

# Razširitev državne kombinirane geodetske mreže Republike Slovenije

Niko Fabiani\*, Katja Oven\*, Mihaela Triglav Čekada<sup>\*,\*\*</sup>, Natalija Novak\*, Klemen Medved<sup>\*\*\*</sup>, Bojan Stopar<sup>\*\*</sup>

## Povzetek

Med leti 2014 in 2016 je Geodetska uprava Republike Slovenije (v nadaljevanju: GURS) vzpostavila državno kombinirano geodetsko mrežo Republike Slovenije (v nadaljevanju: geodetska mreža 0. reda). Vzpostavljenih je bilo pet geodetskih točk 0. reda in tako je nastala na slovenskem ozemlju geodetska mreža najvišje kakovosti, ki povezuje državna geodetska omrežja in geodetske mreže: omrežje postaj GNSS SIGNAL, nivelmansko mrežo, klasično horizontalno terestrično mrežo ter absolutno in relativno gravimetrično mrežo. Ker pa v prvotni konfiguraciji mreže 0. reda severozahod Slovenije ni pokrit in zaradi težav s stabilnostjo stalne postaje GNSS v Kopru, se je Geodetska uprava Republike Slovenije odločila geodetsko mrežo 0. reda razširiti z dvema novima geodetskima točkama. Ena bi bila postavljena na območju Karavank ali Julijskih Alp, druga pa na južnem Primorskem, kjer bi nadomestila trenutno stalno postajo GNSS v Kopru. V okviru finančnega mehanizma »Načrt za okrevanje in odpornost« smo na Geodetskem inštitutu Slovenije skupaj s Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani izvedli dela pridobitve novih dveh lokacij za točki geodetske mreže 0. reda ter pripravo projektne dokumentacije za njuno gradnjo in sicer na Javorniškem Rovtu nad Jesenicami in v bližini vasi Baredi nad Izolo. Gradbena dela na obeh točkah so že zaključena, prav tako je na obeh točkah že nameščena merska oprema GNSS, meteorološka postaja in inklinometer za spremljanje lokalne stabilnosti točke. Po priklučitvi obeh točk na elektro in telekomunikacijsko omrežje, bosta tudi pričeli delovati. Z izgradnjo obeh novih točk je Slovenija dobila razširjeno kakovostno kombinirano geodetsko mrežo 0. reda, ki enakomerno pokriva celotno ozemlje države in predstavlja osnovo realizacije državnega geodetskega koordinatnega sistema Republike Slovenije na dolgi rok.

**Ključne besede:** državni koordinatni sistem, kombinirana geodetska mreža 0. reda, GNSS, gravimetrična mreža, nivelmanska mreža, horizontalni koordinatni sistem, vertikalni koordinatni sistem, geodinamika

**Key words:** national coordinate system, combined geodetic network of zero order, GNSS, levelling network, gravimetric network, horizontal coordinate system, vertical coordinate system, , geodynamics.

## Uvod

V Sloveniji predstavlja ogrodje državnega horizontalnega koordinatnega sistema omrežje stalnih postaj GNSS SIGNAL, ki je operativno od leta 2007. S pojavom globalnih navigacijskih satelitskih sistemov (GNSS), ki omogočajo realizacijo horizontalnih geodetskih koordinatnih sistemov, in popolnoma ločenima geodetskima mrežama

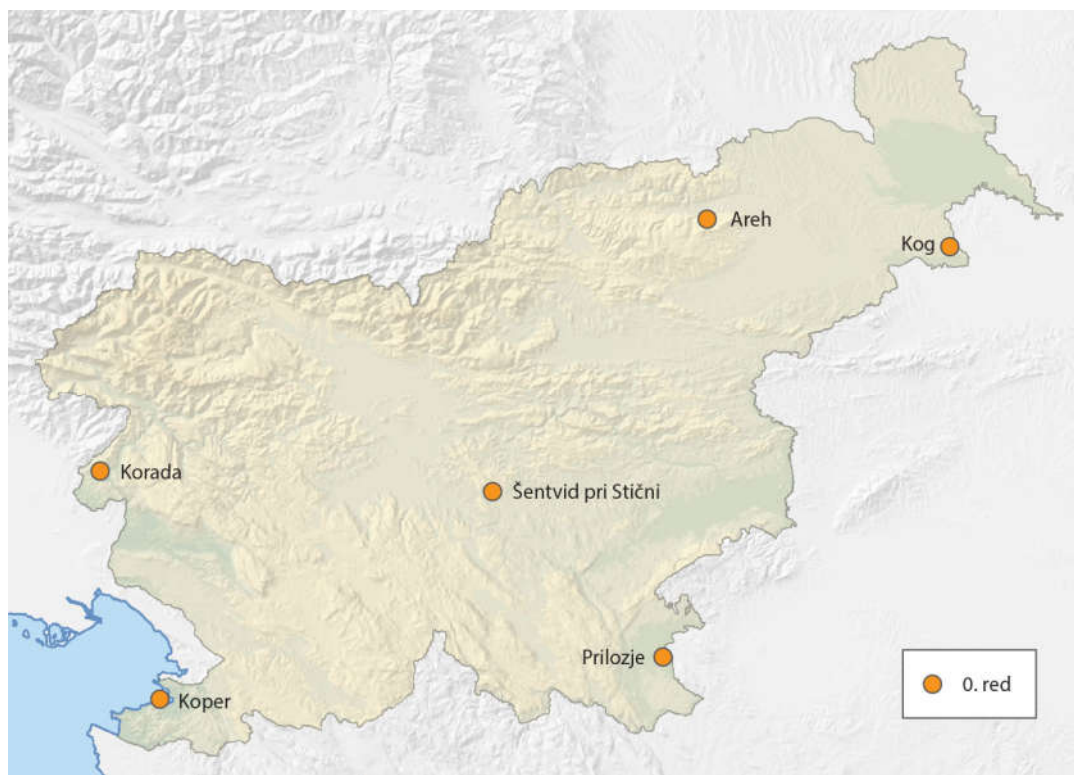
---

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

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

\*\*\* Geodetska uprava Republike Slovenije, Zemljemerska u. 12, 1000 Ljubljana

(gravimetrične in nivelmanske), ki zagotavljata realizacijo vertikalnih koordinatnih sistemov, se je pojavila potreba po združitvi obeh vrst koordinatnih sistemov v prostorski koordinatni sistem. Tako se je konec 90. let prejšnjega stoletja po svetu začela uveljavljati ideja o vzpostavitvi tako imenovanih kombiniranih geodetskih mrež. Zaradi določenih pomanjkljivosti omrežja SIGNAL ter slabe povezave med različnimi državnimi koordinatnimi sistemi se je tudi v Sloveniji pojavila tovrstna potreba. Med leti 2014 in 2016 je v sklopu projekta *Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav* Geodetska uprava Republike Slovenije vzpostavila državno kombinirano geodetsko mrežo (Režek, 2017). Na petih novih lokacijah so bile vzpostavljene povsem nove geodetske točke 0. reda, kot šesta pa je bila v to mrežo dodana tudi obstoječa točka omrežja SIGNAL na mareografski postaji v Kopru (Oven et al., 2019). Tako so prvotno konfiguracijo mreže 0. reda sestavljale geodetske točke 0. reda Areh (Pohorje), Kog (Prlekija), Koper (Južna Primorska), Korada (Severna Primorska), Prilozje (Bela krajina) in Šentvid pri Stični (osrednja Slovenija). Slika 1 prikazuje prvotno konfiguracijo geodetske mreže 0. reda, ki je operativna od leta 2016.



Slika 1: Skica prvotne konfiguracije kombinirane geodetske mreže 0. reda (vir: Geodetski inštitut Slovenije)

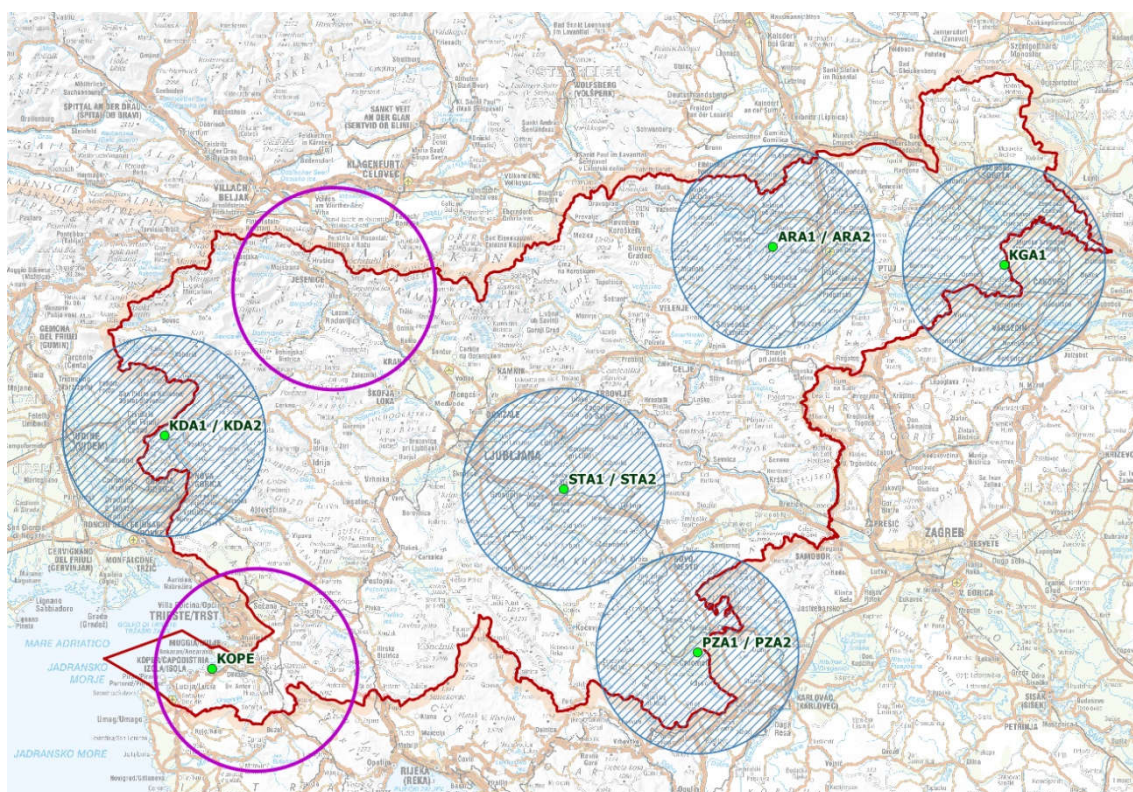
Točke državne geodetske mreže 0. reda so pomemben del državnega prostorskega koordinatnega sistema. Povezujejo njegovo horizontalno in vertikalno sestavino. Na vsaki točki je nameščena (ena ali dve) postaja GNSS, ki neprekinjeno sprejema signale globalnih satelitskih navigacijskih sistemov za določanje položaja, opazovanja pa posreduje v nadzorni center v Ljubljani. Tam se podatki uporabijo za natančno izračunavanje položaja teh točk v skupnem Evropskem koordinatnem sistemu (ETRS89), z natančnostjo nekaj mm. Visoka natančnost meritev na točkah te mreže omogoča spremljanje geodinamike (delovanje tektonike). S pomočjo točk 0. reda se nadzira tudi uporabniško omrežje GNSS SIGNAL.

Ker pa v trenutni konfiguraciji mreže 0. reda severozahod Slovenije ni pokrit in zaradi težav s stabilnostjo stalne postaje GNSS SIGNAL Koper (Sterle et al., 2017), se je GURS odločil mrežo razširiti z dvema novima točkama in s tem zagotoviti čim večjo pokritost državnega ozemlja.

### Iskanje novih makrolokacij za postavitev točk kombinirane geodetske mreže

Projekt pridobivanja projektne dokumentacije smo izvedli v okviru naloge *Analiza izmer mikromrež točk 0. reda in priprava projektne dokumentacije*, katerega je preko mehanizma *Načrt za okrevanje in odpornost* financirala Evropska unija (Oven et al., 2023).

Na podlagi analize obstoječe razporeditve točk geodetske mreže 0. reda se je najprej določila najbolj optimalna razporeditev in s tem dve novi makrolokaciji za postavitev točk geodetske mreže 0. reda. Slika 2 prikazuje obstoječe in novi makrolokaciji, eno na Gorenjskem in drugo na Primorskem, v obliki krogov s polmerom 25 km.



Slika 2: Makrolokacije nove konfiguracije kombinirane geodetske mreže 0. reda (vir: Geodetski inštitut Slovenije)

### Iskanje mikrolokacij za postavitev točk kombinirane geodetske mreže 0. reda

Znotraj posamezne makrolokacije novih točk smo nato določili več mikrolokacij (v nadaljevanju lokacij), ki so izpolnjevale vnaprej določene zahteve. Primarno smo iskali lokacije na zemljiščih, ki so v lasti Republike Slovenije ali drugih oseb javnega prava, zaradi lažjega dogovarjanja glede možnosti uporabe zemljišč. Pri izbiri mikrolokacij smo morali upoštevati tudi smernice EUREF za vzpostavitev evropske kombinirane geodetske mreže

(EUREF Combined Geodetic Network - ECGN) in mreže stalnih postaj GNSS EUREF (EUREF Permanent Network - EPN). Pomembne pa so bile tudi naslednje zahteve:

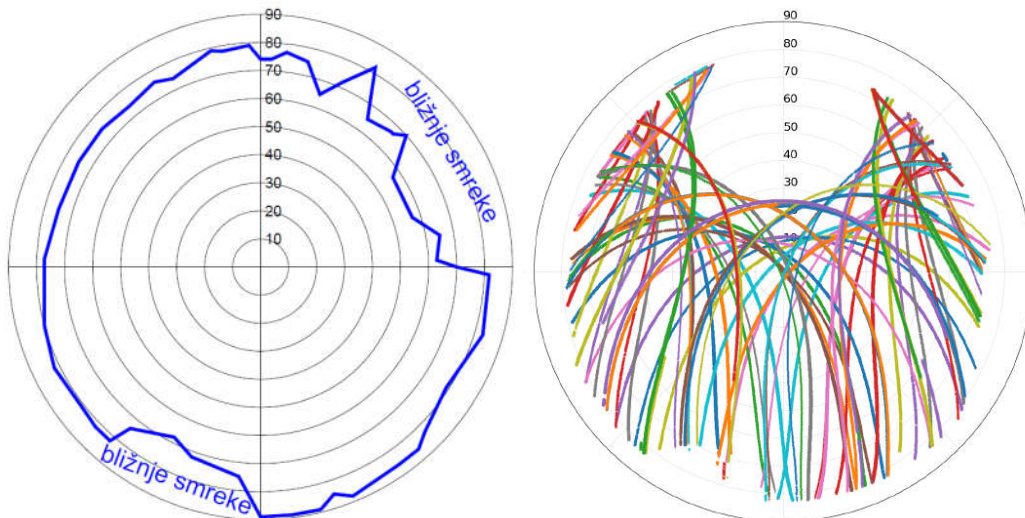
- ustrezne reliefne danosti, kot na primer delež odprtega neba ter odsotnost motečih objektov, ki bi lahko vplivali na sprejem signalov GNSS, možnost izvajanja različnih vrst geodetskih meritev na lokaciji točke in do točke ter dostopnost lokacije,
- geološke, hidrološke in tektonske danosti, kot na primer izogibanje aktivnim tektonskim prelomnicam, območjem z aktivnimi lokalnimi deformacijami površja, območjem z večjimi nihanjem v nivoju bližnjih tekočih in stoječih voda ter podtalnice in neugodnim geološkim pogojem, tako na površju, kot pod njim,
- ustrezna vegetacija in ustrezne lokalne klimatske razmere, pri čemer smo se predvsem želeli izogniti preobsežni vegetaciji, ki bi lahko ovirala odprtost neba in povečala njen vpliv na kakovost sprejema signalov GNSS in/ali oteževala tudi dostop do lokacije ali podnebne razmere, ki bi oteževale neprekinjeno kakovostno izvedbo meritev GNSS (preobilne snežne padavine, nevarnost udara strele, izpostavljenost močnemu vetru ipd.),
- drugi dejavniki, kot na primer odsotnost motečih objektov in naprav, zaradi morebitnih izvorov elektromagnetnih sevanj oz. motenj, predvsem pa možnost povezave lokacije z ustreznim elektro in telekomunikacijskim omrežjem.

Iskanje lokacij je potekalo v več korakih. Najprej smo z ustreznimi GIS-orodji izvedli iskanje primernih lokacij na podlagi podatkov o lastništvu zemljišč in parcel, podatkov digitalnega modela reliefa, državnega ortofota, gospodarske javne infrastrukture, geoloških kart in baz podatkov o zaščitenih območjih Natura 2000 ter vodovarstvenih območjih. Rezultat je bil seznam potencialnih lokacij za vsako od obeh območij makrolokacij. Po navedenih analizah smo pridobili pet ustreznih lokacij na Gorenjskem in štiri na Primorskem.

Za vsako od lokacij smo kontaktirali lastnike oziroma upravljalce parcel, jih seznanili s projektom in zaprosili za mnenje ter dovoljenje za izvedbo preliminarne testne meritve. Po prvem terenskem ogledu na Gorenjskem smo iz izbora izločili štiri lokacije kot neustrezne. Kot primerna je ostala le lokacija v Javorniškem Rovtu, v Zoisovem parku. Na Primorskem smo prvotni izbor skrčili na dve potencialni lokaciji, v bližini vasi Baredi nad Izolo (na vrhu hriba Sv. Donat) in v Marezigah, poleg tamkajšnjega pokopališča. Na vseh treh lokacijah je Geodetska uprava Republike Slovenije izvedla tudi 24-urne meritve GNSS, s katerimi se je ugotavljalo morebitne motnje, ogled pa je opravil tudi geolog in podal svoje strokovno mnenje o vsaki od lokacij. Slika 3 prikazuje meritve GNSS na lokaciji Javorniški Rovt, rezultate, prikaz vidnega neba in satelitov na obzorju, pa vidimo na Slika 4.



Slika 3: Izvedba 24-urnih meritev GNSS na Javorniškem Rovtu (foto: N. Fabiani)



Slika 4: Delež vidnega neba z lokacije testnih meritev GNSS na Javorniškem Rovtu

### Pridobivanje mnenj in dovoljenj za gradnjo

Za vse tri potencialne lokacije smo nato na Geodetskem inštitutu Slovenije pričeli s pridobivanjem potrebne dokumentacije. To je vsebovalo v prvi vrsti pridobitev lokacijske informacije, na podlagi katere smo začeli pridobivati potrebna dovoljenja. Na vseh treh lokacijah smo morali pridobiti dovoljenja za gradnjo s strani lastnikov in upravljalcev, občin, Sklada kmetijskih zemljišč in gozdov, Agencije Republike Slovenije za okolje, Zavoda za varstvo kulturne dediščine Slovenije, Zavoda za varstvo narave ter operaterjev elektrodistribucijskih ter telekomunikacijskih omrežij.

Tekom pridobivanja potrebnih dovoljenj smo naleteli na specifične situacije. Tako je na primer lokacija na Javorniškem Rovtu del Zoisovega parka, prvega botaničnega vrta v Sloveniji, in s tem zaščitena s strani Zavoda za varstvo kulturne dediščine Slovenije, lokacija v bližini vasi Baredi (Livade) nad Izolo pa se nahaja na območju arheološkega najdišča Sv. Donat.

Za končni lokaciji novih točk geodetske mreže 0. reda sta bili določeni lokaciji na Javorniškem Rovtu za območje na Gorenjskem in v bližini vasi Baredi nad Izolo za območje na Primorskem.

### **Priprava projektne dokumentacije in gradnja**

Na vsaki obstoječi točki geodetske mreže 0. reda je postavljen ustrezno temeljen armiranobetonski steber višine 2,20 m, v katerem je omarica za stalno delujočo mersko opremo. Na vrhu stebra sta nameščeni dve anteni GNSS. Na vrhu stebra se nahaja še točka za izvedbo terestričnih meritev. Ob vznožju stebra se nahaja t. i. matična referenčna točka in trije reperji. Steber je obdan z ograjo, v neposredni bližini pa se nahajajo bodisi tri ali štiri bočna zavarovanja, odvisno od lokacije.

Pri pripravi projektne dokumentacije za novi točki smo se odločili, da bosta zgrajeni na podlagi enakega načrta, pri čemer smo opravili revizijo le-tega in na podlagi dosedanjih izkušenj izvedli nekatere spremembe. Tako smo na primer povečali dimenzije omarice v stebru, izboljšali način pritrditve vrat ograje in podobno. Namesto treh smo za vsako novo točko vzpostavili štiri zavarovalne točke.

Jeseni 2023 je Geodetska uprava Republike Slovenije izvedla razpis za gradnjo in do začetka poletja 2024 so bila gradbena dela zaključena.

Slika 5 prikazuje utrinke z gradnje geodetskih točk.

Na obeh točkah so bile jeseni 2024 nameščene antene GNSS, sprejemniki GNSS, meteorološka postaja, inklinometer, baterije in napajalniki. Predvidoma do konca leta 2024 bosta obe točki povezani z elektrodistribucijskim in telekomunikacijskim omrežjem.





Slika 5: Utrinki z gradnje, točka Javorniški Rovt

Geodetska uprava Republike Slovenije je od septembra do oktobra 2024 obe novi točki geodetske mreže 0. reda navezala na nivelmansko mrežo 1. reda in na novih reperjih navezovalnih poligonov izvedla gravimetrične meritve (Slika 6). Slika 7 prikazuje opremljeno novo točko geodetske mreže 0. reda na Javorniškem Rovtu.



Slika 6: Nivelmanske meritve na točki geodetske mreže 0. reda Livade (foto: GURS)



Slika 7: Točka mreže 0. reda Javorniški Rovt (foto: GURS)

Predvidoma v začetku leta 2025 bo Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, izvedla tudi t.i. ničelno terestrično izmero zavarovalnih geodetskih mikromrež (Slika 8) na obeh novih točkah s klasično metodo izmere z namenom kasnejšega spremljanja lokalne stabilnosti obeh točk.



Slika 8: Točke mikromreže, ki so postavljene v okolici glavnega stebra (foto: GURS)

Po začetku testnega delovanja obeh stalnih postaj GNSS sledi preliminarno pridobivanje podatkov z vso nameščeno mersko opremo GNSS za obdobje vsaj nekaj tednov, na podlagi katerih bomo določili koordinate novih točk v državnem koordinatnem sistemu, ter ju nato



vključili v državno kombinirano geodetsko mrežo 0. reda. V operativno rabo bosta obe novi točki prešli predvidoma v prvi četrtini leta 2025.

## Sklep

Državne kombinirane geodetske mreže se po svetu uveljavljajo kot osnova za realizacijo državnih geodetskih referenčnih sistemov. V Sloveniji je tovrstna geodetska mreža operativna že od 2016, rezultati analiz podatkov pa kažejo, da le-te omogočajo realizacijo državnega koordinatnega sistema z visoko kakovostjo.

Kot del promocije geodetske dejavnosti v Sloveniji mrež smo vse točke obstoječe kombinirane geodetske mreže dodali v OpenStreetMap. Za obstoječo točko geodetske mreže 0. reda na Koradi smo v okviru zbirke *Geodetski utrinki* izdelali še knjižico *Geodetske točke na Koradi*, ki je namenjena splošni javnosti (Triglav Čekada et al., 2023).

S projektom, predstavljenim v tem članku, smo z izgradnjo in vzpostavitvijo dveh novih točk geodetske mreže 0. reda mrežo razširili in tako zagotovili razporeditev točk te mreže po celotnem ozemlju Slovenije. Tekom priprave projektne dokumentacije ter nato tekom vzpostavitve novih točk geodetske mreže 0. reda smo naleteli na vrsto težav in ovir, a smo v sodelovanju z mnenjedajalci in odgovornimi inštitucijami le-te uspešno rešili. Obe novi točki geodetske mreže 0. reda sta že zgrajeni in opremljeni z vso predvideno mersko opremo. Ko bosta obe točki, tako na Javorniškem Rovtu kot tudi Baredih nad Izolo, operativni, bomo v Sloveniji vzpostavili kakovostno kombinirano geodetsko mrežo 0. reda, ki bo enakomerno pokrivala celotno ozemlje države in bo predstavljala osnovo za realizacijo in povezavo vseh sestavin državnega geodetskega koordinatnega sistema Republike Slovenije na dolgi rok.

## Zahvala

Delo je delno nastalo v okviru naloge »Analiza izmer mikromrež točk 0. reda in priprava projektne dokumentacije, Končno poročilo«, ki ga financira Evropska unija preko mehanizma »Načrt za okrevanje in odpornost« in aplikativnega raziskovalnega projekta L2-50090 »Geodetska znamenja kot materialni pričevalci razvoja geodetskih mrež na Slovenskem«, ki ga sofinancirata ARIS in GURS.

## Literatura

- Oven, K., Ritlop, K., Triglav Čekada, M., Pavlovčič Prešeren, P., Sterle, O., Stopar, B. (2019). Vzpostavitev kombinirane geodetske mreže v Sloveniji in analiza njenega delovanja v obdobju 2016–2018. *Geodetski vestnik*, 63/4.
- Oven, K., Fabiani, N., Fajdiga, D., Triglav Čekada, M., Ambrožič, T., Kregar, K., Štebe, G., Savšek, S., Marjetič, A., Koler, B., Kuhar, M., Pavlovčič Prešeren, P., Ritlop, K., Sterle, O., Stopar, B., Vrabec, M., Popović, Z., Popović, N., Pirnat M. (2023). Analiza izmer mikromrež točk 0. reda in priprava projektne dokumentacije, Končno poročilo.
- Triglav Čekada, M., Oven, K., Lutman, M., Škafar, R., Režek, J. (2023). Geodetske točke na Koradi. *Geodetski utrinki*. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije. [https://gis.si/wp-content/uploads/2023/11/Geodetske-tocke-Korada-slo\\_splet.pdf](https://gis.si/wp-content/uploads/2023/11/Geodetske-tocke-Korada-slo_splet.pdf)
- Režek, J. (2017). Ob zaključku projekta »Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav«, *Geodetski vestnik*, 61 (1), 115–124.
- Sterle, O., Kuhar, M., Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P., Urbančič, T., in Koler, B. (2017). Ocena vertikalne stabilnosti mareografske postaje Koper. *Geodetski vestnik*, 61 (4), 527–540.