

UDK 520.563

Stručni rad

KAMPANJE MJERENJA APSOLUTNOG I RELATIVNOG UBRZANJA SILE TEŽE U "OSNOVNOJ GRAVIMETRIJSKOJ MREŽI BOSNE I HERCEGOVINE"

MEASUREMENT CAMPAIGN OF ABSOLUTE AND RELATIVE GRAVITY IN "BASIC GRAVIMETRIC NETWORK OF BOSNIA AND HERZEGOVINA"

Abaza, H.

SAŽETAK

Mjerenje apsolutnog ubrzanja sile Zemljine teže u Bosni i Hercegovini izvršeno je na četiri stanice, a u okviru projekta "Izgradnja kapaciteta za unapređenje zemljišne administracije i procedura u Bosni i Hercegovini". Mjerenje relativnog ubrzanja sile Zemljine teže također je završeno u Osnovnoj gravimetrijskoj mreži BiH na 60 tačaka, te je izvršeno povezivanje sa stanicama na kojim je mjereno apsolutno ubrzanje sile teže. Do sada urađen posao je odlična osnova za nastavak radova na regionalnom gravimetrijskom premjeru na putu ka konačnom cilju određivanja geoida za teritoriju BiH.

Ključne riječi: *apsolutna gravimetrija, relativna gravimetrija, osnovna gravimetrijska mreža*

ABSTRACT

Absolute gravity measurements in Bosnia and Herzegovina were carried out at four stations within the project "Capacity building for improving land administration and procedures in Bosnia and Herzegovina" - CILAP. Relative gravity measurements were also completed in the primary gravimetric network of Bosnia and Herzegovina at 60 points, followed by connecting points with absolute gravity data. So far, completed work is an excellent basis for continuing on regional gravity measurements and determining the geoid for the territory of Bosnia and Herzegovina.

Keywords: *absolute gravity, relative gravity, primary gravimetric network*

1. UVOD

Projekat "Izgradnja kapaciteta za poboljšanje zemljišne administracije i procedura u Bosni i Hercegovini" (CILAP - Capacity Building for Improvement of Land Administration and Procedures in Bosnia and Herzegovina) je organizovan kao partnerska saradnja između Geodetskih uprava u BiH i Lantmäteriet-a (Državna uprava za kartografiju, katastar i upis prava Švedske) sa ciljem da izgradi kapacitete, te prenese znanje s opštim ciljem da poveća efektivnost i pouzdanost procesa zemljišne administracije u BiH. Projekat uključuje jačanje i razvoj institucija i poslovnih procesa zemljišne administracije, ljudskih resursa, obrazovanje i obuku u korištenju modernih tehnologija premjera, razvoj pravnog okvira, sistema za procjenu

vrijednosti nekretnina i zemljišta, informaciono tehnološki razvoj (IT) i sistem digitalnog arhiva. CILAP projekat svoj plan realizuje kroz osam komponenti:

1. Jačanje organizacije zemljišne administracije,
2. Program razvoja ljudskih resursa,
3. Razvoj pravne regulative,
4. Razvoj geodetske infrastrukture,
5. Unapređenje poslovnih procesa zemljišne administracije,
6. Podrška uspostavljanju informaciono komunikacione tehnologije (IKT) u zemljišnoj administraciji,
7. Uspostavljanje digitalnog arhiva i integracija u poslovne procese, i
8. Upravljanje projektima.

Aktivnosti u okviru Komponente 4. Razvoj geodetske infrastrukture uključuje: podršku za definisanje, uspostavljanje i održavanje pouzdanih geodetskih i gravimetrijskih referentnih mreža, visoko-preciznog nivelmana, unapređenje referentnih sistema i vezu sa evropskim geodetskim referentnim sistemom ETRS89, kao i određivanje geoida za cijelu teritoriju BiH.

U skladu s ciljevima CILAP projekta, u Bosni i Hercegovini je uspješno završena Kampanja mjerenja apsolutnog i relativnog ubrzanja sile teže u "Osnovnoj gravimetrijskoj mreži Bosne i Hercegovine".

2. MJERENJE APSOLUTNOG UBRZANJA SILE TEŽE U BOSNI I HERCEGOVINI

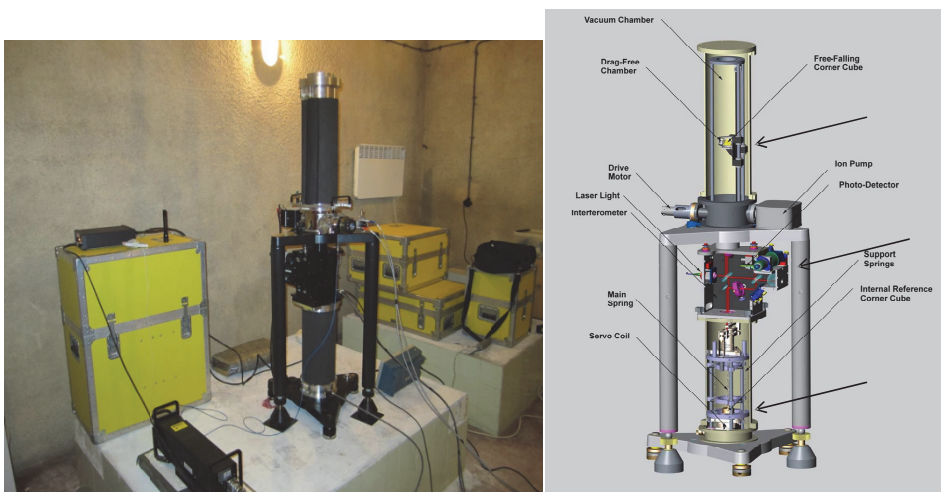
Između 29. septembra i 21. oktobra 2013. godine, Lantmäteriet je uz pomoć Federalne Uprave za geodetske i imovinsko pravne poslove BiH i Geodetske uprave Republike Srpske, uspješno sproveo kampanju mjerenja apsolutnog ubrzanja sile Zemljine teže u Bosni i Hercegovini. Kampanja je provedena na četiri stanice (slika 1) u Manastiru Gomionica u blizini Banja Luke, Manastiru Tavana u blizini Bijeljine, zgradi Centra za seizmologiju na Grdonju u Sarajevu i zgradi meteorološke stanice u Mostaru. Kampanja je izvršena kao dio projekta "Izgradnja kapaciteta za unapređenje zemljišne administracije i procedura u Bosni i Hercegovini" (eng. "Capacity Building for Improvement of Land Administration and Procedures in Bosnia and Herzegovina – CILAP).

Mjerenja apsolutnog iznosa ubrzanja sile Zemljine teže urađena su korištenjem švedskog apsolutnog gravimetra FG5. To je balistički apsolutni gravimetar koji je proizveo Micro-g Lacoste Inc (slika 2). To je trenutno najprecizniji apsolutni gravimetar, koji može odrediti vrijednost ubrzanja sile teže sa standardnom devijacijom od oko 2 μ Gal.

Balistički gravimetar mjeri ubrzanje sile teže opažanjem položaja i vremena objekta koji slobodno pada u vakuumu. Da bi se izračunala vrijednost sile teže s visokom tačnošću pomoću opažanja, neophodno je odrediti vertikalni gradijent ubrzanja sile teže. Gradijent je također potrebno poznavati radi reduciranja vrijednosti ubrzanja sile teže s visine od 1,2 m na oznaku na podu (0,0 m). Zbog toga je tokom kampanje, također opažan vertikalni gradijent ubrzanja sile teže. To je učinjeno određivanjem ubrzanja sile teže na dvije različite visine pomoću švedskog instrumenta za relativnu gravimetriju tipa Scintrex CG-5.



Slika 1: Lokacije četiri stanice za mjerenje apsolutne gravitacije: Sarajevo, Mostar, Banja Luka i Bijeljina.



Slika 2: Apsolutni gravimetar FG5 (lijevo) i šematski dijagram FG5 (desno)

Obrada mjerenja apsolutnog ubrzanja sile teže je urađena u „g Absolute Gravity Processing“ softveru verziji 9. Ovaj softver je standardni program koji se obično koristi zajedno sa FG5 instrumentima. Pri obradi podataka primijenjeno je precizno računanje korekcija za sljedeće

pojave: plimne valove čvrste Zemljine kore, okeanske plimne valove, kretanje Zemljinih polova te atmosferski pritisak. Svi koji rade ovu vrstu obrade podataka mjerenja uglavnom koriste ovaj softver.

Cjelokupni izvještaji kampanje mjerenja apsolutne sile teže nalaze se u Federalnoj upravi za geodetske i imovinsko pravne poslove FBiH. Izvještaj sadrži detaljne opise opažanih stanica, postupaka opažanja, obrade podataka, te su opisani rezultati konačnih vrijednosti koje su vrlo dobre. Sve slučajne pogreške mjerenja (šumovi) su niske, razlika između sesija mjerenja je mala (ispod $\approx 1 \mu \text{Gal}$), južna postavka je niža nego sjeverna na tri od četiri lokacije, što je uobičajena karakteristika kampanja provedenih ovim instrumentom.

3. MJERENJE RELATIVNOG UBRZANJA SILE TEŽE U OSNOVNOJ GRAVIMETRIJSKOJ MREŽI BOSNE HERCEGOVINE

Mjerenje relativnog ubrzanja sile teže u Osnovnoj gravimetrijskoj mreži BiH, u skladu sa potpisanim Memorandumom o saradnji na poslovima iz oblasti geodezije i katastra između Republičkog geodetskog zavoda Srbije i Republičke uprave za geodetske i imovinsko-pravne poslove Republike Srpske, izveo je Republički geodetski zavod iz Beograda (RGZ) u saradnji sa predstavnicima Federalne uprave za geodetske i imovinsko pravne poslove, Republičke uprave za geodetske i imovinsko-pravne poslove Republike Srpske i CILAP projekta, u periodu od 1. septembra do 24. oktobra 2014. godine. Postupak je proveden u skladu s projektom "Osnovne gravimetrijske mreže BiH" koji je uradio prof.dr. Miroslav Starčević, dipl.inž.geofizike iz Beograda.

Vrijednost ubrzanja sile teže u Osnovnoj gravimetrijskoj mreži BiH mjerena je pomoću relativnog gravimetra SCINTREX CG-5 (slika 3).



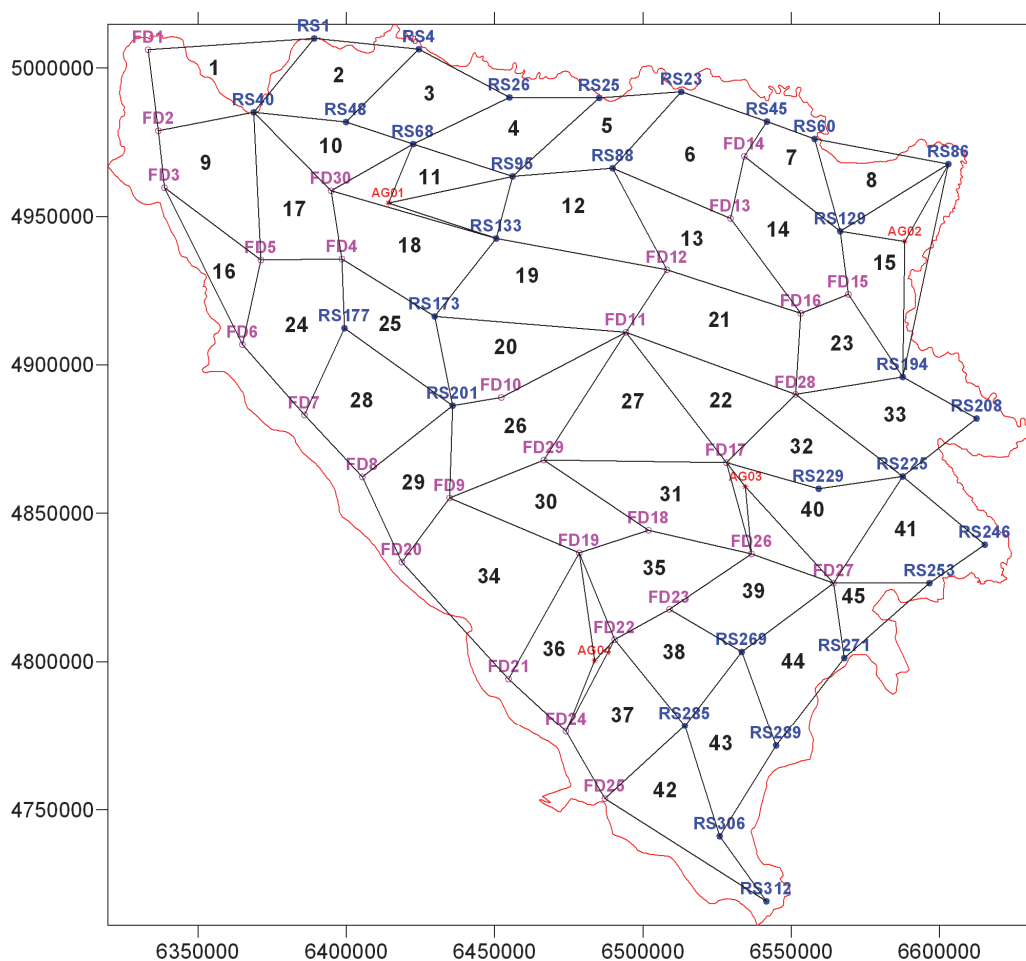
Slika 3: Relativni gravimetar SCINTREX CG5.

Mjerenja su izvedena na 60 tačaka (trideset u FBiH a trideset u RS). Raspored opažanih stanica pokazuje slika 4.



Slika 4: Dispozicija tačaka Osnovne gravimetrijske mreže Bosne i Hercegovine. U ružičastoj boji su prikazane stanice u Federaciji BiH, plavoj boji stanice u RS, dok crvene zvjezdice predstavljaju stanice apsolutne gravimetrije.

Dizajn Osnovne gravimetrijske mreže definisan je saglasno veličini teritorije koju država pokriva i dat je isključivo u obliku zatvorenih poligona (trougao, četverougao, petougao). U konkretnom slučaju, mreža je definisana sa 45 zatvorenih poligona u obliku trougla (5 poligona), četverougla (34 poligona) i petougla (6 poligona). Na slici 5 prikazan je položaj poligona Osnovne gravimetrijske mreže sa oznakom broja poligona.



Slika 5: Poligoni Osnovne gravimetrijske mreže Bosne i Hercegovine

Mjerenja su izvedena tako što je svaka strana poligona mjerena po dva puta i to uvijek u drugom smjeru i ne u istom danu. Mjerenja u poligonima izvođena su uglavnom u dvije sesije, kako je to prikazano na slici 6.

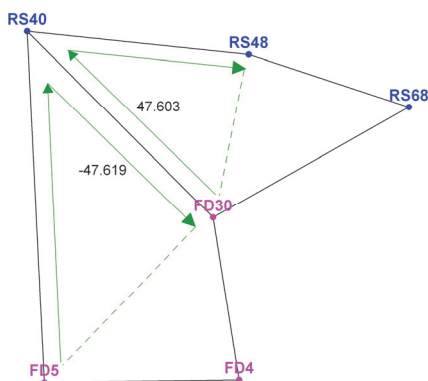
Izvršena su gravimetrijska mjerenja na povezivanju Osnovne gravimetrijske mreže BiH sa tačkama sa apsolutnim ubrzanjem tako što je svaka apsolutna tačka povezana sa tri najbliže tačke Osnovne gravimetrijske mreže (ukupan broj raspona iznosi 12) i gravimetrijska mjerenja na bazi za kalibraciju gravimetra, između apsolutnih tačaka AG02 -Bijeljina i AG03-Sarajevo. Izvršeno je preliminarno i definitivno Izravnvanje Osnovne gravimetrijske mreže, primjenom metode najmanjih kvadrata. Preliminarno izravnvanje mreže izvršeno je po modelu slobodnog izravnvanja sa sljedećim osnovnim karakteristikama:

- Mjerene veličine predstavljaju sve izmjerene razlike ubrzanja sile teže između tačaka mreže;
- Nepoznate veličine predstavljaju apsolutna ubrzanja sile teže na svim tačkama mreže uključujući i tri tačke na kojima su izvršena apsolutna gravimetrijska određivanja.

Standardna greška slobodnog izravnjanja je $Mo = 0.00885 \text{ mgal}^{80}$. Ova vrijednost je izvanredno mala, čak je manja od dozvoljene greške za jednu stranu poligona koja iznosi 0.015 mgal .

Poslije potvrde da je slobodno izravnjanje veoma dobro, urađeno je fiksno izravnjanje oslonjeno na 4 apsolutne tačke. Karakteristike ovog izravnjanja su:

- mjerene veličine su sve razlike ubrzanja u Osnovnoj gravimetrijskoj mreži;
- nepoznate veličine su apsolutna ubrzanja u svim tačkama Osnovne gravimetrijske mreže, ali bez 4 apsolutne tačke;
- datumski efekat je otklonjen po uslovu da su apsolutne tačke fiksne u procesu izravnjanja.



Slika 6. Mjerenje u poligonima u dvije sesije

Preliminarno i definitivno izravnjanje Osnovne gravimetrijske mreže je urađeno programom BETA autora Vanča Božinova, dipl.inž. geodezije iz RGZ-a.

Da bi se potvrdio vrlo dobar kvalitet gravimetrijskih mjerenja u Osnovnoj gravimetrijskoj mreži, sračunate su razlike apsolutnih izravnatih ubrzanja između slobodnog izravnjanja i definitivnog izravnjanja sa fiksnim rješenjem.

Razlike apsolutnih ubrzanja dobivenih na dva načina izravnjanja su vrlo male. Razlike manje od 0.010 mgal registrovane su na 58 tačaka od ukupno 63, što je 92.1% . Samo na jednoj tački (FD24) razlika iznosi 0.013 mgal , dok je na tački AG04 razlika 0.019 mgal .

Standardna greška apsolutnih ubrzanja ima vrijednost od 0.008 do 0.016 mgal . Srednja vrijednost iznosi 0.011 mgal a standardna devijacija 0.002 mgal .

⁸⁰ Jedinice za ubrzanje sile teže u Internacionalnom sistemu jedinica (SI) je m/s^2 , a za komponente gradijenta ubrzanja sile teže $1/\text{s}^2$. U praksi se za iskazivanje odstupanja stvarnog polja teže sile teže od modela odnosno nesigurnosti mjerenja, koriste manje jedinice: $\mu\text{m/s}^2$ i nm/s^2 . Pored službenih SI jedinica, u geodeziji i geofizici su se zadržale stare jedinice: mgal i μgal , iako su u nekim državama ove jedinice zabranjene za upotrebu (Topoljak i Omičević, 2011).

4. ZAKLJUČAK

Projekat "Izgradnja kapaciteta za poboljšanje zemljišne administracije i procedura u Bosni i Hercegovini"- CILAP organizovan je kao partnerska saradnja između Geodetskih uprava u BiH i Lantmäteriet -a sa ciljem da izgradi kapacitete, te prenese znanje s opštim ciljem da poveća efektivnost i pouzdanost procesa zemljišne administracije u BiH.

U skladu s ciljevima projekta urađena su apsolutna i relativna mjerenja ubrzanja sile Zemljine teže. Mjerenja su obrađena i pokazala zadovoljavajuću tačnost.

Cjelokupni izvještaj kampanje mjerenja relativnog ubrzanja sile teže Osnovne gravimetrijske mreže Bosne i Hercegovine, nalazi se u Federalnoj upravi za geodetske i imovinsko pravne poslove.

FGU će nastaviti radove na realizacije gravimetrijskih referentnih sistema za potrebe geodezije odnosno određivanje fizički definisanih sistema visina i određivanje geoida.

Sljedeći planirani korak koji se odnosi na gravimetrijska mjerenja, jeste realizacija detaljnog gravimetrijskog premjera u tačkama na rastojanju od 3 do 5 km. Na prostoru teritorije cijele Bosne i Hercegovine, s obzirom na njenu površinu, predviđa se ukupan broj tačaka između 3000 i 3500.

LITERATURA

Engfeldt, A., Agren, J., Zimic, S. (2013): Izvještaj Kampanje mjerenja apsolutnog ubrzanja sile teže u Bosni i Hercegovini. No. BAL1-4-2. Lantmäteriet, Gavle.

Starčević, M. (2014): Finalni izvještaj Osnovne gravimetrijske mreže Republike Srpske i Federacije Bosne i Hercegovine. Republički geodetski zavod, Beograd.

Topoljak, J., Omičević, Dž. (2011): Apsolutna gravimetrija, Geodetski glasnik br. 40. str. 50-56.

Autor:

Hasumana Abaza, dipl.inž.geod.

Federalna uprava za geodetske i imovinsko pravne poslove FBiH

Marka Marulića 2, 71000 Sarajevo

Bosna i Hercegovina

E-mail: hasumana.abaza@fgu.com.ba