

Pregled višinskih datumov Slovenije

Božo Koler*, Tilen Urbančič*, Miran Kuhar*, Polona Pavlovčič Prešeren*, Bojan Stopar*,
Oskar Sterle*

Povzetek

V prispevku predstavljamo pregled višinskih datumov nivelmanskih mrež Slovenije, ki so bili določeni na osnovi večletnih opazovanj na različnih mareografih ob Jadranski obali. Predstavljamo določitev višinskega datuma Koper za novo državno nivelmansko mrežo 1. reda. Uvedba novega višinskega datuma v Sloveniji ima poleg določitve izhodišča za določitev nadmorskih višin pomen tudi v določitvi globinskega datuma. Povezava višinskega in globinskega datuma bo omogočila enolično povezavo višin na kopnem z globinami na morju.

Ključne besede: mareograf, višinski datum, globinski datum

Keywords: Tide gauge, height datum, chart datum

Uvod

Mareograf je naprava, ki v časovni vrsti beleži nivo morja. Srednji nivo morja predstavlja ekvipotencialno ploskev, ki poteka skozi izbrano izhodiščno točko, to je *mareograf*, in predstavlja referenčno ploskev za določitev višin s postopki geometričnega nivelmana. Mareografska opazovanja služijo za določitev višinskega datuma nivelmanskih mrež oziroma izhodišče za določitev nadmorskih višin točk na kopnem. Določitev višinskega datuma nivelmanskih mrež na območju Slovenije je povezana z opazovanji na mareografih v Trstu, Bakru, vzdolž vzhodne jadranske obale (Koper, Rovinj, Bakar, Split in Dubrovnik) in Kopru. Na osnovi mareografskih opazovanj je določen tudi globinski datum. Povezava med višinskim in globinskim datumom je pomembna za varno odvijanje pomorskega prometa kot tudi poenotenje oziroma povezavo višin na kopnem z globinami na morju.

Višinski datum nivelmanske mreže nam predstavlja srednji nivo morja, ki ga izračunamo iz dolgoletnih opazovanj nihanj nivoja morja na mareografu. Da dobimo zanesljive podatke, moramo nihanje nivoja morja neprekinjeno opazovati vsaj 18,6 let. Po dogovoru ima srednji nivo morja oziroma ničelna nivojska ploskev absolutno višino enako nič. Lega ničelne nivojske ploskve je definirana z vertikalno oddaljenostjo od normalnega reperja, ki je stabiliziran na geološko stabilnem območju (Stefanović, 1955).

Pregled višinskih datumov nivelmanskih mrež v Sloveniji

Višinski datumi na območju Slovenije so povezani z različnimi obdobji, ko je bilo ozemlje Slovenije sestavni del drugih držav. Prvi višinski datum je bil določen v času Avstro-Ogrske monarhije, drugi v času SFRJ in zadnji v času Slovenije kot samostojne države. Kakovost določitve višinskega datuma je povezana s kakovostjo instrumentov kot tudi z nekaterimi ključnimi odločitvami tedanjih strokovnjakov. Kot primer naj izpostavimo večkrat slišano problematiko mareografa v Trstu, kjer so za določitev datuma privzeli le enoletna opazovanja nihanj nivoja morja. Takratne odločitve so vodile do anomalij, na katere so kasneje opozarjali številni strokovnjaki.

* Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, Ljubljana

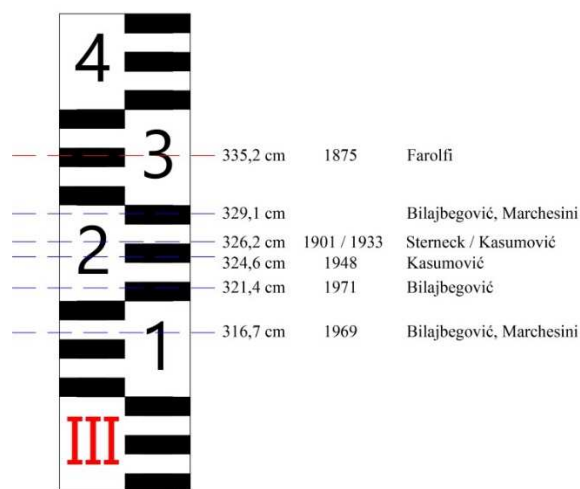
Tehnološki razvoj je omogočil posodobitev opreme na mareografih. Medtem ko je bil stari mareograf v Kopru (slika 1) še mehanski, je novi opremljen z radarskim mareografom in mareografom s plovcem, katerega položaj se registrira digitalno.



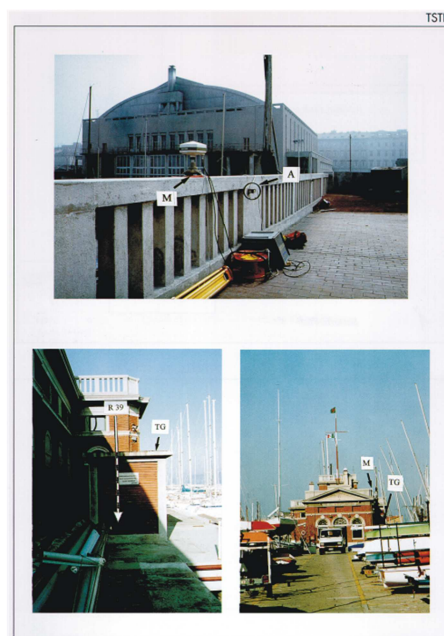
Slika 1: Stari mareograf (levo) in novi mareograf (desno) v Kopru

Višinski datum Trst 1875

Normalni reper za navezavo avstro-ogrske nivelmanske mreže predstavlja reper na pomolu Sartorio v Trstu (slika 3). Čeprav so mareograf postavili leta 1869, so prve podatke o registraciji nivoja Jadranskega morja za leto 1875 objavili leta 1877, torej pred pretekom 18,6-letnega niza potrebnih kontinuiranih opazovanj na mareografu. Odločitev, da bodo višino normalnega reperja ($3,352 \text{ m} \pm 0,01 \text{ m}$) določili na osnovi enoletnih opazovanj, so sprejeli zato, ker so želeli povezati srednji nivo Sredozemskega morja s severnimi morji in določiti enotni normalni reper za celo Evropo. Normalni reper v Trstu nikoli ni bil preračunan na enotni normalni reper Evrope. Razlog za to je bilo dejstvo, da je srednji nivo Sredozemskega morja za 13 cm nižji od srednjega nivoja severnih morij, zato so države obdržale svoje normalne reperje (Zeger, 1986). Te odločitve niso bile podrobno utemeljene oziroma zapisane, zato so kasneje o problematični višini normalnega reperja v Trstu strokovnjaki le sklepali oziroma nanjo opozarjali. Prvi je na to opozoril leta 1904 Sterneck, kasneje tudi drugi. Kasumović je izračunal razliki 8,9 cm (1933) in 10,6 cm (1948) na osnovi opazovanj nihanj morja v Bakru za leto 1933 in z upoštevanjem spremembe konstante mareografa leta 1948. Na *Istituto Talassografico Trieste* so iz opazovanj mareografa v Trstu za leto 1969 izračunali razliko 18,5 cm (Koler, 1994). Leta 1991 so z opazovanji nihanja nivoja morja v Bakru in z znano višinsko razliko med reperjema mareografov v Bakru in Trstu določili razliko 6,056 cm (Bilajbegović in Marchesini, 1991). Bilajbegović je izračunal razliko 13,8 cm iz opazovanj nihanj nivoja morja v Bakru za leto 1971. Na sliki 2 prikazujemo različne vrednosti srednjega nivoja morja v Trstu.



Slika 2: Srednji nivoji morja v Trstu za različna obdobja



Slika 3. Objekt na pomolu Sartorio v Trstu, v katerem se nahaja mareograf

Problematična višina normalnega repolja v Trstu je vrsto let vplivala na izračune nadmorskih višin točk v Sloveniji. Različne vrednosti srednjih nivojev v Trstu so se pri avtorjih pojavile zato, ker so bile vrednosti določene na različnih mareografih (Bakar, Trst), nanašale so se na različne nize opazovanj in so bile določene za različna leta (1901, 1933, 1948, 1969 in 1971).

Po 2. svetovni vojni je bila na območju bivše SFRJ narejena izmera I. nivelmana visoke natančnosti (I. NVN) in navezana na ohranjene repolje avstro-ogrskega nivelmana. Mreža I. NVN ima isti višinski datum (Trst1875) kot avstro-ogrska nivelmanska mreža.

Višinski datum Bakar 1933

Leta 1957 so v Kopru postavili mehanski mareograf (slika 1). Takrat je bil za izhodiščni reper za navezavo nivelmanske izmere na območju tedanje Jugoslavije (I. NVN) privzet reper mareografa v Bakru. Nove mareografe ob vzhodni jadranski obali so vključili v nivelmansko mrežo na osnovi srednjega nivoja morja mareografa v Bakru, ki ga je izračunal *Geofizički institut v Zagrebu* iz meritev v obdobju od 1930 do 1938 za leto 1933.

Prvi podatek o višinski razliki med reperjem 5486 koprskega mareografa in vrhom vodomerne late izvira iz poročila iz februarja 1958 in skice nivelmanske izmere, ki je bila izdelana 26. 8. 1958. Na osnovi te izmere je bila določena nadmorska višina reperja 5486, ki je znašala 2,0356 m. Konstanta mareografa, ki predstavlja višinsko razliko med ničlo vodomerne late in vrhom reperja mareografa 5486 v Kopru, je bila 4,0356 m, kar pomeni, da je srednji nivo morja v vertikalnem datumu Bakar 1933 bil na 200,00 cm vodomerne late. Nadmorske višine reperjev na tem območju so bile do preračuna nivelmanske mreže v letu 2000 določene v višinskem datumu Bakar 1933.

Višinski datum Maglaj 1971

Nivelmanska mreža II. reda je bila prvič navezana na normalni reper bivše SFRJ. Stabilizirali so ga v mestu Maglaj v Bosni in Hercegovini. Višinski datum II. NVN je bil določen na osnovi mareografskih opazovanj na mareografih vzdolž vzhodne Jadranske obale. Najstarejša sta mareografa v Bakru in Splitu, ki so ju postavili leta 1929. Po 2. svetovni vojni so zgradili še mareografe v Splitu na rtu Marjana (1952), v Dubrovniku (1954), v Rovinju (1955), v Kopru (1957) in Baru (1964). Srednji nivoji morja na posameznih mareografih so določeni za dan 3. 7. 1971 iz podatkov registracij nihanj nivoja morja od 1962,2 do 1980,8 (Bilajbegović, 1989).

Višinski datum evropske nivelmanske mreže UELN95

Nivelmanska mreža II. NVN je bila vključena v evropsko nivelmansko mrežo UELN95, ki je navezana na normalni reper v Amsterdamu. Na območju Slovenije smo stabilizirali 11 reperjev in jim višine določili tudi v višinskem datumu Amsterdam, med njimi je bil tudi reper 5486 v Kopru, katerega višina je 1,5392 m.

Slovenski višinski sistem 2000 (SVS2000)

Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS) je leta 1990 začela sanirati nivelmanske mreže. Za nivelmanske mreže višjih in nižjih redov, ki so stabilizirane na območju Slovenije, je bilo značilno, da niso bile nikoli izravnane kot celota. Večkratno preračunavanje nivelmanskih poligonov je povzročilo dvojne ali celo trojne višine identičnih reperjev, ki so se med seboj razlikovale. Probleme so rešili z izravnavo nivelmanske mreže Slovenije v letu 2000, ki so jo navezali na avstro-ogrski fundamentalni reper FR-1049. Ta se nahaja v bližini Ruš, ob železniški progi Maribor–Dravograd (slika 4). Višina reperja FR-1049 se nanaša na višinski datum Trst 1875. Nadmorske višine točk, ki jih danes uporabljamo v Sloveniji, so zato določene v višinskem datumu avstro-ogrške nivelmanske mreže.

Višinski datum Koper 2010

Stari mareograf v Kopru so postavili leta 1957 in ga leta 2005 modernizirali s sodobno mareografsko opremo. Nahaja se na Ukmarjevem trgu, kjer je več desetletij stala stara mareografska postaja. Poleg spremljanja srednjega nivoja in temperature morja so danes na voljo tudi natančni meteorološki podatki (hitrost in smer vetra, zračni tlak, temperatura zraka in vlažnost) ter geodetska opazovanja (GNSS, gravimetrične meritve in geometrični nivelman).

Preglednica 1. Srednji nivoji nivelmanskih mrež Slovenije

Višinski datum			Srednji nivo morja (cm)	Razlika (cm)
Naziv	Določen	Iz niza opazovanj nihanj morja		
Trst	1875	1 leto	208,5	0
Bakar	1933	1930 –1938	200,0	8,5
Maglaj	3. 7. 1971	1962,2 –1980,8	215,2	– 6,7
Koper	10. 10. 2010	21.5.1997 – 31.12.2015	224,0	– 15,5
NAP	1995 (UELN95)	18,6 let	249,6	–41,1

Preglednica 1 vsebuje informacije o določitvi srednjih nivojev morja posameznih višinskih datumov nivelmanskih mrež na območju Slovenije. Višinska datuma Maglaj in Koper sta bila določena iz niza 18,6 –letnih opazovanj. Nivelmanske mreže na območju Slovenije, razen območje Kopra in dela Primorske, ki je bilo navezано na vertikalni datum Bakar, so navezane na višinski datum Trst (enoletna opazovanja). V višinskem datumu Maglaj so bile izračunane višine reperjev v II. nivelmanski mreži velike natančnosti (II. NVN), ki nikoli niso bile uradne nadmorske višine na območju Slovenije, saj se je Slovenija pred izračunom osamosvojila. Po preračunu nivelmanskih mrež leta 2000 so vse višine na območju Slovenije določene v Slovenskem višinskem sistemu 2000 (SVN2000) v višinskem datumu Trst 1875. Iz preglednice vidimo, da odstopanja glede na višinski datum Trst znašajo od 8,46 cm do –15,55 cm. To pomeni, da so z odstopanjem obremenjene vse nadmorske višine reperjev v nivelmanskih mrežah Slovenije.

Zaključek

Iz zgoraj zapisanega vidimo pestro dogajanje pri določanju višinskega datuma nivelmanskih mrež Slovenije. Danes so uradne višine v Sloveniji določene v višinskem datumu Trst, ki je bil določen leta 1875 na osnovi enoletnih opazovanj nivoja morja na mareografu v Trstu. Številni raziskovalci so na osnovi različnih analiz ugotovili, da je bil srednji nivo morja v Trstu iz leta 1875 previsok od 6,1 cm do 18,5 cm.

V letu 1957 postavljen mareograf v Kopru so povezali v mrežo mareografov vzdolž vzhodne jadranske obale. Srednji nivo v Kopru je bil določen na osnovi srednjega nivoja morja na mareografu v Bakru za leto 1933. To pomeni, da so bile višine reperjev na območju Kopra določene v vertikalnem datumu Bakar 1933. Nivelmanska mreža II. NVN, ki je bila izmerjena v 70. letih prejšnjega stoletja in navezана na normalni reper v Maglaju, vendar višine v Sloveniji niso bile nikoli uradne višine v višinskem datumu Maglaj 1971.

Leta 2000 so bile višine reperjev nivelmanskih mrež na območju Slovenije preračunane v višinski datum Trst 1875, ki je bil na območju Slovenije realiziran z višino reperja FR 1049 v Rušah. Takrat so bile višine vseh reperjev na območju Slovenije prvič določene v enotnem višinskem datumu Trst 1875.

Po letu 2000 smo pričeli z novo izmero nivelmanske mreže 1. reda Slovenije. V projektu *Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav*, ki ga je ob finančni podpori Finančnega mehanizma EGP 2009–2014 izvajala GURS s partnericama Norveško geodetsko upravo in Islandsko geodetsko upravo, je bil določen višinski datum Koper 2010, ki prvič predstavlja enotno slovensko izhodišče za določitev višin na območju Slovenije.

Literatura

- Bilajbegović, A., 1989. Nivelman visoke točnosti Jugoslavije – svezak 1. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za višu geodeziju, Zagreb, 3–4.
- Bilajbegović, A., Marchesini, C., 1991. Jugoslavenski vertikalni datumi i preliminarno povezivanje nove jugoslovenske nivelmanske mreže s austrijskom i talijanskom. Geodetski list (45), Zagreb, št. 7–9, 233–49.
- Koler, B., 1994. Vertikalni datumi nivelmanskih mrež Slovenije. Geodetski vestnik, let. 38, št. 1, 11–15.
- Stefanović, M., 1955. Normalni reper nivelmanske mreže. Geodetski list (9), št. 1–2, 3–14.
- Zeger, J., 1986. Historische Entwicklung des Präzisionsnivelements in Österreich. Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen in Photogrammetrie (74), št. 4, 250–263.