

Ohranjenost državnih trigonometričnih mrež na območjih Menišije in Žužemberka

Mihaela Triglav Čekada^{***}, Rok Maver^{***}, Dušan Kogoj^{**}

Povzetek

Predstavljamo raziskavo ohranjenosti geodetskih znamenj v državnih trigonometričnih mrežah. Preučili smo stanje na gozdnatem območju Menišije in na območju Žužemberka, ki smo ga razdelili na gozdnati in ruralni del. Na območju Menišije smo preverili 27 lokacij trigonometričnih točk, na območju Žužemberka pa 92. Preverili smo delež ohranjenost trigonometričnih točk II., III. in IV. reda ter fotogrametrične oslonilne točke (VIII. red). Ugotovili smo, da je delež ohranjenih trigonometričnih znamenj 78 % za območje Menišije in 71 % na gozdnatem delu območja Žužemberk, na ruralnem delu območja Žužemberka pa je delež nižji, t.j. 46 %.

Ključne besede: trigonometrične mreže, trigonometrične točke, trigonometrična znamenja, Menišija, Žužemberk

Key words: national trigonometric networks, trigonometric point, trigonometric mark, Menišija, Žužemberk

Uvod

Geodetske mreže predstavljajo osnovo za izvedbo geodetskih izmer. Omogočile so materializacijo koordinatnih sistemov, kot osnovo za izmero namenjeno različnim grafičnim prikazom prostora, osnovo zemljiškokatastrskim izmeram ali pa različnim posegom v prostor (zakoličbe) (Triglav, 2014, 2015a, 2015b; Delčev in sod., 2014; Jenko, 1996). Danes koordinatni sistemi, ki so bili vzpostavljeni na osnovi položajnih in višinskih državnih mrež, omogočajo razrast različnih novih geoinformacijskih izdelkov v vse pore našega življenja.

Če se omejimo le na državne trigonometrične in poligonske mreže iz klasičnega obdobja geodetske izmere, so bile točke teh mrež največkrat stabilizirane z betonskimi stebri, granitnimi ali kamnitimi geodetskimi znamenji vrhnje dimenzije največ 20 cm × 20 cm ter cerkvenimi zvoniki (podrobneje v Triglav Čekada in Jenko, 2020; Triglav Čekada in sod., 2021). Z geodetskimi znamenji materializirane trigonometrične in poligonske točke so pri nas pričele izgubljati svoj praktični pomen za vklop izmer v državni koordinatni sistem z uradno uveljavitvijo GNSS-izmere v prakso leta 2006 ter hkratno uveljavitvijo novega koordinatnega sistema D96/TM (ZEN, 2006; Berk in sod. 2004). Kasneje so na območnih Geodetskih upravah Republike Slovenije prenehali z rednim nadzorom stanja trigonometričnih in poligonskih točk na terenu ter s sanacijo uničenih točk. Ohranili so le skrb za vzdrževanje trigonometrične mreže I. reda.

Zdi se, da je bila odločitev za taka ravnanja preuranjena. Poleg tega, da nam točke tudi ob uporabi tehnologije GNSS koristno služijo za državno izmero, geodetska znamenja trigonometričnih mrež II. do IV. reda lahko uporabimo tudi za druge geodetske namene, kot je na primer spremljanje geodinamike. Vedenje o tem, koliko geodetskih znamenj je trenutno na terenu še ohranjenih in zato na razpologo je zato še kako aktualno. Nenazadnje so nekatera geodetska znamenja označena z zelo starimi tipi stabilizacij, najstarejša sodijo še v čas

* Geodetski inštitut Slovenije, Jamova c. 2, 1000 Ljubljana

** Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova c. 2, 1000 Ljubljana

*** Velike Rebrce 1, 1303 Zagradec

Avstro-Ogrskega cesarstva, ta pa hkrati predstavljajo tudi pomembno kulturno dediščino, ki jo lahko uporabimo za promocijo geodezije (Lisec in sod., 2020; Triglav Čekada in sod., 2021; Triglav, 2018; Mlakar, 1993a, 1993b).

Vrste trigonometričnih geodetskih znamenj skozi čas

Trigonometrične mreže delimo na redove, ki so opredeljeni glede na medsebojno oddaljenost in zahtevano položajno natančnost (Peterca in Čolović, 1987). Osnovo predstavlja mreža I. reda. Oddaljenost med točkami je 20 do 40 km, relativna natančnost koordinat je najvišja, zato so v tej mreži pogosto menjali geodetska znamenja, da so zadostili novejšim potrebam po natančnosti. Zadnja zamenjava znamenj mreže I. reda se je v Sloveniji izvedla okoli leta 1963 (Delčev in sod., 2014; Triglav Čekada in Jenko, 2020). Na trigonometričnih mrežah II. do IV. reda so se znamenja ponekod ohranila še iz preteklosti. Oddaljenosti med točkami so v mreža II. reda od 25 do 15 km, v mreži III. reda 13 do 5 km in v mreži IV. reda 4 do 1 km (Peterca in Čolović, 1987). V digitalni bazi geodetskih točk horizontalnih državnih mrež Geodetske uprave Republike Slovenije najdemo še točke nižjih redov, od poligonskih in navezovalnih točk (t.i. V. in VI. red), ki so na določenih delih še zgostila trigonometrično mrežo ter oslonilnih točk za potrebe prvih fotogrametričnih izmer (t.i. VIII. red).

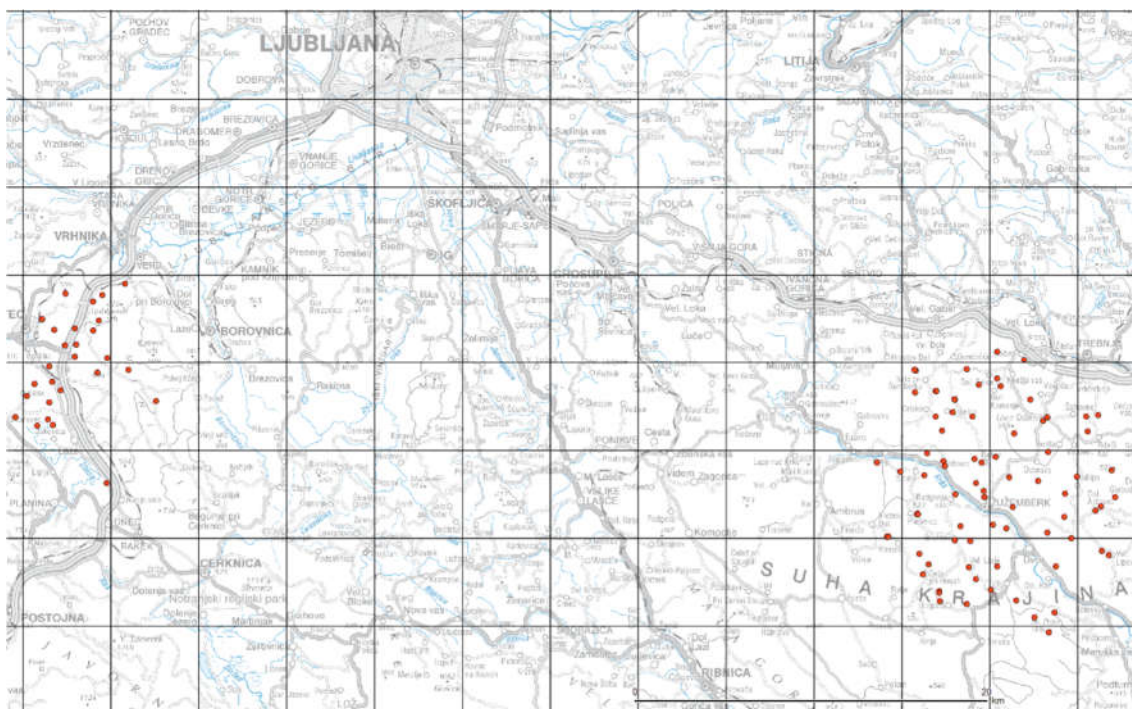


Slika 1: Tipični primeri geodetskih znamenj: a) Hrib pri Malem Lipovcu, trig. točka 357. IV. red, trig. okraj 15, najverjetneje še avtro-ogrska stabilizacija (foto: R. Maver, 2021), b) Smrečni rob, 463. IV. red, trig. okraj 16, stabilizacija GIJNA iz obdobja po II. svetovni vojni (foto: M. Triglav Čekada, 2021), c) Čelo, 48. IV. red, trig. okraj 16, stabilizacija GZS iz obdobja po II. svetovni vojni (foto: M. Triglav Čekada, 2021), d) Jarčev hrib 356. IV. red, trig. okraj 15, iz novejšega obdobja (foto: R. Maver, 2021).

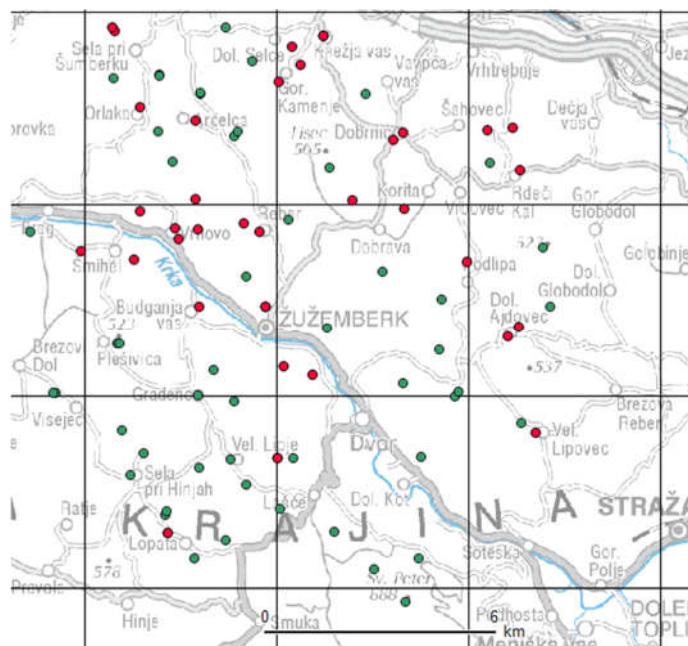
Večino postavitve novih geodetskih znamenj ob vzpostavitvi trigonometričnih mrež II. do IV. reda po drugi svetovni vojni so v Sloveniji izvedle različne institucije do konca leta 1967, II. red že do leta 1952 (Črnivec in Golorej, 1974). Kasneje pa so mreže zgostili s poligonskimi in navezovalnimi točkami, ter obnavljali oz. na novo postavljali uničena znamenja. Geodetska znamenja so po drugi svetovni vojni večinoma postavljali geodeti Geodetskega zavoda Slovenije (GZS) in Geografskega inštituta Jugoslovanske narodne armade iz Beograda (GIJNA) v sorazmerno enakih deležih, v veliko manjših pa še druge ustanove iz Zagreba in Beograda. Trigonometrična znamenja so izdelana iz različnih granitov. Na gornji ploskvi imajo različno dolge diagonalne križe. Po križih lahko razberemo, kdo jih je postavil (Triglav Čekada in Jenko, 2020). Novejša znamenja prepoznamo po tem, da so izdelana iz bolj drobnozrnatega granita. Znamenja iz medvojnega obdobja in starejša pa so večinoma izdelana iz klesanih naravnih kamnov, ki imajo občasno na vrhu vklesan pravokoten križ (slika 1a).

Testni območji in metoda dela

Na terenu smo pregledali vse trigonometrične točke na cca. 50 km² (2×5² km²) velikem območju, ki pokriva del gozdov imenovanih Menišija ter cca. 175 km² (7×5² km²) velikem območju okoli mesta Žužemberk (slika 2). Pregledali smo točke mrež II. do IV. reda in VIII. reda. Menišijo lahko obravnavamo kot strogo neposeljeno gozdnato območje, na območju Žužemberka pa smo preverjene trigonometrične točke razdelili na dva dela: gozdnata in ruralna območja (okolica pozidanih območij, travniki in njive) (slika 3). Skupno smo na območju Menišije na terenu preverili 27 točk, na območju Žužemberka pa 92 točk. Območje Menišije sodi v trig. okraja 10 – Ljubljana in 16 – Postojna, območje Žužemberka pa večinoma v trig. okraj 15 – Novo Mesto.



Slika 2: Testni območji Menišije (levo) in Žužemberka (desno) z na terenu pregledanimi trigonometričnimi točkami (vir podatkov: GURS).



Slika 3: Delitev pregledanih trigonometričnih točk iz testnega območja Žužemberk na točke, ki se nahajajo na gozdnatih (zeleni pike) in ruralnih območjih (rdeče pike).

Na območju Menišije smo večinoma trigonometrične točke, ki jih nismo našli ob prvem pregledu na terenu, naknadno poskusili poiskati še z izmero GNSS z uporabo metode RTK. Na območju Žužemberka pa smo si z izmero GNSS pomagali že ob prvem terenskem pregledu.

Rezultati

Na območju Menišije so vse pregledane točke označene z različnimi granitnimi znamenji, ki so bila postavljena po drugi svetovni vojni. Ena je označena z žebličkom (slika 4b) in ena z betonskim ostankom na naravni skali. Na tem območju ni cerkva ali spomenikov. Delež najdenih točk je za to območje kar 78 %. Razlog je v tem, da je območje varno pred človekovim vplivom. Omeniti moramo še, da sta med 5 lokacijami, kjer nismo našli geodetskega znamenja, dve taki, ki sta popolnoma preraščeni z grmovjem in se morebiti znamenji tam še vedno nahajata. Štiri najdene točke brez uporabe GNSS ne bi našli. To pomeni, da smo brez uporabe GNSS na tem gozdnatem območju našli kar 80 % najdenih geodetskih znamenj. Glavni razlog je, da ima večina granitnih kamnov tu, v gozdu, gornjo ploskev od 10 cm do 20 cm nad nivojem tal, na Raskovcu pa najdemo tudi znamenje, pri katerem je kar 44 cm znamenja nad nivojem tal (slika 4a).

Preglednica 1: Vrste pregledanih trigonometrične točke.

Območje	Različna granitna znamenja	Označba v skali	Cerkve in spomeniki	Ni več označbe	Skupaj
Menišija	19	2	0	5	27
Žužemberk	46	1	13	32	92



Slika 4: Dva zanimiva primera geodetskih znamenj iz območja Menišije: a) Raskovec, 241. III. red, trig. okraj 10, b) Lom, 54. IV. red, trig. okraj 16 – na sredini skale kjer smo jo očistili mahu se nahaja železni žebliček (foto: M. Triglav Čekada, 2021).

Na območju Žužemberka smo našli skupno 65 % točk, če seštejemo različna granitna znamenja, označbe v skalah ter tudi cerkve in spomenike. Razdelimo jih na točke v gozdu in točke na ruralnih območjih (slika 3). Pri tej delitvi cerkev in spomenikov ne bomo upoštevali. Tako smo na gozdnatem območju Žužemberka našli 71 % geodetskih znamenj, v ruralnem pa le 46 %. Skupno je bilo med najdenimi geodetskimi znamenji na celotnem območju Žužemberka 62 % takih, ki jih lahko hitro opazimo na terenu, predvsem takih, ker je gornja ploskev vsaj 10 cm nad nivojem tal. Večina takih se nahaja na gozdnatih območjih. Na ruralnih območjih, t.j. tudi na njivah in travnikih, pa so geodetska znamenja povečini stabilizirali tako, da je gornja ploskev poravnana s terenom. Take točke smo našli povečini s pomočjo izmere GNSS.

Preglednica 2: Status najdenih geodetskih znamenj, brez cerkev in spomenikov, glede na delitev terena na gozdnega ali ruralnega.

Območje	Najdeno	Ni več označbe	Skupaj
Menišija - gozdnato	21	5	27
Žužemberk - gozdnato	30	12	42
Žužemberk - ruralno	17	20	37

Preglednica 3: Razmerje najdenih znamenj glede na vse točke iz določenega reda. Nomenklatura zapisa: najdene (vse v tem redu).

Območje	II.	III.	IV.	VIII.
Menišija	/ (/)	1 (2)	20 (24)	0 (1)
Žužemberk	2 (3)	12 (14)	43 (61)	3 (14)

V preglednici 3 delimo obravnavane trigonometrične točke po redovih ločeno glede na Menišijo in Žužemberk. V Menišiji zaradi premajhnega vzorca točk v posameznem redu med sabo ne moremo primerjati po redovih. V Žužemberku lahko primerjamo med sabo le III. in IV. red, kjer vidimo, da je delež najdenih v III. redu 85 %, v IV. pa 70 %. Za točke v

mreži IV. reda je delež najdenih točk za obe območji podobno primerljiv, v Žužemberku je to 70 % in Menišiji pa 83 %.

Zanimiv je VIII. red oz. oslonilne točke za fotogrametrično izmero, kjer smo na območju Žužemberka našli le 20 % geodetskih znamenj. Ta znamenja so bila stabilizirana z manjšimi betonskimi kvadri z dimenzijo gornje ploskve 10×10 cm in z luknjico na sredini (slika 5d). Glede na bazo trigonometričnih točk GURS so bila ta znamenja stabilizirana med leti 1977 in 1981. Večina se jih je nahajala na bolj ruralnih delih, to pa je glavni razlog, da smo našli sorazmerno malo ohranjenih.

Med najdenimi trigonometričnimi znamenji, brez cerkev in spomenikov, lahko ocenimo še koliko lokacij bi bilo primernih za izmero GNSS (preglednica 4). Optimalne lokacije za tako izmero so območja brez ovir – brez iglastega drevja in drugih motečih grajenih struktur. Dodali smo še skupino točk, pri katerih je izmera GNSS potencialno možna. Na lokacijah teh točk se nahaja samo redko listnato drevje, kjer je izmera vsaj pozimi mogoča, tudi brez tega, da predhodno opravijo gozdarji posek drevja. Na območju Menišije je takih potencialno možnih lokacij kar 38 %. To območje je bilo močno poškodovano v žledolomu leta 2014 in si do danes še ni opomoglo. Na območju Žužemberka je takih možnih lokacij 13 %. Ker gre na območju Žužemberka za preplet gozdnih in ruralnih območji je tudi delež lokacij, kjer bi bila izmera GNSS mogoča višji, t.j. 36 %, medtem ko je v Menišiji takih le slabih 10 %. Če seštejemo na obeh območjih lokacije, kjer bi bila izmera GNSS mogoča in potencialno mogoča, dobimo enak delež 48 %.

Preglednica 4: Status najdenih najdenih geodetskih znamenj, brez cerkev in spomenikov, glede na možnost ponovne izmere z GNSS.

Območje	Možna GNSS-izmera	Potencialno možna GNSS-izmera	Ni možna GNSS-izmera	Skupaj
Menišija	2	8	11	21
Žužemberk	17	6	24	47

Na koncu pa lahko izpostavimo še nekaj zanimivih trigonometričnih znamenj, ki smo jih našli pri svojem terenskem delu na območju Žužemberka. Najstarejši najdeni znamenji, ki izvirata verjetno še iz avstro-ogrske, sta na Hribu pri Malem Lipovcu (357. IV. red, trig. okraj 15) ter na Sveti Katarini (384. II. red) (sliki 1a in 5c). Obe sta iz klesanega kamna in imata na vrhu pravokotno postavljen križ. Zanimivi novejši znamenji iz povojnega obdobja, kjer je hkrati zabeležena še letnica njihove stabilizacij (zapisana v beton), sta na Liscu (50. III. red, trig. okraj 15) in Ostrem vrhu (56. III., trig. okraj 15) (sliki 5a in 5b). Na Liscu je zabeleženo še katera inštitucija je znamenje postavila: Geodetski zavod Slovenije (GZS).



Slika 5: Nekaj zanimivih primerov geodetskih znamenj iz območja Žužemberka: a) Lisec, 50. III. red, trig. okraj 15, b) Ostri vrh, 56. III., trig. okraj 15, c) Sveta Katarina, 384, II. red – klesan kamen s pravokotnim križem (20 cm × 25 cm) in d) Kamniti dol, 207. VIII., trig. okraj 15 – betonsko znamenje z luknjico na vrhu (10 cm × 10 cm) (foto: R. Maver, 2021).

Sklep

Po 15 letih odkar je izmera GNSS postala uveljavljena metoda geodetske izmere, smo na dveh izbranih območjih preverili, koliko trigonometričnih znamenj iz obdobja klasične geodetske izmere je na terenu še vedno ohranjenih. Na gozdnatih območjih, kjer ne pričakujemo večjih sprememb v prostoru, smo našli še več kot 70 % originalnih trigonometričnih znamenj, ki so bila večinoma vsa stabilizirana pod drugi svetovni vojni in vse do leta 1967 (78 % za Menišijo in 71 % za gozdnati del okolice Žužemberka). Na ruralnem območju Žužemberka, kjer so spremembe v prostoru stalnica, pa smo jih našli le 46 %.

Ker smo v analizi obravnavali območji, ki sta dokaj hriboviti, bo za celostno oceno, koliko trigonometričnih znamenj se je v Sloveniji še ohranilo, potrebno podobne analize narediti še drugod po Sloveniji. Taki pregledi pa poleg geodetskega namena, da ugotovimo, katere trigonometrične točke so še uporabne za izmero, postrežejo še z identifikacijo starejših tipov

geodetskih znamenj, t.j. takih še iz obdobja avstro-ogrske, ki nenazadnje predstavljajo pomembno dediščino rodov geodetov, ki so na našem območju delali v preteklosti.

Zahvala

Delo je delno nastalo v okviru ciljnega raziskovalnega projekta V2-1924, ki sta ga sofinancirali Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije in Geodetska uprava Republike Slovenija ter delno v okviru raziskovalnega programa P2-0227, ki ga financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije.

Literatura

- Delčev, S., Timar, G., Kuhar, M. 2014. O nastanku koordinatnega sistema D48. *Geodetski vestnik*, 58 (4), 681 – 694.
- Črnivec, M., Golorej, I. 1974. Temeljne geodetske mreže v SR Sloveniji – stanje in ukrepi za izboljšavo.
- Jenko, M. 1987. Razvojna pot in aktualni problemi naših temeljnih geodetskih mrež. *Geodetski vestnik*, 31 (4), 315 – 319.
- Jenko, M. 1996. Razvoj triangulacije skozi stoletja – s posebnim poudarkom na Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 40 (1), 43 – 46.
- Lisec, A., Dajnko, J., Flogie Dolinar, E., Čeh, M. (2020). Mreža meja in mejnikov: nominacija za Unescovo svetovno dediščino. *Geodetski vestnik*, 64:3, 403–415.
- Maver, R. (2021). Pregled točk državnih trigonometričnih mrež na območju Žužemberka. Diplomsko naloga. UL FGG.
- Mlakar, G. (1993a). Geodezija in planinstvo – 1, *Planinski vestnik*, XCIII (10), 437–440.
- Mlakar, G. (1993b). Geodezija in planinstvo – 2, *Planinski vestnik*, XCIII (11), 486–489.
- Peterca, M., Čolović, G. 1987. *Geodetska služba JNA*. Beograd. Vojnoizdavački i novinarski center.
- Triglav Čekada, M., Jenko, M. (2020). Načini stabilizacije trigonometričnih točk skozi čas v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 64:4, 469–488.
- Triglav Čekada, M., Oven, K., Radovan, D., Stopar, B., Koler, B., Kogoj, D., Kuhar, M., Lisec, A., Sterle, O., Režek, J. (2021). Stalna geodetska znamenja kot temelj za delovanje geodetske stroke. *Geodetski vestnik*, 65:2, 299–310.
- Triglav, J. (2014). Zgodovina topografskih izmer Habsburške monarhije (1. del). *Življenje in tehnika*, 65:12, 48-57.
- Triglav, J. (2015a). Zgodovina topografskih izmer Habsburške monarhije (2. del). *Življenje in tehnika*, 66:1, 42-50.
- Triglav, J. (2015b). Zgodovina topografskih izmer Habsburške monarhije (1. del). *Življenje in tehnika*, 66:2, 62-72.
- Triglav, J. (2018). 5. julij 1822 – Prva geodetska ekipa na vrhu Triglava. *Geodetski vestnik*, 62 (1), 120–126.
- Zakon o evidentiranju nepremičnin (ZEN). Uradni list RS, št. 47/2006.