{Gal}$ -ov. Zato je bila leta 1971 določeni težnosti na reperju PN-305 odšteta ta vrednost .

#### 8.3.1 Izvedba gravimetričnih meritev

Glede na enačbo izračuna geopotencialne kote vrednosti težnosti na tistih točkah, katere višinske razlike poznamo in obratno. Uporabljeni sta samo dve višinski razliki: med UELN točko in reperjem nivelmana 1.reda ali NVN ter med slednjim in novo EUVN točko. Torej potrebujemo vrednosti težnosti na teh treh točkah oz. reperjih za določitev vrednosti dveh srednjih težnih pospeškov med temi točkami. Meritve so se izvajale z metodo profilov, funkcija hoda instrumenta je izračunana za vsak posamezni dan. Na točkah so se meritve izvedle večkrat z 1 minutnimi opazovanji in sicer so na točkah EUVN\_DA izvedene vsaj 5 krat, na reperjih pa vsaj 3 krat. Iz teh meritev je izračunana aritmetična sredina (Medved, 2006).



Slika 12: Serije opazovanj težnostnega potenciala.

Na »Slika 12: « ni prikazanih meritev v sklopu določitve težnosti UELN točki 7003 oz. reperju PN-305, ki je bila izvedena leta 1971.

Opazovanja težnosti so izvedena in nato obdelana po dnevih (serijah) (»Slika 12: , str.87«) in metodologija meritev ne zahteva, da je potrebno tista opazovanja težnosti, ki so potrebna za določitev posamezne nove EUVN točke, izvesti znotraj ene serije. Pravtako so opazovanja v nekaterih serijah izvedena tudi na drugih točkah, ki so za ta projekt nepomembne. Ker so meritve relativne, pomeni, da je znotraj ene serije meritve potrebno izvesti tudi na vsaj eni točki z znano absolutno težnostjo. Za izhodiščno točko (točko z znano absolutno vrednostjo težnega pospeška) so največkrat služile absolutne gravimetrične točke, v nekaterih primerih pa so meritve navezane tudi relativne gravimetrične točke, ki so bile izmerjene v letu 2005 (Medved, 2006). Vsa merjenja težnosti se nanašajo na datum IGSN71. Rezultati obdelave meritev z vrednostjo težnega pospeška na vmesnih reperjih so podani v prilogi C (obdelava univ.dipl.inž.geod. Klemen Madved).

Slika 12: , str.87 predstavlja položaje vseh točk na katerih se je določila vrednost težnostnega pospeška v posameznih serijah, torej tudi tiste, ki so za EUVN\_DA projekt nepomembne. Točke, na katerih je bila opazovana relativna težnost so oštevilčene po lokalni oznaki, tako kot so bile vnešene v inštrument in nadalje uporabljene v obdelavi (priloga C). Vse opazovane točke imajo določeno barvo na sliki, ki predstavlja njen datum oz. serijo v kateri je bila opazovana (glej legendo »Slika 12: , str.87«). Na sliki so **dodatno** oštevilčene in obarvane tudi UELN točke (rdečo), reperji NVN ali 1.reda (zeleno), EUVN\_DA točke (modro) in absolutne in navezovalne gravimetrične točke (črno). Slika prikazuje vse točke na katerih je bilo opazovano, ne prikazuje pa vrstnega reda v katerem so bile te točke opazovane znotraj serije, ker povezovalne linije ne predstavljajo dejanske poti opravljene med točkami. Veliko točk v posamezni seriji je bilo ločeno opazovanih dvakrat (za določitev hoda inštrumenta), kar linije ne prikazujejo , ker bi to naredilo skico opazovanih točk še bolj nepregledno.

### 8.3.2 Upoštevanji popravki pri izračunu težnostnih pospeškov

Višina na EUVN točkah, ki so stabilizirane z bolcno, se nanaša na vrh pokrova bolcne. Zato je pri izračunih potrebno prišteti debelino pokrova (t.j. 6mm). Popravki plimovanja Zemlje so upoštevani že med samimi meritvami (software Scintrex CG-3M) zato niso ponovno računani. Vse meritve so reducirane na višino opazovane točke (reperja) s srednjim

vertikalnim gradientom nad površjem zemlje (-0,3086mGal/m). Vsi izračuni so narejeni v programskem okolju Matlab (Medved, 2006).

Pri izračunu težnostnih pospeškov na večini točkah so upoštevani naslednji popravki:

- vpliv zračnega tlaka,
- vpliv hoda instrumenta,
- redukcija za višino instrumenta.

#### ↗ Vpliv zračnega tlaka

Sprememba zračnega tlaka povzroči spremembo mase zračnega stolpa nad merjeno gravimetrično točko. Vpliv zračnega tlaka na spremembo težnosti v  $\mu\text{Gal}$  je podan z enačbo (Schüler, 2000 cit. po Urek, 2005):

$$\Delta g_p = 0,30 \cdot (p - p_n)$$

$$p_n = 1013,25 \cdot \left(1 - \frac{0,0065 \cdot H}{288,15}\right)^{5,2559}$$

- $p$  ... merjeni zračni tlak na stojišču v hPa oz. mbar;  
 $p_n$  ... izračunani normalni zračni tlak na stojišču v hPa oz. mbar;  
 $H$  ... nadmorska višina gravimetrične točke v metrih.

Zračni tlak se je meril z barometrom Thommen Classic TX22 (last GURS), ki je bil umerjen z Meteo Station HM 30 (last FGG) in zato je potrebno vse vrednosti v zapisnikih popraviti za konstanto (t.j. -5mBar) (Medved, 2006).



### ↗ Vpliv hoda instrumenta

Vplivi na elastičnost in dolžino vzmeti, kot so spreminjanje temperature in pritiska v notranjosti instrumenta, staranje vzmeti ter razni tresljaji, povzročajo da gravimeter tekom časa spremeni ničelni odčitek. Ta pojav imenujemo hod (ang. drift) instrumenta. Hod v grobem razdelimo na *dolgoročni hod*, ki je posledica staranja vzmeti, temperaturnih sprememb in sprememb pritiska in znaša od 10 do 100  $\mu\text{Gal}$  na dan in se s staranjem instrumenta zmanjšuje, ter *kratkoročni hod*, ki je posledica tresljajev med transportom instrumenta in znaša do 100  $\mu\text{Gal}$  na uro in je v kratkih časovnih periodah (nekaj ur) skoraj linearen, odvisen pa je od instrumenta, načina transporta in zaščite instrumenta (Urek, 2005).

Po Drewesu temelji določanje hoda na Taylorjevi vrsti merjene vrednosti  $g$  v odvisnosti od časa  $t$  (Urek, 2005):

$$g(t) = g(t_0) + \left(\frac{\partial g}{\partial t}\right)_0 (t-t_0) + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial^2 g}{\partial t^2}\right)_0 (t-t_0)^2 + \frac{1}{6}\left(\frac{\partial^3 g}{\partial t^3}\right)_0 (t-t_0)^3 + \dots$$

$t_0$  ... čas začetka meritve.

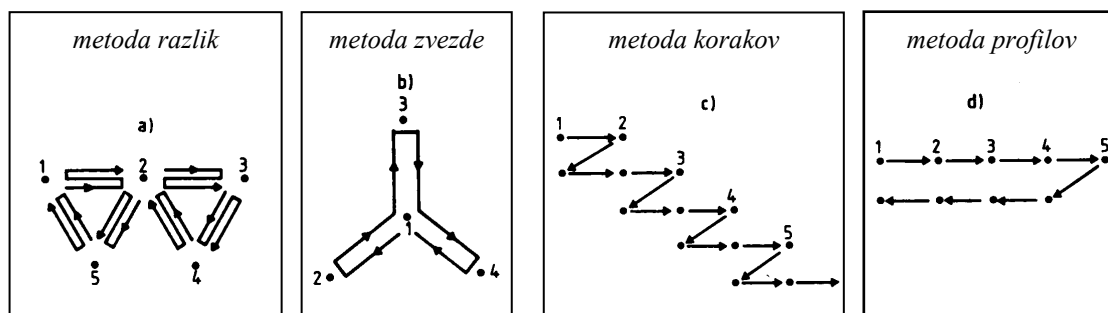
Vpeljemo koeficiente hoda  $d_1, d_2, d_3, \dots$  in zgornjo enačbo pretvorimo v polinom:

$$\begin{aligned} g(t) &= g(t_0) + d_1(t-t_0) + d_2(t-t_0)^2 + d_3(t-t_0)^3 + \dots \\ &= g(t_0) + \sum_{p=1}^s d_p(t-t_0)^p = g(t_0) + D(t) \end{aligned}$$

$g(t_0)$  ... začetna meritev.

Običajno računamo koeficiente hoda v enačbi 5.7 s podatki enega dneva, torej določimo funkcijo hoda za vsak dan posebej. Koeficiente polinoma izračunamo z izravnavo po metodi najmanjših kvadratov (Urek, 2005).

Koeficienti hoda se lahko določijo s ponovljenimi meritvami na istih točkah. Ponavljanja naj bodo čim enakomerneje časovno razporejena, odvisna pa so od tipa hoda (linearen, nelinearen, preskoki), velikosti hoda in zahtevane natančnosti meritev. Poznamo več metod merjenj (Torge, 1989 cit. po Urek, 2005): *metoda razlik*, *metoda zvezde*, *metoda korakov* in *metoda profilov*.



Slika 13: Metode merjenj gravimetričnih merjenj.

#### ⇨ Redukcija za višino instrumenta

Pri redukciji težnostnega pospeška za višino instrumenta iz stojišča 1 na stojišče 2 uporabimo spodnjo enačbo:

$$g_2 = g_1 + \Delta g^H \cdot \Delta H_{1-2} \quad (8.4)$$

$g_1$  ... težnostni pospešek na stojišču 1 v mGal;

$\Delta H_{1-2}$  ... višinska razlika med stojiščem na katerega reduciramo in izhodiščno točko:

$$\Delta H_{1-2} = H_2 - H_1.$$

$\Delta g^H$  ... višinska sprememba težnostnega pospeška, za katero je uporabljena vrednost popravka prostega zraka  $\Delta g^H = \Delta g^{FA} = -0,3086 \text{ mGal/m}$ .

Rezultati ene serije meritev (rezultati navedenih popravkov, izračuna relativnih in absolutnih težnostnih pospeškov) so podani v prilogi C v večini z naslednjimi podatki:

- diagramom izrisa funkcij hoda instrumenta,
- tabelo izračunom hoda instrumenta in
- tabelo izračun težnostnih pospeškov (tabela 1 in tabela 2).

### 8.3.3 Rezultati izračunanih absolutnih težnostnih pospeški na EUVN\_DA točkah

Preglednica 9: Izračunani absolutni težnostni pospeški na EUVN\_DA, UELN in vmesnih točkah oz. reperjih NVN ali 1.reda ter podani absolutni težnostni pospeški uporabljenih absolutnih gravimetričnih točk, prikazano po serijah:

*LEGENDA pomena barv:*

	- Gravim. meritve izvedene za potrebe projekta EUVN DA .
	- Gravim. meritve privzete iz opazovanj izvedenih v drugem projektu.

Izračun popravkov ter relativnih in absolutnih težnostnih pospeškov je podan v prilogi C v poglavju:  
 - C1/3: Izračun absolutnih težnostnih pospeškov v dipl. nalogi © Klemen Medved, 2001 -  
 - C2/3: Izračun absolutnih težnostnih pospeškov v programu GRAVAP © Dr. T. Schüler, IGN -  
 - C3/3: Izračun absolutnih težnostnih pospeškov v programu Matlab © Medved&Urek -  
 - Ni podatkov izračuna -

(v pregl. so samo pod.o refer. abs.grav.točki in točkah EUVN DA projekta posam. serije, vse meritve v seriji so v prilogi C)

datum (serija)	abs.točka točka	opis	lokalna oznaka	$g_{ABS}$ [ $\mu$ Gal]	opombe točki
				$g$ [ $\mu$ Gal]	
1971	PN-305	reper	305	980567060.0	UELN95 - Lesce (7003)
25.maj 00	200	Bogenšperk A	200	980593538.2	absolutna grav. točka
25.maj 00	SI01	EUVN_DA	19	980641780.2	98s-Velika Pirešica - III.red; EUVN
28.jul.05	600	Kluže A	1000	980545908.0	absolutna grav. točka
28.jul.05	MXCIII	reper	1093	980508209.4	UELN95 - Kranjska gora (7001)
04.avg.05	300	Sevnica A	300	980641000.4	absolutna grav. točka
04.avg.05	MXVII	reper	1017	980663781.7	NVN Krško (navezni SI09)
10.avg.05	400	Areh A	400	980483699.1	absolutna grav. točka
10.avg.05	2753	reper	2753	980640158.9	EULN95 - Arja vas (7008)
18.nov.05	400	Areh A	400	980483698.8	absolutna grav. točka
18.nov.05	SI10	EUVN_DA	219	980640313.7	219 -Bukovec- I.red
21.nov.05	300	Sevnica A	300	980641000.4	absolutna grav. točka
21.nov.05	SI08	EUVN_DA	375	980585076.9	375s-Dole-geodinam.

se nadaljuje ...

...nadaljevanje

21.nov.05	SI09	EUVN_DA	754	980666347.9	754s-Krško-geodinam.
13.dec.05	2	FGG -klet	2	980615539.3	meritev 2005, diploma UREK
13.dec.05	SI04	EUVN_DA	10	980510609.2	KRGO-Kranjska gora-geodinam.
13.dec.05	SI07	EUVN_DA	11	980620432.7	CRNU-Črnuče-geodinam.
13.dec.05	SI05	EUVN_DA	457	980570355.6	JBT-Radovljica- I.red
13.dec.05	CP-486	reper	486	980570950.7	NVN Radovljica (navezni SI05)
13.dec.05	FR-1014	reper	1014	980618060.5	NVN Črnuče (navezni SI07)
13.dec.05	2742	reper	2742	980507373.0	NVN Rateče (navezni SI04)
01.jan.06	101	Socerb B	7	980558581.1	ekscenter absolutne grav. točke
01.jan.06	5486	reper	5486	980656862.0	UELN95 - Koper (7010)
01.jan.06	3926/20	reper	3926	980659384.0	NVN Izola (navezni SI03)
01.jan.06	SI03	EUVN_DA	180	980603736.0	180-Maliča-I.red, EUVN
10.jan.06	101	Socerb B	7	980558581.1	ekscenter absolutne grav. točke
10.jan.06	SI13	EUVN_DA	8	980589508.7	STAN-Štanjel
10.jan.06	SI12	EUVN_DA	9	980612050.4	MOSO - Most na Soči
10.jan.06	C113	reper	113	980619843.6	NVN Most na Soči (navezni SI12)
10.jan.06	CP-877	reper	877	980583171.1	NVN Štanjel (navezni SI13)
10.jan.06	MCDLV	reper	1455	980576451.8	UELN95 - Sežana (7009)
11.jan.06	43	OGT	43	980701702.1	meritev 11.9.2005, navez. na AREH
11.jan.06	AP-6	reper	6	980691864.7	I.red Maribor (navezni SI11)
11.jan.06	B-6	reper	61	980672305.0	I.red Maribor (navezni SI10)
11.jan.06	SI11	EUVN_DA	386	980684678.1	386s-Lokavec-I.red
11.jan.06	CMLXIII	reper	963	980710228.9	UELN95 - Gornja Radgona (7006)
11.jan.06	FR -1016	reper	1016	980645384.3	NVN Velika Pirešica (navezni SI01)
12.jan.06	100	Socerb A	7	980558544.3	absolutna grav. točka
12.jan.06	SI06	EUVN_DA	13	980497923.1	PSTJ-Postojna-geodinam.
12.jan.06	2779a	reper	2779	980528935.5	I.red Postojna (navezni SI06)

(v pregled. so samo pod.o refer. abs.grav.točki in točkah EUVN\_DA projekta posam. serije, vse meritve v seriji so v prilogi C)

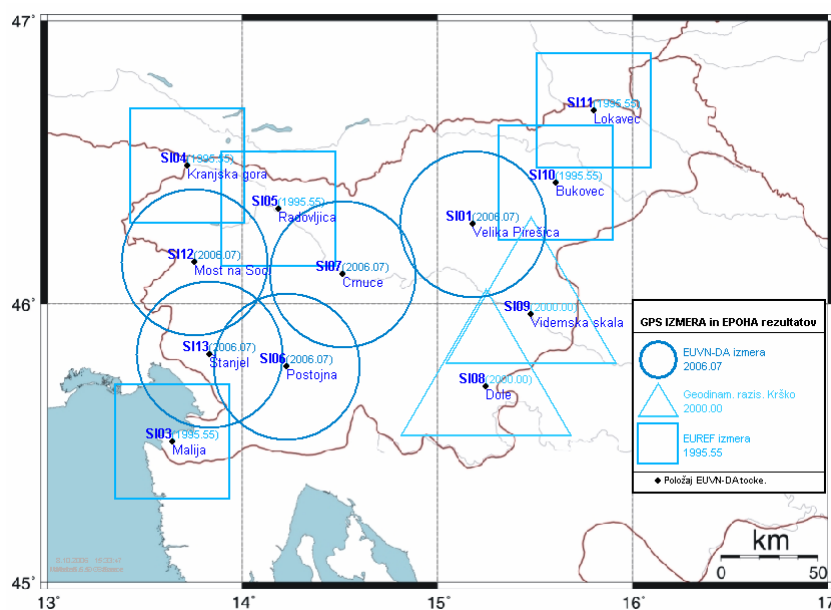
V »Preglednica 9:« niso podane vrednosti izračunanih absolutnih težnostnih pospeškov tistih točk v posameznih serijah, ki so nepotrebne v projektu EUVN\_DA. Te vrednosti so podane v prilogi C.

## 8.4 GPS-opazovanja

GPS-koordinate vseh EUVN\_DA točk morajo biti na voljo v ETRS89 koordinatnem sistemu. Meritve so bile izvedene v različnih projektih, zato se koordinate nanašajo na epoho:

- ↗ 1995.55: EUREF izmera: SI03, SI04, SI05, SI10, SI11;
- ↗ 2000.00: Geodinam. raz. Krško: SI08, SI09;
- ↗ 2006.07: EUVN\_DA izmera: SI01, SI06, SI07, SI12, SI13.

Nadalje so opisani kratki povzetki pridobitve koordinat v posameznih projektih, ki ne navajajo in opisujejo vseh postopkov in načina obdelave opazovanj.



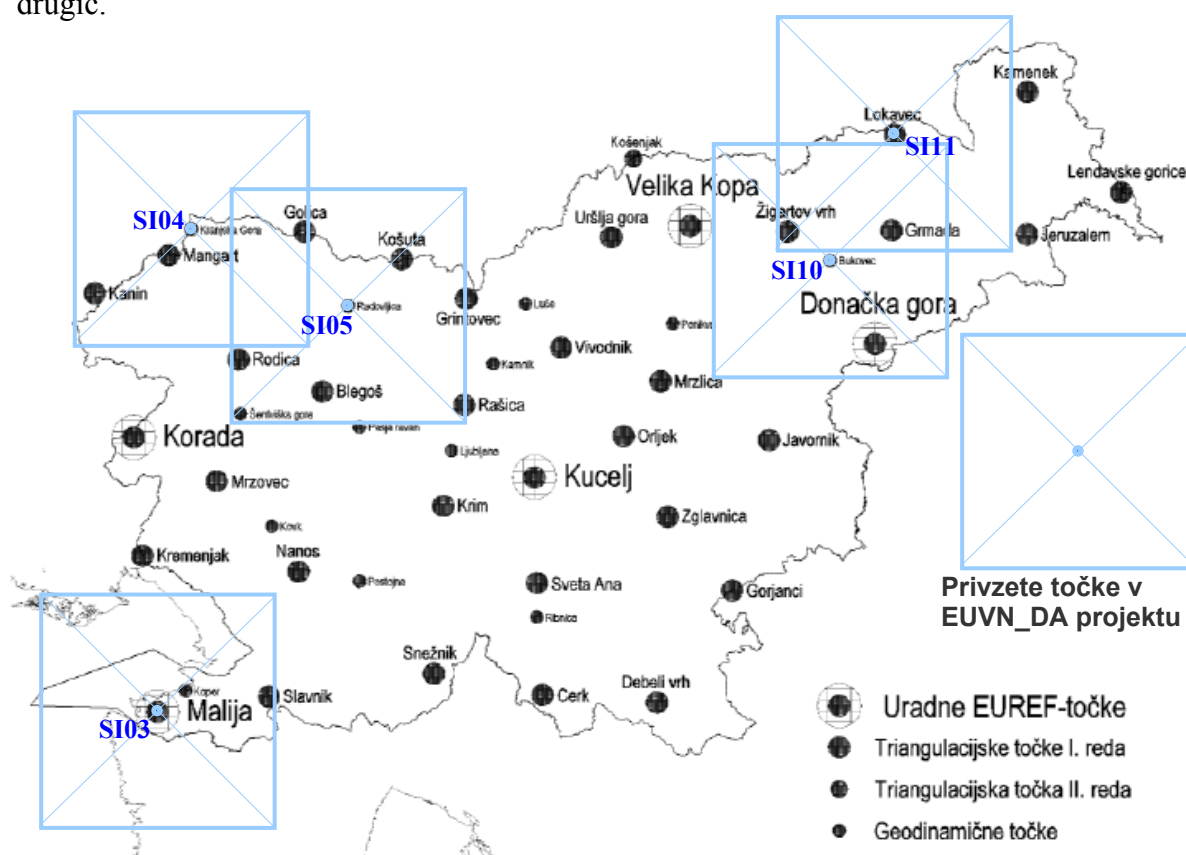
Slika 14: Epoha opazovanj EUVN\_DA točk.

### 8.4.1 Koordinate EUVN\_DA točk podane v ETRS89 v epohi (1995.55)

Koordinate EUVN\_DA točk podane v ETRS89 (1997.00) so privzete iz projekta evropski referenčni sestav EUREF (EUropean REference Frame), ki predstavlja zelo trdno, natančno in razvejano ogrodje za vse geodetske, geodinamične, geofizikalne in še katere potrebe.

Omogoča tudi poenotenje koordinat v vsej Evropi za potrebe katastra in ostalih prostorskih informacijskih sistemov ter navigacije (Stopar, Pavlovčič, 2001). Vključitev Slovenije v EUREF je bila izvedena na osnovi treh GPS-kampanj v letih 1994, 1995 in 1996 (GURS, 2005):

- Prva kampanja EUREF' 94: vključenih 8 slovenskih temeljnih horizontalnih točk 1.reda
- Druga kampanja SLOVENIJA' 95: vključenih 47 točk, od tega vseh 8 točk opazovanih v EUREF 1994
- Tretja kampanja CROREF' 96: vključenih 5 točk, od tega tri opazovane tretjič in ena drugič.



Slika 15: Točke EUREF na območju Slovenije, vključene v preračun (Berk et al, 2003a, str.47).

Uporabljena so bila opazovanja 24-urnih serij s 15-sekundnim intervalom registracije opazovanj na vseh novih točkah. Zajem je bil omejen na satelite, ki so bili vsaj 15 ločnih stopinj nad obzorjem.

Preračun EUREF GPS-kampanj je obsegal tri ključne korake. Najobsežnejši je bil zaradi prevelikih odstopanj med koordinatami identičnih točk ponovni preračun vseh treh kampanj, in sicer v enotnem referenčnem sestavu ITRF96. Sledil mu je kombinirani izračun vseh treh kampanj v ITRF96; rezultati se nanašajo na srednji trenutek opazovanj iz vseh treh kampanj, ki je 1995,55. Zadnji korak je bila transformacija koordinat iz ITRF96 v ETRS89 koordinatni sistem. Končni rezultat so elipsoidne koordinate v ETRS89 koordinatnem sistemu ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ ) na GRS-80 elipsoidu.

Preglednica 10: Kartez. koord. kombinirane rešitve EUREF uporabljene za EUVN\_DA točke (Berk et al, 2003b - Priloga\_29):

**KOMBINIRANA REŠITEV (VKLOP) ITRF 96 EPOHA 1995.5543 19-APR-03 22:30**

---

LOCAL GEODETIC DATUM: ITRF96 EPOCH: 1995-07-22 8:00:30

EUVN_DA	NUM	STATION NAME	X (m)	Y (m)	Z (m)	FLAG
SI03	9	MALIJA	4351694.6312	1056274.7981	4526994.6917	M
SI11	33	LOKAVEC	4217271.3784	1193915.6790	4618635.4494	M
SI10	41	BUKOVEC	4241306.0693	1185179.0473	4599003.8339	M
SI04	44	KRANJSKA GORA	4273804.6008	1043435.2868	4603814.1160	M
SI05	50	RADOVLJICA	4276816.4642	1081197.8780	4591886.3451	M

---

Preglednica 11: Transformacijski parametri uporabljeni za transformacijo koordinat iz ITRF96 v ETRS89 KS (Berk et al, 2003a – str.51):

Translation parameters [cm/y]			Rotation parameters ["/y]		
$T_1$	$T_2$	$T_3$	$R_1$	$R_2$	$R_3$
4.1	4.1	-4.9	0.00020	0.00050	-0.00065

Transformacija je izvedena po enačbah poglavja 5.3.1.2.1, str.57.

Končni rezultat so elipsoidne koordinate v ETRS89 koordinatnem sistemu ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ ) na GRS-80 elipsoidu.

Preglednica 12: Kartezične in elipsoidne koordinate v ETRS89 KS na GRS-80 elipsoidu v epohi (1995.55) (Berk et al, 2003b - Priloga\_32):

IME TOČKE			Pravokotne koordinate v ETRS 89 Elipsoidne koordinate v ETRS 89 (GRS 80)		
Polno ime EUVN_DA	4zn	2zn	X (m) λ	Y (m) φ	Z (m) h (m)
Malija SI03	0724	05	4351694.7659 13°38'36.199808"	1056274.7204 45°30'13.628141"	4526994.5803 323.1278
Lokavec SI11	0386	29	4217271.5174 15°48'24.816915"	1193915.6035 46°41'29.421282"	4618635.3410 449.1518
Bukovec SI10	BUKO	37	4241306.2078 15°36'44.436012"	1185178.9715 46°26'03.903065"	4599003.7250 475.5530
Kranjska Gora SI04	KRGO	40	4273804.7365 13°43'12.605371"	1043435.2103 46°29'35.634165"	4603814.0057 898.3080
Radovljica SI05	RADO	46	4276816.6005 14°11'14.527354"	1081197.8015 46°20'27.187068"	4591886.2350 551.0220

Preglednica: RMS<sup>1</sup> vrednosti brez upoštevanja uteži v kombinirani rešitvi (Unweighted RMS values in the combined solution) (Berk et al, 2003b - str. 7):

Days →	RMS [mm]				
	Σ	150	151	152	153
<b>N<sup>2</sup></b>	<b>1.0</b>	1.1	0.8	1.0	1.0
<b>E</b>	<b>0.7</b>	0.5	0.6	0.6	1.1
<b>U</b>	<b>2.4</b>	2.6	1.4	2.9	2.8
Sites →	14	14	14	14	14

#### 8.4.2 Koordinate EUVN\_DA točk podane v ETRS89 v epohi (2000.00)

Koordinate so pridobljene iz opazovanj v sklopu projekta Geodinamične raziskave Krško, ki se izvaja na Fakulteti za gradbeništvo in geodezija na Katedri za matematično in fizikalno geodezijo ter navigacijo pod vodstvom izr. prof. dr. B. Stoparja. Diplomaska naloga ne podaja načina njihove pridobitve in obdelave, zagotovo pa način ustreza vsem zahtevam EUVN\_DA projekta.

<sup>1</sup> Root Mean Square

<sup>2</sup> Ang. N = "northing", E = "easting", U = "upping" - odstopanja v smeri severa, vzhoda ter po višini.



Preglednica 13: Elipsoidne koordinate v ETRS89 KS na GRS-80 elipsoidu v epohi (2000):

Ime točke	Državna id.	EUVN_DA id.	ETRS 89 širina [° ' "]	ETRS 89 dolžina [° ' "]	ETRS 89 elips. višina [m]	EPOHA [leto]
Dole	375s	SI08	45-42-07,505630	15-15-02,423480	499.4703	2000.00
Videmska skala	754s	SI09	45-57-43,520090	15-29-16,081380	205.7742	2000.00

### 8.4.3 Koordinate EUVN\_DA točk podane v ETRS89 v epohi (2006.07)

Poglavje je povzetek tehničnega poročila EUVN\_DA mreža: Določitev koordinat EUVN točk v evropskem koordinatnem sistemu ETRS89 za projekt EUVN\_DA. Avtorji poročila so: Matija Klanjšček, univ. dipl. inž. geod., Nika Mesner, univ. dipl. inž. geod. in Sandi Berk, univ. dipl. inž. geod.. Naročnik projekta je bila Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS), izvajalec projekta pa Geodetski inštitut Slovenije (GIS).

#### 8.4.3.1 Izvedba GPS-izmere

V januarju 2006 so bila izvedena GPS-opazovanja 5-ih EUVN\_DA točk: Velika Pirešica, Most na Soči, Štanjel, Postojna in Črnuče. Za umestitev mreže so bile uporabljene štiri referenčne IGS-točke (Graz, Matera, Wettzell in Zimmerwald). Za izboljšanje geometrije mreže in hkrati kot kontrolne točke so bile uporabljene tri dodatne IGS-točke, ki ležijo na območju sosednjih držav., »Slika 16: , str.99« prikazuje vse IGS-točke (referenčne in kontrolne), vključene v preračun (Berk et al, 2006).

Preglednica 14: Seznam vseh opazovališč, uporabljene opreme, višine anten in potek opazovanj (Berk et al, 2006, str.8 in 10):

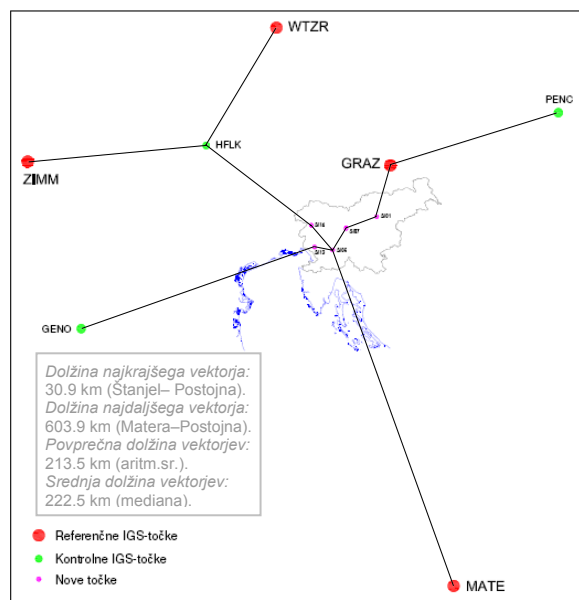
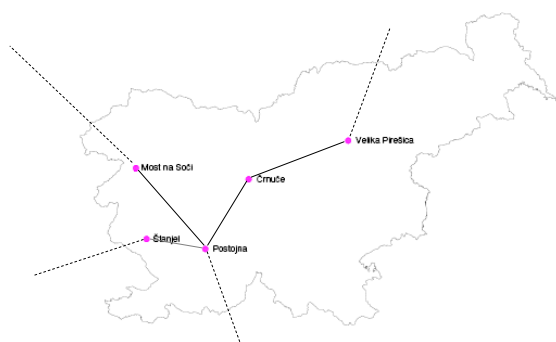
IME TOČKE				Sprejemnik	Antena	Višina antene	Dnevi	024	025	026
Polno ime	4zn	2zn	1							
Graz	AT	GRAZ	GR	TRIMBLE NETRS	TRM29659.00	1.9640	3			
Matera	IT	MATE	MA	TRIMBLE 4000 SSI	TRM29659.00	0.1010	3			
Wettzell	DE	WTZR	WT	TPS E_GGD	ACADIM_T	0.0710	3			
Zimmerwald	CH	ZIMM	ZI	TRIMBLE 4700	TRM29659.00	0.0000	3			
Velika Pirešica		SI01	01	TRIMBLE 4000 SSE	TRM14532.00	0.6000	3			
Postojna		SI06	06	TRIMBLE 4000 SSE	TRM22020.00+GP	0.6000	3			
Črnuče		SI07	07	TRIMBLE 4000 SSE	TRM22020.00+GP	0.6000	3			
Štanjel		SI13	13	TRIMBLE 4000 SSI	TRM14532.00	0.3107	3			
Most na Soči		SI14	14	TRIMBLE 4000 SSE	TRM14532.00	0.6000	3			
Genova	IT	GENO	GE	TRIMBLE 4000 SSI	TRM29659.00	0.0000	3			
Hafelekcar	AT	HFLK	HF	TRIMBLE NETRS	TRM29659.00	-0.0200	3			
Penc	HU	PENC	PE	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	0.0300	3			

Maksimalno število skupnih opazovanj je potekalo 48 ur (julijanski dnevi 024-026), neprekinjena serija opazovanj na vsaj dveh novih točkah je trajala od 24. 1. 2006 od 8<sup>h</sup> zjutraj do 26. 1. 2006 ob 8<sup>h</sup> zjutraj. Srednja epoha opazovanj je leto 2006.07 (Berk et al, 2006).

Vektorji so bili izbrani tako, da povezujejo točke po najkrajših poteh (izjema je vektor 1406, ki povezuje točki Most na Soči (14) in Postojna (06), na katerih so opazovanja trajala najdlje. Vseh baznih vektorjev je bilo enajst (Berk et al, 2006).

Preglednica 15: Seznam vseh vektorjev, njihovih dolžin in potek opazovanj (Berk et al, 2006, str.8):

PRVO KRAJIŠČE	DRUGO KRAJIŠČE	VEKTOR	DOLŽINA [m]	Dnevi	024	025	026
Štanjel	Postojna	1306	30965	3		1	
Črnuče	Postojna	0706	42706	3			
Most na Soči	Postojna	1406	55389	3			
Velika Pirešica	Črnuče	0107	55504	3			
Graz	Velika Pirešica	GR01	89942	3			
Hafelekcar	Most na Soči	HF14	222541	3			
Wetzell	Hafelekcar	WTHF	231913	3			
Penc	Graz	PEGR	296824	3			
Zimmerwald	Hafelekcar	ZIHF	301610	3			
Genova	Štanjel	GE13	416646	3			
Matera	Postojna	MA06	603909	3			



Slika 16: Izbor neodvisnih vektorjev na območju Slovenije (levo) in na celotnem območju (desno) (Berk et al, 2006, str. 6, 8 in 9).

#### 8.4.3.2 Obdelava in rezultati GPS-izmere

GPS-opazovanja so bila obdelana s programsko opremo Bernese 4.2. Uporabljena so bila opazovanja ene serije (do 48 ur) s 30-sekundnim intervalom registracije opazovanj na vseh novih točkah, ter sočasna opazovanja s 30-sekundnim intervalom registracije opazovanj na IGS-točkah (referenčne in kontrolne točke – permanentna opazovanja). Zajem na novih

točkah je bil omejen na satelite, ki so bili vsaj 10 ločnih stopinj nad obzorjem. Uteži za opazovanja so bile vzete v odvisnosti od višinskega kota satelita (COSZ-model). Skupaj je bilo v kampanji pridobljenih okoli 290 000 opazovanj (Berk et al, 2006).

V 1. iteraciji je bila izračunana prosta rešitev kampanje in za začetek 2. iteracije tudi rešitev z vklopom na referenčne IGS-točke za pridobitev novih približnih koordinat. V 2. iteraciji je bil za popravljene vektorje (opazovanja so bila prečiščena) ponovno izračunan tudi model ionosfere ter opravljena izravnava do proste rešitve in nato rešitev z vklopom na referenčne točke IGS-točke. Končni rezultat obdelave so položaji EUVN točk v koordinatnem sistemu ETRS89 (Berk et al, 2006). Transformacija iz ITRF2000 v ETRS89 je izvedena po enačbah v poglavju 5.3.1.2.1, str.57.

Preglednica 16: Položaji novih točk s pripadajočimi natančnostmi v koordinatnem sestavu ITRF 2000 in sistemu ETRS89 za srednjo epoho opazovanj 2006.07 (Berk et al, 2006, str.14 in 15):

IME TOČKE		ITRF 2000 (2006.07)			ETRS89 (2006.07)		
		X [m]	Y [m]	Z [m]	X [m]	Y [m]	Z [m]
Polno ime	4zn	RMS <sub>x</sub> [m]	RMS <sub>y</sub> [m]	RMS <sub>z</sub> [m]	RMS <sub>x</sub> [m]	RMS <sub>y</sub> [m]	RMS <sub>z</sub> [m]
Velika Pirešica	SI01	4261424.8759	1156639.5487	4587549.4864	4261425.1917	1156639.2896	4587549.2733
		0.0004	0.0001	0.0004	0.0004	0.0001	0.0004
Postojna	SI06	4319956.3146	1095408.1699	4548544.9941	4319956.6248	1095407.9073	4548544.7783
		0.0003	0.0001	0.0003	0.0003	0.0001	0.0003
Črnuče	SI07	4288760.1928	1110402.6821	4573560.3338	4288760.5050	1110402.4213	4573560.1193
		0.0004	0.0001	0.0004	0.0004	0.0001	0.0004
Štanjel	SI13	4323742.4191	1064823.8841	4551557.4653	4323742.7275	1064823.6212	4551557.2491
		0.0004	0.0001	0.0004	0.0004	0.0001	0.0004
Most na Soči	SI14	4299437.8586	1052591.4519	4577088.2391	4299438.1672	1052591.1904	4577088.0238
		0.0003	0.0001	0.0004	0.0003	0.0001	0.0004
Genova	GENO	4507892.3154	707621.5022	4441603.5168	4507892.5775	707621.2298	4441603.2829
		0.0004	0.0001	0.0004	0.0004	0.0001	0.0004
Hafelekcar	HFLK	4248505.0387	855575.7619	4667172.2905	4248505.3533	855575.5062	4667172.0805
		0.0003	0.0001	0.0003	0.0003	0.0001	0.0003
Penc	PENC	4052449.4541	1417681.1419	4701407.0953	4052449.8126	1417680.9039	4701406.9092
		0.0004	0.0001	0.0004	0.0004	0.0001	0.0004

Natančnosti v »Preglednica 16:« so t.i. formalne natančnosti, pridobljene kot rezultat same izravnave (izpis ADDNEQ programa) in so navadno preoptimistično določene, saj so dejanske vrednosti lahko tudi za 10-krat manjše. Natančnost položajev točk v ETRS89 sistemu je privzeta iz natančnosti položajev v ITRF2000 sestavu, saj je sprememba natančnosti pri transformaciji statistično zanemarljiva. (Berk et al, 2006).

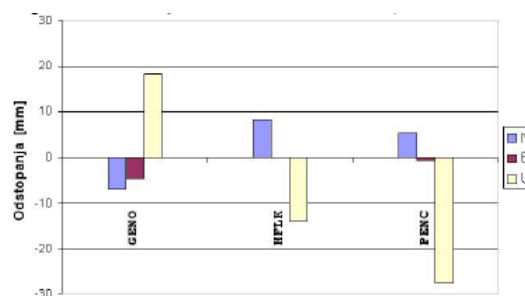
Preglednica 17: Položaji novih točk v koordinatnem sistemu ETRS89 na GRS80 elipsoidu:

Ime točke	EUVN_DA id.	ETRS 89 $\varphi$ [° ' "]	ETRS 89 $\lambda$ [° ' "]	ETRS 89 elips. višina [m]	EPOHA [leto]
Velika Pirešica	SI01	46-17-10,927713	15-11-07,514622	342.1762	2006.07
Postojna	SI06	45-46-36,675223	14-13-42,785207	783.0735	2006.07
Črnuče	SI07	46-06-16,740692	14-30-56,504600	332.8848	2006.07
Most na Soči	SI12	46-09-03,821242	13-45-23,779679	266.8969	2006.07
Štanjel	SI13	45-49-11,584641	13-50-06,429727	333.5470	2006.07

V izračunu so bile kontrolne točke obravnavane enako kot nove točke v mreži. Ker so njihovi položaji določeni z veliko natančnostjo, je bila po končanem preračunu mreže z vklopom izvedena primerjava koordinat, in sicer v sestavu ITRF 2000. Koordinatne razlike so podane v globalnem kartezičnem koordinatnem sistemu (X-Y-Z koordinatne razlike) ter v lokalnem koordinatnem sistemu (N-E-U koordinatne razlike) v preglednici spodaj.

Preglednica: Primerjava koordinat kontrolnih točk, ITRF 2000 sestav (Berk et al, 2006 str. 16):

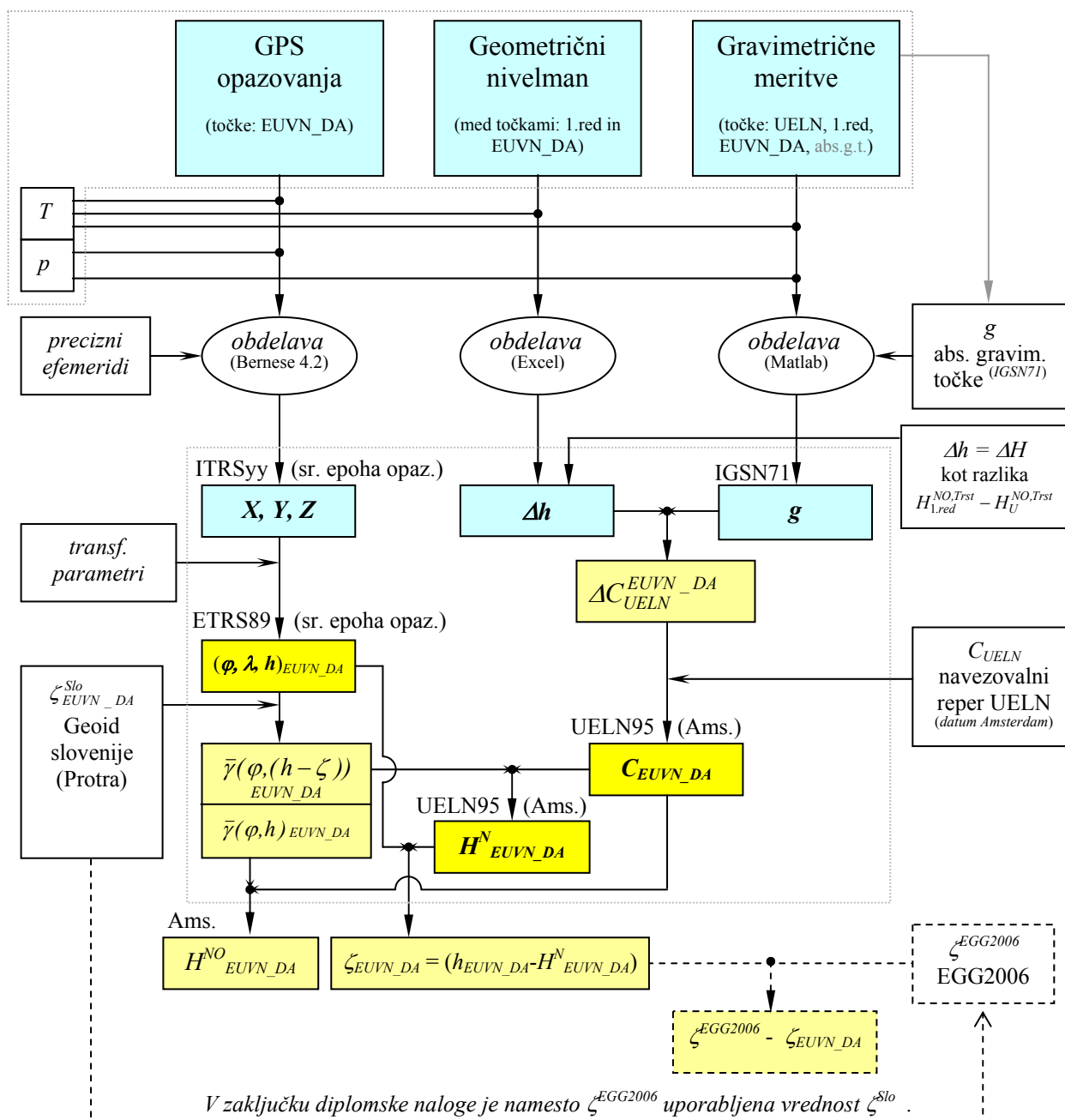
IME TOČKE		X-Y-Z koordinatne razlike [mm]			N-E-U koordinatne razlike [mm]		
Polno ime	4zn	$\delta X$	$\delta Y$	$\delta Z$	$\delta N$	$\delta E$	$\delta U$
Genova	GENO	18,4	-1,8	7,8	-7,0	-4,6	18,2
Hafelekar	HFLK	-15,3	-3,1	-4,5	8,4	0,0	-14,0
Penc	PENC	-20,9	-8,1	-16,7	5,4	-0,7	-27,4



Slika: Primerjava kontrolnih točk, N-E-U koordinatne razlike, ITRF 2000 sestav (Berk et al, 2006 str. 16).

## 9 IZRAČUN

Povezavo med opazovanimi in iskanimi količinami podaja »Slika 17: unten«.



Slika 17: <sup>1</sup> Shema opazovanj in iskanih količin.

<sup>1</sup> Kasneje v izračunu bodo uporabljene naslednje oznake:  
 E ... označitev za točko EUVN\_DA,  
 U ... označitev za točko UELN.

## 9.1 Gepotencialne kote

### 9.1.1 Izračun geopotencialnih kot

Za določitev geopotencialnih kot EUVN\_DA točk je potrebno najprej izračunati razlike geopotencialnih kot med reperjem UELN (okrajšano v enačbah samo  $U$ ) in točko EUVN\_DA (okrajšano v enačbah samo  $E$ ) po naslednji enačbi (Koler, Kuhar, 2000):

$$\Delta C_U^E = \sum_{i=1}^n g_i^{sr} \Delta h_i \quad (9.1)$$

$\Delta h_i$  ... je nivelirana višinska razlika med vmesnimi točkami (reperji);

$g_i^{sr}$  ... je srednja vrednost težnega pospeška v sistemu IGSN71, pridobljena na osnovi gravimetričnih meritev na vmesnih točkah (reperjih) vzdolž niveliranega

odseka »EUVN\_DA točka - UELN reper«,  $g_i^{sr} = \frac{g_{i-1} + g_i}{2}$ ;

$E$  ... označitev za točko EUVN\_DA (nova EUVN) za boljšo preglednost v enačbah;

$U$  ... označitev za točko UELN za boljšo preglednost v enačbah.

Ker poznamo vrednost geopotencialne kote navezovalnega reperja UELN v datumu Amsterdam  $C_U^{Ams}$ <sup>1</sup>, lahko izračunamo gepotencialno koto točke EUVN\_DA:

$$C_E^{Ams} = C_U^{Ams} + \Delta C_U^E \quad (9.2)$$

Dejansko je gepotencialna koto točke EUVN\_DA izračunana kot:

$$C_E^{Ams} = C_U^{Ams} + g_{U-1,red}^{sr} \cdot (H_{1,red}^{NO,Trst} - H_U^{NO,Trst}) + g_{1,red-E}^{sr} \cdot \Delta h_{1,red}^E \quad (9.3)$$

<sup>1</sup>  $Ams$  je oznaka za Amsterdam in pomeni datum UELN95, na katerega se količina nanaša. Črka  $U$  spodaj pravitako pomeni UELN, vendar predstavlja indeks imene točke in NE predstavlja datuma.

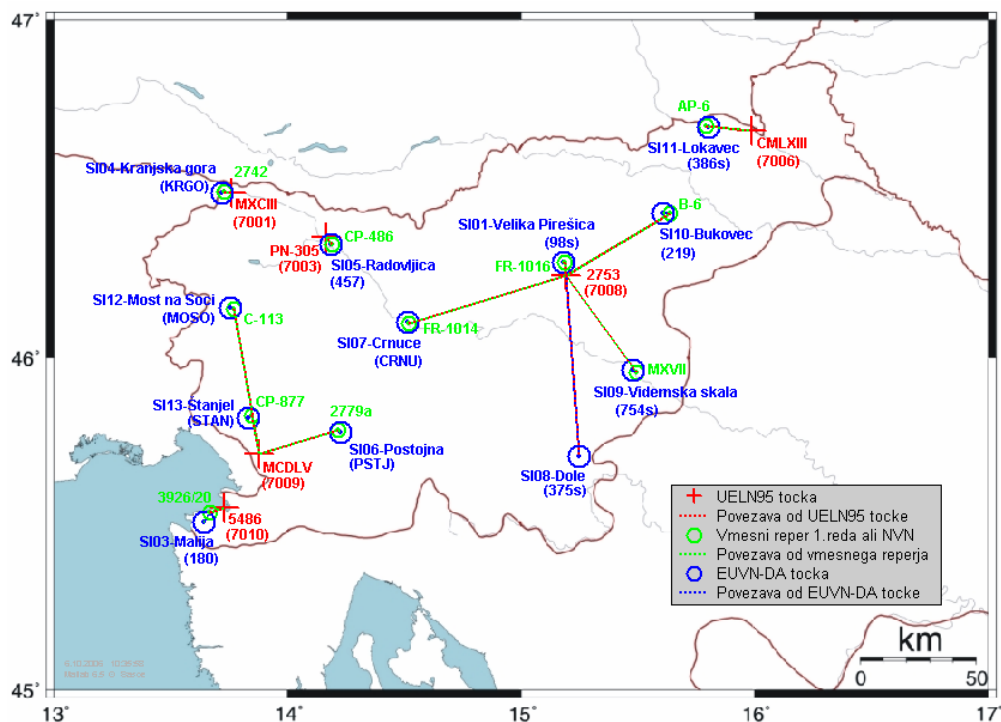
$H_{1.red}^{NO,Trst}$  ... normalna-ortometrična višina navezov. reperja 1.reda oz. NVN, datum Trst;

$H_U^{NO,Trst}$  ... normalna-ortometrična višina izhodiščnega reperja UELN, datum Trst;

$\Delta h_{1.red}^E$  ... je višinska razlika med reperjem 1.reda in točko EUVN\_DA;

$g_{U-1.red}^{sr}$  ... je srednja vrednost težnega pospeška, pridobljena na osnovi gravimetričnih meritev na točki UELN in reperju NVN ali 1.reda:  $\frac{g_U + g_{1.red}}{2}$ ;

$g_{1.red-E}^{sr}$  ... je srednja vrednost težnega pospeška, pridobljena na osnovi gravimetričnih meritev na reperju NVN ali 1.reda in točko EUVN\_DA:  $\frac{g_{1.red} + g_E}{2}$ .



Slika 18: Točke na katerih je bil določen težnostni pospešek in njihova medsebojna povezava za izračun geopotencialnih kot novih EUVN točk.

### 9.1.1.1 Višinske razlike uporabljene za izračun geopotencialnih kot

Preglednica 18: Izračun višinskih razlik med UELN točkami in reperji nivelmana 1.reda/NVN in višinskih razlik med reperji nivelmana 1.reda/NVN in EUVN\_DA točkami in njihova primerjava z originalnimi uporabljenimi vrednostmi v izračunu:

UELN	NVN, 1.red	$H_{UELN}^{NO,Trst}$	$H_{1.red}^{NO,Trst}$	$H_{1.red}^{NO,Trst} - H_{UELN}^{NO,Trst}$	Upor. $\Delta h_{UELN}^{1.red}$	$\rightarrow \Sigma$	opombe
[Reper]	[Reper]	[m] <sup>1</sup>	$Vir^2$ [m] <sup>1</sup>	[m]	[m]		
2753 (7008)	FR1016	251.72801	Topo 276.9605	Topo 25.23249	25.23249	43.91029	
FR1016	98s - S101	276.9605	Topo 295.6383	T.P. 18.67780	18.67780		
5486 (7010)	3926/20	1.95102	Topo 13.0586	Topo 11.10758	11.10726	276.64366	uporabl. napač. stara abs. višina R.3926: 13.05828 m.
3926/20	180 - S103	13.0586	Topo 278.595	Topo 265.53640	265.53640		
MXCIII (7001)	2742	852.215	Topo 864.1271	Topo 11.91210	11.91210	-2.39470	
2742	KRGO - S104	864.1271	Topo 849.8203	T.P. -14.30680	-14.30680		
PN-305 (7003)	CP-486	507.95853	Topo 501.3757	Topo -6.58283	-6.58283	-4.31383	prava $\Delta h = 2.269$ m, izr. abs. viš. S105 zaok. na: 503.645 m.
CP-486	457 - S105	501.3757	Topo 503.645	T.P. 2.26930	2.26900		
MCDLV (7009)	2779a	365.7718	Topo 587.986	Topo 222.21420	222.21420	371.06060	
2779a	PSTJ - S106	587.9860	Topo 736.8324	T.P. 148.84640	148.84640		
2753 (7008)	FR-1014	251.72801	Topo 296.2274	Topo 44.49937	44.49937	34.71379	
FR-1014	CRNU - S107	296.2274	Topo 286.4418	T.P. -9.78558	-9.78558		
2753 (7008)	A-174	251.72801	Topo 477.3402	Topo 225.61219	225.61219	201.48449	V izr. geop.kote je uporabljena vsota $\Sigma$ viš. razl.
A-174	375s - S108	477.3402	Topo 453.2125	T.P. -24.12770	-24.12770		
2753 (7008)	MXVII	251.72801	Topo 163.5003	Topo -88.22771	-88.22771	-91.96990	
MXVII	754s - S109	163.5003	Topo 159.7581	T.P. -3.74219	-3.74219		
2753 (7008)	B-6	251.72801	Topo 274.6689	Topo 22.94089	22.94089	177.48189	
B-6	219 - S110	274.6689	Topo 429.2099	T.P. 154.54100	154.54100		
CMLXIII (7006)	AP-6	224.2136	Topo 362.6444	Topo 138.43080	138.43080	178.84076	v T.P. uporabljena napačna višina R. AP-6: 362.64444 m; problem zaokrož.
AP-6	386 - S111	362.6444	Topo 403.0544	T.P. 40.41000	40.40996		
MCDLV (7009)	C-113	365.7718	Topo 166.8828	Topo -198.88900	-198.88900	-145.49085	
C-113	MOSO - S112	166.8828	Topo 220.281	T.P. 53.39815	53.39815		
MCDLV (7009)	CP-877	365.7718	Topo 310.8453	Topo -54.92650	-54.92650	-77.49960	
CP-877	STAN - S113	310.8453	Topo 288.2722	T.P. -22.57310	-22.57310		

Višinska razlika:

$$\Delta h_U^{1.red} = \Delta H_U^{1.red} = H_{1.red}^{NO,Trst} - H_U^{NO,Trst} \quad (9.4)$$

<sup>1</sup> Vrednosti so namenoma zapisane na točno toliko decimalnk natančno, kot so podane v topografiji ali T.P..

<sup>2</sup> Topo = Topografija, T.P. = Tehnično poročilo.



ni dejansko nivelirana višina, ampak je rezultat razlike absolutnih normalnih-ortometričnih višin reperjev pridobljenih iz podanih topografij teh reperjev. Predvidevam, da se ta vrednost razlikuje od dejansko nivelirane višinske razlike zaradi vpliva upoštevanja višinskih popravkov in izravnave pri določitvi absolutnih višin reperjev.

Prav tako so tudi uporabljene nivelirane višinske razlike  $\Delta h_{1.red}^E$  popravljene za normalni-ortometrični popravek  $NOP$ , ki so nato uporabljene za izračun absolutnih normalnih-ortometričnih višin EUVN\_DA točk. Zato je ta višinska razlika tudi enaka (kot vidimo v »Preglednica 18:«, str.105«):

$$\Delta h_{1.red}^E = H_E^{NO,Trst} - H_{1.red}^{NO,Trst} (= \Delta H_{1.red}^E) \quad (9.5)$$

$H_{1.red}^{NO,Trst}$  ... normalna-ortometrična višina navezov. reperja 1.reda oz. NVN, datum Trst;

$H_E^{NO,Trst}$  ... normalna-ortometrična višina točke EUVN\_DA, datum Trst.

»Preglednica 19:« podaja vrednosti višinskih razlik, ki so nadalje uporabljene za izračun razlike geopotencialnih kot.

Preglednica 19: Definitivne višinske razlike in njihove poprave:

		ORIGINAL	POPRAVA	OR.-PO.
UELN	NVN, 1.red	$\Delta h_{UELN}^{1.red}$	$\Delta h_{UELN}^{1.red}$	razlika
NVN, 1.red	EUVN_DA	$\Delta h_{1.red}^{EUVN}$	$\Delta h_{1.red}^{EUVN}$	razlika
[Reper]	[Reper]	[m]	[m]	
2753 (7008)	FR1016	25.23249		
FR1016	98s - SI01	18.67780		
5486 (7010)	3926/20	11.10726	11.10758	-0.00032
3926/20	180 - SI03	265.53640		
MXCIII (7001)	2742	11.91210		
2742	KRGO - SI04	-14.30680	-14.30660	-0.00020
PN-305 (7003)	CP-486	-6.58283		
CP-486	457 - SI05	2.26900		
MCDLV (7009)	2779a	222.21420		
2779a	PSTJ - SI06	148.84640		
2753 (7008)	FR-1014	44.49937		
FR-1014	CRNU - SI07	-9.78558	-9.78580	0.00022

se nadaljuje ...

...nadaljevanje

2753 (7008)	A-174	225.61219		
A-174 <sup>1</sup>	375s - SI08	-24.12770	-24.12760	-0.00010
2753 (7008)	MXVII	-88.22771		
MXVII	754s - SI09	-3.74219	-3.74237	0.00018
2753 (7008)	B-6	22.94089		
B-6	219 - SI10	154.54100	154.55480	-0.01380
CMLXIII (7006)	AP-6	138.43080		
AP-6	386 - SI11	40.40996	40.41016	-0.00020
MCDLV (7009)	C-113	-198.88900		
C-113	MOSO - SI12	53.39815	53.39822	-0.00007
MCDLV (7009)	CP-877	-54.92650		
CP-877 <sup>2</sup>	STAN - SI13	-22.57310		

↗ OPOMBA 1: točka SI03

Uporabljena višinska razlika  $\Delta h_{3926}^{SI03}$  ustreza razliki:

$$\Delta h_{3926}^{SI03} = H_{SI03}^{NO,Trst} - H_{3926}^{NO,Trst} \quad (9.6)$$

3926 ... reper nivelmana NVN, kjer JE bila določena težnost  $g_{3926}$ ;

SI03 ... EUVN\_DA točka Malija (180).

Podatkov niveliranja med reperjema nisem imel na voljo, zato obstaja možnost, da je absolutna normalna-ortometrična višina nove EUVN točke SI03  $H_{SI03}^{NO,Trst}$  napačna, če je bila izračunana z neupoštevanjem novih višin navezovalnih reperjev zaradi preračuna celotne slovenske nivelmanske mreže visoke natančnosti leta 2000.

↗ OPOMBA 2: točka SI08

Za določitev geopot. kote EUVN\_DA točke SI08 izjemoma ni bila opazovana težnost  $g_{1.red}^{sr}$  na vmesnem reperju nivelmana 1.reda A-174 oz. 2053, iz katerih je bilo nivelirano do točke

<sup>1</sup> Na reperju ni določen težnostni pospešek.

<sup>2</sup> Nivelirano od R.124.

SI08. Zato ni bilo mogoče izračunati težnosti  $g_{1.red-E}^{sr}$ . Geopotencialna kota je bila določena kot:

$$C_{SI08}^{Ams} = C_{7008}^{Ams} + g_{7008-SI08}^{sr} \cdot \left( \left( H_{A-174}^{NO,Trst} - H_{7008}^{NO,Trst} \right) + \Delta h_{A-174}^{SI08} \right) \quad (9.7)$$

7008 ... UELN točka; to je reper NVN Slovenije 2753;

A-174 ... reper nivelmana 1.reda, kjer ni bila določena težnost  $g_{A-174}$ ;

SI08 ... EUVN\_DA točka Dole (375s).

Pravtako je višinska razlika  $\Delta h_{A-174}^{SI08}$  izjemoma izračunana tudi na podlagi izravnave, saj je bila EUVN\_DA točka SI08 nivelirana tudi iz reperja nivelmana 1.reda 2053.

Preglednica 20: Izravnava višinske razlike  $\Delta h_{A-174}^{SI08}$ :

Ime reperja	Številka reperja	S [m]	$\Delta h$ [m] nastavek upošt.	Vzeto	$\square$	$\delta h'$ [m] ( $\delta \cdot S$ )	$\Delta h'_{izr.}$ [m] Trst	$H^{NO}$ [m] Trst	Opombe
Dole	<b>A-174</b>							477.3402	l/36-9.85
		0.550	-24.1284	2.1		0.0008	<b>-24.1276</b>		
	<b>375s</b>							453.2126	<b>SI08</b>
		0.320	-20.4841	2.1		0.0004	<b>-20.4837</b>		
Mačkovec	<b>2053</b>							432.7289	l/36-9.85
$\Sigma$		0.870	-44.6125		<i>JE</i>	0.0012		-44.6113	
$H_{2053} - H_{R174} =$			-44.6113		<i>MORA</i>			$H_{2053} - H_{R174}$	
$\Delta = ((H_{2053} - H_{R174}) - \Sigma \Delta h) =$			0.0012	0.0014		<i>I.red</i> $f = \pm 1.5 \cdot \sqrt{S + 0.04 \cdot S^2}$			
$\delta = (\Delta / \Sigma S) =$			0.0014						

↗ OPOMBA 3: točka SI13

Izjema pri določitvi višinske razlike med naveznim reperjem nivelmana NVN in EUVN\_DA je tudi točka SI13, kjer je višinska razlika  $\Delta h_{1.red}^E$  izračunana:

$$\Delta h_{CP-877}^{SI13} = \left( H_{3905}^{NO,Trst} - H_{CP-877}^{NO,Trst} \right) + \left( H_{124}^{NO,Trst} - H_{3905}^{NO,Trst} \right) + \Delta h_{124}^{SI13} \quad (9.8)$$

- CP-877 ... reper nivelmana NVN, kjer JE bila določena težnost  $g_{CP-877}$  ;  
 3905 ... reper nivelmana 1.reda, kjer NI bila določena težnost  $g_{3905}$  ;  
 124 ... reper nivelmana 1.reda, kjer NI bila določena težnost  $g_{124}$  ;  
 SI13 ... EUVN\_DA točka (nova EUVN točka).

Preglednica 21: Izračun višinske razlike  $\Delta h_{CP-877}^{SI13}$  :

reper opomba	H [m] $\Delta h$
<b>CP-877</b>	310.8453
razlika	1.3928
<b>3905</b>	312.2381
razlika	-24.3803
<b>124</b>	287.8578
nivelirana	0.4144
<b>SI13</b>	288.2722
$\Sigma(\Delta h)$	-22.5731

Podatki niveliranja med reperjema 124 in SI03 niso znani, podana je le višinska razlika.

### 9.1.2 Rezultati izračuna geopotencialnih kot

Sedaj ko imamo določene višinske razlike (»Preglednica 19:, str.106«) in težnostne pospeške (»poglavje 8.3.3-Preglednica 9:, str.92«) izračunamo razlike geopotencialnih kot.. Ob podanih geopotencialnih kotah UELN reperjev izračunamo geopotencialane kote EUVN\_DA točk (»Preglednica 22:unten«).

Preglednica 22: Podane geopotencialane kote UELN točk in izračun geopotencialnih kot EUVN\_DA točk:

Reper/točka		$\Delta h_{Do}^{Od}$ [m]	$g(Od)$ IGSN71 [ms <sup>-2</sup> ]	$g(Do)$ IGSN71 [ms <sup>-2</sup> ]	$g(Šr.)$ IGSN71 [ms <sup>-2</sup> ]	$\Delta C_{Do}^{Od, rms}$ [kGal·m]	$C_{UELN}^{Ams}$ $\Sigma \Delta C_{Do}^{Od, Ams}$ [kGal·m]	$EUVN\_DA$ $C_{EUVN\_DA}^{Ams}$ [kGal·m]
Od	Do							
2753 (7008)	FR1016	25.23249	9.80640159	9.80645384	9.80642772	24.74406	246.45319	98s - SI01
FR1016	98s - SI01	18.67780	9.80645384	9.80641780	9.80643582	18.31626	43.06032	289.51351
5486 (7010)	3926/20	11.10758	9.80656862	9.80659384	9.80658123	10.89274	1.50942	180 - SI03
3926/20	180 - SI03	265.53640	9.80659384	9.80603736	9.80631560	260.39337	271.28611	272.79553

se nadaljuje ...

...nadaljevanje

<b>MXCIII(7001)</b>	2742	11.91210	9.80508209	9.80507373	9.80507791	11.67991	835.28300	<b>KRGO - SI04</b>
2742	<b>KRGO - SI04</b>	-14.30660	9.80507373	9.80510609	9.80508991	-14.02775	-2.34784	<b>832.93516</b>
<b>PN-305(7003)</b>	CP-486	-6.58283	9.80567060	9.80570951	9.80569006	-6.45492	497.71999	<b>457 - SI05</b>
CP-486	<b>457 - SI05</b>	2.26900	9.80570951	9.80570356	9.80570654	2.22491	-4.23000	<b>493.48999</b>
<b>MCDLV(7009)</b>	2779a	222.21420	9.80576452	9.80528936	9.80552694	217.89273	358.28301	<b>P5TJ - SI06</b>
2779a	<b>ISTJ - SI06</b>	148.84640	9.80528936	9.80497923	9.80513430	145.94589	363.83863	<b>722.12164</b>
<b>2753(7008)</b>	FR-1014	44.49937	9.80640159	9.80618061	9.80629110	43.63738	246.45319	<b>CRNU - SI07</b>
FR-1014	<b>CRNU - SI07</b>	-9.78580	9.80618061	9.80620433	9.80619247	-9.59614	34.04123	<b>280.49442</b>
<b>2753(7008)</b>							246.45319	<b>375s - SI08</b>
<b>2753(7008)</b>	<b>375s - SI08</b>	201.48459	9.80640159	9.80585077	9.80612618	197.57833	197.57833	<b>444.03152</b>
<b>2753(7008)</b>	MXVII	-88.22771	9.80640159	9.80663782	9.80651971	-86.52068	246.45319	<b>754s - SI09</b>
MXVII	<b>754s - SI09</b>	-3.74237	9.80663782	9.80666348	9.80665065	-3.67001	-90.19069	<b>156.26250</b>
<b>2753(7008)</b>	B-6	22.94089	9.80640159	9.80672305	9.80656232	22.49713	246.45319	<b>219 - SI10</b>
B-6	<b>219 - SI10</b>	154.55480	9.80672305	9.80640314	9.80656310	151.56514	174.06227	<b>420.51546</b>
<b>CMLXIII(7006)</b>	AP-6	138.43080	9.80710229	9.80691865	9.80701047	135.75923	219.47953	<b>386 - SI11</b>
AP-6	<b>386 - SI11</b>	40.41016	9.80691865	9.80684678	9.80688272	39.62977	175.38900	<b>394.86853</b>
<b>MCDLV(7009)</b>	C-113	-198.88900	9.80576452	9.80619844	9.80598148	-195.03019	358.28301	<b>MOSO - SI12</b>
C-113	<b>MOSO - SI12</b>	53.39822	9.80619844	9.80612050	9.80615947	52.36315	-142.66704	<b>215.61597</b>
<b>MCDLV(7009)</b>	CP-877	-54.92650	9.80576452	9.80583171	9.80579812	-53.85982	358.28301	<b>STAN - SI13</b>
CP-877	<b>STAN - SI13</b>	-22.57310	9.80583171	9.80589509	9.80586340	-22.13487	-75.99469	<b>282.28832</b>

## 9.2 Normalne višine

### 9.2.1 Izračun normalnih višin

Te izračunamo po naslednji enačbi (Koler, Kuhar, 2000):

$$H_E^{N,Ams} = \frac{C_E^{Ams}}{\bar{\gamma}_E^{h_E - \zeta_E^{Slo}}} \quad (9.9)$$

$\bar{\gamma}_E^{h_E - \zeta_E^{Slo}}$  ... povprečna vrednost normalnega težnega pospeška za točko EUVN\_DA na odseku normale na elipsoid med točko na elipsoidu (GRS80) in ustrezno točko na teluroidu.

### 9.2.1.1 Izračun in rezultati izračuna normalnega težnostnega pospeška

Vrednost normalnega težnega pospeška za točko na elipsoidu izračunamo po enačbi *Somiglianne* (Heiskanen, Moritz, 1994 cit. po Koler, Kuhar, 2000):

$$\gamma_0(\varphi_E) = \frac{a\gamma_e \cos^2 \varphi_E + b\gamma_p \sin^2 \varphi_E}{\sqrt{a^2 \cos^2 \varphi_E + b^2 \sin^2 \varphi_E}} \quad (9.10)$$

$a, \gamma_e, b, \gamma_p$  ...veljavne konstante za elipsoid GRS80 (Moritz, 1980 cit. po Koler, Kuhar, 2000). Glej poglavje 3.1, str.11 in 3.1.1 str.13 za pomen in vrednost konstant za elipsoid GRS80;

$\varphi_E$  ... elipsoidne koordinate pridobljene z GPS-opazovanji na EUVN\_DA točkah v ETRS89 koordinatnem sistemu.

Da bi izračunali vrednost normalnega težnega pospeška na teluroidu  $\gamma(\varphi_E, h_{teluroid})$ , potrebujemo vrednost elipsoidne višine v tej točki  $h_Q = h_{teluroid}$ . To dobimo lahko tako, da od vrednosti elipsoidne višine za točko na površju Zemlje  $h_P = h_E$ , ki jo dobimo s pomočjo GPS-opazovanj, odštejemo vrednost anomalije višine (kvazigeoidne višine)  $\zeta_P$ . Za EUVN točke v Sloveniji so vrednosti anomalij višin  $\zeta_E^{Slo}$  dejansko geoidne višine  $N_E^{Slo}$ , saj so bile pridobljene z interpoliranjem iz slovenskega modela goida v programu PROTRA (Medved, Kuhar, 2006). Torej je  $h_{teluroid} = h_E - \zeta_E^{Slo}$  in vrednost normalnega težnega pospeška na teluroidu:

$$\gamma(\varphi_E, (h_E - \zeta_E^{Slo})) = \gamma_0(\varphi_E) \cdot \left[ 1 - \frac{2}{a} \left( 1 + f + \frac{\omega^2 a}{\gamma_e} - 2f \sin^2 \varphi_E \right) \cdot (h_E - \zeta_E^{Slo}) + \frac{3}{a^2} \cdot (h_E - \zeta_E^{Slo})^2 \right] \quad (9.11)$$

Povprečno vrednost normalnega težnega pospeška na odseku normale na elipsoid med točko na elipsoidu in ustrežno točko na teluroidu izračunamo kot srednjo vrednost zgoraj izračunanih normalnih težnosti:

$$\bar{\gamma}(\varphi_E, (h_E - \zeta_E^{Slo})) = \frac{\gamma_0(\varphi_E) + \gamma(\varphi_E, (h_E - \zeta_E^{Slo}))}{2} \equiv \bar{\gamma}_E^{h_E - \zeta_E^{Slo}} = \frac{\gamma_E^0 + \gamma_E^{h_E - \zeta_E^{Slo}}}{2} \quad (9.12)$$

Preglednica 23: Izračunane srednje normalne težnosti za vsako EUVN\_DA točko:

Točka <i>E</i>	EUVN DA ETRS89			$\gamma_E^0$	$\zeta_E^{Slo}$	$(h_E - \zeta_E^{Slo})$	$\gamma_E^{h_E - \zeta_E^{Slo}}$	$\bar{\gamma}_E^{h_E - \zeta_E^{Slo}}$
	$\varphi_E$ [° ' " ]	$h_E$ [m]	$\gamma_0(\varphi_E)$ [kGal]	$\zeta_E^{Slo}$ [m]	$(h_E - \zeta_E^{Slo})$ [m]	$\gamma(\varphi_E, (h_E - \zeta_E^{Slo}))$ [kGal]	$\bar{\gamma}(\varphi_E, (h_E - \zeta_E^{Slo}))$ [kGal]	
SI01	46 17 10.927713	342.1762	0.980736324	46.6599	295.5163	0.980645150	<b>0.980690737</b>	
SI03	45 30 13.628141	323.1278	0.980665518	44.4283	278.6995	0.980579531	<b>0.980622524</b>	
SI04	46 29 35.634165	898.3080	0.980755029	48.5744	849.7336	0.980492902	<b>0.980623965</b>	
SI05	46 20 27.187068	551.0220	0.980741254	47.4718	503.5502	0.980585905	<b>0.980663579</b>	
SI06	45 46 36.675223	783.0735	0.980690230	46.3350	736.7385	0.980462949	<b>0.980576590</b>	
SI07	46 06 16.740692	332.8848	0.980719888	46.4642	286.4206	0.980631519	<b>0.980675703</b>	
SI08	45 42 07.505630	499.4703	0.980683464	46.2277	453.2426	0.980543631	<b>0.980613548</b>	
SI09	45 57 43.520090	205.7742	0.980706990	45.9700	159.8042	0.980657685	<b>0.980682338</b>	
SI10	46 26 03.903065	475.5530	0.980749712	46.3794	429.1736	0.980617306	<b>0.980683509</b>	
SI11	46 41 29.421282	449.1518	0.980772952	46.1322	403.0196	0.980648615	<b>0.980710784</b>	
SI12	46 09 03.821242	266.8969	0.980724086	46.7556	220.1413	0.980656166	<b>0.980690126</b>	
SI13	45 49 11.584641	333.5470	0.980694124	45.3031	288.2439	0.980605193	<b>0.980649658</b>	

## 9.2.2 Rezultati izračuna normalnih višin

Preglednica 24: Izračunane vrednosti normalnih višin novih EUVN točk, datum Amsterdam:

EUVN_DA <i>E</i>	$C_E^{Ams.}$ [kGal*m]	$\bar{\gamma}_E$ [kGal]	$H_E^{N,Ams.}$ [m]
SI01	289.51351	0.9806907	295.214
SI03	272.79553	0.9806225	278.186
SI04	832.93516	0.9806240	849.393
SI05	493.48999	0.9806636	503.220
SI06	722.12164	0.9805766	736.426
SI07	280.49442	0.9806757	286.022
SI08	444.03152	0.9806135	452.810
SI09	156.26250	0.9806823	159.341
SI10	420.51546	0.9806835	428.798
SI11	394.86853	0.9807108	402.635
SI12	215.61597	0.9806901	219.861
SI13	282.28832	0.9806497	287.858

### 9.3 Ocena natančnosti EUVN\_DA točk

Ocena natančnosti EUVN\_DA točk je izračunana (Medved, 2006):

$$\sigma_E = \pm \sqrt{\sigma_U^2 + \sigma_{1.red}^2 + (\sigma_0 \cdot S[\text{km}])^2}$$

$\sigma_U$  ... standardni odklon višine UELN95 višinskega reperja;

$\sigma_{1.red}$  ... standardni odklon višine reperja nivelmanske mreže 1.reda;

$\sigma_0$  ... standardni odklon kilometra dvojnega nivelmana nivelmanske linije med reperjem nivelmanske mreže 1.reda in EUVN\_DA točko;

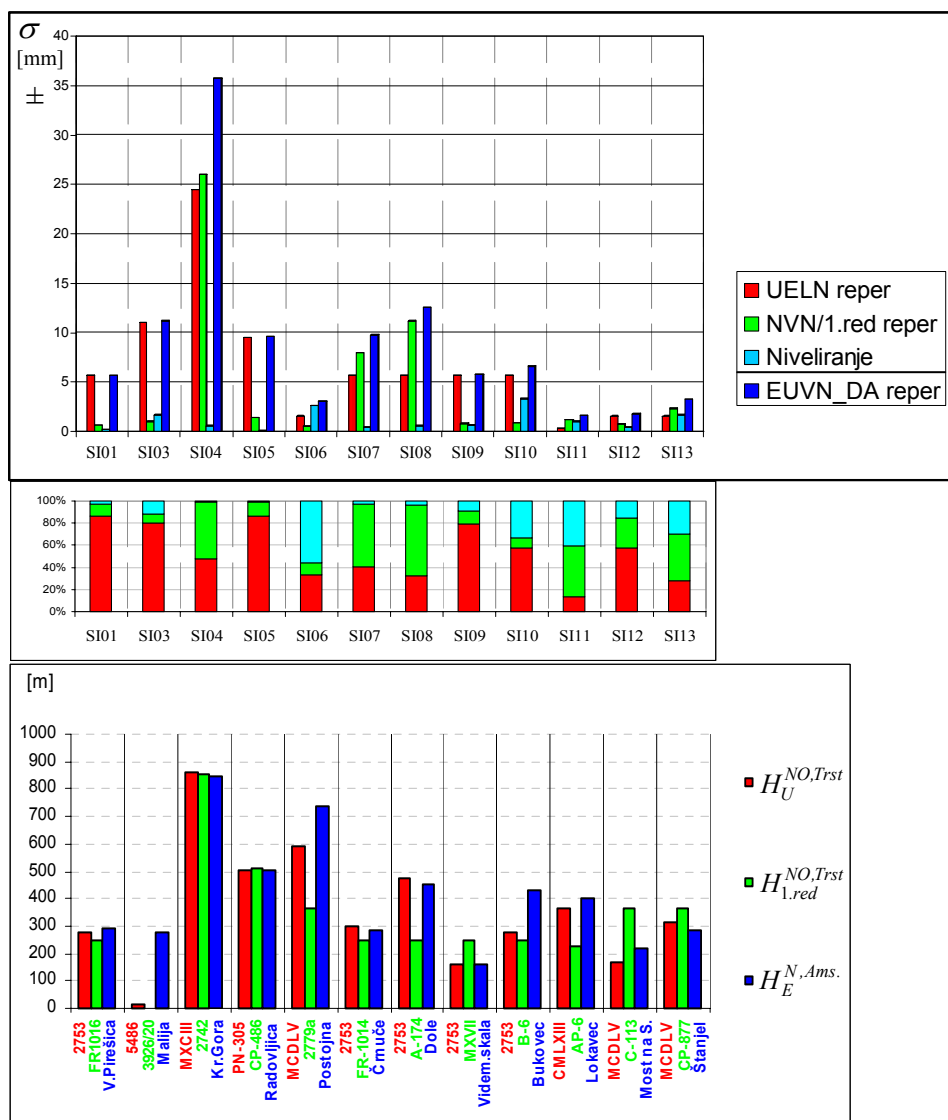
$S[\text{km}]$  ... razdalja med reperjem nivelmanske mreže 1.reda in EUVN\_DA točko v enoti [km].

Preglednica 25: Vrednosti standardnih odklonov višine točk/reperjev:

Zap. št	UELN reper	$\sigma_U$ [mm]	NVN/1.red reper	$\sigma_{1.red}$ [mm]	$\sigma_0$ S [mm]	EUVN_DA reper	$H_E^{N.Ams.}$ [m]	$\sigma_E$ [mm]
1	2753	± 5.65	FR1016	± 0.65	± 0.20	SI01	295.214	± 5.7
2	5486	± 11.03	3926	± 1.03	± 1.66	SI03	278.186	± 11.2
3	MXCIII	± 24.50	2742	± 26.01	± 0.60	SI04	849.393	± 35.7
4	PN-305	± 9.51	CP-486	± 1.37	± 0.10	SI05	503.220	± 9.6
5	MCDLV	± 1.56	2779a	± 0.51	± 2.60	SI06	736.426	± 3.1
6	2753	± 5.65	FR-1014	± 7.98	± 0.40	SI07	286.022	± 9.8
7	2753	± 5.65	A-174	± 11.2	± 0.60	SI08	452.810	± 12.5
8	2753	± 5.65	MXVII	± 0.81	± 0.64	SI09	159.341	± 5.7
9	2753	± 5.65	B-6	± 0.87	± 3.30	SI10	428.798	± 6.6
10	CMLXIII	± 0.34	AP-6	± 1.19	± 1.03	SI11	402.635	± 1.6
11	MCDLV	± 1.56	C-113	± 0.72	± 0.42	SI12	219.861	± 1.8
12	MCDLV	± 1.56	CP-877	± 2.34	± 1.68	SI13	287.858	± 3.3

Natančnost višine EUVN točke kot vidimo je zelo različna, saj se giblje od ± 2 mm do ± 36 mm. Glede na način izračuna in privzete standardne odklone UELN in NVN reperjev iz »mrež in poligonov«, je ta natančnost dejansko standardni odklon normalne-ortometrične višine EUVN točk, datum Trst. Za dodaten izračun glej poglavje 10.1.3, str.121.





Grafikon 1: Standardni odkloni višine točk oz. reperjev.

## 10 REZULTATI

### 10.1 Komentar rezultatov

#### 10.1.1 Višine EUVN\_DA točk

Ker so bile vrednosti nekaterih niveliranih višinskih razlik naknadno spremenjene, podajam dvojne rezultate in njihovo primerjavo (»Preglednica 26: unten«).

Preglednica 26: Primerjava oddanih (original) in novih (poprava) geopotencialnih kot ter normalnih višin:

EUVN_DA	ORIGINAL		POPRAVA		RAZLIKA	
	$C_E^{Ams.}$ [kGal*m]	$H_E^{N,Ams}$ [m]	$C_E^{Ams.}$ [kGal*m]	$H_E^{N,Ams}$ [m]	$\Delta C$ [kGal*m]	$\Delta H$ [m]
<b>SI01</b>	289.51351	295.214	289.51351	295.214	0.00000	0.000
<b>SI03</b>	272.79522	278.186	272.79553	278.186	-0.00031	0.000
<b>SI04</b>	832.93496	849.392	832.93516	849.393	-0.00020	-0.001
<b>SI05</b>	493.48999	503.220	493.48999	503.220	0.00000	0.000
<b>SI06</b>	722.12164	736.425	722.12164	736.426	0.00000	-0.001
<b>SI07</b>	280.49464	286.022	280.49442	286.022	0.00022	0.000
<b>SI08</b>	444.03142	452.810	444.03152	452.810	-0.00010	0.000
<b>SI09</b>	156.26268	159.341	156.26250	159.341	0.00018	0.000
<b>SI10</b>	420.50192	428.784	420.51546	428.798	-0.01353	-0.014
<b>SI11</b>	394.86833	402.635	394.86853	402.635	-0.00020	0.000
<b>SI12</b>	215.61590	219.861	215.61597	219.861	-0.00007	0.000
<b>SI13</b>	282.28832	287.858	282.28832	287.858	0.00000	0.000

Kot sem predvideval je problematična samo točka SI10, kar ima za posledico spremembo normalne višine za 14 mm. Na vseh drugih je vpliv sprememb višinskih razlik zanemarljiv. Sprememba vrednosti geopotencialnih kot je tako majhna, da ne vpliva na izračun normalnih višin točk. Za obe drugi spremembi normalne višine za -1 mm na točki SI04 in SI06 ni razlog v spremembi geopotencialne kote, ampak sta posledici napake zaokroževanja vrednosti normalnih višin.

Zaključim lahko, da upoštevanje *NOP* ali ne niveliranim višinskim razlikam nima bistvenega vpliva na končne iskane količine. To velja zato, ker so bili nivelirani odseki kratki. Veliko pomembnejše je, da v uporabljenih rezultatih meritev ni prisotnih grobih pogreškov.

Izračunajmo še normalno višino EUVN\_DA točke pravtako z datumom v Amsterdamu na naslednji način:

$$\tilde{H}_E^{N,Ams} = \frac{C_E^{Ams}}{\bar{\gamma}_E^{h_E}} \quad (10.1)$$

$$\bar{\gamma}(\varphi_E, h_E) = \frac{\gamma_0(\varphi_E) + \gamma(\varphi_E, h_E)}{2} \quad \equiv \quad \bar{\gamma}_E^{h_E} = \frac{\gamma_E^0 + \gamma_E^{h_E}}{2} \quad (10.2)$$

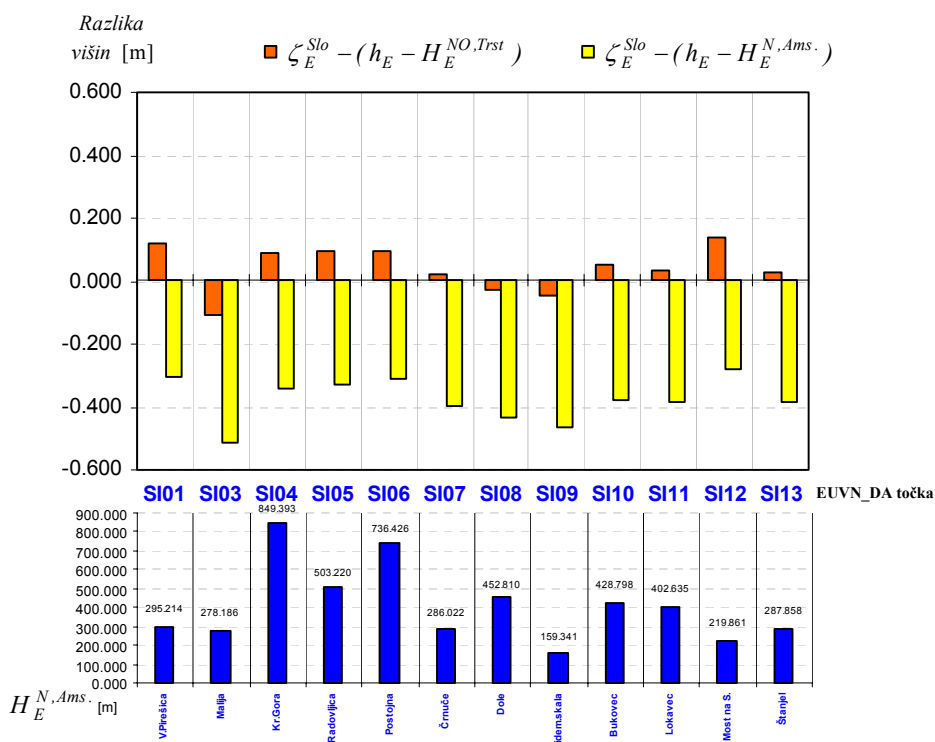
$\gamma_E^{h_E}$  ... vrednost normalnega težnega pospeška na fizični površini Zemlje na točki EUVN\_DA;

$\bar{\gamma}_E^{h_E}$  ... povprečna vrednost normalnega težnega pospeška na odseku normale na elipsoid med točko na elipsoidu (GRS80) in točko na fizični površini Zemlje EUVN\_DA točko.

Preglednica 27: Primerjava normalnih-ortometričnih (datum Trst) in normalnih (datum Amsterdam) višin z elipsoidno višino in anomalijo višine:

zap. št.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>EUVN_DA</i> [točka]	$h_E$ [m]	$\zeta_E^{Slo}$ [m]	$H_E^{NO,Trst}$ [m]	$H_E^{N,Ams.}$ [m]	$\tilde{H}_E^{N,Ams.}$ [m]	4 - 5 [m]	1 - 2 [m]	1 - 3 [m]	2 - 8 [m]	1 - 4 [m]	2 - 10 [m]
SI01	342.176	46.660	295.638	295.214	295.216	-0.002	295.516	46.538	0.122	46.962	-0.302
SI03	323.128	44.428	278.595	278.186	278.188	-0.002	278.700	44.533	-0.105	44.942	-0.514
SI04	898.308	48.574	849.821	849.393	849.400	-0.007	849.734	48.487	0.087	48.915	-0.341
SI05	551.022	47.472	503.645	503.220	503.224	-0.004	503.550	47.377	0.095	47.802	-0.330
SI06	783.074	46.335	736.832	736.426	736.431	-0.005	736.739	46.242	0.093	46.648	-0.313
SI07	332.885	46.464	286.442	286.022	286.024	-0.002	286.421	46.443	0.021	46.863	-0.399
SI08	499.470	46.228	453.213	452.810	452.813	-0.003	453.242	46.257	-0.029	46.660	-0.432
SI09	205.774	45.970	159.758	159.341	159.342	-0.001	159.804	46.016	-0.046	46.433	-0.463
SI10	475.553	46.379	429.224	428.798	428.801	-0.003	429.174	46.329	0.050	46.755	-0.376
SI11	449.152	46.132	403.055	402.635	402.638	-0.003	403.020	46.097	0.035	46.517	-0.385
SI12	266.897	46.756	220.281	219.861	219.863	-0.002	220.141	46.616	0.140	47.036	-0.280
SI13	333.547	45.303	288.272	287.858	287.861	-0.003	288.244	45.275	0.028	45.689	-0.386

oznake za razlike: Preglednica 27:-str.116		
4 - 5 $H_E^{N,Ams} - \tilde{H}_E^{N,Ams}$	1 - 2 $h_E - \zeta_E^{Slo}$	1 - 3 $h_E - H_E^{NO,Trst} = 8$
2 - 8 $\zeta_E^{Slo} - (h_E - H_E^{NO,Trst})$	1 - 4 $h_E - H_E^{N,Ams.} = 10$	2 - 10 $\zeta_E^{Slo} - (h_E - H_E^{N,Ams.})$



Grafikon 2: Razlike med SLO<sup>1</sup>-EUVN\_DA anomalijami višin in normalne višine EUVN\_DA točk, datum Ams.

Popolnoma enake vrednosti višini  $\tilde{H}_E^{N,Ams}$  (»Preglednica 27:, str.116«) dobim, če namesto uporabljene vrednosti  $\bar{\gamma}_E^{h_E}$  uporabim normalni težnostni pospešek  $\bar{\gamma}^2$ , kot je bil uporabljen v izračunu UELN mreže (glej poglavje 6.1, str.62). Od izračunane UELN normalne višine EUVN\_DA točke  $H_E^{N,Ams}$  pa se  $\tilde{H}_E^{N,Ams}$  razlikuje od -2 do -7 mm.

Anomalije višine EUVN\_DA točk dobljene kot razlike med GPS-elipsoidnimi in abs. normalnimi višinami datum Ams. so vse višje od anomalije višine  $\zeta_E^{Slo}$ :

<sup>1</sup> Geoid Republike Slovenije po Bribičeviću (1999).

<sup>2</sup> norm. težnosti sta po izračunu različni  $\bar{\gamma} \neq \bar{\gamma}_E^{h_E}$  in po vrednostih približno enaki  $\bar{\gamma} \approx \bar{\gamma}_E^{h_E}$ .

$$\zeta_E^{Slo} - (h_E - H_E^{N,Ams.}) \quad (10.3)$$

Razlike so po velikosti tudi zelo velike, saj je  $min = -28$  cm in  $max = -51$  cm (»Preglednica 27:., str.116« ali »Grafikon 2: , str.117«). Eden od razlogov je v tem, da so vrednosti  $\zeta^{Slo}$  oz.  $N^{Slo}$  umeščene v vertikalni datum Trst. To je tudi razlog, da so razlike med anomalijami višine  $\zeta_E^{Slo}$  oz. geoidnimi višinami  $N_E^{Slo}$  in GPS/nivelmanskimi geoidnimi višinami (razlike med GPS-elipsoidnimi in abs. normalnimi-ortometričnimi višinami datum Trst):

$$\zeta_E^{Slo} - (h_E - H_E^{NO,Trst}) \quad (10.4)$$

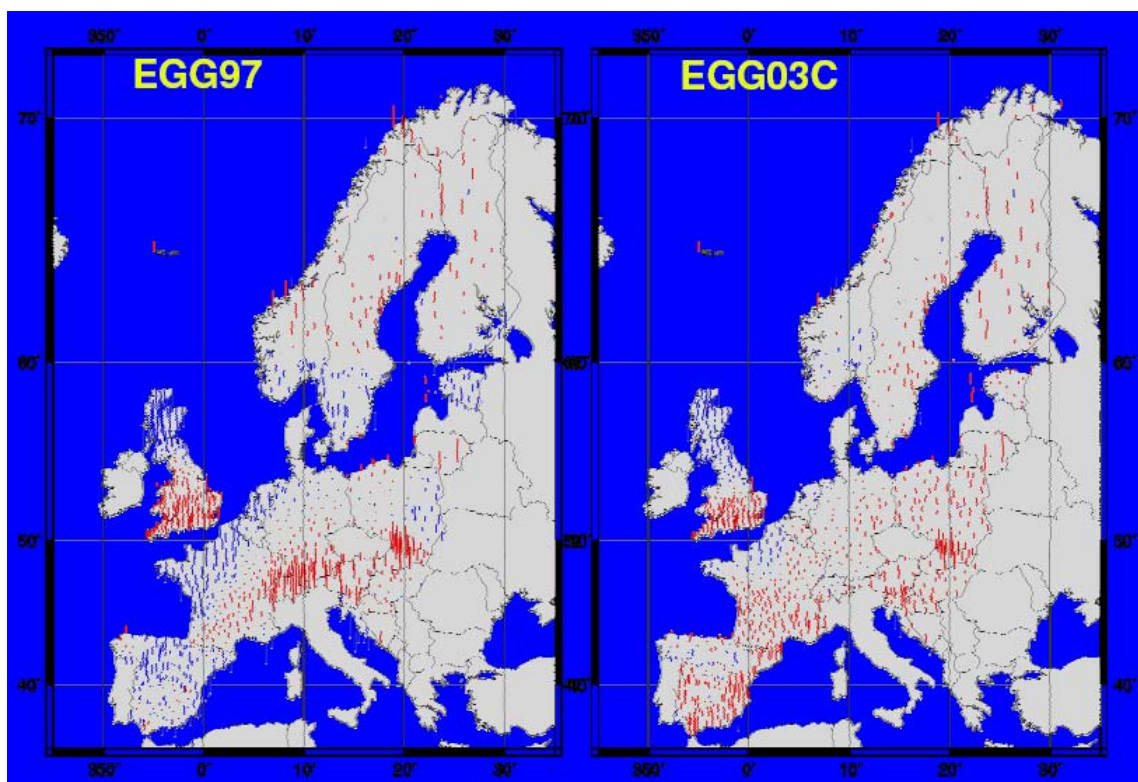
manjše, saj je  $min = 2$  cm in  $max = 14$  cm (»Preglednica 27:., str.116« ali »Grafikon 2: , str.117«).

Rezultate primerjave med EUVN\_DA in EGGyy geoidom za Evropo podajajo Kenyeres et al., 2006.

Preglednica: Statistična primerjava EUVN\_DA z EGGyy (Kenyeres, Sacher, 2006 – str. 11) (<http://www.euref-iag.net/symposia/2006Riga/01-04.pdf>):

	# of pts	RMS [cm]		MAX-MIN range	
		EGG97	EGG03C2	EGG97	EGG03C2
Austria	17	11	6	33	21
Croatia	20	20	15	80	56
France	180	12	8	70	50
Germany	75	10	4	46	15
Great Br.	189	15	10	100	105
Hungary	20	9	5	40	20
Netherland	15	6	4	20	11
Norway	63	17	11	81	59
Poland	62	9	4	44	15
Slovakia	28	17	13	57	49
Slovenia	12	13	10	45	35
Spain	177	10	10	69	53
Sweden	84	12	6	54	38
Switzerland	20	10	6	31	23

Na sliki unten levo vidimo, da med problematičnimi področji najbolj izstopata Alpsko območje in Velika Britanija.



Slika: Primerjava EUVN\_DA z EGGyy (Kenyeres, Sacher, 2006 – str.12)  
 (<http://www.euref-iaig.net/symposia/2006Riga/01-04.pdf>).

### 10.1.2 Primerjava projekta EUVN\_DA s projektom EUVN izvedenim leta 2000

Kot vemo je Slovenija bila v EUVN projekt vključena s tremi točkami. Dve od teh so bile ponovno vključene tudi v projekt EUVN\_DA.

Preglednica 28: Primerjava elipsoidnih koordinat EUVN in EUVN\_DA točk:

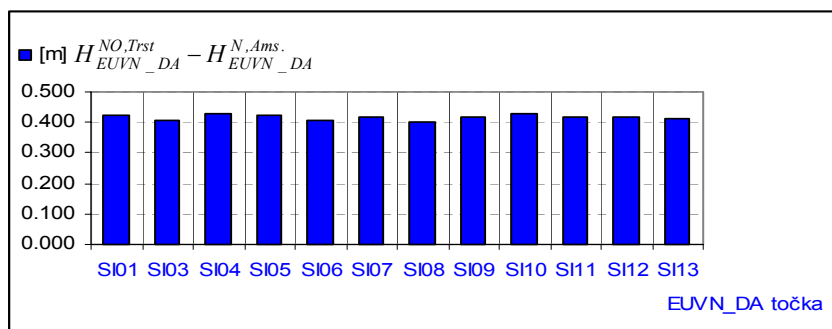
točka	Projekt EUVN, 2000 (Koler, Kuhar, 2000)				Projekt EUVN DA, 2006			
	$\varphi$	$\lambda$	$h$ [m]	epoha [leto]	$\varphi$	$\lambda$	$h$ [m]	epoha [leto]
Velika Pirešica SI01	46° 17' 10.92746"	15° 11' 07.51470"	342,172	1997.40	46° 17' 10.927713"	15° 11' 07.514622"	342.176	2006.07
Lend. Gorice SI02	46° 33' 57.18228"	16° 28' 36.85146"	385,191	1997.40	/	/	/	/
Malija SI03	45° 30' 13.62833"	13° 38' 36.19974"	323,127	1997.40	45° 30' 13.628141"	13° 38' 36.199808"	323.128	1995.55

Nove koordinate EUVN\_DA točk se od starih EUVN točk razlikujejo po epohi na katero se nanašajo, zato upravičeno pričakujemo tudi razlike v vrednostih koordinat. Velikost teh razlik je temu primerna in ni problematična.

Preglednica 29: Primerjava višin EUVN in EUVN\_DA točk:

točka	Projekt EUVN, 2000 (Koler, Kuhar, 2000)						Projekt EUVN DA, 2006					
	$h$ [m]	$\zeta$ [m]	$H^{NO,Ams.}$ [m]	$H^{NO,Trst}$ [m]	$C^{Ams.}$ [kGal*m]	$H^{N,Ams.}$ [m]	$h$ [m]	$\zeta^{Slo}$ [m]	$H^{NO,Ams.}$ [m]	$H^{NO,Trst}$ [m]	$C^{Ams.}$ [kGal*m]	$H^{N,Ams.}$ [m]
V. Pirešica SI01	342.172	47.179	295.255	295.678	289.55345	295.255	342.176	46.660	/	295.638	289.51351	295.214
L. Gorice SI02	385.191	45.620	339.818	340.240	334.44140	339.820	/	/	/	/	/	/
Maliža SI03	323.127	44.966	278.182	278.596	272.79537	278.186	323.128	44.428	/	278.595	272.79553	278.186

V primerjavi višin pravtako lahko pričakujemo razlike med rezultati, saj v »Preglednica 29:« vidimo, da so dani vhodni podatki anomalija višine in normalna-ortometrična višina, datum Trst, za izračun v projektih EUVN in EUVN\_DA, različni. Če pogledamo »Grafikon 3: unten«, vidimo, da so v EUVN\_DA projektu razlike med vsemi normalnimi-ortometričnimi, datum Trst in normalnimi višinami, datum Ams., zelo izenačene in znašajo približno 0.4 m. Pravtako to velja v EUVN projektu.



Grafikon 3: Razlike med normalnimi-ortometričnimi, datum Trst in normalnimi višinami, datum Amsterdam v EUVN\_DA projektu.

»Preglednica 30:-str.121« podaja primerjavo razlik med EGG97 in EUVN/UELN kvazigeoidom iz projekta EUVN in med SLO in EUVN\_DA/UELN (kvazi)geoidom iz projekta EUVN\_DA.

Preglednica 30: Primerjava razlik med  $\zeta^{EGG97} - \zeta^{EUVN}$  in  $\zeta^{SLO} - \zeta^{EUVN\_DA}$  anomalijami višin na območju Slovenije:

Za	$\zeta^{EGG97} - (h_{EUVN} - H_{EUVN})$	$\zeta^{SLO} - (h_E - H_E)$	
EuVN razlika [cm]	EuVN razlika - E razlika [cm]	EuVN_DA = E razlika [cm]	
Točka/(Vir)	(»Preglednica 2:- str.68«)		(»Preglednica 27:-str.116«)
SI01	-17	+13	-30
SI02	-6	/	Točka je bila izločena
SI03	+10	+61	-51

Slika 19: Razlike med EUVN in EGG97 anomalijami višin na območju Slovenije (Torres, Kenyeres, 2003).

Ker lahko primerjam le dve točki, težko komentiram sistematičnost med razlikami, vsekakor razlika na točki SI03 izstopa. Razlog razlikam je v razliki med vrednostmi anomalijami višine  $\zeta^{EGG97}$  in  $\zeta^{SLO}$ , saj je razlika med anomalijami višine  $\zeta^{EUVN}$  in  $\zeta^{EUVN\_DA}$  manjša (SI01: 5 cm; SI03: 0 cm) v primerjavi z razlikami v »0 oben«. EGG97 kvazigeoid in SLO (kvazi)geoid imata vertikalni zamik približno 30 cm. Pravtako so uporabljene točke za umestitev  $\zeta^{SLO}$  v vertikalnem smislu v datum Trst po Sloveniji razporejene nehomogeno.

### 10.1.3 Ocena natančnosti normalne višine EUVN\_DA točk

Ocena natančnosti EUVN\_DA po *Medvedu, 2006* predstavlja le nek privzeti približek natančnosti normalne višine EUVN\_DA točk  $H_E^N$ , saj ne upošteva natančnosti težnostnega pospeška, normalnega težnostnega pospeška in geopotencialne kote (datum Amsterdam).

Po zakonu o prenosu kovarianc in varinac je standardni odklon razlike geopotencialnih kot med točkama UELN in EUVN\_DA:

$$(10.5)$$

$$\sigma_{\Delta C_U^E} = \pm \sqrt{\left(g_{U-1.red}^{sr}\right)^2 \cdot \sigma_{\Delta H_U^{1.red}}^2 + \left(g_{1.red-E}^{sr}\right)^2 \cdot \sigma_{\Delta h_{1.red}^E}^2 + \left(\Delta H_U^{1.red}\right)^2 \cdot \sigma_{g_{U-1.red}^{sr}}^2 + \left(\Delta h_{1.red}^E\right)^2 \cdot \sigma_{g_{1.red-E}^{sr}}^2},$$

<sup>1</sup> Vrednosti anomalije višine, ki jo je uporabila TWG za projekt EUVN ne poznam.



standardni odklon geopotencialne kote točke EUVN\_DA, datum Ams.:

$$\sigma_{C_E^{Ams}} = \pm \sqrt{\sigma_{C_U^{Ams}}^2 + \sigma_{\Delta C_U^E}^2}, \quad (10.6)$$

in standardni odklon normalne višine točke EUVN\_DA, datum Ams.:

$$\sigma_{H_E^{N,Ams}} = \pm \sqrt{\left( \frac{1}{\gamma_E^{h_E - \zeta_E^{Slo}}} \right)^2 \cdot \sigma_{C_E^{Ams}}^2 + \left( \frac{C_E^{Ams.}}{(\gamma_E^{h_E - \zeta_E^{Slo}})^2} \right)^2 \cdot \sigma_{\gamma_E^{h_E - \zeta_E^{Slo}}}^2} \quad (10.7)$$

$\sigma_{\Delta H_U^{1,red}}$  ... standardni odklon razlike absolutnih višin UELN točke in reperja nivelmana NVN ali 1.reda ( $\pm \sqrt{\sigma_U^2 + \sigma_{1,red}^2}$ , glej poglavje 9.3, str.113);

$\sigma_{\Delta h_{1,red}^E}$  ... standardni odklon nivelirane višinske razlike med reperjem nivelmana NVN ali 1.reda in EUVN\_DA točko ( $\sigma_0 \cdot S[\text{km}]$  glej »Preglednica 7:«, str.82«);

$\sigma_{g_{U-1,red}^{sr}}$  ... standardni odklon srednje vrednosti težnega pospeška, pridobljene na osnovi gravimetričnih meritev na točki UELN in reperju NVN ali 1.reda;

$\sigma_{g_{1,red-E}^{sr}}$  ... standardni odklon srednje vrednosti težnega pospeška, pridobljene na osnovi gravimetričnih meritev na reperju NVN ali 1.reda in točko EUVN\_DA;

$\Delta H_U^{1,red}$  ... razlika absolutnih višin UELN točke in reperja nivelmana NVN ali 1.reda;

$\Delta h_{1,red}^E$  ... nivelirana višinska razlika med reperjem nivelmana NVN ali 1.reda in EUVN\_DA točko;

$\sigma_{\gamma_E^{h_E - \zeta_E^{Slo}}}$  ... standardni odklon povprečne vrednosti normalnega težnega pospeška za točko EUVN\_DA na odseku normale na elipsoid (GRS80) med točko na elipsoidu in ustrezno točko na teluroidu.

Preglednica 31: Standardni odkloni geopotencialnih kot navezovalnih UELN točk:

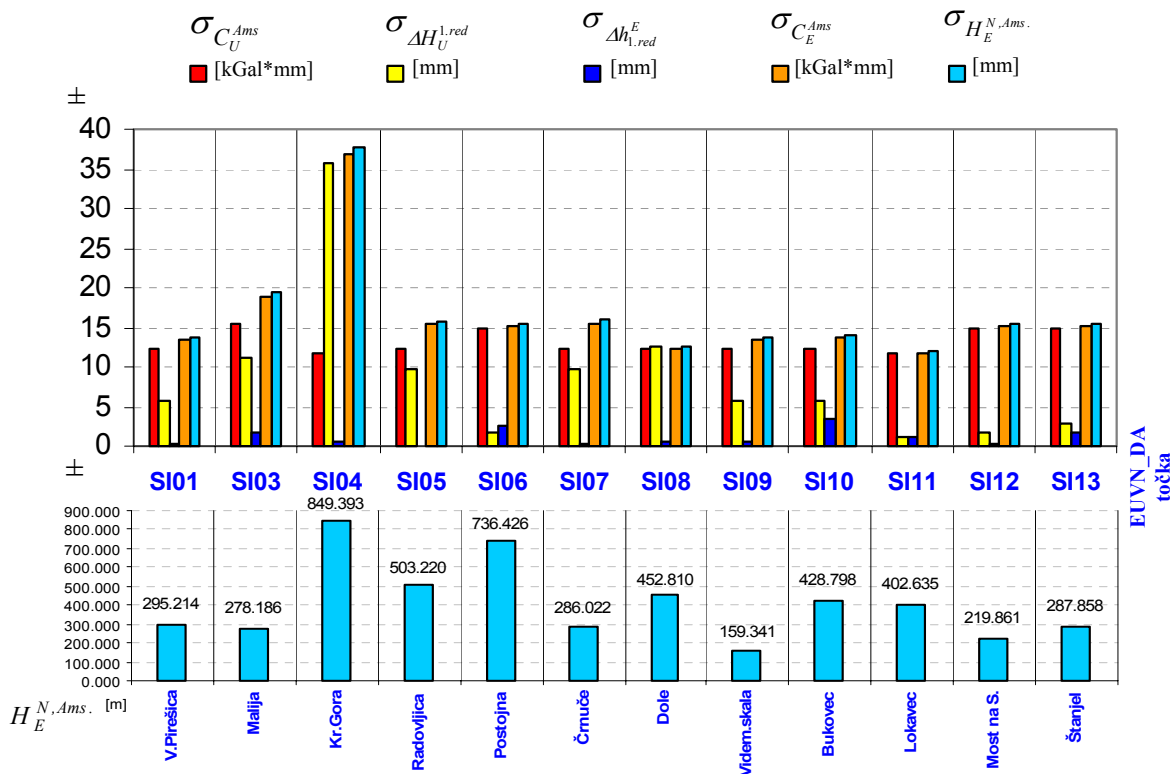
Reper		$C_U^{Ams.}$	$\sigma_{C_U^{Ams.}}$
Drž. ident.	UELN ident.	[kGal*m]	[kGal*mm]
MXCIII	7001	835.28300	± 11.58
PN-305	7003	497.71999	± 12.24
CMLXIII	7006	219.47953	± 11.72
2753	7008	246.45319	± 12.25
MCDLV	7009	358.28301	± 14.91
5486	7010	1.50942	± 15.40

Natančnost geopotencialnih kot UELN točk poznam (»Preglednica 31:«), ne poznam pa natančnosti težnostnega pospeška in normalnega težnostnega pospeška. Zato za te vrednosti v izračunu privzamem izmišljeno vrednost ±1000 μGal. Izkaže se, da natančnosti težnosti nimajo bistvenega vpliva na natančnost normalne višine, saj se spremembe začno kazati šele, ko za natančnost težnosti izberem ±100000 μGal = ±100 mGal = ±0.0001 kGal.

Preglednica 32: Rezultati izračuna ocene natančnosti geopotencialnih kot in normalnih višin EUVN\_DA točk:

$\sigma_{C_U^{Ams.}}$	$\sigma_{\Delta H_U^{1,red}}$	$\sigma_{\Delta h_{1,red}^E}$	$C_E^{Ams}$	$\sigma_{C_E^{Ams}}$	$H_E^{N,Ams.}$	$\sigma_{H_E^{N,Ams.}}$	EUVN_DA
[kGal*mm]	[mm]	[mm]	[kGal]	[kGal*mm]	[m]	[mm]	točka
± 12.25	± 5.69	± 0.20	289.51351	± 0.01346 = ± 13.46	295.214	± 13.73	SI01
± 15.40	± 11.08	± 1.66	272.79553	± 0.01892 = ± 18.92	278.186	± 19.29	SI03
± 11.58	± 35.73	± 0.60	832.93516	± 0.03690 = ± 36.90	849.393	± 37.63	SI04
± 12.24	± 9.61	± 0.10	493.48999	± 0.01545 = ± 15.45	503.220	± 15.75	SI05
± 14.91	± 1.64	± 2.60	722.12164	± 0.01521 = ± 15.21	736.426	± 15.51	SI06
± 12.25	± 9.78	± 0.40	280.49442	± 0.01556 = ± 15.56	286.022	± 15.87	SI07
± 12.25	± 12.54	± 0.60	444.03152	± 0.01226 = ± 12.26	452.810	± 12.51	SI08
± 12.25	± 5.71	± 0.64	156.26250	± 0.01348 = ± 13.48	159.341	± 13.75	SI09
± 12.25	± 5.72	± 3.30	420.51546	± 0.01386 = ± 13.86	428.798	± 14.13	SI10
± 11.72	± 1.24	± 1.03	394.86853	± 0.01183 = ± 11.83	402.635	± 12.06	SI11
± 14.91	± 1.72	± 0.42	215.61597	± 0.01501 = ± 15.01	219.861	± 15.31	SI12
± 14.91	± 2.81	± 1.68	282.28832	± 0.01525 = ± 15.25	287.858	± 15.55	SI13

$$\sigma_{g_{U-1,red}^{sr}} = \sigma_{g_{1,red-E}^{sr}} = \sigma_{\gamma_E^{h_E-\zeta_{Slo}^{Slo}}} = \pm 1000 \text{ [\muGal]} \text{ ( = zahtevani nat. v EUVN projektu. Dejanaka vrednost je neznan).}$$



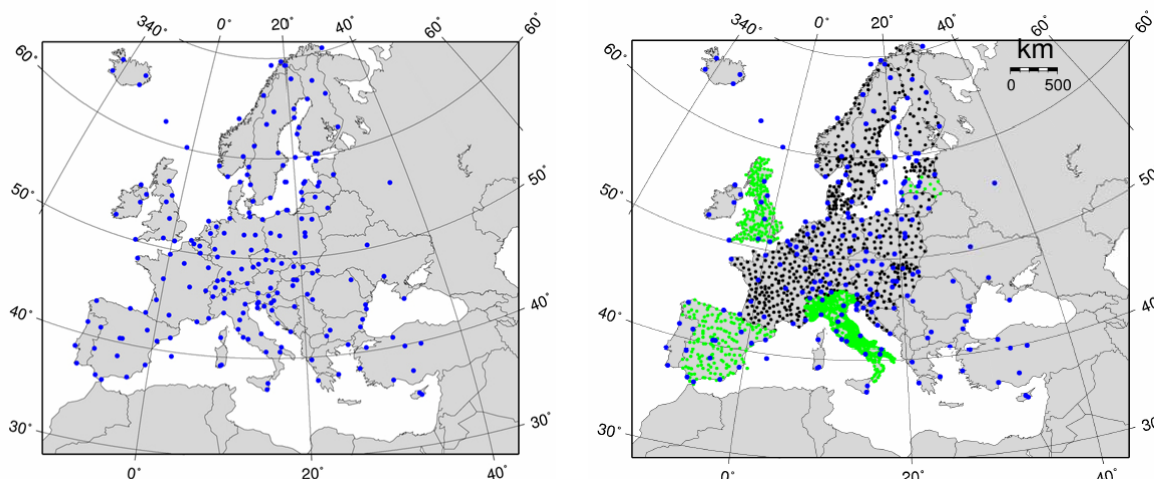
Grafikon 4: Ocena natančnosti normalnih višin EUVN\_DA točk, datum Ams.

Na »Grafikon 4:« izstopa le točka SI04 – Kranjska Gora. Razlog za izstopanje je v danih slabih natančnostih višine UELN in reperja NVN. Za vse druge normalne višine je natančnost nekje  $\pm 1.5$  cm.

Dobljene vrednosti se od vrednosti dobljene po načinu v poglavju 9.3, str.113 razlikuje predvsem zato, ker tukaj upoštevam tudi natančnost geopotencialnih kot izhodiščnih UELN reperjev. Te znašajo približno od  $\pm 1.2$  do  $\pm 1.5$  kGal-cm.

## 11 ZAKLJUČEK

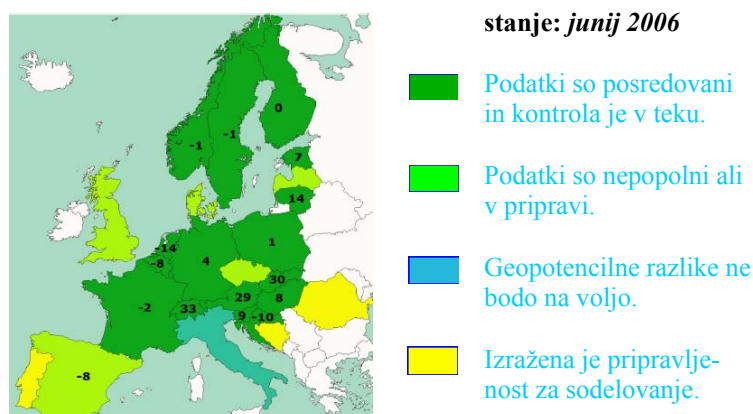
EUVN\_DA je projekt skupnega truda »Nacionalnih državnih agencij« za vzpostavitev goste, homogene in 'brezplačne' GPS/nivelmanske podatkovne baze EUVN, katere cilj je pod dmska natančnost, konsistentnost z ETRS89 in EVRS ter definicija kontinentalne višinske referenčne poloskve.



Slika: EUVN maj, 2005 (levo) in EUVN + EUVN\_DA junij, 2006 (desno) (Kenyeres, Sacher, 2005 – str. 9 in et al., 2006 – str. 6)

(<http://www.euref-iag.net/symposia/2005Vienna/1-04.pdf> in

<http://www.euref-iag.net/symposia/2006Riga/01-04.pdf>):



Slika: Sodelujoče države in povprečne vrednosti razlik (»offsets«) med EUVN\_DA in EGG97 geoidom (Kenyeres et al., 2006 – str. 5 in 8)

(<http://www.euref-iag.net/symposia/2006Riga/01-04.pdf>).

Glavni namen diplomske naloge je podati rezultate EUVN\_DA projekta v Sloveniji. Služi lahko kot izhodišče temeljitejšim EUVN\_DA analizam in morebitnim nadaljnim EUVN projektom na območju Slovenije. Naloga ne podaja analiz in razprav, npr.: primernosti uporabe in vpliva uporabljene anomalije višine  $\zeta_E^{Slo}$  v izračunu normalnega težnostnega pospeška na vrednost normalne višine; primerjave anomalij višine  $\zeta_E$  dobljenih kot razlike med GPS-elipsoidnimi in »niveliranimi« višinami ( $h_E - H_E^{N,Ams.}$ ) z anomalijami višine  $\zeta^{EGG97}$  ali  $\zeta^{EGG2006}$  evropskih gravimetričnih kvazigeoidom EGG1997 in EGG2006<sup>1</sup>; vpliva kvalitete GPS-opazovanj itd.

Naloga tudi ne podaja analize vpliva nekaterih poenostavitev, kot je npr. neupoštevanje težnostnih pospeškov tudi na tistih dejansko niveliranih odsekih (daljših od 1 km) med vmesnim reperjem NVN in točko EUVN\_DA, kjer vrednost  $\Delta h_{1,red}^E$  pridobimo kot vsoto višinskih razlik vzdolž nivelmanskega vlaka:

$$\Delta h_{1,red}^E = \sum_0^r \Delta h_r,$$

$r$  ... št. vmesnih reperjev v nivelmanskem vlaku med reperjem 1.reda in točko EUVN\_DA;

saj gravimetrične meritve niso bile izvedene na nobenem od teh vmesnih reperjev. Projekt EUVN je zahteval v izračunu razlike geop. kote srednjo vrednost težnosti natančnosti 1 mGal med vsakima vmesnima reperjema približne razdalje 1 km vzdolž niv. linije (Ihde et al, 2000). Večji problem predstavljajo višinske razlike med UELN (izhodiščnim NVN) reperjem in vmesnim NVN reperjem, saj so oddaljenosti med točkama tudi večje kot 50 km. Vendar bi brez poenostavitev projekt predstavljal veliko večje finančne in organizacijske stroške. Pridobitev celotne dejanske in aktualne nivelirane višinske razlike med UELN reperjem in EUVN točko z večimi vmesnimi gravimetričnimi meritvami je nesmotrna.

---

<sup>1</sup> EGG2006 je kvazigeoid v fazi vzpostavitve.

Tudi gostejša celotna EUVN mreža bi predstavljala takšne stroške, meritve in količino podatkov, ki bi jih bilo za celotno Evropo nemogoče vzdrževati. Zato je smiselno mrežo zgoščevati samo na tistih odkritih kritičnih območjih Evrope, kar je bilo v projektu EUVN\_DA že upoštevano.

Ob morebitnem vzpostavljanju novih EUVN točk v Sloveniji bi predlagal slednje:

- ker je niveliranje dolgih večkilometrskih nivelmanskih vlakov neracionalno, pravtako uporabo razlik absolutnih normalnih-ortometričnih višin reperjev za višinske razlike;
- relativne gravimetrične meritve tudi na vmesnih reperjih »problematičnega nivelmanskega vlaka«<sup>1</sup>. Gravimetrična mreža v Sloveniji je v fazi zgoščevanja, kar bo omogočalo večjo izbiro točk z znano težnostjo;
- večjo enotnost v metodologiji izračuna definitivnih višinskih razlik in tako pridobitev niveliranih višin primerljive natančnosti;
- vključitev točk permanentnih GPS-postaj zaradi višje natančnosti elipsoidne višine *h*.

EUVN\_DA delovna skupina ima v planu do konca leta 2006 dokončati (Kenyeres et al., 2006):

- Oceno kvalitete podatkov v posameznih državah:
  - > Preveriti skladnost višinskih podatov (UELN  $\Delta C$ ).
  - > Primerjava z EGGyy rešitvami.
- Vključitev EUVN\_DA reperjev v UELN izravnavo (UELN  $\Delta C$ ).
- Izdelava internetne strani.
- Izdelava poročilo stanja (na osnovi razpoložljivih podatkov).

Pravtako bo potrebno pospešiti pridobitev še manjkajočih in nepredvidenih potrebnih podatkov, kot so informacije o lokalnem geoidu (npr. Hrvaška). Možne so tudi ponovitve meritev že pridobljenih podatkov. GPS-rešitve bi naj bile na voljo v SINEX fromatu.

---

<sup>1</sup> Nivelmanski vlak, ki se sestoji iz večih ali dolgih nivelmanskih linij po poti velikih višinskih sprememb (npr. Alpe)

## 12 VIRI

Berk, S., Komadina, Ž., Marjanovič, M., Radovan, D., Stopar, B. 2003a. Preračun EUREF GPS-kampanj na območju Slovenije. Kuhar, M. (Ur.). Raziskave s področja geodezije in geofizike: Zbornik predavanj: 9. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str.45-55.

Berk, S., Komadina, Ž., Marjanovič, M., Radovan, D., Stopar, B. 2003b. The Recomputation of the EUREF GPS Campaigns in Slovenia. Final report. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava Republike Slovenije: 23 str.

Berk, S., Komadina, Ž., Marjanović, M., Radovan., D., Stopar, B., 2003c. Preračun kombinirane rešitve EUREF GPS-kampanj iz let 1994, 1995 in 1996. Končno poročilo. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava Republike Slovenije: 15 str.

Berk, S., Klanjšček, M., Mesner, N. 2006. EUVN\_DA mreža. Določitev koordinat EUVN točk v evropskem koordinatnem sistemu ETRS 89 za projekt EUVN\_DA. Tehnično poročilo. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS): 19 str.

Boucher, C., Altamimi, Z. 2001. Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign, version 5 : 12-04-2001. Memorandum. Laboratoire de Recherches en Géodésie (LAREG).

<http://lareg.ensg.ign.fr/EUREF/memo.pdf> (01.12.2005).

European Vertical Reference System (EVRS).

<http://crs.bkg.bund.de/evrs/> (01.11.2005).

Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS).

<http://www.gu.gov.si/> (01.03.2006).

Ihde, J., Adam, J., Gurtner, W., Harsson, B. G., Sacher, M., Schülter, W., Wöppelman, G. The Height Solution of the European Vertical Reference Network (EUVN). 2000. Zbornik št. 09: Poročila EUREF tehnične delovne skupine (TWG), European Vertical System. Tromso, 22. – 24. junij 2000. München 2000; ISBN 3 7696 9623 9; 276 S., International Association of Geodesy (IAG) / Subcommission for Europe (EUREF): str. 132-145.  
[http://www.euref-iag.net/symposia/symposia\\_2000\\_Tromso.html](http://www.euref-iag.net/symposia/symposia_2000_Tromso.html) (01.11.2005).

International Association of Geodesy (IAG).

<http://www.iag-aig.org/> (01.11.2005).

Heiskanen, W. A., Moritz, H. 1967. Physical geodesy. San Francisco, Freeman: 364 str.

Kenyeres, A., Ihde, J., Šimek, J., Marti, U., Molendijk, R. E. 2002. EUREF Action for the Densification of the EUVN Network. Zbornik št. 12: Poročila EUREF tehnične delovne skupine (TWG), Predstavitve: zasedanje 3: European Vertical Reference System (EVRS), razdelek 3.2. Ponta Delgada, 5. – 8. junij 2002. International Association of Geodesy (IAG) / Subcommission for Europe (EUREF): str. 147 – 150.  
<http://www.euref-iag.net/symposia/book2002/147-150.pdf#search='EUREF%20Action%20for%20the%20Densification%20of%20the%20EUVN%20Network'> (03.11.2006).

Kenyeres, A., Sacher, M. 2005. EUVN\_DA: EUREF action for EUVN densification: Status report. Poročila Simpozija IAG Pod-komisije za Evropo (EUREF), Predstavitve: zasedanje 1: Activities of the Technical Working Group (TWG) / Status of the EUREF Permanent Network (EPN), razdelek 1.4. Dunaj, 01. – 03. junij 2005. International Association of Geodesy (IAG) / Subcommission for Europe (EUREF): 11 f.  
<http://www.euref-iag.net/symposia/2005Vienna/1-04.pdf>.

Kenyeres, A., Sacher, M., Ihde, J., Denker, H., Marti, U. 2006. Status and results of the EUVN Densification Action. Poročilo Simpozija IAG Pod-komisije za Evropo (EUREF): Predstavitve: zasedanje 1: Activities of the Technical Working Group (TWG) / Status of the



EUREF Permanent Network (EPN), razdelek 1.4. Riga, 14. – 16. junij 2006. International Association of Geodesy (IAG) / Subcommission for Europe (EUREF): 16 f.

<http://www.euref-iag.net/symposia/2006Riga/01-04.pdf>.

Kogoj, D. 2000. Geodezija 2. Lastni zapiski iz predavanj. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 100-105.

Koler, B., Kuhar, M. 2000. Poročilo o izvedbi gravimetričnih meritev z relativnim gravimetrom na točkah EUVN: S101 Velika Pirešica, S102 Lendavske gorice (388), S103 Malija (180). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 8 str.

Koler, B., Medved, K., Kuhar, M. 2006. Projekt nove gravimetrične mreže 1.reda Republike Slovenije = Project of new 1st order gravimetric network of the Republic Slovenia. Geodetski vestnik 50, 3: 451-460.

Kuhar, M., Prešeren, P. 2000. Evropski Globalni model geoida na območju Slovenije. Geodetski vestnik 44, 3: 177-184.

Kuhar, M. 2001. Geofizika: Študijski pripomoček. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: 87 str.

Lisec, A. 2002. Analiza višinskih meritev na osnovi nivelmanske in relativne gravimetrične izmere nivelmanske zanke Malija. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, Geodetska smer: 137 str.

Lisec, A., Koler, B., Kuhar, M. 2003. Analiza vpliva težnostnega polja na določitev višin točk v različnih višinskih sistemih. Kuhar, M. (Ur.). Raziskave s področja geodezije in geofizike: Zbornik predavanj / 9. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 33 -43.

National Imagery and Mapping Agency (NIMA) TR8350.2, tretja izdaja. 2000. Tehnično poročilo. ZDA, Department of Defense World Geodetic System 1984, Its Definition and Relationships With Local Geodetic Systems: 175 str.

<http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/wgs84fin.pdf> (03.11.2006).

Medved, K. 2001. Gravimetrične meritve za potrebe določitve geopotencialnih kot EUVN točk. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, Geodetska smer: 90 str.

Medved, K. 2006a. Poročilo o gravimetričnih meritvah za potrebe projekta EUVN\_DA. Delovno poročilo. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava Republike Slovenije: 22 str.

Medved, K. 2006b. Some remarks on EUVN\_DA points –Slovenia. Tehnično poročilo. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava Republike Slovenije: 1 f.

Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS). <http://www.gu.gov.si/index.php?id=4986> (01.11.2005).

Prešeren, P. 1999. Uporaba globalnih in regionalnih modelov geoida na območju Slovenije. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 87 str.

Pavlovčič, P. P. 2001. Višja geodezija 1 – vaje. Lastni zapiski iz vaj. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 5-6.

Pribičević, B. 2000. Uporaba geološko – geofizičnih in geodetskih baz podatkov za računanje ploskve geoida Republike Slovenije. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 179 str.

Reference Frame Sub-Commission for Europe (EUREF). Lisboa, Portugalska, Instituto Geofísico D. Luis Rua da Escola Politécnica.

<http://www.euref-iag.net/> (01.11.2005).

Stopar, B., Pavlovčič, P. 2001. GPS v geodetski praksi. Študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 115 str.

Strategija osnovnega geodetskega sistema. 2004. Geodetski vestnik 48, 3: 289-314.

Torge, W. 1989. Gravimetry. Berlin, New York, W. de Gruyter: 465 str.

Torres, A. J., Kenyeres, A. 2003. Densification Action for the European Vertical Reference Network (EUVN\_DA). Pismo Geodetski upravi Republike Slovenije. IAG Sub-Commission for Europe (EUREF), EUVN Densification Working Group: 9 str.

Urek, D. 2005. Avtomatska obdelava in analiza tesnih meritev z relativnim gravimetrom SCINTREX CG-3M. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, Geodetska smer: 106 str.

## PRILOGE

### PRILOGA A1: Topografije EUVN\_DA točk.

Op.: Topografije točk SI07, SI12 (samo slika) in SI13 (samo slika) niso podane!

#### SI01 – Velika Pirešica – 98s

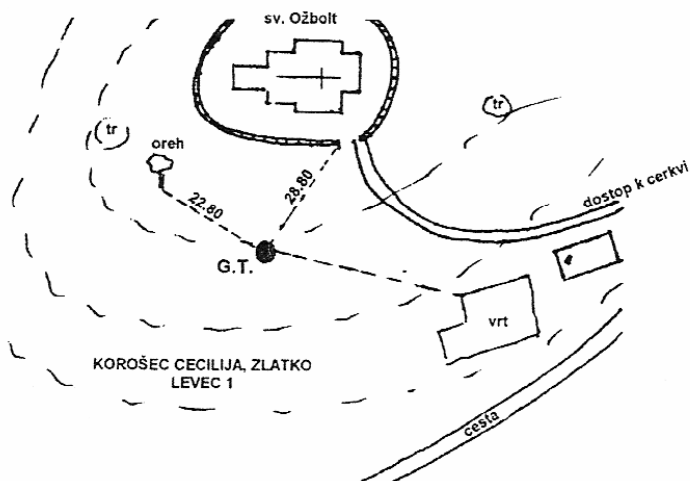
Slovenija	
GEODETSKA UPRAVA REPUBLIKE SLOVENIJE	
Trigonometrični okraj	1 CELJE
Vrsta točke	3 Trigonometrična in poligonometrična točka III. reda

Stran	
PODATKI O GEODETSKI TOČKI	
1-3-00098-S0	00098

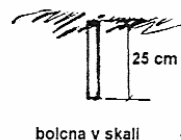
OZNAKA	yGK	xGK	H	RN	LETOXY	LETOH	OPOMBA
S0	514 657.320	126 935.510	295.638		2001	2001	BOLCNA V SKALI

Ime točke	
TTN-5	5 G 25-17 CELJE 17
TK-25	014-1-4 DOBRNA
IUGU	57 ZALEC
Katastrska občina	998 VELIKA PIREŠICA
Parcelna številka	
Naselje	PERNOVO
Ledinsko ime	SV. OŽBOLT
Stabiliziral	GZ CE

SMERNI KOTI IN DOLŽINE NA TOČKE:			
Oznaka stoj.	Opaz. točka	Smerni kot	Dolžina



#### VELIKA PIREŠICA



## SI03 – Malija – 180

Slovenija	
GEODETSKA UPRAVA REPUBLIKE SLOVENIJE	
Trigonometrični okraj	7 KOPER
Vrsta točke	1 Trigonometrična točka I. reda

Stran	
PODATKI O GEODETSKI TOČKI	
7-1-00180-Z0	<b>00180</b>

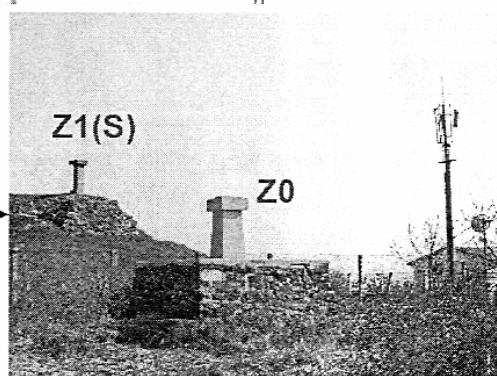
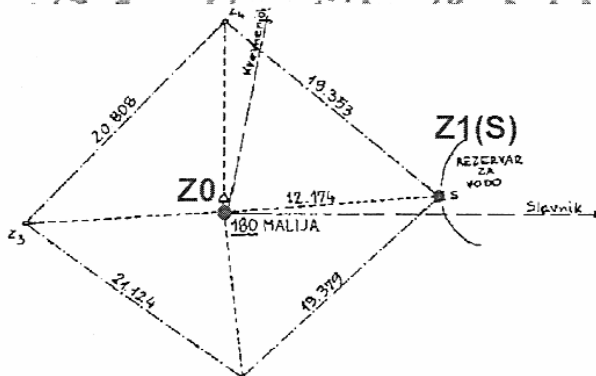
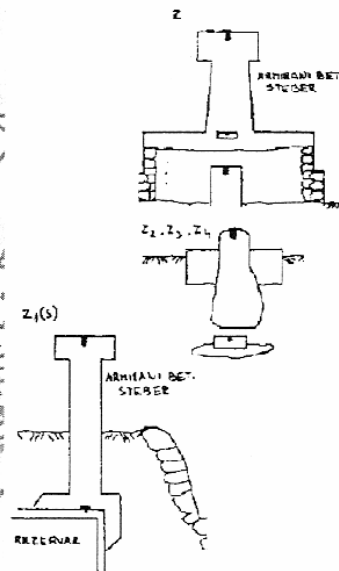
OZNAKA	yGK	xGK	H	RN	LETOXY	LETOH	OPOMBA
Z0	394 360.560	40 837.980	278.595		1993	2001	V.ST.2.86-M.T.110; H:1-40.rez

LAT	LONG	h	NABS	OPOMBA
453013,628141	133836,199808	323,1278		

Ime točke	MALIJA
TTN-5	5 B 20-44 KOPER 44
TK-25	028-3-4 KOPER
IOGU	9 KOPER
Katastrska občina	2628 MALIJA
Parcelna številka	
Naselje	
Ledinsko ime	MALIJA
Izvajalec	DUNAJ

Projekt	EUREF-SLOVENIA
Mreža	MM
Leto	1995
Koord. sistem	ETRS89
Metoda izmere	Statična
Dolžina meritev	01dni/00ur/00min/
GPS teden	820
Julijski dan	268-274(od-do)
Geoid	1

SMERNI KOTI IN DOLŽINE NA TOČKE:			
Oznaka stoj.	Opaz. točka	Smerni kot	Dolžina
Z0	18-1-00181-Z0	83° 30' 33"	26 197.027
Z0	18-2-00310-Z0	56° 37' 51"	26 926.699
Z0	18-2-00345-Z0	69° 33' 51"	19 551.515
Z0	18-2-00346-Z0	115° 10' 08"	16 114.964
Z0	30-2-00344-Z0	164° 12' 19"	13 612.927





**SI05 – Radovljica – 457**

Slovenija	
GEODETSKA UPRAVA REPUBLIKE SLOVENIJE	
Trigonometrični okraj	4 JESENICE
Vrsta točke	1 Trigonometrična točka I. reda

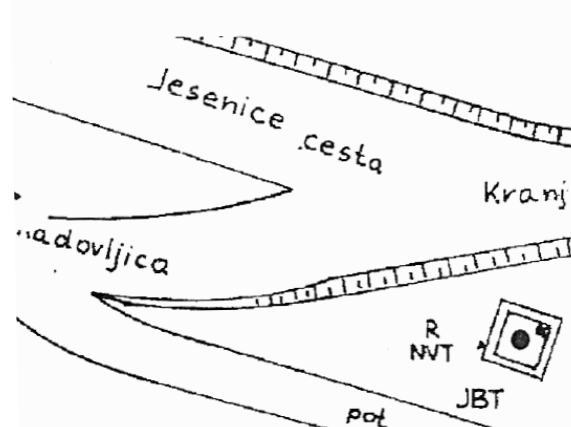
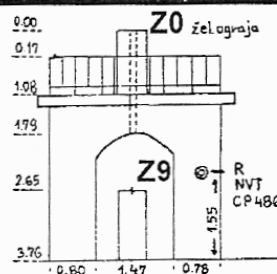
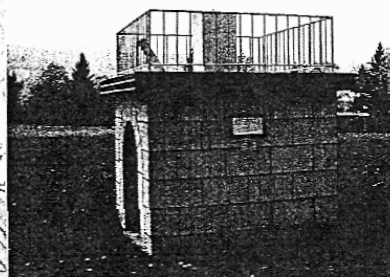
Stran	
PODATKI O GEODETSKI TOČKI	
4-1-00457-Z0	<b>00457</b>

503.645

OZNAKA	yGK	xGK	H	RN	LETOXY	LETOH	OPOMBA
Z0	437 815.480	133 296.970	503.640		1948	1948	V.ST.3.80 m.

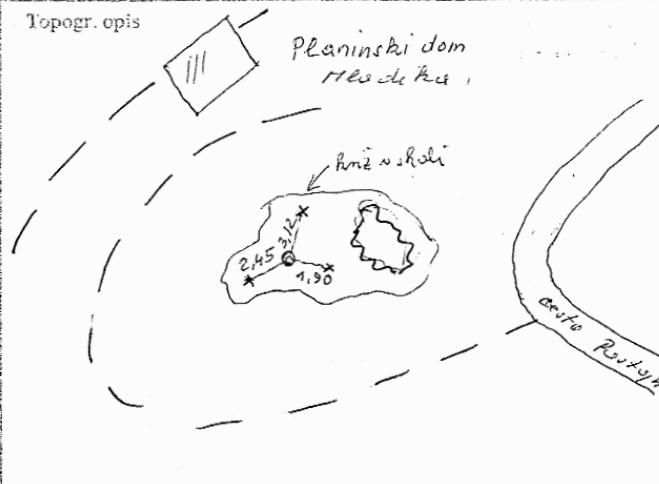

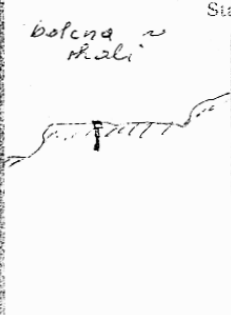
Ime točke	JUŽ.B.T.
TTN-5	5 D 26-33 RADOVLJICA 33
TK-25	012-1-4 RADOVLJICA
IOGU	15 RADOVLJICA
Katastrska občina	2157 PREDTRG
Parcelna številka	
Naselje	
Ledinsko ime	
Stabiliziral	

SMERNI KOTI IN DOLŽINE NA TOČKE:			
Oznaka stoj.	Opaz. točka	Smerni kot	Dolžina



<b>GEODETSKA TOČKA 1. REDA 457</b>	
POLOŽAJ V DRŽAVNEM KOORDINATNEM SISTEMU D48	
x: 437 815.48 m	
y: 133 296.97 m	
h: 503.640 m	
POLOŽAJ V KOORDINATNEM SISTEMU ETRS89	
$\phi: 46^{\circ} 20' 27.1873''$	
$\lambda: 14^{\circ} 11' 54.8278''$	
h: 503.018 m	
GEODETSKA UPRAVA REPUBLIKE SLOVENIJE	

**SI06 – Postojna – PSTJ**

PODATKI O GEODETSKI TOČKI				Reg. št.:	
Vrsta točke <u>GEODINAMIČNA TOČKA</u>	Red	Trig. okraj, št. vlakca, delalnice	Pop. znak	St. točke <u>PSTJ</u>	
TRIG. SEKCIJA TTN 1 : 5000	TK 25-G	<u>Postojna 9</u> <u>029-1-4</u>	Šifra točke	Priglasit.	Soba
Topogr. opis 			SR SLOVENIJA		
			Občina:		
			Kat. občina:		
			Kraj: <u>Postojna</u>		
			Ljudsko ime: <u>plan. dom Meadika</u>		
			Koordinate		Vzroci
			Y X H <u>H = 736,8324</u>		
			Y X H <u>H = 733,0591 el. p. 200</u>		
			Smerni koti in dolžine		Vzroci
			Na točko Do točke		m
Stabilizacija in signalizacija <u>bolca v škali</u> 					
Opombe, opis dostopa:			Določila ustanova:		
			Stabiliziral: <u>Mikovič, Peice</u> 1995		
			Izmeril:		
			Izračunal:		
			Vpraš. podatke:		
			Kontroliral:		



SI08 – Dole – 375s

GEODETSKA UPRAVA SHS

Trig. obr. št. 27

PODATKI O GEODETSKI TOČKI

Str.: .....

Reg. št.: .....

Vrsta točke EKSCENTER 375 GORJANCI TOČKA		Red	Trig. okraj, št. vlaka; delališče		Top. znak	Št. točke																																							
TRIG. SEKCIJA		TK 25-G	Šifra točke		Pripadnost	Šifra																																							
TTN 1 : 5000																																													
			SR SLOVENIJA Občina: Kat. občina: <i>Dole</i> Kraj: <i>Dole</i> Ledinsko ime:																																										
			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Koordinate</th> <th>Vzeto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>y</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>x</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>H</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>y</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>x</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>H</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>y</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>x</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>H</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>y</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>x</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>H</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				Koordinate		Vzeto	y			x			H			y			x			H			y			x			H			y			x			H		
Koordinate		Vzeto																																											
y																																													
x																																													
H																																													
y																																													
x																																													
H																																													
y																																													
x																																													
H																																													
y																																													
x																																													
H																																													
Stabilizacija in signalizacija približne koordinate $\varphi = 45^{\circ} 42' 06,8''$ $\lambda = 15^{\circ} 14' 59,1''$ $H = 510 \text{ m}$			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Smerni koti in dolžine</th> <th>Vzeto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Na točko</td> <td>° ' "</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Do točke</td> <td>m</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Smerni koti in dolžine		Vzeto	Na točko	° ' "		Do točke	m																															
Smerni koti in dolžine		Vzeto																																											
Na točko	° ' "																																												
Do točke	m																																												
Opombe, opis dostopa:			Določila ustanova:																																										
			Stabiliziral: <i>Miskovič Medved 17.IV.9.</i>																																										
			Izmeril:																																										
			Izračunal:																																										
			Vpisal podatke:																																										
			Kontroliral:																																										

SI09 – Krško – 754s

### PODATKI O GEODETSKI TOČKI

Vrsta točke <b>GEODINAMIČNA TOČKA</b>	Red	Trig. okraj, št. vliaka, delatišče	Top. znak <b>Δ</b>	Št. točke <b>754s</b>
TRIG. SEKCIJA TTN 1: 5000	TK 25-G	Sifra točke	Prilagoditvi	Sifra
Topogr. opis <b>Zidani most</b> <b>železnica</b>		<b>SR SLOVENIJA</b>		
		Občina:		
		Kat. občina:		
		Kraj: <b>KRŠKO</b>		
		Lokacijsko ime:		
		Koordinate		Vzeto
		Y		
		X		
		H		
		Y		
		X		
		H		
		Y		
		X		
		H		
Stabilizacija in signalizacija		Smerni koti in dolžine		Vzeto
		Na točko		
		Do točke	m	
Opomba, opis čvrstosti: <i>stabiliziran 20-7-1996</i> <i>Mihovič, Medved</i>		Dobila ustanovi:		
		Stabilizirani:		
		Izmerili:		
		Izračunali:		
		Vpisal predložil:		
		Kontrolirani:		

SI10 – Bukovec – 219

Slovenija	
GEODETSKA UPRAVA REPUBLIKE SLOVENIJE	
Trigonometrični okraj	12 MARIBOR
Vrsta točke	1 Trigonometrična točka I. reda

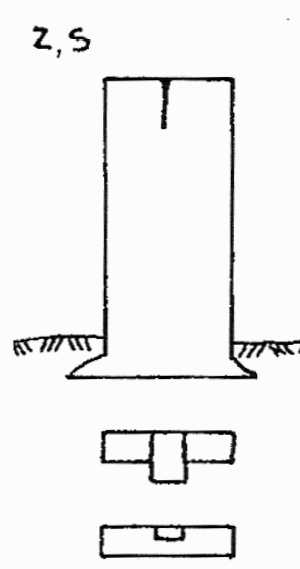
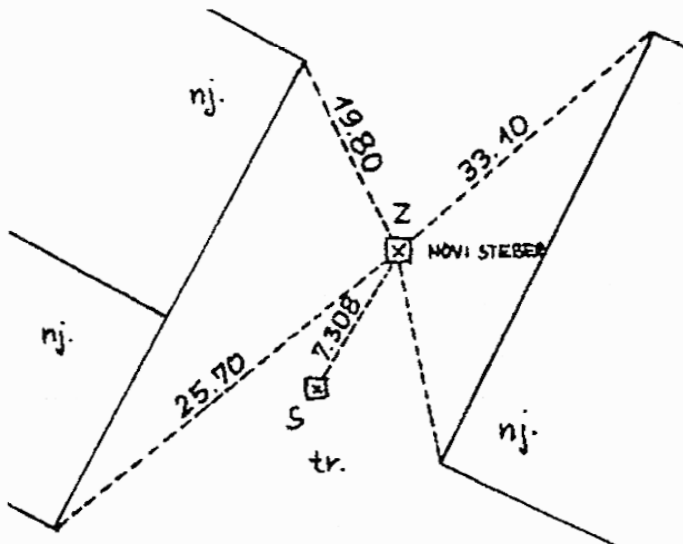
Stran	
PODATKI O GEODETSKI TOČKI	
12-1-00219-Z0	00219

429.2099

OZNAKA	yGK	xGK	H	RN	LETOXY	LETOH	OPOMBA
Z0	547 425.560	143 556.990	429.180		1989	1989	V.ST.1.10m-TČ.MAR.BAZE

Ime točke	BUKOVEC
TTN-5	5 126-2 PTUJ 2
TK-25	015-1-1 SLOVENSKA BISTRICA
IÖGU	30 SLOVENSKA BISTRICA
Katastrska občina	741 BUKOVEC
Parcelna številka	
Naselje	BUKOVEC
Ledinsko ime	BUKOVEC
Stabiliziral	GZS

SMERNI KOTI IN DOLŽINE NA TOČKE:			
Oznaka stoj.	Opaz. točka	Smerni kot	Dolžina
Z0	12-1-00385-Z0	63° 46' 58"	15 574.818
Z0	12-2-00418-Z0	228° 21' 06"	11 300.873
Z0	12-3-00202-C0	206° 26' 30"	4 733.092
Z0	12-2-00426-C0	177° 40' 22"	6 623.812



SI11 – Lokavec – 386

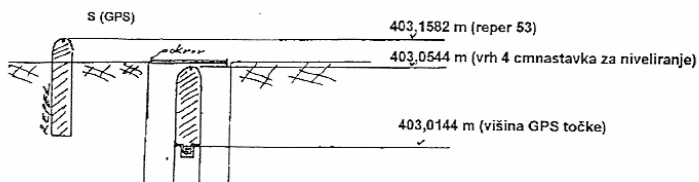
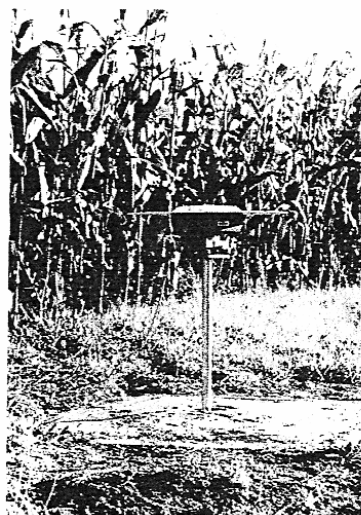
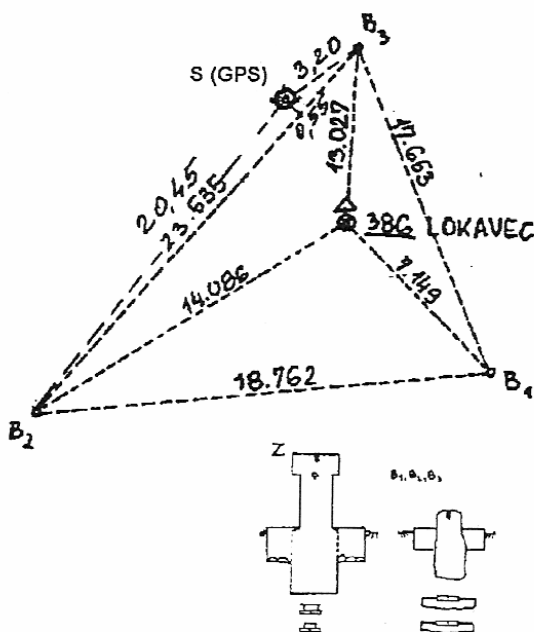
Slovenija	
GEODETSKA UPRAVA REPUBLIKE SLOVENIJE	
Trigonometrični okraj	12 MARIBOR
Vrsta točke	1 Trigonometrična točka I. reda

Stran	
PODATKI O GEODETSKI TOČKI	
12-1-00386-S1	00386

OZNAKA	yGK	xGK	H	RN	LETOXY	LETOH	OPOMBA
S1	562 082.860	172 267.290	403.014		1999	2001	GPS TOČKA:H:1-31b
B1	562 092.910	172 254.350	402.964		1999	2001	H: DOL.PO PRERAČUNU 2001
B2	562 075.070	172 248.370	402.810		1999	2001	H: DOL.PO PRERAČUNU 2001
B3	562 084.580	172 269.950	403.252		1999	2001	H: DOL.PO PRERAČUNU 2001

Ime točke	LOKAVEC
TTN-5	5 I 28-8 ŠENTILJ 8
TK-25	005-4-1 CMUREK
IOGU	29 MARIBOR
Katastrska občina	507 LOKAVEC
Parcelna številka	
Naselje	
Ledinsko ime	LOKAVEC
Stabiliziral	

SMERNI KOTI IN DOLŽINE NA TOČKE:			
Oznaka stoj.	Opaz. točka	Smerni kot	Dolžina



## SI12 – Most na Soči – MOSO



Slika: Slika EUVN\_DA točke SI12

## SI13 – Štanjel – STAN



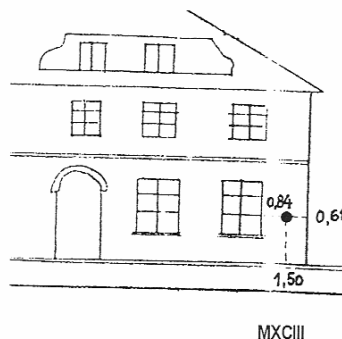
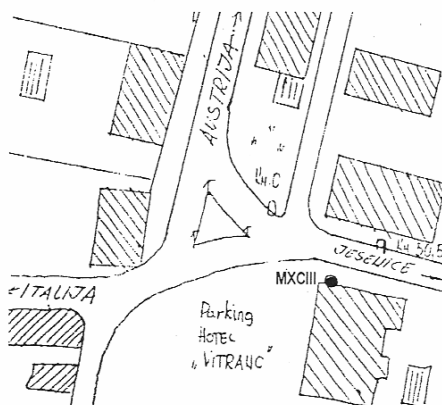
Slika: Slika EUVN\_DA točke SI13

## PRILOGA A2: Topografije UELN izhodiščnih reperjev.

### UELN 7001 - izhodiščni reper **MXCIII** za:

SI04.

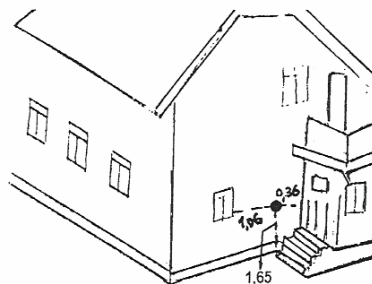
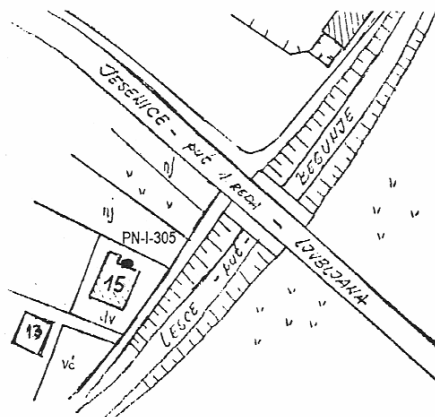
GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE Ljubljana, Zemljemerska ul. 12 01/4784847				PODATKI O REPERJU	
Leto višine	1972	Vrsta nivelmana	NVN		
Način stabilizacije	2	Horizontalna	Št. nivelmanskega vlaka	4	
Oblika reperja	2	Ploščati okrogli	<b>Številka reperja</b>	<b>MXCIII</b>	
Uporabnost reperja			Nadmorska višina Izhodišče Trst	<b>852,215</b>	
Oznaka preračuna reperja	NVN4.REZ		Zaporedna številka reperja	45	
Ime reperja / za višji red	PODKOREN		Koordinata Y X	404912	150720
Šifra in ime IOGU	13 JESENICE		Oznaka TK 1:25000	011-2-1	
Šifra in ime k.o.	2168 PODKOREN		Oznaka TTN 1:5000	5 B 27-38	
Opomba					
Opis položaja reperja	V HOTELU VITRANC				



### UELN točka 7003 - izhodiščni reper **PN-305** za:

SI05.

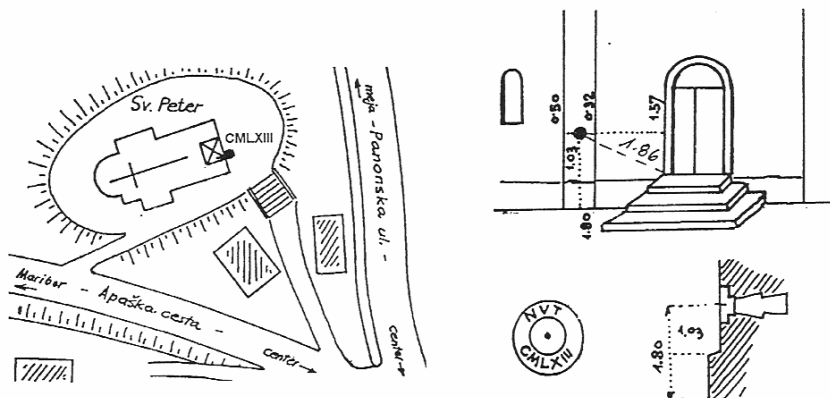
GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE Ljubljana, Zemljemerska ul. 12 01/4784847				PODATKI O REPERJU	
Leto višine	1973	Vrsta nivelmana	NVN		
Način stabilizacije	2	Horizontalna	Št. nivelmanskega vlaka	MREZA	
Oblika reperja	2	Ploščati okrogli	<b>Številka reperja</b>	<b>PN-305</b>	
Uporabnost reperja	5	Uničen	Nadmorska višina Izhodišče Trst	<b>507,95853</b>	
Oznaka preračuna reperja	MREZA.REZ		Zaporedna številka reperja	6	
Ime reperja / za višji red	LESCE		Koordinata Y X	436119	135684
Šifra in ime IOGU	15 RADOVLJICA		Oznaka TK 1:25000	012-1-4	
Šifra in ime k.o.	2155 HRAŠE		Oznaka TTN 1:5000	5 D 26-32	
Opomba	PREGLEDAN FEBRUAR 2004 <b>, UNIČEN</b>				
Opis položaja reperja	LESCE- BEGUNJSKA 15, JESENKO ALBIN				



**UELN točka 7006 - izhodiščni reper CMLXIII za:**

SI10.

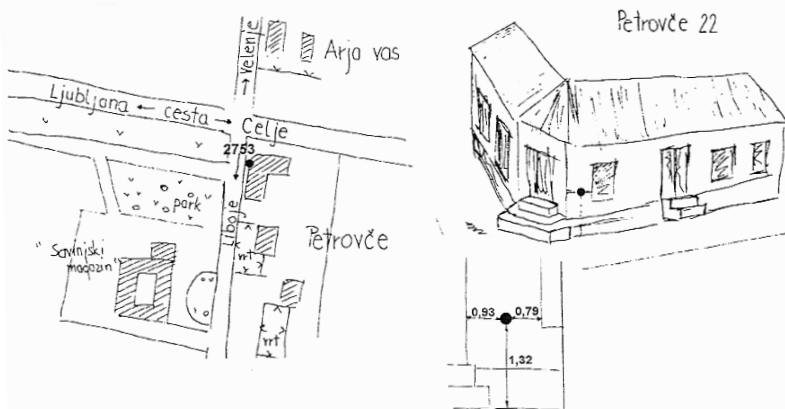
GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE Ljubljana, Zemljemerska ul. 12 01/4784847		PODATKI O REPERJU	
Leto višine		Vrsta nivelmana	NVN
Način stabilizacije	2	Horizontalna	Št. nivelmanskega vlaka 11-3
Oblika reperja	2	Ploščati okrogli	<b>Številka reperja CMLXIII</b>
Uporabnost reperja		Nadmorska višina Izhodišče Trst	<b>224,2136</b>
Oznaka preračuna reperja	NVN11-3.REZ	Zaporedna številka reperja	70
Ime reperja / za višji red	RADGONA	Koordinata Y X	576000 171110
Šifra in ime IOGU	8 ILIRSKA BISTRICA	Oznaka TK 1:25000	005-4-2
Šifra in ime k.o.	184 GORNJA RADGONA	Oznaka TTN 1:5000	5 J 28-14
Opomba	TUDI MN-44		
Opis položaja reperja	G. RADGONA, V CERKVI		



**UELN točka 7008 - izhodiščni reper 2753 za:**

SI01, SI07, SI08, SI09, SI10.

GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE Ljubljana, Zemljemerska ul. 12 01/4784847		PODATKI O REPERJU	
Leto višine	1950	Vrsta nivelmana	NVN
Način stabilizacije	2	Horizontalna	Št. nivelmanskega vlaka MREZA
Oblika reperja	2	Ploščati okrogli	<b>Številka reperja 2753</b>
Uporabnost reperja	1	Uporaben	Nadmorska višina Izhodišče Trst <b>251,72801</b>
Oznaka preračuna reperja	MREZA.REZ	Zaporedna številka reperja	8
Ime reperja / za višji red	ARJA VAS	Koordinata Y X	514953 122595
Šifra in ime IOGU	57 ŽALEC	Oznaka TK 1:25000	014-3-2
Šifra in ime k.o.	1001 PETROVČE	Oznaka TTN 1:5000	5 G 25-27
Opomba			
Opis položaja reperja	PETROVČE 102, KRIŽIŠČE CELJE/LJUBLJANA/LIBELIČE/VELENJE		

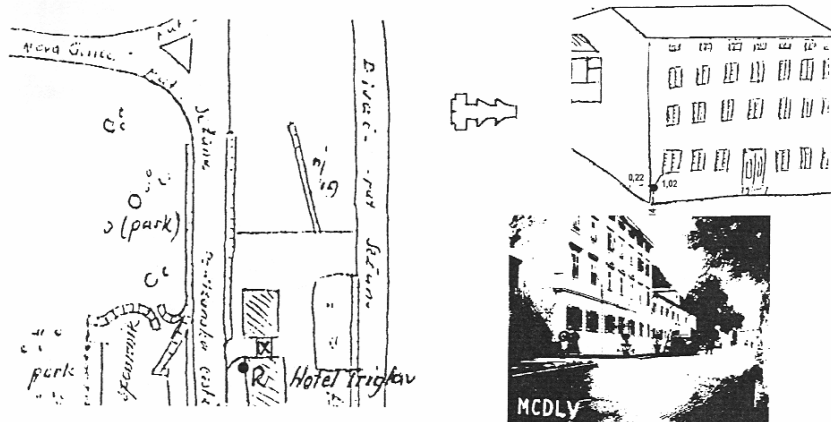


**UELN točka 7009** - izhodiščni reper **MCDLV** za:

SI06, SI12, SI13.

GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE Ljubljana, Zemljemska ul. 12 01/4784847 **PODATKI O REPERJU**

Leto višine			Vrsta nivelmana	NVN	
Način stabilizacije	2	Horizontalna	Št. nivelmanskega vlaka	3-2	
Oblika reperja	2	Ploščati okrogli	<b>Številka reperja</b>	<b>MCDLV</b>	
Uporabnost reperja			Nadmorska višina Izhodišče Trst	<b>365,7718</b>	
Oznaka preračuna reperja	NVN3-2.REZ		Zaporedna številka reperja	15	
Ime reperja / za višji red	SEŽANA		Koordinata Y X	412803	63450
Šifra in ime IOGU	11	SEŽANA	Oznaka TK 1:25000	028-4-2	
Šifra in ime k.o.	2455	SEŽANA	Oznaka TTN 1:5000	5 C 21-22	
Opomba					
Opis položaja reperja	SEŽANA - HOTEL TRIGLAV				

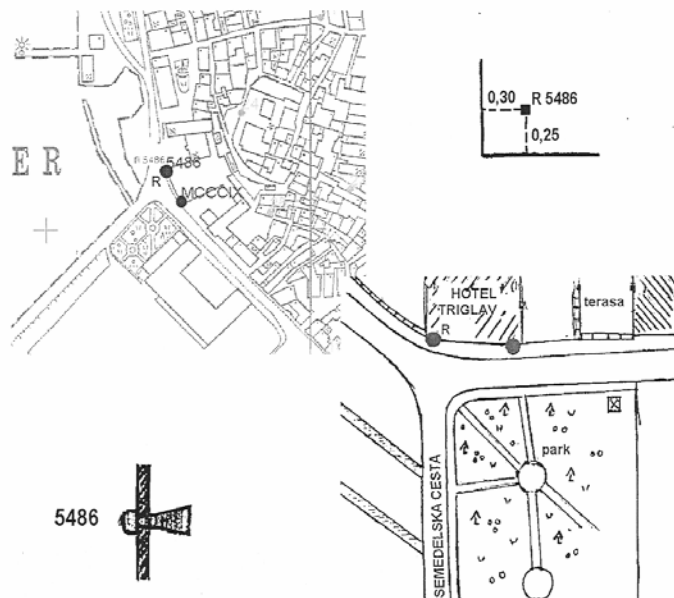


**UELN 7010** - izhodiščni reper **5486** za:

SI03.

GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE Ljubljana, Zemljemska ul. 12 01/4784847 **PODATKI O REPERJU**

Leto višine	1950		Vrsta nivelmana	NVN	
Način stabilizacije	2	Horizontalna	Št. nivelmanskega vlaka	MREZA	
Oblika reperja	2	Ploščati okrogli	<b>Številka reperja</b>	<b>5486</b>	
Uporabnost reperja	1	Uporaben	Nadmorska višina Izhodišče Trst	<b>1,95102</b>	
Oznaka preračuna reperja	MREZA.REZ		Zaporedna številka reperja	17	
Ime reperja / za višji red	KOPER		Koordinata Y X	400864	45554
Šifra in ime IOGU	9	KOPER	Oznaka TK 1:25000	028-3-4	
Šifra in ime k.o.	2605	KOPER	Oznaka TTN 1:5000	5 B 20-36	
Opomba					
Opis položaja reperja	HOTEL TRIGLAV - KOPER				



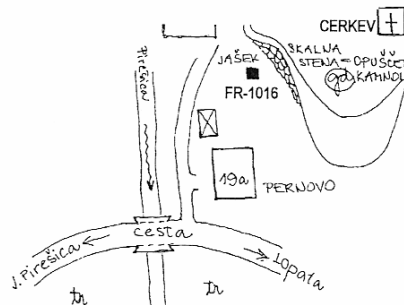


**PRILOGA A3: Topografije navezovalnih reperjev za niveliranje EUVN\_DA točk.**

Navezovalni (vmesni) reper **FR-1016** za:

SI01 – Velika Pirešica – 98s.

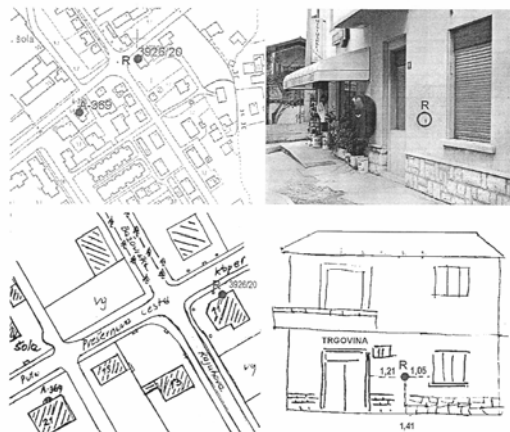
GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE Ljubljana, Zemljemerska ul. 12 01/4784847		PODATKI O REPERJU	
Leto višine		Vrsta nivelmana	NVN
Način stabilizacije	3 Vertikalna	Št. nivelmanskega vlaka	11-1
Oblika reperja	0 Fundamentalni	<b>Številka reperja</b>	<b>FR-1016</b>
Uporabnost reperja		Nadmorska višina Izhodišče Trst	<b>276,9605</b>
Oznaka preračuna reperja	NVN11-1.REZ	Zaporedna številka reperja	117
Ime reperja / za višji red	V.PIREŠICA	Koordinata Y X	514610 126950
Šifra in ime IOGU	57 ŽALEC	Oznaka TK 1:25000	014-1-4
Šifra in ime k.o.	998 VELIKA PIREŠICA	Oznaka TTN 1:5000	5 G 25-17
Opomba	VEL.PIREŠICA POD CERKVIJO, V OPUŠČENEM KAMNOLOMU		



Navezovalni (vmesni) reper **3926** za:

SI03 – Malija – 180.

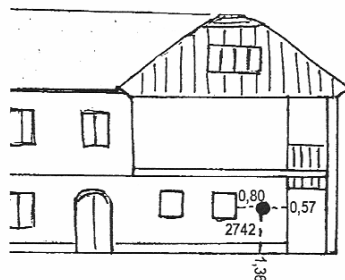
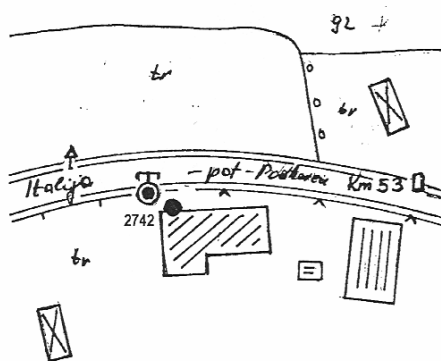
GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE Ljubljana, Zemljemerska ul. 12 01/4784847		PODATKI O REPERJU	
Leto višine	1972	Vrsta nivelmana	NVN
Način stabilizacije	2 Horizontalna	Št. nivelmanskega vlaka	2
Oblika reperja	2 Ploščati okrogli	<b>Številka reperja</b>	<b>3926/20</b>
Uporabnost reperja	1 Uporaben	Nadmorska višina Izhodišče Trst	<b>13,0586</b>
Oznaka preračuna reperja	NVN2.REZ	Zaporedna številka reperja	107
Ime reperja / za višji red	IZOLA	Koordinata Y X	396000 44225
Šifra in ime IOGU	9 KOPER	Oznaka TK 1:25000	028-3-4
Šifra in ime k.o.	2626 IZOLA	Oznaka TTN 1:5000	5 B 20-34
Opomba	IZOLA, PREŠERNOVA CESTA 11		



Navezovalni (vmesni) reper **2742** za:

SI04 – Karanjska Gora – KRGO.

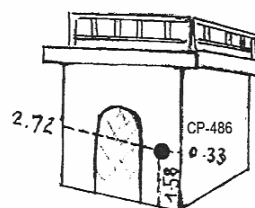
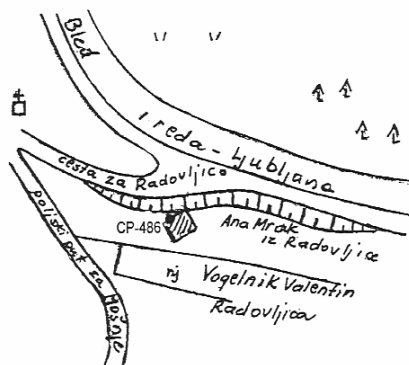
GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE Ljubljana, Zemljemerska ul. 12 01/4784847		PODATKI O REPERJU	
Leto višine	1972	Vrsta nivelmana	NVN
Način stabilizacije	2 Horizontalna	Št. nivelmanskega vlaka	4
Oblika repera	2 Ploščati okrogli	<b>Številka repera</b>	<b>2742</b>
Uporabnost repera		Nadmorska višina Izhodišče Trst	<b>864,1271</b>
Oznaka preračuna repera	NVN4.REZ	Zaporedna številka repera	48
Ime repera / za višji red		Koordinata Y X	402475 151023
Šifra in ime IOGU	13 JESENICE	Oznaka TK 1:25000	011-1-2
Šifra in ime k.o.	2167 RATEČE	Oznaka TTN 1:5000	5 B 27-27
Opomba			
Opis položaja repera	JUVAN FRANČIŠKA, RATEČE 1		



Navezovalni (vmesni) reper **CP-486** za:

SI05 – Radovljica – 457.

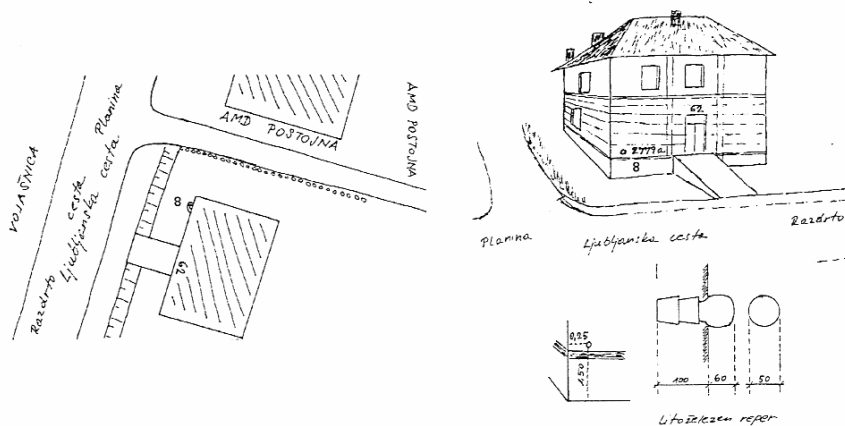
GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE Ljubljana, Zemljemerska ul. 12 01/4784847		PODATKI O REPERJU	
Leto višine	1970	Vrsta nivelmana	NVN
Način stabilizacije	2 Horizontalna	Št. nivelmanskega vlaka	5-1
Oblika repera	2 Ploščati okrogli	<b>Številka repera</b>	<b>CP-486</b>
Uporabnost repera	1 Uporaben	Nadmorska višina Izhodišče Trst	<b>501,3757</b>
Oznaka preračuna repera	NVN5-1.REZ	Zaporedna številka repera	4
Ime repera / za višji red		Koordinata Y X	437815 133298
Šifra in ime IOGU	15 RADOVLJICA	Oznaka TK 1:25000	012-1-4
Šifra in ime k.o.	2157 PREDTRG	Oznaka TTN 1:5000	5 D 26-33
Opomba	PREGLEDAN FEBRUAR 2004		
Opis položaja repera	V OBJEKTU OB CESTI LJUBLJANA-BLED, JUŽNA BAZNA TOČKA		



Navezovalni (vmesni) reper **2779a** za:

SI06 – Postojna – PSTJ.

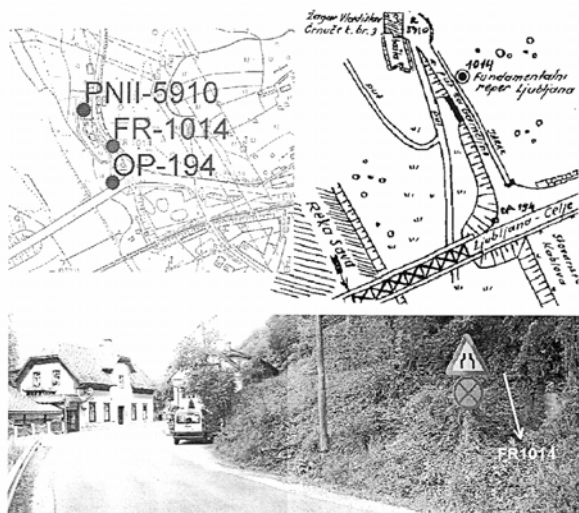
GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE Ljubljana, Zemljemerska ul. 12 01/4784847				PODATKI O REPERJU	
Leto višine			Vrsta nivelmana	1, red	
Način stabilizacije	2	Horizontalna	Št. nivelmanskega vlaka	22-2	
Oblika reperja	5	Cilindrični	<b>Številka reperja</b>	<b>2779a</b>	
Uporabnost reperja			Nadmorska višina Izhodišče Trst	<b>587,986</b>	
Oznaka preračuna reperja	1-22-2		Zaporedna številka reperja	14	
Ime reperja / za višji red			Koordinata Y X	439410	71284
Šifra in ime IOGU	10	POSTOJNA	Oznaka TK 1:25000	029-1-4	
Šifra in ime k.o.	2490	POSTOJNA	Oznaka TTN 1:5000	5 D 22-44	
Opomba					
Opis položaja reperja	HIŠA, LJUBLJANSKA 62 - BIVŠA KASARNA				



Navezovalni (vmesni) reper **FR-1014** za:

SI07 – Črnuče – CRNU.

GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE Ljubljana, Zemljemerska ul. 12 01/4784847				PODATKI O REPERJU	
Leto višine	1962		Vrsta nivelmana	NVN	
Način stabilizacije	3	Vertikalna	Št. nivelmanskega vlaka	MREZA	
Oblika reperja	0	Fundamentalni	<b>Številka reperja</b>	<b>FR-1014</b>	
Uporabnost reperja	1	Uporaben	Nadmorska višina Izhodišče Trst	<b>296,22738</b>	
Oznaka preračuna reperja	MREZA.REZ		Zaporedna številka reperja	7	
Ime reperja / za višji red	ČRNUČE		Koordinata Y X	463240	106470
Šifra in ime IOGU	23	LJUBLJANA	Oznaka TK 1:25000	013-3-3	
Šifra in ime k.o.	1756	ČRNUČE	Oznaka TTN 1:5000	5 E 24-24	
Opomba	BIL TUDI MN LJ FR-4				
Opis položaja reperja	LJ. GAMELJSKA 1, ČRNUČE, NA DESNI STRANI CESTE ZA GAMELJNE				



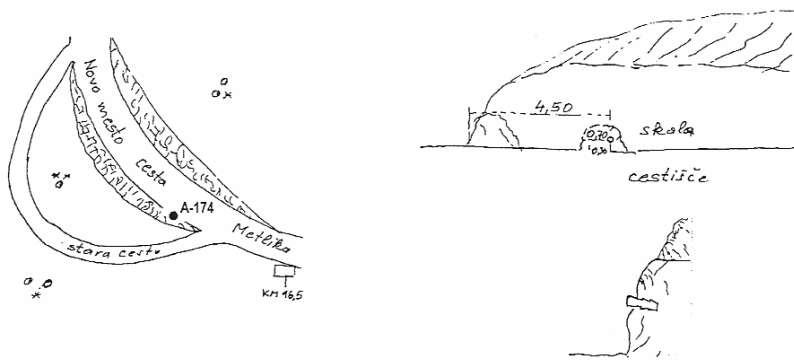
Navezovalni (vmesni) reper **A-174** (g na reperju ni določen) za:

SI08 – Dole – 375s.

GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE Ljubljana, Zemljemerska ul. 12 01/4784847

**PODATKI O REPERJU**

Leto višine	1992	Vrsta nivelmana	1.red
Način stabilizacije	2	Št. nivelmanskega vlaka	36
Oblika reperja	3	<b>Številka reperja</b>	<b>A-174</b>
Uporabnost reperja		Nadmorska višina Izhodišče Trst	<b>477,3402</b>
Oznaka preračuna reperja	1-36.XLS	Zaporedna številka reperja	21
Ime reperja / za višji red		Koordinata Y X	519430 62370
Šifra in ime IOGU	42 ČRNO MELJ	Oznaka TK 1:25000	031-3-2
Šifra in ime k.o.	1502 DOLE	Oznaka TTN 1:5000	5 G 21-29
Opomba			
Opis položaja reperja	V SKALI OB CESTI NOVO MESTO-METLIKA, KM 16.5		



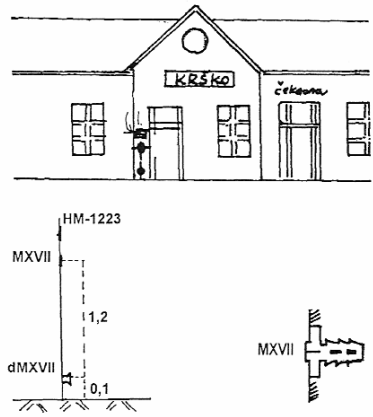
Navezovalni (vmesni) reper **MXVII** za:

SI09 – Krško – 754s.

GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE Ljubljana, Zemljemerska ul. 12 01/4784847

**PODATKI O REPERJU**

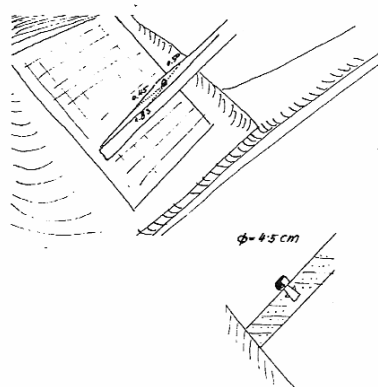
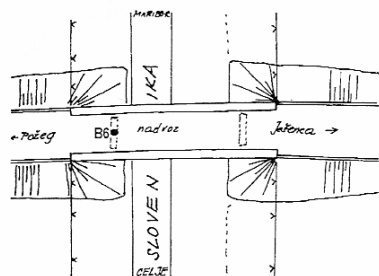
Leto višine	1970	Vrsta nivelmana	NVN
Način stabilizacije	2	Št. nivelmanskega vlaka	6-1
Oblika reperja	2	<b>Številka reperja</b>	<b>MXVII</b>
Uporabnost reperja		Nadmorska višina Izhodišče Trst	<b>163,5003</b>
Oznaka preračuna reperja	NVN6-1.REZ	Zaporedna številka reperja	81
Ime reperja / za višji red	KRŠKO	Koordinata Y X	538624 90364
Šifra in ime IOGU	47 KRŠKO	Oznaka TK 1:25000	031-2-2
Šifra in ime k.o.	1316 STARA VAS	Oznaka TTN 1:5000	5 H 23-38
Opomba			
Opis položaja reperja	V ŽELEZNIŠKI POSTAJI KRŠKO		



Navezovalni (vmesni) reper **B-6** za:

SI10 – Bukovec – 219.

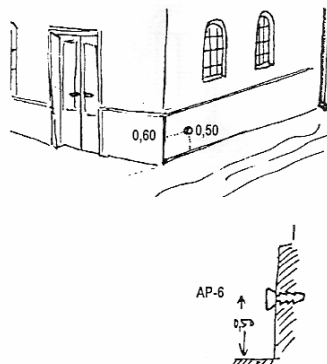
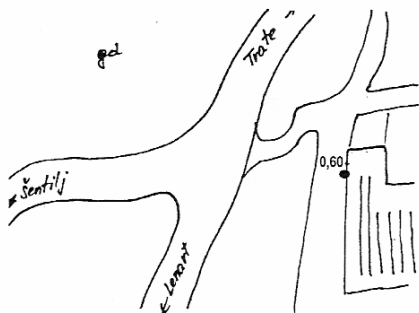
GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE Ljubljana, Zemljemska ul. 12 01/4784847		PODATKI O REPERJU	
Leto višine		Vrsta nivelmana	1.red
Način stabilizacije	2 Horizontalna	Št. nivelmanskega vlaka	25
Oblika reperja	3 Ploščati okr. z izboklino	<b>Številka reperja</b>	<b>B-6</b>
Uporabnost reperja		Nadmorska višina Izhodišče Trst	<b>274,6689</b>
Oznaka preračuna reperja		Zaporedna številka reperja	17
Ime reperja / za višji red		Koordinata Y X	549450   143600
Šifra in ime IOGU	29 MARIBOR	Oznaka TK 1:25000	015-1-2
Šifra in ime k.o.	722 JEŠENCA	Oznaka TTN 1:5000	5 I 26-2
Opomba			
Opis položaja reperja	V PODPORNIKU NADVOZA PREKO SLOVENIKE, KM 31,606		



Navezovalni (vmesni) reper **AP-6** za:

SI11 – Lokavec – 386.

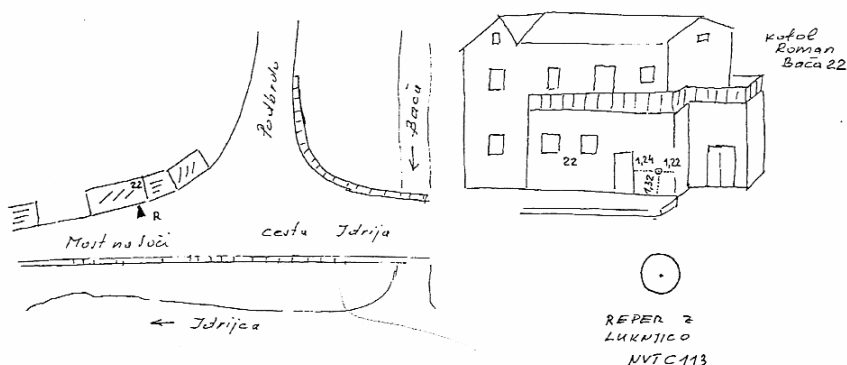
GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE Ljubljana, Zemljemska ul. 12 01/4784847		PODATKI O REPERJU	
Leto višine	1984	Vrsta nivelmana	1.red
Način stabilizacije	2 Horizontalna	Št. nivelmanskega vlaka	31
Oblika reperja	2 Ploščati okrogli	<b>Številka reperja</b>	<b>AP-6</b>
Uporabnost reperja		Nadmorska višina Izhodišče Trst	<b>362,6444</b>
Oznaka preračuna reperja	1-31.REZ	Zaporedna številka reperja	7
Ime reperja / za višji red	R	Koordinata Y X	560930   172910
Šifra in ime IOGU	29 MARIBOR	Oznaka TK 1:25000	005-4-1
Šifra in ime k.o.	568 TRATE	Oznaka TTN 1:5000	5 I 28-8
Opomba			
Opis položaja reperja	V ZGRADBI AGROKOMBINAT MARIBOR, POSLOVNA ENOTA TRATE		



Navezovalni (vmesni) reper **C-113** za:

SI12 – Most na Soči – MOSO.

GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE Ljubljana, Zemljemerska ul. 12 01/4784847				PODATKI O REPERJU	
Leto višine	1971	Vrsta nivelmana	NVN		
Način stabilizacije	2	Horizontalna	Št. nivelmanskega vlaka	3-3	
Oblika repera	2	Ploščati okrogli	<b>Številka repera</b>	<b>C-113</b>	
Uporabnost repera	1	Uporaben	Nadmorska višina Izhodišče Trst	<b>166,8828</b>	
Oznaka preračuna repera	NVN3-3.REZ	Zaporedna številka repera	2		
Ime repera / za višji red		Koordinata Y X	405080	111986	
Šifra in ime IOGU	40 TOLMIN	Oznaka TK 1:25000	011-4-1		
Šifra in ime k.o.	2246 MOST NA SOČI	Oznaka TTN 1:5000	5 B 24-18		
Opomba					
Opis položaja repera	KOFOL ROMAN, BAČA 22, (V HIŠI CESTNEGA PODJETJA NOVA GORICA)				

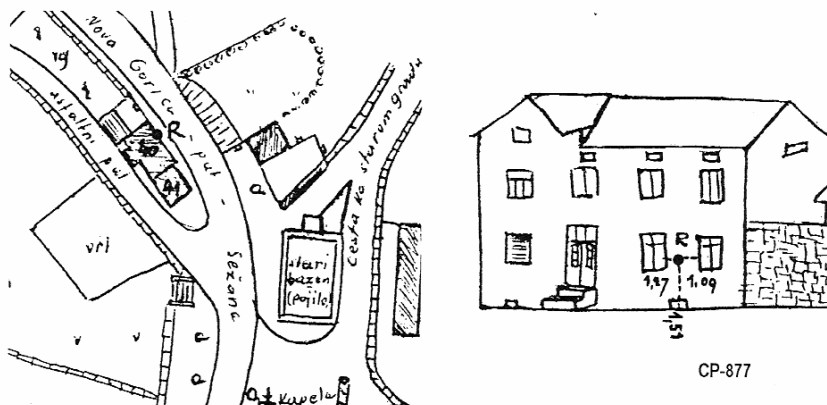


Navezovalni reper **CP-877** (g na reperju je določen, višinska razlika do SI13 je izračunana) za:

SI13 – Štanjel – STAN:

reper	H [m]
opomba	$\Delta h$
<b>CP-877</b>	310.8453
razlika	1.3928
<b>3905</b>	312.2381
razlika	-24.3803
<b>124</b>	287.8578
nivelirana	0.4144
<b>SI13</b>	288.2722
$\Sigma(\Delta h)$	-22.5731

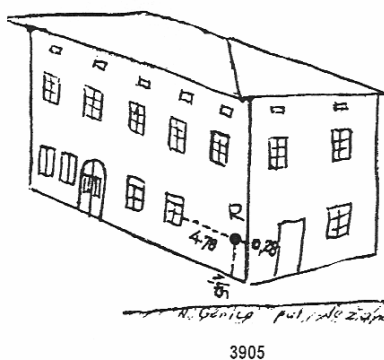
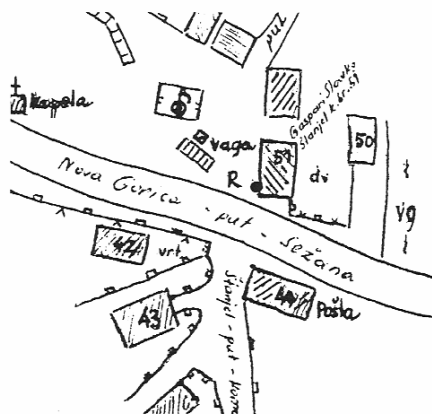
GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE Ljubljana, Zemljemerska ul. 12 01/4784847				PODATKI O REPERJU	
Leto višine	1971	Vrsta nivelmana	NVN		
Način stabilizacije	2	Horizontalna	Št. nivelmanskega vlaka	3-2	
Oblika repera	2	Ploščati okrogli	<b>Številka repera</b>	<b>CP-877</b>	
Uporabnost repera		Nadmorska višina Izhodišče Trst	<b>310,8453</b>		
Oznaka preračuna repera	NVN3-2.REZ	Zaporedna številka repera	43		
Ime repera / za višji red		Koordinata Y X	410515	76125	
Šifra in ime IOGU	11 SEŽANA	Oznaka TK 1:25000	028-2-3		
Šifra in ime k.o.	2416 ŠTANJEL	Oznaka TTN 1:5000	5 C 22-21		
Opomba					
Opis položaja repera	BREŠČAK IVAN, ŠTANJEL 40, OB CESTI NOVA GORICA - SEŽANA				



Reper 3905:

GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE Ljubljana, Zemljemerska ul. 12 01/4784847 **PODATKI O REPERJU**

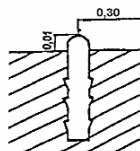
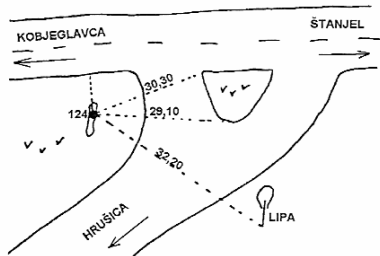
Leto višine	1971	Vrsta nivelmana	NVN
Način stabilizacije	2 Horizontalna	Št. nivelmanskega vlaka	3-2
Oblika reperja	2 Ploščati okrogli	<b>Številka reperja</b>	<b>3905</b>
Uporabnost reperja		Nadmorska višina Izhodišče Trst	<b>312,2381</b>
Oznaka preračuna reperja	NVN3-2.REZ	Zaporedna številka reperja	41
Ime reperja / za višji red		Koordinata Y X	410525   76023
Šifra in ime IOGU	11 SEŽANA	Oznaka TK 1:25000	028-2-3
Šifra in ime k.o.	2416 ŠTANJEL	Oznaka TTN 1:5000	5 C 22-21
Opomba			
Opis položaja reperja	GASPARI SLAVKO, ŠTANJEL 51		



Reper 124:

GEODETSKA UPRAVA R SLOVENIJE Ljubljana, Zemljemerska ul. 12 01/4784847 **PODATKI O REPERJU**

Leto višine	1997	Vrsta nivelmana	2.red
Način stabilizacije	3 Vertikalna	Št. nivelmanskega vlaka	22
Oblika reperja	5 Cilindrični	<b>Številka reperja</b>	<b>124</b>
Uporabnost reperja		Nadmorska višina Izhodišče Trst	<b>287,8578</b>
Oznaka preračuna reperja	2-22.rez	Zaporedna številka reperja	28
Ime reperja / za višji red		Koordinata Y X	409865   75740
Šifra in ime IOGU	11 SEŽANA	Oznaka TK 1:25000	028-2-3
Šifra in ime k.o.	2416 ŠTANJEL	Oznaka TTN 1:5000	5 B 22-40
Opomba			
Opis položaja reperja	V SKALI OB KRIŽIŠČU: KOBJAGLAVA, HRAŠEVCA, ŠTANJEL		



**PRILOGA B1: Opazovane vrednosti niveliranih višinskih razlik in povzetek načina njihove pridobitve za posamezno EUVN\_DA točko.**

Datum smer	OD $T [^{\circ}\text{C}]$	DO $T_{sp} [^{\circ}\text{C}]$	$\Delta h' [m]$ $S [km]$	OPREMA	METODA	IZVAJALEC/VIR	OPOMBE
marec, 1999 nap l/1	FR-1016 18.0	17.5	SI01n 17.0 0.337	Leica : → nivelir Na 3003 S.N: 281984,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BFFB (odčitek: zadaj-spredaj-spredaj-zadaj),</li> <li>• kriterij NVN,</li> </ul>	GURS Vir: Niveliranje geodinamične točke KRGO,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Višinske razlike nismo popravljali za vrednost temperaturnega popravka, ker sta lati brez certifikata.</li> </ul>
marec, 1999 naz l/1	SI01n 17.0	18.5	FR-1016 20.0 0.337	→ 2 kodni invar lati tipa GPCL3 S, N: 28647 in 28669 (brez komparacije), → 2 podložki oziroma žabi po 5 kg, → digitalni termometer.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• maksimalna dolžina inštrument-lata je 25 metrov,</li> <li>• odčitki na lati niso bil manjši od 0.4 m in večji od 2.8 m,</li> <li>• žabe in inštrument smo postavili na stabilna tla - asfalt.</li> </ul>	tehnično poročilo sestavil pripravnik: Gregor Žele, Ljubljana, 22.03.1999	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nastavek na SI01: višina: 40.0 mm</b></li> </ul>
				$\Delta h'_{sp.} [m] = 18.7178$ $S_{sp.} [km] = 0.337$			
3926		SI03		Podatki niveliranja točke SI03 – Malija niso podani. Višinska razlika je pridobljena iz razlike absolutnih višin točk.			
april, 1999 nap l/1	2742 x	x	SI04n x 0.711	Leica : → precizni nivelir Na 3003,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BF ( 3 odčitke : lata zadaj - lata spredaj),</li> <li>• kriterij III. red niv. mreže,</li> </ul>	GURS Vir: Niv. točke Velika Pirešica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nastavek na SI04: višina: 40.0 mm</b></li> </ul>
april, 1999 naz l/1	SI04n x	x	2742 x 0.711	→ 1 kodno 4 metrsko lato tipa GKNL4, → 1 podložko (4 kg).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• žabe in inštrument smo postavili na stabilna tla - asfalt.</li> </ul>	( EUVN točka, ID=SI01), tehnično poročilo sestavil Gregor Žele, Ljubljana, 15.05.1999	
				$\Delta h'_{sp.} [m] = -14.2668$ $S_{sp.} [km] = 0.711$			
? nap l/1	CP-486 x	x	SI05 x 0.010	→ klasični nivelir,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lata zadaj - lata spredaj, lata zadaj - reper spredaj in reper zadaj - lata spredaj, lata zadaj - lata spredaj,</li> </ul>	OGU Kranj Vir: Višina točke 456z0-JBT:	
? naz l/1	SI05 x	x	CP-486 x 0.010	→ 4m raztegljiva aluminijasta lata.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prenos višine reperja pod stebrom na trigonometrično točko na steburu.</li> </ul>	b.) Niveliranje, tehnično poročilo sestavil Boštjan Vizjak.	
				$\Delta h'_{sp.} [m] = 2.269$ $S_{sp.} [km] = 0.010$			

se nadaljuje ...



...nadaljevanje

<i>april, 1999</i> <b>2779a</b> <b>R 1</b> <b>28.6577</b> nap 1/1    x            x            x            0.813	Leica : → precizni nivelir Na 3003, → 1 kodno 4 metrsko lato tipa GKNL4, → 1 podložko (5 kg ).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kriterij III. red niv. mreže,</li> <li>• žabe in inštrument smo postavili na stabilna tla - asfalt.</li> </ul>	GURS <b>Vir:</b> Niveliranje geodinamične točke PSTJ, tehnično poročilo sestavil Gregor Žele, <i>Ljubljana, 16.05.1999</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nastavek na SI05:</b> višina: <b>40.0 mm</b></li> </ul>
<i>april, 1999</i> <b>R 1</b> <b>2779a</b> <b>-28.6547</b> naz 1/1    x            x            x            0.813				
$\Delta h'_{sp.} [m] = 28.6562$ $S_{sp.} [km] = 0.813$				
<i>april, 1999</i> <b>R1</b> <b>R 2</b> <b>57.6489</b> nap 1/1    x            x            x            0.740				
<i>april, 1999</i> <b>R 2</b> <b>R 1</b> <b>-57.6483</b> naz 1/1    x            x            x            0.740				
$\Delta h'_{sp.} [m] = 57.6486$ $S_{sp.} [km] = 0.74$				
<i>april, 1999</i> <b>R 2</b> <b>SI06n</b> <b>62.5822</b> nap 1/1    x            x            x            0.760	Digitalni nivelir Leica Na30003 s.n. 281984, 2 komparirani kodni lati tipa GPCL3: št. 28662 in št.28655, 2 žabi po 5 kg, kline za niveliranje po pesku ob reki Savi, digitalni termometer.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BFFB (odčitek: zadaj –spredaj- spredaj- zadaj),</li> <li>• kriterij I. red niv. mreže,</li> <li>• uporaba klinov na prodnati podlagi,</li> <li>• temperaturo smo merili na začetku in koncu linije v obeh smereh.</li> </ul>	GURS <b>Vir:</b> Določitev višine EUVN točke ČRNUČE –SI07 TP izdelal: Klemen MEDVED, univ.dipl.ing.geod. <i>Ljubljana 05.01.2006</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nastavek na SI07:</b> višina: <b>40.0 mm</b></li> </ul>
<i>april, 1999</i> <b>SI06n</b> <b>R 2</b> <b>-62.5810</b> naz 1/1    x            x            x            0.760				
$\Delta h'_{sp.} [m] = 62.5816$ $S_{sp.} [km] = 0.760$				
<i>23.12.2005</i> <b>FR-1014</b> <b>SI07n</b> <b>-9.7454</b> nap 1/1    -2.0    -2.0    -2.0    0.580				
<i>23.12.2005</i> <b>SI07n</b> <b>FR-1014</b> <b>9.7463</b> naz 1/1    -3.0    -3.0    -3.0    0.580				
$\Delta h'_{sp.} [m] = -9.7459$ $S_{sp.} [km] = 0.580$				

se nadaljuje ....

...nadaljevanje

september,1998	<b>A-174</b>		<b>SI08n</b>	<b>-24.0878</b>	→ precizni nivelir Na 3003 (ser.stev. neznana),	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BF (lata zadaj - lata spredaj),</li> <li>• kriterij I. red niv. mreže,</li> </ul>	Izvedla dva študenta FGG-ja: Tomaž Izak in Vojko Rozman.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 375s/I je ekscenter trigonometrične točke</li> </ul>
nap 1/1	x	x	x	0.548				
september,1998	<b>SI08n</b>		<b>A-174</b>	<b>24.0894</b>	→ 1x 3 metrska invar kodna lata (ser.stev. neznana).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• meritev 375s iz dveh reperjev, ki sta vključena v državni višinko mrežo I. reda številka 36,</li> <li>• izravnavo smo izvedli s pomočjo programa MS Excel, v kateri smo že upoštevali višino nastavka,</li> <li>• višinske razlike nismo popravljali za temperaturni in normalni ortometrični popravek.</li> </ul>	<b>Vir:</b> Niveliranje trig. točke 375s/I, tehnično poročilo sestavil pripravnik Gregor Žele, <i>Ljubljana 16.12.1998</i>	375/I Gorjanci
nap 1/1	x	x	x	0.545				
					$\Delta h'_{sr.} [m] = -24.0886$			
					$S_{sr.} [km] = 0.546$			
september,1998	<b>SI08n</b>		<b>2053</b>	<b>-20.5236</b>	→ 1 podložko (5 kg).			
nap 1/1	x	x	x	0.325				
september,1998	<b>2053</b>		<b>SI08n</b>	<b>20.5245</b>				
nap 1/1	x	x	x	0.317				
					$\Delta h'_{sr.} [m] = -20.5241$			
					$S_{sr.} [km] = 0.321$			

01.02.2006	<b>SI09n</b>		<b>MXVII</b>	<b>3.70296</b>	→ Digitalni nivelir Leica 3003, → 2 kodni lati:		OGU Kranj	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nastavek na SI09: višina: <b>40.0 mm</b></li> </ul>
nap 1/1	3.0	2.5	2.0	0.939				
24.01.2006	<b>MXVII</b>		<b>SI09n</b>	<b>-3.70164</b>	št. 28662 in št.28655,		<b>Vir:</b> Tehnično poročilo-EUVN točka Krško, tehnično poročilo sestavil Boštjan Vizjak, <i>Kranj, 03.02.2006</i>	
nap 1/1	-8.0	-7.0	-6.0	0.941				
					$\Delta h'_{sr.} [m] = 3.70230$			
					$S_{sr.} [km] = 0.940$			

28.02.2006	<b>B-6</b>		<b>PS0</b>	<b>4.5953</b>	→ Digitalni nivelir Leica NA3003: sn:281581,		OGU Velenje	Zaradi neugodnih vremenskih razmer je izmera potekala od začetka decembra ( 7.12., 8. 12. ) do začetka marca ( 28.2., 1.3. ).
nap 1/5	0.0	0.0	0.0	0.050				
28.02.2006	<b>PS0</b>		<b>B-6</b>	<b>-4.5951</b>	→ komparirani nivelmanski lati št: 26911,26917,		Oddelek za osnovni geodetski sistem : Hojan Peter, Majcen Dani, Kogelnik Marjan.	
nap 5/5	0.0	0.0	0.0	0.050				
					$\Delta h'_{sr.} [m] = 4.5952$			
					$S_{sr.} [km] = 0.050$			
08.12.2006	<b>PS0</b>		<b>PS1</b>	<b>6.2786</b>	→ termometer		<b>Vir:</b> Poročilo NIVELIRANJE EUVN_DA 219/I Bukovica, tehnično poročilo sestavil Peter Hojan, <i>Velenje, 06.03.2006</i>	
nap 2/5	8.0	8.0	8.0	0.870				
28.02.2006	<b>PS1</b>		<b>PS0</b>	<b>-6.2794</b>				
nap 4/5	-1.0	-0.5	0.0	0.870				
					$\Delta h'_{sr.} [m] = 6.2790$			
					$S_{sr.} [km] = 0.870$			

se nadaljuje...

...nadaljevanje

07.12.2005	<b>PS1</b>		<b>PS2</b>	<b>62.8380</b>
nap 3/5	3.0	5.0	7.0	0.823
07.12.2005	<b>PS2</b>		<b>PS1</b>	<b>-62.8364</b>
naz 3/5	7.0	7.5	8.0	0.823
		$\Delta h'_{sp.} [m] = 62.8372$ $S_{sp.} [km] = 0.823$		
01.03.2006	<b>PS2</b>		<b>PS3</b>	<b>85.8008</b>
nap 4/5	-1.0	-0.5	0.0	0.975
01.03.2006	<b>PS3</b>		<b>PS2</b>	<b>-85.7967</b>
naz 2/5	6.0	4.5	3.0	0.975
		$\Delta h'_{sp.} [m] = 85.7988$ $S_{sp.} [km] = 0.975$		
01.03.2006	<b>PS3</b>		<b>SI10</b>	<b>-4.9545</b>
nap 5/5	6.0	3.0	0.0	0.244
01.03.2006	<b>SI10</b>		<b>PS3</b>	<b>4.9543</b>
naz 1/5	0.0	1.0	2.0	0.244
		$\Delta h'_{sp.} [m] = -4.9544$ $S_{sp.} [km] = 0.244$		

<b>AP6</b>	<b>SI11</b>	Podatki načina niveliranja niso podani, vrednosti niveliranih višinskih razlik so podane v prilogi B2.
------------	-------------	--

01.02.2006	<b>C113</b>		<b>100</b>	<b>-1.63153</b>
nap 1/6	11.0	11.0	11.0	0.010
01.02.2006	<b>100</b>		<b>C113</b>	<b>1.63148</b>
naz 6/6	11.0	11.0	11.0	0.010
		$\Delta h'_{sp.} [m] = -1.63151$ $S_{sp.} [km] = 0.010$		

Leica :  
 → precizni nivelir Na 3003,  
 → 2 x invar lata:  
 št. 26903 ter 26905

- BFFB (odčitek: zadaj –spredaj- spredaj- zadaj).
- kriterij I. red niv. mreže,
- Niveliralo se je po odsekih, tako da se je s kovinskimi klini stabiliziralo pet izmenič- označenih s št. 100-500.
- Temperaturni in ortometrični popravki so izračunani.

GURS  
**Vir:**Določitev višine EUVN toč.  
 Most na Soči –MOSO (SI12),  
 sestavila: Ivan Lojk in  
 Klemen Medved,  
 Koper, Ljubljana, 8.marec 2006

- Oba dneva pihal relativno močan veter.

se nadaljuje ...

...nadaljevanje

01.02.2006	<b>100</b>		<b>200</b>	<b>11.70820</b>
nap 2/6	11.0	11.0	11.0	0.180
01.02.2006	<b>200</b>		<b>100</b>	<b>-11.70820</b>
naz 6/6	10.0	10.0	10.0	0.180
$\Delta h'_{sr.} [m] = 11.70820$ $S_{sr.} [km] = 0.180$				
01.02.2006	<b>200</b>		<b>300</b>	<b>16.42850</b>
nap 3/6	11.0	11.0	11.0	0.210
01.02.2006	<b>300</b>		<b>200</b>	<b>-16.42830</b>
naz 4/6	9.0	9.0	9.0	0.210
$\Delta h'_{sr.} [m] = 16.42840$ $S_{sr.} [km] = 0.210$				
01.02.2006	<b>300</b>		<b>400</b>	<b>26.73560</b>
nap 4/6	11.0	11.0	11.0	0.460
01.02.2006	<b>400</b>		<b>300</b>	<b>-26.73470</b>
naz 3/6	9.0	9.0	9.0	0.460
$\Delta h'_{sr.} [m] = 26.73515$ $S_{sr.} [km] = 0.460$				
02.02.2006	<b>400</b>		<b>500</b>	<b>-1.97630</b>
nap 5/6	10.0	10.0	10.0	0.110
02.02.2006	<b>500</b>		<b>400</b>	<b>1.97630</b>
naz 2/6	10.0	10.0	10.0	0.110
$\Delta h'_{sr.} [m] = -1.97630$ $S_{sr.} [km] = 0.110$				
02.02.2006	<b>500</b>		<b>SI12n</b>	<b>2.17460</b>
nap 6/6	7.0	7.0	7.0	0.340
02.02.2006	<b>SI12n</b>		<b>500</b>	<b>-2.17430</b>
naz 1/6	3.0	3.0	3.0	0.340
$\Delta h'_{sr.} [m] = 2.17445$ $S_{sr.} [km] = 0.340$				

• **nastavek na SI12:**  
**višina: 40.0 mm**

CP-877

SI13

Podatki niveliranja niso podani. Višinska razlika je pridobljena delno iz: razlike absolutnih višin točk in nivelirane višine.

Ekart, S. 2006. Projekt zgositive EUVN točk v Sloveniji.

Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.

---

## PRILOGA B2: Ocena natančnosti in popravki niveliranih višinskih razlik.

### SI01-Velika Pirešica (98s)

Ocena natančnosti niveliranih višinskih razlik													
točka Velika Pirešica (SI01)													
OD	DO	Merjene višinske razlike iz niveliranja (nastavek upoštevan)						Odstop. $\delta$	Dovoljeno odstopanje $\Delta$	Sred. viš. razlika $\Delta h'$	Sred. dolžina $S$	Odst. na kvadrat $\delta\delta$	Ocena natan. $\frac{\delta}{S}$
		"naprej"			"nazaj"								
		Datum [d.m.leto]	$S_z$ [km]	$\Delta h'_z$ [m]	Datum [d.m.leto]	$S_z$ [km]	$\Delta h'_z$ [m]						
FR-1016	SI01	1.3.1999	0.337	18.6781	1.3.1999	0.337	-18.6774	0.7	$\pm 1.2$	18.6778	0.337	0.5	1.5
$\sigma_{\Delta h} [\text{mm/km}] = \pm \sqrt{\frac{[\delta\delta/S]}{2n}} = \pm 0.9$													
$\sigma_0 [\text{mm/km}] = \frac{\sigma_{\Delta h}}{\sqrt{2}} = \pm 0.6$													
Standardni odklon kilometra enojnega nivelmana nivelmanske linije													
Standardni odklon kilometra dvojnega nivelmana nivelmanske linije													

Ocena natančnosti višine nove EUVN točke				
reper	$\sigma_0$	$S$	$\sigma$	opomba
2742	0.60	43.950	± 26.01	$\sigma_{\Delta h}$
FR1016	0.60	0.337	± 0.20	reper iz poligona
SI01	0.60	0.337	± 0.20	$\sigma_{\Delta h}$
Velika Pirešica - SI01	0.60	0.337	± 0.20	$\sigma_{\Delta h}$

Temperaturni popravek, popravek srednjega metra late in upoštevanje nastavka											Otometačni popravek					
Od	Do	Datum	lata 1	T <sub>0</sub> 1	T <sub>1</sub>	m <sub>0</sub> 1	$\alpha$ 1	m. late 1	$\Delta h_{sm}$ 1	$\Delta h'_{sm}$	$\Delta h_{sm}$	OP [m]	$\Delta h_{NCP}$			
FR-1016	SI01n	18.7181	nap 1/1	x	17.0	x	x	1.000000	18.7181	18.7178	18.7178	0.0000	18.7178			
SI01n	SI01	0.000	nastavek	x	17.0	x	x	1.000000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000			
SI01n	FR-1016	-18.7174	naz 1/1	x	18.5	x	x	1.000000	-18.7174	-18.7178	-18.7178	-0.0400	-18.7178			
lata nista komparirani ↓											FR-1016	Velika Pirešica - SI01	18.6778	18.6778	18.6778	18.6778

### SI03 – Malija (180)

Podatki nivelirani niso podani!

Ocena natančnosti višine nove EUVN točke				
reper	$\sigma_0$	$S$	$\sigma$	opomba
5480	0.60	11.03	± 6.66	reper iz mreže
2920	0.60	1.03	± 0.62	reper iz poligona
SI03	0.60	1.03	± 0.62	reper iz poligona
Malija - SI03	0.60	1.03	± 0.62	$\sigma_{\Delta h}$

### SI04 – Kranjska Gora (KRG0)

Ocena natančnosti niveliranih višinskih razlik													
točka Kranjska gora (SI04)													
OD	DO	Merjene višinske razlike iz niveliranja (nastavek upoštevan)						Odstop. $\delta$	Dovoljeno odstopanje $\Delta$	Sred. viš. razlika $\Delta h'$	Sred. dolžina $S$	Odst. na kvadrat $\delta\delta$	Ocena natan. $\frac{\delta}{S}$
		"naprej"			"nazaj"								
		Datum [d.m.leto]	$S_z$ [km]	$\Delta h'_z$ [m]	Datum [d.m.leto]	$S_z$ [km]	$\Delta h'_z$ [m]						
2742	SI04	1.4.1999	0.711	-14.3075	1.4.1999	0.711	-14.3061	-1.4	$\pm 1.7$	-14.3068	0.711	2.0	2.8
$\sigma_{\Delta h} [\text{mm/km}] = \pm \sqrt{\frac{[\delta\delta/S]}{2n}} = \pm 1.2$													
$\sigma_0 [\text{mm/km}] = \frac{\sigma_{\Delta h}}{\sqrt{2}} = \pm 0.8$													
Standardni odklon kilometra enojnega nivelmana nivelmanske linije													
Standardni odklon kilometra dvojnega nivelmana nivelmanske linije													

Ocena natančnosti višine nove EUVN točke				
reper	$\sigma_0$	$S$	$\sigma$	opomba
MXC08	0.60	40.830	± 24.50	$\sigma_{\Delta h}$
2742	0.60	43.950	± 26.01	$\sigma_{\Delta h}$
SI04	0.60	0.711	± 0.57	$\sigma_{\Delta h}$
Kranjska gora - SI04 - KRG0	0.60	0.711	± 0.57	$\sigma_{\Delta h}$

Temperaturni popravek, popravek srednjega metra late in upoštevanje nastavka											Otometačni popravek					
Od	Do	Datum	lata 1	T <sub>0</sub> 1	T <sub>1</sub>	m <sub>0</sub> 1	$\alpha$ 1	m. late 1	$\Delta h_{sm}$ 1	$\Delta h'_{sm}$	$\Delta h_{sm}$	OP [m]	$\Delta h_{NCP}$			
2742	SI04n	14.2675	nap 1/1	x	x	x	x	1.000000	14.2675	14.2668	14.2668	0.0002	-14.2668			
SI04n	SI04	0.000	nastavek	x	x	x	x	1.000000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000				
SI04n	2742	14.2661	naz 1/1	x	x	x	x	1.000000	14.2661	14.2668	14.2668	-0.0400	-14.2668			
o letih ni podatka, temperatura ni merjena ↓											2742	Kranjska Gora - SI04	-14.3068	-14.3068	-14.3068	-14.3068

### SI05 – Radovljica (475)

Ocena natančnosti niveliranih višinskih razlik															
točka Radovljica (SI05)															
OD	DO	Merjene višinske razlike iz niveliranja						Odstop. $\delta$	$\sqrt{\frac{\delta^2}{n}}$	Dovoljeno odstopanje $\Delta$	Sred. viš. razlika $\Delta h'$	Sred. dolžina $S$	Odst. na kvadrat $\delta\delta$	Ocena natan. $\frac{\delta\delta}{S}$	$\frac{\delta\delta}{S^2}$
		"naprej"			"nazaj"										
		Datum [d.m.leto]	$S_a$ [km]	$\Delta h'_a$ [m]	Datum [d.m.leto]	$S_n$ [km]	$\Delta h'_n$ [m]								
CP486	SI05	0.008	2.269	0.008	-2.268	1	x	$\pm 0.2$	2.269	0.008	1	125	125		
$\sigma_{\Delta h} [\text{mm/km}] = \pm \sqrt{\frac{(\frac{\delta\delta}{S})^2}{2n}} = \pm 0$										$\sigma_0 [\text{mm/km}] = \frac{\sigma_{\Delta h}}{\sqrt{2}} = \pm 0$					
Standardni odklon kilometra enojnega nivelmana nivelmanske linije															
Standardni odklon kilometra dvojnega nivelmana nivelmanske linije															

reper	$c_0$ [mm]	$S$ [km]	$\sigma$ [mm]	opombe
PN 505			± 0.51	nato na poligona
CP 486			± 1.37	nato na poligona
SI05	6.00	0.008	± 0.05	$\sigma_{\Delta h}$
Radovljica - SI05 - 487			± 0.61	$\sigma_0$

### SI06 – Postojna (PSTJ)

Ocena natančnosti niveliranih višinskih razlik															
točka Postojna (SI06)															
OD	DO	Merjene višinske razlike iz niveliranja (nastavek upoštevani)						Odstop. $\delta$	$\sqrt{\frac{\delta^2}{n}}$	Dovoljeno odstopanje $\Delta$	Sred. viš. razlika $\Delta h'$	Sred. dolžina $S$	Odst. na kvadrat $\delta\delta$	Ocena natan. $\frac{\delta\delta}{S}$	$\frac{\delta\delta}{S^2}$
		"naprej"			"nazaj"										
		Datum [d.m.leto]	$S_a$ [km]	$\Delta h'_a$ [m]	Datum [d.m.leto]	$S_n$ [km]	$\Delta h'_n$ [m]								
2779a	R1	apr.99	0.813	28.6577	apr.99	0.813	-28.6547	3.0	x	$\pm 1.8$	28.6562	0.813	9.0	11.1	
R1	R2	apr.99	0.740	57.6489	apr.99	0.740	-57.6483	0.6	x	$\pm 1.7$	57.6486	0.740	0.4	0.5	
R2	SI06	apr.99	0.760	62.5422	apr.99	0.760	-62.5410	1.2	x	$\pm 1.8$	62.5416	0.760	1.4	1.9	
$\sigma_{\Delta h} [\text{mm/km}] = \pm \sqrt{\frac{(\frac{\delta\delta}{S})^2}{2n}} = \pm 1.5$										$\sigma_0 [\text{mm/km}] = \frac{\sigma_{\Delta h}}{\sqrt{2}} = \pm 1.1$					
Standardni odklon kilometra enojnega nivelmana nivelmanske linije															
Standardni odklon kilometra dvojnega nivelmana nivelmanske linije															

reper	$c_0$ [mm]	$S$ [km]	$\sigma$ [mm]	opombe
MC04V			± 1.56	nato na poligona
2779a			± 0.51	nato na poligona
SI06	1.10	2.313	± 2.54	$\sigma_{\Delta h}$
Postojna - SI06 - PSTJ			± 3.01	$\sigma_0$







...nadaljevanje

Ocena natančnosti niveliranih višinskih razlik																
točka Bukovec (SI10)																
OD	DO	Merjene višinske razlike iz niveliranja						Odstop. $\delta$ [mm]	Dovoljeno odstopanje $\Delta$ [mm]	Sred. viš. razlika $\Delta h'$ [m]	Sred. dolžina $S$ [km]	Odst. na kvadrat $\delta\delta$ [mm <sup>2</sup> ]	Ocena natančnosti $\sigma_{\Delta h}$ [mm/km]			
		"naprej"			"nazaj"											
		Datum [d.m.let]	$S_e$ [km]	$\Delta h'_e$ [m]	Datum [d.m.let]	$S_e$ [km]	$\Delta h'_e$ [m]									
B-6	PS0	28.2.2006	0.050	4.5953	28.2.2006	0.050	-4.5951	0.2	± 0.4	4.5952	0.050	0.0	0.8			
PS0	PS1	8.12.2006	0.870	6.2786	28.2.2006	0.870	-6.2794	-0.8	± 1.9	6.2790	0.870	0.6	0.7			
PS1	PS2	7.12.2005	0.823	62.8380	7.12.2005	0.823	-62.8364	1.6	± 1.8	62.8372	0.823	2.6	3.1			
PS2	PS3	1.3.2006	0.975	85.8008	1.3.2006	0.975	-85.7967	-4.1	± 2.0	85.7988	0.975	16.8	17.2			
PS3	SI09	1.3.2006	0.244	-4.9545	1.3.2006	0.244	4.9543	-0.2	± 1.0	-4.9544	0.244	0.0	0.2			
		Σ		2.962	154.5582	Σ		2.962	-154.5533	-4.9	Σ		154.5558	2.962	Σ	22.1
$\sigma_{\Delta h}$ [mm/km] = $\pm \sqrt{\frac{\sum \delta^2}{2n}}$ = ± 1.5 Standardni odklon kilometra enojnega nivelmana nivelmanske linije																
$\sigma_0$ [mm/km] = $\frac{\sigma_{\Delta h}}{\sqrt{2}}$ = ± 1.1 Standardni odklon kilometra dvojnega nivelmana nivelmanske linije																

### SI11 – Lokavec (386)

Ocena natančnosti niveliranih višinskih razlik																
točka Lokavec (SI11)																
OD	DO	Merjene višinske razlike iz niveliranja						Odstop. $\delta$ [mm]	Dovoljeno odstopanje $\Delta$ [mm]	Sred. viš. razlika $\Delta h'$ [m]	Sred. dolžina $S$ [km]	Odst. na kvadrat $\delta\delta$ [mm <sup>2</sup> ]	Ocena natančnosti $\sigma_{\Delta h}$ [mm/km]			
		"naprej"			"nazaj"											
		Datum [d.m.let]	$S_e$ [km]	$\Delta h'_e$ [m]	Datum [d.m.let]	$S_e$ [km]	$\Delta h'_e$ [m]									
AP6	R30	21.10.98	0.593	10.60942	21.10.98	0.594	-10.60887	0.55	± 1.56	10.60915	0.594	0.30	0.51			
R30	R51	22.10.98	1.044	-17.37465	22.10.98	1.044	17.37514	0.49	± 2.09	-17.37490	1.044	0.24	0.23			
R51	R52	22.10.98	0.719	18.51482	22.10.98	0.719	-18.51409	0.73	± 1.72	18.51446	0.719	0.53	0.74			
R52	R53	23.10.98	0.749	28.76560	23.10.98	0.750	-28.76489	0.71	± 1.76	28.76525	0.750	0.50	0.67			
R53	SI11	23.10.98	0.006	-0.10379	23.10.98	0.006	0.10378	-0.01	± 0.15	-0.10379	0.006	0.00	0.02			
		Σ		3.111	40.41140	Σ		3.113	-40.40893	2.47	Σ		40.41017	3.113	Σ	2.17
$\sigma_{\Delta h}$ [mm/km] = $\pm \sqrt{\frac{\sum \delta^2}{2n}}$ = ± 0.47 Standardni odklon kilometra enojnega nivelmana nivelmanske linije																
$\sigma_0$ [mm/km] = $\frac{\sigma_{\Delta h}}{\sqrt{2}}$ = ± 0.33 Standardni odklon kilometra dvojnega nivelmana nivelmanske linije																

Temperaturni popravek, popravek srednjega metra late in upoštevanje nastavka													Ortometrični popravek	
φ <sub>ov</sub> [°]	φ <sub>ov</sub> [°]	Datum	lata 1	T <sub>0</sub> 1	T 1	m <sub>0</sub> 1	α 1	m. late 1	Δh <sub>izm</sub> 1	Δh <sub>pr</sub>	Δh <sub>pr</sub>	OP [m]	Δh <sub>pr</sub> +OP	
h <sub>ov</sub> [m]	h <sub>ov</sub> [m]	S [km]	lata 2	T <sub>0</sub> 2	T 2	m <sub>0</sub> 2	α 2	m. late 2	Δh <sub>izm</sub> 2	Σ(dh <sub>pr</sub> ) <sub>izm</sub>	Σ(dh <sub>pr</sub> ) <sub>izm</sub>	Δh <sub>pr</sub>	Σ(dh <sub>pr</sub> +OP) <sub>izm</sub>	
Opombe: OD → DO → Δh' → Δh enote → [°] [°] [ppm] [ppm/°C] [m] [m] [m]														
46 41 52.00	46 41 58.00	21.10.1998	28647	20.0	12.0	0.00	1.00	0.9999920	10.60934	10.60915	10.60905	-0.00006	10.60900	
AP6	R30	0.593	28647	20.0	12.0	0.00	1.00	0.9999920	10.60934			367.94897		
362.64444	373.25349	10.60942	nap 1/5	20.0	12.0	0.00	1.00	0.9999920	10.60934			6.00		
46 41 58.00	46 41 51.00	22.10.1998	28647	20.0	12.0	0.00	1.00	0.9999920	-17.37451	-17.37490	-17.37472	0.00007	-17.37466	
R30	R51	1.044	28647	20.0	12.0	0.00	1.00	0.9999920	-17.37451			364.58613		
373.25349	355.87877	-17.37465	nap 2/5	20.0	12.0	0.00	1.00	0.9999920	-17.37451			-7.00		
46 41 51.00	46 41 44.00	22.10.1998	28647	20.0	14.0	0.00	1.00	0.9999940	18.51471	18.51446	18.51433	0.00007	18.51440	
R51	R52	0.719	28647	20.0	14.0	0.00	1.00	0.9999940	18.51471			365.13994		
355.87877	374.39311	18.51482	nap 3/5	20.0	14.0	0.00	1.00	0.9999940	18.51471			-7.00		
46 41 44.00	46 41 30.00	23.10.1998	28647	20.0	16.0	0.00	1.00	0.9999960	28.76548	28.76525	28.76507	0.00014	28.76521	
R52	R53	0.749	28647	20.0	16.0	0.00	1.00	0.9999960	28.76548			368.77564		
374.39311	403.15817	28.76560	nap 4/5	20.0	16.0	0.00	1.00	0.9999960	28.76548			-14.00		
46 41 30.00	46 41 30.00	23.10.1998	28647	20.0	15.0	0.00	1.00	0.9999950	-0.10379	-0.10379	-0.10378	0.00000	-0.10378	
R53	SI11	0.006	28647	20.0	15.0	0.00	1.00	0.9999950	-0.10379	40.41017	40.40995	403.10639	40.41016	
403.15817	403.05460	-0.10379	nap 5/5	20.0	15.0	0.00	1.00	0.9999950	-0.10379	40.41140	40.41123	0.00	0.00	
AP6 Lokavec ΣOP = 0.00021														
SI11	R53	0.006	28647	20.0	15.0	0.00	1.00	0.9999950	0.10378	-40.40893	-40.40867			
		0.10378	nap 1/5	20.0	15.0	0.00	1.00	0.9999950	0.10378					
R53	R52	0.750	28647	20.0	11.5	0.00	1.00	0.9999915	-28.76465	0.10378	0.10378			
		-28.76489	nap 2/5	20.0	11.5	0.00	1.00	0.9999915	-28.76465					
R52	R51	0.719	28647	20.0	13.0	0.00	1.00	0.9999930	-18.51396	-28.76525	-28.76507			
		-18.51409	nap 3/5	20.0	13.0	0.00	1.00	0.9999930	-18.51396					
R51	R30	1.044	28647	20.0	8.0	0.00	1.00	0.9999980	17.37493	-18.51446	-18.51433			
		17.37514	nap 4/5	20.0	8.0	0.00	1.00	0.9999980	17.37493	17.37490	17.37472			
R30	AP6	0.594	28647	20.0	11.0	0.00	1.00	0.9999910	-10.60877					
		-10.60887	nap 5/5	20.0	11.0	0.00	1.00	0.9999910	-10.60877	-10.60915	-10.60905			

### SI12 - Most na Soči (MOSO)

Ocena natančnosti niveliranih višinskih razlik														
točka Most na Soči (SI12)														
OD	DO	Merjene višinske razlike iz niveliranja (nastavek upoštevati)						Odstop. $\delta$	Dovoljeno odstopanje $\Delta$	Sred. viš. razlika $\Delta h'$	Sred. dolžina $S$	Odst. na kvadrat $\delta\delta$	Ocena natan. $\frac{\delta\delta}{S}$	
		"naprej"			"nazaj"									
		Datum [d.m.leto]	$S_e$ [km]	$\Delta h'_e$ [m]	Datum [d.m.leto]	$S_e$ [km]	$\Delta h'_e$ [m]							
c113	100	1.2.2006	0.010	-1.63153	1.2.2006	0.010	-1.63148	-0.05	± 0.20	-1.63151	0.010	0.00	0.25	
	100	200	1.2.2006	0.180	11.70820	1.2.2006	0.180	-11.70820	0.00	± 0.85	11.70820	0.180	0.00	0.00
	200	300	1.2.2006	0.210	16.42850	1.2.2006	0.210	-16.42830	0.20	± 0.92	16.42840	0.210	0.04	0.19
	300	400	1.2.2006	0.460	26.73560	1.2.2006	0.460	-26.73470	0.90	± 1.37	26.73515	0.460	0.61	1.76
	400	500	2.2.2006	0.110	-1.97630	2.2.2006	0.110	1.97630	0.00	± 0.66	-1.97630	0.110	0.00	0.00
	500	SI12	2.2.2006	0.340	-2.13460	2.2.2006	0.340	-2.13430	0.30	± 1.17	2.13445	0.340	0.09	0.26
		Σ		1.310	53.39907	Σ	1.310	-53.39772	1.35	± 2.35	53.39840	1.310	Σ	2.47
$\sigma_{\Delta h} [\text{mm/km}] = \pm \sqrt{\frac{[\delta\delta/S]}{2n}} = \pm 0.45$														
$\sigma_{\Delta} [\text{mm/km}] = \frac{\sigma_{\Delta h}}{\sqrt{2}} = \pm 0.32$														
Standardni odklon kilometra enojnega nivelmana nivelmanske linije						Standardni odklon kilometra drojnega nivelmana nivelmanske linije								

Ocena natančnosti višine nove EUVN točke				
vrsta	$\sigma_{\Delta h}$ [mm]	$\sigma_S$ [km]	$\sigma_{\Delta}$ [mm]	opomba
MCCLV	± 1.56			nato iz poligona
C-113	± 0.72			nato iz poligona
SI12	± 0.42	1.310		$\sigma_{\Delta h}$
Most na Soči - SI12 - MOSO	± 1.77			$\sigma_{\Delta}$

Temperaturni popravek, popravek srednjega metra late in upoštevane nastavke												Ortometrični popravek	
Od	Do	Datum	lata 1	T <sub>0</sub> 1	T 1	m <sub>0</sub> 1	α 1	m. late 1	Δh <sub>izm</sub> 1	Δh <sub>pr</sub>	Δh <sub>sc</sub>	OP [m]	Δh <sub>sc</sub> + OP
Δh <sub>izm</sub> [m]	Δh <sub>sc</sub> [m]	S [km]	lata 2	T <sub>0</sub> 2	T 2	m <sub>0</sub> 2	α 2	m. late 2	Δh <sub>izm</sub> 2	Σ(Δh <sub>pr</sub> ) <sub>izm</sub>	Σ(Δh <sub>sc</sub> ) <sub>izm</sub>	ΔH <sub>pr</sub>	Σ(Δh <sub>pr</sub> + OP) <sub>izm</sub>
Opombe													
Od	Do	Datum	lata 1	T <sub>0</sub> 1	T 1	m <sub>0</sub> 1	α 1	m. late 1	Δh <sub>izm</sub> 1	Σ(Δh <sub>pr</sub> ) <sub>izm</sub>	Σ(Δh <sub>sc</sub> ) <sub>izm</sub>	ΔH <sub>pr</sub>	Δh <sub>sc</sub>
		erote		[°C]	[ppm/°C]	[ppm/°C]	[ppm/°C]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
46 08 44.70		01.02.2006	26903	20.0	11.0	5.21	0.70	0.9999989	-1.63153	-1.63151	-1.63150		
C113	100	0.010	26905	20.0	11.0	6.08	0.70	0.9999998	-1.63153				
166.8828	165.2513	-1.63153	nap 1/6	20.0	11.0	5.65	0.70	0.9999993	-1.63153				
100	200	01.02.2006	26903	20.0	11.0	5.21	0.70	0.9999989	11.70819	11.70820	11.70819		
	200	0.180	26905	20.0	11.0	6.08	0.70	0.9999998	11.70820				
165.2513	176.9595	11.70820	nap 2/6	20.0	11.0	5.65	0.70	0.9999993	11.70819				
200	300	01.02.2006	26903	20.0	11.0	5.21	0.70	0.9999989	16.42848	16.42848	16.42848		
	300	0.210	26905	20.0	11.0	6.08	0.70	0.9999998	16.42850				
176.9595	193.3879	16.42850	nap 3/6	20.0	11.0	5.65	0.70	0.9999993	16.42849				
300	400	01.02.2006	26903	20.0	11.0	5.21	0.70	0.9999989	26.73557	26.73515	26.73511		
	400	0.460	26905	20.0	11.0	6.08	0.70	0.9999998	26.73559				
193.3879	220.1230	26.73560	nap 4/6	20.0	11.0	5.65	0.70	0.9999993	26.73558				
400	500	02.02.2006	26903	20.0	10.0	5.21	0.70	0.9999982	-1.97630	-1.97630	-1.97630		
	500	0.110	26905	20.0	10.0	6.08	0.70	0.9999991	-1.97630				
220.1230	218.1467	-1.97630	nap 5/6	20.0	10.0	5.65	0.70	0.9999986	-1.97630				
500	46 09 05.20	02.02.2006	26903	20.0	7.0	5.21	0.70	0.9999961	2.17459	2.17444	2.17444		
	SI12n	0.340	26905	20.0	7.0	6.08	0.70	0.9999970	2.17459				
218.1467	220.3211	2.17460	nap 6/6	20.0	7.0	5.65	0.70	0.9999965	2.17459	53.43840	53.43832		53.43822
46 09 05.20	46 09 05.20	02.02.2006								-0.04000	-0.04000		-0.04000
	SI12n	0.000								53.39840	53.39832		53.39822
220.3211	220.2810	-0.04000	nastavek							53.39907	53.39903		53.39822
C113 Most na Soči										53.39840	53.39832	53.39829	53.39822
SI12	SI12n	02.02.2006								-53.39772	-53.39761		
		0.000								-53.39840	-53.39832		
		0.04000	nastavek							0.04000	0.04000		
		02.02.2006	26903	20.0	3.0	5.21	0.70	0.9999933	-2.17429	-53.43840	-53.43832		
SI12n	300	0.340	26905	20.0	3.0	6.08	0.70	0.9999942	-2.17429				
		-2.17430	naz 1/6	20.0	3.0	5.65	0.70	0.9999937	-2.17429	-2.17445	-2.17444		
300	400	02.02.2006	26903	20.0	10.0	5.21	0.70	0.9999982	1.97630				
		0.110	26905	20.0	10.0	6.08	0.70	0.9999991	1.97630				
		1.97630	naz 2/6	20.0	10.0	5.65	0.70	0.9999986	1.97630	1.97630	1.97630		
400	300	02.02.2006	26903	20.0	9.0	5.21	0.70	0.9999975	-26.73463				
		0.460	26905	20.0	9.0	6.08	0.70	0.9999984	-26.73466				
		-26.73470	naz 3/6	20.0	9.0	5.65	0.70	0.9999979	-26.73465	-26.73515	-26.73511		
300	200	02.02.2006	26903	20.0	9.0	5.21	0.70	0.9999975	-16.42826				
		0.210	26905	20.0	9.0	6.08	0.70	0.9999984	-16.42827				
		-16.42830	naz 4/6	20.0	9.0	5.65	0.70	0.9999979	-16.42827	-16.42840	-16.42838		
200	100	01.02.2006	26903	20.0	10.0	5.21	0.70	0.9999982	-11.70818				
		0.180	26905	20.0	10.0	6.08	0.70	0.9999991	-11.70819				
		-11.70820	naz 5/6	20.0	10.0	5.65	0.70	0.9999986	-11.70818	-11.70820	-11.70819		
100	C113	01.02.2006	26903	20.0	11.0	5.21	0.70	0.9999989	1.63148				
		0.010	26905	20.0	11.0	6.08	0.70	0.9999998	1.63148	1.63151	1.63150		
		1.63148	naz 6/6	20.0	11.0	5.65	0.70	0.9999993	1.63148				

$$\Delta h = \Delta h' \cdot [1 + (m_0 + \alpha(T - T_0)) \cdot 10^{-6}]$$

$$NOP = -0.000025685 \cdot \Delta \varphi \cdot H_w$$

$$H_w = (H_w + H_w) / 2$$

$$\Delta \varphi = \varphi_{D_0} - \varphi_{D_1}$$

### SI13 - Štanjel (STAN)

Podatki niveliranja niso podani.

Ocena natančnosti višine nove EUVN točke				
vrsta	$\sigma_{\Delta h}$ [mm]	$\sigma_S$ [km]	$\sigma_{\Delta}$ [mm]	opomba
MCCLV	± 1.56			nato iz poligona
CP-877	± 2.34			nato iz poligona
SI13	± 0.33	1.31		nato iz poligona (za vrsto 2-224222)
Štanjel - SI13 - STAN	± 1.78			$\sigma_{\Delta}$

**PRILOGA C: Izračun absolutnih težnostnih pospeškov.**

**C1/3: Izračun absolutnih težnostnih pospeškov v dipl. nalogi © Klemen Medved, 2001:**

**25. 05. 2000 dan meritev, točke:** 200 (Bog-As), 201 (Bog-B), 2753, 303 (CP-303), 21 (21/IV-48 (11-1)), 456 (CP-456), 1016 (FR-1016), **GPS VP (SI01)**.

Bog-As → Bog-B → 2753 → CP-303 → 21 → CP-456 → FR-1016 → GPS VP → 2753 → CP-456 → Bog-As → Bog-B.

Na točkah: Bog-As, Bog-B, 2753, CP-456, smo meritve izvedli dvakrat in te točke so nam služile kot referenčne točke pri določitvi funkcije hoda. Funkcijo hoda smo določili na numerični način z izravnavo po metodi najmanjših kvadratov:

Izračun funkcije hoda za 25.5.2000

	točka	odčitek	Čas
Bog-As	1	4273017,7	7:40
		4272878,3	15:19
Bog-B	2	4272321,2	7:50
		4272175,2	15:27
2753	3	4319810,1	9:35
		4319733,7	11:52
CP-456	4	4323983,1	10:24
		4323883,1	13:47

Linija	delta G	t1	T2	delta t	2 delta t	3 delta t
1	-139,5	0	7,65	7,65	58,5225	447,6971
2	-146,0	0,175	7,791667	7,616667	60,67944444	473,0273
3	-76,4	1,91666667	4,208333	2,291667	14,03645833	67,48879
4	-100,0	2,73333333	6,116667	3,383333	29,9425	208,4256

KUBIČNA

f	A	AT					
-139,5	7,65	58,5225	447,6971	7,65	7,616666667	2,291667	3,383333
-146,0	7,616667	60,6794444	473,0273	58,5225	60,67944444	14,03646	29,9425
-76,4	2,291667	14,0364583	67,48879	447,6971	473,027265	67,48879	208,4256
-100,0	3,383333	29,9425	208,4256				

AT A	N	N-1			
133,2348	1043,345	7887,60893	2,403782	-0,415282489	0,014455
1043,345	8200,453	62091,4723	-0,41528	0,099905686	-0,0062
7887,609	62091,47	472183,456	0,014455	-0,006200355	0,000576

AT*f	N
-2692,31	
-21087,3	
-157495	

N-1*n	A	Koeficienti polinoma tretje stopnje: D1, D2 in D3		
8,855047	D1			
-12,143	D2			
1,115324	D3			

Preglednica: Relativni težnostni pospeški in njihovi popravki:

Bogenšperk-Vel.Pirešica				obitek		višina				vertikalni			popravek		st.		končna vrednost	
datum 25.5.2000																		
točka	opis	G1	G2	t1	t2	cas	ta	reper	senzor	gradient	popravek	vrednost	hoda	pol.	cas	relativnega g		
				(mGal)		h	(m)	(m)	dh(m)	(mGal/m)	(mGal)	mikroGal	(mikroGal)		(ura)	(mikroGal)		
1	Bog-As	4272,945	4272,942	4272,944	7:38	7:42	7:40	0,475	0,475	0,255	0,2910	0,074	4273017,7	0,000	3	0,0	4273017,7	Bogenšperk/Wet
1	Bog-As	4272,809	4272,802	4272,806	15:18	15:20	15:19	0,47	0,47	0,25	0,2910	0,073	4272878,3	-143,571	3	7,7	4273021,8	Bogenšperk/Wet
2	Bog-B	4272,246	4272,242	4272,244	7:49	7:52	7:50	0,47	0,47	0,25	0,3086	0,077	4272321,2	1,184	3	0,2	4272320,0	Bogenšperk/dvorišče
2	Bog-B	4272,102	4272,094	4272,098	15:27	15:28	15:27	0,47	0,47	0,25	0,3086	0,077	4272175,2	-140,623	3	7,8	4272315,8	Bogenšperk/dvorišče
3	2753	4320,079	4320,072	4320,076	9:35	9:35	9:35	0,46	-0,64	-0,86	0,3086	-0,265	4319810,1	-19,783	3	1,9	4319829,9	2753
3	2753	4320,003	4319,999	4319,996	11:51	11:54	11:52	0,46	-0,63	-0,65	0,3086	-0,262	4319733,7	-94,664	3	4,2	4319828,4	2753
4	CP-303	4320,989	4320,978	4320,984	9:54	9:56	9:55	0,47	-0,96	-1,15	0,3086	-0,355	4320628,6	-28,846	3	2,3	4320657,5	CP-303
5	21	4319,516	4319,505	4319,511	10:11	10:13	10:12	0,47	0,28	0,06	0,3086	0,019	4319523,0	-37,365	3	2,5	4319566,4	21
6	CP-456	4324,213	4324,21	4324,212	10:23	10:25	10:24	0,62	-0,62	-0,74	0,3086	-0,228	4323983,1	-43,742	3	2,7	4324026,9	CP-456
6	CP-456	4324,112	4324,111	4324,112	13:46	13:48	13:47	0,62	-0,62	-0,74	0,3086	-0,228	4323983,1	-144,913	3	6,1	4324028,0	CP-456
7	FR-1016	4324,635	4324,623	4324,629	10:48	10:50	10:49	???	0,47	0,25	0,3086	0,077	4324703,2	-57,735	3	3,2	4324763,9	FR-1016
8	GPS-VP	4321,097	4321,102	4321,100	11:24	11:27	11:25	0,49	0,49	0,27	0,3086	0,083	4321182,8	-79,032	3	3,8	4321261,9	GPS-Vel.Pirešica

HCD  
 kubna funkcija  
 D1 D2 D3  
 8,8550 -12,1430 1,1153

Preglednica: Izračun absolutnih težnostnih pospeškov:

datum	st. pol.	točka	relativni g-vrednost R'	g -končna vrednost (10 <sup>-8</sup> ms <sup>-2</sup> )	ime točke
20000525		Bog-As	4273020	<b>980593547</b>	Bogenšperk , abs.-stranska
20000525	3	Bog-B	4272318	<b>980592845</b>	Bogenšperk, dvorišče
20000525	3	2753	4319829	<b>980640356</b>	Petrovče
20000525	3	CP-303	4320657	<b>980641185</b>	Arja vas
20000525	3	21	4319566	<b>980640094</b>	Arja vas, gostilna
20000525	3	CP-456	4324027	<b>980644555</b>	Arja vas, šola
20000525	3	FR-1016	4324764	<b>980645291</b>	Velika Pirešica
20000525	3	GPS-VP	4321262	<b>980641789</b>	GPS-Velika Pirešica

↗ **C2/3: Izračun absolutnih težnostnih pospeškov v programu GRAVAP © Dr. T. Schüler:**

**01. 01. 2006 dan meritev, točke: 2, 100, 101, 5486, 3926 (3926/20), 180 (SI03).**

---

Session: Mareograf 3. dan

Gravimeter: CG-3M No. 10341

---

**List of Unknown Parameters**

Gravity meter's absolute offset: 1

Gravity meter's scaling factor: not estimated

Compensation of gravimeter drift: polynomial of order 1

Network stations to be adjusted: 6

Number	Station ID
1	2
2	100
3	101
4	5486
5	3926
6	180

---

**List of Observations**

Absolute gravity values: 1

Station ID	g [ $\mu\text{m/s}^2$ ]	$\sigma_g$ [ $\mu\text{m/s}^2$ ]
100	9805585.07	0.10

Relative gravity measurements: 11

Station ID	g [ $\mu\text{m/s}^2$ ]	$\sigma_g$ [ $\mu\text{m/s}^2$ ]	$\delta g_{\text{Corr}}$ [ $\mu\text{m/s}^2$ ]	Time [h]
2	45340.52	0.12	0.00	6.96

se nadaljuje...

...nadaljevanje

100	44770.70	0.12	0.00	8.05
101	44830.27	0.12	0.00	8.39
5486	45754.17	0.12	0.00	8.91
3926	45779.37	0.13	0.00	9.32
180	45222.92	0.12	0.00	9.84
3926	45779.39	0.26	0.00	10.27
5486	45754.17	0.12	0.00	10.67
101	44830.51	0.12	0.00	11.18
100	44770.57	0.12	0.00	11.60
2	45341.21	0.12	0.00	12.86

---

## Results of Adjustment

Number of iterations: 2  
Number of observations: 12  
Number of parameters: 8  
Degrees of freedom: 4

*Standard deviation of weight unit:*

Standard deviation à priori: 0.13  $\mu\text{m/s}^2$   
Standard deviation à posteriori: 0.19  $\mu\text{m/s}^2$   
lowest level of confidence interval: 0.11  $\mu\text{m/s}^2$   
highest level of confidence interval: 0.54  $\mu\text{m/s}^2$

---

## Adjusted Parameters

Absolute offset:  $\Delta g = 9760814.65 \pm 0.21 \mu\text{m/s}^2$   
Drift compensation:  $d_1 = -0.0725 \pm 0.0321 \mu\text{m/s}^2/\text{h}$

: Parameter is not considered to be significant.

### Adjusted points:

Station ID	g [ $\mu\text{m/s}^2$ ]	$\sigma_g$ [ $\mu\text{m/s}^2$ ]	Diagram
2	9806155.30	0.23	
100	9805585.07	0.14	
101	9805644.84	0.23	
5486	9806568.62	0.23	
3926	9806593.84	0.26	
180	9806037.36	0.26	

### Adjusted Observations

Number	$L_{\text{adjusted}} \pm \sigma_L$ [ $\mu\text{m/s}^2$ ]	v [ $\mu\text{m/s}^2$ ]	r		$\nabla_{\text{Obs}} \pm \sigma_{\nabla}$ [ $\mu\text{m/s}^2$ ]	
1	9805585.07 $\pm$ 0.14	0.00	0.00	↓	0.00 $\pm$ 99.99	■
2	45340.65 $\pm$ 0.16	0.13	0.20	↓	-0.64 $\pm$ 0.27	■
3	44770.50 $\pm$ 0.14	-0.20	0.39	○	0.50 $\pm$ 0.19	■
4	44830.29 $\pm$ 0.13	0.02	0.43	○	-0.04 $\pm$ 0.18	■
5	45754.11 $\pm$ 0.13	-0.06	0.47	○	0.14 $\pm$ 0.17	■
6	45779.36 $\pm$ 0.17	-0.01	0.20	↓	0.05 $\pm$ 0.29	■
7	45222.92 $\pm$ 0.17	-0.00	0.00	↓	0.00 $\pm$ 99.99	■
8	45779.43 $\pm$ 0.17	0.04	0.79	↑	-0.05 $\pm$ 0.29	■
9	45754.24 $\pm$ 0.13	0.06	0.47	○	-0.14 $\pm$ 0.17	■
10	44830.49 $\pm$ 0.13	-0.02	0.43	○	0.04 $\pm$ 0.18	■
11	44770.76 $\pm$ 0.14	0.20	0.39	○	-0.50 $\pm$ 0.19	■
12	45341.08 $\pm$ 0.16	-0.13	0.20	↓	0.64 $\pm$ 0.27	■

(L: observation;  $\sigma$ : standard deviation; v: residual; r: redundancy;  $\nabla$ : outlier)

- ↓ observation is poorly controlled; redundancy is below 0.25
- ↑ observation is well-controlled; redundancy is above 0.75
- observation is moderately controlled; redundancy is between 0.25 and 0.75
- no blunder seems to be linked to this observation
- this observation has been identified as an outlier



↗ **C3/3: Izračun absolutnih težnostnih pospeškov v programu Matlab ©  
Medved&Urek:**

**28. 07. 2005 dan meritev, točke: 2, 1000, 1001, 1074, 1080, 1083, 1093 (MXCIII), 2706, 2870.**

↗ **Hod instrumenta:**

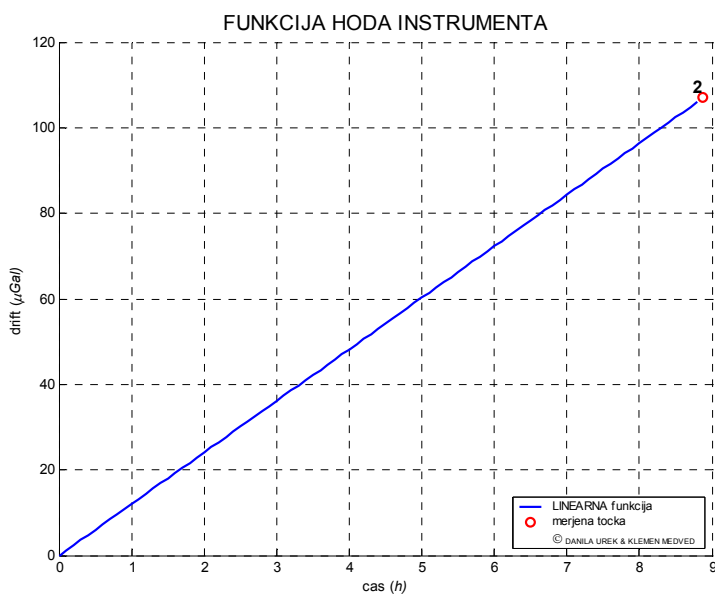
IZRACUN HODA INŠTRUMENTA

MERITVE, KI SO UPORABLJENE ZA IZRACUN HODA INŠTRUMENTA:

TOCKA	GRAV. (mikroGal)	GRAV.POV. (mikroGal)	CAS (h:m:s)	CAS POV. (h:m:s)
2	4514889.0		08:05:01	
2	4514884.0		08:06:39	
2	4514882.0		08:08:17	
2	4514887.0		08:09:51	
2	4514883.0	4514885.0	08:11:27	08:08:15
2	4514996.0		16:57:09	
2	4514999.0		16:58:49	
2	4514989.0		17:00:29	
2	4514993.0		17:02:06	
2	4514983.0	4514992.0	17:06:14	17:00:57

Koeficienti funkcije hoda in njihove ocene natančnosti:  
LINEARNA funkcija:  $A = 12.051661$   
standardni odklon =  $\pm 0.000000$  mikroGal

..... 16:36:54 28.09.2005 .....  
..... PROGRAM IZDELALA KLEMEN MEDVED & DANILA UREK .....



Grafikon: Funkcija dnevnega hoda instrumenta za dan 28.07.2005.

↗ Izračun težnostnih pospeškov:

Uporabljena je funkcija 1. stopnje, t.j. linearna funkcija hoda.

IZRACUN TEŽNOSTNIH POSPEŠKOV

1. tabela - MERITVE in POPRAVKI:

TOCKA	GRAV. (mikroGal)	GRAV.POV. (mikroGal)	CAS (h:m:s)	CAS POV. (h:m:s)	PPZ (mikroGal)	PZT (mikroGal)	PD (mikroGal)	GRAV.POP. (mikroGal)
2	4514889.0		08:05:01					
2	4514884.0		08:06:39					
2	4514882.0		08:08:17					
2	4514887.0		08:09:51					
2	4514883.0	4514885.0	08:11:27	08:08:15	78.0	0.9	0.0	4514963.9
1080	4464337.0		09:11:09					
1080	4464323.0		09:13:34					
1080	4464323.0	4464327.7	09:15:11	09:13:18	-403.0	1.1	13.1	4463912.7
1074	4457381.0		09:32:03					
1074	4457383.0		09:33:56					
1074	4457372.0	4457378.7	09:35:27	09:33:49	-409.5	1.1	17.2	4456953.1
2706	4431587.0		10:03:27					
2706	4431583.0		10:05:00					
2706	4431575.0	4431581.7	10:06:47	10:05:05	-358.3	1.3	23.5	4431201.2
1093	4408009.0		10:25:23					
1093	4407999.0		10:27:37					
1093	4407998.0	4408002.0	10:29:30	10:27:30	-373.7	1.5	28.0	4407601.8
1083	4406863.0		10:39:31					
1083	4406865.0		10:41:20					
1083	4406863.0	4406863.7	10:42:48	10:41:13	-375.3	1.5	30.7	4406459.2
1000	4445234.0		12:04:46					
1000	4445243.0		12:06:42					
1000	4445239.0		12:08:12					
1000	4445238.0		12:09:44					
1000	4445236.0	4445238.0	12:11:18	12:08:08	109.6	1.0	48.2	4445300.4
1001	4445189.0		12:23:33					
1001	4445189.0		12:25:20					
1001	4445181.0	4445186.3	12:26:58	12:25:17	73.1	1.0	51.6	4445208.8
2870	4517590.0		14:55:02					
2870	4517578.0		14:56:41					
2870	4517578.0	4517582.0	14:58:16	14:56:40	-410.1	0.4	82.0	4517090.2
2	4514996.0		16:57:09					
2	4514999.0		16:58:49					
2	4514989.0		17:00:29					
2	4514993.0		17:02:06					
2	4514983.0	4514992.0	17:06:14	17:00:57	78.1	0.3	107.0	4514963.3

2. tabela - IZRACUN RELATIVNIH in ABSOLUTNIH VREDNOSTI g:

TOCKA	GRAV.POP.POV. (mikroGal)	GRAV.REL. (mikroGal)	GRAV.ABS. (mikroGal)	TOCKA
2	4514963.6	69663.2	980615571.2	2
1000	4445300.4	0.0	980545908.0	1000
1001	4445208.8	-91.5	980545816.5	1001
1074	4456953.1	11652.7	980557560.7	1074
1080	4463912.7	18612.3	980564520.3	1080

se nadaljuje...

...nadaljevanje

```
.....  
1083      4406459.2      -38841.2      980507066.8      1083  
.....  
1093      4407601.8      -37698.6      980508209.4      1093  
.....  
2706      4431201.2      -14099.1      980531808.9      2706  
.....  
2870      4517090.2           71789.9      980617697.9      2870  
.....  
..... 16:37:31  28.09.2005 .....  
..... PROGRAM IZDELALA DANILA UREK .....
```

**04. 08. 2005 dan meritev, točke: 2, 300, 1004, 1017 (MXVII), 1061, 1078, 2753.**

↗ Hod instrumenta:

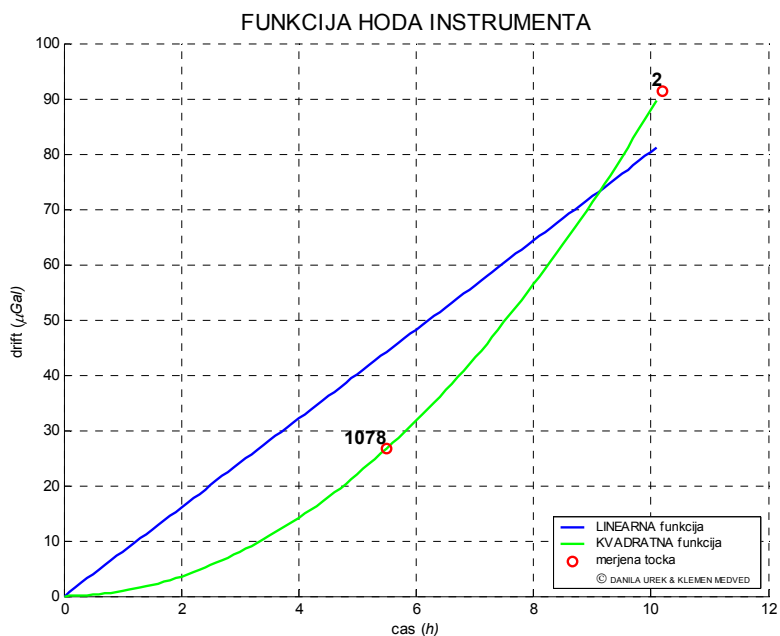
IZRACUN HODA INŠTRUMENTA

MERITVE, KI SO UPORABLJENE ZA IZRACUN HODA INŠTRUMENTA:

TOCKA	GRAV. (mikroGal)	GRAV.POV. (mikroGal)	CAS (h:m:s)	CAS POV. (h:m:s)
2	4515367.0		07:49:15	
2	4515367.0		07:50:57	
2	4515365.0		07:52:36	
2	4515364.0		07:54:10	
2	4515367.0	4515366.0	07:55:48	07:52:33
1078	4545349.0		10:23:13	
1078	4545340.0		10:24:59	
1078	4545340.0	4545343.0	10:26:33	10:24:55
1078	4545376.0		15:52:53	
1078	4545368.0		15:54:34	
1078	4545365.0	4545369.7	15:56:08	15:54:32
2	4515464.0		18:00:51	
2	4515460.0		18:02:36	
2	4515452.0		18:04:04	
2	4515456.0		18:05:38	
2	4515455.0	4515457.4	18:07:07	18:04:03

-----  
Koeficienti funkcije hoda in njihove ocene natančnosti:  
LINEARNA funkcija: A = 8.041937  
standardni odklon = +/- 19.057320 mikroGal  
KVADRATNA funkcija: A = 0.043838, B = 0.875644  
standardni odklon = +/- 0.000000 mikroGal

..... 16:53:46 28.09.2005 .....  
..... PROGRAM IZDELALA KLEMEN MEDVED & DANILA UREK .....



Grafikon: Funkcija dnevnega hoda instrumenta za dan 04.08.2005.

↗ Izračun težnostnih pospeškov:

Uporabljena je funkcija 2. stopnje, t.j. kvadratna funkcija.

IZRACUN TEŽNOSTNIH POSPEŠKOV

1. tabela - MERITVE in POPRAVKI:

TOCKA	GRAV. (mikroGal)	GRAV. POV. (mikroGal)	CAS (h:m:s)	CAS POV. (h:m:s)	PPZ (mikroGal)	PZT (mikroGal)	PD (mikroGal)	GRAV. POP. (mikroGal)
2	4515367.0		07:49:15					
2	4515367.0		07:50:57					
2	4515365.0		07:52:36					
2	4515364.0		07:54:10					
2	4515367.0	4515366.0	07:55:48	07:52:33	78.4	0.5	0.0	4515444.9
1078	4545349.0		10:23:13					
1078	4545340.0		10:24:59					
1078	4545340.0	4545343.0	10:26:33	10:24:55	-339.2	0.7	5.8	4544998.7
300	4540800.0		12:09:05					
300	4540801.0		12:10:48					
300	4540794.0		12:12:38					
300	4540796.0		12:14:14					
300	4540794.0	4540797.0	12:15:54	12:12:32	77.8	0.6	16.6	4540858.7
1061	4564882.0		12:47:48					
1061	4564879.0		12:49:31					
1061	4564874.0	4564878.3	12:51:25	12:49:35	-374.0	0.6	21.7	4564483.2
1017	4564003.0		13:06:21					
1017	4563995.0		13:08:22					
1017	4563990.0	4563996.0	13:09:53	13:08:12	-332.1	0.6	24.5	4563640.1
1004	4550661.0		13:34:56					
1004	4550659.0		13:37:04					
1004	4550653.0	4550657.7	13:38:32	13:36:51	-277.1	0.6	29.1	4550352.0

se nadaljuje...

...nadaljevanje

1078	4545376.0									15:52:53
1078	4545368.0									15:54:34
1078	4545365.0	4545369.7		15:56:08	15:54:32	-338.2	0.6	56.9	4544975.2	
2753	4540507.0									16:47:08
2753	4540501.0									16:48:43
2753	4540498.0	4540502.0		16:50:14	16:48:42	-266.6	0.6	70.3	4540165.6	
2	4515464.0									18:00:51
2	4515460.0									18:02:36
2	4515452.0									18:04:04
2	4515456.0									18:05:38
2	4515455.0	4515457.4		18:07:07	18:04:03	78.2	0.6	91.4	4515444.8	

2. tabela - IZRACUN RELATIVNIH in ABSOLUTNIH VREDNOSTI g:

TOCKA	GRAV.POP.POV. (mikroGal)	GRAV.REL. (mikroGal)	GRAV.ABS. (mikroGal)	TOCKA
2	4515444.9	-25413.9	980615586.5	2
300	4540858.7	0.0	980641000.4	300
1004	4550352.0	9493.3	980650493.7	1004
1017	4563640.1	22781.3	980663781.7	1017
1061	4564483.2	23624.5	980664624.9	1061
1078	4544986.9	4128.2	980645128.6	1078
2753	4540165.6	-693.1	980640307.3	2753
	16:54:02	28.09.2005		
	PROGRAM IZDELALA DANILA UREK			

**10. 08. 2005 dan meritev, točke: 2, 400, 401, 2753.**

↗ Hod instrumenta:

IZRACUN HODA INŠTRUMENTA

MERITVE, KI SO UPORABLJENE ZA IZRACUN HODA INŠTRUMENTA:

TOCKA	GRAV. (mikroGal)	GRAV.POV. (mikroGal)	CAS (h:m:s)	CAS POV. (h:m:s)
2	4515607.0		08:48:53	
2	4515610.0		08:50:40	
2	4515612.0		08:52:13	
2	4515609.0		08:54:56	
2	4515602.0	4515608.0	08:56:28	08:52:38
400	4383906.0		11:48:34	
400	4383910.0		11:50:10	
400	4383906.0		11:51:44	
400	4383906.0		11:53:13	
400	4383909.0	4383907.4	11:54:46	11:51:41
401	4383949.0		12:16:16	
401	4383952.0		12:17:51	
401	4383946.0		12:19:22	
401	4383945.0		12:21:13	
401	4383943.0	4383947.0	12:22:46	12:19:30
400	4383890.0		12:29:40	
400	4383892.0		12:31:13	
400	4383891.0	4383891.0	12:32:42	12:31:12

se nadaljuje...

...nadaljevanje

```

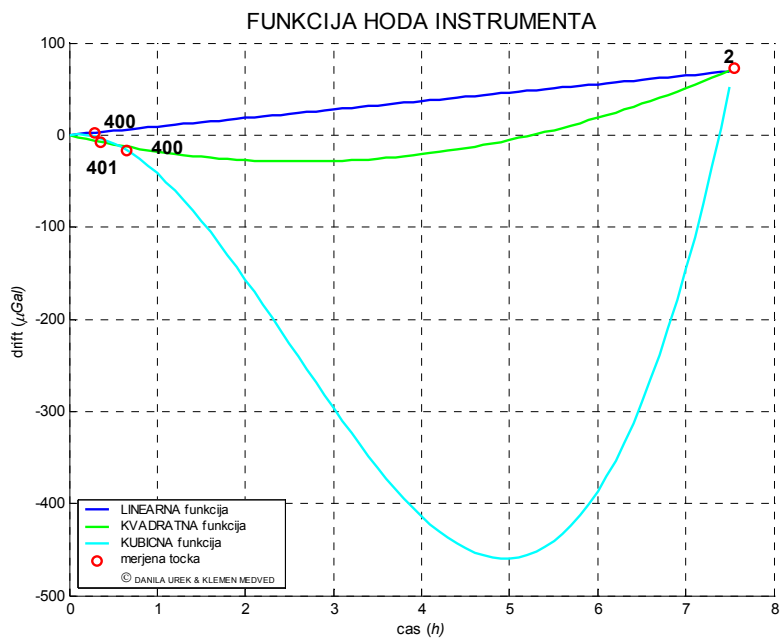
.....
401      4383941.0      12:39:08
401      4383941.0      12:40:42
401      4383937.0      4383939.7      12:42:15      12:40:42
.....
400      4383897.0      12:46:44
400      4383894.0      12:48:18
400      4383889.0      4383893.3      12:50:08      12:48:23
.....
2        4515683.0      16:21:56
2        4515681.0      16:23:47
2        4515679.0      16:25:19
2        4515679.0      16:26:50
2        4515678.0      4515680.0      16:28:30      16:25:16
.....
    
```

```

-----
Koeficienti funkcije hoda in njihove ocene natančnosti:
LINEARNA funkcija: A = 9.216772
                    standardni odklon = +/- 11.321069 mikroGal
KVADRATNA funkcija: A = -21.965135, B = 4.176421
                    standardni odklon = +/- 5.090129 mikroGal
KUBICNA funkcija:  A = 10.943628, B = -60.654686, C = 8.015530
                    standardni odklon = +/- 3.260014 mikroGal
    
```

```

..... 11:46:53 10.10.2005 .....
..... PROGRAM IZDELALA KLEMEN MEDVED & DANILA UREK .....
    
```



Grafikon: Funkcija dnevnega hoda instrumenta za dan 10.08.2005.

↗ Izračun težnostnih pospeškov:

Uporabljena je funkcija 1. stopnje, t.j. linearna funkcija hoda.

IZRACUN TEŽNOSTNIH POSPEŠKOV

1. tabela - MERITVE in POPRAVKI:

TOCKA	GRAV. (mikroGal)	GRAV.POV. (mikroGal)	CAS (h:m:s)	CAS POV. (h:m:s)	PPZ (mikroGal)	PZT (mikroGal)	PD (mikroGal)	GRAV.POP. (mikroGal)
2	4515607.0		08:48:53					
2	4515610.0		08:50:40					
2	4515612.0		08:52:13					
2	4515609.0		08:54:56					
2	4515602.0	4515608.0	08:56:28	08:52:38	78.0	0.5	0.0	4515686.5
2753	4540694.0		10:19:51					
2753	4540681.0		10:21:35					
2753	4540679.0		10:23:07					
2753	4540681.0		10:25:02					
2753	4540681.0	4540683.2	10:26:32	10:23:13	-266.9	-0.3	13.9	4540402.1
400	4383906.0		11:48:34					
400	4383910.0		11:50:10					
400	4383906.0		11:51:44					
400	4383906.0		11:53:13					
400	4383909.0	4383907.4	11:54:46	11:51:41	77.1	0.4	27.5	4383957.4
401	4383949.0		12:16:16					
401	4383952.0		12:17:51					
401	4383946.0		12:19:22					
401	4383945.0		12:21:13					
401	4383943.0	4383947.0	12:22:46	12:19:30	145.4	0.4	31.8	4384060.9
400	4383890.0		12:29:40					
400	4383892.0		12:31:13					
400	4383891.0	4383891.0	12:32:42	12:31:12	77.5	0.3	33.6	4383935.2
401	4383941.0		12:39:08					
401	4383941.0		12:40:42					
401	4383937.0	4383939.7	12:42:15	12:40:42	148.7	0.4	35.0	4384053.7
400	4383897.0		12:46:44					
400	4383894.0		12:48:18					
400	4383889.0	4383893.3	12:50:08	12:48:23	76.8	0.3	36.2	4383934.3
2	4515683.0		16:21:56					
2	4515681.0		16:23:47					
2	4515679.0		16:25:19					
2	4515679.0		16:26:50					
2	4515678.0	4515680.0	16:28:30	16:25:16	87.0	-0.6	69.5	4515696.9

2. tabela - IZRACUN RELATIVNIH in ABSOLUTNIH VREDNOSTI g:

TOCKA	GRAV.POP.POV. (mikroGal)	GRAV.REL. (mikroGal)	GRAV.ABS. (mikroGal)	TOCKA
2	4515691.7	131749.4	980615448.5	2
400	4383942.3	0.0	980483699.1	400
401	4384057.3	115.0	980483814.1	401
2753	4540402.1	156459.8	980640158.9	2753
	11:44:45	10.10.2005		
	PROGRAM IZDELALA DANILA UREK			

**18.11.2005 dan meritev, točke: 219 (SI10), 400, 517.**

↗ Hod instrumenta:

IZRACUN HODA INŠTRUMENTA  
-----

MERITVE, KI SO UPORABLJENE ZA IZRACUN HODA INŠTRUMENTA:

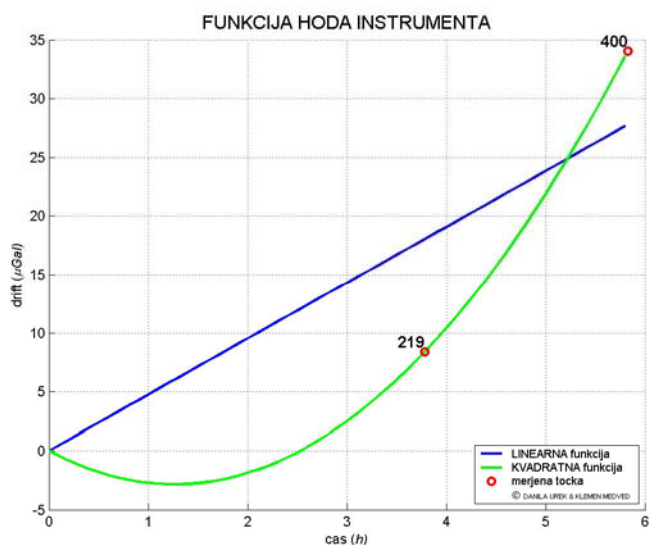
TOCKA	GRAV. (mikroGal)	GRAV.POV. (mikroGal)	CAS (h:m:s)	CAS POV. (h:m:s)
400	4398535.0		09:00:57	
400	4398522.0		09:02:58	
400	4398526.0		09:04:48	
400	4398530.0		09:06:18	
400	4398529.0		09:07:48	
400	4398534.0	4398529.3	09:09:25	09:05:22
219	4555156.0		09:59:48	
219	4555154.0		10:01:30	
219	4555153.0		10:03:02	
219	4555153.0		10:04:30	
219	4555162.0	4555155.6	10:06:01	10:02:58
219	4555168.0		13:45:43	
219	4555167.0		13:47:30	
219	4555163.0		13:50:35	
219	4555163.0		13:52:14	
219	4555159.0	4555164.0	13:53:55	13:49:59
400	4398563.0		14:51:06	
400	4398565.0		14:52:56	
400	4398565.0		14:54:34	
400	4398564.0		14:57:39	
400	4398560.0	4398563.4	14:59:14	14:55:06

-----  
Koeficienti funkcije hoda in njihove ocene natančnosti:

LINEARNA funkcija: A = 4.770074  
standardni odklon = +/- 11.251138 mikroGal  
KVADRATNA funkcija: A = -4.485812, B = 1.772323  
standardni odklon = +/- 0.000000 mikroGal

-----  
..... 14:29:17 25.01.2006 .....  
..... PROGRAM IZDELALA KLEMEN MEDVED & DANILA UREK .....





Grafikon: Funkcija dnevnega hoda instrumenta za dan 18.11.2005.

📍 Izračun težnostnih pospeškov:

Uporabljena je funkcija 1. stopnje, t.j. linearna funkcija hoda.

IZRACUN TEŽNOSTNIH POSPEŠKOV

1. tabela - MERITVE in POPRAVKI:

TOCKA	GRAV. (mikroGal)	GRAV.POV. (mikroGal)	CAS (h:m:s)	CAS POV. (h:m:s)	PPZ (mikroGal)	PZT (mikroGal)	PD (mikroGal)	GRAV.POP. (mikroGal)
400	4398535.0		09:00:57					
400	4398522.0		09:02:58					
400	4398526.0		09:04:48					
400	4398530.0		09:06:18					
400	4398529.0		09:07:48					
400	4398534.0	4398529.3	09:09:25	09:05:22	76.8	-0.7	0.0	4398605.5
219	4555156.0		09:59:48					
219	4555154.0		10:01:30					
219	4555153.0		10:03:02					
219	4555153.0		10:04:30					
219	4555162.0	4555155.6	10:06:01	10:02:58	77.8	-0.2	4.6	4555228.6
517	4594348.0		12:07:36					
517	4594346.0		12:09:48					
517	4594347.0		12:11:32					
517	4594340.0		12:13:04					
517	4594345.0		12:14:35					
517	4594341.0	4594344.5	12:16:04	12:12:06	116.0	-0.4	14.8	4594445.3
219	4555168.0		13:45:43					
219	4555167.0		13:47:30					
219	4555163.0		13:50:35					
219	4555163.0		13:52:14					
219	4555159.0	4555164.0	13:53:55	13:49:59	77.8	-0.2	22.6	4555218.9
400	4398563.0		14:51:06					
400	4398565.0		14:52:56					
400	4398565.0		14:54:34					
400	4398564.0		14:57:39					
400	4398560.0	4398563.4	14:59:14	14:55:06	77.1	-0.7	27.8	4398612.1

2. tabela - IZRACUN RELATIVNIH in ABSOLUTNIH VREDNOSTI g:

TOCKA	GRAV.POP.POV. (mikroGal)	GRAV.REL. (mikroGal)	GRAV.ABS. (mikroGal)	TOCKA
219	4555223.7	156614.9	980640313.7	219
400	4398608.8	0.0	980483698.8	400
517	4594445.3	195836.5	980679535.3	517
14:29:45 25.01.2006				
PROGRAM IZDELALA DANILA UREK				

**21.11.2005 dan meritev, točke: 300, 375 (SI08), 754(SI09).**

↻ Hod instrumenta:

IZRACUN HODA INŠTRUMENTA

MERITVE, KI SO UPORABLJENE ZA IZRACUN HODA INŠTRUMENTA:

TOCKA	GRAV. (mikroGal)	GRAV.POV. (mikroGal)	CAS (h:m:s)	CAS POV. (h:m:s)
300	4555719.0		08:18:56	
300	4555717.0		08:20:51	
300	4555719.0		08:22:43	
300	4555721.0		08:24:24	
300	4555719.0	4555719.0	08:26:00	08:22:35
754	4581022.0		09:37:54	
754	4581015.0		09:40:03	
754	4581013.0		09:41:39	
754	4581009.0		09:43:13	
754	4581011.0	4581014.0	09:44:54	09:41:33
375	4499784.0		10:59:44	
375	4499781.0		11:01:29	
375	4499780.0		11:03:05	
375	4499778.0		11:04:39	
375	4499768.0		11:06:12	
375	4499770.0	4499776.8	11:08:27	11:03:56
375	4499667.0		12:09:59	
375	4499665.0		12:11:42	
375	4499668.0		12:13:22	
375	4499670.0		12:15:02	
375	4499668.0	4499667.6	12:16:40	12:13:21
754	4580962.0		13:26:41	
754	4580962.0		13:28:27	
754	4580958.0		13:30:05	
754	4580957.0		13:31:41	
754	4580961.0	4580960.0	13:33:13	13:30:01
300	4555684.0		14:13:15	
300	4555677.0		14:15:11	
300	4555675.0		14:16:51	
300	4555671.0		14:18:30	
300	4555671.0		14:20:09	
300	4555665.0	4555673.8	14:21:45	14:17:37

Koeficienti funkcije hoda in njihove ocene natančnosti:

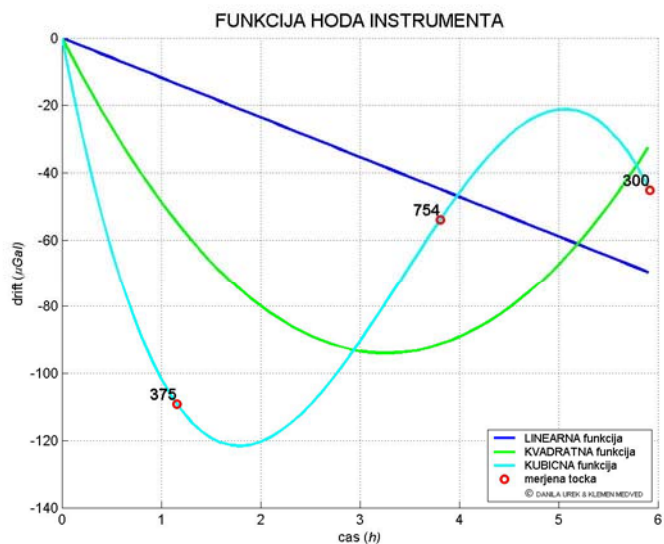
LINEARNA funkcija: A = -11.784366  
 standardni odklon = +/- 61.983974 mikroGal

se nadaljuje...

...nadaljevanje

KVADRATNA funkcija: A = -57.577403, B = 8.822503  
 standardni odklon = +/- 45.959100 mikroGal  
 KUBICNA funkcija: A = -154.567941, B = 58.593838, C = -5.705734  
 standardni odklon = +/- 0.000000 mikroGal

..... 14:02:49 27.01.2006 .....  
 ..... PROGRAM IZDELALA KLEMEN MEDVED & DANILA UREK .....  
 .....



Grafikon: Funkcija dnevnega hoda instrumenta za dan 21.11.2005.

↗ Izračun težnostnih pospeškov:

Uporabljena je funkcija 3. stopnje, t.j. kubična funkcija hoda.

IZRACUN TEZHNOSTNIH POSPEŠKOV

1. tabela - MERITVE in POPRAVKI:

TOCKA	GRAV. (mikroGal)	GRAV.POV. (mikroGal)	CAS (h:m:s)	CAS POV. (h:m:s)	PPZ (mikroGal)	PZT (mikroGal)	PD (mikroGal)	GRAV.POP. (mikroGal)
300	4555719.0		08:18:56					
300	4555717.0		08:20:51					
300	4555719.0		08:22:43					
300	4555721.0		08:24:24					
300	4555719.0	4555719.0	08:26:00	08:22:35	76.5	1.9	0.0	4555797.5
754	4581022.0		09:37:54					
754	4581015.0		09:40:03					
754	4581013.0		09:41:39					
754	4581009.0		09:43:13					
754	4581011.0	4581014.0	09:44:54	09:41:33	86.1	2.6	-114.9	4581217.7
375	4499784.0		10:59:44					
375	4499781.0		11:01:29					
375	4499780.0		11:03:05					
375	4499778.0		11:04:39					
375	4499768.0		11:06:12					
375	4499770.0	4499776.8	11:08:27	11:03:56	70.4	2.1	-102.9	4499952.2
1	4499663.0	4499663.0	12:02:19	12:02:19	71.9	2.1	-60.5	4499797.5

se nadaljuje...

...nadaljevanje

375	4499667.0		12:09:59					
375	4499665.0		12:11:42					
375	4499668.0		12:13:22					
375	4499670.0		12:15:02					
375	4499668.0	4499667.6	12:16:40	12:13:21	73.8	1.8	-52.4	4499795.5
754	4580962.0		13:26:41					
754	4580962.0		13:28:27					
754	4580958.0		13:30:05					
754	4580957.0		13:31:41					
754	4580961.0	4580960.0	13:33:13	13:30:01	88.6	2.0	-21.2	4581071.8
300	4555684.0		14:13:15					
300	4555677.0		14:15:11					
300	4555675.0		14:16:51					
300	4555671.0		14:18:30					
300	4555671.0		14:20:09					
300	4555665.0	4555673.8	14:21:45	14:17:37	75.9	2.2	-45.2	4555797.1

2. tabela - IZRACUN RELATIVNIH in ABSOLUTNIH VREDNOSTI g:

TOCKA	GRAV.POP.POV. (mikroGal)	GRAV.REL. (mikroGal)	GRAV.ABS. (mikroGal)	TOCKA
1	4499797.5	-55999.8	980585000.6	1
300	4555797.3	0.0	980641000.4	300
375	4499873.9	-55923.5	980585076.9	375
754	4581144.8	25347.5	980666347.9	754
..... 14:04:12 27.01.2006 .....				
..... PROGRAM IZDELALA DANILA UREK .....				

Točka 1 je pomožna točka v meritvah in izračunu. Njena vrednost težnosti je nepomembna. Pozicija točke 1 je enaka položaju točke 375.

**13.12.2005 dan meritev, točke: 2, 10 (SI04), 11 (SI07), 457 (SI05), 486 (CP-486), 1014 (FR-1014), 2742.**

↳ Hod instrumenta:

IZRACUN HODA INŠTRUMENTA

MERITVE, KI SO UPORABLJENE ZA IZRACUN HODA INŠTRUMENTA:

TOCKA	GRAV. (mikroGal)	GRAV.POV. (mikroGal)	CAS (h:m:s)	CAS POV. (h:m:s)
2	4529775.0		06:30:42	
2	4529770.0		06:32:37	
2	4529775.0		06:34:21	
2	4529768.0		06:36:02	
2	4529759.0		06:37:41	
2	4529763.0		06:39:24	
2	4529765.0	4529767.9	06:41:07	06:35:59
11	4534677.0		07:41:07	
11	4534666.0		07:42:42	
11	4534667.0		07:44:39	
11	4534658.0	4534667.0	07:46:12	07:43:40
486	4485685.0		09:13:01	
486	4485684.0		09:14:47	
486	4485681.0	4485683.3	09:16:23	09:14:44

se nadaljuje...

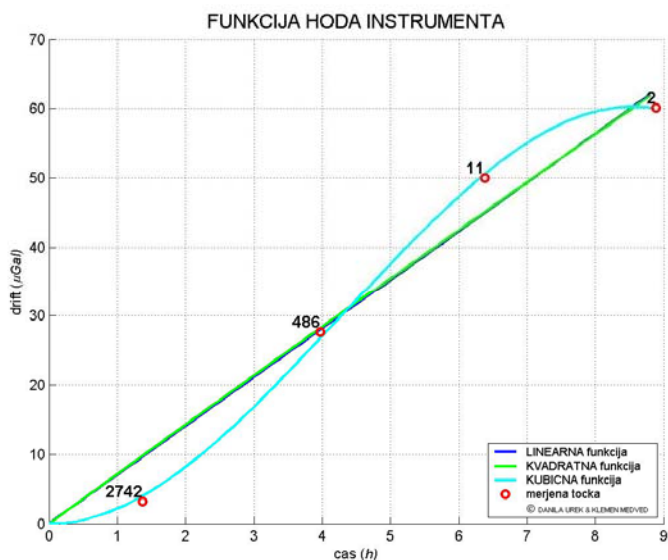
...nadaljevanje

```

.....
2742      4422064.0          10:54:23
2742      4422056.0          10:56:02
2742      4422053.0          10:57:34
2742      4422052.0          10:59:12
2742      4422053.0   4422055.6   11:00:50   10:57:36
.....
2742      4422073.0          12:16:54
2742      4422064.0          12:18:31
2742      4422055.0          12:19:59
2742      4422057.0          12:21:31
2742      4422045.0   4422058.8   12:23:01   12:19:59
.....
486       4485722.0          13:09:39
486       4485714.0          13:11:20
486       4485712.0          13:12:52
486       4485705.0          13:14:36
486       4485702.0   4485711.0   13:17:06   13:13:07
.....
11        4534717.0          14:04:21
11        4534720.0          14:05:53
11        4534718.0          14:07:26
11        4534713.0   4534717.0   14:08:56   14:06:39
.....
2         4529846.0          15:23:34
2         4529839.0          15:25:15
2         4529826.0          15:26:51
2         4529830.0          15:28:26
2         4529826.0          15:29:59
2         4529823.0          15:31:31
2         4529818.0          15:33:12
2         4529816.0   4529828.0   15:34:47   15:29:12
.....
    
```

```

-----
Koeficienti funkcije hoda in njihove ocene natančnosti:
LINEARNA funkcija: A = 7.045257
                    standardni odklon = +/- 4.792811 mikroGal
KVADRATNA funkcija: A = 7.160884, B = -0.015465
                    standardni odklon = +/- 4.769186 mikroGal
KUBICNA funkcija: A = -0.155883, B = 2.509916, C = -0.194954
                    standardni odklon = +/- 0.767381 mikroGal
-----
..... 14:03:44   24.01.2006 .....
..... PROGRAM IZDELALA KLEMEN MEDVED & DANILA UREK .....
    
```



Grafikon: Funkcija dnevnega hoda instrumenta za dan 13.12.2005.

↗ Izračun težnostnih pospeškov:

Uporabljena je funkcija 1. stopnje, t.j. linearna funkcija hoda.

IZRACUN TEZHNOSTNIH POSPEŠKOV

1. tabela - MERITVE in POPRAVKI:

TOCKA	GRAV. (mikroGal)	GRAV.POV. (mikroGal)	CAS (h:m:s)	CAS POV. (h:m:s)	PPZ (mikroGal)	PZT (mikroGal)	PD (mikroGal)	GRAV.POP. (mikroGal)
2	4529775.0		06:30:42					
2	4529770.0		06:32:37					
2	4529775.0		06:34:21					
2	4529768.0		06:36:02					
2	4529759.0		06:37:41					
2	4529763.0		06:39:24					
2	4529765.0	4529767.9	06:41:07	06:35:59	76.5	4.1	0.0	4529848.5
11	4534677.0		07:41:07					
11	4534666.0		07:42:42					
11	4534667.0		07:44:39					
11	4534658.0	4534667.0	07:46:12	07:43:40	73.4	4.7	7.9	4534737.2
457	4484615.0		08:55:26					
457	4484615.0		08:57:19					
457	4484603.0		08:58:55					
457	4484600.0		09:00:41					
457	4484597.0		09:02:16					
457	4484590.0		09:04:17					
457	4484592.0	4484601.7	09:06:08	09:00:43	74.7	4.1	17.0	4484663.5
486	4485685.0		09:13:01					
486	4485684.0		09:14:47					
486	4485681.0	4485683.3	09:16:23	09:14:44	-410.7	4.1	18.6	4485258.0
10	4424863.0		10:33:19					
10	4424856.0		10:34:55					
10	4424855.0		10:36:27					
10	4424848.0		10:38:01					
10	4424852.0	4424854.8	10:39:40	10:36:28	87.6	2.9	28.2	4424917.1
2742	4422064.0		10:54:23					
2742	4422056.0		10:56:02					
2742	4422053.0		10:57:34					
2742	4422052.0		10:59:12					
2742	4422053.0	4422055.6	11:00:50	10:57:36	-343.8	2.8	30.7	4421683.9
1	4422073.0	4422073.0	12:00:54	12:00:54	-343.8	4.9	38.2	4421696.0
2742	4422073.0		12:16:54					
2742	4422064.0		12:18:31					
2742	4422055.0		12:19:59					
2742	4422057.0		12:21:31					
2742	4422045.0	4422058.8	12:23:01	12:19:59	-343.2	2.8	40.4	4421678.0
486	4485722.0		13:09:39					
486	4485714.0		13:11:20					
486	4485712.0		13:12:52					
486	4485705.0		13:14:36					
486	4485702.0	4485711.0	13:17:06	13:13:07	-408.6	3.5	46.6	4485259.2
11	4534717.0		14:04:21					
11	4534720.0		14:05:53					
11	4534718.0		14:07:26					
11	4534713.0	4534717.0	14:08:56	14:06:39	76.5	3.5	52.9	4534744.1
1014	4532274.0		14:36:38					
1014	4532279.0		14:38:12					
1014	4532280.0		14:39:51					
1014	4532273.0		14:42:06					
1014	4532270.0	4532275.2	14:43:47	14:40:07	146.3	3.9	56.8	4532368.5

se nadaljuje...

...nadaljevanje

```

.....
2      4529846.0      15:23:34
2      4529839.0      15:25:15
2      4529826.0      15:26:51
2      4529830.0      15:28:26
2      4529826.0      15:29:59
2      4529823.0      15:31:31
2      4529818.0      15:33:12
2      4529816.0      4529828.0      15:34:47      15:29:12      76.8      3.8      62.6      4529846.0
.....
    
```

2. tabela - IZRACUN RELATIVNIH in ABSOLUTNIH VREDNOSTI g:

TOCKA	GRAV.POP.POV. (mikroGal)	GRAV.REL. (mikroGal)	GRAV.ABS. (mikroGal)	TOCKA
1	4421696.0	-108151.3	980507388.0	1
2	4529847.3	0.0	980615539.3	2
10	4424917.1	-104930.1	980510609.2	10
11	4534740.7	4893.4	980620432.7	11
457	4484663.5	-45183.7	980570355.6	457
486	4485258.6	-44588.6	980570950.7	486
1014	4532368.5	2521.2	980618060.5	1014
2742	4421681.0	-108166.3	980507373.0	2742
.....				
..... 14:04:39 24.01.2006 .....				
..... PROGRAM IZDELALA DANILA UREK .....				

Točka 1 je pomožna točka v meritvah in izračunu. Njena vrednost težnosti je nepomembna. Pozicija točke 1 je enaka položaju točke 2742.

**10.01.2006 dan meritev, točke: 7, 8 (SI13), 9 (SI12), 113 (C113), 877 (CP-877), 1455 (MCDLV), 2870.**

↗ Hod instrumenta:

IZRACUN HODA INŠTRUMENTA

MERITVE, KI SO UPORABLJENE ZA IZRACUN HODA INŠTRUMENTA:

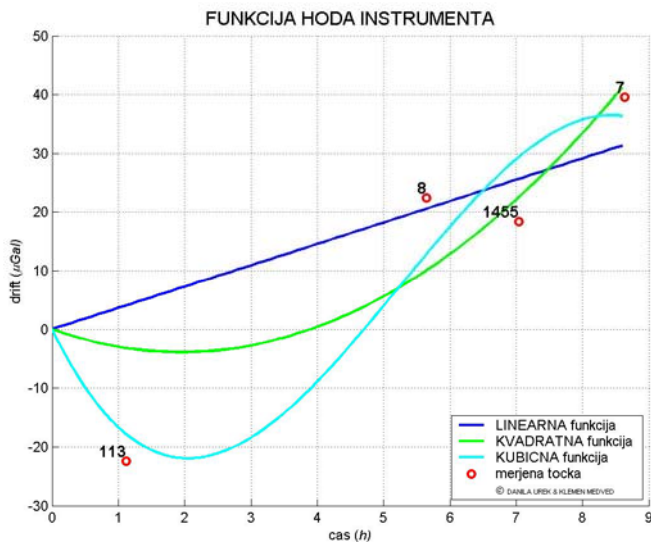
TOCKA	GRAV. (mikroGal)	GRAV.POV. (mikroGal)	CAS (h:m:s)	CAS POV. (h:m:s)
7	4476809.0		07:10:15	
7	4476807.0		07:11:57	
7	4476803.0		07:13:32	
7	4476800.0		07:15:26	
7	4476801.0	4476804.0	07:16:57	07:13:37
.....				
1455	4495105.0		07:59:48	
1455	4495097.0		08:01:25	
1455	4495092.0		08:04:08	
1455	4495089.0		08:05:50	
1455	4495086.0	4495093.8	08:07:26	08:03:43
.....				
8	4507786.0		08:50:44	
8	4507783.0		08:52:30	
8	4507779.0		08:54:09	
8	4507770.0		08:56:11	
8	4507769.0	4507777.4	08:58:04	08:54:20
.....				

se nadaljuje...

...nadaljevanje

113	4538537.0		10:59:39	
113	4538531.0		11:01:30	
113	4538521.0		11:03:02	
113	4538520.0		11:04:35	
113	4538516.0	4538525.0	11:06:20	11:03:01
113	4538504.0		12:06:18	
113	4538503.0		12:08:23	
113	4538515.0		12:10:06	
113	4538501.0		12:11:59	
113	4538490.0	4538502.6	12:13:46	12:10:06
8	4507812.0		14:29:56	
8	4507802.0		14:31:29	
8	4507797.0		14:33:00	
8	4507796.0		14:34:33	
8	4507792.0	4507799.8	14:36:03	14:33:00
1455	4495125.0		15:03:10	
1455	4495115.0		15:04:50	
1455	4495110.0		15:06:23	
1455	4495110.0		15:07:58	
1455	4495101.0	4495112.2	15:09:26	15:06:21
7	4476857.0		15:49:01	
7	4476844.0		15:50:39	
7	4476844.0		15:52:09	
7	4476837.0		15:53:38	
7	4476836.0	4476843.6	15:55:08	15:52:07

-----  
 Koeficienti funkcije hoda in njihove ocene natančnosti:  
 LINEARNA funkcija: A = 3.641612  
 standardni odklon = +/- 15.075996 mikroGal  
 KVADRATNA funkcija: A = -3.968483, B = 1.018542  
 standardni odklon = +/- 12.921383 mikroGal  
 KUBICNA funkcija: A = -23.300166, B = 7.067713, C = -0.449612  
 standardni odklon = +/- 9.003749 mikroGal  
 -----  
 09:30:22 24.01.2006  
 PROGRAM IZDELALA KLEMEN MEDVED & DANILA UREK



Grafikon: Funkcija dnevnega hoda instrumenta za dan 10.01.2006.



↗ Izračun težnostnih pospeškov:

Uporabljena je funkcija 2. stopnje, t.j. kvadratna funkcija.

IZRACUN TEZNOTNIH POSPEŠKOV

1. tabela - MERITVE in POPRAVKI:

TOCKA	GRAV. (mikroGal)	GRAV.POV. (mikroGal)	CAS (h:m:s)	CAS POV. (h:m:s)	PPZ (mikroGal)	PZT (mikroGal)	PD (mikroGal)	GRAV.POP. (mikroGal)
7	4476809.0		07:10:15					
7	4476807.0		07:11:57					
7	4476803.0		07:13:32					
7	4476800.0		07:15:26					
7	4476801.0	4476804.0	07:16:57	07:13:37	123.1	3.2	0.0	4476930.4
1455	4495105.0		07:59:48					
1455	4495097.0		08:01:25					
1455	4495092.0		08:04:08					
1455	4495089.0		08:05:50					
1455	4495086.0	4495093.8	08:07:26	08:03:43	-292.2	4.2	-2.6	4494808.3
8	4507786.0		08:50:44					
8	4507783.0		08:52:30					
8	4507779.0		08:54:09					
8	4507770.0		08:56:11					
8	4507769.0	4507777.4	08:58:04	08:54:20	72.8	5.5	-3.8	4507859.6
877	4501948.0		09:20:02					
877	4501948.0		09:21:35					
877	4501946.0		09:23:10					
877	4501944.0		09:24:40					
877	4501950.0	4501947.2	09:26:08	09:23:07	-436.4	4.4	-3.8	4501519.0
113	4538537.0		10:59:39					
113	4538531.0		11:01:30					
113	4538521.0		11:03:02					
113	4538520.0		11:04:35					
113	4538516.0	4538525.0	11:06:20	11:03:01	-324.3	5.3	-0.3	4538206.2
9	4530320.0		11:26:55					
9	4530313.0		11:30:45					
9	4530309.0		11:32:43					
9	4530310.0		11:35:04					
9	4530305.0	4530311.4	11:37:00	11:32:29	82.1	6.6	1.8	4530398.3
2870	4536520.0		11:51:43					
2870	4536508.0		11:53:29					
2870	4536502.0		11:54:60					
2870	4536504.0	4536508.5	11:56:30	11:54:10	-410.4	4.6	3.7	4536099.0
113	4538504.0		12:06:18					
113	4538503.0		12:08:23					
113	4538515.0		12:10:06					
113	4538501.0		12:11:59					
113	4538490.0	4538502.6	12:13:46	12:10:06	-325.0	4.4	5.3	4538176.8
8	4507812.0		14:29:56					
8	4507802.0		14:31:29					
8	4507797.0		14:33:00					
8	4507796.0		14:34:33					
8	4507792.0	4507799.8	14:36:03	14:33:00	74.4	4.9	25.6	4507853.5
1455	4495125.0		15:03:10					
1455	4495115.0		15:04:50					
1455	4495110.0		15:06:23					
1455	4495110.0		15:07:58					
1455	4495101.0	4495112.2	15:09:26	15:06:21	-293.5	4.2	32.0	4494790.9
7	4476857.0		15:49:01					
7	4476844.0		15:50:39					
7	4476844.0		15:52:09					
7	4476837.0		15:53:38					
7	4476836.0	4476843.6	15:55:08	15:52:07	121.9	3.8	41.8	4476927.6

2. tabela - IZRACUN RELATIVNIH in ABSOLUTNIH VREDNOSTI g:

TOCKA	GRAV.POP.POV. (mikroGal)	GRAV.REL. (mikroGal)	GRAV.ABS. (mikroGal)	TOCKA
7	4476929.0	0.0	980558581.1	7
8	4507856.5	30927.6	980589508.7	8
9	4530398.3	53469.3	980612050.4	9
113	4538191.5	61262.5	980619843.6	113
877	4501519.0	24590.0	980583171.1	877
1455	4494799.6	17870.7	980576451.8	1455
2870	4536099.0	59170.0	980617751.1	2870
..... 09:32:20 24.01.2006 .....				
..... PROGRAM IZDELALA DANILA UREK .....				

**11.01.2006 dan meritvev, točke: 6 (AP-6), 43 , 61 (B-6), 386 (SI11), 963 (CMLXIII), 1016(FR-1016).**

↗ Hod instrumenta:

IZRACUN HODA INŠTRUMENTA

MERITVE, KI SO UPORABLJENE ZA IZRACUN HODA INŠTRUMENTA:

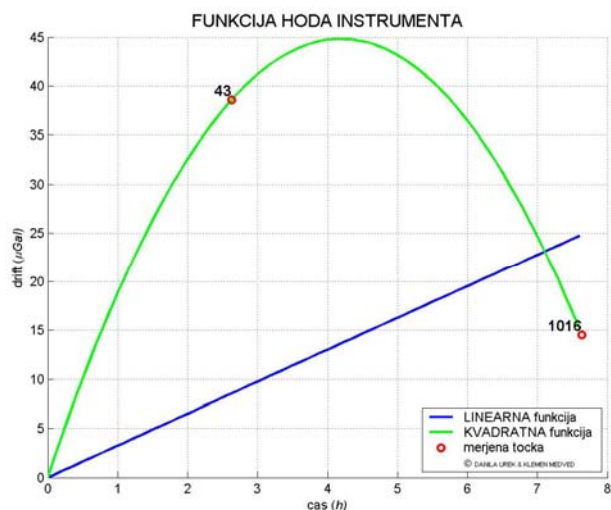
TOCKA	GRAV. (mikroGal)	GRAV.POV. (mikroGal)	CAS (h:m:s)	CAS POV. (h:m:s)
1016	4563511.0		06:56:41	
1016	4563512.0		06:58:31	
1016	4563510.0		07:00:14	
1016	4563501.0	4563508.5	07:02:08	06:59:23
43	4619982.0		09:11:48	
43	4619986.0		09:13:29	
43	4619983.0		09:15:01	
43	4619993.0		09:16:53	
43	4619983.0	4619985.4	09:18:35	09:15:09
43	4620030.0		11:49:55	
43	4620028.0		11:51:26	
43	4620022.0		11:52:52	
43	4620021.0		11:54:22	
43	4620019.0	4620024.0	11:56:00	11:52:55
1016	4563532.0		14:33:01	
1016	4563530.0		14:34:40	
1016	4563521.0		14:36:18	
1016	4563522.0		14:38:16	
1016	4563516.0		14:40:18	
1016	4563517.0	4563523.0	14:42:39	14:37:32

Koeficienti funkcije hoda in njihove ocene natančnosti:

LINEARNA funkcija: A = 3.253911  
 standardni odklon = +/- 28.560094 mikroGal  
 KVADRATNA funkcija: A = 21.393122, B = -2.553029  
 standardni odklon = +/- 0.000000 mikroGal

..... 10:24:57 24.01.2006 .....

..... PROGRAM IZDELALA KLEMEN MEDVED & DANILA UREK .....



Grafikon: Funkcija dnevnega hoda instrumenta za dan 18.11.2005.

↗ Izračun težnostnih pospeškov:

Uporabljena je funkcija 2. stopnje, t.j. kvadratna funkcija.

IZRACUN TEŽNOSTNIH POSPEŠKOV

1. tabela - MERITVE in POPRAVKI:

TOCKA	GRAV. (mikroGal)	GRAV. POV. (mikroGal)	CAS (h:m:s)	CAS POV. (h:m:s)	PPZ (mikroGal)	PZT (mikroGal)	PD (mikroGal)	GRAV. POP. (mikroGal)
1016	4563511.0		06:56:41					
1016	4563512.0		06:58:31					
1016	4563510.0		07:00:14					
1016	4563501.0	4563508.5	07:02:08	06:59:23	216.6	7.4	0.0	4563732.5
43	4619982.0		09:11:48					
43	4619986.0		09:13:29					
43	4619983.0		09:15:01					
43	4619993.0		09:16:53					
43	4619983.0	4619985.4	09:18:35	09:15:09	78.9	4.9	35.3	4620033.9
963	4628988.0		09:43:03					
963	4628988.0		09:44:53					
963	4628974.0		09:48:31					
963	4628979.0		09:50:09					
963	4628975.0	4628980.8	09:51:42	09:47:40	-370.3	4.9	39.9	4628575.5
386	4602955.0		10:49:44					
386	4602948.0		10:51:35					
386	4602941.0		10:53:39					
386	4602938.0	4602945.5	10:55:15	10:52:33	119.4	4.3	44.6	4603024.6
6	4610290.0		11:11:54					
6	4610285.0		11:13:48					
6	4610282.0	4610285.7	11:15:45	11:13:49	-33.6	4.1	44.8	4610211.3
43	4620030.0		11:49:55					
43	4620028.0		11:51:26					
43	4620022.0		11:52:52					
43	4620021.0		11:54:22					
43	4620019.0	4620024.0	11:56:00	11:52:55	78.4	4.6	43.6	4620063.4

se nadaljuje...

...nadaljevanje

61	4590715.0			13:40:05				
61	4590700.0			13:41:49				
61	4590700.0			13:43:23				
61	4590682.0	4590699.3		13:44:52	13:42:32	-23.5	4.3	28.5
4590651.6								
1016	4563532.0			14:33:01				
1016	4563530.0			14:34:40				
1016	4563521.0			14:36:18				
1016	4563522.0			14:38:16				
1016	4563516.0			14:40:18				
1016	4563517.0	4563523.0		14:42:39	14:37:32	216.3	4.4	14.5
4563729.2								

2. tabela - IZRACUN RELATIVNIH in ABSOLUTNIH VREDNOSTI g:

TOCKA	GRAV.POP.POV. (mikroGal)	GRAV.REL. (mikroGal)	GRAV.ABS. (mikroGal)	TOCKA
6	4610211.3	-9837.4	980691864.7	6
43	4620048.7	0.0	980701702.1	43
61	4590651.6	-29397.1	980672305.0	61
386	4603024.6	-17024.0	980684678.1	386
963	4628575.5	8526.8	980710228.9	963
1016	4563730.9	-56317.8	980645384.3	1016
..... 10:26:25 24.01.2006 .....				
..... PROGRAM IZDELALA DANILA UREK .....				

12.01.2006 dan meritev, točke: 13 (SI06), 2779 (2779a), 300 .

↻ Hod instrumenta:

IZRACUN HODA INŠTRUMENTA

MERITVE, KI SO UPORABLJENE ZA IZRACUN HODA INŠTRUMENTA:

TOCKA	GRAV. (mikroGal)	GRAV.POV. (mikroGal)	CAS (h:m:s)	CAS POV. (h:m:s)
13	4416296.0		10:43:46	
13	4416288.0		10:45:53	
13	4416286.0		10:47:32	
13	4416281.0		10:49:18	
13	4416261.0		10:50:59	
13	4416283.0	4416282.5	10:52:41	10:48:22
13	4416305.0		14:55:06	
13	4416287.0		14:57:07	
13	4416290.0		14:58:40	
13	4416280.0		15:00:47	
13	4416275.0	4416287.4	15:03:04	14:58:57

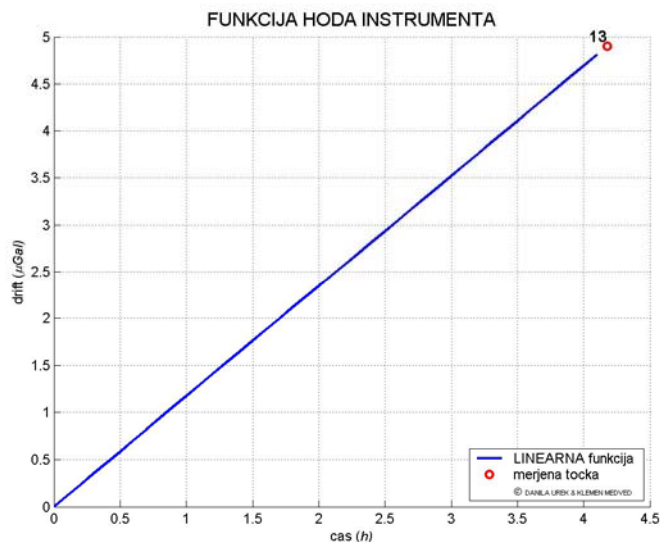
Koeficienti funkcije hoda in njihove ocene natančnosti:

LINEARNA funkcija: A = 1.173239

standardni odklon = +/- 0.000000 mikroGal

..... 11:43:01 24.01.2006 .....

..... PROGRAM IZDELALA KLEMEN MEDVED & DANILA UREK .....



Grafikon: Funkcija dnevnega hoda instrumenta za dan 12.01.2006.

🔗 Izračun težnostnih pospeškov:

Uporabljena je funkcija 1. stopnje, t.j. linearna funkcija hoda.

IZRACUN TEŽNOSTNIH POSPEŠKOV

1. tabela - MERITVE in POPRAVKI:

TOCKA	GRAV. (mikroGal)	GRAV.POV. (mikroGal)	CAS (h:m:s)	CAS POV. (h:m:s)	PPZ (mikroGal)	PZT (mikroGal)	PD (mikroGal)	GRAV.POP. (mikroGal)
13	4416296.0		10:43:46					
13	4416288.0		10:45:53					
13	4416286.0		10:47:32					
13	4416281.0		10:49:18					
13	4416261.0		10:50:59					
13	4416283.0	4416282.5	10:52:41	10:48:22	74.1	4.3	0.0	4416360.8
2779	4447734.0		11:13:39					
2779	4447729.0		11:16:07					
2779	4447724.0		11:17:42					
2779	4447720.0		11:19:19					
2779	4447715.0	4447724.4	11:20:45	11:17:30	-356.1	4.3	0.6	4447372.0
300	4476895.0		13:02:57					
300	4476889.0		13:05:04					
300	4476888.0		13:06:55					
300	4476884.0		13:08:30					
300	4476885.0		13:10:10					
300	4476832.0		13:15:37					
300	4476887.0		13:26:42					
300	4476879.0		13:28:18					
300	4476878.0		13:31:47					
300	4476873.0		13:33:20					
300	4476885.0		13:45:35					
300	4476873.0		13:47:06					
300	4476874.0		13:48:37					
300	4476880.0		13:58:42					
300	4476875.0		14:00:12					
300	4476876.0	4476878.3	14:01:42	13:30:42	101.5	4.1	3.2	4476980.8

se nadaljuje...

...nadaljevanje

```
.....  
13      4416305.0          14:55:06  
13      4416287.0          14:57:07  
13      4416290.0          14:58:40  
13      4416280.0          15:00:47  
13      4416275.0   4416287.4   15:03:04   14:58:57   71.9       4.0       4.9       4416358.4  
.....
```

2. tabela - IZRACUN RELATIVNIH in ABSOLUTNIH VREDNOSTI g:

TOCKA	GRAV.POP.POV. (mikroGal)	GRAV.REL. (mikroGal)	GRAV.ABS. (mikroGal)	TOCKA
13	4416359.6	-60621.2	980497923.1	13
300	4476980.8	0.0	980558544.3	300
2779	4447372.0	-29608.8	980528935.5	2779
.....				
..... 11:44:32 24.01.2006 .....				
..... PROGRAM IZDELALA DANILA UREK .....				



**PRILOGA D: Pomembne EUREF resolucije za EUVN\_DA**  
**(Torres, Kenyeres, 2003: str. 4 ANNEX\_1).**

***(1) Resolution No. 3***

***of the EUREF Symposium in Tromsø 22–24 June 2000***

The IAG Subcommittee for Europe (EUREF)

*noting* Resolution No.3 of the EUREF Symposium 1998 in Bad Neuenahr-Ahrweiler,  
*recognizing* the completion of the EUVN height solution, which includes GPS/levelling geoid heights,

*thanks* the National Mapping Agencies for their support in supplying data,

*recommends* that the GPS/levelling heights of the EUVN solution should be used as fiducial control for the future European geoid determinations,

*asks* the relevant authorities

- to provide the necessary information for tide gauge connections,
- to densify the network of EUVN GPS/levelling geoid heights,

to complete and extend the EUVN project.

***(2) Resolution No. 4***

***of the EUREF Symposium in Dubrovnik, 16-18 May 2001***

The IAG Subcommittee for Europe (EUREF)

*recognizing*

- the European Vertical GPS Reference Network (EUVN) with its GPS-derived ellipsoidal heights and leveled connections to UELN,
- the definition of the European Vertical Reference System EVRS with its first realization UELN 95/98, called EVRF2000,

*considering*

- this implicit pointwise realization of a European geoid consistent with both ETRS89 and EVRS,
- the existence of a large number of regional and local geoids in Europe,
- the urgent need by the navigation community for a height reference surface,

*asks* its Technical Working Group and the European Subcommittee of the IAG IGCC (International Gravity and Geoid Commission) to take all necessary steps to generate a European geoid model of decimetre accuracy consistent with ETRS89 and EVRS.



Ekart, S. 2006. Projekt zgoštitve EUVN točk v Sloveniji.  
Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL, FGG, Odd. za geodezijo, Geodetska smer.

---

**PRILOGA E1: Neizpolnjeni predvideni obrazci GPS, višinskih in gravimetričnih podatkov EUVN\_DA (Torres, Kenyeres, 2003: str. 7-9 ANNEX\_4).**

**EUVN\_DA GPS Data Form**

EUREF Technical Working Group **EUVN Densification Action**

Page 1 of 1

EUVN\_DA Working Group

**GPS Data Form**

Version 1.0

Date: \_\_\_\_\_

Station name: _____ 4-char EUVN_DA ID: _____ National site No.: _____		
Location: _____ City/area: _____ Country: _____		
Responsible agency (full address): _____ _____		
Reported by: _____ Telephone: _____ e-mail: _____		
<b>EUVN_DA GPS Marker</b>		Official No. of other Networks (e.g. EUREF): _____
GPS Marker Inscription: _____		
GPS Marker Identifier : _____		
Marker type, monumentation type, foundation: _____ _____		
Visibility of satellites above 15 degrees: _____ _____		
Possible sources of multipath, electromagnetic noise: _____ _____		
<b>GPS Data Section</b>		
Date of the GPS campaign: _____	No. of sessions (24 hours): _____	
GPS receiver: _____	Elevation cutoff: _____ degree	
GPS antenna: _____	Sampling rate: _____ seconds	
Processing software: _____	Orbit : _____	
3D coordinates and accuracies:		
X: _____	Y: _____	Z: _____
_____	_____	_____
Reference frame: _____	Epoch: _____	

## EUVN\_DA Levelling/Gravity Form 1

EUREF Technical Working Group **EUVN Densification Action**

Page 1 of 2

EUVN\_DA Working Group **Levelling/Gravity Form**

Version 1.0

Date: \_\_\_\_\_

This Form is valid for height difference measurements between GPS Marker and nearest EUVN or UELN Levelling Nodal Point. The information should be compatible with marker information in the GPS Data Form.

Station name: \_\_\_\_\_ 4-char EUVN\_DA ID: \_\_\_\_\_ National site No.: \_\_\_\_\_

Location: \_\_\_\_\_ City/area: \_\_\_\_\_ Country: \_\_\_\_\_

Responsible agency (full address): \_\_\_\_\_

Reported by: \_\_\_\_\_ Telephone: \_\_\_\_\_ e-mail: \_\_\_\_\_

### (A) EUVN\_DA GPS Marker

Official No. of other  
Networks (e.g. EUREF): \_\_\_\_\_

Ellipsoidal coordinates in ETRS89:

Latitude : \_\_\_\_\_ ° \_\_\_\_\_ ' \_\_\_\_\_ " Longitude : \_\_\_\_\_ ° \_\_\_\_\_ ' \_\_\_\_\_ "

Gravity value in  $\text{ms}^{-2}$  \_\_\_\_\_ Gravity system: \_\_\_\_\_

Approximate accuracy of gravity in  $10^{-5} \text{ms}^{-2}$  (mGal): \_\_\_\_\_

### (B) Nodal Point Marker

Official UELN No. : \_\_\_\_\_

Marker Inscription: \_\_\_\_\_

Marker Identifier : \_\_\_\_\_

Marker type, monumentation, foundation: \_\_\_\_\_

Ellipsoidal coordinates in ETRS89:

Latitude : \_\_\_\_\_ ° \_\_\_\_\_ ' \_\_\_\_\_ " Longitude : \_\_\_\_\_ ° \_\_\_\_\_ ' \_\_\_\_\_ "

Gravity value in  $\text{ms}^{-2}$ : \_\_\_\_\_ Gravity system: \_\_\_\_\_

Approximate accuracy of gravity in  $10^{-5} \text{ms}^{-2}$  (mGal): \_\_\_\_\_

## EUVN\_DA Levelling/Gravity Form 2

EUREF Technical Working Group

**EUVN Densification Action**

Page 2 of 2

EUVN\_DA Working Group

**Levelling/Gravity Form**

Version 1.0

Date: \_\_\_\_\_

Station name: \_\_\_\_\_ 4-char EUVN\_DA ID: \_\_\_\_\_ National site No.: \_\_\_\_\_  
Location: \_\_\_\_\_ City/area: \_\_\_\_\_ Country: \_\_\_\_\_

### *Continuation of Nodal Point Marker Section*

Geopotential number in  $m^2 s^{-2}$ : \_\_\_\_\_

or

Levelling height in m: \_\_\_\_\_

Kind of height:

Normal

Orthometric

Normalorthometric

Other: \_\_\_\_\_

Kind of height system: \_\_\_\_\_

Related to which tide gauge: \_\_\_\_\_

### *Vertical connection between the GPS marker (A) and the Nodal Point Marker (B)*

Difference of geopotential number in  $m^2 s^{-2}$  (measured value, A minus B): \_\_\_\_\_

Accuracy of geopotential number difference in  $m^2 s^{-2}$ : \_\_\_\_\_

Distance between A and B in km: \_\_\_\_\_

or

Height difference in m (measured value, A minus B): \_\_\_\_\_

Accuracy of height difference in m: \_\_\_\_\_

Distance between A and B in km: \_\_\_\_\_

Kind of height difference:

Normal

Orthometric

Normalorthometric

Other: \_\_\_\_\_



**PRILOGA E2: Izpolnjen novo podan obrazec EUVN\_DA za Slovenijo.**

Dani obrazci (priloga E1) za posamezni tip opazovanj za vsako novo EUVN točko niso bili izpolnjeni in oddani. Oddani so samo rezultati izpolnjeni v predvideno preglednico spodaj.

Preglednica: Rezultati posredovani IAG, marec 2006 (GURS 2006):

Country: SLOVENIA																			
GPS data details:											National height system: normalorthometric								
campaign date:		elevation cutoff: 15°			Related to tide gauge: TRIESTE														
session length:		processing software:Bernese 4.2																	
UELN nodal point parameters										EUVN DA point levelling parameters									
Station name	EUVN_DA id. 4/5 char.	ETRS 89 lat [deg]	ETRS 89 lon [deg]	ETRS 89 ell. height (2) [m]	EPOCH	UELN number	national identifier	year of leveling	coordinates		gravity IGSN71 [mgal]	geopot. of the nodal point [GPU]	UELN-EUVN_DA distance [km]	EUVN_DA point gravity [mgal]	UELN-EUVN_DA geopot. diff. [GPU]	geopot. of the EUVN_DA-station [GPU]	normal height of EUVN_DA-station [m]	Estimated accuracy [mm]	Remarks
									lat [deg]	lon [deg]									
Velika Pirešica	SI01	46-17-10,927713	15-11-07,514622	342.176	2006.07	7008	2753	1971/1999	46-14-56,84	15-11-55,55	980640.159	246.45319	5.6	980641.819	43.0603	289.51351	295.214	5.7	
Malija	SI03	45-30-13,628141	13-38-36,199808	323.128	1997.00	7010	5486	1971/2000	45-32-56,11	13-44-05,50	980656.862	1.50942	15.9	980603.736	271.2858	272.79522	278.186	11.2	
Kranjska Gora	SI04	46-29-35,634165	13-43-12,605371	898.308	1997.00	7001	MXCIII	1971/1999	46-29-44,55	13-45-56,85	980508.209	835.28300	3.3	980510.609	-2.3480	832.93496	849.392	35.7	
Radovljica	SI05	46-20-27,187068	14-11-14,527354	551.022	1997.00	7003	PN-305	1971/2005	46-21-50,71	14-10-27,92	980567.060	497.71999	3.7	980570.356	-4.2300	493.48999	503.220	9.6	
Postojna	SI06	45-46-36,675223	14-13-42,785207	783.074	2006.07	7009	MCDLV	1971/1999	45-42-41,57	13-53-04,45	980576.452	358.28301	37.5	980497.923	363.8386	722.12164	736.425	2.9	
Črnuče	SI07	46-06-16,740692	14-30-56,504600	332.885	2006.07	7008	2753	1971/2005	46-14-56,84	15-11-55,55	980640.159	246.45319	66.4	980620.433	34.0414	280.49464	286.022	9.8	
Dole	SI08	45-42-07,505630	15-15-02,423480	499.470	2000.00	7008	2753	1971/1998	46-14-56,84	15-11-55,55	980640.159	246.45319	133.0	980585.077	197.5782	444.03142	452.810	12.6	
Videmska skala	SI09	45-57-43,520090	15-29-16,081380	205.774	2000.00	7008	2753	1971/2006	46-14-56,84	15-11-55,55	980640.159	246.45319	68.5	980666.348	-90.1905	156.26268	159.341	5.7	
Bukovec	SI10	46-26-03,903065	15-36-44,436012	475.553	1997.00	7008	2753	1971/2006	46-14-56,84	15-11-55,55	980640.159	246.45319	47.7	980640.314	174.0487	420.50192	428.784	5.9	
Lokavec	SI11	46-41-29,421282	15-48-24,816915	449.152	1997.00	7006	CMLXIII	1971/1998	46-40-53,50	15-59-54,64	980710.229	219.47953	19.7	980684.678	175.3888	394.86833	402.635	1.7	
Most na Soči	SI12	46-09-03,821242	13-45-23,779679	266.897	2006.07	7009	MCDLV	1971/2006	45-42-41,57	13-53-04,45	980576.452	358.28301	85.4	980612.050	-142.6671	215.61590	219.861	1.8	
Štanjel	SI13	45-49-11,584641	13-50-06,429727	333.547	2006.07	7009	MCDLV	1971/2006	45-42-41,57	13-53-04,45	980576.452	358.28301	19.4	980589.509	-75.9947	282.28832	287.858	3.3	

(1): please specify the reference epoch  
(2): should refer to the marker  
geopot....geopotential;  
diff....difference.  
Estimated accuracy:

»Preglednica zgoraj« podaja rezultate, ki so bili marca 2006 iz strani GURS posredovani IAG. »Preglednica spodaj« pa podaja rezultate izračunane iz nekaterih spremenjenih količin, kjer so spremenjene vrednosti rezultatov glede na oddane obarvane sivo.

Preglednica: Spremenjeni rezultati (obarvani sivo), oktober 2006:

Country: SLOVENIA																			
GPS data details:											National height system: normalorthometric								
campaign date:		elevation cutoff: 15°			Related to tide gauge: TRIESTE														
session length:		processing software:Bernese 4.2																	
UELN nodal point parameters										EUVN_DA point levelling parameters									
Station name	EUVN_DA id. 4/5 char.	ETRS 89 lat [deg]	ETRS 89 lon [deg]	ETRS 89 ell. height (2) [m]	EPOCH	UELN number	national identifier	year of leveling	coordinates		gravity IGSN71 [mgal]	geopot. of the nodal point [GPU]	UELN-EUVN_DA distance [km]	EUVN_DA point gravity [mgal]	UELN-EUVN_DA geopot. diff. [GPU]	geopot. of the EUVN_DA-station [GPU]	normal height of EUVN_DA-station [m]	Estimated accuracy [mm]	Remarks
									lat [deg]	lon [deg]									
Velika Pirešica	SI01	46-17-10,927713	15-11-07,514622	342.176	2006.07	7008	2753	1971/1999	46-14-56,84	15-11-55,55	980640.159	246.45319	5.6	980641.780	43.0603	289.51351	295.214	13.7	
Maija	SI03	45-30-13,628141	13-38-36,199808	323.128	1995.55	7010	5486	1971/2000	45-32-56,11	13-44-05,50	980656.862	1.50942	15.9	980603.736	271.2858	272.79553	278.186	19.3	
Kranjska Gora	SI04	46-29-35,634165	13-43-12,605371	898.308	1995.55	7001	MXCIII	1971/1999	46-29-44,55	13-45-56,85	980508.209	835.28300	3.3	980510.609	-2.3480	832.93516	849.393	37.6	
Radovljica	SI05	46-20-27,187068	14-11-14,527354	551.022	1995.55	7003	PN-305	1971/2005	46-21-50,71	14-10-27,92	980567.060	497.71999	3.7	980570.356	-4.2300	493.48999	503.220	15.8	
Postojna	SI06	45-46-36,675223	14-13-42,785207	783.074	2006.07	7009	MCDLV	1971/1999	45-42-41,57	13-53-04,45	980576.452	358.28301	37.5	980497.923	363.8386	722.12164	736.426	15.5	
Črnuče	SI07	46-06-16,740692	14-30-56,504600	332.885	2006.07	7008	2753	1971/2005	46-14-56,84	15-11-55,55	980640.159	246.45319	66.4	980620.433	34.0414	280.49442	286.022	15.9	
Dole	SI08	45-42-07,505630	15-15-02,423480	499.470	2000.00	7008	2753	1971/1998	46-14-56,84	15-11-55,55	980640.159	246.45319	133.0	980585.077	197.5782	444.03152	452.810	12.5	
Videmska skala	SI09	45-57-43,520090	15-29-16,081380	205.774	2000.00	7008	2753	1971/2006	46-14-56,84	15-11-55,55	980640.159	246.45319	68.5	980666.348	-90.1905	156.26250	159.341	13.7	
Bukovec	SI10	46-26-03,903065	15-36-44,436012	475.553	1995.55	7008	2753	1971/2006	46-14-56,84	15-11-55,55	980640.159	246.45319	47.7	980640.314	174.0487	420.51546	428.798	14.1	
Lokavec	SI11	46-41-29,421282	15-48-24,816915	449.152	1995.55	7006	CMLXIII	1971/1998	46-40-53,50	15-59-54,64	980710.229	219.47953	19.7	980684.678	175.3888	394.86853	402.635	12.1	
Most na Soči	SI12	46-09-03,821242	13-45-23,779679	266.897	2006.07	7009	MCDLV	1971/2006	45-42-41,57	13-53-04,45	980576.452	358.28301	85.4	980612.050	-142.6671	215.61597	219.861	15.3	
Štanjel	SI13	45-49-11,584641	13-50-06,429727	333.547	2006.07	7009	MCDLV	1971/2006	45-42-41,57	13-53-04,45	980576.452	358.28301	19.4	980589.509	-75.9947	282.28832	287.858	15.6	

(1): please specify the reference epoch

(2): should refer to the marker

geopot....geopotential;

diff....difference.

Estimated accuracy:

...spremenjena vrednost glede na oddane rezultate marca 2006.