

# Novi višinski sistem Slovenije in testni izračun geoida

Božo Koler<sup>\*</sup>, Tilen Urbančič<sup>\*</sup>, Klemen Medved<sup>\*\*</sup>, Nuša Vardjan<sup>\*\*</sup>, Sandi Berk<sup>\*\*\*</sup>,  
Ove Christian Dahl Omang<sup>\*\*\*\*</sup>, Dag Solheim<sup>\*\*\*\*</sup>, Miran Kuhar<sup>\*</sup>

## Povzetek

V okviru projekta "Vzpostavljanje evropskega prostorskega referenčnega sistema v Sloveniji" je bil izdelan tudi projekt novega višinskega sistema v Sloveniji. Del tega projekta sta je zasnova nove nivelmanske mreže Slovenije, ki je delno že izmerjena, in testni izračun novega modela geoida. V prispevku sta predstavljeni analiza opravljene nivelmanske izmere in primerjava določitve geoidnih višin iz uradnega modela geoida iz leta 2000 in testnega modela geoida iz leta 2010. Z izračunom ploskve testnega geoida smo pridobili možnost predhodne analize kvalitete bodočega geoida, ki je zelo pomembna za izvajanje GNSS-višinomerstva v geodetski praksi.

## Uvod

Kakovost geodetskih in prostorskih podatkov je odvisna tudi od natančnosti določitve nadmorskih višin točk. S sodobnimi geodetskimi merskimi tehnikami, kot so GNSS in LIDAR, dobimo geometrične oz. elipsoidne višine posnetih točk. Običajno višinam točk določimo t. i. nadmorske oz. fizikalne višine, ki so določene v različnih višinskih sistemih (normalne, ortometrične, normalne ortometrične višine) in so vezane na težnostno polje Zemlje. Za kvaliteten prehod iz elipsoidnih višin v nadmorske višine oziroma za uporabo GNSS-višinomerstva v praksi, pa sta nujna dobro določen sodoben višinski sistem in kvaliteten model geoida. Sodoben višinski sistem temelji na nivelmanski in gravimetrični izmeri reperjev, ki so povezani v nivelmanske mreže. Višine točk obstoječe temeljne geodetske višinske mreže Republike Slovenije niso določene na osnovi gravimetrične izmere, saj so podane v normalnem ortometričnem sistemu višin, ki je zastarel in se je uveljavil v 19. stoletju, ko so se na območju Evrope izvajale prve obsežne izmere nivelmanskih mrež.

Temeljijo na določenih predpostavkah brez dejanskih meritev težnostnega polja Zemlje. Višine tako niso določene glede na geoid, kot je to v primeru ortometričnih višin, ali kvazigeoid, ki je izhodiščna ploskev za normalne višine. Strategija vzpostavitve novega višinskega sistema Slovenije predvideva uvedbo normalnih višin, ki so definirane kot količnik geopotencialne kote in srednje vrednosti normalnega težnega pospeška vzdolž normale (normalne težiščnice).

Za uporabo GNSS-višinomerstva v praksi potrebujemo tudi kvalitetno določeno in vpeto ploskev geoida v višinski sistem. Kvalitetno določena geoidna višin je osnova, ki povezuje ploskev elipsoida z geoidom, oziroma povezuje geometričnih višin, ki so rezultat izmere GNSS, s fizikalnimi višinami, ki so rezultat nivelmanske in gravimetrične izmere.

---

\* UL FGG, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana

\*\* Geodetska uprava R Slovenije, Zemljemerska 12, 1000 Ljubljana

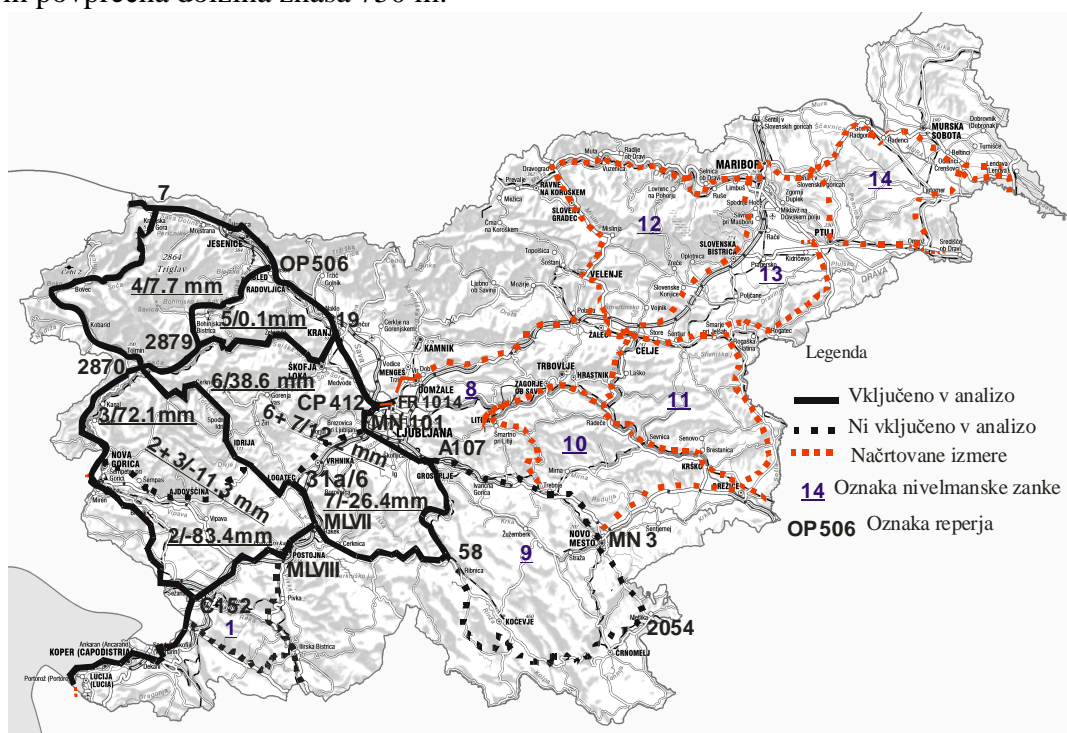
\*\*\* Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana

\*\*\*\* Statens kartverk, Kartverksveien 21, NO-3507 Hønefoss, Norveška

## Analiza in ocena natančnosti merjenih višinskih razlik

Na osnovi zasnove nove nivelmanske mreže, ki je rezultat projekta "Vzpostavljanje evropskega prostorskega referenčnega sistema v Sloveniji", je bilo do konca leta 2011 izmerjeno približno 45 % nivelmanskih linij, ki so vključene v 8 nivelmanskih zank. Zanki 1 in 9 nista vključeni v analizo nivelmanske izmere (Slika 1), saj je merjene višinske razlike potrebno še obdelati (upoštevati moramo temperaturni popravek, srednjo vrednost popravka dolžine para nivelmanskih lat in razliko petih nivelmanskih lat).

Na Sliki 1 je predstavljena nova nivelmanska mreža Slovenije. Dolžine nivelmanskih zank, ki so vključene v analizo, znašajo od 134 km do 213 km. Povprečna dolžina izmerjene nivelmanske zanke znaša 176 km. Izmerjenih in obdelanih je bilo 751 nivelmanskih linij, katerih povprečna dolžina znaša 750 m.



Slika 1 – Odstopanja pri zapiranju nivelmanskih zank

Pri izmeri preciznega nivelmana se višinske razlike merijo obojestransko (naprej in nazaj) in se običajno razlikujejo. Dovoljeno odstopanje (razlika naprej in nazaj) je predpisano s Pravilnikom o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk (RGU, 1981). Dovoljeno odstopanje je preseženo v 12 nivelmanskih linijah, kar znaša 1.6 % vseh, ki so vključene v analizo.

V Preglednici 1 so zbrani podatki o primerjavi odstopanja obojestransko merjenih višinskih razlik ( $\Delta$ ) z dovoljenim odstopanjem ( $\Delta_{dov}$ ). Iz Preglednice 1 vidimo, da je 76 % odstopanj manjših od 50 % dovoljenega odstopanja in 44 % odstopanj manjših oziroma enakih 25 % predpisanega dovoljenega odstopanja. Le 8 % nivelmanskih linij ima odstopanje, ki se uvrsti v zadnjo četrtino dovoljenega odstopanja. Opravljena analiza kaže, da je izmera opravljena kvalitetno.

$\Delta/\Delta_{dov}$ (%)	Odstotek nivelmanskih linij
do 25	44 %
25 do 50	32 %
50 do 75	16 %
75 do 100	8 %

Preglednica 1 – Primerjava velikosti dejanskega odstopanja z dopustnim odstopanjem za posamezne nivelmanske linije

Če želimo med seboj primerjati odstopanja posameznih nivelmanskih linij, ki so različne dolžine, jih moramo preračunati na utežno enoto oziroma na 1 km (Lyszkowicz in Bernatowicz, 2010). Preračunana odstopanja na km nivelmanske linije smo nanesti na Diagram 1. Iz Diagrama 1 lahko vidimo, da se preračunana odstopanja na km izmerjene nivelmanske linije normalno porazdelijo. Srednja vrednost odstopanja znaša 0,64 mm/km in standardni odklon 1,07 mm/km.

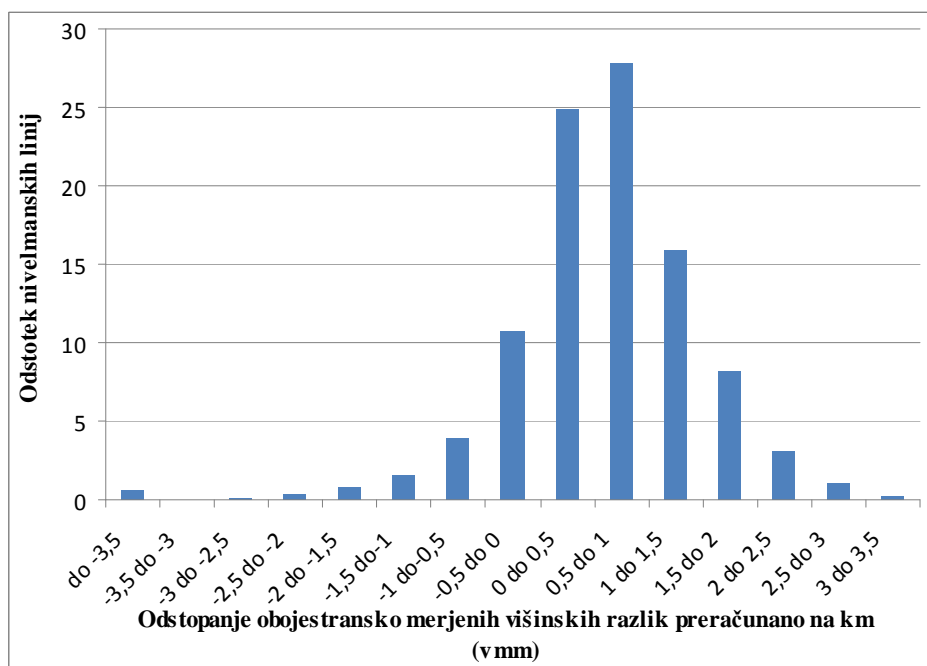


Diagram 1 - Odstopanje obojestransko merjene višinske razlike preračunano na km nivelmanske linije

Na osnovi odstopanj obojestransko merjenih nivelmanskih linij in odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank lahko naredimo analizo natančnosti merjenih višinskih razlik. V analizo je bilo vključenih 739 nivelmanskih linij, ki so vključene v 16 nivelmanskih poligonov (izmera med vozliščnimi reperji nivelmanske mreže) dolžine od 6 km do 129 km, s povprečno dolžino 38 km. Standardni odklon niveliranja 1 km nivelmanske linije v obe smeri znaša od 0,23 mm do 0,61 mm in povprečna vrednost 0,42 mm.

Z analizo odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank smo ugotovili, da je odstopanje v nivelmanski zanki 2 in 3 bistveno večje od dovoljenega odstopanja (glej Sliko 1 in Preglednico 2), ki je določeno po enačbi za zapiranje nivelmanskih zank nivelmana visoke natančnosti (RGU, 1981). Razlog za tako veliko odstopanje je najverjetneje v nivelmanskem

poligonu od Godoviča do Ajdovščine, ki je bil problematičen že pri prejšnjih preračunih nivelmanske mreže in se ni ponovno izmeril. Če združimo nivelmanski zanki 2 in 3, je odstopanje v združeni nivelmanski zanki manjše od dovoljenega. Odstopanje je na meji dovoljenega tudi v zanki 6 in dokaj veliko v zanki 7 (glej Sliko 1 in Preglednico 2), zato je tudi ocena natančnosti niveliranja na osnovi zapiranja nivelmanskih zank slaba (1,66 mm). Najverjetneje je napaka v nivelmanskem poligonu MN101 – 31a/6 (Ljubljana–Kalce), ki ga bo potrebno podrobneje analizirati. Za nadaljnjo analizo smo zanki 6 in 7 združili. Tako se je bistveno povečala tudi natančnost ocenjena na osnovi odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank (0,61 mm).

Številka zanke	d (km)	f (mm)	$\Delta_{Dov}$ (mm)	$\frac{f^2}{d}$
2	154,486	-83,35	33,30	/
3	168,081	72,09	36,03	/
2+3	200,037	-11,27	42,43	0,6347
4	213,050	7,71	45,04	0,2787
5	134,067	0,12	29,21	0,0001
6	186,529	38,59	39,73	7,9849
7	145,359	-26,43	44,25	4,8072
			$\left[\frac{f^2}{d}\right]$	13,7056
			$\sigma_z$	1,66 mm
6+7	265,652	12,16	55,57	0,5565
			$\left[\frac{f^2}{d}\right]$	1,4700
			$\sigma_z$	0,61 mm

Preglednica 2 - Statistični podatki in analiza natančnosti izmerjenih nivelmanskih zank

Analizo natančnosti lahko naredimo tudi na osnovi popravkov merjenih višinskih razlik, ki jih dobimo po izravnavi nivelmanskih zank in poligonov. Poleg tega dobimo še oceno natančnosti določitve višine reperjev. Merjene višinske razlike smo izravnali z računalniškim programom VimWin v. 4.1, ki smo ga razvili na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (Ambrožič in Turk, 2004). Izravnana so vozlišča nivelmanskih zank z navezavo na fundamentalni reper FR 1014, ki je stabiliziran v Črnučah. Standardni odklon utežne enote znaša 0,852 mm. V Preglednici 3 so zbrani podatki o izravnanih nadmorskih višinah vozliščnih reperjev in a posteriori ocena natančnosti določitve nadmorske višine reperjev.

Reper	H (m)	$\sigma_H$ (mm)	Reper	H (m)	$\sigma_H$ (mm)
7	800,59492	6,97	MLVII	464,14315	6,44
OP506	461,09780	6,12	MLVIII	536,22846	6,79
19	357,32095	4,09	C152	440,36085	7,33
CP412	302,29423	0,99	2870	182,45429	5,99
MN101	298,00659	2,27	2879	509,50123	5,76
A107	346,30284	4,48	31a_6	495,10007	6,61
58	509,73419	5,79			

Preglednica 3 - Nadmorske višine vozliščnih reperjev z oceno natančnosti

Zaključimo lahko, da so odstopanja pri zapiranju nivelmanske zanke in izračunane natančnosti opravljenih izmer v pričakovanih mejah, glede na uporabljen instrumentarij in metodo izmere.

Po izravnavi nivelmanskih zank smo izravnali še posamezne nivelmanske poligone. Standardni odkloni po izravnavi višinskih razlik znašajo od 0.025 mm (Rakek–Kalce) do 0.795 mm (Most na Soči–Kranjska gora) in povprečna vrednost 0,35 mm. Ocena natančnosti določitve nadmorske višine posameznih reperjev znaša od 0,02 do 3,81 mm.

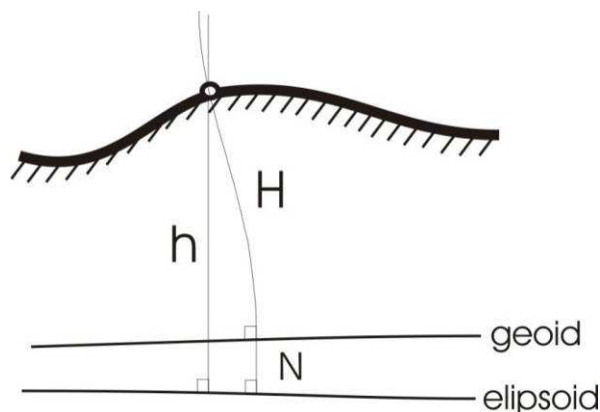
### Povezava elipsoida, (kvazi)geoida z višinsko referenčno ploskvijo

Z GNSS-višinomerstvom določamo nadmorske višine točk na osnovi izmerjenih elipsoidnih/geometrijskih višin in interpoliranih geoidnih višin iz ustreznega modela geoida. Elipsoidne višine se nanašajo na ploskev elipsoida in jih ni možno uporabiti v geodetski praksi niti v vsakdanjem življenju, ker niso določene v težnostnem polju Zemlje. Elipsoidne ( $h$ ) in nadmorske višine – ortometrične ( $H$ ) ali normalne višine ( $H^N$ ) – povezuje znana enačba (Slika 2):

$$h = H + N$$

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

pri čemer je  $N$  geoidna višina in  $\zeta$  kvazigeoidna višina. Za kakovostno GNSS-višinomerstvo potrebujemo model geoida (kvazigeoida), ki je enakovredne natančnosti, kot je natančnost določitve elipsoidnih višin.



Slika 2 - Elipsoidna višina  $h$ , nadmorska višina  $H$  in geoidna višina  $N$

V geodeziji ločimo fizično in teoretično površino Zemlje. Prvo določajo lastnosti Zemljine zunanje površine (reliefa), to je prostora, v katerem živimo. Druga je podana z obliko, ki jo približno ponazarjata umirjena površina morske gladine ter navpična smer težiščnice, to pa je geoid. Geoid je po Gaußu ekvipotencialna ploskev zemeljskega telesa ponazorjena s srednjo gladino svetovnih morij in v mislih podaljšana pod celinami, ki pa ni v nobenem primeru analitična ploskev, saj se ukrivljenost geoida neprestano spreminja s spremembo reliefa in gostote zemeljske notranjosti.

Določanje geoida pomeni določanje oblike Zemlje oz. določitev ene izmed nivojskih ploskev Zemljinega težnostnega polja. Geoid, kot ekvipotencialna ploskev, poteka deloma zunaj, deloma znotraj Zemlje, zato je njegova določitev brez poznavanja razporeditve gostote v notranjosti Zemlje izjemno težka naloga. Določitev geoida je možna samo posredno, z

redukcijo merjenih vrednosti težnosti na geoid in uvedbo predpostavk o gostoti zemeljskih mas v njeni notranjosti.

Večina današnjih "rešitev" so kvazigeoidi, saj podatkov, ki jih uporabljamo za izračun (merjene vrednosti težnosti in odklonov navpičnic), ne reduciramo v notranjost Zemlje na ničelno nivojsko ploskev (geoid), temveč jih uporabljamo v obliki, v kakšni so določene, tj. na površini Zemlje (Solheim, 2000). Vendar, če želimo tako ploskev, ki je rezultat nekega numeričnega postopka, uporabiti praktično, to je v povezavi z GNSS-določenimi elipsoidnimi višinami, je nujen preračun (transformacija) v lokalni/državni višinski sistem. Tako "preračunana" ploskev ni več (kvazi)geoid temveč "višinska referenčna ploskev", ki pa vsebuje vpliv nezanesljivega izračuna (kvazi)geoida (pogreški metode, vhodnih podatkov), pogreške določitve elipsoidnih višin in tektonske vertikalne premike na območju izračuna. Ne glede na to lahko omenjeno ploskev uspešno uporabimo za izračun višin (predvsem v manj dostopnih krajih) z metodo t. i. GNSS-višinomerstva. Preračun (transformacijo) je potrebno izpeljati s čim večjim številom točk, enakomerno razporejenih na celotnem območju, ki imajo znane elipsoidne (GNSS) in nadmorske višine. Takšne točke v geodetski terminologiji običajno imenujemo GNSS/nivelmanske točke.

Trenutno se v Sloveniji uporablja geoidna ploskev iz leta 2000, ki jo je v okviru doktorske disertacije izračunal profesor Boško Pribičević z Geodetske fakultete v Zagrebu (Pribičević, 2000). Ploskev je bila izračunana s tehniko kolokacije po metodi najmanjših kvadratov. Za izračun je bilo uporabljenih 99 točk z merjenimi odkloni navpičnice, od tega 51 v Sloveniji, 23 na Hrvaškem, 20 v Avstriji in 5 na Madžarskem. Uporabljenih je bilo tudi 4.605 točkastih vrednosti anomalij težnosti. Izračunana ploskev je bila vpeta na 163 GNSS/nivelmanskih točk, ki so dokaj enakomerno razporejene po celotnem ozemlju Slovenije, vendar je bila višina večine točk določena s trigonometričnim višinomerstvom, ki po kakovosti ne dosega geometričnega nivelmana. Nekatero točke ležijo na ozemlju Hrvaške in so bile tudi vključene v izračun, saj naj bi se nanašale na isti višinski datum. Razpon geoidnih višin na območju Slovenije je med 44,140 m in 48,724 m, pri čemer je povprečna geoidna višina 46,453 m.

V okviru projekta "Vzpostavljanje evropskega prostorskega referenčnega sistema v Sloveniji" je bil oktobra leta 2010 opravljen izračun novega, testnega modela geoida za območje Slovenije. Tokrat je rešitev gravimetrična, kar pomeni, da so uporabljene izključno vrednosti težnega pospeška, ki je bil izmerjen na skoraj 12.000 točkah. Ploskev je bila izračunana z numerično integracijo Stokesove enačbe po metodi hitre Fourierjeve transformacije (Omang, 2000).

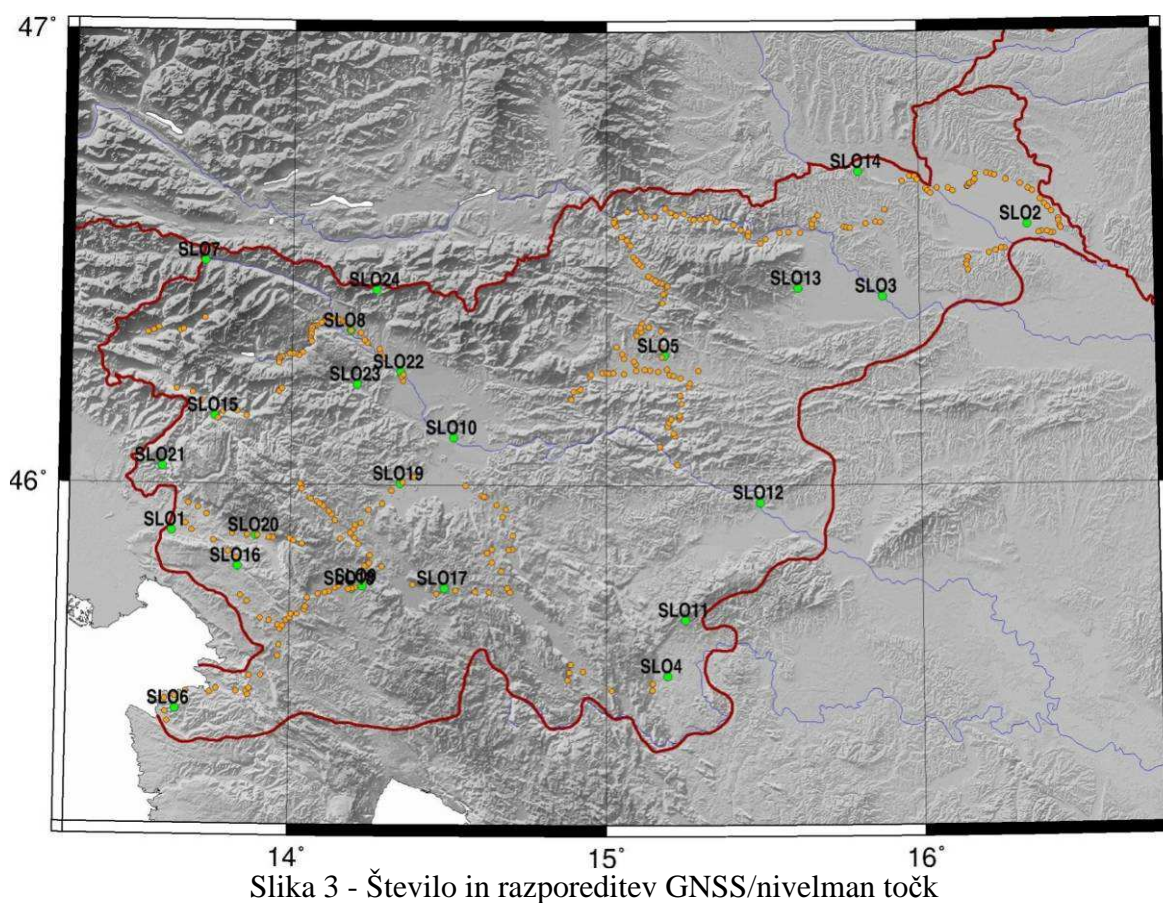
Višinska referenčna ploskev je bila izračunana z vpetjem geoidne ploskve na 24 GNSS/nivelmanskih točk, na katerih sta obe višini določeni z najvišjo možno natančnostjo. Na vseh teh točkah so se GNSS-opazovanja (elipsoidna višina) izvajala neprekinjeno vsaj 36 ur s statično metodo. Z geometričnim nivelmanom so te točke navezane tudi na nivelmanske poligone višjega reda (nadmorska višina). Razpon geoidnih višin na območju Slovenije je med 41,972 m in 49,837 m, pri čemer je povprečna geoidna višina 45,930 m. Glede na obstoječo rešitev iz leta 2000 so pri novem, testnem modelu uporabljeni novejši in izboljšani vhodni podatki. Uporabljena sta dva nova digitalna modela višin za območje izračuna, kjer se položaji točk nanašajo na koordinatni sistem ETRS89 (Berk in sod., 2009; Oven in sod., 2010).

Poleg obstoječih gravimetričnih podatkov na ozemlju Slovenije je bilo v izračun vključenih nekaj čez 700 merjenih vrednosti težnega pospeška, ki jih je Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS) določila v zadnjih treh letih. GURS je v okviru izmenjave podatkov z Avstrijo pridobil podatke, ki pokrivajo mejno območje držav južno od 47° vzporednika. Gre za skoraj 4000 merjenih vrednosti težnega pospeška. V izračunu so bile izločene točke iz Italije, saj je analiza teh podatkov pokazala preveliko odstopanje od pričakovanih vrednosti.

## Analiza natančnosti modelov geoida

Analiza natančnosti ploskev geoida Slovenije je opravljena s primerjavo geoidnih višin, ki jih dobimo kot razlike merjenih elipsoidnih in nadmorskih višin ("merjene geoidne višine"), in tistih, ki jih interpoliramo iz modelov. GURS je v zadnjih letih sistematično opravljala GNSS-meritve na reperjih višjih redov državne nivelmanske mreže. Na reperjih se je izvajala RTK-metoda izmere z 2 ponovljenima meritvama in vsaj 200 sekundnim intervalom merjenja. Tako je nastala obsežna baza GNSS/nivelmanskih točk, ki trenutno obsega več kot štiristo točk in je bila uporabljena za analizo natančnosti obeh modelov geoida.

Analiza natančnosti je bila opravljena na 345 GNSS/nivelman kontrolnih točkah (rumeni krogi na Sliki 3). Na sliki je z zelenimi krogi označeno 24 točk, ki so uporabljene za vpetje testnega geoida iz leta 2010.



Slika 3 - Število in razporeditev GNSS/nivelman točk

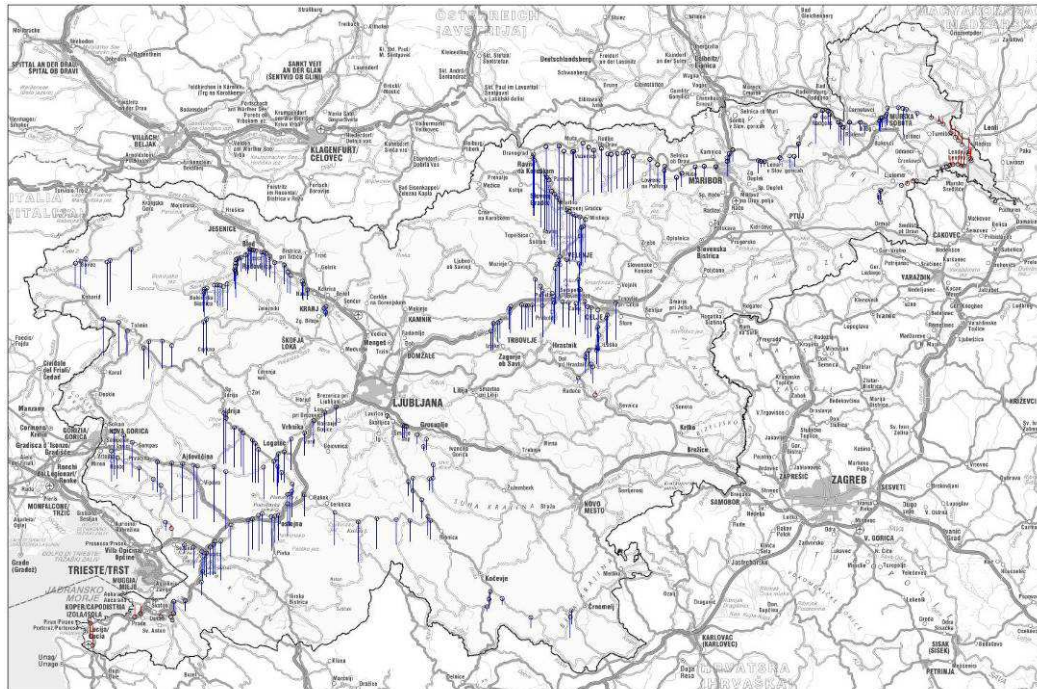
V Preglednici 4 so podani statistični kazalci izračunani na podlagi analize odstopanj na 345 kontrolnih točkah.

Preglednica 4 - Izračunani statistični kazalci

model geoida	sredina [m]	maks. odstopanje [m]	min. odstopanje [m]	std. odklon [m]
rešitev 2000	-0,108	0,099	-0,290	0,082
rešitev 2010	-0,002	0,094	-0,100	0,035

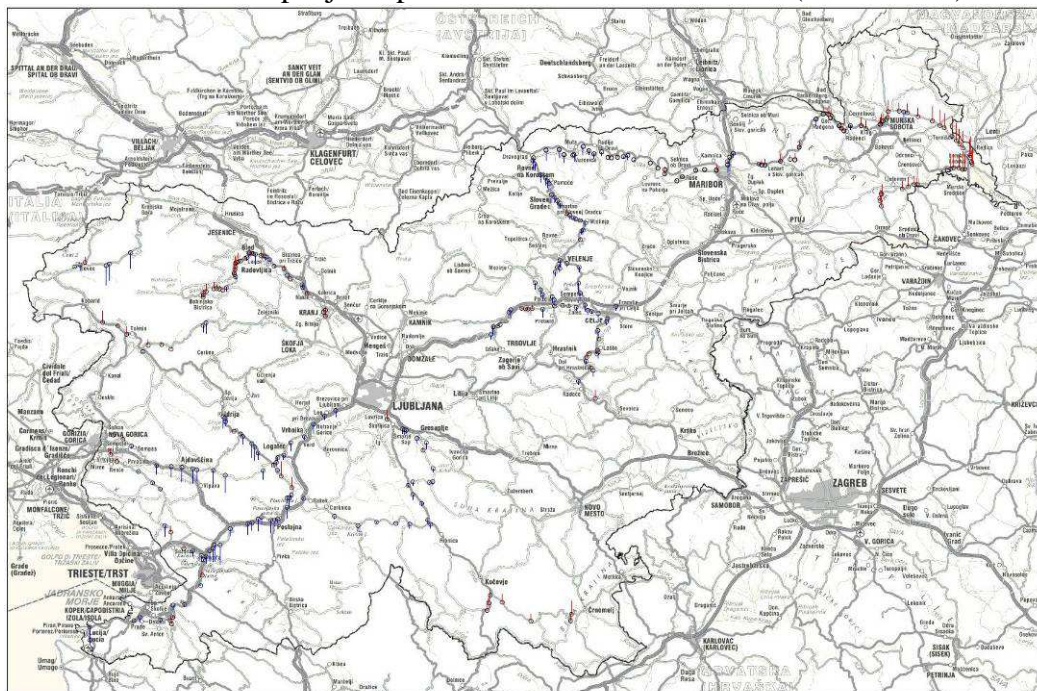
Pri obeh modelih so odstopanja normalno porazdeljena, pri rešitvi iz leta 2000 je sredina odstopanj  $-0,108$  m, pri modelu iz leta 2010 pa  $-0,002$  m. Rezultati analize kažejo na medsebojni zamik modelov za okoli 10 cm v višinskem smislu.

Odstopanja na posameznih kontrolnih točkah v obeh modelih so prikazana na Slikah 4 in 5. Iz preglednice in slik vidimo, da so odstopanja za model geoida iz leta 2010 bistveno manjša kot za model geoida iz leta 2000. Rezultati so izpolnili pričakovanja, saj so bili za vklop ploskve geoida 2010 uporabljeni kvalitetnejši podatki.



10 cm odstopanje

Slika 4 - Odstopanja na posameznih kontrolnih točkah (model 2000)



10 cm odstopanje

Slika 5 - Odstopanja na posameznih kontrolnih točkah (model 2010)



Histograma frekvenc odstopanj za obe rešitvi sta prikazana na Diagramih 2 in 3.

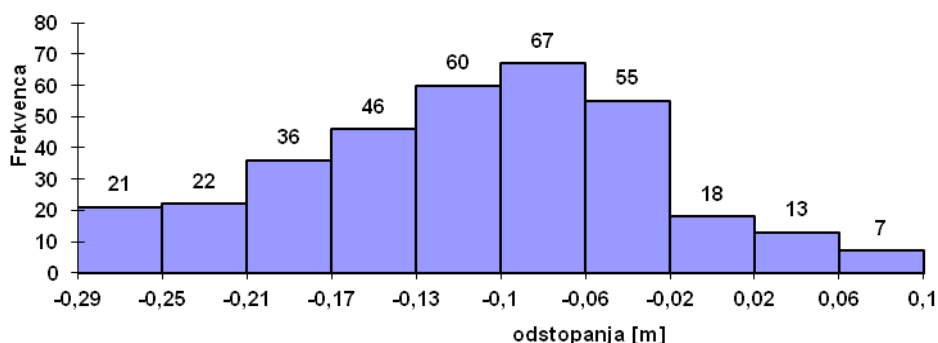


Diagram 2 - Histogram frekvenc odstopanj za rešitev iz leta 2000

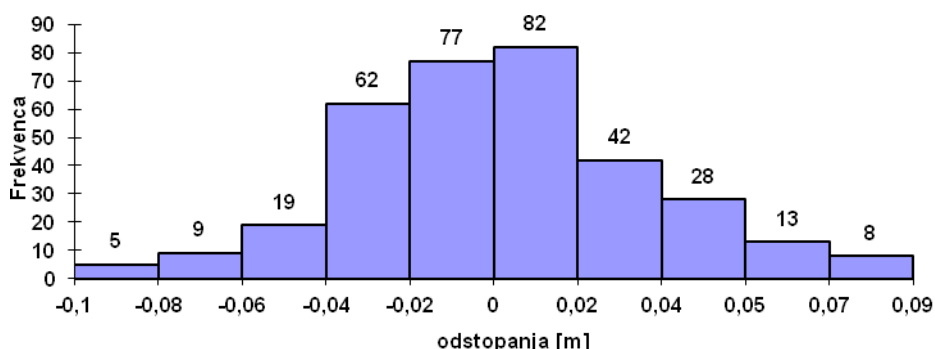


Diagram 3 - Histogram frekvenc odstopanj za rešitev iz leta 2010

Prav tako smo opravili primerjavo gridov obeh rešitev. Izračunali smo razlike v gridnih točkah. Histogram frekvenc razlik je prikazan na Diagramu 4. Ker so razlike podane v pravilni mreži smo lahko tudi izrisali plastnice (Slika 6). Največja odstopanja so na mejah Slovenije, moramo pa poudariti, da so vrednosti v gridu modela iz leta 2000 podane samo na ozemlju Slovenije. Razpon razlik je relativno velik (med -0,741 m in 0,283 m), ni pa opaziti sistematičnih odstopanj.

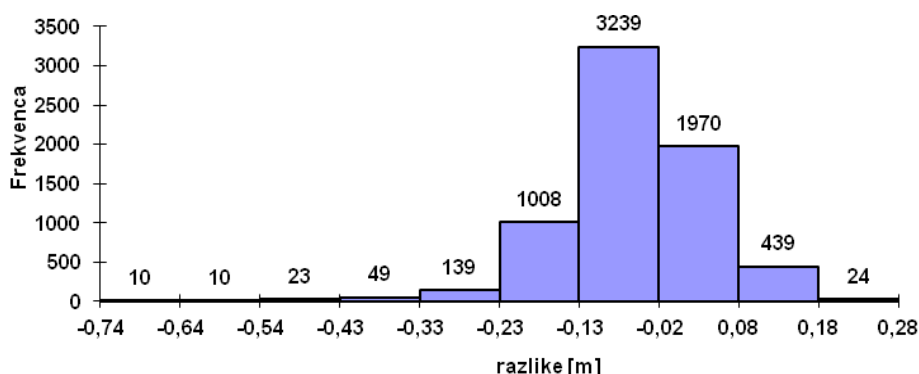
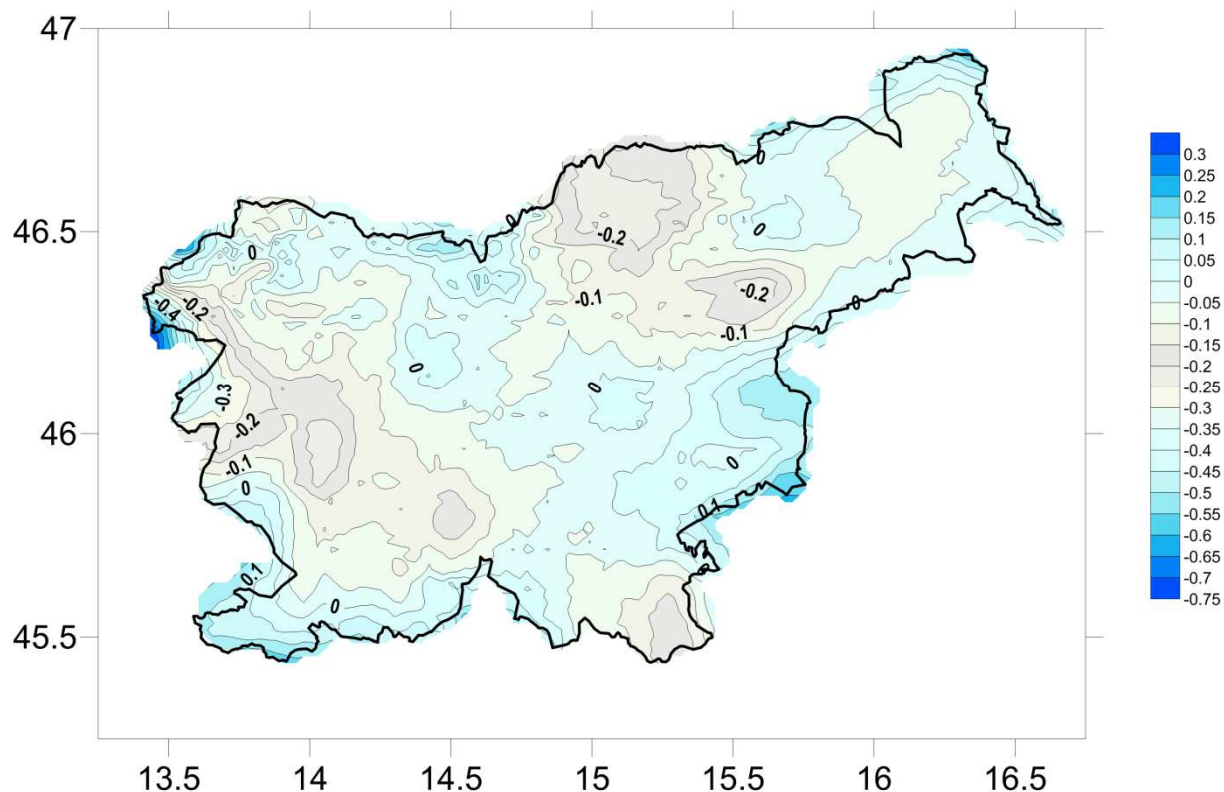


Diagram 4 - Histogram frekvenc razlik v gridnih točkah



Slika 6 - Prikaz odstopanj v gridnih točkah

### Zaključek

Trenutni rezultati pri uvajanju sodobnega višinskega sistema v Sloveniji, skupaj s preračunom ploskve geoida in vklopom ploskve geoida v višinski sistem Slovenije, kažejo, da bomo dobili višinski sistem, ki bo omogočal bolj kvalitetno, natančno in zanesljivo uporabo GNSS-višinomerstva v praksi. V okviru projekta "Vzpostavljanje evropskega prostorskega referenčnega sistema v Sloveniji" je bil izdelan projekt nove nivelmanske mreže Slovenije, ki je v 45 % izmerjenih nivelmanskih poligonov že realiziran. Glede na dejstvo, da je bil izmerjen zahodni hriboviti/gorski del Slovenije, za katerega so značilne velike višinske razlike med vozliščnimi reperji, lahko ugotovimo, da so trenutni rezultati odlični. Tako je okoli 76 % odstopanj obojestransko merjenih višinskih razlik manjših od polovice predpisanega dovoljenega odstopanja. Ocena natančnosti niveliranja 1 km nivelmanske linije v obe smeri, ki smo jo izračunali na osnovi zapiranja nivelmanskih zank, znaša 0,61 mm in na osnovi popravkov merjenih višinskih razlik po izravnavi 0,85 mm. Podobno velja tudi za doseženo natančnost po izravnavi nivelmanskih poligonov, saj je pri 87 % (13) nivelmanskih poligonov ocena natančnosti boljša od 0,5 mm. Dobre rezultate dobimo tudi pri oceni natančnosti določitve nadmorskih višin reperjev. Tako so nadmorske višine vozliščnih reperjev določene z natančnostjo od 0,99 mm do 7,33 mm. Pričakovano so boljši rezultati doseženi pri oceni natančnosti določitve nadmorskih višin reperjev v nivelmanskih poligonih, kjer so nadmorske višine določene z natančnostjo do 3,81 mm.

Z izračunom testnega modela geoida in njegovo analizo smo korak bližje k novemu slovenskemu geoidu, ki bo z ustrezno kakovostjo zadovoljil potrebe uporabnikov. Analiza je pokazala, da imamo probleme predvsem na mejnem območju z Italijo, ki so rešljivi s pridobitvijo bolj kakovostnih podatkov iz Italije. V nadaljnjih letih bo zgoščena tudi mreža

kvalitetnih GNSS/nivelmanskih točk, ki bodo služile za vpetje geoida v nov višinski sistem Slovenije. Prav tako bo povečana tudi baza t. i. GNSS/nivelmanskih točk, ki bodo kontrolne točke za oceno natančnosti nove višinske referenčne ploskve.

### Zahvala

Članek je nastal na podlagi rezultatov projekta "Vzpostavljanje evropskega prostorskega referenčnega sistema v Sloveniji". Projekt je bil podprt z donacijo Norveške na podlagi Norveškega finančnega mehanizma – Sporazum o dodelitvi nepovratnih sredstev SI0004-SGN-00085-E-V3-NFM.

### Literatura

- Ambrožič, T., Turk, G. (2004). Navodila za uporabo programa Win ViM. Ljubljana, UL FGG, Oddelek za geodezijo.
- Berk, S., Bajec, K., Triglav Čekada, M., Fajdiga, D., Mesner, N., Arh, I., Žagar, T., Janežič, M., Fabiani, N., Radovan, D., Stopar, B., Koler, B., Kuhar, M., Sterle, O., Pavlovčič Prešeren, P., Ambrožič, T., Kogoj, D., Savšek, S. (2009). Razvoj DGS 2009. Prehod na nov koordinatni sistem. Končno poročilo projekta. Geodetski inštitut Slovenije, Ljubljana.
- Lyszkowicz, A., Bernatowicz, A. (2010). Accuracy evaluation of the successive campaigns of the precise levelling in Poland. Technical Sciences, no. 13.
- Omang, O. C. D. (2000). The challenge of precise geoid determination – applied to Norwegian extremities: glaciers, fjords and mountains. Doktorska disertacija. Institutt for kartfag, Norges Landbrukshøgskole, Scientific report, št. 4, Ås, Norveška.
- Oven, K., Berk, S., Bajec, K., Pegan Žvokelj, D., Klanjšček, M., Demšar, J., Vrabič, R., Droščák, B., Zore, M., Fabiani, N., Janežič, M., Radovan, D., Stopar, B., Koler, B., Kuhar, M., Sterle, O., Pavlovčič Prešeren, P., Ambrožič, T., Kogoj, D., Savšek, S. (2010). Razvoj DGS 2010. Prehod na nov koordinatni sistem. Končno poročilo projekta, Geodetski inštitut Slovenije, Ljubljana.
- Pravilnik o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk (1981). Ljubljana. Republiška geodetska uprava.
- Pribičević, B. (2000). Uporaba geološko-geofizičnih in geodetskih baz podatkov za računanje ploskve geoida Republike Slovenije. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana.
- Solheim, D. (2000). New height reference surfaces for Norway. V: J. A. Torres in H. Hornik (ur.). Report on the Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF), Tromsø, 22.–24. junij 2000. Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung, Astronomisch-Geodätische Arbeiten, zv. 61, str. 154–158. Bayerische Akademie der Wissenschaften, München.