

VZPOSTAVITEV PASIVNE KONTROLNE GNSS-MREŽE V SLOVENIJI

CREATION OF A PASSIVE GNSS CONTROL NETWORK IN SLOVENIA

Danijel Majcen

UDK: 528.2(497.4)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.04
Prispelo: 31. 1. 2020
Sprejeto: 23. 5. 2020

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2020.02.169-181
PROFESSIONAL ARTICLE
Received: 31. 1. 2020
Accepted: 23. 5. 2020

IZVLEČEK

V prispevku je obravnavana idejna zasnova in izvedba projekta vzpostavitve kontrolne GNSS-mreže na območju Republike Slovenije. Kontrolne točke bodo namenjene nadzoru kakovosti delovanja omrežja SIGNAL ter preverjanju kakovosti metod in merilne opreme za določanje položaja z GNSS. Opisani so stabilizacija in izbor lokacij kontrolnih točk. Predstavljena je določitev referenčnih koordinat kontrolnih točk. Narejena je primerjava koordinat kontrolnih točk v referenčnih koordinatnih sistemih D96/TM in D96-17/TM. Narejena je tudi primerjava določitve koordinat kontrolnih točk na podlagi 24-urnih statičnih meritev, in sicer z navezavo na: 1) bližnje stalne postaje omrežja SIGNAL in 2) virtualno referenčno postajo (VRS; angl. virtual reference station) v neposredni okolici posamezne točke.

ABSTRACT

This paper describes the conceptual design and the implementation of the project of establishing a GNSS control network in the territory of the Republic of Slovenia, which will be used to monitor the quality of the SIGNAL network products and services and to verify the quality of methods and measurement equipment for GNSS positioning. The stabilization process and the selection of locations of GNSS points are described. The determination of the reference coordinates of GNSS points is presented. A comparison of coordinates of the GNSS points in the coordinate reference systems D96/TM and D96-17/TM is made. A comparison of coordinates determined from 24-hour static measurements is also made, by using baselines 1) to the nearest SIGNAL stations and 2) to a virtual reference station (VRS) in the immediate neighbourhood of each point.

KLJUČNE BESEDE

kontrolna mreža, kontrolna točka, točnost, statična GNSS-izmera, VRS z naknadno obdelavo

KEY WORDS

accuracy, control network, control point, static GNSS measurement, post-processing VRS

1 UVOD

V Republiki Sloveniji od 1. 1. 2008 uporabljamo referenčni koordinatni sistem D96/TM. Od 1. 1. 2020 uporabljamo nove, izboljšane koordinate z oznako D96-17/TM (Obvestilo, 2019). Določanje položaja geodetskih točk v D96-17/TM lahko izvajamo z uporabo produktov in storitev omrežja SIGNAL, ki ga sestavlja 16 stalnih GNSS-postaj na območju Slovenije (SIGNAL, 2020). Od omrežja SIGNAL uporabniki dobivajo popravke GNSS-opazovanj za izračun natančnega položaja v realnem času. Na izračun položaja pri uporabniku vplivajo različni dejavniki: modeliranje vplivov ionosfere in troposfere, hitrost prenosa popravkov do uporabnika, kakovost merilne opreme, odboji signalov (večpotje), programska oprema omrežja SIGNAL, nepredvideni dogodki itd.

Na Geodetski upravi Republike Slovenije smo vzpostavili kontrolno GNSS-mrežo z namenom preverjanja pravilnosti delovanja omrežja SIGNAL, za testiranje merilne opreme in metod izmere ter za izobraževalne namene. Kontrolno GNSS-mrežo sestavljajo trajno stabilizirane geodetske točke (v nadaljevanju: kontrolne točke). Na vsaki kontrolni točki smo izvedli 24-urno statično GNSS-izmero. Surova opazovanja smo pretvorili v datoteke formata RINEX 3.02. Prav tako smo za pripadajoče časovne intervale pridobili podatke meritev na stalnih postajah omrežja SIGNAL in jih obdelali s programom Leica Infinity. Tako smo za vsako točko posebej določili referenčne koordinate kontrolnih točk. Kontrolne točke bodo namenjene nadzoru kakovosti delovanja omrežja SIGNAL. Na voljo so tudi za preverjanje kakovosti merilne opreme in metod izmere z GNSS – uporabljajo jih lahko tudi geodetska podjetja in drugi uporabniki GNSS-tehnologije.

2 PROJEKT KONTROLNE GNSS-MREŽE

Za določitev števila kontrolnih točk smo izhajali iz površine Slovenije, ki znaša 20.273 km². Za ciljno gostoto smo izbrali eno točko v kvadratu s stranico 20 km, kar pomeni, da za celotno državo potrebujemo približno 50 kontrolnih točk. Za izbor mikro- in makrolokacij točk smo upoštevali pogoje, da:

- enakomerno pokrivajo ozemlje celotne države,
- so brez fizičnih ovir, ki bi onemogočale sprejem signalov GNSS,
- so dostopne z osebnim avtomobilom,
- je mogoča stabilizacija na javni infrastrukturi,
- so nekatere na večjih nadmorskih višinah (900 m in več),
- so na različnih oddaljenostih od stalnih postaj omrežja SIGNAL,
- se po možnosti uporabijo primerne že obstoječe gravimetrične točke in točke za vpetje geoida.

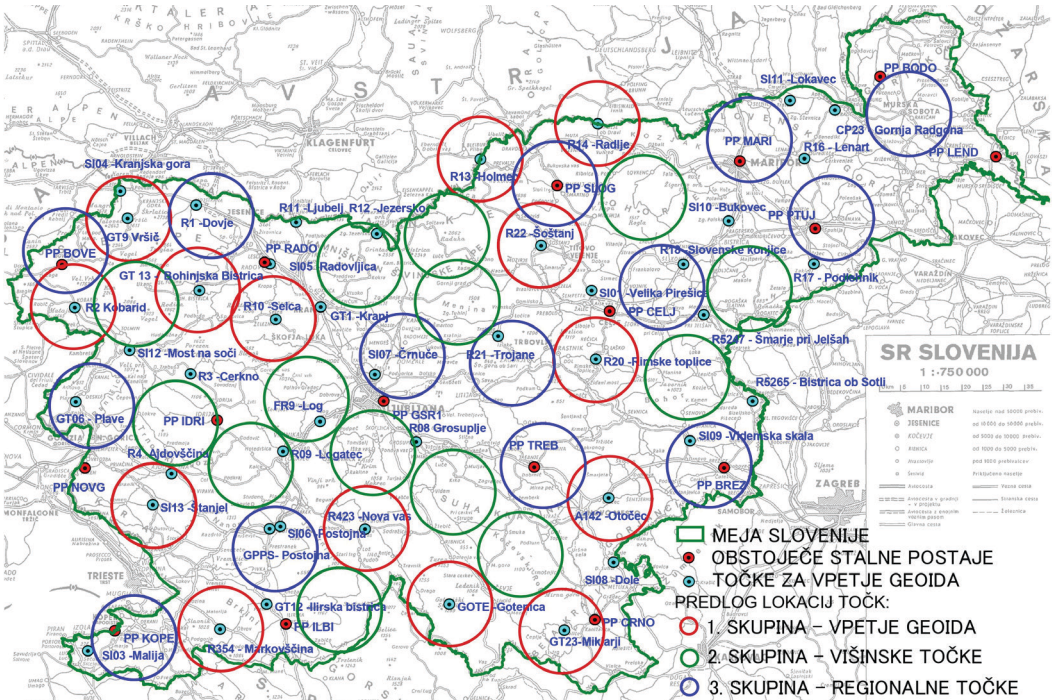
Točke 1. reda in geodinamične točke za ta namen niso primerne (težko dostopne, stabilizacija na stebru ali kovinski drog – pogosto privijanje slednjega lahko uniči navoje). Na podlagi zgornjih pogojev smo izdelali projekt predvidenih makrolokacij za 42 kontrolnih točk (slika 1).

Na sliki 1 so z zelenimi, modrimi in rdeči krogi premera 20 kilometrov prikazane predvidene lokacije kontrolnih točk po skupinah. Prikazane so še obstoječe stalne postaje omrežja SIGNAL in točke za vpetje geoida.

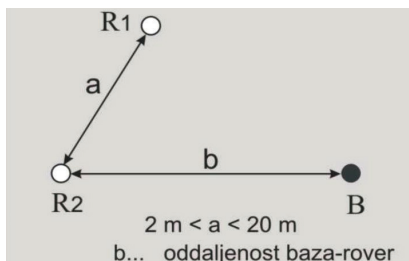
Glede na namen in uporabo smo lokacije točk razvrstili v tri skupine:

- V prvi skupini so kontrolne točke, ki so že stabilizirane in so bile uporabljene za vpetje geoida. Središča rdečih krogov, ki jih je 14, so obstoječe točke, ki bi bile primerne (stabilizirane so s kovinskimi čepki). Točke so internega značaja in jih uporablja le geodetska uprava za svoje potrebe.

- V drugi skupini so kontrolne točke, ki se stabilizirajo na večjih nadmorskih višinah. Zeleni krogi, ki jih je 14, označujejo makrolokacije za nove točke na nadmorskih višinah nad 900 m ali pa ob državni meji. Izbrane lokacije so: Vogel, Idrijsko hribovje, Črni vrh - Trnovski gozd, Polhograjsko hribovje, Raduha, Menina, Storžič, Suha krajina, Kočevski rog, Sviščaki, Rogla, Boč, Bohor in Krim.
- V tretji skupini so dvojne kontrolne točke, ki se stabilizirajo po različnih regijah. Služile bodo za preizkus oziroma kalibracijo instrumentov po navodilih standarda ISO 17123-8. ali pa kot oslonilne točke v fotogrametriji. Modri krogi, ki jih je 14, označujejo makrolokacije za nove regionalne točke. Dostopne so z osebnim avtomobilom. Nahajajo se v okolici večjih mest: Murska Sobota, Maribor, Celje, Ljubljana, Koper, Novo mesto, Slovenj Gradec, Nova Gorica, Bovec, Jesenice, Trbovlje, Postojna, Brežice in Ptuj. Na vsaki navedeni lokaciji se stabilizirata po dve točki (R1 in R2), ki sta oddaljeni vsaj 2 metra in ne več kot 20 metrov (slika 2), oddaljenost od točk R1 in R2 do referenčne postaje B (stalna postaja ali lastna bazna postaja) pa ni predpisana.



Slika 1: Predlog makrolokacij kontrolnih točk.



Slika 2: Postavitev kontrolnih točk iz tretje skupine (Pavlovčič Prešeren in sod., 2010).

Način testiranja in analiza kakovosti določanja položaja z metodo RTK sta – skladno s standardom ISO 17123-8 – podrobno opisana v članku Pavlovčič Prešeren in sod. (2010).

3 STABILIZACIJA IN IZMERA KONTROLNE GNSS-MREŽE

Sledita opis stabilizacije kontrolnih točk na izbranih lokacijah in opis GNSS-izmere za določitev njihovih referenčnih koordinat.

3.1 Stabilizacija točk

Kontrolne točke iz prve in druge skupine so stabilizirane s kovinskim čepkom dolžine okoli 4 centimetre (slika 3), nekatere pa tudi s talnim reperjem. Stabilizirane so v trdne površine, kot so skala, beton in podobno. Kontrolne točke iz tretje skupine so stabilizirane na dobro utrjenih ravnih javnih površinah, predvsem v beton, redkeje tudi v asfalt. Za stabilizacijo je uporabljen talni reper dolžine od 10 do 19 centimetrov z luknjico (slika 4). Primera vgradnje kovinskega čepka in talnega reperja sta prikazana na slikah 5 in 6.



Slika 3: Medeninasti kovinski čepek.



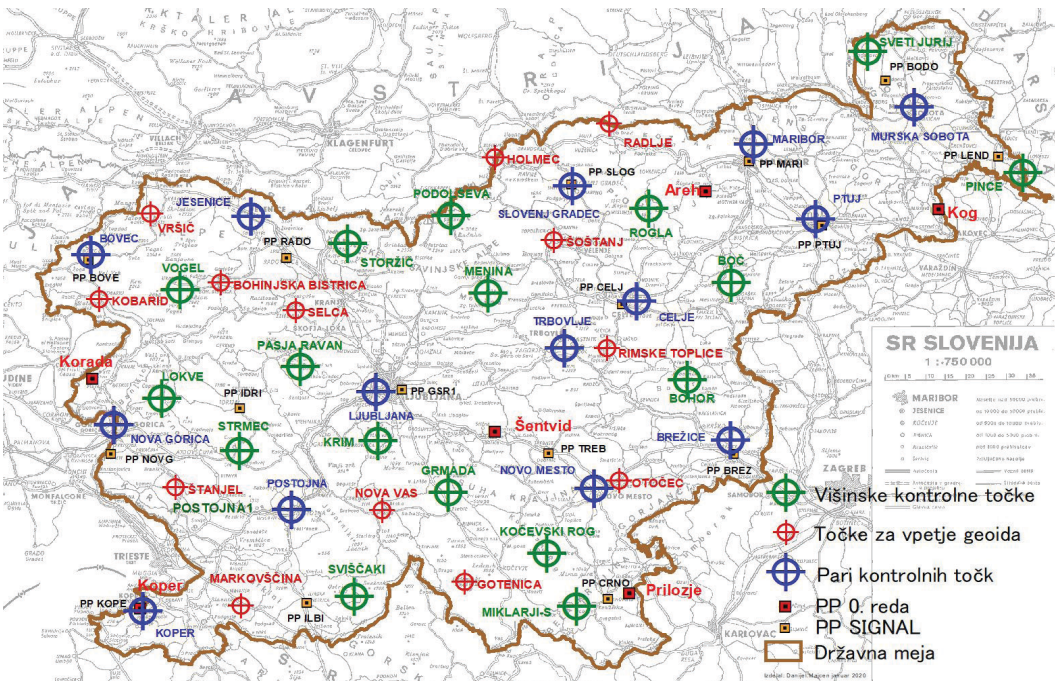
Slika 4: Talni reper z vgravirano luknjico.



Slika 5: Kovinski čepek, vgrajen v skala.



Slika 6: Talni reper, vgrajen v beton.

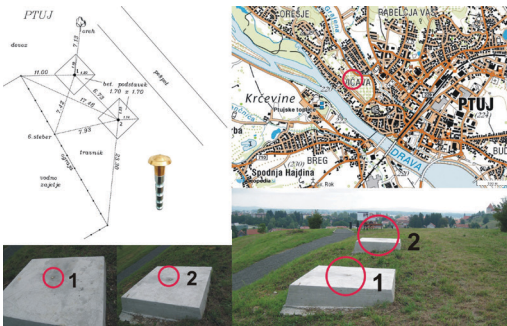


Slika 7: Grafični prikaz realizirane pasivne GNSS-mreže kontrolnih točk.

Na sliki 7 so prikazane v letu 2017 stabilizirane pasivne kontrolne točke. Stabiliziranih je 17 višinskih in obmejnih kontrolnih točk (zelene barve), 14 parov kalibracijskih kontrolnih točk (modre barve) in 13 kontrolnih točk, ki so služile za vpetje geoida (rdeče barve). Skupno število vseh kontrolnih točk je 44 oziroma 58 (17 + 13 + 2 × 14).

3.2 Izvedba meritev na kontrolnih točkah

Po končani stabilizaciji smo za vsako kontrolno točko izdelali topografijo (slika 8) in opravili 24-urno statično GNSS-izmero. Postavitve instrumenta je bila vedno izvedena na stativ (slika 9). Za pare kontrolnih točk je bila statična GNSS-izmera opravljena istočasno. Za statično izmero smo uporabili GNSS-sprejemnik JAVAD TRIUMPH-LS2 z anteno JAV-RINGANT G3T. Uporabljena sta bila interval registracije 30 s in višinski kot 10°.



Slika 8: Primer izdelane topografije.



Slika 9: Primer postavitve instrumenta.

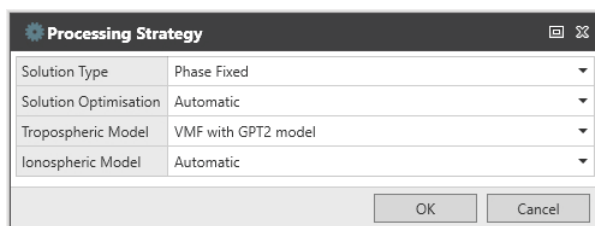
4 IZRAČUNI IN ANALIZE KOORDINAT KONTROLNIH TOČK

Sledita opis metodologije za izračune koordinat kontrolnih točk in predstavitev njihovih analiz.

4.1 Metodologija izračuna referenčnih koordinat

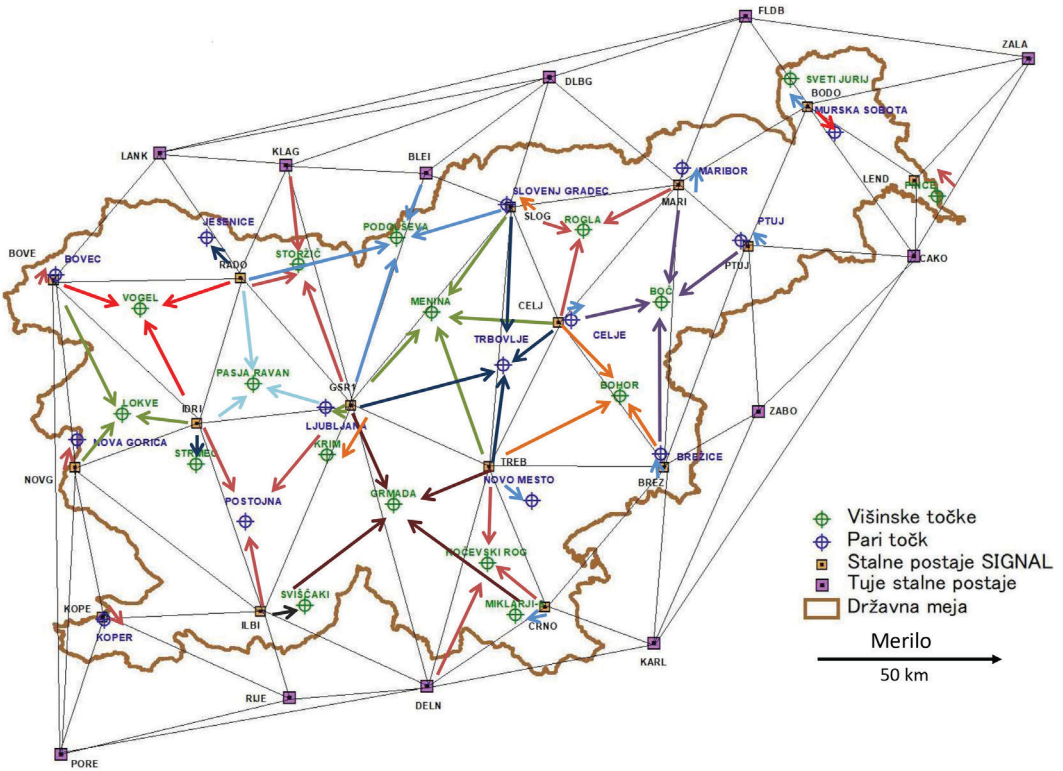
Za izračun referenčnih koordinat kontrolnih točk smo uporabili programski paket Leica Infinity, različica 3.3.0 (Leica Infinity, 2020). Izračun smo izvedli posebej za vsako kontrolno točko, ker opazovanja na kontrolnih točkah niso bila opravljena istočasno, razen za pare kontrolnih točk iz tretje skupine. Druga možnost, ki pa v našem primeru ni bila mogoča, bi bila mrežna izravnava kontrolnih točk, ki ne da bistveno boljših rezultatov (Häkli in sod., 2013). Uporabili smo naslednjo metodologijo:

- Kontrolna točka, ki se nahaja do 15 kilometrov od najbližje stalne postaje omrežja SIGNAL, je določena z enim samim baznim vektorjem.
- Za ostale kontrolne točke (oddaljene več kot 15 kilometrov) so izračunani vektorji iz treh ali štirih najbližjih stalnih postaj omrežja SIGNAL (slika 11); uporabljena je izravnava po metodi najmanjših kvadratov.
- Posebnost pri parih kontrolnih točk je, da sta točki merjeni istočasno, zato je uporabljen tudi kratek bazni vektor med kontrolnima točkama; razdalje med njima so bile zelo kratke, od 2,47 do 19,41 metra in z višinsko razliko do 0,22 metra. Konkretna obdelava 24-urnih meritev je dala standardne odklone do 0,0002 metra.
- Pri določitvi vseh baznih vektorjev so uporabljene precizne efemeride IGS in višinski kot 15° . Precizne efemeride vključujejo položaje GPS- in GLONASS-satelitov. Pridobljene so samodejno s programskim paketom Leica Infinity.
- Za obdelavo baznih vektorjev smo vnesli popravljene višine do ARP (angl. antenna reference point). Za antene smo uporabili kalibracijski set »NGS14 absolute« (National Geodetic Survey).
- Za izračun kratkih baznih vektorjev (do 15 kilometrov) so uporabljene privzete nastavitve (slika 10), za daljše vektorje (najdaljši meri 46,7 kilometra) in vektorje z večjimi višinskimi razlikami je uporabljena možnost ocene vpliva troposfere – možnost »Computed« (Wielgosz in sod., 2011; Ritlop, 2017). Pri tej možnosti vrednosti troposferske refrakcije ocenjujemo na podlagi uporabljenih opazovanj, kar je najustreznejša rešitev, ko imamo zagotovljenih dovolj opazovanj.



Slika 10: Privzete nastavitve za obdelavo vektorjev v programskem paketu Leica Infinity, 3.3.0.

Vsi uporabljeni bazni vektorji za določitev referenčnih koordinat kontrolnih točk so prikazani na sliki 11.



Slika 11: Prikaz uporabljenih vektorjev za izračun kontrolnih točk.

4.2 Rezultati in analiza kakovosti koordinat kontrolnih točk v realizaciji D96-17/TM in D96/TM

Izvedena je bila tudi primerjava izračunov referenčnih koordinat kontrolnih točk, ki se nanašajo na D96/TM, in referenčnih koordinat kontrolnih točk, določenih z uporabo novih, izboljšanih koordinat stalnih postaj omrežja SIGNAL v D96-17/TM.

V preglednici 1 so prikazani standardni odkloni koordinat (σ_x , σ_y , σ_z) trinajstih kontrolnih točk po izravnavi vsake posamezne točke. Vseh trinajst točk je izračunanih v dveh realizacijah koordinatnega sistema D96-17/TM in D96/TM. Izračunani bazni vektorji do novih točk so bili v obeh izračunih identični. Edino razliko pri izravnavi opazovanj prinašajo spremenjene koordinate danih točk – stalnih postaj omrežja SIGNAL. To pomeni, da so v prvem primeru vzete novejšee koordinate stalnih postaj (D96-17/TM), v drugem primeru pa stare koordinate stalnih postaj (D96/TM). Rumeno obarvana polja prikazujejo največje vrednosti.

Preglednica 1: Ocena kakovosti koordinat kontrolnih točk po izravnavi.

TOČKA	D96-17/TM			D96/TM			D96-17/TM-D96/TM		
	σ_e [m]	σ_n [m]	σ_h [m]	σ_e [m]	σ_n [m]	σ_h [m]	Δe [m]	Δn [m]	Δh [m]
BOČ	0,0011	0,0014	0,0098	0,0023	0,0031	0,0209	0,0034	-0,0088	0,0046
BOHOR	0,0015	0,0020	0,0132	0,0025	0,0033	0,0226	0,0061	-0,0080	0,0062
GRMADA	0,0011	0,0015	0,0099	0,0021	0,0028	0,0184	0,0086	-0,0123	0,0070
LOKVE	0,0007	0,0009	0,0062	0,0007	0,0009	0,0062	0,0035	-0,0206	0,0080
MENINA	0,0015	0,0020	0,0135	0,0030	0,0040	0,0265	0,0047	-0,0151	0,0104
PODOLŠEVA	0,0012	0,0016	0,0113	0,0024	0,0033	0,0230	0,0029	-0,0239	0,0124
POSTOJNAI	0,0016	0,0021	0,0045	0,0029	0,0038	0,0080	0,0063	-0,0162	0,0098
PASJA RAVAN	0,0027	0,0036	0,0234	0,0035	0,0046	0,0303	0,0028	-0,0159	0,0099
ROGLA	0,0015	0,0019	0,0128	0,0035	0,0046	0,0306	0,0044	-0,0140	0,0107
STORŽIČ	0,0008	0,0010	0,0068	0,0017	0,0022	0,0155	0,0019	-0,0198	0,0078
TRBOVLJEI	0,0016	0,0022	0,0147	0,0030	0,0040	0,0264	0,0044	-0,0134	0,0102
VOGEL	0,0012	0,0016	0,0108	0,0018	0,0024	0,0160	0,0010	-0,0288	0,0060
KOČEVSKI ROG	0,0014	0,0018	0,0125	0,0100	0,0131	0,0889	-0,0062	-0,0183	0,0049
ARIT. SRED. σ [m]	0,0014	0,0018	0,0115	0,0030	0,0040	0,0256			
ODSTOTEK σ	54,6%	54,7%	55,2%						
MAX. VRED. σ [m]	0,0027	0,0036	0,0234	0,0100	0,0131	0,0889	0,0086	-0,0288	0,0124

Pri kontrolnih točkah, ki so izračunane z enim samim baznim vektorjem, ni bilo izravnave vektorjev, zato niso vključene v preglednico. V preglednici 1 so izračunane tudi razlike koordinat kontrolnih točk iz obeh realizacij koordinatnega sistema po naslednjih formulah:

$$\Delta e = e_{D96-17} - e_{D96} \quad (1)$$

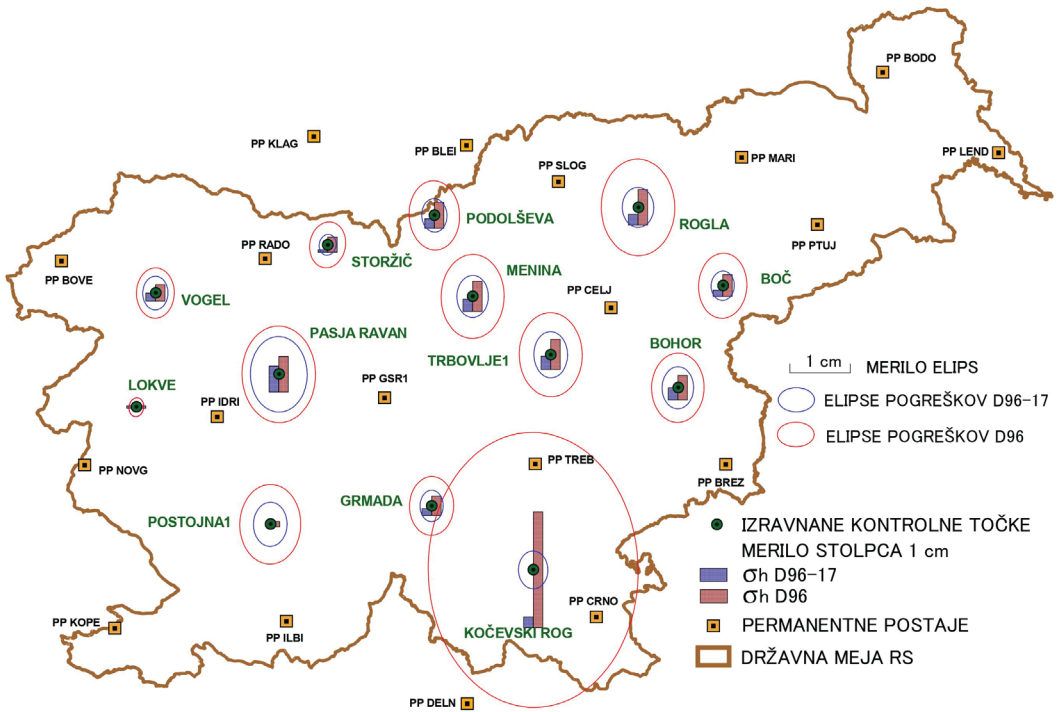
$$\Delta n = n_{D96-17} - n_{D96} \quad (2)$$

$$\Delta h = h_{D96-17} - h_{D96} \quad (3)$$

V tabeli je izračunan povprečni odstotek zmanjšanja vrednosti standardnega odklona koordinat e , n in višine h kontrolnih točk glede na realizacijo D96/TM. Izračunan je po naslednji formuli:

$$ODSTOTEK \sigma = \left[1 - \frac{ARIT.SRED \sigma(e, n, h)_{D96-17}}{ARIT.SRED \sigma(e, n, h)_{D96}} \right] \cdot 100 \quad (4)$$

ODSTOTEK σ nam na primeru 13 kontrolnih točkah pokaže povprečno 55-odstotno izboljšanje standardnih odklonov koordinat v realizaciji D96-17/TM. Na podlagi tega lahko sklepamo, da so dane koordinate stalnih postaj omrežja SIGNAL v realizaciji D96-17/TM bolj točne glede na predhodno realizacijo D96/TM. Realizacija D96/TM temelji na meritvah, ki so bile izvedene pred dvajsetimi leti. Novejša realizacija D96-17/TM temelji na meritvah GNSS izmere »EUREF Slovenija 2016«. V tako dolgem časovnem obdobju so že zaznavni vplivi geodinamičnih premikov, ki spreminjajo relativna geometrijska razmerja med točkami, poleg tega je razlog za dobljena odstopanja koordinat naknadna določitev koordinat stalnih postaj omrežja SIGNAL, ki ni bila neposredno vezana na EUREF-točke prvotne realizacije (Medved in sod., 2018; Berk in sod., 2020).

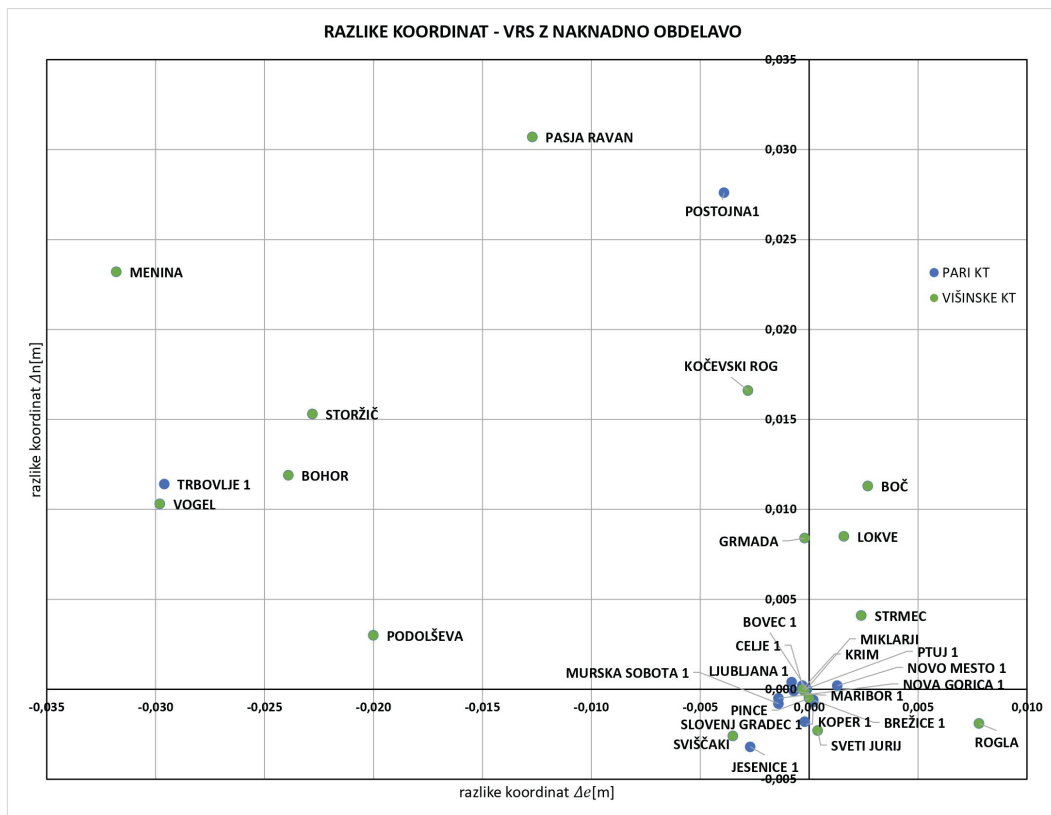


Slika 12: Prikaz standardnih elips pogreškov in posebej natančnosti po višini izračunanih kontrolnih točk v D96/TM in D96-17/TM (2D 39,4 %, 1D 68,3 %).

S slike 12 se vidi, da je izboljšanje na točki KOČEVSKI ROG najboljše, pri točki LOKVE pa ni spremembe. Pri točki KOČEVSKI ROG je prišlo do največje spremembe zaradi večjega popravka koordinat stalne postaje DELNICE, in sicer po E-osi za 2,8 centimetra in po N-osi za 3,5 centimetra.

4.3 Primerjava referenčnih koordinat kontrolnih točk s koordinatami, dobljenimi z navezavo na bližnjo virtualno referenčno postajo

Izvedena je bila primerjava referenčnih koordinat kontrolnih točk v D96/TM – njihova določitev je opisana v predhodnem podpoglavju – in koordinat identičnih točk, določenih z navezavo na bližnjo virtualno referenčno postajo (v nadaljevanju: VRS); največja oddaljenost slednje je bila 50 metrov. Za vsako VRS smo pridobili podatke omrežja SIGNAL v obliki RINEX-datotek, različica 3.02, za vseh 24 ur opazovanj (z GPS- in GLONASS-satelitov). V tem primeru smo torej kontrolne točke izračunali na podlagi kratkega vektorja od VRS, ki je v izračunu vzeta kot dana točka. Podatke VRS smo pridobili pred uvedbo novih koordinat stalnih postaj omrežja SIGNAL.



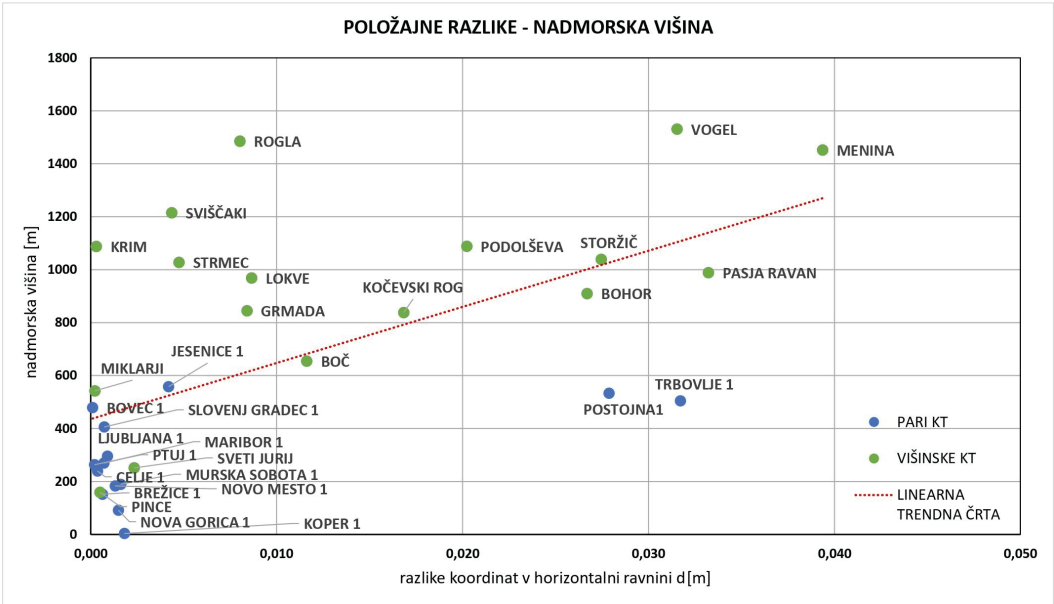
Slika 13: Grafični prikaz razlik med referenčnimi koordinatami kontrolnih točk in koordinatami, izračunanimi z VRS.

Referenčne koordinate kontrolnih točk so izračunane iz 24-urnih statičnih GNSS-meritev z navezavo na stalne postaje omrežja SIGNAL (RS). Prav tako so iz istih 24-urnih meritev izračunane koordinate z navezavo na VRS. Razlike koordinat so izračunane po naslednjih enačbah:

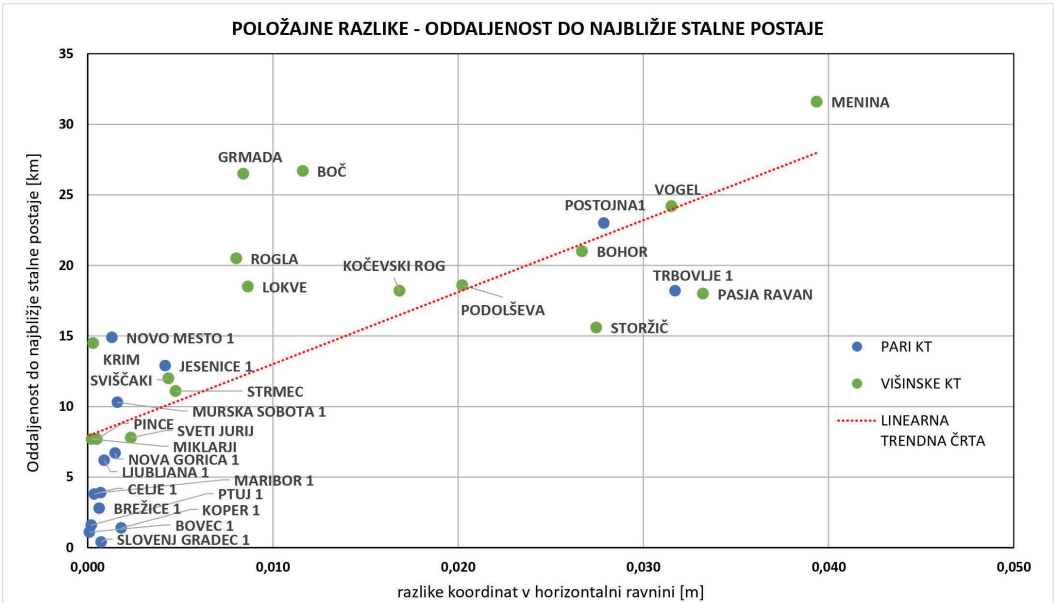
$$\Delta e = e_{RS} - e_{VRS} \quad (5)$$

$$\Delta n = n_{RS} - n_{VRS} \quad (6)$$

S slike 13 je razvidno, da se največje koordinatne razlike pojavljajo na kontrolnih točkah, označenih z zeleno barvo (na večjih nadmorskih višinah), in na kontrolnih točkah z večjo oddaljenostjo od najbližje stalne postaje omrežja SIGNAL. Ostale točke imajo zanemarljiva odstopanja velikosti do 5 milimetrov. Kot je razvidno s slike 13, je največje odstopanje na točki MENINA, in sicer po E-osi za 3,2 centimetra, po N-osi za 2,3 centimetra in 3,9 centimetra po višini. Razlog za večje razlike na nekaterih kontrolnih točkah bi tako pripisali načinu vzpostavitve točke VRS in drugačnemu načinu določitve modela.



Slika 14: Grafični prikaz položajnih razlik kontrolnih točk, določenih z navezavo na bližnjo VRS, glede na nadmorsko višino točk.



Slika 15: Grafični prikaz položajnih razlik kontrolnih točk, dobljenih z navezavo na bližnjo VRS, glede na oddaljenost od najbližje stalne postaje.

Razlike koordinat v horizontalni ravnini so izračunane po enačbi:

$$d = \sqrt{\Delta e^2 + \Delta n^2} \tag{7}$$

S slik 14 in 15 je razvidno, da razlike koordinat v horizontalni ravnini pri navezavi na bližnjo VRS naraščajo z nadmorsko višino in oddaljenostjo od najbližje stalne postaje omrežja SIGNAL. Z rdečo barvo je prikazana črta linearnega trenda. Pri kontrolnih točkah, ki so oddaljene od najbližje stalne postaje do 15 kilometrov in se nahajajo na nadmorski višini do 600 metrov, znašajo razlike (d) v horizontalni ravnini do 5 milimetrov.

5 SKLEP

V Sloveniji od leta 2008 uporabljamo nov koordinatni sistem, ki temelji na satelitskem določanju položaja. V zadnjem desetletju smo pričali hitremu razvoju novih GNSS-instrumentov, posodabljanju programskih paketov za izračune, izboljšanim metodam in algoritmom izmere v realnem času ter posodabljanju satelitskih navigacijskih sistemov GPS, GLONASS, Galileo in BeiDou. V bližnji prihodnosti nas čaka še zagotovitev podpore za sistem Galileo v državnem omrežju stalnih GNSS-postaj SIGNAL. Za spremljanje kakovosti in nadzor delovanja omrežja SIGNAL je zato nujno stalno opravljati testne meritve na različnih lokacijah v Sloveniji z različnimi GNSS-instrumenti in metodami izmere. Določitev položaja na karakterističnih območjih, ki so na različnih oddaljenostih od stalnih postaj in na različnih višinskih razlikah glede na stalne postaje, je lahko izvedena po različnih postopkih, zato je v testiranju treba zajeti vsa ta območja. Na nekaterih je lahko dosežena nekoliko manjša točnost, vendar še vedno v mejah predpisane natančnosti za zemljiški kataster (velika polos standardne elipse zaupanja < 4 cm). Rezultati izmer z različnimi metodami in instrumenti različnih proizvajalcev niso vedno popolnoma enaki. Zato želimo ob tej priložnosti povabiti tudi geodetska podjetja in ostale subjekte, da uporabljajo novo kontrolno GNSS-mrežo, ki jo je vzpostavila geodetska uprava, za preizkus svojih GNSS-instrumentov in metod izmere. Če bo izkazan interes in potreba po dodatnih kontrolnih točkah, bomo mrežo dopolnjevali. Podatki o kontrolnih GNSS-točkah s pripadajočimi topografijami in seznamom referenčnih koordinat v D96-17/TM so objavljeni na portalu Prostor (Kontrolna GNSS-mreža, 2020).

Zahvala

Za pomoč in koristne nasvete pri pripravi članka se zahvaljujem Sandiju Berku z Geodetske uprave RS.

Literatura in viri:

- Berk, S., Sterle, O., Medved, K., Stopar, B. (2020). ETRS89/D96-17 – rezultat GNSS-izmere EUREF Slovenija 2016. *Geodetski vestnik*, 64 (1), 43–67. DOI: <http://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2020.01.43-67>
- Häkli, P., Kallio, U., Puupponen, J. (2013). From Passive to Active Control Point Networks – Evaluation of Accuracy in Static GPS Surveying. *FIG Working WEEK 2013*, 6.–10. maj 2013, Abuja, Nigerija, https://www.fig.net/resources/monthly_articles/2013/october_2013/hakli_et_al.pdf, pridobljeno 20. 1. 2018.
- Kontrolna GNSS-mreža (2020). Portal Prostor, Mreža kontrolnih GNSS-točk. <https://www.e-prostor.gov.si/zbirke-prostorskih-podatkov/drzavni-prostorski-koordinatni-sistem/zbirka-podatkov-drzavnih-geodetskih-tock/#tab4-1643>, pridobljeno 20. 1. 2020.
- Leica Infinity (2020). Programski paket Leica Infinity, različica 3.3.0, z navodili v »Leica Infinity Help«.
- Medved, K., Berk, S., Sterle, O., Stopar, B. (2018). Izzivi in dejavnosti v zvezi z državnim horizontalnim koordinatnim sistemom Slovenije. *Geodetski vestnik*, 62 (4), 567–586. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.04.567-586>
- Obvestilo (2019). Nove koordinate stalnih postaj omrežja SIGNAL na osnovi GNSS-izmere »EUREF Slovenija 2016« (koordinatne ETRS89/D96-17). http://www.gu-signal.si/sites/default/files/Obvestilo_12_12_2019-EUREF_SVN_2016.pdf, pridobljeno 10. 1. 2020.
- Pavlovčič Prešeren, P., Mencin, A., Stopar, B. (2010). Analiza preizkusa instrumenta GNSS-RTK po navodilih standarda ISO 17123-8. *Geodetski vestnik*, 54 (4), 607–626. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2010.04.607-626>
- Ritlop, K. (2017). Analiza vplivov različnih modelov troposferske refrakcije na kakovost položaja v GNSS. Magistrsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva>

php?id=93041&lang=slv, pridobljeno 20. 1. 2020.

SIGNAL (2020). Omrežje SIGNAL, <http://www.gu-signal.si>, pridobljeno 20. 4. 2020.

Wielgosz, P., Cellmer, S., Rzepecka, Z., Paziewski, J., Grejner-Brzezinska, D. A. (2011).

Troposphere modeling for precise GPS rapid static positioning in mountainous areas. *Measurement Science and Technology*, 22 (4), 045101, 9 str. DOI: <https://doi.org/10.1088/0957-0233/22/4/045101>



Majcen D. (2020). Vzpostavitev pasivne kontrolne GNSS-mreže v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 64 (2), 169-181.

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2020.02.169-181>

Danijel Majcen, univ. dipl. inž. geod.

Geodetska uprava Republike Slovenije
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: dani.majcen@gov.si