

# Analiza kakovosti operativnega delovanja točke kombinirane geodetske mreže Kog

Katja Oven<sup>1</sup>, Klemen Ritlop<sup>1</sup>, Mihaela Triglav Čekada<sup>1</sup>, Oskar Sterle<sup>2</sup>,  
Bojan Stopar<sup>2</sup>

## Povzetek

V članku je predstavljena metodologija določitve mikrolokacij za vzpostavitev geodetskih točk kombinirane geodetske mreže v Republiki Sloveniji. Opisani so postopki izbora mikrolokacij, ki so bili podprti z mednarodnimi standardi. Predstavljena je gradbena zasnova, projekt za izvedbo in gradnja prve geodetske točke kombinirane geodetske mreže na Kogu. V nadaljevanju so predstavljene ugotovitve o delovanju stalne postaje GNSS točke KGAI kombinirane geodetske mreže na Kogu od začetka njenega delovanja do danes ter rezultati obdelave GNSS opazovanj te postaje za obdobje dveh let.

**Ključne besede:** geodetske točke kombinirane geodetske mreže, lokacije, dokumentacija, gradnja, kakovost, stabilnost, omrežje GNSS

**Keywords:** zero order combined geodetic network, location, documentation, construction, quality, stability, GNSS network

## Uvod

Državna kombinirana geodetska mreža je bila vzpostavljena z namenom povezati najvišje redove obstoječe horizontalne, vertikalne in gravimetrične mreže ter državno omrežje stalnih postaj GNSS. To je geodetska mreža najvišjega reda (tudi geodetska mreža 0. reda), ki služi kot temeljna državna geodetska infrastruktura za stalno spremljanje geodinamičnih procesov na območju Slovenije in ki dolgoročno zagotavlja kakovostno georeferenciranje.

Izgradnja geodetskih točk kombinirane geodetske mreže je bila izvedena v okviru podprojekta »Geodetski referenčni okvir (GRFR)«, ki je bil eden od štirih podprojektov projekta »Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav«. Slednji je bil vključen v Memorandum o soglasju (MoS) za izvajanje Finančnega mehanizma Evropskega gospodarskega prostora za leta 2009–2014 (FM EGP), izvajala ga je Geodetska uprava Republike Slovenije (GURS) v sodelovanju z Ministrstvom za kmetijstvo in okolje ter s projektoma partnerjema Norveško geodetsko upravo (Statens Kartverk) in Geodetsko upravo Islandije (Landmaelingar Islands).

Projekt izgradnje geodetskih točk kombinirane geodetske mreže je izvajalo več institucij. Ključni za izvedbo sta bili Oddelek za geodezijo Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani ter Geodetski inštitut Slovenije. V projektu so sodelovali še Oddelek za geologijo Naravoslovnotehniške fakultete Univerze v Ljubljani z namenom izdelave geoloških študij potencialnih mikrolokacij, Katedra za mehaniko tal z laboratorijem UL FGG z namenom izdelave gradbene zasnove izgradnje točk kombinirane geodetske mreže ter podjetje TERRAS s.p., ki je izdelalo načrte za izgradnjo in izvajalo

<sup>1</sup> Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana

<sup>2</sup> Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana

nadzor izgradnje geodetskih točk kombinirane geodetske mreže, medtem ko je bilo podjetje Grča gradnje d.o.o. zadolženo za izvedbo gradbenih del. Projekt izgradnje geodetskih točk kombinirane geodetske mreže je vseskozi potekal v tesnem sodelovanju z Geodetsko upravo Republike Slovenije.

V članku je predstavljena izbira lokacij geodetskih točk kombinirane geodetske mreže, ki je bila podprta s predhodno izvedenimi študijami in tujimi standardi. Sledi predstavitev gradbene zasnove stabilizacije točke kombinirane geodetske mreže na Kogu ter projekta za izvedbo gradnje (PZI). Opisano je delovanje in nadzor kakovosti delovanja ter rezultati obdelave dvoletnih opazovanj GNSS na tej točki.

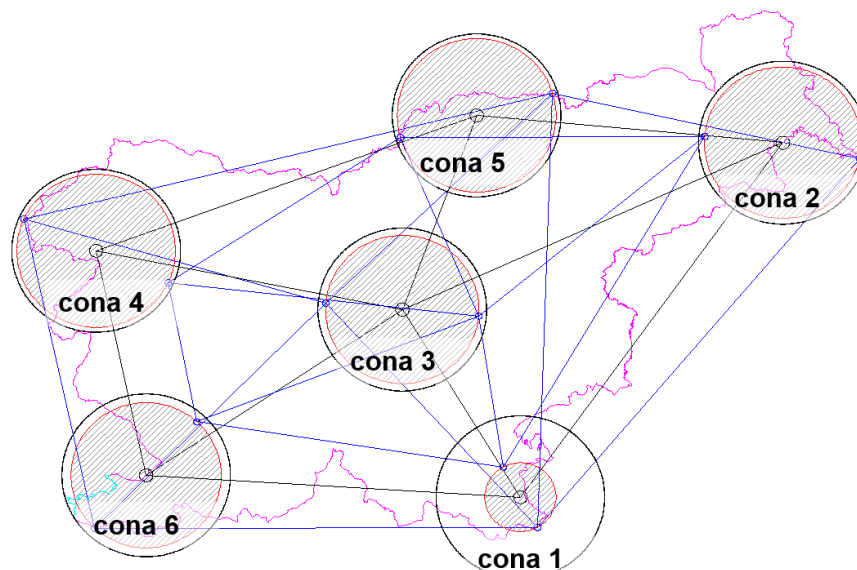
### **Izbira lokacij geodetskih točk kombinirane geodetske mreže**

Izgradnja geodetskih točk kombinirane geodetske mreže je temeljila na rezultatih študije, ki je bila izdelana v okviru Ciljnega raziskovalnega programa »Konkurenčnost Slovenije 2006–2013« v raziskovalnem projektu V2-1096 z naslovom »Zasnova temeljne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture« (izveden v letih 2010–2012). Rezultati študije so vključevali predlog umestitve geodetske mreže v državni prostor, smernice in priporočila za izbor mikrolokacij, navodila za stabilizacijo točk ter zahteve glede merilne opreme in njene namestitve. Priporočila so se opirala na standarde ECGN (European Combined Geodetic Network), priporočila EUREF (Reference Frame Sub-Commission for Europe) za vključitev v EPN (EUREF Permanent GNSS Network) in priporočila za postaje EUPOS (European Position Determination System).

V okviru priporočil EUREF je bilo potrebno raziskati ali izbrane mikrolokacije ustrezajo smernicam za vzpostavitev kombiniranega omrežja, postaj GNSS, višinskih mrež in gravimetričnih geodetskih mrež. V okviru preverjanj dodatnih meril se je na izbranih mikrolokacijah preverjala še ustreznost reliefa, delež vidnega neba, geološke, hidrološke in tektonske značilnosti, prisotnost motečih objektov in naprav z vidika gravimetričnih opazovanj in opazovanj GNSS, bližina prometne infrastrukture, možnost priključitve na energetska in telekomunikacijska omrežja, možnost izvedbe posega v prostor in izpolnjevanje prostorskih pogojev za gradnjo objekta, bližina naselij in podobno.

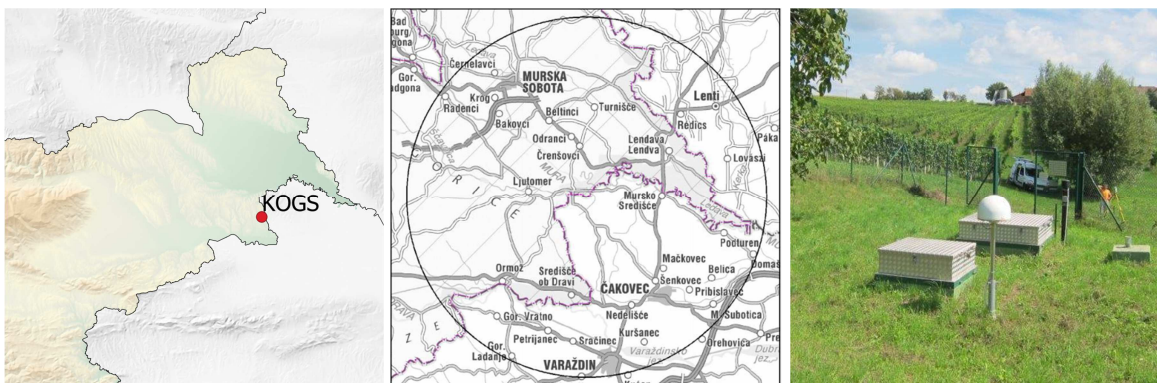
V postopku izbora mikrolokacij so bili raziskani načini temeljenja in stabilizacije obstoječih tujih stalnih postaj GNSS v povezavi z geološkimi značilnostmi tal. Analizirane so bile geološke značilnosti mikrolokacij nekaterih obstoječih stalnih postaj GNSS državnih ali regionalnih omrežij v tujini: FreDNet (Friuli Regional Deformation Network), GREF (Integriertes Geodätisches Referenznetz Deutschlands), izbrane EUREF postaje, APOS (Austrian Positioning Service) in AGNES (Automated GPS Network of Switzerland). Proučena so bila tudi priporočila, zahteve in smernice IGS (International GNSS Service).

Izbora mikrolokacij se je odvijal znotraj šestih makrolokacij oziroma con (slika 1). Prvotno izhodišče projekta je bilo, da za mikrolokacije uporabimo potresne opazovalnice Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO), saj so te lokacije izpolnjevale večino zahtev tudi za potrebe vzpostavitve točk kombinirane geodetske mreže. S terenskimi ogledi in poskusnimi meritvami GNSS je bilo proučenih dvanajst od osemindvajsetih ARSO-vih potresnih opazovalnic, izmed katerih jih je bilo pet izbranih za preverbo nadaljnjih kriterijev. Te opazovalnice so bile: BOJS – Bojanci, ZAVS – Zavodnje, GBRS – Gornja Briga, KOGS – Kog in LJU – Ljubljana.



Slika 1 - Prikaz šestih makrolokacij za izbor geodetskih točk kombinirane geodetske mreže (Berk in sod., 2012)

Tekom projekta je bil dogovor za postavitve točke državne kombinirane geodetske mreže dosežen le na potresni opazovalnici KOGS na Kogu (slika 2). Po preverjanju strokovnih geodetskih kriterijev, geoloških značilnosti in po pridobitvi prostorskih pogojev za gradnjo so bile določene še štiri končne mikrolokacije: Prilozje, Areh, Korada in Šentvid pri Stični. Za šesto mikrolokacijo je bila izbrana stalna postaja omrežja SIGNAL v Kopru.



Slika 2 - Lokacija potresne opazovalnice KOGS (levo), makrolokacija severovzhodne točke kombinirane geodetske mreže (sredina, vir: Berk in sod., 2012) in stanje na lokaciji pred izgradnjo točke kombinirane geodetske mreže (desno, vir: GURS)

Eden ključnih pogojev gradnje je bilo ARSO-vo strinjanje glede gostovanja točke kombinirane geodetske mreže na zemljišču potresne opazovalnice KOGS. Z ARSO-m je bil zato sklenjen sporazum o uporabi zemljišča za potrebe vzpostavitve, obratovanja in vzdrževanja državne geodetske točke najvišjega reda. S tem sporazumom smo opredelili točno lokacijo gradnje na zemljišču potresne opazovalnice KOGS, način temeljenja točke kombinirane geodetske mreže s piloti in stabilizacije z betonskim stebrom, na katerem je nameščena antena GNSS in v katerega je vgrajena omarica za dodatno opremo. Opredeljeno je bilo, da bo za delovanje državne geodetske točke izvedena gradnja elektro

in telekomunikacijskega priključka ter da je del zemljišča potresne opazovalnice KOGS v bodoče dan v uporabo za potrebe nemotenega izvajanja vseh vzdrževalnih del in dostopa do merilnega mesta.

### Gradbena zasnova točke kombinirane geodetske mreže na Kogu

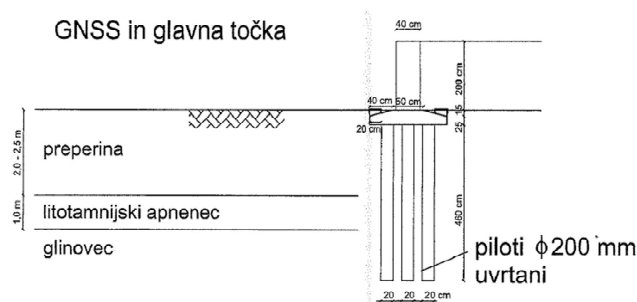
Gradbena zasnova točke kombinirane geodetske mreže na Kogu je upoštevala:

- umestitev točke v severozahodni vogal parcele in na čim večji oddaljenosti od potresne opazovalnice KOGS ,
- obstoječe geološke značilnosti mikrolokacije,
- da je območje potresne opazovalnice Kog ograjeno, zato mora biti antena GNSS nameščena nad vrh zgornjega roba ograde,
- ARSO-v predlog, da se stabilizacija točke izvede na način, ki ne bo poškodoval kamnine v neposredni okolici potresne opazovalnice, torej, da ne sme priti do razpok v kamninski podlagi zaradi udarnega vrтанja v tla, kar je posledično pomenilo uporabo rotacijskega vrтанja v kamnino,
- dogovor z ARSO-m, da je za njih ustrenejši način izvedbe masivnejši armiranobetonski steber kot pa tanjša jeklena konstrukcija.

Geološke značilnosti lokacije potresne opazovalnice na Kogu so ustrezale kriterijem za postavitev točke kombinirane geodetske mreže. Po dobrih 2 m preperine se nahaja 1 m debela plast litotamnijskega apnenca, pod njo plast glinovca, 2–5 m globoko pa se je nahaja trdna podlaga. Opazovalnica KOGS ni locirana na tektonski prelomnici.

V zasnovi stabilizacije točke je bil predlagan 2,0 m visok armirano betonski steber s premerom 40 cm, v katerem je vgrajen vijak za postavitev antene GNSS.

Predlog za temeljenje stebra je moral izpolnjevati ARSO-ve zahteve glede nepoškodovanja kamninske podlage tekom gradnje. Zato je bila predlagana temeljna plošča, podprta s tremi piloti premera 15–20 cm, ki naj od površja tal segajo 5 m globoko (slika 3).



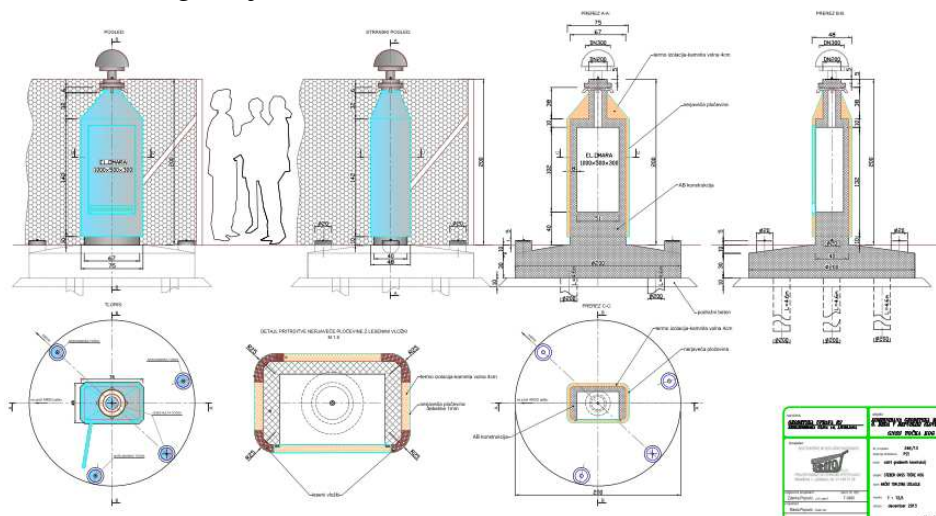
Slika 3 - Piloti s stebrom (vir: Logar in sod., 2013)

### Projekt za izvedbo gradnje in gradnja točke kombinirane geodetske mreže na Kogu

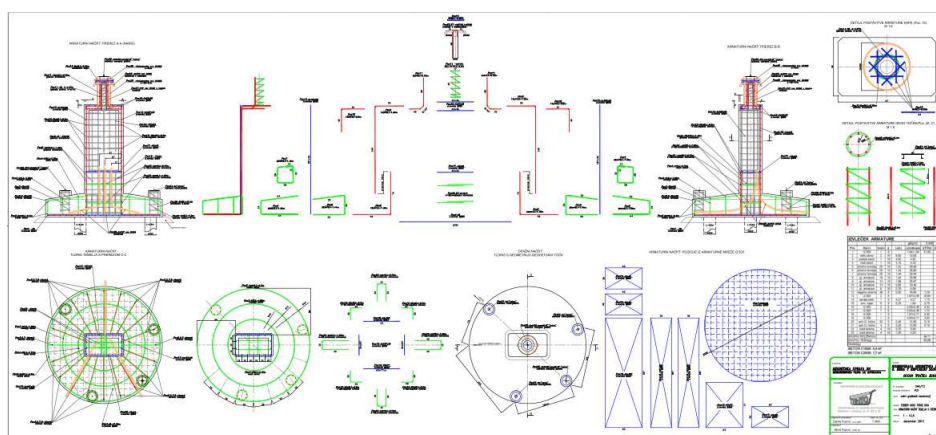
Na osnovi gradbene zasnove, geodetskega načrta, pridobljenih prostorskih pogojev, ustreznih soglasij, sporazuma z upravljalcem potresne opazovalnice, soglasij o uporabi okoliških zemljišč itd. je bil izdelan projekt za izvedbo (PZI), ki je vključeval:

- izdelavo projektne dokumentacije za fizično stabilizacijo točke Kog – načrti gradbenih konstrukcij,
- izdelavo projektne dokumentacije potrebne infrastrukture za točko Kog – načrti električnih inštalacij in električne opreme.

PZI je vseboval načrte s podrobnimi tehničnimi rešitvami in detajli (slika 4 in 5). Iz njih je bila razvidna podrobna sestava konstrukcijskih elementov, dimenzij in materialov, ki so bila uporabljena za gradnjo, načrt inštalacij, načrt toplotne izolacije, opažni načrt itd. S PZI smo si zagotovili predvidljivo, kvalitetno in natančno gradnjo, katera je bila pod stalnim nadzorom nadzornika gradnje.



Slika 4 - Izsek iz projektne dokumentacije (PZI) točke kombinirane geodetske mreže na Kogu (vir: TERRAS s.p.)



Slika 5 - Primer detajlnih načrtov (PZI) točke kombinirane geodetske mreže na Kogu (vir: TERRAS s.p.)

Gradnja točke kombinirane geodetske mreže na Kogu je potekala pod strogim nadzorom in skladno s predvidenimi deli (slika 6). Prva točka kombinirane geodetske mreže je pričela s svojim polnim operativnim delovanjem 1. 1. 2016, ko je bilo operativno vzpostavljeno celotno kombinirano omrežje v naši državi.



Slika 6 - Armatura krožnega temelja in stebra (levo) ter pogled na dokončno zgrajen steber z GNSS točko in tremi nivelmanskimi točkami ter potresno opazovalnico KOGS (vir: GURS)

### Nadzor in delovanje točke kombinirane geodetske mreže na Kogu

Nadzor nad delovanjem stalne postaje GNSS točke kombinirane geodetske mreže KGA1 se izvaja v okviru nadzora kakovosti delovanja celotnega omrežja GNSS kombinirane geodetske mreže. Za izvajanje nadzora je zadolžena Služba za GNSS, ki deluje v okviru državne geodetske službe na Geodetskem inštitutu Slovenije.

Za nadzor delovanja omrežja GNSS kombinirane geodetske mreže se uporablja programski paket *Alberding GNSS Status Software*, ki je dopolnjen z modulom *Alberding PPP Monitoring*. Osnovni modul *Alberding GNSS Status Software* vseskozi preverja povezanost stalnih postaj omrežja 0. reda z glavnim strežnikom omrežja 0. reda in kakovost opazovanj. Za nadzor kakovosti opazovanj so skrbnikom omrežja za vsako postajo v realnem času na voljo številni indikatorji kakovosti: dosegljivost postaje in latenca podatkov, število vidnih satelitov, število možnih in dejansko izvedenih opazovanj, razmerje med signalom in šumom, število izpadov signala, velikost večpotja ter vrednosti faktorjev HDOP, VDOP in PDOP. Modul *Alberding PPP Monitoring* pa je namenjen nadzoru položaja stalnih postaj omrežja 0. reda. Vsak dan se za posamezno postajo na podlagi celotnega niza opazovanj preteklega dne izračunajo koordinate po metodi PPP in primerjajo z referenčnimi koordinatami. V primeru, če vrednost določenega indikatorja preseže predhodno nastavljene mejne vrednosti oziroma, če je odstopanje dnevne rešitve od referenčnih koordinat preveliko, se o težavi obvesti skrbnike sistema, ki nato ukrepajo napaki oziroma težavi primerno.

Postaja KGA1 operativno deluje tri leta (2016, 2017 in 2018). V tem obdobju so bile zabeležene sledeče težave z delovanjem postaje:

- Devetkrat je postaja izgubila mrežno povezavo z glavnim strežnikom omrežja 0. reda. V osmih primerih je bil vzrok za izgubo povezave nepravilno delovanje mrežne opreme (modem ali usmerjevalnik), enkrat pa je bila postaja nedosegljiva zaradi vzdrževalnih del na telekomunikacijskem omrežju. V primeru težav z mrežno povezavo se napako javi Telekomu Slovenije, ki napako odpravi ali preko oddaljenega dostopa ali neposredno na lokaciji postaje.
- Enkrat je prišlo do okvare senzorja nagiba, ki ga je bilo potrebno zamenjati.
- Enkrat je sprejemnik GNSS prenehal sprejemati signale vseh satelitov. Težavo je rešil ponovni zagon sprejemnika, po katerem je sprejemnik ponovno začel pravilno delovati.

V naslednjem poglavju je na podlagi obdelave opazovanj GNSS podana ocena kakovosti stabilizacije točke KGA1 in kakovosti samih opazovanj. Zanesljivost delovanja postaje pa lahko ocenimo na podlagi popolnosti arhiva opazovanj. Opazovanja se v realnem času prenašajo in shranjujejo v arhiv opazovanj kombinirane geodetske mreže. Dodatno pa se opazovanja shranjujejo tudi na samem sprejemniku GNSS, na katerem se hranijo 30 dni. Tako lahko v primeru izgube povezave postaje z glavnim strežnikom opazovanja naknadno prenesemo s sprejemnika in dopolnimo arhiv. V arhiv se shranjujejo dnevne datoteke v formatu RINEX z intervalom registracije 30 sekund. V eni dnevni datoteki je torej shranjenih 2880 epoh opazovanj. Za posamezno leto je popolnost arhiva podana v preglednici 1.

Preglednica 1 - Popolnost arhiva opazovanj GNSS za točko KGA1

leto	število možnih epoh v letu	število shranjenih epoh v letu	odstotek popolnosti	število manjkajočih epoh v letu
2016	1.054.080	1.054.036	99,9958 %	44
2017	1.051.200	1.051.199	99,9999 %	1
2018	1.051.200	1.048.747	99,7667 %	2.453

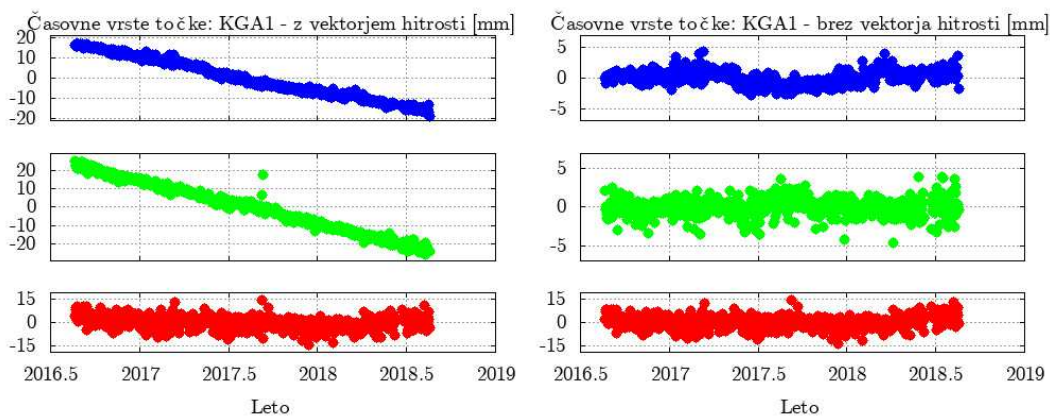
Glede na majhno število zabeleženih težav v treh letih delovanja postaje KGA1 in skoraj popoln arhiv opazovanj GNSS za to obdobje lahko zaključimo, da oprema na postaji KGA1 ne deluje le kakovostno, temveč tudi izredno zanesljivo.

### Obdelava opazovanj GNSS na točki kombinirane geodetske mreže na Kogu

Stalno delujoča postaja GNSS točke 0. reda KGA1 je, tako kot vse postaje GNSS mreže 0. reda, vključena v obdelavo opazovanj GNSS stalno delujočih postaj GNSS na območju Slovenije na dnevni osnovi. Obdelava opazovanj poteka v okviru naloge »Analitični center mreže 0. reda in njen vpliv na geodetski referenčni sistem« (Fabiani in sod., 2018), kjer je cilj obdelava opazovanj GNSS vseh stalno delujočih postaj GNSS na območju Slovenije in njene okolice. Ocenjene koordinate vseh postaj GNSS na dnevni osnovi za daljše časovno obdobje bodo pomembne za ugotovitve glede ustreznosti vzpostavitve in dolgoročne stabilnosti državnega koordinatnega sistema, kar je ključen element za zagotavljanje kakovosti vseh vrst prostorskih podatkov.

Vsa opazovanja GNSS se obdelajo na dva načina, v relativnem načinu s programskim paketom *Bernese, GNSS Software, Version 5.2* (Dach in sod., 2015) in v absolutnem načinu po metodi PPP, s programskim paketom *gPPP*, izdelan na Oddelku za geodezijo UL FG (Sterle in sod., 2014). Postopek in lastnosti obdelave na oba načina pa sta podrobno opisana v Sterle (2015). V obeh primerih se obdelajo tako GPS kot tudi GLONASS opazovanja, po postopku za obdelavo opazovanj GNSS z najvišjo kakovostjo, za pridobitev koordinat postaj z najvišjo točnostjo in zanesljivostjo.

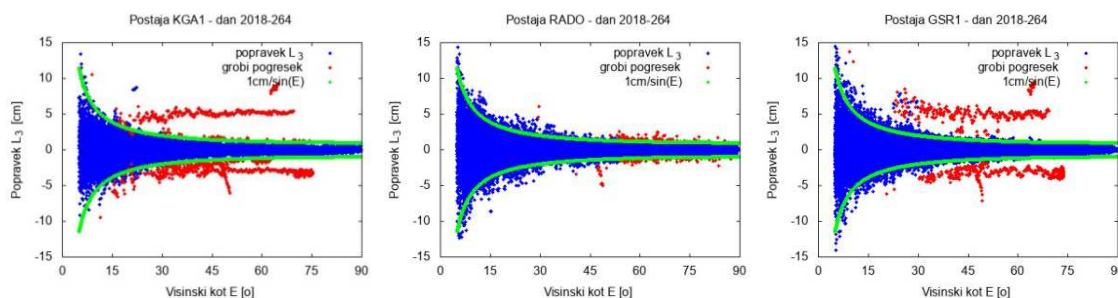
Za stalno delujočo postajo GNSS točke 0. reda KGA1 imamo tako na voljo ocenjene koordinate za vsak dan od sredine leta 2016 do sredine leta 2018. Pridobljene časovne vrste koordinat predstavlja slika 7. Obe sliki časovnih vrst prikazujeta časovne vrste za koordinate N, E in h, kjer leva prikazuje časovne vrste s prisotno globalno geodinamiko (vektor hitrosti ni odstranjen), medtem ko desna slika prikazuje časovne vrste, ko vektor hitrosti točke odstranimo.



Slika 7 - Časovne vrste koordinat stalno delujoče postaje točke 0. reda KGA1, predstavljene v smereh N, E in h, pred odstranitvijo vektorja hitrosti točke (levo) in po odstranitvi vektorja hitrosti točke (desno)

Razpršenost (standardni odklon) koordinat na desni sliki je 1,1 mm, 1,2 mm in 3,7 mm za koordinate N, E in h, kar kaže na kakovostno stabilizacijo točke ter stabilno in zanesljivo delovanje instrumentarija GNSS. V grafični predstavitvi časovne vrste koordinate N je razvidna trenutno še nepojasnjena prisotnost sistematičnega pogreška velikosti od enega do dveh milimetrov.

Samo kakovost opazovanj GNSS oziroma kakovost delovanja instrumentarija GNSS lahko preverimo tudi z analizo popravkov opazovanj GNSS, ki jih prikazuje slika 8.



Slika 8 - Prikaz velikosti popravkov linearne kombinacije faznih opazovanj  $L_3$  v odvisnosti od višinskega kota za tri stalno delujoče postaje GNSS: KGA1, RADO in GSR1 za 264-ti dan leta 2018 (21. 9. 2018)

Slika 8 prikazuje velikost popravka linearne kombinacije opazovanj  $L_3$  v odvisnosti od višinskega kota pri metodi PPP. Z modrimi pikami so prikazani popravki  $L_3$ , z rdečimi pikami popravki  $L_3$ , ki so bili evidentirani kot grobi pogreški, z zeleno črto pa teoretično določena odvisnost natančnosti opazovanj GNSS od višinskega kota. Velikost popravkov je pri večjih vrednostih višinskega kota manjša, na nivoju okoli centimetra ali manj, medtem ko s padanjem višinskega kota popravki naraščajo, tudi do velikosti nekaj decimetrov pri zelo nizkih višinskih kotih. Vzrok je predvsem v vplivu atmosfere (troposfera in ionosfera) in v večpotju signala. Iz slike je razvidno, da je razpršenost modrih pik malenkost manjša pri postaji KGA1, kot pri ostalih dveh, kar gre verjetno pripisati kakovostni stabilizaciji in predvsem ustrezni lokaciji postaje. Obe postaji omrežja SIGNAL (GSR1 in RADO), sta stabilizirani na strehah stavb, kjer se predpostavlja, da je večpotje večje kot v primeru postaje KGA1, ki je stabilizirana na betonskem stebri na tleh.



Imata pa postaji RADO in GSR1 prednost v tem, da nimata ovir v okolici, kot je to pri postaji KGA1 (vegetacija v bližini). To se pri postaji KGA1 vidi v manjšem številu opazovanj pri nizkih višinskih kotih. Zanimiva je tudi enaka oblika prisotnosti grobih pogreškov pri postajah GSR1 in KGA1, kar pa se ne pojavi pri postaji RADO. Vzrok gre iskati v vrsti instrumentarija, saj sta postaji GSR1 in KGA1 opremljeni z instrumentarijem podjetja Leica, medtem ko je na postaji RADO nameščen instrumentarij podjetja Trimble.

Rezultati obdelave opazovanj GNSS na stalno delujoči postaji GNSS točke 0. reda KGA1 kažejo na visoko kakovostno geodetsko točko. Ponovljivost koordinat (slika 7) kaže na milimetrsko natančnost določitve horizontalnih koordinat točke in nekaj milimetrsko natančnost določitve višinske komponente točke. Na osnovi teh rezultatov lahko sklepamo, da je geodetska točka KGA1 z vseh vidikov kakovostno stabilizirana, kar pomeni, da bo v prihodnje predstavljala eno izmed ključnih točk pri vzpostavitvi in vzdrževanju koordinatne osnove Slovenije z najvišjo stopnjo zanesljivosti. Zaradi stabilnih časovnih vrst koordinat bo spadala v ožji krog najbolj zanesljivih geodetskih točk za geotektonske analize območja Slovenije. Kar se tiče analize kakovosti izvedenih opazovanj GNSS (slika 8) lahko tudi rečemo, da so opazovanja GNSS na postaji KGA1 pridobljena kakovostno. Predvsem je tu poudarek na lokaciji, ki zagotavlja visoko stopnjo ustreznosti s stališča izmere GNSS, kar pomeni nizko stopnjo prisotnosti sistematičnih in grobih pogreškov v opazovanjih (predvsem večpotje). Edino, kar bomo morali v prihodnje paziti je, da se okolica točke ne zaraste do te mere, da bi vplivala na opazovanja GNSS.

## **Zaključek**

Vzpostavitev državne kombinirane geodetske mreže predstavlja materializacijo državnega koordinatnega sistema na najvišjem nivoju. Gre za ključno komponento državne prostorske infrastrukture, ki zagotavlja dolgoročni temelj za potrebe georeferenciranja v Republiki Sloveniji.

V prispevku na kratko predstavljamo izgradnjo prve geodetske točke kombinirane geodetske mreže na Kogu. Po uspešnem zaključku gradnje je od 1. 1. 2016 omrežje postaj GNSS v okviru državne kombinirane geodetske mreže polno operativno in pod stalnim nadzorom Službe za GNSS na Geodetskem inštitutu Slovenije, na Oddelku za geodezijo Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani pa poteka dnevna obdelava opazovanj GNSS stalno delujočih postaj GNSS na območju Slovenije, kamor so vključene tudi vse postaje GNSS državne kombinirane geodetske mreže.

Časovna vrsta dnevno ocenjenih koordinat stalno delujoče postaje GNSS točke 0. reda KGA1 kaže na kakovostno stabilizacijo točke, visoko kakovost opazovanj in stabilno delovanje instrumentarija GNSS ter na ustrezno izbrano lokacijo postaje. Majhno število težav z delovanjem postaje in visoka stopnja popolnosti arhiva opazovanj GNSS za celotno obdobje delovanja postaje pa kažejo, da postaja ne deluje samo kakovostno, temveč tudi izredno zanesljivo, in tako od pričetka njenega delovanja zagotavlja praktično neprekinjen niz opazovanj GNSS najvišje kakovosti.

## **Zahvala**

Pri izvedbi projekta izgradnje točk kombinirane geodetske mreže so sodelovali kolegi: Sandi Berk, mag. Klemen Medved, Žarko Komadina in mag. Jurij Režek z Geodetske uprave Republike Slovenije; Niko Fabiani in mag. Vasja Bric z Geodetskega inštituta Slovenije; doc. dr. Božo Koler, doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren in izr. prof. dr. Janko

Logar s Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, izr. prof. dr. Marko Vrabc z Naravostlovnotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, mag. Mladen Živčič z Agencije Republike Slovenije za okolje ter Zdenka Popović in Nikola Popović iz podjetja Terras s.p.

Predstavljeno delo v članku je bilo opravljeno v okviru podprojekta »Geodetski referenčni okvir (GRFR)«, ki je bil eden od štirih podprojektov projekta »Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav«, kateri je bil vključen v Memorandum o soglasju (MoS) za izvajanje Finančnega mehanizma Evropskega gospodarskega prostora za leta 2009–2014 (FM EGP). Nekatera dela so bila opravljena še v okviru ciljnih raziskovalnih projektov V2-1096 »Zasnova temeljne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture« in V2-1729 »Povečanje zanesljivosti javnih omrežij GNSS SIGNAL in 0. red«, ki sta bila izvedena v okviru različnih Ciljnih raziskovalnih programov. Sofinanciranje projektov je bilo zagotovljeno s strani Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) in Geodetske uprave Republike Slovenije. Nekaj aktivnosti je bilo izvedenih tudi s finančno podporo ARRS v okviru raziskovalnega programa P2-0227 »Geoinformacijska infrastruktura in trajnostni prostorski razvoj Slovenije«.

## Literatura

- Berk, S., Bajec, K., Fajdiga, D., Bitenc, M., Hari, J., Klanjšček, M., Triglav Čekada, M., Žagar, T., Radovan, D., Ambrožič, T., Koler, B., Kuhar, M., Pavlovčič Prešeren, P., Savšek, S., Sterle, O., Stopar, B. (2012). Zasnova temeljne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture. Končno poročilo. Geodetski inštitut Slovenije, Ljubljana, 149 str.
- Dach, R., Lutz, S., Walser, P., Fridez, P. 2015. Bernese GNSS Software Version 5.2. Astronomski inštitut Univerze v Bernu, Bern, Švica.  
<http://www.bernese.unibe.ch/docs/DOCU52.pdf> (pridobljeno 11. 1. 2019)
- Fabiani, N., Ritlop, K., Oven, K., Sterle, O., Stopar, B. (2018). Služba za GNSS 2018: končni elaborat, 2000 str.
- Logar J., Robas B.. Gradbena zasnova stabilizacije točk kombinirane geodetske mreže 0. reda; Kog in Prilozje, 10 str.
- Sterle, O. 2015. Časovno odvisne geodetske mreže in koordinatni sistemi. Doktorska disertacija, UL FGG, Ljubljana.
- Sterle, O., Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P. 2014. Metoda PPP pri statični izmeri GNSS. Geodetski vestnik, 58 (3), str. 466–481. doi: [10.15292/geodetski-vestnik.2014.03.466-481](https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2014.03.466-481)
- Stopar, B., Koler, B., Ambrožič, T., Pavlovčič Prešeren, P., Kuhar, M., Sterle, O., Štebe, G., Urbančič, T., Oven, K., Janežič, M., Bajec, K., Berk, S., Bric, V. (2013). Izdelava projektne dokumentacije za točke kombinirane mreže 0. reda. Projekt 2433-13-0003. Elaborat: 1. faza, 2. faza. Ljubljana, 166 str.
- Stopar, B., Koler, B., Ambrožič, T., Pavlovčič Prešeren, P., Kuhar, M., Sterle, O., Štebe, G., Urbančič, T., Oven, K., Janežič, M., Bajec, K., Bric, V., Berk, S. (2014a). Izdelava projektne dokumentacije za točke kombinirane mreže 0. reda. Projekt 2433-13-0003. Elaborat: 3. faza: točka Šentvid pri Stični. Ljubljana, 46 str.
- Stopar, B., Koler, B., Ambrožič, T., Pavlovčič Prešeren, P., Kuhar, M., Sterle, O., Štebe, G., Urbančič, T., Oven, K., Janežič, M., Bajec, K., Bric, V., Berk, S. (2014b). Izdelava projektne dokumentacije za točke kombinirane mreže 0. reda. Projekt 2433-13-0003. Elaborat: 3. faza: točke Areh, Koper in Korada. Ljubljana, 43 str.