

Datum: 20. 02. 2020

Geodetska uprava Republike Slovenije objavlja

Tehnično navodilo za uporabo novega državnega višinskega sistema (Različica 1.0, datum 20. 02. 2020)

Po Zakonu o državnem geodetskem referenčnem sistemu (Uradni list Republike Slovenije, št. 25/2014) je državni prostorski koordinatni sistem določen s parametri horizontalne in vertikalne sestavine ter z državno kartografsko projekcijo. Konec leta 2018 je Vlada Republike Slovenije sprejela Uredbo o določitvi parametrov višinskega dela vertikalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema (Uradni list Republike Slovenije, št. 80/2018), s katero je bil uveden nov državni višinski sistem z imenom Slovenski višinski sistem 2010 z oznako SVS2010 v višinskem datumu Koper. Nadomestil je stari slovenski višinski sistem SVS2000 v višinskem datumu Trst, ki ga je določal Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu (Uradni list Republike Slovenije, št. 25/2014). Za uvedbo novega višinskega sistema so bile izvedene številne dolgotrajne strokovne naloge in aktivnosti. Z uvedbo novega višinskega sistema je omogočena tudi kakovostna podpora uporabi sodobnih tehnologij za določanje horizontalnega položaja in višine točk.

To navodilo obravnava uporabo novega državnega višinskega sistema Slovenije. Predstavljena je kratka zgodovina višinskih sistemov v Sloveniji ter nastanek in osnovne značilnosti novega slovenskega državnega višinskega sistema SVS2010. Predstavljena je tudi uporaba višinske referenčne ploskve SLO_VRP2016/Koper za potrebe GNSS-višinomerstva.

Po standardu DIN 18710-1 so obravnavani različni razredi natančnosti določitve višin in različna geodetska dela z navajanjem priporočenega razreda natančnosti določitve višin (DIN 18710-2). V navodilu so obravnavane terestrične metode višinomerstva in GNSS-višinomerstvo ter izbor ustrezne merske opreme in pribora, ki omogoča določitev višin z ustrezno natančnostjo. Navodilo obravnava tudi transformacijo višin med SVS2000 in SVS2010.

Tehnično navodilo za uporabo novega državnega višinskega sistema nadomešča Navodilo za določanje višin z uporabo globalnih navigacijskih satelitskih sistemov (Različica 2.0, 15. 11. 2010).

Tehnično navodilo za uporabo novega državnega višinskega sistema je pripravila Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani v sodelovanju z Geodetsko upravo Republike Slovenije.

KAZALO

1	POJMOVNIK, UPORABLJENE KRATICE IN SINONIMI	3
2	STARI VIŠINSKI SISTEMI NA PODROČJU SLOVENIJE	8
2.1	IZMERE NIVELMANSKIH MREŽ NA OBMOČJU SLOVENIJE	8
2.2	PREGLED VIŠINSKIH DATUMOV NIVELMANSKIH MREŽ SLOVENIJE	8
2.2.1	<i>Višinski datum Trst 1875</i>	<i>8</i>
2.2.2	<i>Višinski datum Bakar 1933</i>	<i>9</i>
2.2.3	<i>Višinski datum Maglaj 1971</i>	<i>9</i>
2.3	SLOVENSKI VIŠINSKI SISTEM 2000 (SVS2000).....	9
3	NOVI SLOVENSKI VIŠINSKI SISTEM 2010.....	11
3.1	IZMERA NOVE NIVELMANSKE MREŽE 1. REDA	11
3.2	NOVI SLOVENSKI VIŠINSKI DATUM – VIŠINSKI DATUM KOPER.....	11
3.3	IZRAČUN VIŠIN V SVS2010	12
3.3.1	<i>Izračun normalnih višin</i>	<i>12</i>
3.3.2	<i>Izravnava starih nivelmanskih poligonov v SVS2010</i>	<i>13</i>
3.4	RAZLIKE VIŠIN REPERJEV V SVS2000 IN SVS2010.....	14
3.5	VKLJUČITEV NIVELMANSKE MREŽE 1. REDA V EVRF2019.....	15
4	NOVO OZNAČEVANJE NIVELMANSKIH POLIGONOV IN REPERJEV TER DOVOLJENA ODPSTOPANJA	17
4.1	RAZDELITEV NIVELMANSKIH MREŽ V REDOVE IN DOVOLJENA ODPSTOPANJA.....	17
4.2	OZNAČEVANJE NIVELMANSKIH POLIGONOV IN REPERJEV	17
4.2.1	<i>Nivelmanski poligoni in reperji višjega reda</i>	<i>18</i>
4.2.2	<i>Nivelmanski poligoni in reperji nižjega reda</i>	<i>18</i>
5	MODEL GEOIDA - VIŠINSKA REFERENČNA PLOSKEV	19
5.1	DOLOČITEV NOVEGA MODELA SLOVENSKEGA KVAZIGEOIDA – VIŠINSKE REFERENČNE PLOSKVE SLOVENIJE	19
5.2	KAKOVOST VIŠINSKE REFERENČNE PLOSKVE SLO_VRP2016/KOPER	20
6	RAZREDI NATANČNOSTI GEODETSKE DOLOČITVE VIŠIN	22
6.1	RAZREDI NATANČNOSTI DOLOČITVE VIŠIN	22
6.2	GEODETSKE METODE DOLOČITVE VIŠIN	24
6.2.1	<i>Nivelmanska izmera.....</i>	<i>25</i>
6.2.2	<i>Trigonometrično višinomerstvo</i>	<i>28</i>
6.3	GNSS-VIŠINOMERSTVO	29
7	DOLOČITEV ELIPSOIDNIH IN NADMORSKIH VIŠIN Z GNSS.....	31
7.1	NEKAJ CENTIMETRSKI NIVO NATANČNOSTI DOLOČITVE ELIPSOIDNIH VIŠIN (H1 ALI H2).....	31
7.1.1	<i>Določitev elipsoidnih višin z natančnostjo do nekaj cm (razred natančnosti H1 ali H2)</i>	<i>32</i>
7.1.2	<i>Uporaba metode GNSS-višinomerstva (razred natančnosti H1 ali H2 določitve nadmorskih višin) .</i>	<i>32</i>
7.1.3	<i>Kontrolna opazovanja (razred natančnosti H1 ali H2).....</i>	<i>33</i>
7.2	NEKAJ DECIMETRSKINIVONATANČNOSTI DOLOČITVE NADMORSKIH VIŠIN	33
7.2.1	<i>Določitev elipsoidnih višin z natančnostjo do nekaj dm</i>	<i>34</i>
7.2.2	<i>Uporaba metode GNSS-višinomerstva (natančnosti do nekaj dm)</i>	<i>34</i>
7.2.3	<i>Kontrolna opazovanja (natančnost do dm).....</i>	<i>35</i>
7.3	DOKUMENTACIJA IZVEDBE IN OBDELAVE MERITEV GNSS	36
8	TRANSFORMACIJA VIŠIN MED SVS2000 IN SVS2010	38
8.1	TRANSFORMACIJA VIŠIN NA PODLAGI RAZLIK NADMORSKIH VIŠIN MED SVS2000 IN SVS2010	38
8.2	TRANSFORMACIJA VIŠIN DOLOČENIH Z GNSS-VIŠINOMERSTVOM	38
8.3	OZNAČEVANJE VIŠINSKEGA SISTEMA NA LOKACIJSKIH PRIKAZIH	39
9	VIRI	40
10	KAZALO PREGLEDNIC	42
11	KAZALO SLIK.....	42

1 POJMOVNIK, UPORABLJENE KRATICE IN SINONIMI

B. W. H. Nr. 147	Kratica (oznaka) avstro-ogrškega normalnega reperja (iz nem. <u>Bundeswehr Höhemarke Numer 147</u>).
D96/TM	Kratica (oznaka) državnega ravninskega koordinatnega sistema.
ETRS 89	Kratica (oznaka) imena evropskega terestričnega referenčnega sistema (iz angl. <u>European Terrestrial Reference System 1989</u>); gre za evropski referenčni sistem, katerega sestavni del je tudi geocentrični geodetski datum, sprejet s strani EUREF; temelji na GRS 80; letnica predstavlja trenutek oziroma epoho (1989,0), v kateri je ta geodetski datum sovpadal z ITRS 89; je temelj novega slovenskega koordinatnega sistema.
EVRF2019	Kratica (oznaka) imena evropskega višinskega sestava (iz angl. <u>European Vertical Reference Frame 2019</u>), katerega sestavni del je tudi slovenska nivelmanska mreža 1. reda. Temelji na geopotencialnih višinah, v višinskem datumu Amsterdam (NAP). Predstavlja trenutno zadnjo realizacijo EVRS.
EVRS	Kratica (oznaka) imena evropskega višinskega sistema (iz angl. <u>European Vertical Reference System</u>).
GNSS	Kratica (oznaka) skupnega imena za globalne navigacijske satelitske sisteme (iz angl. <u>Global Navigation Satellite System</u>), kot so npr. ameriški GPS (angl. <u>Global Positioning System</u>), ruski GLONASS, evropski Galileo in kitajski Beidou.
GPS	Kratica (oznaka) imena ameriškega vojaškega globalnega navigacijskega satelitskega sistema (iz angl. <u>Global Positioning System</u>), ki deluje pod okriljem ameriškega ministrstva za obrambo.
GRS 80	Kratica (oznaka) imena globalnega terestričnega referenčnega sistema (iz angl. <u>Global Reference System 1980</u>) – letnica pomeni leto uveljavitve –, ki ga je leta 1979 sprejela Mednarodna zveza za geodezijo in geofiziko (angl. <u>International Union of Geodesy and Geophysics – IUGG</u>); definira štiri osnovne geofizikalne parametre Zemlje, in sicer veliko polos normalnega rotacijskega elipsoida, geocentrično gravitacijsko konstanto, dinamični faktor oblike in kotno hitrost vrtenja Zemlje; iz teh parametrov so izpeljane vse druge količine v okviru GRS 80.
I. NVN	Prvi (I.) Nivelman Visoke Natančnosti na področju bivše SFRJ.
II. NVN	Drugi (II.) Nivelman Visoke Natančnosti na področju bivše SFRJ.
NAP	Kratica (oznaka) za normalni reper mareografske postaje Amsterdam (iz niz. <u>Normaal Amsterdams Peil</u>), na katerega je vezan srednji nivo morja.
RMS/r.m.s./rms	RMS, tudi r.m.s. je kratica za koren srednjega kvadratnega odklona (iz angl. <u>Root of Mean Square Error</u>); <u>Mean Square Error</u> je srednji kvadratni odklon, tudi srednji kvadratni pogrešek; običajen statistični način podajanja točnosti;

RTK-GNSS	Kratica (oznaka) za kinematično metodo GNSS-izmere v realnem času (iz angl. <u>R</u> ea <u>L</u> <u>T</u> ime <u>K</u> inematic); glej RTK-metoda GNSS izmere.
SIGNAL	Kratica (oznaka) imena slovenskega državnega sistema za zagotavljanje popravkov opazovanj (iz <u>S</u> I- <u>G</u> eodezija- <u>N</u> avigacija- <u>L</u> okacija) – ime slovenskega omrežja stalnih GPS-postaj. V omrežje je vključenih 16 stalnih GNSS-postaj, in sicer Bodonci, Bovec, Brežice, Celje, Črnomelj, Idrija, Ilirska Bistrica, Koper, Ljubljana, Maribor, Nova Gorica, Ptuj, Radovljica, Slovenj Gradec, Trebnje in Velika Polana.
SLO_AMG2000/Trst	Kratica (oznaka) za slovensko višinsko referenčno ploskev v višinskem datumu Trst (<u>S</u> L <u>O</u> venski <u>A</u> bsolutni <u>M</u> odel <u>G</u> eoida <u>2</u> 000/ <u>T</u> rst).
SLO_VRP2016/Koper	Kratica (oznaka) za slovensko višinsko referenčno ploskev v višinskem datumu Koper (<u>S</u> L <u>O</u> venska <u>V</u> išinska <u>R</u> eferenčna <u>P</u> loskev <u>2</u> 016/ <u>K</u> oper).
SVS2000	Kratica (oznaka) imena za <u>S</u> lovenski <u>V</u> išinski <u>S</u> istem <u>2</u> 000.
SVS2010	Kratica (oznaka) imena za <u>S</u> lovenski <u>V</u> išinski <u>S</u> istem <u>2</u> 010.
UELN-95/98	Kratica (oznaka) imena združene evropske nivelmanske mreže (iz angl. <u>U</u> neted <u>E</u> uropean <u>L</u> evelling <u>N</u> etwork- <u>9</u> 5/ <u>9</u> 8), katerega sestavni del je bila jugoslovanska nivelmanska mreža II. NVN. Temelji na geopotencialnih višinah, v višinskem datumu Amsterdam (NAP).
VRS	Kratica (oznaka) za virtualno referenčno postajo (iz angl. <u>V</u> irtual <u>R</u> efere <u>n</u> ce <u>S</u> tation). Gre za enega od konceptov določanja položaja v omrežjih GNSS; tudi kratica za podatke, ki jih za izbrano lokacijo pripravlja računski center omrežja postaj GNSS; podpira jo npr. omrežje SIGNAL.

OSTALI TERMINI

absolutni model geoida	Je model geoida, ki je izračunan glede na geocentrični (absolutni) referenčni elipsoid, npr. GRS 80 ali WGS 84. Je ploskev absolutnih geoidnih višin oziroma višinskih odstopanj med absolutnim (geocentričnim) elipsoidom in geoidom na danem območju.
anomalija višine (kvazigeoidna višina)	Kvazigeoidna višina (ζ) je višinska razlika med referenčnim elipsoidom in kvazigeoidom. Velja enačba $\zeta = h - H^N$.
elipsa 95-odstotnega zaupanja	Standardna elipsa zaupanja, povečana za faktor 2,447; gre za območje, oblike elipse, znotraj katere se nahaja 95 % vseh parov vrednosti dveh skupno normalno porazdeljenih slučajnih spremenljivk, npr. parov koordinat točke.
elipsoid, rotacijski elipsoid	Telo, s katerim aproksimiramo Zemljo kot planet, tudi ploskev, ki omejuje telo elipsoida. Rotacijski elipsoid nastane z vrtenjem elipse okoli ene od njenih osi
elipsoidna višina	Je oddaljenost točke nad referenčnim elipsoidom, merjena vzdolž normale na elipsoid.

geoid	(1)Ekvipotencialna ploskev Zemljinega težnostnega potenciala, ki se v smislu teorije najmanjših kvadratov najbolje prilega srednji gladini morja. (2) Ekvipotencialna ploskev, ki bi sovpadala z gladino morja, če se oceani ne bi gibali in če bi na njih delovalo le Zemljino težnostno polje. Predstavlja izhodiščno ploskev za določanje ortometričnih višin (H).
geoidna višina (geoidna ondulacija)	Geoidna višina (N) je višinska razlika med referenčnim elipsoidom in geoidom. Velja enačba $N = h - H$. Ločimo absolutno in relativno geoidno višino, pri čemer se absolutna nanaša na globalni oz. geocentrični (absolutni) elipsoid (npr. GRS 80), relativna pa na lokalne referenčne elipsoide (npr. Besslov).
geopotencialna višina (geopotencialna kota)	Oznaka je C . Predstavlja razliko težnostnega potenciala med točko obravnave in ekvipotencialno ploskvijo (ničelno nivojsko ploskvijo), v kateri je težnostni potencial enak nič, $W = 0$. Za to ploskev običajno prevzamemo geoid oz. kvazigeoid.
geopotencialna razlika	Geopotencialna razlika je določena na podlagi nivelirane višinske razlike med reperjema in srednjim težnim pospeškom, ki je izmerjen ali določen na reperjih. Geopotencialna razlika predstavlja razliko potencialov med ekvipotencialnimi ploskvami v enoti m^2/s^2 .
hitra statična metoda GNSS-izmere	Hitra statična metoda GNSS-izmere (angl. fast static) je vrsta statične metode izmere, ki se je pojavila z razvojem algoritmov za učinkovito določitev fazne nedoločenosti (angl. resolving the phase ambiguity) ob uporabi različnih tipov opazovanj (fazi valovanj L1 in L2, C/A- in P-kode) in različnih kombinacij teh opazovanj, kar omogoča hitro in zanesljivo določitev fazne nedoločenosti.
inicializacija	Visoka kakovost določitve koordinat na osnovi faznih opazovanj temelji na zanesljivi določitvi fazne nedoločenosti valovanja med satelitom in sprejemnikom. Pri kinematičnih metodah je fazna nedoločenost določena z inicializacijo v začetnem trenutku opazovanj in mora biti konstantno v času izvajanja neprekinjenih opazovanj. V primeru prekinitve sprejema signalov (npr. zaradi ovir) je treba inicializacijo ponoviti (tj. ponovno določiti fazno nedoločenost).
interval 95-odstotnega zaupanja	Standardni odklon, povečan za faktor 1,960; gre za območje (srednja vrednost $\pm 1.96 \times$ standardni odklon), znotraj katerega se nahaja 95 % vrednosti normalno porazdeljene slučajne spremenljivke, npr. koordinat točke.
kvazigeoid	Geometrijsko mesto točk, ki predstavlja referenčno ploskev za računanje normalnih višin (H^N). Na morjih in oceanih geoid in kvazigeoid sovpadata, na kopnem razlika linearno narašča z nadmorsko višino.

kinematična metoda GNSS izmere	Je metoda GNSS-izmere, ki temelji na faznih opazovanjih in hkratni izmeri z dvema sprejemnikoma. Referenčni sprejemnik se nahaja točki z znanimi koordinatami, z drugim (premičnim) sprejemnikom pa izvajamo izmero. Končne koordinate detajlnih točk so določene z naknadno obdelavo opazovanj, pridobljenih z obema sprejemnikoma.
nadmorska višina	Je višina točke nad geoidom oziroma nad srednjim nivojem morja in je definirana z geometrično (višinsko) razliko in s težnostnim pospeškom.
nivojski elipsoid	Referenčni elipsoid, ki ima poleg geometrijskih parametrov definirane tudi fizikalne. Referenčni elipsoid ustvari normalno težnostno polje, v katerem računamo normalni težni pospešek (formula Somigliane). Trenutno se v svetu uporabljata samo dva nivojska elipsoida: GRS 80 in WGS 84.
normalna višina	Normalne višine so definirane na podlagi geopotencialnih višin, ki so določene z nivelmansko in gravimetrično izmero. V praksi se za normalne višine običajno uporablja izraz nadmorske višine.
normalne-ortometrične višine	Normalne ortometrične višine so definirane na podlagi predpostavk (računskih modelov) o težnostnem polju in so določene brez izmerjenih vrednosti težnostnega pospeška.
relativni model geoida	Je model geoida, ki je izračunan glede na relativni referenčni elipsoid (negeocentrični), npr. Bessel, Hayford, Krasovski itd. Je ploskev relativnih geoidnih višin oziroma višinskih odstopanj med relativnim (lokalnim) referenčnim elipsoidom (npr. elipsoidom Bessel) in geoidom na danem območju.
RTK-metoda GNSS izmere	RTK metoda GNSS-izmere (angl. <u>R</u> ea <u>T</u> <u>T</u> ime <u>K</u> inematic) je v osnovi kinematična metoda izmere, pri čemer se obdelava podatkov izvaja v času izmere. Tako že med samo izmero pridobimo podatke o položaju in kakovosti določitve le-tega. Uspešnost metode temelji na zanesljivi določitvi fazne nedoločenosti. Metoda omogoča določitev koordinat z nekaj-centimetrsko točnostjo in je primerna za geodetske naloge, ki jim takšna natančnost ustreza, npr. detajlna geodetska izmera, naloge geodezije v inženirstvu.
stalna GNSS-postaja	Stalna GNSS-postaja (tudi permanentna oz. referenčna GNSS-postaja). Gre za kakovostno stabilizirano točko, s predhodno kakovostno določenimi koordinatami v koordinatnem sistemu, na kateri je trajno nameščena kakovostna GNSS-merska oprema, s katero se izvajajo neprekinjene GNSS-meritve.
standardna elipsa zaupanja	Dvorazsežni ekvivalent standardnega odklona normalno porazdeljene slučajne spremenljivke. Predstavlja območje, znotraj katerega se nahaja 39,4 % vseh parov dveh skupno normalno porazdeljenih slučajnih spremenljivk (npr. npr parov horizontalnih ali ravninskih koordinat točke). Standardna elipsa zaupanja je podana s tremi parametri: veliko polosjo elipse (a), malo polosjo elipse (b) ter kotom zasuka velike polosi (⊙) glede na primarno os-koordinatnega sistema.

standardni interval zaupanja	Običajen način podajanja razpršenosti enorazsežne populacije (npr. natančnosti koordinate). Interval je podan z dvakratno vrednostjo dolžine, ki jo določa standardni odklon (σ)(srednja vrednost $\pm \sigma$).
standardni odklon	Standardni odklon (tudi standardna deviacija σ) je najbolj pogosto uporabljena mera razpršenosti slučajne spremenljivke; pozitivni kvadratni koren variance; V primeru normalne porazdelitve predstavlja interval znotraj katerega se nahaja 68,3 % vseh vrednosti normalno porazdeljene slučajne spremenljivke (npr. koordinate točke).
višinska referenčna ploskev (VRP)	Ploskev, ki je uporabljamo v postopku GNSS-višinomerstva, tj. izračunu nadmorskih višin s pomočjo meritev GNSS. VRP pridobimo s postopkom preračuna (vklopa) izbranega geoida (kvazigeoida) v višinski datum države.

2 STARI VIŠINSKI SISTEMI NA PODROČJU SLOVENIJE

2.1 Izmere nivelmanskih mrež na območju Slovenije

Prva nivelmanska izmera na območju Slovenije je bila izvedena od 1873 do 1895 v okviru izmere nivelmanske mreže Avstro-Ogrske. Izmerjeno je bilo 734 km nivelmanskih linij. Od leta 1946 do 1957 je na območju Slovenije potekala izmera prvega nivelmana visoke natančnosti SFRJ (I. NVN). Skupna dolžina niveliranih nivelmanskih linij je znašala 1084 km. Po 2. svetovni vojni so bili na območju Slovenije postopno izmerjeni še nivelmanski poligoni nižjih redov in mestne nivelmanske mreže. Izmera drugega nivelmana visoke natančnosti SFRJ (II. NVN) je potekala od 1970 do 1973. Na območju Slovenije je bilo izmerjenih 688 km nivelmanskih linij. Po izmeri II. NVN so bili od 1988 do 2004 izmerjeni še posamezni nivelmanski poligoni 1. reda.

2.2 Pregled višinskih datumov nivelmanskih mrež Slovenije

Višinski datum nivelmanske mreže predstavlja srednji nivo morja, ki je izračunan iz najmanj 18,6 let potekajočih opazovanj višine nivoja morja na mareografu. Srednji nivo morja oziroma ničelna nivojska ploskev ima vrednost višine enako nič. Lega ničelne nivojske ploskve v prostoru je definirana z vertikalno oddaljenostjo od normalnega reperja, ki je stabiliziran v bližini mareografa na geološko stabilnem območju. Prvi višinski datum za območje Slovenije je bil določen v času Avstro-Ogrske monarhije, drugi v času SFRJ in zadnji v času od nastanka države Republike Slovenije.

2.2.1 Višinski datum Trst 1875

Normalni reper za navezavo avstro-ogrške nivelmanske mreže predstavlja reper na pomolu Sartorio v Trstu. Višina normalnega reperja je bila določena na osnovi le enoletnih opazovanj višine nivoja morja v letu 1875. Tako kratko obdobje je bilo uporabljeno zato, ker je bil takrat primarni cilj vzpostavitev povezave srednjih nivojev Sredozemskega morja s severnimi morji za potrebe določitve enotnega normalnega reperja za celo Evropo. Srednji nivoji morja v Trstu, ki so bili določeni iz več letnega niza mareografskih opazovanj, se od prvotno določenega razlikujejo od 8,93 cm do 18,5 cm.

Po 2. svetovni vojni je bila na območju bivše SFRJ izvedena izmera I. NVN, ki ni bila izravnana. Na območju Slovenije so nivelmanske poligone I. NVN navezali na ohranjene reperje avstro-ogrške nivelmanske mreže. Z zgostitvijo nivelmanske mreže s poligoni nižjega reda in mestnimi nivelmanskimi mrežami so bile višine reperjev, razen za območje dela Primorske, določene v višinskem datumu Trst 1875, enako kot avstro-ogrška nivelmanska mreža.

2.2.2 Višinski datum Bakar 1933

Za izhodiščni reper za navezavo izmere I. NVN na območju tedanje Jugoslavije je bil privzet reper mareografa v Bakru. Nove mareografe ob vzhodni jadranski obali so vključili v nivelmansko mrežo Jugoslavije na osnovi srednjega nivoja morja mareografa v Bakru, ki ga je izračunal Geofizični institut v Zagrebu iz meritev v obdobju od 1930 do 1938 za leto 1933.

Leta 1957 so v Kopru postavili mehanski mareograf. Prvi podatek o nadmorski višini reperja 5486 koprskega mareografa izvira iz poročila in skice nivelmanske izmere iz februarja 1958. Nadmorska višina reperja 5486 je bila določena v višinskem datumu Bakar. Ker so bili posamezni nivelmanski poligoni na območju dela Primorske navezani na reper 5486, so bile nadmorske višine reperjev do preračuna nivelmanske mreže v letu 2000 in uvedbe SVS2000 določene v višinskem datumu Bakar 1933.

2.2.3 Višinski datum Maglaj 1971

Izmera II. NVN je bil navezana na normalni reper 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), Rovinju (1955), 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. Po izravnavi II. NVN so bile nadmorske višine reperjev določene v višinskem datumu Maglaj 1971, vendar na območju Slovenije le te niso bile uradne višine.

2.3 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. Tako nadmorske višine reperjev na območju Slovenije niso bile določene v istem višinskem datumu. To dejstvo in večkratno preračunavanje nivelmanskih poligonov je povzročilo dvojne ali celo trojne višine reperjev, ki so se med seboj razlikovale. Realizacijo SVS2000 je predstavljala osnovna državna nivelmanska mreža višjega reda, ki je predstavljala osnovo za preračun vseh ostalih nivelmanskih poligonov nižjih redov. V nivelmansko mrežo višjega reda so bili vključeni nivelmanski poligon iz izmere I. NVN, ki je potekala po drugi svetovni vojni (1950), iz izmere II. NVN, ki je potekala na območju Slovenije v začetku sedemdesetih in izmere nivelmanskih poligonov I. reda, ki so potekale po letu 1989. Nivelmanska mreža višjega reda Slovenije je bila izravnana v višinskem datumu Trst 1875 z navezavo na avstro-ogrski reper z oznako B.W.H. Nr. 147 v avstro-ogrski nivelmanski mreži oziroma FR-1049 v SVS2000 in N1-V-FR-1049 v SVS2010 (Slika 1), ki je stabiliziran v bližini Ruš pod Pohorjem.



Slika 1: Normalni reper nivelmanske mreže 1. reda Slovenije.

Slovenski višinski sistem z oznako SVS2000 je imel zaradi zgodovinskih in tehničnih razlogov številne pomanjkljivosti, in sicer:

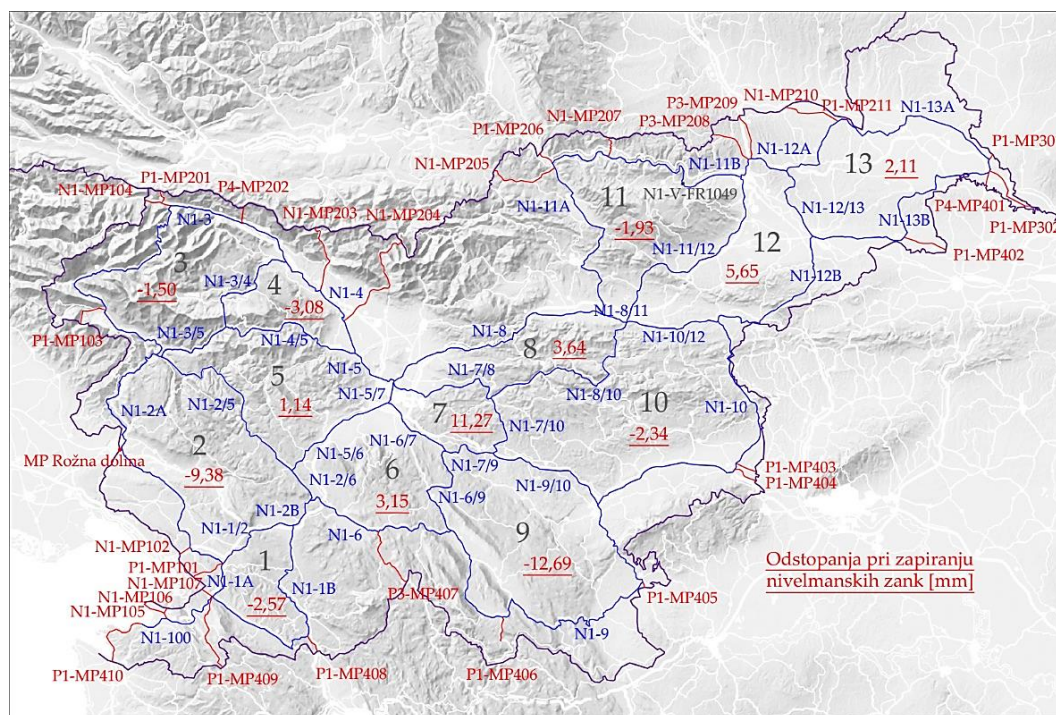
- Temeljlil je na višinskem datumu Trst 1875, ki je bil vzpostavljen konec 19. stoletja v času Avstro-Ogrske monarhije. Višine so bile določene v sistemu normalnih ortometričnih višin, ki so zastarele, saj višine niso določene na osnovi nivelmanske in gravimetrične izmere na reperjih. Za izračun popravkov merjenih višinskih razlik se namesto izmerjenega težnega pospeška uporablja izračunane vrednosti težnega pospeška oziroma t.i. normalni težni pospešek. Normalne ortometrične višine se nanašajo na t.i. normalno ničelno nivojsko ploskev.
- Zaradi vertikalnih pomikov, ki so prisotni na področju Slovenije, je jasno, da so obstajale razlike med dejanskimi višinami reperjev na terenu in podatki, ki so bili vodeni v evidenci geodetskih točk GURS.
- Višinska referenčna ploskev oz. model geoida (SLO_AMG2000/Trst), ki je bil izračunan leta 2000, je temeljlil na gravimetričnih meritvah iz 70-ih let prejšnjega stoletja. Navezan je bil na točke, katerim so bile višine večinoma določene s trigonometričnim višinomerstvom in pred preračunom nivelmanske mreže leta 2000, ko so bili vsi reperji na območju Slovenije preračunani v višinski datum Trst. Posledica navedenega je, da z uporabo SLO_AMG2000/Trst ni bilo možno kakovostno izvajati GNSS-višinomerstva na ozemlju Slovenije.

3 NOVI SLOVENSKI VIŠINSKI SISTEM 2010

Izračun višin reperjev v SVS2010 se je izvajal v dveh korakih. V prvem je bila izravnana nivelmanska mreža 1. reda z navezavami na sosednje države in nekaterimi drugimi slepimi nivelmanskimi poligoni, v drugem koraku pa se je izvedel preračun starih nivelmanskih poligonov nižjih redov v višinski datum Koper oziroma SVS2010. Z uvedbo novega višinskega sistema je omogočena kakovostna podpora uporabi sodobnih tehnologij za določanje višin točk.

3.1 Izmera nove nivelmanske mreže 1. reda

GURS je od leta 2006 sistematično izvajala sanacijo nove nivelmanske mreže 1. reda (Slika 2), ki je bila zaključena leta 2015 in je sestavljena iz 13 nivelmanskih zank, ki so sklenjene znotraj ozemlja Slovenije. Skupna dolžina nivelmanskih linij je 1671,7 km, sestavlja jo 2028 reperjev. Odstopanja pri zapiranju nivelmanskih zank znašajo od $-1,50$ mm (zanka 3) do $-12,69$ mm (zanka 9) in od $1,14$ mm (zanka 5) do $11,27$ mm (zanka 7) (Slika 2).



Slika 2: Nova nivelmanska mreža 1. reda Slovenije.

3.2 Novi slovenski višinski datum – višinski datum Koper

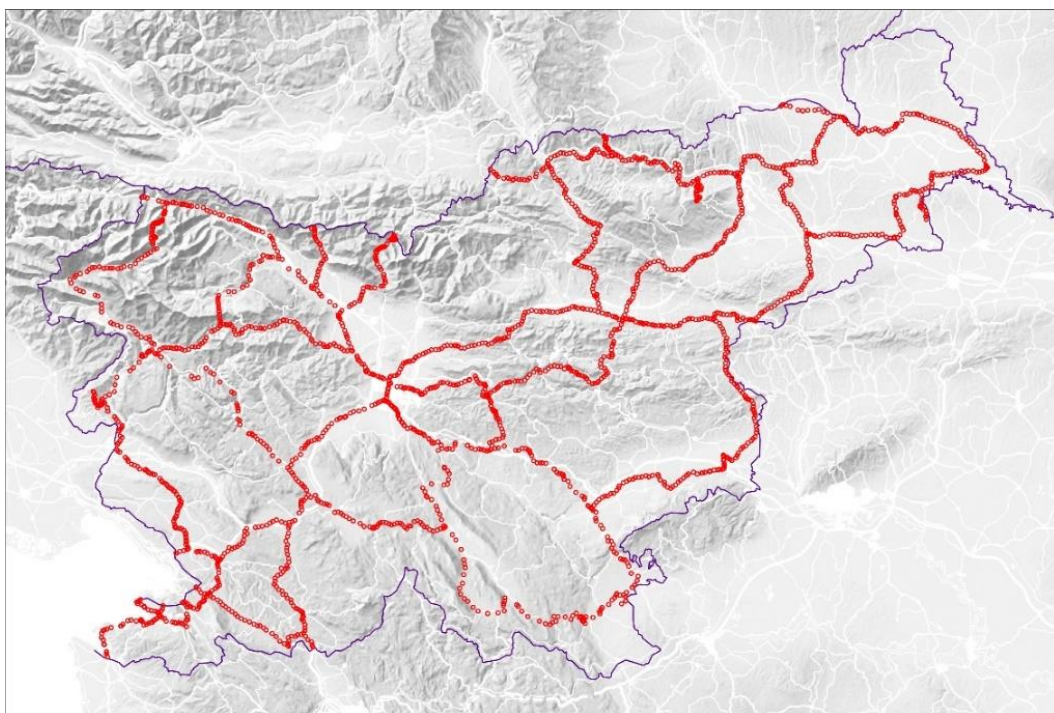
Srednji nivo morja za določitev novega slovenskega višinskega datuma – višinskega datuma Koper, je bil izračunan iz niza podatkov mareografskih meritev, ki se nanaša na obdobje od 21. 5. 1997 do 31. 12. 2005, ki je bil pridobljen iz meritev višine morja na stari mareografski postaji in niza meritev za obdobje od 1. 1. 2006 do 31. 12. 2015, ki je bil pridobljen iz meritev na novi mareografski postaji Koper. V izračunu višinskega datuma Koper sta poleg mareografskih meritev upoštevani še stabilnost mareografske postaje Koper in hitrost

spreminjanja nivoja morja. Srednji časovni datum (epoha) obeh nizov meritev je 15. 3. 2006. Ker je bila večina nivelmanskih poligonov (95,9 %) izmerjena v obdobju od leta 2005 do 2015, je višinski datum Slovenije, izračunan za 10. 10. 2010, ki tako sovпада s srednjo epoho izmere nivelmanske mreže 1. reda Slovenije. Novi višinski datum Koper se od starega višinskega datuma Trst razlikuje za 15,5 cm, in sicer je višinski datum Koper višje, kar pomeni, da so višine na območju Slovenije v SVS2010 nižje kot v višinskem sistemu SVS2000.

3.3 Izračun višin v SVS2010

3.3.1 Izračun normalnih višin

Reperji imajo višine določene v različnih sistemih višin, ki imajo za izhodišče različne referenčne ploskve (geoid, kvazigeoid), ki so določene različno. Z geometričnim nivelmanom so določene geometrične višinske razlike med reperji. Nivelmansko izmero izvajamo v težnostnem polju Zemlje, zato je izmerjena višinska razlika odvisna od poti niveliranja. Praviloma so razlike večje v hribovitih in goratih območjih. Osnova za vse sodobne sisteme višin so geopotencialne višine. Razlike geopotencialnih višin so določene z izmero višinskih razlik z geometričnim nivelmanom in izmerjenimi vrednosti težnega pospeška na reperjih vzdolž nivelmanskih poligonov. V novi slovenski nivelmanski mreži 1. reda je bil težni pospešek izmerjen na 84,1% reperjih (Slika 3) z relativnima gravimetroma Scintrex CG-3M in CG-5M. Meritve so bile izvedene z natančnostjo $\pm 50 \cdot 10^{-8} \text{ ms}^{-2}$ ($\pm 50 \text{ } \mu\text{Gal}$). Meritve težnega pospeška se nanašajo na osnovno gravimetrično mrežo Slovenije, ki je bila vzpostavljena leta 2006 in določa gravimetrično sestavino vertikalne komponente državnega prostorskega koordinatnega sistema.



Slika 3: Reperji 1. reda, vključeni v gravimetrično izmero.

V nivelmanski mreži 1. reda so izravnane razlike geopotencialnih višin (geopotencialne razlike). Normalni reper mreže je avstro-ogrski fundamentalni reper z oznako N1-V-FR-1049 (Slika 1), ki je bil normalni reper že v Slovenskem višinskem sistemu SVS2000 z višinskim datumom Trst. Izravnane geopotencialne višine reperjev nivelmanske mreže 1. reda so služile za izračun normalnih višin reperjev. Referenčni standardni odklon po izravnavi nivelmanske mreže 1. reda in preračunu geopotencialnih višin v normalne višine znaša $\widehat{\sigma}_0 = 0,50$ mm. Standardni odklon normalnih višin reperjev znaša od 0,06 mm do 6,08 mm, srednji standardni odklon normalnih višin reperjev v nivelmanski mreži 1. reda pa 4,24 mm.

3.3.2 Izravnavna starih nivelmanskih poligonov v SVS2010

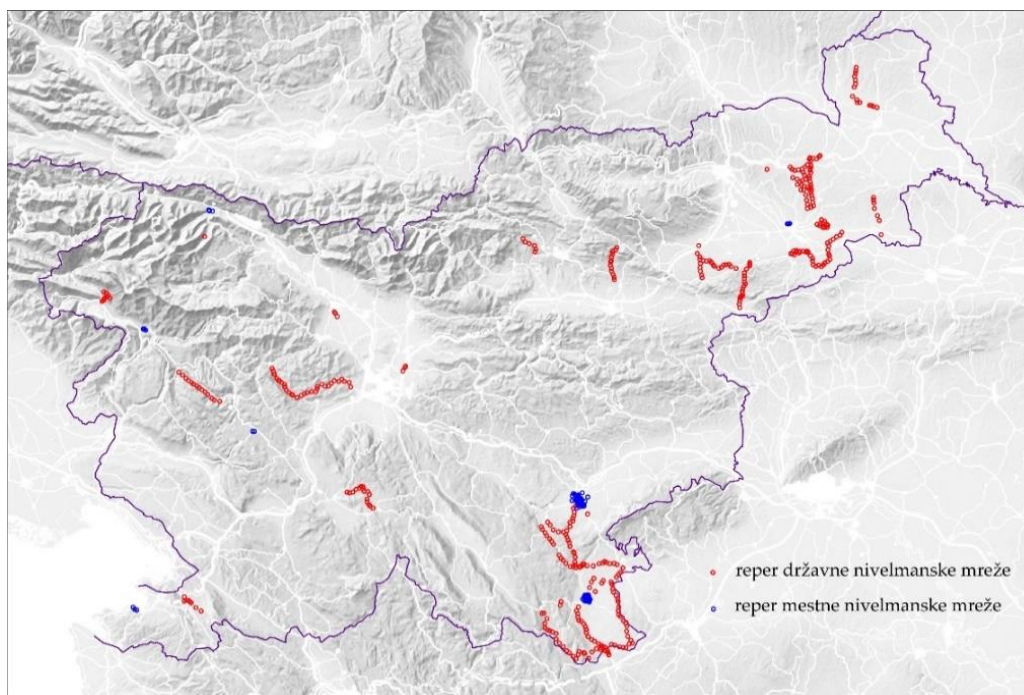
Zaradi razlik med višinskim datumom Koper in Trst (glej poglavje 3.2), so bili vsi nivelmanski poligoni ali deli nivelmanskih poligonov, ki niso bili vključeni v novo izmero, izravnani v SVS2010. Izravnavna starih nivelmanskih poligonov je bila narejena s podatki iz starih nivelmanskih izmer, ki so bili uporabljeni že pri izravnavi nivelmanskih mrež Slovenije v SVS2000. Tako so višine vseh reperjev na ozemlju Slovenije, ki so vodene v centralni evidenci geodetskih točk na GURS, določene v SVS2010 oziroma novem višinskem datumu Koper.

Pri izravnavi so bili stari nivelmanski poligoni razvrščeni v ustrezne rede glede na odstopanje med merjenimi višinskimi razlikami v poligonu in dano višinsko razliko ter dovoljenim odstopanjem, ki je bilo predpisano v Pravilniku o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk, ki ga je izdala Republiška geodetska uprava leta 1981 in je veljal v času izmere starih nivelmanskih poligonov. Nivelmanski poligoni z razliko med merjeno in dano višinsko razliko, manjšo od dovoljenega odstopanja za red nivelmanskega poligona, v katerega je bil razvrščen, so ohranili red, v katerega so bili razvrščen ter tudi svojo številko. Nivelmanski poligoni z razliko, večjo od dovoljenega odstopanja, so bili razvrščeni v ustrezni nižji red in novo oštevilčeni (Preglednica 1). V določenih primerih so bila odstopanja med merjenimi višinskimi razlikami in danimi višinskimi razlikami večja od dovoljenega odstopanja za nivelmanske poligone 4. reda ali mestno nivelmansko mrežo. V teh primerih je šlo za približne vrednosti višin, zato so bili v centralno evidenco geodetskih točk vključeni le reperji mestnih nivelmanskih mrež.

Preglednica 1: Analiza izravnav nivelmanskih poligonov nižjih redov.

Red nivelmanskega poligona	1. red		2. red		3. red		4. red		Mestne nivel. mreže		Odstopanje večje od dovoljenega		Skupaj
	Št.	%	Št.	%	Št.	%	Št.	%	Št.	%	Št.	%	Št.
Del NVN	25	35,2	6	8,5	31	43,7	9	12,7	/	/	/	/	71
1. red	34	24,8	14	10,2	60	43,8	26	19,0	/	/	3	2,2	137
2. red	/	/	24	30,8	21	26,9	29	37,2	/	/	4	5,1	78
3. red	/	/	/	/	50	57,5	33	37,9	/	/	4	4,6	87
4. red	/	/	/	/	/	/	175	75,4	/	/	57	24,6	232
Mestne	/	/	/	/	/	/	/	/	100	91,7	9	8,3	109

V izravnavo je bilo vključeno 714 nivelmanskih poligonov (10.222 reperjev) skupne dolžine 9854,5 km. Dovoljeno odstopanje za 4. red ali mestne nivelmanske mreže presega 77 nivelmanskih poligonov (10,8 %), v katere je vključeno 819 reperjev (8,0 %, Slika 4).

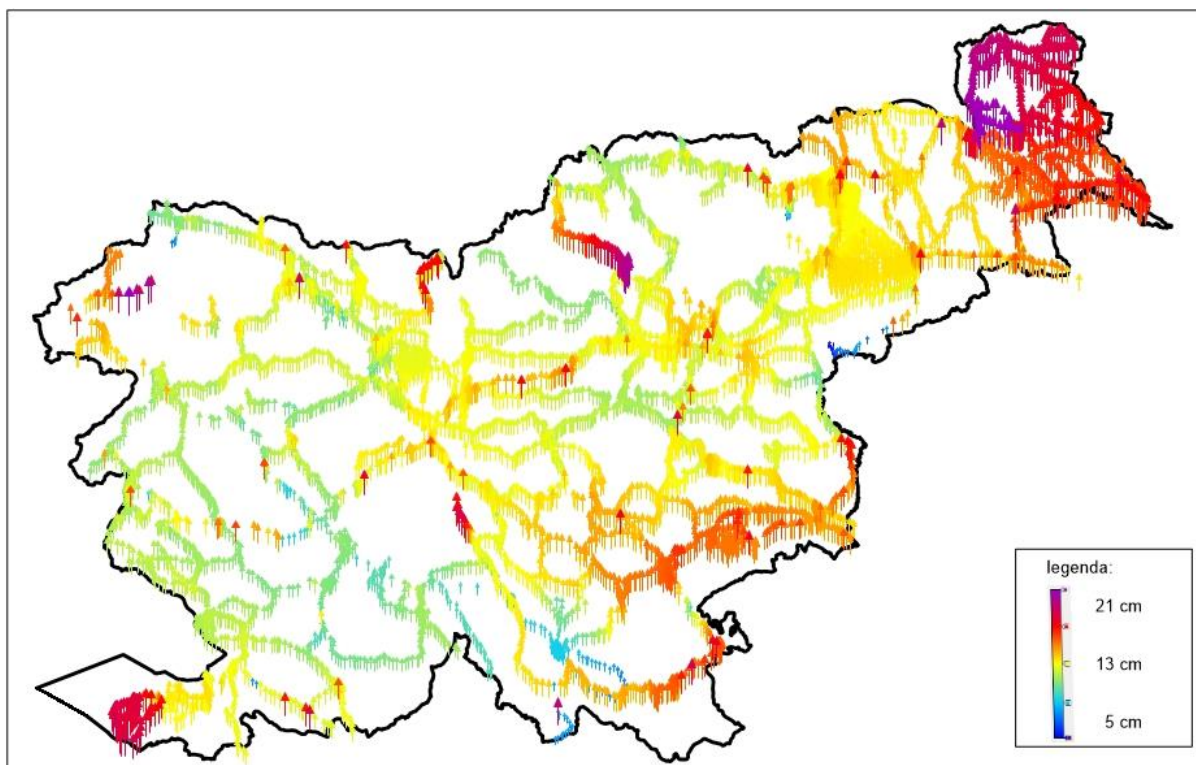


Slika 4: Nivelmanski poligoni, ki presegajo dovoljeno odstopanje.

Na osnovi preračuna lahko zaključimo, da so višine reperjev nivelmanskih poligonov nižjih redov slabe kakovosti. Ker so bile izmere izvedene pred petdesetimi in več leti, razen NVN in posameznih odsekov nivelmanskih poligonov 1. reda, rezultat tudi ni presenetljiv.

3.4 Razlike višin reperjev v SVS2000 in SVS2010

Razlika vrednosti višin reperjev med SVS2000 in SVS2010 na ozemlju Slovenije ni konstantna, vendar je vedno pozitivna, saj je višinski datum Koper višje od višinskega datuma Trst, torej so višine reperjev v višinskem datumu Koper nižje kot višine v višinskem datumu Trst (Slika 5). Razlike višin med obema sistemoma so poleg zamika višinskih datumov posledica nadmorske višine, načina izračuna normalnih in normalnih ortometričnih višin, vertikalnih pomikov na posameznih območjih in starosti posameznih nivelmanskih izmer ter napak v predhodnih izmerah in navezavah posameznih nivelmanskih poligonov nižjih redov. V SVS2010 so vključeni nivelmanski poligoni, izmerjeni/dopolnjevani več kot 70 let, zato za prehod med SVS2000 in SVS2010 ne obstaja enostavna transformacija.



Slika 5: Razlike višin reperjev med SVS2000 (datum Trst) in SVS2010 (datum Koper).

Razlike vrednosti višin reperjev v SVS2000 in SVS2010 so, glede na geografsko lego, neenakomerno razporejene, predvsem pa so vezane na posamezne nivelmanske poligone. Razlike med višinami reperjev (12.808) v obeh sistemih znašajo od 1,4 cm do 30,8 cm. Povprečna razlika višin vseh reperjev, ki so vodeni v centralni evidenci geodetskih točk na GURS, je 13,2 cm, mediana pa 13,1 cm. Razlike višine reperjev, ki so vključeni v nivelmanske poligone 1. reda (2028) znaša od 5,3 do 20,0 cm in povprečna razlika 12,8 cm. Najmanjše razlike višin se pojavljajo v okolici Kočevja in največje na Goričkem (Slika 5).

3.5 Vključitev nivelmanske mreže 1. reda v EVRF2019

V 90-ih letih prejšnjega stoletja je bila prvič vzpostavljena skupna Evropska nivelmanska mreža (UELN-95/98), ki je povezala nivelmanske mreže zahodnih in vzhodno evropskih držav. Leta 2000 je bil definiran Evropski višinski sistem (EVRS), ki je bil realiziran z EVRF2000, ki ga je predstavljala dopolnjena nivelmanska mreža UELN-95/98. V EVRF2000 je bila vključena nivelmanska mreža bivše SFRJ (II. NVN). V Sloveniji je bil za normalni reper izbran reper 5486, ki je takrat predstavljal reper mareografske postaje Koper. Leta 2007 je bil realiziran EVRF2007 in transformacijski parametri za posamezno državo, ki predstavljajo temelj za uskladitev višin v Evropski geodetski infrastrukturi (INSPIRE).

Ker je večina evropskih držav izvedla nove izmere nivelmanskih mrež, je bil realiziran EVRF2019 (Evropski višinski referenčni okvir 2019). Slovenska nivelmanska mreža je vključena v EVRF2019, ki predstavlja realizacijo Evropskega višinskega referenčnega sistema (EVRS). Srednji nivo morja, ki predstavlja izhodišče za višinski datum nivelmanske mreže, je določen na mareografski postaji Amsterdam (NAP). Višinski datum EVRF2019 je realiziran za epoho 2000, z:

- 12. normalnimi reperji, razporejenimi po evropskih državah (vključen je tudi slovenski normalni reper N1-V-FR-1049 s spremembo višine $-5,9$ mm (EVRF2019-EVRF2007),
- geopotencialno višino normalnih reperjev in
- hitrostjo spremembe geopotencialne višine normalnih reperjev.

Referenčni standardni odklon po izravnavi nivelmanske mreže EVRF2019 in preračunu geopotencialnih višin v normalne višine znaša $\widehat{\sigma}_0 = 1,12$ mm. Srednja vrednost standardnega odklona normalnih višin reperjev znaša $19,64$ mm. Za slovensko nivelmansko mrežo je referenčni standardni odklon po izravnavi nivelmanske mreže EVRF2019 in preračunu geopotencialnih višin v normalne višine $\widehat{\sigma}_0 = 0,64$ mm. Srednja vrednost standardnega odklona normalnih višin reperjev znaša $7,24$ mm. Rezultati se dobro ujemajo z rezultati izravnave slovenske nivelmanske mreže 1. reda pri vzpostavitvi SVS2010.

4 NOVO OZNAČEVANJE NIVELMANSKIH POLIGONOV IN REPERJEV TER DOVOLJENA Odstopanja

4.1 Razdelitev nivelmanskih mrež v redove in dovoljena odstopanja

Nivelmanske mreže se delijo na višji in nižji red. V višji red so razvrščeni vsi novo izmerjeni nivelmanski poligoni, na katerih je bila izvedena tudi gravimetrična izmera, in kjer so normalne višine izračunane na osnovi izravnave geopotencialnih razlik. V višji red so razvrščeni:

- nivelmanska mreža 1. reda,
- nivelmanska mreža mareografske postaje Koper,
- nivelmanski poligoni za navezavo na nivelmanske mreže sosednjih držav in
- nivelmanski poligoni za navezavo različnih točk višjih redov na nivelmansko mrežo (n.pr. točke 0. reda, absolutne gravimetrične točke, gravimetrične točke 1. reda...).

V nižji red se glede na dovoljena odstopanja (Preglednica 2) razvrstijo:

- novo nivelirani nivelmanski poligoni 2., 3. in 4. reda in mestnih nivelmanskih mrež in
- stari nivelmanski poligoni izravnani v SVS2010 v višinskem datumu Koper.

Preglednica 2: Dovoljena odstopanja za izmero nivelmanskih mrež/poligonov.

Nivelmanska mreža/poligon	Dovoljena odstopanja		
	Nivelirano naprej - nazaj	Zapiranje nivelmanskih zank	Merjene in dane višinske razlike
1. reda	$\Delta_{dov} = 2 \cdot \sqrt{d + 0,04 \cdot d^2}$	$\Delta_{dov} = 1 \cdot \sqrt{d + 0,04 \cdot d^2}$	$\Delta_{dov} = 1,5 \cdot \sqrt{d + 0,04 \cdot d^2}$
2. reda	$\Delta_{dov} = 3 \cdot \sqrt{d + 0,04 \cdot d^2}$		$\Delta_{dov} = 2 \cdot \sqrt{d + 0,04 \cdot d^2}$
3. reda	$\Delta_{dov} = 4 \cdot \sqrt{d + 0,04 \cdot d^2}$		$\Delta_{dov} = 5 \cdot \sqrt{d + 0,04 \cdot d^2}$
4. reda	$\Delta_{dov} = 10 \cdot \sqrt{d + 0,04 \cdot d^2}$		$\Delta_{dov} = 8 \cdot \sqrt{d + 0,04 \cdot d^2}$
Mestna nivelmanska mreža			
1. reda	$\Delta_{dov} = 4 \cdot \sqrt{d + 0,04 \cdot d^2}$	$\Delta_{dov} = 2 \cdot \sqrt{d + 0,04 \cdot d^2}$	
2. reda	$\Delta_{dov} = 6 \cdot \sqrt{d + 0,04 \cdot d^2}$		$\Delta_{dov} = 3 \cdot \sqrt{d + 0,04 \cdot d^2}$

Dolžini d vstavimo v km, dovoljeno odstopanja je izračunano v mm.

4.2 Označevanje nivelmanskih poligonov in reperjev

Pri izračunu višin SVS2010 so nivelmanski poligoni in reperji označeni po novem enotnem sistemu glede na red nivelmanskega poligona oziroma reperja. Novo oznako reperja sestavljajo trije deli, ki predstavljajo red nivelmanskega poligona, številko nivelmanskega poligona in oznako reperja iz centralne baze geodetskih točk GURS.

4.2.1 Nivelmanski poligoni in reperji višjega reda

Novo oznako reperja sestavljajo trije deli, ki predstavljajo red nivelmanskega poligona, številko nivelmanskega poligona in oznako reperja iz centralne baze geodetskih točk GURS.

- N1-8/9-A119: N1 pomeni normalne višine v SVS2010 v nivelmanskem poligonu 1. reda. 8/9 pomeni novo izmerjeni nivelmanski poligon 1. reda v zanki 8 in 9 (Slika 2). Zunanji nivelmanski poligoni, ki ležijo samo v eni zanki, dobijo številko zanke in črko, če je takšnih nivelmanskih poligonov več (n. pr. N1-1A in N1-1B, (Slika 2)). A119 je oznaka reperja iz centralne baze geodetskih točk GURS.
- N1-V-FR-1049: Oznaka normalnega reperja nivelmanske mreže 1. reda.
- N1-V-MLVIII: Oznaka vozliščnega reperja, ki leži na stičišču (vozlišču) nivelmanskih zank.
- 9000, 9001... in 5486: Oznaka reperjev nivelmanske mreže mareografske postaje Koper.
- N1-MP102-10: oznaka reperja nivelmanskega poligona za navezavo na nivelmanske mreže sosednjih držav:
 - od MP100 naprej za navezavo z Italijo,
 - od MP200 naprej za navezavo z Avstrijo,
 - od MP300 naprej za navezavo z Madžarsko,
 - od MP400 naprej za navezavo s Hrvaško.
- N1-AREH-9: oznaka reperja nivelmanskega poligona za navezavo točke 0. reda na Arehu. Ostale točke 0. reda so KOG, KOPER, KORADA, PRILOZJE, ŠENTVID pri Stični.

4.2.2 Nivelmanski poligoni in reperji nižjega reda

Novo oznako reperja sestavljajo trije deli, ki predstavljajo red nivelmanskega poligona, številko nivelmanskega poligona in oznako reperja iz centralne baze geodetskih točk GURS.

- N3-P43b-31: N3 je oznaka reda nivelmanskega poligona. P43b je oznaka starega nivelmanskega poligona. Črka P označuje nivelmanske poligone izravnane na podlagi starih izmer. 43b je oznaka starega nivelmanskega poligona 3. reda. 31 je oznaka reperja iz centralne baze geodetskih točk GURS.
- N5-PP15-39: N5 je oznaka reda mestne nivelmanske mreže. PP15 je oznaka stare mestne nivelmanske mreže. Črki PP označujeta stare mestne nivelmanske poligone, ki presegajo dovoljeno odstopanje oziroma so bili navezani na nivelmanske poligone, ki presegajo dovoljeno odstopanje. 15 je oznaka stare nivelmanske mreže. 39 je oznaka reperja iz centralne baze geodetskih točk GURS.

5 MODEL GEOIDA - VIŠINSKA REFERENČNA PLOSKEV

5.1 Določitev novega modela slovenskega kvazigeoida – višinske referenčne ploskve Slovenije

Novi model kvazigeoida Slovenije je gravimetrični model kvazigeoida, izračunan leta 2016. Pri izračunu so bili uporabljeni vsi obstoječi gravimetrični podatki:

- bivše SFRJ za območje Slovenije in dela Hrvaške,
- obmejnega območja z Italijo, Avstrijo in Madžarsko,
- osnovne gravimetrične mreže,
- reperjev nivelmanske mreže 1. reda in
- nove gravimetrične izmere za območje osrednje Slovenije.

Model kvazigeoida je izračunan z rešitvijo Stokesove enačbe s pomočjo hitre Fourierove transformacije (FFT – Fast Fourier Transform). Pri tem je uporabljen postopek "remove – restore". Postopek tvorijo trije koraki:

- v prvem koraku ("remove") je odstranjen vpliv topografskih mas kot tudi vpliv globalnega geopotencialnega modela iz vhodnih podatkov. Vrednosti vhodnih podatkov se zmanjšajo, potek takšne ploskve je bolj gladek in numerični proces lažje konvergira;
- v drugem koraku sledi numerični postopek: integracija, reševanje Stokesove enačbe. Rezultat so izračunane (predicirane) kvazigeoidne višine;
- v tretjem koraku ("restore") sta povrnjena vpliva topografskih mas in geopotencialnega modela iz prvega koraka.

Tako določen model kvazigeoida ne omogoča določitev višin z GNSS-višinomerstvom, saj ni povezan z višinskim sistemom. Z vklopom modela kvazigeoida v višinski sistem je določena t.i. višinska referenčna ploskev. Točke z znanimi geodnimi višinami so t.i. točke za vpetje geoida oziroma GNSS/nivelman točke.

Novo slovensko višinsko referenčno ploskev z oznako SLO_VRP2016/Koper predstavlja model kvazigeoida, vpet na 66 GNSS/nivelman točk, s kakovostno določenimi višinami in enakomerno razporejenih po celotnem ozemlju Slovenije. Na vseh točkah za vpetje so elipsoidne višine določene na osnovi vsaj 36-urnih statičnih GNSS-meritev, normalne višine pa z nivelmansko izmero z navezavo na nivelmansko mrežo 1. reda. Tako določena višinska referenčna ploskev predstavlja izhodišče za določitev normalnih (nadmorskih) višin na območju Slovenije z GNSS-višinomerstvom. Podatki nove slovenske višinske referenčne ploskve so na voljo v obliki celične mreže za območje od 45° do 47° severne geografske širine s korakom 0,0083333° (30") in od 13° do 17° vzhodne geografske dolžine s korakom 0,012500° (30") oz. velikostjo celice v smeri V-Z približno 643 m in v smeri S-J približno 900 m. Najmanjša kvazigeoidna višina na območju Slovenije znaša 42,157 m, največja 50,608 m, povprečna vrednost je 46,162 m.

5.2 Kakovost višinske referenčne ploskve SLO_VRP2016/Koper

Z razliko med merjeno geoidno višino in določeno iz SLO_VRP2016/Koper je preverjena kakovost vklopa modela kvazigeoida (Preglednica 3). Razlike so majhne, saj so določene na točkah, ki so predhodno služile za vklop modela kvazigeoida v SVS2010.

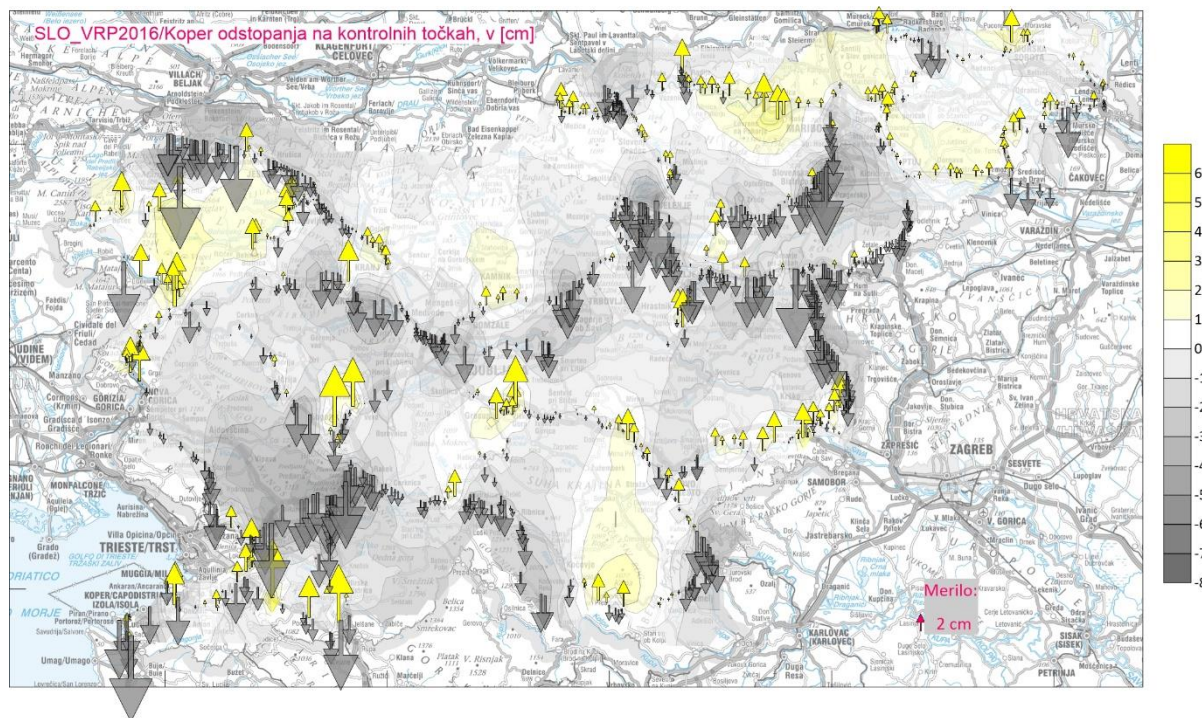
Preglednica 3: Razlike med merjeno in določeno geoidno višino iz SLO_VRP2016/Koper na točkah za vklop.

Število točk	Min [mm]	Max [mm]	Povprečna razlika [mm]	Standardni odklon [mm]
66	-1,83	3,82	-0,02	0,67

Kontrola kakovosti določitve nadmorske višine na osnovi RTK-GNSS-višinomerstva in uporabo SLO_VRP2016/Koper je bila kontrolirana na 1045 reperjih, GNSS/nivelman točkah (Preglednica 4 in Slika 6). Razlike znašajo od -10,2 cm do 7,0 cm. Standardni odklon določene nadmorske višine z RTK GNSS-višinomerstvom in uporabo SLO_VRP2016/Koper znaša 2,2 cm.

Preglednica 4: Razlika med merjeno nadmorsko višino in določeno na osnovi RTK-GNSS-višinomerstva.

Število točk	Min [cm]	Max [cm]	Povprečna razlika [cm]	Standardni odklon [cm]
1045	-10,2	7,0	-0,8	2,2



Slika 6: Odstopanja med merjeno nadmorsko višino in določeno na osnovi RTK-GNSS-višinomerstvom na kontrolnih točkah

Primerjava med staro SLO_AGM2000/Trst in novo višinsko referenčno ploskvijo pokaže, da višinska referenčna ploskev SLO_VRF2016/Koper omogoča bolj kakovostno in zanesljivo določitev nadmorskih višin z RTK-GNSS-višinomerstvom (Preglednica 5).

Preglednica 5: Primerjava kakovosti določitve nadmorskih višin s staro in novo višinsko referenčno ploskvijo.

Razlika	SLO_VRF2016/Koper [cm]	SLO_AMG2000/Trst [cm]
Min	-10,2	-31,8
Max	7,0	10,6
Razpon	17,2	42,4
Sredina	-0,8	-8,5

6 RAZREDI NATANČNOSTI GEODETSKE DOLOČITVE VIŠIN

6.1 Razredi natančnosti določitve višin

Ustrezno natančen in zmogljiv geodetski instrument z ustrezno dodatno opremo omogoča izvedbo natančnih in kakovostnih geodetskih meritev. Meritve morajo biti strokovno korektno obdelane in izravnane. Po standardu DIN 18710–2 lahko natančnost določitve višin razdelimo v pet razredov (Preglednica 6).

Preglednica 6: Razredi natančnosti določitve višin za različne točke.

Razred natančnosti višine	σ_H	Opomba
H1	$20\text{ mm} < \sigma_H$	Zelo nizka natančnost
H2	$5\text{ mm} < \sigma_H \leq 20\text{ mm}$	Nizka natančnost
H3	$2\text{ mm} < \sigma_H \leq 5\text{ mm}$	Srednja natančnost
H4	$0,5\text{ mm} < \sigma_H \leq 2\text{ mm}$	Visoka natančnost
H5	$\sigma_H \leq 0,5\text{ mm}$	Zelo visoka natančnost

V standardu DIN 18710–2 so predstavljeni različni geodetski izdelki in razredi natančnosti določitve višin (Preglednica 7).

Preglednica 7: Razredi natančnosti za določitev višin posnete detaljne točke za različne namene.

Namen višinske izmere detaljne točke	Razred natančnosti višine
Topografski načrt	H1/H2
Gospodarska javna infrastruktura	H1/H2
Pregledni načrti prometne infrastrukture	H2/H3
Zbirke evidenc o državnih in javnih cestah	H2
Geodetske podlage za projektiranje objektov in GJI	H2/H3
Kataster stavb	H2
Evidenca izdanih dovoljenj	H2
Dokumentacija za proizvodne linije, industrijske objekte, cevovode	H2
Podatki o pravnih zadevah (pravica gradnje, načrtovanje, zemljiški kataster, služnost)	H1
Izmera pročelij za urbanistično načrtovanje in spomeniško varstvo	H2
Prostornine zemeljskih del	H2
Kontrola kvalitete grajenih objektov (skladnost objekta s projektiranimi merami)	H4

Namen višinske izmere detajlne točke	Razred natančnosti višine
Evidentiranje dokazov	H4
Detajlna točka objekta in proizvodne linije	H3/H4
Strojne meritve	H4/H5

Zgoraj zapisani razredi natančnosti, ki so informativne narave, se seveda razlikujejo od zahtev po natančnosti določitve višin v podatkovnih zbirkah, ki jih vodi in vzdržuje GURS (Preglednica 8) in tudi presegajo namen teh navodil.

V preglednici 8 so povzeti zapisi o višinah v podatkovnih zbirkah GURS. Zapis in kakovost višin za posamezno zbirko je opredeljena v področni zakonodaji.

Preglednica 8: Zapis in kakovost višin v podatkovnih zbirkah GURS.

Podatkovna zbirka	Zapis/kakovost višin	Opomba
Zemljiški kataster	Koordinate zemljiško-katastrskih točk so zaokrožene na cm. Višina ni obvezen podatek.	https://www.gov.si/drzavni-organi/organi-v-sestavi/geodetska-uprava/zakonodaja-geodetske-uprave/ Višinska koordinata zemljiškokatastrske točke je višina, ki se določi z meritvami, če metoda izmere to omogoča, ali se izračuna na podlagi digitalnega modela višin.
Kataster stavb	Višine stavbe zapisane v metrih na eno decimalnko.	https://www.gov.si/drzavni-organi/organi-v-sestavi/geodetska-uprava/zakonodaja-geodetske-uprave/
Zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture	Določeni so razredi natančnosti: $\sigma_H \leq 0.1 \text{ m}$ $0.1 \text{ m} < \sigma_H < 0.5 \text{ m}$ $0.5 \text{ m} \leq \sigma_H \leq 1.0 \text{ m}$	https://www.gov.si/drzavni-organi/organi-v-sestavi/geodetska-uprava/zakonodaja-geodetske-uprave/ https://www.e-prostor.gov.si/zbirke-prostorskih-podatkov/zbirni-kataster-gospodarske-javne-infrastrukture/
Evidenca državne meje	Višina se vodi na cm oz. m natančno	V zdaj veljavnih mejnih dokumentih: za slovensko-italijansko državno mejo so višine prikazane na 1 cm, za slovensko-avstrijsko državno mejo so višine prikazane na 1 m, za slovensko-madžarsko državno mejo so višine prikazane na 1 cm, za slovensko-hrvaško državno mejo ni podatka o višini.
Državni	Nivelirane višine so	Natančnost višin državnih geodetskih točk je

koordinatni sistem	zaokrožene na mm, ostale na cm.	odvisna od metode geodetske izmere.
Digitalni model višin	Višine v modelu so zaokrožene na cm.	Srednje odstopanje DMR je manjše od 0,40m na odprtem in deloma poraščenem zemljišču, ter 1,20m na poraščenem zemljišču.
Zbirka topografskih podatkov (DTM)	Točnost pridobljenih višin je +/- 1 m (RMSE)	Točnost je odvisna od vira za pridobivanje topografskih podatkov.
Državna topografska karta 1 : 50 000	Ekvidistanca (E) plastnic je 20 m.	Če so na karti prikazane pomožne plastnice, so na 10 (E/2) ali 5 (E/4) metrov.
Državna pregledna karta 1 : 250 000	Ekvidistanca (E) plastnic je 100 m.	Če so na karti prikazane pomožne plastnice, so na 50 (E/2) ali 25 (E/4) metrov.
Druge državne pregledne karte	/	Relief je prikazan s senčenjem.
Zbirka vrednotenja nepremičnin	/	Podatek o višini se ne vodi.
Evidenca trga nepremičnin	/	Podatek o višini se ne vodi.
Register nepremičnin	/	Podatek o višini se ne vodi.
Register prostorskih enot	/	Podatek o višini se ne vodi.
Register zemljepisnih imen	/	Podatek o višini se ne vodi.

6.2 Geodetske metode določitve višin

Geodetske metode določitve višin so:

- 1) metode terestrične geodetske izmere in
- 2) metode geodetske izmere GNSS.

V višinskih geodetskih mrežah so višine točk določene z merjenjem višinskih razlik med danimi in novimi točkami z dvema terestričnima metodama izmere:

- geometrični nivelman (razredi natančnosti H3 (tehnični nivelman), razreda natančnosti H4 in H5 (precizni geometrični nivelmana)),
- trigonometrično višinomerstvo (razredi natančnosti H1 do H3, izjemoma za H4 za monitoring objektov).

Natančnost določitve višin novih točk je odvisna od kakovosti višin danih točk in natančnosti določitve višinske razlike.

Metode izmere GNSS-višinomerstva, ki omogočajo določitev elipsoidnih višin, so:

- statična (razred natančnosti H2 ali H1)
- hitra statična (razred natančnosti H2 ali H1, odvisno od trajanja izmere),
- kinematična (razred natančnosti H1)
- metoda izmere RTK (razred natančnosti H1).

Natančnost določitve nadmorskih višin je odvisna od kakovosti višinske referenčne ploskve in natančnosti določitve elipsoidnih višin. Natančnost določitve elipsoidnih višin z več urnimi statičnimi GNSS-meritvami in ustrezno obdelavo meritev lahko ustreza tudi razredu natančnosti H3.

6.2.1 Nivelmanska izmera

a) Zagotavljanje pogojev pred izmero in izvedba izmere

Obojestransko nivelirana nivelmanska linija omogoča kontrolo nad morebitnimi grobimi pogreški, povečanje natančnost izmerjene višinske razlike in oceno natančnosti merjenih višinskih razlik na osnovi odstopanj obojestransko merjenih višinskih razlik. Razlika dvakrat izmerjenih višinskih razlik mora biti v dopustnih mejah (Preglednica 2).

Ne glede na zahtevani nivo natančnosti, stabilnost izmenišč nivelmanske late in nivelirja zagotovimo z niveliranjem po primerni podlagi. Vpliv refrakcije je manjši, če je oddaljenost vizure od tal vsaj 0,6 m. Največji odčitek na lati naj ne presega 2,8 m. V primeru, ko je lata postavljena na reper, naj bo odčitek na lati večji od 0,20 m in manjši od 2,80 m. Vpliv refrakcije in ukrivljenosti Zemlje zmanjšamo z niveliranjem iz sredine.

Za razred natančnosti H3 (tehnični nivelman) lahko najdaljša dolžina vizure znaša 40 m, razlika med dolžinama vizur »spredaj« (S) in »zadaj« (Z) naj bo manjša od 1,5 m, razlika med vsoto dolžin vizur S in Z v nivelmanski liniji pa naj bo manjša od 3 m. Za razred natančnosti H4 (precizni geometrični nivelman) naj bo najdaljša dolžina vizure do 30 metrov in do 20 m za razred natančnosti H5 po standardu DIN 4107, postavitve instrumenta v sredino mora biti vsaj na 0,5 m natančno, razlika med vsoto dolžin vizur S in Z v nivelmanski liniji tja – nazaj pa največ 1 m. Za razred natančnosti H4 in H5 je višinska razlika med izmeniščema late določena z dvojnim nivelmanom z zaporedjem čitanja: Z_S_S_Z.

b) Izbira instrumentarija in pribora

- **Nivelir:** ustreznost instrumenta glede na zahtevani nivo natančnosti se ocenjuje na osnovi podatkov proizvajalca. Ne glede na zahtevani nivo natančnosti vedno uporabimo preizkušen nivelir (dozna libela, horizontalnost vizurne osi). Instrument je pred izmero potrebno prilagoditi temperaturi delovnega okolja. Po standardu ISO 17123-2 je zaradi aklimatizacije instrumenta pred meritvami za vsako stopinjo Celzija razlike v temperaturi instrumenta in okolja potrebno počakati dve minuti. Za razred natančnosti H3 uporabimo digitalni nivelir (izjemoma klasični nivelir za razred natančnosti H2), ki naj zagotavlja natančnost niveliranja od 1 do 2 mm/km dvojnega

nivelmana. Za razred natančnosti H4 in H5 uporabimo precizni digitalni nivelir (izjemoma klasični precizni nivelir z nitnim križem v obliki klina), ki naj zagotavlja natančnost niveliranja, večjo od 0,5 mm/km dvojnega nivelmana po podatkih proizvajalca (preizkus izveden po ISO 17123-2). Kakovost instrumenta izkazujemo tudi z dokazilom o kalibraciji instrumenta, ki ga izda pooblaščen serviser. Instrument mora biti kalibriran enkrat na leto.

- **Nivelmanske late:** ne glede na zahtevani razred natančnosti uporabljamo nivelmanske late s preizkušeno dozno libelo, ki jih pri postavljanju pazljivo vrhunimo. Za doseganje razreda natančnosti H4 in H5, uporabljamo le komparirane invarne nivelmanske late. Poročilo o komparaciji nivelmanskih lat mora biti priloženo poročilu o izmeri. Poročilo ne sme biti starejše od enega leta. Nivelmanske late morajo izpolnjevati tudi zahteve po standardu ISO 12858-1 (pravokotnost pete late, kakovost podnožja nivelmanske late in pogrešek začetka razdelbe (ničle) late). Za razred natančnosti H1 in H2 lahko uporabimo vse ostale nivelmanske late.
- **Pribor za stabilizacijo izmenišč in postavitve nivelmanskih lat:** za stabilizacijo izmenišč uporabimo žabe (podložke), položene na trdno podlago. V primeru, da niveliramo na neutrjenem terenu, lahko uporabimo tudi kline dolžine 50 cm. Za zahtevani razred natančnosti H4 in H5 moramo stabilnost oziroma posedanje izmenišč nivelmanskih lat kontrolirati s časovno simetričnimi odčitki (Z_S_S_Z). Za vertikalno postavitve nivelmanske late in zagotavljanje njene stabilnosti pri odčitavanju uporabimo stojala (za nižje nivoje natančnost npr. trasirke).

Preglednica 9: Zagotavljanje pogojev pred nivelmansko izmero in izvedba meritev.

GEOMETRIČNI NIVELMAN		
RAZRED NATANČNOSTI	H3 in manj	H4 in H5
PRED IZMERO	Preizkus in uravnavanje dozne libele nivelirja in nivelmanske late. Preizkus horizontalnosti vizurne osi. Instrument pred izmero potrebno prilagoditi temperaturi delovnega okolja (ISO 17123-2).	
MERSKA OPREMA INSTRUMENT in PRIBOR	$\sigma_{\Delta h} = 1 - 2$ mm/km dvojnega nivelmana (ISO 17123-2). Uporaba invarnih nivelmanskih lat oziroma katerih koli (H2 in H1).	$\sigma_{\Delta h} \leq 0,5$ mm/km dvojnega nivelmana (ISO 17123-2). Preizkus instrumenta (ISO 17123-2); Kalibracija instrumenta (pooblaščen servis). Uporaba kompariranih invarnih nivelmanskih lat. Uporaba posebnega nastavka za centrično postavljanje.
DODATNA OPREMA	Podložke; klini na neutrjenem zemljišču,; trasirke, stojala.	Podložke; klini na neutrjenem zemljišču; stojala; termometer.
POSTAVITEV INSTRUMENTA IN NIVELMANске LATE	Utrjena površina; Izogibamo se zaplatam asfalta; Mehka podlaga: stativa/podložke ne »pohodimo« premočno.	
IZMENIŠČA	Podložke, klini na neutrjenem zemljišču.	
NAČIN IZVEDBE MERITEV, ZAHTEVE IN OMEJITVE	Obojestranske meritve; višina vizure vsaj 0,6 m nad tlemi, najmanjši/največji (0,2 m/2,8 m) odčitek na nivelmanski lati.	
	Dolžina vizure do 40 m. Razlika dolžin spredaj-zadaj manjša od 1,5 m, razlika vsot dolžin spredaj in zadaj v nivelmanski liniji do 3 m.	Dolžina vizure od 20 (H5) do 30 m (H4). Razlika dolžin spredaj – zadaj manjša od 0,5 m, razlika vsot dolžin spredaj in zadaj v liniji do 1 m. Dvojni nivelman-časovno simetrični odčitki (Z_S_S_Z).

6.2.2 Trigonometrično višinomerstvo

a) Zagotavljanje pogojev pred izmero in izvedba izmere

Pri uporabi trigonometričnega višinomerstva (razred natančnosti H1 in H2) naj dolžine med točkami ne presežejo 250 m. Podatke o meteoroloških pogojih v času merjenja vnesemo v instrument. Za razred natančnosti H3 in izjemoma H4 (mikro geodetske mreže z dolžinami stranic do 100 m) naj bo vsaka višinska razlika določena z obeh krajnih točk – zenitne razdalje naj bodo merjene obojestransko. Pri izračunu višinske razlike moramo vedno upoštevati meteorološke popravke, geometrične in projekcijske popravke dolžin ter vpliv ukrivljenosti Zemlje in vpliv vertikalne refrakcije. Izbira instrumentarija in pribora:

- **Tahimeter:** v terestričnih geodetskih mrežah visoke natančnosti ustrezne merske količine merimo s preciznimi tahimetri. Deklarirani standardni odklon izmerjenih kotov po ISO 17123-3 naj bo $\sigma_{\text{ISO-THEO Hz,V}} = 1'' - 2''$ (za razred natančnosti H3) in $\sigma_{\text{ISO-THEO-Hz,V}} = 3''$ (za razred natančnosti H2), standardni odklon merjenih dolžin po ISO 17123-4 $\sigma_{\text{ISO-EDM}} \leq (2 \text{ mm}; 2 \text{ ppm})$ (za razred natančnosti H3) in $\sigma_{\text{ISO-EDM}} \leq 3 \text{ mm}; 2 \text{ ppm}$ (za razred natančnosti H2). Poleg tega mora biti instrument preizkušen na pooblaščenem servisu, skladno s preizkusno metodo, in ustrezati deklarirani točnosti (za razred natančnosti H3). Dokazilo o preizkusu mora biti priloženo geodetskemu izdelku/poročilu in ne sme biti starejše od enega leta.
- **Pribor za zajemanje meteoroloških podatkov:** izmero meteoroloških parametrov pri merjenju dolžin, ki jih uporabimo za upoštevanje vpliva meteoroloških pogojev na izmerjene vrednosti dolžin ter za določanje višinskih razlik med točkami, opravimo s termometri, barometri (za razred natančnosti H2 in H3) in psihrometri (za razred natančnosti H4). V poročilu o meritvah mora biti naveden tip in natančnost merilnika meteorološkega parametra. Nujno je potrebno navesti postopek zajemanja vrednosti meteoroloških parametrov na terenu. Potrebno je opisati kdaj (ali na začetku, sredini in koncu posameznega girusa, ali med vsako meritvijo dolžine...), kje (ali pri instrumentu, ali pri instrumentu in vizirani točki...) in na kakšen način odčitamo vrednosti meteoroloških parametrov.
- **Pribor za signalizacijo točk:** pri meritvah uporabimo dodatni pribor, ki je nujno potreben za centriranje instrumenta in signalizacijo merjenih točk. Za signalizacijo točk uporabimo precizne merske prizme in reflektorje istega proizvajalca, kot je instrument (za razreda natančnosti H3 in H4). Poročilu o meritvah naj bo priloženo tudi poročilo o določitvi adicijske konstante posameznega reflektorja. Za nižje razrede natančnosti lahko pri meritvah uporabimo navadne ali mini precizne reflektorje.

Preglednica 10: Zagotavljanje pogojev pred izmero in izvedba trigonometričnega višinomerstva.

TRIGONOMETRIČNO VIŠINOMERSTVO		
RAZRED NATANČNOSTI	H2 in manj	H3, izjemoma H4
PRED IZMERO	Preizkus in uravnavanje dozne libele tahimetra, podnožij in togega grezila (H2). Instrument pred izmero potrebno prilagoditi temperaturi delovnega okolja (ISO 17123-2).	
MERSKA OPREMA INSTRUMENT in PRIBOR	$\sigma_z \leq 3''$ (ISO 17123-3) $\sigma_s : \leq 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ (ISO 17123-4) Kalibracija instrumenta (pooblaščen servis); Določitev adicijskih konstant reflektorjev.	$\sigma_z \leq 1''-2''$ (ISO 17123-3) $\sigma_s : \leq 2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ (ISO 17123-4) Izjemoma H4: $\sigma_z \leq 0,5''$ (ISO 17123-3) $\sigma_s \leq 1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ (ISO 17123-4) Preizkus instrumenta (ISO 17123-3in Kalibracija instrumenta (pooblaščen servis); Določitev adicijskih konstant reflektorjev. Precizni reflektorji.
DODATNA OPREMA	Termometer, barometer	Termometer, barometer, psihrometer (H4)
CENTRIRANJE, POSTAVITEV INSTRUMENTA	Utrjena površina; Izogibamo se zaplatam asfalta; Mehka podlaga: stativa/podložke ne »pohodimo« premočno.	
METODA IZMERE, NAČIN IZVEDBE MERITEV, ZAHTEVE IN OMEJITVE	Enostransko merjene zenitne razdalje. Dolžina vizur do 250 m.	Obojestransko merjene zenitne razdalje. Dolžina vizur do 250 m oziroma 100 m v mikro geodetskih mrežah (H4).

6.3 GNSS-višinomerstvo

Pri razvrščanju GNSS-višinomerstva v razrede natančnosti (Preglednica 7), kot so opredeljeni pri nivelmanu oziroma trigonometričnem višinomerstvu, je potrebno ločiti natančnost določitve elipsoidne višine in natančnost določitve nadmorske (normalne) višine. Glede na vrednost standardnega odklona določitve višinske referenčne ploskve SLO_VRP2016/Koper, ki znaša 2,2 cm (Preglednica 4) je očitno, da z uporabo GNSS-višinomerstva nadmorskih višin ni mogoče določiti v novem višinskem sistemu Slovenije z natančnostjo, ki bi ustrezala natančnosti razreda H2 ali bolje (višji razredi). Zato so v nadaljevanju obravnavane natančnosti določitve elipsoidnih višin v razredih natančnosti (H1, H2...), kakor so opredeljeni v Preglednica 7.

Za potrebe GNSS-višinomerstva naj bo geodetska izmera GNSS (združena uporaba sistemov GPS, GLONASS, Galileo in Beidou) izvedena z večfrekvenčnimi sprejemniki z zunanjimi geodetskimi antenami. Pri višjih zahtevah natančnosti je potrebno izmero narediti z antenami z možnostjo zmanjševanja odboja signala (antene s kovinskimi obroči (angl. Choke-ring), uporaba plošče antene). Za razred natančnosti elipsoidne višine H2 morajo biti za uporabljeni tip antene podani parametri absolutne kalibracije pri IGS ali ustrezni službi. Tudi pri mrežah GNSS manjših razsežnosti (do nekaj km) in razred natančnosti H1 se

izogibamo uporabi manj kakovostnih enofrekvenčnih sprejemnikov, če je le mogoče. Obdelava mora vedno potekati na osnovi faznih opazovanj.

Preglednica 11: Zagotavljanje pogojev pred GNSS-izmero za razrede natančnosti H1, H2 in izjemoma H3.

GNSS-VIŠINOMERSTVO		
Zahteve za določitev elipsoidne višine, razredov natančnosti H1, H2 in H3		
RAZRED NATANČNOSTI	H1	H2, izjemoma H3
MERSKA OPREMA INSTRUMENT in PRIBOR	Geodetski eno-ali večfrekvenčni GNSS sprejemniki. Zunanje geodetske antene.	Geodetski dvo- ali večfrekvenčni GNSS sprejemniki, kalibrirane geodetske antene. Geodetske antene, možnost odprave odboja signala (antene s kovinskimi obroči ti. »choke-ring« antene, uporaba antenskih plošč). Kalibracija antene (IGS ali podobne službe, npr. Geo++).
CENTRIRANJE, POSTAVITEV INSTRUMENTA	Optično centriranje antene GNSS.	Prisilno centriranje antene GNSS, možna uporaba posebnih adapterjev.

7 DOLOČITEV ELIPSOIDNIH IN NADMORSKIH VIŠIN Z GNSS

Z metodami izmere GNSS so določene geometrično definirane elipsoidne višine h , medtem ko je fizikalna višina H določena posredno. Za določitev višine v državnem višinskem sistemu z GNSS- izmero moramo v izbrani točki in njeni okolici poznati oddaljenost ploskve kvazigeoida od referenčnega elipsoida, merjeno vzdolž težiščnice, kot tudi naklon ploskve geoida glede na referenčni elipsoid. Oddaljenost imenujemo (kvazigeoidna višina ali ondulacija) N , naklon pa je opredeljen s prostorskim kotom θ , ki ga imenujemo odklon navpičnice glede na normalo rotacijskega elipsoida.

Geoidna višina N je lahko določena direktno, če je na izbrani točki z izmero GNSS določena elipsoidna višina h in hkrati s terestričnimi metodami tudi fizikalna oziroma nadmorska višina H . Elipsoidne višine, določene z izmero GNSS, so vsaj za razred slabše kakovosti glede na fizikalne višine, ki jih določimo s terestričnimi metodami višinomerstva. Postopek je dolgotrajen in se ga splošno v geodeziji ne uporablja prav pogosto, razen za raziskave, ki se navezujejo na določitev kakovosti modelov kvazigeoida na izbranem območju. S pojmom GNSS-višinomerstvo imenujemo postopek posrednega prehoda iz geometrično določenih elipsoidnih višin v nadmorske višine ob uporabi modelov kvazigeoida, ki se pogosto uporablja v praksi. Natančnost določitve nadmorskih višin H z GNSS-višinomerstvom je odvisna od natančnosti elipsoidne in kvazigeoidne višine. Standardni odklon nadmorske (normalne) višine σ_H izračunamo kot:

$$\sigma_H = \sqrt{\sigma_h^2 + \sigma_N^2}$$

kjer je σ_h standardni odklon elipsoidne višine in σ_N standardni odklon kvazigeoidne višine.

Kakovost določitve nadmorskih višin izhaja iz dveh postavk, in sicer:

- vprašljive kakovosti določitve elipsoidnih višin, še posebej v primerih, ko so le-te določene na osnovi obdelave enega baznega vektorja, kot je to v primeru kinematičnih metod izmere in ne iz izravnave mrež vektorjev GNSS in
- v večini nepoznane dejanske kakovosti modela kvazigeoida na dejanskem območju izmere, saj je kakovost modela določena le na osnovi izbora določenega števila diskretnih GNSS-nivelman točk, t.i. vzorca. Tako v določenih situacijah opisljiva statistična kakovost modela kvazigeoida ni enaka dejanski kakovosti le-tega.

Zahtevana natančnost določitve elipsoidnih višin z izmero GNSS je odvisna od namena uporabe višin. V navodilu sta obravnavana dva nivoja natančnosti višin, in sicer:

- nekaj centimetrski in
- nekaj decimetrski nivo.

7.1 Nekaj centimetrski nivo natančnosti določitve elipsoidnih višin (H1 ali H2)

Če je zahtevana natančnost določitve nadmorskih višin višja kot 2 cm, GNSS-višinomerstva ne moremo uporabiti, kajti ocenjena natančnost določitve kvazigeoida (SLO_VRP2016/Koper) na območju Slovenije je slabša kot 2 cm (Preglednica 4).

Določitev nadmorske višine z uporabo GNSS-višinomerstva z natančnostjo od 2 cm do 5 cm je načeloma mogoča. Bolj kot natančnost določitve elipsoidne višine je višja natančnost določitve nadmorske višine omejena z natančnostjo SLO_VRP2016/Koper (Preglednica 4).

7.1.1 Določitev elipsoidnih višin z natančnostjo do nekaj cm (razred natančnosti H1 ali H2)

Natančnost elipsoidne višine točke v tem navodilu obravnavamo kot nekaj centimetrsko natančnost, ko je:

- standardni odklon elipsoidne višine manjši od **2 cm** (razred natančnosti H2),
- s 95% zaupanjem višine točke je njena natančnost boljša kot **4 cm**.

Da bi dosegli zahtevo po najvišji kakovosti določitve elipsoidnih višin (bolje kot 4 cm), je potrebno:

- obdelati čim krajše vektorje (do nekaj km, pri čemer naj tudi višinska razlika ne presega več kot 500 m) na osnovi statičnih opazovanj v dolžini vsaj ene, bolje več urne statične izmere in
- preveriti kakovost določitve višinskih razlik (iz elipsoidnih višin) med točkami izmere, ki jih določimo s postopkom izravnave geodetske mreže baznih vektorjev GNSS.

V kolikor zahteve po nekaj centimetrski kakovosti niso tako stroge (nad 4 cm oziroma razred natančnosti H1), je potrebno zagotoviti:

- relativno določitev 3D položaja (določitev baznega vektorja) in s tem elipsoidne višine s statično izmero GNSS v času trajanja ene ure ali več,
- bazne vektorje čim krajših dolžin. Če je oddaljenost od danih točk ali stalnih postaj GNSS prevelika (daljša kot 10 km), je priporočljivo obdelavo baznih vektorjev navezati na virtualno točko VRS, ki naj bo v bližini območja izmere.

V vseh primerih je potrebno zagotoviti kakovostno centriranje in horizontiranje instrumenta GNSS na stativu (brez uporabe togih grezil).

7.1.2 Uporaba metode GNSS-višinomerstva (razred natančnosti H1 ali H2 določitve nadmorskih višin)

Ta nivo natančnosti je primeren za:

- določanje višin v inženirski geodeziji,
- vzpostavitev višinske osnove v novem državnem višinskem sistemu,
- izmero nekaterih objektov za potrebe zbirnega katastra gospodarske javne infrastrukture in
- druge naloge, kjer je zahtevana nekaj centimeterska natančnost višin (razred natančnosti H1).

7.1.3 Kontrolna opazovanja (razred natančnosti H1 ali H2)

Pri zahtevani višji natančnosti določitve višine z GNSS-višinomerstvom preverimo kakovost višinske referenčne ploskve na območju izmere. Kontrolo lahko naredimo na območjih, kjer lahko z GNSS-višinomerstvom na reperjih z dano nadmorsko višino izvedemo kontrolno izmero in ocenimo kakovost določitve nadmorskih višin. Ustreznost višinske referenčne ploskve ocenimo s primerjavo kvazigeoidnih višin (razlika nadmorske in elipsoidne višine) in kvazigeoidnih višin, ki smo jih določili z interpolacijo višinske referenčne ploskve. Kakovost določitve nadmorske višine je odvisna tudi od reda nivelmanske mreže ali poligona, v katerega je vključen reper. Velika odstopanja od dejanske nadmorske višine reperja in višine reperja, ki je vodena v centralni evidenci geodetskih točk GURS, so možna na območjih, kjer imamo prisotne večje višinske pomike. Kontrolna opazovanja izvajamo tako, da določimo višino eni ali več točkam z danimi elipsoidnimi višinami (kontrolne točke) v koordinatnem sistemu ETRS89 (D96/TM).

Za potrebe vzpostavitve višinskega izhodišča moramo z GNSS-višinomerstvom določiti vsaj dve točki. Višinsko izhodišče je potrebno kontrolirati z neodvisnimi opazovanji, tako da višinsko razliko med točkami, ki določajo višinsko izhodišče, izmerimo s klasičnimi terestričnimi metodami višinomerstva. Izmerjeno višinsko razliko primerjamo z višinsko razliko, izračunano iz nadmorskih višin točk višinskega izhodišča, ki so določene z GNSS-višinomerstvom. Odstopanja morajo biti v mejah natančnosti določitve višinskih razlik z obema metodama (nekaj cm), da lahko predpostavimo, da pri določitvi nadmorskih višin z GNSS-višinomerstvom niso bili prisotni grobi pogoški.

7.2 Nekaj decimetrski nivo natančnosti določitve nadmorskih višin

Kot nekaj decimetrsko natančnost elipsoidne višine točke v tem navodilu obravnavamo natančnost, ko je:

- standardni odklon elipsoidne višine manjši od **5 cm**,
- s 95% zaupanjem je njena natančnost boljša od **10 cm**.

Ustrezno kakovost elipsoidnih višin je določena z uporabo kinematičnih metod izmere (naknadna obdelava ali RTK) z vsaj desetimi zaporednimi registracijami meritev. Za določitev elipsoidne višine točk v aktualni slovenski realizaciji koordinatnega sistema ETRS89, D96/TM, se priporoča navezava na stalno postajo omrežja SIGNAL, virtualno referenčno postajo VRS ali točko s kakovostno določenimi koordinatami v D96/TM (statična izmera). Zaradi morebitne prisotnosti grobih pogoškov pri določitvi višinskega izhodišča z GNSS-višinomerstvom je priporočljivo, da kakovost vzpostavitve višinskega izhodišča kontroliramo.

Izmera GNSS naj bo opravljena kot GNSS-RTK izmera z večkratno neodvisno določitvijo položaja s premori med meritvami v trajanju vsaj 20 minut. Elipsoidna višina, ki je določena na podlagi večkratnih neodvisnih določitev položajev točk, se izračuna kot povprečje neodvisnih določitev višine. Razlike med posameznimi določitvami višine iste točke ne smejo presegati 10 cm.

7.2.1 Določitev elipsoidnih višin z natančnostjo do nekaj dm

Pri izmeri upoštevamo smernice Guidelines for the Use of GPS in Surveying and Mapping:

- izračun višin točk iz večkratnih meritev z metodo GNSS-RTK, opravljenih v časovnem razmaku vsaj 20 minut,
- priporočeni trajanji opazovanj glede na oddaljenost od stalne postaje omrežja SIGNAL pri RTK in kinematični izmeri z naknadno obdelavo opazovanj (natančnost izmere elipsoidne višine 20 mm + 2 ppm) sta:
 - nekajsekundne meritve (priporočilo 30 s) za oddaljenost do 1 km in vsaj dvakratna določitev koordinat v časovnem razmiku 20 minut ali več,
 - 1 min za oddaljenost do 15 km in dvakratna določitev koordinat v časovnem razmiku 20 minut ali več,
- najmanjši višinski kot satelitov za sprejem GNSS-signala je 10°-15°,
- priporoča se izračun koordinat točke z uporabo opazovanj načina VRS, če je oddaljenost od stalne postaje omrežja SIGNAL večja od 5 km; pri oddaljenosti, večji od 20 km, pa je uporaba koncepta VRS oziroma podobne tehnološke rešitve (MAC) obvezna,
- pri RTK-metodi izmere se priporoča sprotno preverjanje natančnosti (standardnega odklona) določitve višine.

Pogoji za kakovostno izmero so:

- uporaba dvo- ali večfrekvenčnih sprejemnikov GNSS (L1&L2(&L5), (angl. carrier phase and code)), ki omogočajo določanje elipsoidnih višin na osnovi faznih opazovanj,
- uporaba opazovanj z vsaj petih satelitov GNSS (istega sistema) nad obzorjem in njihova enakomerna geometrijska razporeditev (faktor PDOP boljši od 6),
- odsotnost fizičnih ovir v bližini točke (visoki objekti, drevesa, neugoden relief), posebej južno od točke izmere,
- odsotnost motečih površin (npr. pločevinastih streh), ki povzročajo odboje signalov in večpotje (angl. multipath) in
- odsotnost radijskih in televizijskih oddajnikov zaradi možnosti interference s signali GNSS.

7.2.2 Uporaba metode GNSS-višinomerstva (natančnosti do nekaj dm)

Ta nivo natančnosti je primeren za:

- izmero v katastru stavb,
- izdelavo geodetskih načrtov merila 1 : 5.000 in topografskih kart merila 1 : 10.000,
- izdelavo trirazsežnih modelov mest in
- druge naloge, kjer je zahtevana nekaj decimetrski natančnost višin.

7.2.3 Kontrolna opazovanja (natančnost do dm)

Kontrolna opazovanja izvajamo tako, da določimo višino eni ali več točkam z danimi elipsoidnimi višinami (kontrolne točke) v koordinatnem sistemu ETRS89 (D96/TM). Za potrebe vzpostavitve višinske osnove moramo določiti vsaj dve točki z GNSS-višinomerstvom in višinsko razliko primerjati z višinsko razliko, ki je bila določena s klasičnimi terestričnimi metodami višinomerstva. Odstopanja morajo biti v mejah natančnosti določitve višinskih razlik z obema metodama (do 20 cm).

Preglednica 12: Določitev elipsoidnih višin z GNSS.

IZMERA GNSS	
Nekaj centimetrska natančnost	Nekaj decimetrska natančnost
Geodetski dvo- ali večfrekvenčni (daljši vektorji – nad 5 km) ali enofrekvenčni (kratki vektorji – pod 5 km) sprejemniki.	Geodetski eno-, dvo- ali večfrekvenčni sprejemniki.
Statična, hitra statična (dolžina vsaj ena ura) in kinematične metode (večkrat neodvisno določene koordinate, trajanje zaporednih meritev na točki 30 s). V dobrih razmerah (število satelitov, odprt horizont).	Hitra statična (lahko v trajanju od 20 minut naprej) ali kinematične metode izmere. V dobrih razmerah (število satelitov, odprt horizont) kinematični metodi (RTK in VRS) z več (10) ponovitvami izmere položaja.
Interval registracije vsaj 30 s za statično in 5 (10) s za hitro statično metodo.	Trikrat neodvisna določitev položaja po preteku vsaj 20 minut.
Minimalni višinski kot 10°–15°.	Minimalni višinski kot 10°–15° za komercialno programsko opremo in 1°–3° za profesionalno programsko opremo.
Trajanje izmere vsaj eno uro za statično metodo.	
IZVEDBA IN TRAJANJE MERITEV	
Razred natančnosti H1	Razred natančnosti H2, izjemoma H3
Dvo ali več frekvenčni sprejemniki Hitra statična ali statična metode izmere v trajanju 30 minut za krajše (do 10 km) in 60 – 120 minut za daljše (nad 10 km) bazne vektorje med referenčnimi in novimi točkami.	Dvo ali več frekvenčni sprejemniki Hitra statična ali statična metode izmere v trajanju 60 minut za krajše (do 5 km) in 120 minut za daljše (nad 5 km) bazne vektorje med referenčnimi in novimi točkami.
Dolžine baznih vektorjev med novimi točkami ne smejo biti daljše od 5 km.	Dolžine baznih vektorjev med novimi točkami ne smejo biti daljše od 5 km.
Višinska razlika med točkama baznega vektorja ne sme biti večja od 500 m	Višinska razlika med točkama baznega vektorja ne sme biti večja od 500 m

Poleg ustrezne merske opreme in pribora za doseganje zahtevane natančnosti določitve elipsoidnih višin in ustrezne izvedbe meritev je pomembna tudi obdelava meritev. Obdelava meritev GNSS vključuje obdelavo meritev za določitev baznega vektorja med točkama, izravnavo baznih vektorjev v mreži GNSS. V okviru vseh postopkov obdelave je potrebno upoštevati splošne značilnosti izravnave meritev po metodi najmanjših kvadratov, lastnosti programske opreme in splošne lastnosti vrednotenja rezultatov izravnave po metodi najmanjših kvadratov. V preglednici 14 podajamo osnovne značilnosti obdelave meritev GNSS za doseganje natančnosti določitve elipsoidnih višin razredov natančnosti H1, H2 in H3. V preglednici 14 navajamo le splošne zahteve obdelave meritev GNSS, podrobnejše

zahteve izpolni operater, ki meritve obdeluje, glede na priporočila proizvajalca merske in programske opreme za obdelavo opazovanj GNSS.

Preglednica 13: Obdelava meritev GNSS.

OBDELAVA MERITEV GNSS		
RAZRED NATANČNOSTI	H1	H2, izjemoma H3
OBDELAVA MERITEV	Izračun baznega vektorja z uporabo kakovostne programske opreme za obdelavo meritev GNSS. Nujna določitev fazne nedoločenosti v množici naravnih števil. Osnovni kazalci kakovosti baznega vektorja morajo biti doseženi.	Izračun baznega vektorja z uporabo kakovostne programske opreme za obdelavo meritev GNSS; Nujna določitev fazne nedoločenosti v množici naravnih števil. Osnovni kazalci kakovosti baznega vektorja morajo biti doseženi.
IZRAVNAVA BAZNIH VEKTORJEV V MREŽI GNSS	Število baznih vektorjev v mreži mora biti 20 % večje od nujno potrebnega. Izravnava baznih vektorjev v geodetski mreži, z navezavo na referenčne točke. Standardni odkloni elipsoidnih višin novih točk določajo doseženo raven natančnosti elipsoidnih višin.	Število baznih vektorjev v mreži mora biti 50% večje od nujno potrebnega. Izravnava mreže GNSS izvedena v dveh korakih; 1. izravnava proste mreže GNSS 2. izravnava vklopljene mreže s privzetimi danimi višinami referenčnih točk Z globalnim testom v prosti mreži ne sme biti zavrnjena hipoteza o skladnosti referenčne variance <i>a-posteriori</i> z referenčno varianco <i>a-priori</i> . Razlika v kakovosti izravnave obeh mrež (glede na vrednosti referenčnih varianc <i>a-posteriori</i> v prosti in vklopljeni mreži) variance ne sme biti večja od 50%. Standardni odkloni elipsoidnih višin novih točk določajo doseženo raven natančnosti elipsoidnih višin

7.3 Dokumentacija izvedbe in obdelave meritev GNSS

V dokumentaciji se poleg nadmorske višine vedno vodi tudi izvorna elipsoidna višina. Samo izvorni podatki omogočajo kasnejši izračun višin med višinskimi sistemi in različni vrstami višin ter odpravljanje morebitnih napak. Dokumentacija o GNSS-izmeri naj vsebuje koordinate točk v aktualni slovenski realizaciji koordinatnega sistema ETRS89 z vsemi pripadajočimi podatki, ki omogočajo naknadno ovrednotenje pridobljenih koordinat ter ponovno obdelavo izmere. Dokumentacija naj vključuje:

- splošni podatke o izmeri (podatke o namenu izmere – npr. ime projekta, ime izvajalca in operaterja ipd., datum izmere, delovišče)
 - uporabljena merska oprema tip sprejemnika in antene,
 - terenski zapisniki, skice in fotografije
 - podatki o izmerjeni višini antene: seznam točk z izmerjenimi višinami anten in opredelitev načina merjenja višin,
- podatki meritev:
 - v primeru statične izmere datoteke RINEX,

- v primeru meritev z metodo GNSS-RTK (interval registracije, število meritev na točki, najmanjši višinski kot, shranjevanje opazovanj – da/ne, splošna ocena pogojev za izvedbo GNSS-izmere), če je mogoče tudi datoteke RINEX,
- kinematična ali hitra statična metoda z naknadno obdelavo podatkov (interval registracije, trajanje opazovanj, najmanjši višinski kot s pripadajočim arhivom opazovanj v obliki datotek RINEX,
- podatki o navezavi novo določenih točk na D96/TM:
 - ime omrežja za navezavo (npr. omrežje SIGNAL),
 - vrsta tehnologije za navezavo (npr. VRS-tehnologija),
 - referenčna točka za navezavo (ime in oznaka točke, koordinate v D96/TM, oddaljenost,
 - delovišča od referenčne točke, oddaljenost od najbližje stalne GNSS-postaje (samo ob uporabi VRS-tehnologije), ki je vključena v omrežni sistem, vir podatkov),
- podatki o naknadni obdelavi opazovanj:
 - podatke o obdelavi vektorjev: od/do točke, tip rešitve, ena izmed cenilk kakovosti določitve baznega vektorja,
 - podatke o izravnavi mreže vektorjev: število nadštevilnih opazovanj, globalni preizkus modela, delež odkritih grobih pogreškov med vsemi opazovanji,
- podatki o kontrolnih meritvah (oznaka točke, dane in z opazovanji določene koordinate v D96/TM, odstopanja med danimi in novo določenimi koordinatami v lokalnem koordinatnem sistemu),
- seznam elipsoidnih koordinat točk (φ , λ , h) s pripadajočimi RMS-vrednostmi koordinat ter viru podatka o natančnosti koordinat (npr. podatek instrumenta, obdelava vektorja, izravnavna mreže),
- seznam izračunanih nadmorskih višin točk,
- opredelitev razlik na kontrolnih točkah ter
- način izračuna nadmorskih višin (model geoida (ime modela), uporaba programa in datum različice uporabe programa (SITRA).

8 TRANSFORMACIJA VIŠIN MED SVS2000 IN SVS2010

Višine točk so izmerjene oz. določene na različne načine in zapisane v različnih zbirkah. Za nekatere podatke je način izmere poznan in/ali zapisan v metapodatkih, za druge podatke pa način določitve višin točk ni poznan. Višinske razlike med točkami oziroma višine točk so običajno določene z metodo geometričnega nivelmana, trigonometričnim višinomerstvom, ter GNSS-višinomerstvom. Višinske razlike med točkami oziroma višine posameznih točk so lahko določene tudi z uporabo različnih metod izmere, npr. ko je bila višina izhodiščne točke določena z GNSS-višinomerstvom, višine detajlnih točk pa so bile določene s terestričnimi metodami višinomerstva.

Transformacijo višin iz SVS2000 in SVS2010 izvedemo na podlagi predhodne analize vplivov sprememb višin za uporabnike prostorskih podatkov in analize možnosti in primernosti transformacije višin v prostorskih podatkovnih zbirkah v SVS2010. V splošnem transformacijo izvedemo:

- če je razlika med višinskima sistemoma statistično značilna glede na natančnost določitve višin na lokacijskem prikazu (vsaj 2 krat večja od natančnosti določitve višin),
- če obstoječi geodetski načrt oziroma lokacijski prikaz dopolnjujemo z novo vsebino. Tako preprečimo zamik v višinah med starim in novim lokacijskim prikazom.

Način transformacije višin iz SVS2000 v SVS2010 zapišemo/označimo na transformiranem lokacijskem prikazu. Transformiran lokacijski prikaz kontroliramo tako, da posameznim nedvoumno določenim detajlnim točkam s prikazano višino ponovno določimo višino v SVS2010.

8.1 Transformacija višin na podlagi razlik nadmorskih višin med SVS2000 in SVS2010

Transformacijo višin izvedemo na osnovi analize razlik nadmorskih višin v SVS2000 in SVS2010 na reperjih, ki so stabilizirani na ali v bližini transformiranega območja. Kakovost in zanesljivost transformacije je odvisna od kakovosti reperja, ki je za reperje nižjih redov slabša. Transformiran lokacijski prikaz kontroliramo tako, da posameznim nedvoumno določenim detajlnim točkam s prikazano višino ponovno določimo višino v SVS2010.

8.2 Transformacija višin določenih z GNSS-višinomerstvom

Osnovo za transformacijo višin, določenih z izmero GNSS, sta višinski referenčni ploskvi, ki sta bili uporabljena pri GNSS-višinomerstvu, to je SLO_AMG2000/Trst oziroma SLO_VRP2016/Koper, za transformacijo v SVS2010. Transformacijo točk izvedemo s pomočjo programa SiVis, ki je dostopen na spletnih straneh GURS. Transformacija višin se vedno izvaja za točke s koordinatami v novem državnem referenčnem koordinatnem sistemu (D96/TM), saj sta v tem sistemu na voljo modela obeh višinskih referenčnih ploskev. V primeru, da uporabnik razpolaga s točkami v starem sistemu (D48/GK), jih mora pred transformacijo višin transformirati v novi sistem.

Če je bil stari lokacijski prikaz izdelan na osnovi GNSS-višinomerstva (višine izhodiščnih točk) in klasičnih metod višinomerstva, s programom SiVis transformiramo le izhodiščne točke. Ostale višine na transformiranem lokacijskem prikazu prikažemo na osnovi starih podatkov merjenih višinskih razlik s klasičnimi metodami višinomerstva.

8.3 Označevanje višinskega sistema na lokacijskih prikazih

V Pravilniku o geodetskem načrtu (Uradni list RS, št. 40/2004 in 33/2007 - ZPNačrt) in Topografskem ključu za izdelavo in prikaz vsebine geodetskih načrtov je opredeljen koordinatni sistem, v katerem se podatki prikazujejo. Praviloma je to državni prostorski koordinatni sistem, ki je opredeljen v Zakonu o državnem geodetskem referenčnem sistemu (Uradni list RS, št. 25/14). V certifikat geodetskega načrta se tako zapiše državni prostorski koordinatni sistem, ki je bil uporabljen in točke, na katere je bila izmera navezana. Te točke se na geodetskem načrtu tudi označi. Del državnega prostorskega koordinatnega sistema je tudi vertikalna sestavina, katere del je slovenski višinski sistem, ki mora tudi biti naveden na lokacijskih prikazih oziroma v certifikatu geodetskega načrta.

9 VIRI

- Bilajbegović, A., Marchessini, C. (1991). Jugoslavenski vertikalni datum i preliminarno povezivanje nove Jugoslavenske nivelmanske mreže s Austrijskom i Talijanskom. *Geodetski list*, 45 (7-9), 223-248.
- Bilajbegović, Asim, 1989. Nivelman visoke točnosti Jugoslavije – svezak1. Geodetski fakultet Sveučilišta u zagrebu, zavod za višu geodeziju, Zagreb, 3 - 4.
- Bufon, J. (1958). Izhodišče »0« točke (višine srednje vode) Jadranskega morja, Ljubljana.
- Deutsche Normen DIN 18710-1 (2010). Ingenieurvermessung – Teil 1: Allgemeine Anforderungen. DIN Deutsches Institut für Normung e. V..
- Deutsche Normen DIN 18710-2 (2010). Ingenieurvermessung – Teil 2: Aufnahme. DIN Deutsches Institut für Normung e. V..
- Deutsche Normen DIN 4107 (1978). Setzungsbeobachtungen an entstehenden und fertigen Bauwerken. DIN Deutsches Institut für Normung e. V..
- ICSM (2007). Standards and practices for control surveys (SP1), Inter-governmental committee on surveying and mapping, Avstralija.
- International Standard ISO 12858-1 (1999). Optics and optical Instruments – Ancillary device for geodetic instruments – Part 1. Invar levelling staffs.
- Koler, B., Stopar, B., Sterle, O., Urbančič, T., Medved, K. (2019). Nov slovenski višinski sistem SVS2010. *Geodetski vestnik*, letn. 63, št. 1, str. 27-40.
- Koler, B., Urbančič, T., Kuhar, M., Pavlovčič Prešeren, P., Stopar, B., Sterle, O. (2017). Pregled višinskih datumov Slovenije. V: Kuhar, M. (ur.). Raziskave s področja geodezije in geofizike 2016: zbornik del, 22. srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, Ljubljana, 26. januar 2017. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. 2017, str. 93-98.
- Koler, B., Savšek, S., Ambrožič, T., Sterle, O., Stopar, B., Kogoj, D. (2010). Realizacija geodezije v geotehnikih. *Geodetski vestnik*, letn. 54, št. 3, str. 450-468.
- Koler, B., Medved, K., Kuhar, M. (2007). Uvajanje sodobnega višinskega sistema v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, letn. 51, št. 4, str. 777-792.
- Kuhar, M. (2017). Pot do novega modela geoida v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 61 (2), 187–200.
- Kuhar M., Berk S., Koler B., Medved K., Omang O. C. D., Solheim D. (2011). Vloga kakovostnega višinskega sistema in geoida za izvedbo GNSS-višinomerstva. *Geodetski vestnik*, 55 (2), 226–234.
- Pravilnik o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk. Republiška geodetska uprava, Ljubljana, 1981.
- Pribičević, B. (2000). Uporaba geološko-geofizičnih in geodetskih baz podatkov za računanje ploskve geoida Republike Slovenije. Doktorska disertacija, FGG, Ljubljana.
- Pribičević, B. (1999). Nov preračun geoida Republike Slovenije. Magistrska naloga, FGG, Ljubljana.
- Pribičević, B., Medak, D. (2003). Geodezija u građevinarstvu, V. B. Z., d. o. o., Zagreb.
- RICS guidance note (2003). Guidelines for the Use of GPS in Surveying and Mapping, RICS Business Service Limited, Velika Britanija.
- Roberts, C. (2005). GPS for cadastral surveying – practical considerations, Proceedings of SSC 2005 Spatial intelligence, Inovation and Praxis: The national Biennial Conference of the Spatial Sciences Institute, Melbourne.
- Savšek, S., Ambrožič, T., Kogoj, D., Koler, B., Sterle, O., Stopar, B. (2010). Geodezija v geotehnikih. *Geodetski vestnik*, letn. 54, št. 1, str. 31-45.

Sterle, O., Koler, B. (2019). Določitev novega višinskega datuma Slovenije. Geodetski vestnik, letn. 63, št. 1, str. 13-26.

Stopar, B., Kuhar, M. (2001). Moderni geodetski koordinatni sistemi in astrogeodetska mreža Slovenije, Geodetski vestnik 45, 1&2, str. 11–25.

Urbanč, M. (2008). Ocena natančnosti geoidnega modela Slovenije, diplomska naloga, FGG, Ljubljana.

Uredba o določitvi parametrov horizontalne sestavine in gravimetričnega dela vertikalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema, imen teh sestavin in državne kartografske projekcije. Uradni list Republike Slovenije, št. 25/2014.

Uredba o določitvi parametrov višinskega dela vertikalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema. Uradni list Republike Slovenije, št. 80/2018.

Vodopivec, F., Kogoj, D. (2001). Ein neuer Komparator für die Kalibrierung von Nivellierlatten auf der Basis eines optischen Encodersystems. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, 108 (8/9), 296-301.

Vodopivec, F. (1988). Precizni nivelman, FAGG, Ljubljana.

Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu. Uradni list Republike Slovenije, št. 25/2014.

10 Kazalo preglednic

PREGLEDNICA 1: ANALIZA IZRAVNAV NIVELMANSKIH POLIGONOV NIŽJIH REDOV.....	13
PREGLEDNICA 2: DOVOLJENA ODPSTAPANJA ZA IZMERO NIVELMANSKIH MREŽ/POLIGONOV.	17
PREGLEDNICA 3: RAZLIKE MED MERJENO IN DOLOČENO GEOIDNO VIŠINO IZ SLO_VRP201/KOPER NA TOČKAH ZA VKLOP.	20
PREGLEDNICA 4: RAZLIKA MED MERJENO NADMORSKO VIŠINO IN DOLOČENO NA OSNOVI RTK-GNSS- VIŠINOMERSTVA.	20
PREGLEDNICA 5: PRIMERJAVA KAKOVOSTI DOLOČITVE NADMORSKIH VIŠIN S STARO IN NOVO VIŠINSKO REFERENČNO PLOSKVIJO.	21
PREGLEDNICA 6: RAZREDI NATANČNOSTI DOLOČITVE VIŠIN ZA RAZLIČNE TOČKE.	22
PREGLEDNICA 7: RAZREDI NATANČNOSTI ZA DOLOČITEV VIŠIN POSNETE DETAJLNE TOČKE ZA RAZLIČNE NAMENE.	22
PREGLEDNICA 8: ZAPIS IN KAKOVOST VIŠIN V PODATKOVNIH ZBIRKAH GURS.	23
PREGLEDNICA 9: ZAGOTAVLJANJE POGOJEV PRED NIVELMANSKO IZMERO IN IZVEDBA MERITEV.	27
PREGLEDNICA 10: ZAGOTAVLJANJE POGOJEV PRED IZMERO IN IZVEDBA TRIGONOMETRIČNEGA VIŠINOMERSTVA.	29
PREGLEDNICA 11: ZAGOTAVLJANJE POGOJEV PRED GNSS-IZMERO ZA RAZREDE NATANČNOSTI H1, H2 IN IZJEMOMA H3.	30
PREGLEDNICA 12: DOLOČITEV ELIPSOIDNIH VIŠIN Z GNSS.	35
PREGLEDNICA 13: OBDELAVA MERITEV GNSS.	36

11 Kazalo slik

SLIKA 1: NORMALNI REPER NIVELMANSKE MREŽE 1. REDA SLOVENIJE.....	10
SLIKA 2: NOVA NIVELMANSKA MREŽA 1. REDA SLOVENIJE.	11
SLIKA 3: REPERJI 1. REDA, VKLJUČENI V GRAVIMETRIČNO IZMERO.....	12
SLIKA 4: NIVELMANSKI POLIGONI, KI PRESEGAJO DOVOLJENO ODPSTAPANJE.	14
SLIKA 5: RAZLIKE VIŠIN REPERJEV MED SVS2000 (DATUM TRST) IN SVS2010 (DATUM KOPER).	15
SLIKA 6: ODPSTAPANJA MED MERJENO NADMORSKO VIŠINO IN DOLOČENO NA OSNOVI	20