

POSTAVLJENI STA PRVI DVE TOČKI KOMBINIRANE GEODETSKE MREŽE

FIRST TWO SITES OF THE COMBINED GEODETIC NETWORK ARE BUILT UP

Klemen Medved

1 UVOD

Projekt *Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav*, ki poteka s finančno podporo finančnega mehanizma EGP 2009–2014, izvajajo Geodetska uprava Republike Slovenije, ministrstvo za okolje in prostor ter partnerja norveška geodetska uprava in islandska geodetska uprava. V njegovem okviru je predvidenih več nalog, vsekakor pa je ena od pomembnejših vzpostavitev nacionalne kombinirane geodetske mreže.

2 KOMBINIRANA GEODETSKA MREŽA

Kombinacijo klasičnih merskih postopkov (nivelman) in satelitske tehnologije (GNSS in satelitske misije za spremljanje težnostnega polja Zemlje) je mogoče izvesti samo prek mreže skupnih točk, ki sestavljajo tako imenovano kombinirano geodetsko mrežo. Permanentne in ponavljajoče se meritve na točkah kombinirane geodetske mreže omogočajo modeliranje časovno odvisnih sprememb zemeljskega površja, težnostnega polja Zemlje, njene atmosfere in hidrosfere. Točke kombiniranih geodetskih mrež omogočajo dolgoročno stabilnost vzdrževanja terestričnih referenčnih sistemov na svetovni, evropski, predvsem pa državni ravni.

Slovenija ima nekaj referenčnih mrež/omrežij: SIGNAL, astrogeodetsko mrežo, trigonometrično mrežo, mestne geodetske mreže, navezovalne mreže, gravimetrično mrežo in nivelmansko mrežo. Točke vseh omrežij in mrež so stabilizirane, a praviloma niso zavarovane (razen za astrogeodetsko mrežo). Vsak poseg (zaradi gradnje, uničenja) v katerokoli točko kateregakoli omrežja pomeni poseg v geodetsko referenčno podlago države Slovenije. Tako je časovna stabilnost referenčne osnove neposredno vezana na časovno stabilnost vseh točk vseh omrežij in mrež v Sloveniji. Tako je bolj smotno izdelati enovito omrežje, ki bi zajelo čim več merskih tehnik na vsaki točki oziroma postaji omrežja. Vsaka postaja omrežja bi bila tudi ustrezno geodetsko in pravno zavarovana. Za vsako mersko tehniko (GNSS, gravimetrija, nivelman, klasična terestrična izmera) bi imela na vsaki postaji referenčno točko. Superpozicijo vseh merskih tehnik bi določala ena matična referenčna točka, na katero bi bili reducirani položaji vseh referenčnih točk postaje (vzpostavljeni na podlagi različnih opazovanj oziroma različnih merskih tehnik). Tako bi lahko vzpostavili robustno omrežje, v katerem kakršenkoli poseg v posamezno geodetsko točko ne bi pomenil posega v realizacijo državnega koordinatnega sistema.

Nacionalna kombinirana geodetska mreža oziroma geodetska mreža 0. reda bi bila tako osnovna geodetska infrastruktura za stalno spremljanje geodinamičnih procesov na območju države. Dolgoročno bi zagotovila kakovostno georeferenciranje z vizijo vzpostavitve 4R-referenčnega sistema.

3 IDEJNI PROJEKT MREŽE

Na podlagi analize potreb po kakovostni večnamenski geoinformacijski infrastrukturi so predstavljeni argumenti za njeno vzpostavitev (Berk in sod., 2012):

- **zagotavlja kakovostno referenčno koordinatno ogrodje državnega omrežja stalnih GNSS-postaj SIGNAL**, in sicer:
 - kot ustrezno zavarovanje stalnih postaj državnega omrežja na dolgi rok (ob neizogibnih postopnih spremembah lokacij ostalih postaj omrežja),
 - za spremljanje časovne stabilnosti postaj (vplivi geodinamike in periodični vplivi),
 - za zagotavljanje ustrezne kakovosti koordinat vseh postaj omrežja in s tem ustrezne kakovosti storitev pozicioniranja (zahtevana centimetrska natančnost);
- **zagotavlja kakovostno koordinatno referenčno ogrodje državnega terestričnega referenčnega sistema**, in sicer:
 - kot ustrezno zavarovanje državnega horizontalnega geodetskega datuma na dolgi rok,
 - kot kakovostna zamenjava uradnih (petih) EUREF-točk na območju Slovenije,
 - kot kakovostna geodetska infrastruktura za spremljanje geodinamičnega dogajanja v horizontalnem smislu,
 - kot osnovna geodetska infrastruktura za vse prihodnje realizacije ETRS v Sloveniji;
- **zagotavlja kakovostno referenčno ogrodje državnega višinskega referenčnega sistema**, in sicer:
 - kot ustrezno zavarovanje državnega višinskega geodetskega datuma na dolgi rok v vlogi fundamentalnih reperjev in normalnega reperja (ena izmed točk mreže),
 - kot kakovostna zamenjava (petih) EUVN-točk na območju Slovenije,
 - kot kakovostna geodetska infrastruktura za spremljanje geodinamičnih dogajanj v vertikalnem smislu,
 - kot osnovna geodetska infrastruktura za vse realizacije EVRS v Sloveniji,
 - kot osnovna mreža GNSS-točk za kakovostno vpetje državnega absolutnega (kvazi)geoida;
- **zagotavlja kakovostno referenčno ogrodje državnega gravimetričnega referenčnega sistema**, in sicer:
 - kot ustrezno zavarovanje državnega gravimetričnega geodetskega datuma na dolgi rok,
 - kot kakovostna dopolnitev/zamenjava obstoječih (šestih) točk gravimetrične mreže 0. reda – absolutnih gravimetričnih točk;
- **zagotavlja kakovostno večnamensko kalibracijsko mrežo**, in sicer:
 - tako za preverjanje ustreznosti merilne opreme/instrumentarija
 - kot za preverjanje ustreznosti metod/postopkov izmere.

Stabilizacija točk kombinirane geodetske mreže 0. reda Slovenije mora zagotavljati trajno lokalno stabilnost vseh točk. To pomeni, da je treba s stabilizacijo zmanjšati vpliv okolice oziroma da mora biti mikrolokalna stabilnost točke kar najbolj neodvisna od lokalnih naravnih in človeških vplivov na njeno stabilnost. Ker se tem vplivom ne moremo v celoti izogniti, mora biti stabilizacija točk izvedena čim bolj

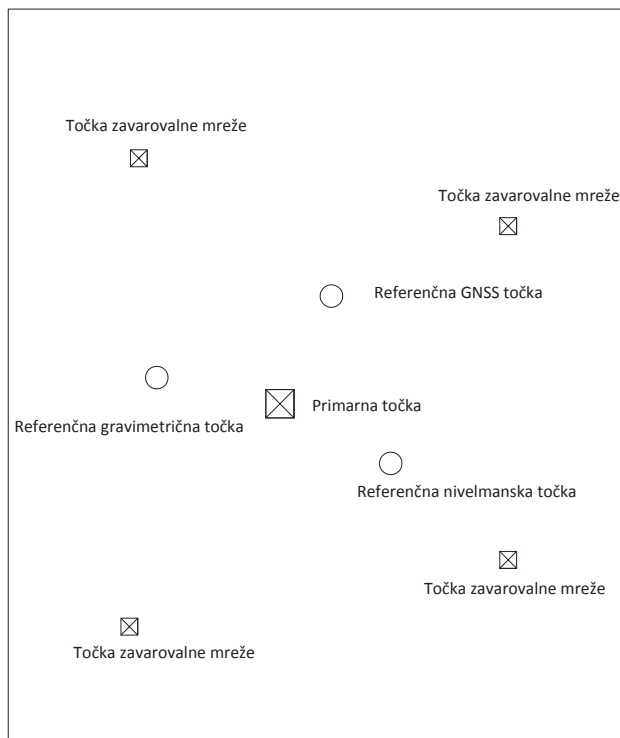
kakovostno. Tako je zagotovljena največja mogoča lokalna stabilnost. Hkrati morajo biti lokacije točk izbrane tako, da bodo morebitne spremembe njihovih položajev odražale spremembe, ki imajo izvor v regionalni tektoniki.

Stabilizacija točk kombinirane geodetske mreže mora zagotavljati združljivost z različnimi merskimi tehnikami, saj mora omogočati meritve GNSS, geometrični nivelman in gravimetrične meritve ter terestrične meritve v lokalni mikromreži. Torej je treba poskrbeti, da bo mogoče na točko postaviti vse predvidene geodetske merske instrumente oziroma ustrezen pribor.

Vsaka točka kombinirane geodetske mreže 0. reda tako vsebuje naslednje referenčne točke (na vsaki od teh se bodo izvajala različna opazovanja):

- **primarna referenčna točka:**
 - opazovanja GNSS,
 - nivelmanska opazovanja,
 - gravimetrična opazovanja,
 - terestrična opazovanja v okviru zavarovalne mikromreže;
- **referenčna GNSS-točka:**
 - opazovanja GNSS,
 - terestrična opazovanja v okviru zavarovalne mikromreže;
- **referenčna nivelmanska točka (reper):**
 - nivelmanska opazovanja,
 - gravimetrična opazovanja,
 - terestrična opazovanja v okviru zavarovalne mikromreže;
- **referenčna gravimetrična točka (reper):**
 - nivelmanska opazovanja,
 - gravimetrična opazovanja,
 - terestrična opazovanja v okviru zavarovalne mikromreže;
- **točke zavarovalne mreže:**
 - opazovanja GNSS,
 - nivelmanska opazovanja,
 - gravimetrična opazovanja,
 - terestrična opazovanja v okviru zavarovalne mikromreže.

Nekatere od naštetih točk lahko, glede na metodo izmere, združimo, vendar je pri tem treba poskrbeti za ustrezno stabilizacijo. Shematski prikaz točk na vsaki lokaciji točke 0. reda je prikazan na sliki 1. Vse točke morajo biti globoko temeljene, izdelane dovolj trdno iz armiranega betona.



Slika 1: Shematski prikaz razporeditve referenčnih točk vsake točke 0. reda.

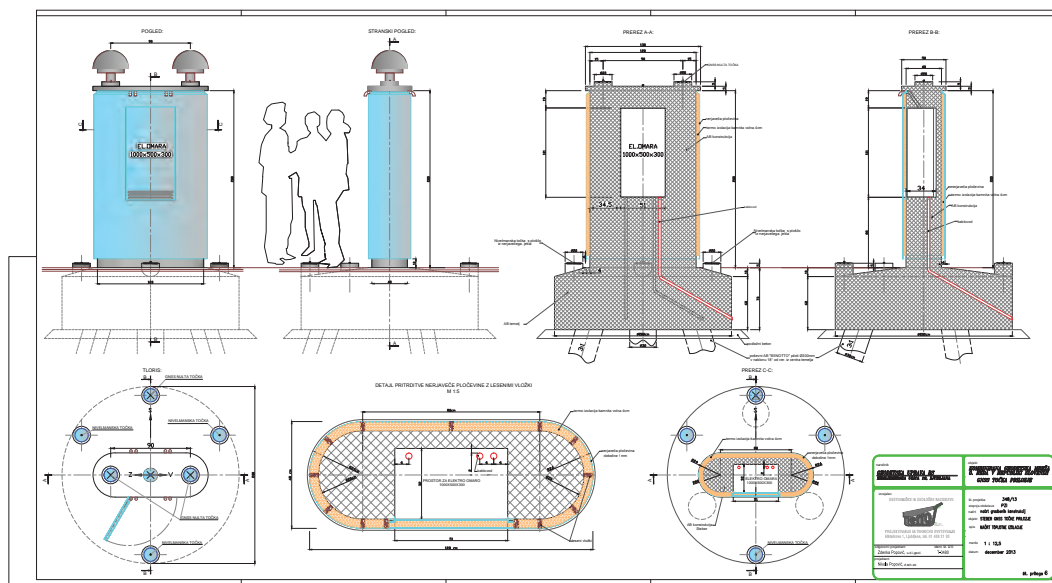
4 VZPOSTAVITEV MREŽE

V Sloveniji bo geodetska mreža 0. reda sestavljena iz šestih točk. Mikrolokacije za vseh šest točk mreže so znane, in sicer so to Prilozje, Kog, Areh na Pohorju, Šentvid pri Stični, Korada in Koper (Stopar in sod., 2014). Pri končnem izboru lokacij točk je bilo upoštevanih več različnih meril, ki jih lahko razdelimo v skupine:

- geometrijsko optimalna umestitev glede na obliko in velikost države,
- reliefne danosti, vegetacija in podnebne danosti (dostopnost, vidnost, razpored ...),
- geološke, hidrološke in geotektonske danosti (lokalna stabilnost, podtalnica, odmik od prelomnic ...),
- geodetska merila (odprtost horizonta, možnost izvedbe meritev, vibracije, elektromagnetna sevanja ...),
- drugi vplivni dejavniki (javno lastništvo, bližina infrastrukture, dostopnost, skladnost s prostorskimi načrti občine in pridobitev pravice za gradnjo ...).

Za vsako točko je bila izdelana projekta dokumentacija za samo gradbeno postavitve točke (slika 2). Pri tem so sodelovali geodeti, geologi, geofiziki, gradbeniki in hidrologi (Logar, 2013; Vrabc, 2013; Popović in Popović, 2014). Vsaka točka bo v naravi stabilizirana z betonskim stebrom višine približno 2 metra, na katerem bo nameščena GNSS-antena s sprejemnikom. Na večini točk bosta zaradi zanesljivosti

delovanja nameščeni dve anteni (tako imenovani »double station«). V stebru točke bo omarica za vso potrebno opremo, tako geodetsko kot telekomunikacijsko. Na vsaki točki bo nameščen tudi inklinometer za spremljanje stabilnosti točke in meteorološka postaja.



Slika 2: Izsek iz projektne dokumentacije, točka Prilozje (Popović in Popović, 2014).

Vsaka glavna točka (steber) bo temeljena na treh mikropilotih, katerih globina je odvisna od geološke sestave tal. Da bi se izgonili deformacijam zaradi vremenskih razmer, bo vsaka točka izolirana z mineralno volno in zaščitena z nerjavečo pločevino. Zaradi zaščite bo okoli antenskega stebra postavljena tudi ograja. Vsaka glavna točka bo imela na razdalji približno 30 metrov stabilizirane tri do štiri točke zavarovalne mikromreže, ki bodo prav tako globoko temeljene.

5 POSTAVITEV PRVIH DVEH TOČK MREŽE – PRILOZJE IN KOG

Gradbena dela na prvih dveh točkah mreže so že končana, kar pomeni, da sta fizično stabilizirani, treba je le še namestiti ustrezno opremo nanju in izvesti meritve. To sta točki PRILOZJE in KOG.

Lokacija točke Prilozje je v bližini istoimenske vasi med Metliko in Črnomljem, neposredno ob športnem letališču Aerokluba Bela krajina.

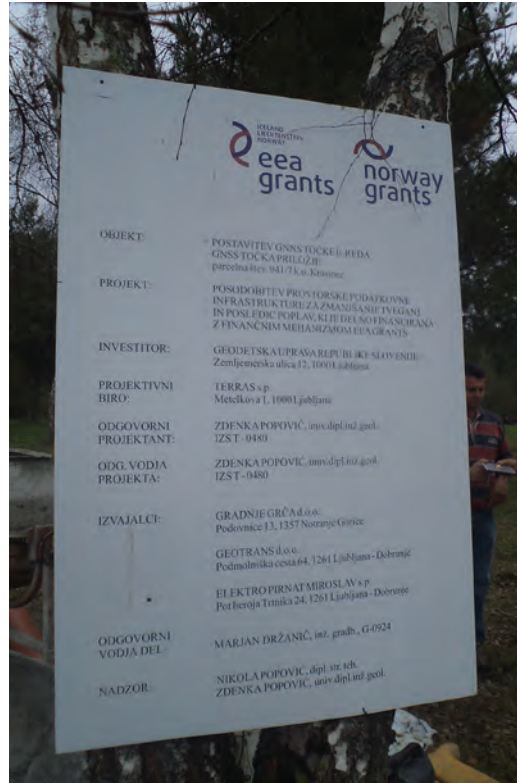
Iz geološkega stališča podlaga na tej lokaciji ni ravno optimalna, saj so tla iz gline s tanjšimi horizonti proda in peska (Vrabec, 2013). Zato so na tej točki mikropiloti vrtani in stabilizirani do globine 24 metrov, in sicer v naklonu 3 : 1. Temelj antenskega stebra in primarne točke je AB-plošča premera 2 metra in debeline 0,7 metra. Vpetje plošče je izvedeno na treh armiranih mikropilotih DN30, ki so betonirani z ustrezno kakovostnim betonom. Na temelju so postavljeni štirje AB-stebrički za postavitev glavne točke in treh reperjev. Antenski steber je ovalne oblike, visok 2 metra, debel 0,4 metra in širok 1,2 metra. Na njem bosta nameščeni dve GNSS-anteni. Zraven temelja je tudi vrtina za spremljanje višine podtalnice. Zavarovalne točke mreže so tri, in sicer so razporejene na razdalji od 30 do 50 metrov ter

stabilizirane z vertikalnimi AB-piloti DN30, globokimi 6 metrov. Na vseh točkah je izvedena drenaža za odtekanje podtalne vode.

Okoli glavne točke in antenskega stebra je postavljena panelna ograja v osmerokotniku z dvojnimi dvokrilnimi vrati, kar omogoča enostavno odstranitev za potrebe geodetskih meritev z zunanje mreže. Na sliki 3 je prikazanih nekaj utrinkov z gradnje točke v Prilozju.



Vrtanje pilotov za točko



Gradbiščna tabla z oznako donatorja



Armiranje AB-temelja



Temeljna ploščča točke



Točka zavarovalne mreže



Antenski steber



Končni videz točke

Slika 3: Utrinki z gradnje točke Prilozje (foto: Klemen Medved in Nikola Popovič).

Lokacija točke Kog je v naselju Jastrebeci, blizu Ormoža. Na isti parceli je seizmološka opazovalnica, ki je v lasti agencije ARSO (Agencija Republike Slovenije za okolje).

Zaradi »boljše« geološke sestave tal so na tej točki mikropiloti vrtani in stabilizirani v globino 5,5 metra in se končajo v glinovcu. Tudi tu je temelj antenskega stebra in primarne točke AB-plošča s premerom 2 metra in debelino 0,4 metra. Vpetje plošče je prav tako izvedeno na treh armiranih mikropilotih DN30. Antenski steber je visok 2 metra, vendar pravokotne oblike, saj bo na njem nameščena samo ena GNSS-antena. Zavarovalne točke mreže so tri, stojijo na razdalji od 30 do 50 metrov, stabilizirane so z vertikalnimi AB-piloti DN30 in globoke 5 metrov. Na zavarovalnih točkah je izvedena tudi drenaža za odtekanje podtalne vode. Na sliki 4 je prikazanih nekaj utrinkov z gradnje točke Kog.



Seizmološka opazovalnica, v ozadju vrtanje pilotov



Armiranje antenskega stebra



AB-temelj točke



Končni videz točke

Slika 4: Utrinki z gradnje točke Kog (foto: Klemen Medved in Nikola Popovič).

6 SKLEP

V prihodnjem letu (2015) bodo stabilizirane še preostale nove točke mreže 0. reda, in sicer:

- AREH, točka pri cerkvi sv. Areha na Pohorju, kjer je tudi absolutna gravimetrična točka AGT400, blizu (~ 2 km) je tudi Žigartov vrh (obstoječa trigonometrična točka 1. reda št. 215),
- KORADA, točka na Koradi, v neposredni bližini trigonometrične točke 1. reda št. 518,
- ŠENTVID, točka v Šentvidu pri Stični, ki bo osrednja točka mreže 0. reda.

Dotatno bo v mrežo vključena že obstoječa točka Koper, in sicer je to mareografska postaja, na kateri je že stalna GNSS-postaja državnega omrežja SIGNAL z oznako KOPE.

Po izgradnji bo na vseh točkah nameščena ustrežna oprema, ki je bila oziroma še bo nabavljena v okviru projekta. Sledi povezava, izmera in vključitev točk kombinirane geodetske mreže v najvišje redove geodetskih mrež v Sloveniji.

Postavitev opisanih točk je »fizični« mejnik pri vzpostavljanju povsem novega reda državnih geodetskih točk, ki bodo v prihodnje hrbtnica državnega geodetskega referenčnega sistema.

Zahvala

Najprej iskrena zahvala občini Metlika in Aeroklubu Bela krajina ter Agenciji Republike Slovenije za okolje, ki so privolili v postavitev točk 0. reda na lokacijah Prilozje in Kog. Hvala tudi vsem sodelavcem z Geodetske uprave RS, Geodetskega inštituta Slovenije in Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, ki s svojim delom in znanjem sodelujejo pri izvedbi projekta.

Projekt *Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav*, s finančno podporo finančnega mehanizma EGP 2009-2014, izvajajo Geodetska uprava Republike Slovenije, ministrstvo za okolje in prostor ter partnerja norveška geodetska uprava in islandska geodetska uprava.

Viri:

- 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 in Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. CRP-projekt št. V2-1096.
- Logar, J. (2013). Gradbena zasnova stabilizacije točk kombinirane geodetske mreže 0. reda: Kog in Prilozje. Poročilo. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani.
- Popović, N., Popović, Z. (2014). Načrt gradbenih konstrukcij: Stabilizacija GNSS točke 0. reda. Terras, s. p. PZI.
- 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. (2014). Izdelava projektne dokumentacije za točke kombinirane mreže 0. reda. Elaborat. Geodetski inštitut Slovenije in Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Projekt 2433-13-0003.
- Vrabec, M. (2013). Geološka ocena potencialne lokacije GNSS točke 0. reda na letališču Prilozje: Preliminarno poročilo o litostratiografskih in hidroloških značilnostih lokacije. Ljubljana.