

TESTIRANJE BiHPOS VPSP i CROPOS VPPS SERVISA

Katarina Milec¹, Željko Bačić¹, Margareta Premužić², Danijel Šugar¹

¹ Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska (e mail: katarina.milec@gmail.com; zbacic@geof.hr; dsugar@geof.hr)

² Državna geodetska uprava, Hrvatska (e-mail: margareta.premuzic@dgu.hr)

Sažetak: Visokoprecizni servisi pozicioniranja permanentnih GNSS mreža u realnom vremenu predstavljaju najkorišteniji alat koji geodetski stručnjaci koriste prilikom bilo koje vrste geodetske izmjere odnosno mjerenja za potrebe katastra. CROPOS kao hrvatska nacionalna mreža permanentnih GNSS stanica na međusobnom razmaku od 70 km daje deklariranu točnost VPPS-a od 2 cm položajno i 4 cm vertikalno. Ta se točnost ostvaruje pod određenim uvjetima koje su propisali isporučitelji mjerne opreme. Međutim, postavlja se pitanje što se događa u slučaju kada neka od permanentnih stanica nije u funkciji te se mrežno rješenje korekcija generira iz opažanja tzv. nestandardne konfiguracije mreže. Slično se događa u mrežama koje nisu idealnog oblika i ne pokrivaju kvalitetno određena rubna područja, kao što je slučaj npr. s CROPOS mrežom na rubnim područjima istočne Slavonije, Međimurja, Pounja i srednjodalmatinskih otoka. Spoznaje koje je s tim u svezi objavila Državna geodetska uprava bile su poticaj za ispitivanje takvih situacija na području hrvatskog Pounja tijekom svibnja 2015. godine. Kako je netom prije testiranja uspostavljena razmjena podataka referentnih stanica između Državne geodetske uprave Republike Hrvatske te Uprave za imovinsko-pravne i geodetsko-katastarske poslove Republike Srpske i Uprave za imovinsko-pravne i geodetsko-katastarske poslove Federacije Bosne i Hercegovine to su, zbog činjenice da je oprema permanentnih mreža u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini od različitih dobavljača koji također koriste različite algoritme za generiranje mrežnog RTK rješenja, na lokaciji u Pounju ispitivane CROPOS i BiHPOS, preciznije, SROPOS mreže i oprema. Također, u Pounju su provedena opažanja primjenom VPPS CROPOS-a pri standardnoj i nestandardnoj konfiguraciji mreže gdje je utvrđena degradacija točnosti s porastom udaljenosti od aktivnih permanentnih stanica mreže. Točnost rezultata u takvim uvjetima ne zadovoljava deklariranu točnost servisa horizontalno, a još manje vertikalno.

Ključne riječi: CROPOS, SRPOS, VRS, MAC, mrežni RTK

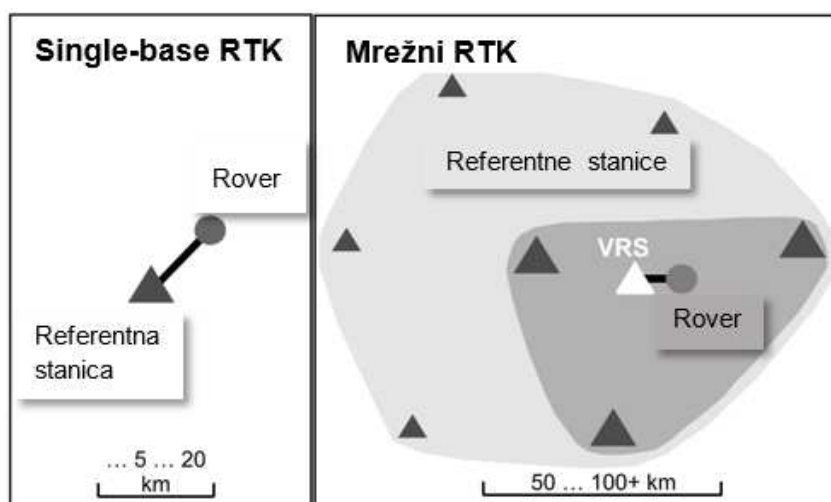
1. UVOD

Mreže permanentnih GNSS stanica omogućuju brzo i pouzdano određivanje koordinata točaka za potrebe geodetske izmjere, uspostave i održavanja katastra kao i druge primjene u inženjerskoj geodeziji, hidrografiji i aerofotogrametriji. U Republici Hrvatskoj takva se mreža naziva CROPOS (CROatian POSitioning System), uspostavljena je i puštena u rad dana 5. 12. 2008., a mrežom upravlja tijelo državne uprave nadležno za poslove državne izmjere i katastra nekretnina - Državna geodetska uprava (DGU). Kroz gotovo 8 godina postojanja, CROPOS je postao nezaobilazan alat kojeg koristi cjelokupna geodetska operativa u RH, a što se posebice ogleda kroz primjenu njegova najkorištenijeg visokopreciznog servisa pozicioniranja (VPPS). U CROPOS-u je implementiran koncept VRS-a (engl. *Virtual Reference Station*), no za modeliranje mrežnih korekcija postoji više koncepata. Tako je u permanentnoj mreži GNSS stanica na području susjedne Bosne i Hercegovine implementiran MAC - *Master-Auxilliary Concept*. Zbog svojih specifičnosti, tamošnja permanentna GNSS mreža BiHPOS sastoji se od dviju podmreža – FBiHPOS (kojom upravlja Federalna uprava za geodetske i imovinsko-pravne poslove Federacije BiH) i SRPOS (kojom upravlja Republička uprava za geodetske i imovinsko-pravne poslove Republike Srpske). Obje su podmreže dostupne korisnicima od dana 27. 9. 2011., a svaka se sastoji od 17 permanentnih GNSS stanica na međusobnoj udaljenosti 35-50 km, zasnovane su na istim hardverskim i softverskim rješenjima omogućujući potpunu kompatibilnost sustava kao i nastavnu razmjenu podataka. S ciljem bolje pokrivenosti nacionalnog teritorija pouzdanim računanjem mrežnih korekcija, a na temelju prethodno postignutih sporazuma, u CROPOS

su uključena opažanja permanentnih stanica iz FBiHPOS mreže (Mostar, Bosansko Grahovo, Sanski Most), ali i SRPOS mreže (Novi Grad i Bjeljina). Na ovaj način, u umreženom rješenju CROPOS-a uključeno je 33 permanentnih stanica u Republici Hrvatskoj, 6 iz slovenske SIGNAL mreže, 6 iz mađarske „GNNSnet.hu“, dvije iz crnogorske MontePOS te prije spomenute dvije stanice iz SRPOS-a te tri stanice iz FBiHPOS-a.

2. KONCEPTI MREŽNIH RTK RJEŠENJA

Kako bi se modelirale o udaljenosti ovisne pogreške GNSS opažanja (ionosferska i troposferska refrakcija, pogreške orbite satelita), razvijen je koncept mrežne kinematike u realnom vremenu (engl. *Networked RTK*). Klasična ili konvencionalna RTK metoda pozicioniranja temelji se opažanjima jednog referentnog GNSS prijammnika (bazni prijammnik) na stajalištu s poznatim koordinatama te drugoga, pokretnog (engl. *rover*) prijammnika. Bazni prijammnik računa diferencijalne korekcije koje se preko bežičnog komunikacijskog kanala (uobičajeno UHF radio) prenose pokretnom prijammniku koji na osnovi vlastitih opažanja GNSS satelita i dobivenih diferencijalnih korekcija računa koordinate stajališta u realnom vremenu. Uobičajeno je primjena takvog pristupa konvencionalne RTK metode ograničena na udaljenost do 20 km, nakon čega dolazi do problema zbog porasta o udaljenosti ovisnih pogrešaka, ali i problema s propagacijom radio signala za prijenos diferencijalne korekcije. Konvencionalni RTK naziva se i tzv. *single-base* jer postoji samo jedan bazni GNSS prijammnik, odnosno moguće je odrediti samo jednu baznu liniju između baznog i pokretnog GNSS uređaja. Takvo *single-base* RTK pozicioniranje centimetarske točnosti zahtijevalo bi vrlo gust raspored referentnih stanica, čemu se doskočilo razvojem koncepta mrežnih RTK rješenja. Modeliranje utjecaja o udaljenosti ovisnih pogrešaka primjenom mrežne GNSS infrastrukture i softvera omogućuje se postizanje centimetarske točnosti na većim udaljenostima rovera od referentne stanice - do 50 km. Modeliranje tih pogrešaka postiže se iz mreže referentnih stanica na međusobnim udaljenostima 70-100 km (Janssen 2009). Mjerenja visoke pouzdanosti moguća su na većoj udaljenosti od najbliže referentne stanice, čime je potrebno manje stanica na istom području te se postiže značajna ekonomičnost (slika 1).



Slika 1. Udaljenost referentnih stanica pri konvencionalnom (*single-base*) i mrežnom RTK (Wanninger 2006).

Razvoj informacijskih i komunikacijskih tehnologija (engl. *ICT*) omogućio je povezivanje mreže permanentnih GNSS stanica s kontrolnim centrom gdje se opažanja obrađuju, obavljaju se računanja i modeliranja kako bi se putem mobilnih komunikacijskih kanala korisnicima učinile dostupne diferencijalne korekcije, a na temelju njih omogućilo pozicioniranje u realnom vremenu s centimetarskom točnošću. Za svaku referentnu stanicu pouzdano se određuju ambiguiteti i eliminiraju njihove cjelobrojne vrijednosti. U tu svrhu, softver modelira izjednačenje na principu Kalman filtera i uzima u obzir a priori pogreške poput satova satelita, satova prijammnika (referentnih stanica), ionosferskog i troposferskog kašnjenja utvrđenog temeljem trenutnih reziduala mrežne obrade,

pogreške orbite na temelju IGS Ultra-Rapid orbita, korekciju višestruke refleksije nosača faze procijenjenu iz prethodnih mrežnih podataka i korekcije faznog centra antene iz kalibracije antena (Premužić 2009). Poznate koordinate referentne stanice visoke točnosti i poznati položaji satelita definiraju geometrijske udaljenosti između referentne stanice i satelita. Njihovom usporedbom s opažanim faznim pseudoudaljenostima, za svaku referentnu stanicu utvrđuju se diferencijalni reziduali pogrešaka uzrokovani ionosferskim i troposferskim kašnjenjem signala, te pogreškama orbita satelita. Modeliranje faznih opažanja referentnih stanica omogućuje eliminiranje spomenutih sistematskih, o udaljenosti ovisnih pogrešaka, na većim udaljenostima rovera od referentne stanice (do 50 km), omogućavajući određivanje visoko točne pozicije u realnom vremenu na čitavom području mreže odašiljanjem korekcija, uobičajeno putem mobilnog Interneta. Mreže permanentnih GNSS stanica ovisno o proizvođaču i verziji softvera koriste različite koncepte za generiranje mrežnog rješenja:

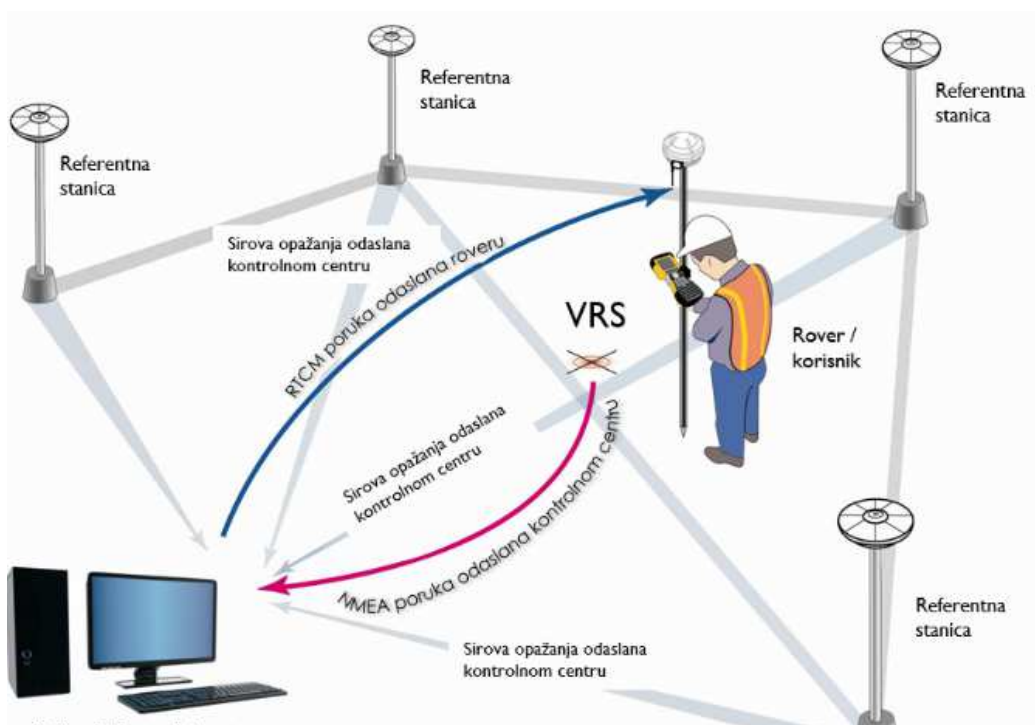
- FKP – njem. *Flächenkorrekturparameter*,
- VRS – engl. *Virtual Reference Station*,
- MAC – engl. *Master Auxiliary Concept*,

Svi ovi koncepti pretpostavljaju da će korisnik računati baznu liniju između referentne stanice i pokretnog prijammnika na osnovi dvostrukih razlika faznih opažanja. Dvostrukim diferenciranjem faza eliminiraju se pogreške vezane za satelite, odnosno prijammnike te stoga: referentne stanice i pokretni prijammnik ne smiju sadržavati pogreške ili referentne stanice i pokretni prijammnik moraju sadržavati jednake (ili slične) pogreške.

U sklopu FKP koncepta mrežnog rješenja, mrežni koeficijenti se računaju za svaki opažani satelit što uključuje ionosferske, troposferske kao i efekte orbite satelita na određenom području i za određene trenutke (npr. svakih 10 sekundi). Sirova opažanja referentnog GNSS prijammnika prenose se do rovera u RTCM 2.3 ili RTCM 3.1 (engl. *Radio Technical Commission for Maritime Services*) formatu zajedno s mrežnim koeficijentima za interpolaciju. Po primitku koeficijenata, rover obavlja interpolaciju poruka kako bi izračunao korekcije opažanja referentnog GNSS prijammnika ili konvertirao podatke u VRS korekcije u cilju dobivanja položaja. Kao i ostali koncepti mrežnog RTK rješenja, FKP koncept ima prednosti i mana. U nastavku će biti prikazani koncept VRS-a na kojem se temelji CROPOS, ali i MAC koji je implementiran u BiHPOS-u.

2.1 Virtual Reference Station

Ovaj je koncept razvijen je od tvrtke Trimble (Wanninger 1999). U mrežnom kontrolnom centru prikupljaju se opažanja udaljenosti od svih permanentnih referentnih stanica u mreži do satelita. Usporedbom faznih opažanja s poznatom udaljenošću između satelita i stanica koja je izračunata na temelju poznatih preciznih koordinata stanica i predviđenih (ultra-rapid) efemerida satelita određuju se ambiguiteti baznih linija pri čemu softver uzima u obzir model šuma pojedine referentne stanice. O udaljenosti ovisne pogreške ograničavaju potpuno određivanje ambiguiteta na udaljenost od najviše 50 do 100 km između referentnih stanica (Wanninger 1999). Nakon što su određeni ambiguiteti između referentnih stanica, mrežni softver na temelju linearnih kombinacija faznih opažanja modelira o udaljenosti ovisne korekcije za svaki satelit. Time je eliminiran linearni dio njihovog utjecaja, a preostali nelinearni utjecaj može se pratiti na temelju grafičkog prikaza predviđenih performansi rovera (Trimble 2013). Korisnik na terenu prilikom zahtjeva za neku od VPPS usluga u mrežni računalni centar odašilje NMEA (engl. *National Marine Electronics Association*) poruku o svojoj približnoj poziciji koja je određena apsolutnim pozicioniranjem na temelju kodnih GNSS opažanja (Wanninger 1999). Na približnom položaju korisnika mrežni server generira virtualnu referentnu stanicu te prijammniku odašilje podatke opažanja kao da dolaze s položaja VRS-a putem jednog od RTCM formata. Princip pozicioniranja u mreži zasnovanog na VRS konceptu prikazan je na slici 2.



Slika 2. Tijek poruka pri generiranju virtualne referentne stanice (URL 1); preuzeto iz Milec (2015).

Opažanja referentne stanice koja je najbliže roveru translahirana su na njegovu približnu poziciju, a utvrđene korekcije o udaljenosti ovisnih pogrešaka na položajima raspoloživih referentnih stanica (najmanje 3, a najviše 6 stanica) su interpolirane ili ekstrapolirane na položaj rovera (Trimble 2013). Na primljena opažanja virtualne referentne stanice prijemnik primjenjuje klasični algoritam (kao za *single-base*) za izračun vlastite pozicije. Za položaj virtualne referentne stanice pogreške zbog propagacije signala kroz ionosferu i troposferu su modelirane, a zbog vrlo kratke bazne linije između rovera i VRS-a vrijede i za rover (Wanninger 1999).

Prednosti VRS koncepta sastoje se u sljedećem:

- podržava RTCM 2.3 i RTCM 3.1 format (nije potrebna nadogradnja firmvera kod starijih prijemnika),
- pokretni prijemnik obrađuje podatke kao kod konvencionalnog RTK (nisu potrebna dodatna računanja),

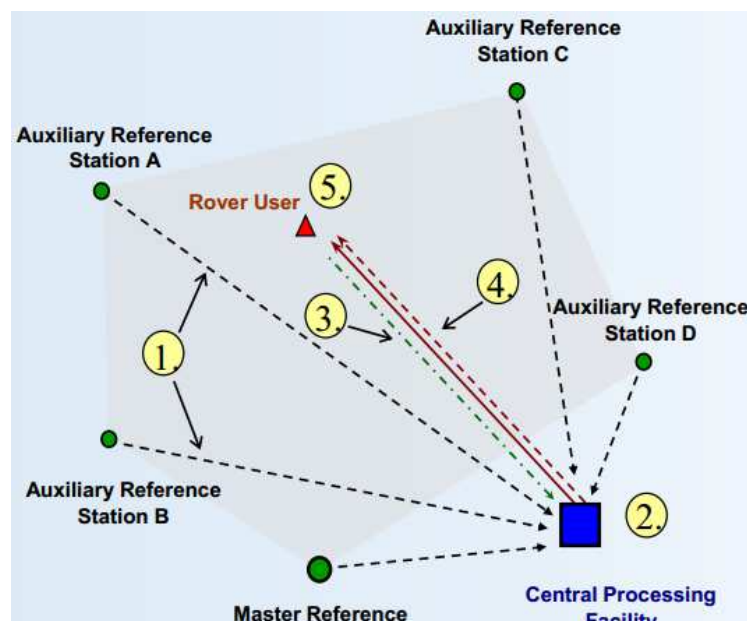
dok su nedostaci VRS koncepta:

- zahtijeva dvosmjernu komunikaciju između prijemnika i mrežnog servera što može ograničiti broj korisnika,
- visoki tehnički zahtjevi servera jer se na njima odvija većina računskih operacija,
- ako se previše udalji od početne pozicije, prijemnik se mora ponovno inicijalizirati,
- korisnik nema informaciju o kvaliteti VRS opažanja.

Softver rovera za obradu baznih linija ne prepoznaje da se radi o VRS opažanjima, a RTCM format ne omogućava odašiljanje informacije o kvaliteti VRS opažanja.

2.2. Master Auxiliary Concept

Master Auxiliary Concept razvijen je od strane tvrtki Leica Geosystems i Geo ++ s ciljem odašiljanja MAX korekcija (engl. *Master Auxiliary Corrections*) koje se odnose na sirova opažanja referentnih stanica. Rover modelira korekcije i ima informaciju kako su one primijenjene za izračun pozicije (Brown i dr. 2005). Iz praktičnih razloga, računanja u mreži kao i odašiljanje MAX korekcija u mreži temelje se na dijelovima mreže tj. na grozdovima (engl. *clusters*) i ćelijama (engl. *cells*). Mreža je definirana kao skup permanentnih stanica koje se kombiniraju za računanje mrežnih korekcija. Grozd je podmreža stanica koje se zajedno obrađuju kako bi se postigla zajednička razina ambiguiteta. Kod malih mreža cijela mreža može biti sadržana u jednom grozdu (što je vjerojatno i slučaj s FBiHPOS i SRPOS mrežama). Za velike mreže s velikim zahtjevima računanja, potrebno je više grozdova kako bi se računanja rasporedila na više serverskih računala. Pojedine stanice unutar mreže mogu biti sadržane u više grozdova omogućujući preklapanje grozdova. Svaki grozd u mreži može, ali ne mora biti na istoj razini ambiguiteta. Čelija se smatra skupom stanica iz grozda, a sastoji se od jedne glavne (engl. *master*) stanice i nekoliko pomoćnih (engl. *auxiliary*) stanica koje se koriste za računanje MAX korekcija koje se odašilju putem RTCM 3.x standarda. Stariji prijemnici podržavaju format RTCM 2.3, pa proizvođač ovog koncepta nudi i prijem VRS korekcija kao i individualiziranih MAX korekcija, tzv. i-MAX. MAC se temelji na principu da je mreža permanentnih referentnih stanica podijeljena na ćelije koje čini nekoliko stanica na istoj razini ambiguiteta. Stanice su na istoj razini ambiguiteta ako se pri tvorbi dvostrukih faznih razlika poništavaju cjelobrojni ambiguiteti. Prijemnik dobiva koordinate i sirova opažanja glavne (master) referentne stanice, te razlike koordinata pomoćnih stanica u odnosu na glavnu (Brown i dr. 2005). Da bi se smanjio obujam odaslanih sirovih podataka, prijemnik dobiva jednostruke razlike opažanja pomoćnih stanica u ćeliji u odnosu na glavnu (Brown i dr. 2006). Na temelju razlika opažanja pomoćnih stanica, kreiraju se razlike korekcija pomoćnih stanica. Zbog toga jer je na istoj razini ambiguiteta, prijemnik interpolira korekcije faznih razlika pomoćnih stanica na svoju približnu poziciju, te ih primjenjuje na opažanja glavne stanice da bi izračunao svoju točnu poziciju (Janssen 2009). Iz tog razloga, bilo koja referentna stanica u ćeliji može biti glavna. Kod dvosmjerne komunikacije mrežni softver ima informaciju o položaju prijemnika u mreži i odabire najbližu referentnu stanicu kao glavnu, da bi smanjio količinu podataka koje je potrebno odaslati roveru. Takva korekcija naziva se Auto – MAX (Brown i dr. 2006). Tijek podataka prilikom računanja korekcija detaljnije je objašnjen u Leica Geosystems (2005), a grafički je prikazan slici 3.



Slika 3. Princip Master Auxilliary Concept-a (Xiaolin 2013).

Prednosti MAC koncepta su (Janssen 2009):

- jednosmjerna komunikacija (ali moguća je i dvosmjerna),

- brže primanje podataka,
- manji tehnički zahtjevi servera,
- moguće fleksibilnije kinematičke primjene jer unutar ćelije ne dolazi do ponovne inicijalizacije prijemnika.

Nedostaci MAC su koncepta:

- distribuira MAX u RTCM 3.1 formatu koji stariji prijemnici ne podržavaju,
- nudi samo o udaljenosti ovisne pogreške za određeni trenutak,
- prenosi samo razlike opažanja.

Točnost servisa pozicioniranja u realnom vremenu na temelju VRS koncepta iznosi do 2 cm u horizontalnom, te 4 cm u vertikalnom smislu. MAX korekcije garantiraju točnost od 1 do 2 cm u horizontalnom i vertikalnom smislu. Da bi se proširila spoznaja o primjeni VRS i MAC koncepta, u sklopu ovoga rada provedena su simultana mjerenja primjenom VRS i MAX mrežnih korekcija. Za potrebe mjerenja, Republička uprava za geodetske i imovinsko pravne poslove Republike Srpske ustupila je dva korisnička imena za pristup svojim servisima.

3. SERVISI PERMANENTNIH GNSS MREŽA

S obzirom na činjenicu da su u ovome radu provedena ispitivanja dviju permanentnih GNSS mreža, odnosno njihovih servisa, u nastavku se daje osnovni prikaz servisa CROPOS, odnosno SRPOS mreža.

3.1. Servisi CROPOS-a

CROPOS, ovisno o razini točnosti, dostupnosti, metodi pozicioniranja, načinu prijenosa podataka i njihovu formatu nudi tri servisa: DSP, VPPS i GPPS. Diferencijalni pozicijski servis (DSP) nudi umreženo rješenje kodnih mjerenja kao i rješenje kodnih mjerenja koristeći samo jednu referentnu stanicu s deklariranom točnošću od 0.3 do 0.5 m. Kao takav, ovaj servis nalazi primjenu u geoinformacijskim sustavima, navigaciji, upravljanju prometom, zaštiti okoliša, u poljoprivredi i šumarstvu. Visokoprecizni pozicijski servis (VPPS) na temelju umreženog rješenja faznih mjerenja omogućava točnost pozicioniranja u realnom vremenu na području Republike Hrvatske s točnosti 2 cm u horizontalnom i 4 cm u vertikalnom smislu. Osim umreženog rješenja, korisnicima VPPS-a je na raspolaganju i rješenje jedne referentne stanice na temelju njezinih faznih opažanja (single-base). Zbog svoje deklarirane točnosti VPPS CROPOS-a primjenjuje se za geodetsku izmjeru, katastar, inženjersku geodeziju, izmjeru državne granice, aerofotogrametriju i hidrografiju. Navedeni servisi (DSP i VPPS) koriste se u realnom vremenu dok se Geodetski precizni pozicijski servis (GPPS) koristi u naknadnoj obradi opažanja te postiže sub-centimetarsku točnost. Zbog toga se koristi za određivanje koordinata točaka geodetske osnove, definiranje referentnih sustava te za znanstvena i geodinamička istraživanja. Preuzimanje podataka opažanja CORS (engl. *Continuously Operating Reference Station*) ili generiranje podataka VRS-a provodi se putem web-portala. Detaljne informacije o navedenim servisima, metodama rješenja, formatima podataka kao i dostupnim uslugama mogu se pronaći na web stranicama CROPOS-a (URL 2, URL 6).

3.2 Servisi SRPOS-a

Mreža je realizirana u sklopu Projekta "BiHPOS" Evropske komisije u BiH - u okviru koga su za područje BiH implementirane dvije mreže permanentnih GNSS stanica: SRPOS i FBiHPOS. Svaka mreža sastoji se od 17 GNSS stanica, a međusobno razmjenjuje podatke za po 8 stanica čime je osigurana adekvatna geometrija obje mreže. Korisnicima SRPOS-a na raspolaganju su diferencijalni

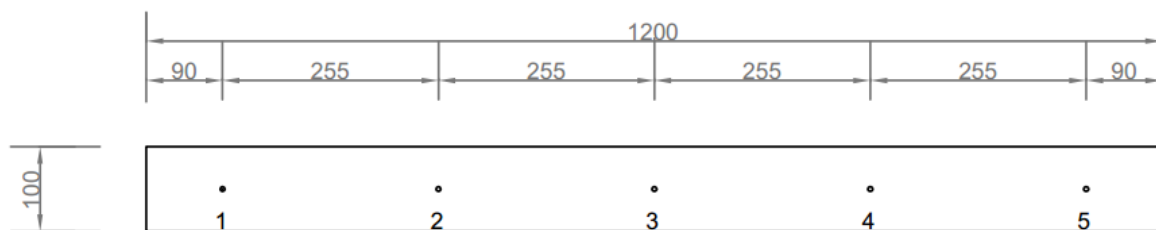
servis pozicioniranja u realnom vremenu (DSP tj. DGNSS) s točnošću od 1 do 3 metra, visokoprecizni servis pozicioniranja (VPSP tj. PDGNSS) u realnom vremenu s točnošću od 1 do 2 cm (3D), te geodetski precizni servis pozicioniranja (GPSP) u bliskom realnom vremenu i naknadnoj obradi sa sub-centimetarskom točnošću (URL 3). Deklarirana točnost SRPOS-a u pogledu određivanja visinske komponente je viša u odnosu na CROPOS i koncept VRS-a. Koordinate permanentnih GNSS stanica BiHPOS mreže (SRPOS i FBiHPOS) tj. koordinate 34 referentne točke izračunao je *Institut géographique national* (IGN France) na osnovi 16-dnevnih opažanja. Koordinate su izračunane u referentnom okviru ITRF2008 / IGS08 nakon čega su transformirane u okvir ETRF2000 i okvir ITRF2005, epoha 2005.0. EUREF tehnička radna grupa preporučila je da se ETRF2000 koristi kao konvencionalni okvir za ETRS89 sustav. Odlučeno je da se kao konačne koordinate SRPOS i FBiHPOS mreža usvoje koordinate određene u okviru ETRF2000 $e = 2011.307$. Detaljne informacije o servisima, metodama rješenja i formatima podataka mogu se pronaći na web stranicama pozicijskog sustava (URL 4, URL 5). Dodatno, sustav nudi automatsku obradu podataka u naknadnoj obradi. Korisnik spomenutog servisa šalje kontrolnom centru podatke koje želi obraditi, a servis vraća obrađene podatke s izjednačenim koordinatama i izvješćem (Mišković 2011).

4. ISPITIVANJE PERFORMANSI CROPOS-a i SRPOS-a

Na osnovi saznanja o konfiguraciji mreža permanentnih stanica CROPOS-a i SRPOS-a, koncepta na kojima se mreže temelje i ostvarivim točnostima odgovarajućih servisa (VPPS i VPSP) pozicioniranja u realnom vremenu, odabrano je test područje na rubnom dijelu CROPOS-a, odnosno SRPOS-a tj. odabrano je područje u hrvatskom Pounju. U cilju ispitivanja performansi dvaju sustava potrebno je bilo provesti simultana GNSS opažanja s više uređaja koji su u mogućnosti primati korekcije obiju mreža. Odabrana je lokacija u Hrvatskoj Dubici jer, pod uvjetom da se iz rada SRPOS-a isključi permanentna stanica Kozarska Dubica (KOZD), tada prostorni odnosi permanentnih stanica CROPOS-a i SRPOS-a na predmetnom području postaju slični. Na taj način bi se iz dobivenih rezultata opažanja isključio utjecaj razlika konfiguracija mreža. U suradnji s Republičkom upravom za geodetske i imovinsko-pravne odnose Republike Srpske dogovoreno je ustupanje dvaju korisničkih imena za pristup VSPS SRPOS-a. Nadalje, bilo je planirano da se tijekom opažanja iz rada isključi stanica u Kozarskoj Dubici, no nažalost, to se nije dogodilo. Terenska opažanja provedena su simultanim korištenjem pet GNSS uređaja, pri čemu se tri uređaja spajalo na CROPOS usluge, a druga dva uređaja na SRPOS usluge.

4.1 Korišteni GNSS instrumentarij i oprema

Za potrebe provedbe ispitivanja prikazanih u ovome radu od Državne geodetske uprave posuđena su dva GNSS prijavnika Trimble R8, zahvaljujući susretljivosti tvrtke Geodezija Šibenik d.o.o. posuđena su dva uređaja proizvođača Leica (ATX 1230 GG i GS08+) te konačno tvrtka BR Geodezija j.d.o.o. iz Varaždina ustupila je GNSS uređaj Stonex S10. Da bi bilo moguće provesti simultana opažanja te nastavno rezultate zbog potrebe njihove usporedbe reducirati na istu točku, izrađena je aluminijska šipka dimenzija 120 x 10 cm, debljine 1 cm. Na unaprijed definiranim položajima na aluminijskoj šipki izbušene su rupe te izrađeni centralni vijci od aluminijske kako bi se antene GNSS uređaja mogle pričvrstiti. Nadalje, potrebno je bilo izraditi i poseban centralni vijak kojim bi se šipka zajedno s GNSS uređajima pričvrstila za podnožnu ploču prethodno postavljenu na geodetski stativ. Podnožna ploča se pomoću ugrađenog i prethodno ispitanog optičkog viska horizontirala i centrirala iznad centra geodetske točke stabilizirane na fizičkoj površini Zemlje. Dimenzije aluminijske šipke zajedno s relativnim odnosima rupa te njihovom numeracijom prikazani su na slici 4.



Slika 4. Aluminijska šipka s numeriranim rupama i dimenzijama u mm (Milec 2015).

Kako bi mjerenja bila reducirana na centar stabilizacije točke, provodila su se kosa mjerenja visine do donjeg ruba šipke. Osim za potrebe redukcije po visini, podjednakost kosih očitavanja mjerenja duljina bila su potvrda ispravnosti horizontiranja šipke. Da bi položajne koordinate bile svedena na jednu točku tj. centar stabilizacije točke, na pozicijama 1 i 5 na aluminijskoj šipki provedena su statička opažanja pomoću uređaja Trimble R8. Na temelju rezultata obrade izjednačenja statičkih opažanja dobivene su elipsoidne koordinate točaka (elipsoid GRS80), a zatim su pomoću aplikacije T7D izračunane koordinate (E, N) u sustavu HTRS96/TM. Prikaz GNSS uređaja na aluminijskoj šipki tijekom

opažanja dan je na slici 5.



Slika 5. GNSS uređaji na aluminijskoj šipki tijekom opažanja (Milec 2015).

Iz položajnih koordinata točaka na pozicijama 1 i 5 izračunan je smjerni kut, a na osnovi njegove vrijednosti i poznate udaljenosti između točaka, sve su koordinate translaticirane (svedene) na centralnu točku što je omogućilo usporedbu rezultata.

4.2 Organizacija i izvođenje mjerenja

Vremena opažanja, korištene korekcije kao i upotrijebljeni GNSS uređaji tijekom opažanja u Hrvatskoj Dubici dana 9. 5. 2015. navedeni su u tablici 1.

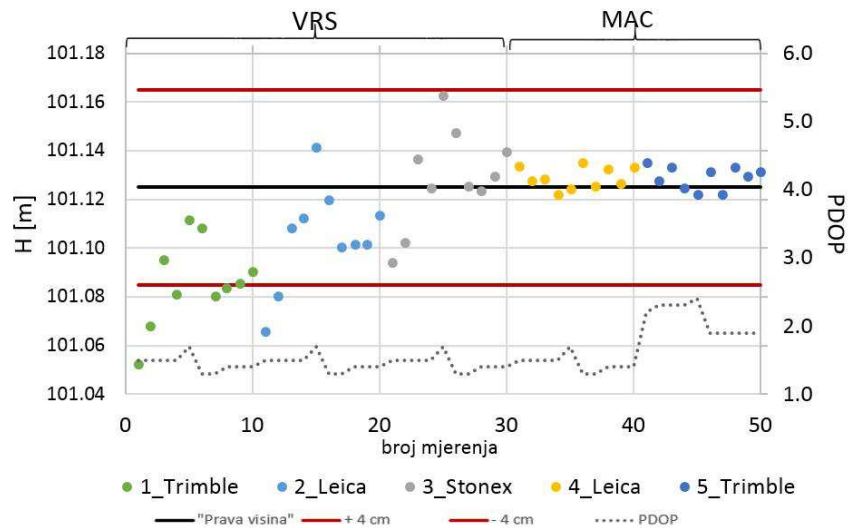
Tablica 1. Opažanja tijekom testiranja CROPOS-a i SRPOS-a u Hrvatskoj Dubici 9. 5.

09.5.2015.	Mjerna kampanja - Pounje			
Lokacija	Trajanje sesije	Metoda (RTK ili statika)	GNSS prijemnici	Napomena
Hrvatska Dubica	13:22-13:37 5 mjerenja	CROPOS_VRS_RTCM31	Trimble Leica Stonex	Najbliža referentna stanica je Novska (22 km).
		MAX-AUTO	Leica Trimble	Najbliža referentna stanica Kozarska Dubica (1 km).
	13:44-14:44	Statičko opažanje	dva Trimble	
	15:28-15:45 5 mjerenja	CROPOS_VRS_RTCM31	Trimble Leica Stonex	Najbliža referentna stanica je Novska (22 km).
		MAX-AUTO	Leica Trimble	Najbliža referentna stanica je Kozarska Dubica (1 km).

Sa svakim GNSS uređajem simultana opažanja provedena su kroz 30 sekundi tj. koordinate točaka određene su iz 30 epoha. Nakon prekida i ponovne uspostave veze na Internet tj. ponovne inicijalizacije mjerenja, opažanja su nastavljena kroz idućih 30 epoha čime je bio gotov jedan niz opažanja. Na taj su način određene koordinate pomoću svakog uređaja kroz 5 ponavljanja, s time da je svako ponavljanje provedeno s novom (neovisnom) inicijalizacijom. Kako bi koordinate bile dobivene iz dvije bitno drugačije konstelacije satelita, opažanja su provedena nakon proteka dva sata vremena. Između tih dviju sesija RTK opažanja (svaka se sesija sastojala od 5 nizova opažanja), provedena je sesija statičkih opažanja s intervalom pohrane 10 sekundi. Sva su opažanja provedena s elevacijskom maskom 10°. Tijekom opažanja, najbliža referentna stanica CROPOS-a bila je Novska (NOVS) na udaljenosti 22 km, a najbliža referentna stanica SRPOS-a bila je Kozarska Dubina (KOZD) na udaljenosti svega 1 km.

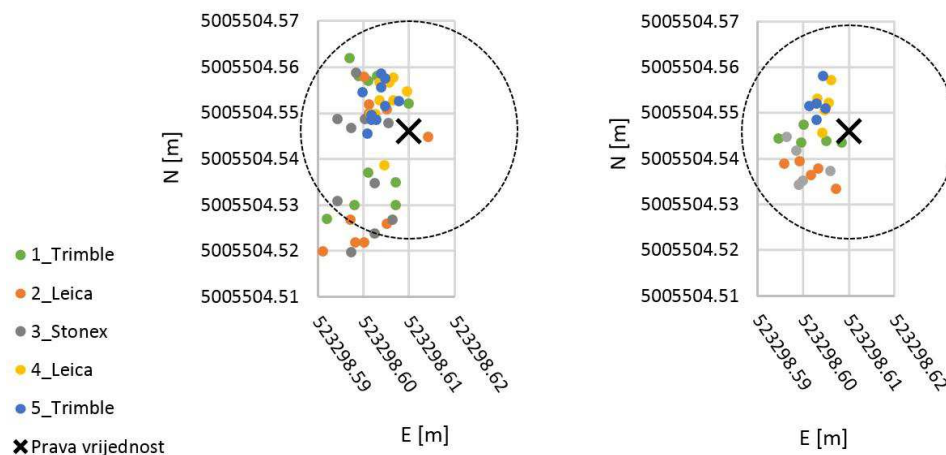
4.3 Analiza i interpretacija rezultata dobivenih korištenjem VPPS CROPOS-a i VSPS SRPOS-a

Svrha provedenih opažanja bila je ispitati rezultate pozicioniranja GNSS prijamnika u realnom vremenu koristeći pozicijske sustave koji se temelje na različitim konceptima mrežnih RTK rješenja: CROPOS VPPS-a na temelju VRS-a, SRPOS VPSP-a na temelju MAC-a. Deklarirana točnost koja se postiže primjenom VPPS-a je 2 cm položajno (2D) i 4 cm visinski (URL 6), dok je točnost koja se postiže VSPS-om dana 1-2 cm položajno i visinski (URL 3). Iz navedenog slijedi da se primjenom MAC-a postižu točniji rezultati. Rezultati pojedinačnih određivanja visina primjenom mrežnog RTK zajedno s „pravom visinom“ određenom na osnovi statičkih opažanja prikazani su na slici 6.



Slika 6. Visine određene korištenjem visokopreciznog pozicijskog servisa CROPOS-a i SRPOS-a tijekom testiranja u Hrvatskoj Dubici dana 9. 5. 2015. (Milec 2015).

Sa slike 6 jasno je vidljivo da su rezultati postignuti pomoću SPROS-a, odnosno MAC koncepta, veće preciznosti (0.00 m) i točnosti (0.01 m) u usporedbi s rezultatima postignutima pomoću CROPOS-a koji se temelji na VRS konceptu. Rezultati preciznosti visina određenih korištenjem CROPOS-a dani su po uređajima: 1_Trimble (0.02 m), 2_Leica (0.02 m) i 3_Stonex (0.01 m), dok su odgovarajuće točnosti visina postignute kako slijedi: 1_Trimble (0.07 m), 2_Leica (0.06 m) i 3_Stonex (0.04 m). S crvenih horizontalnim linijama prikazani su intervali ± 4 cm od visine određene na osnovi statičkih opažanja koja se u ovome slučaju smatra referentnom. Točnost VPPS CRPOS-a u vertikalnom smislu od 4 cm postignuta je u 77% mjerenja (23 od ukupno 30 mjerenja). Za primijetiti je da postoji određena ovisnost postignute točnosti o samome GNSS uređaju. Rezultati postignuti pomoću CROPOS-a (VRS koncept) pokazali su se manje preciznim u prvoj sesiji mjerenja (prvih 5 ponavljanja) kod sva tri prijamnika. Uzrok ovoj pojavi može biti u geometriji opažanih satelita. Vrijednosti PDOP-a u prvoj sesiji su bile u rasponu 1.5 – 1.7, dok su u drugoj sesiji vrijednosti bile niže tj. u rasponu 1.3 – 1.4. Rasap rezultata je sličan kod sva tri prijamnika što upućuje da preciznost rezultata nije ovisna o tipu prijamnika. Osrednjavanjem rezultata iz prve i druge sesije postižu se pouzdaniji rezultati zbog čega se opažanja i provode u dvije sesije s vremenskim razmakom od dva sata kako je i propisano Pravilnikom o načinu osnovnih geodetskih radova.



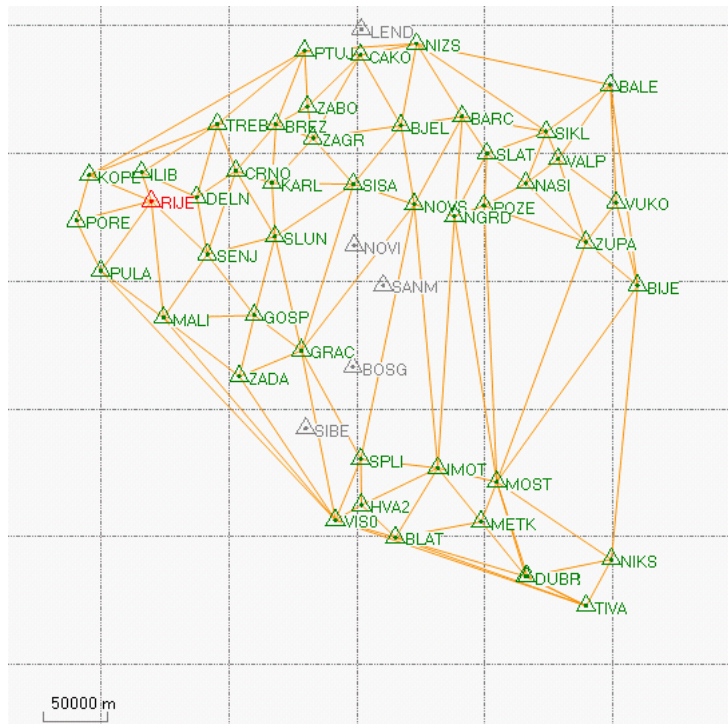
Slika 7. Položajne koordinate (E, N) dobivene korištenjem CROPOS-a i SRPOS-a prilikom testiranja u Hrvatskoj Dubici. (lijevo: rezultati svih mjerenja; desno: srednje vrijednosti iz prve i druge sesije). Napomena: radijus kružnice uključuje deklariranu točnost 2 cm kao i nesigurnost prave vrijednosti dobivene na osnovi statičkih opažanja (Milec 2015).

Horizontalna preciznost postignuta pomoću prijavnika spojenih na CROPOS iznosi 1 cm (slika 7), dok ona vertikalna iznosi 2 cm. Rezultati dobiveni uređajima spojenima na SRPOS pokazuju sub-centimetarsku horizontalnu i vertikalnu preciznost. Međutim, kada se sagleda točnost položajnih koordinata tj. nakon usporedbe rezultata kinematičkih mjerenja s rezultatom dobivenim na osnovi statičkih opažanja dobivaju se sljedeće vrijednosti: 0.03 m za rezultate dobivene pomoću VPPS CROPOS-a, 0.01 m za rezultate dobivene pomoću SRPOS-a. Položajne koordinate (E, N) određene na osnovi statičkih opažanja dane su s nesigurnošću 3 mm (E), odnosno 5 mm (N). Ako se ta činjenica uzme u obzir (na grafičkom prikazu to je prikazano kružnicom), dolazi se do zaključka da je 83% (25 od 30 mjerenja) rezultata VPPS CROPOS-a unutar deklarirane točnosti od 2 cm. Kao i kod visina, osrednjavanjem rezultata prve i druge sesije povećava se pouzdanost rješenja što je prikazano na slici 7.

Iz rezultata pozicioniranja postignutih primjenom visokopreciznih servisa CROPOS-a i SRPOS-a, može se zaključiti da točnosti kako položajnih tako i visinskih koordinata ostvarenih pomoću CROPOS-a nisu zadovoljile deklariranu razinu točnosti VPPS-a od 2 cm, odnosno 4 cm. Navedena degradacija točnosti dovodi se u vezu s udaljenošću 22 km od najbliže CROPOS permanentne stanice Novska. S druge strane, rezultati ostvareni pomoću SRPOS-a pokazuju bolju ocjenu točnosti što je vjerojatna posljedica udaljenosti svega 1 km od najbliže permanentne stanice SRPOS-a u Kozarskoj Dubici. Za relevantniju usporedbu rezultata pozicioniranja ostvarenih pomoću dvaju različitih koncepata mrežnih RTK rješenja (VRS vs. MAC) bilo je planirano opažanja provesti s permanentnom stanicom KOZD izvan funkcije.

5. ISPITIVANJE PERFORMANSI CROPOS-A U STANDARDNOJ I NESTANDARDNOJ KONFIGURACIJI MREŽE

CROPOS kao hrvatska državna mreža permanentnih GNSS stanica sastoji se od 33 točaka na nacionalnom teritoriju, a poradi dobivanja pouzdanijeg rješenja na rubnim područjima koristi i podatke permanentnih stanica susjednih zemalja. Kada CROPOS nudi rješenje na osnovi opažanja svih permanentnih GNSS stanica (trenutno 51 stanica) tada takvu konfiguraciju mreže nazivamo standardnom, a deklarirana točnost VPPS-a je 2 cm položajno i 4 cm vertikalno uz zadovoljene određene uvjete opažanja (npr. čisti horizont, dostupnost signala mobilne telekomunikacijske mreže itd.). Zbog mogućeg prestanka rada pojedine ili više GNSS stanica ili prekida njihovih komunikacijskih veza s kontrolnim centrom, CROPOS nudi rješenje na osnovi tzv. nestandardne konfiguracije mreže. Kako bi se ispitala kvaliteta rješenja dobivena na osnovi opažanja standardne i nestandardne konfiguracije CROPOS-a, dana 9. i 10. svibnja 2015. provedena su opažanja na području hrvatskog Pounja (lokacija Unčani). Prvog dana opažanja, mjerenja su provedena pomoću pet GNSS uređaja u standardnoj konfiguraciji mreže, dok su sljedećega dana mjerenja provedena u nestandardnoj konfiguraciji mreže. Takva je konfiguracija postignuta u suradnji s Državnom geodetskom upravom kada su iz generiranja mrežnog rješenja isključene permanentna stanica Novi Grad (NOVI) koja pripada SRPOS mreži te stanice Sanski Most (SANM) i Bosansko Grahovo (BOSG) kao dio FBiHPOS mreže. Na području hrvatskog Pounja takva je konfiguracija mreže bila prije potpisivanja sporazuma o razmjeni podataka sa SRPOS, odnosno FBiHPOS mrežom. Nestandardna konfiguracija mreže prikazana je na slici 8 gdje osim navedenih GNSS stanica nije bila aktivna permanentna GNSS stanica u Šibeniku.



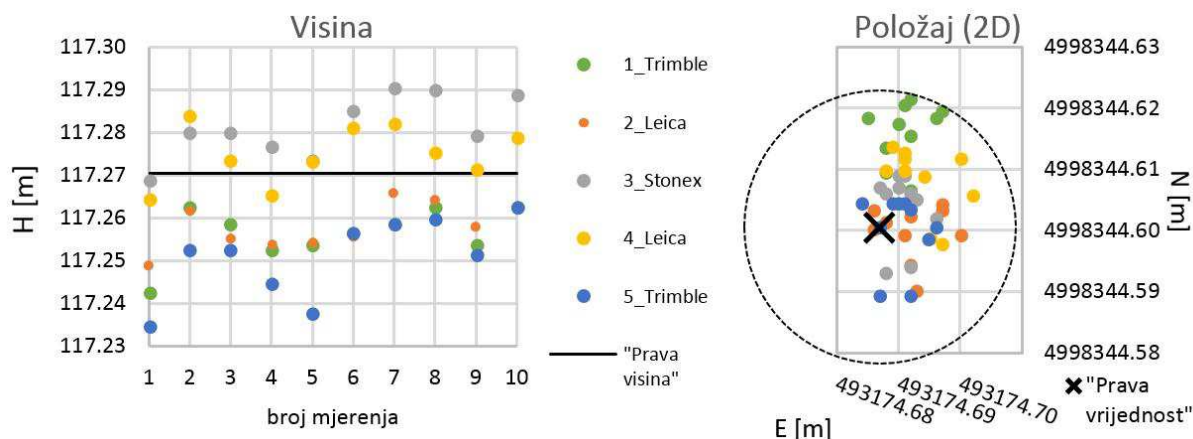
Slika 8. Permanentne GNSS stanice uključene u računanje mrežnog rješenja CROPOS-a dana 10. 5. 2015., nestandardna konfiguracija mreže (prikaz iz Trimble Pivot Platform CROPOS-a).

Na lokaciji u blizini Unčana s potpuno otvorenim horizontom, stabilizirana je točka iznad koje je centrirana i horizontirana aluminijska šipka uz provedene dodatne kontrole ispravnosti horizontiranja. Za približnu orijentaciju aluminijske šipke u magnetskom smjeru istok-zapad korišten je kompas, pri čemu se u obzir uzela procijenjena vrijednost magnetske deklinacije čime je šipka približno orijentirana u geodetskom smjeru istok-zapad.

Opažanja su provedena istovremenim korištenjem pet GNSS uređaja koji su se spajali na VPPS CROPOS-a, a korekcije su primane u formatu CROPOS_VRS_RTCM31. Na taj su način u realnom vremenu dobivane elipsoidne koordinate točaka izračunane na osnovi mrežnog rješenja u referentnom okviru CROPOS-a tj. ETRF2000. Kinematička su opažanja provedena kroz dvije sesije vremenski razmaknute dva sata, a unutar pojedine sesije provedeno je 5 nizova opažanja gdje se svaki niz sastojao od 30 epoha. Između dviju kinematičkih sesija provedena je sesija statičkih opažanja u trajanju od jednog sata kada su na krajnjim točkama aluminijske šipke (točke 1 i 5, vidi slika 4 i slika 5) pomoću uređaja Trimble R8 prikupljena opažanja s intervalom pohrane 10 sekundi. Mjerenja su provedena kroz dva dana, prvoga dana (9. 5. 2015.) u standardnoj, a drugoga dana (10. 5. 2015.) u nestandardnoj konfiguraciji mreže. Za potrebe transformacije elipsoidnih koordinata (φ , λ , h ; elipsoid GRS80) u ravninske (E, N) u koordinatnom sustavu HTRS96/TM korištena je aplikacija T7D pri čemu je odabran visinski datum HVRS71.

Na osnovi provedenih statičkih opažanja na točkama 1 i 5 pomoću GNSS uređaja Trimble R8 izračunani su vektori prema permanentnim GNSS točkama u okruženju (Banja luka, Srbac, Novigrad, Nova Gradiška, Slunj, Karlovac, Novska, Sisak), a zatim je provedeno izjednačenje mreže. Iz izračunanih izjednačenih vrijednosti koordinata krajnjih točaka aluminijske šipke izračunan je smjerni kut, a iz smjernog kuta i poznatih relativnih odnosa između točaka na aluminijskoj šipki izračunani su elementi za redukciju točaka na centar točke. Slično se napravilo i s visinama: na osnovi kosih mjerenja visine aluminijske šipke izračunana je visina njezine donje plohe iznad točke stabilizirane na fizičkoj površini Zemlje. Ove su redukcije u položajnom i visinskom smislu omogućile usporedbu rezultata i nastavne analize.

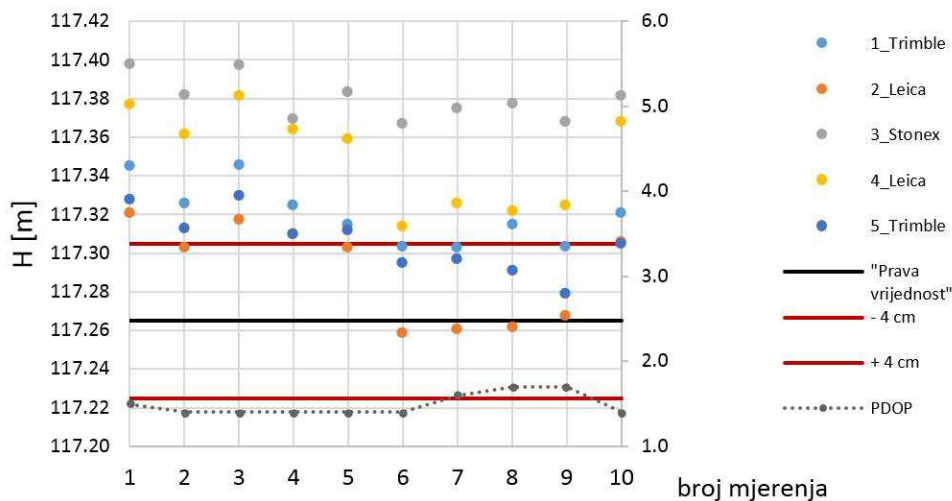
Postignute preciznosti rezultata na osnovi standardne konfiguracije mreže na lokaciji Unčani su 0.00 do 0.01 m položajno te 0.01 m vertikalno. Prikaz postignutih položajnih koordinata točaka kao i njihovih visina dan je na slici 9.



Slika 9. Visine (lijevo) i položajne (desno) koordinate dobivene korištenjem VPPS CROPOS-a na lokaciji Unčani iz opažanja u standardnoj konfiguraciji mreže. Kružnica uključuje deklariranu položajnu točnost kao i nesigurnost određivanja „prave vrijednosti“ 7 mm. Redni broj GNSS uređaja označava poziciju na aluminijskoj šipki prilikom opažanja (Milec 2015).

Ako se u razmatranje uzmu koordinate dobivene statičkim opažanjima, tada se daje ocjena točnosti koja iznosi za sve uređaje od 0.01 do 0.02 m položajno te 0.01 do 0.04 m vertikalno što je u skladu s deklariranom točnosti VPPS CROPOS-a. Iz grafičkog prikaza na slici 9 vidljivo je da točke u položajnom i vertikalnom smislu određene s preciznošću i točnošću koje su unutar deklariranih vrijednosti VPPS-a.

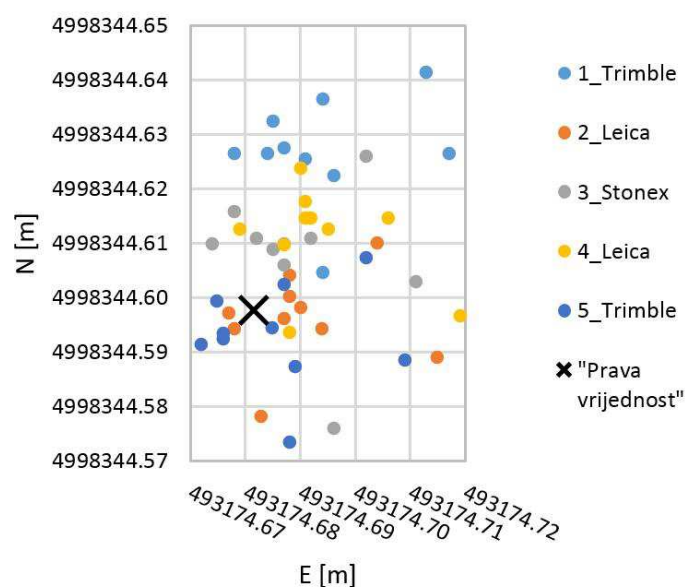
Sljedećega dana (10. 5. 2015.) opažanja u nestandardnoj konfiguraciji CROPOS mreže započela su 4 minute ranije kako bi ista bila provedena s približno istom konstelacijom GPS satelita. Kao i prvoga dana, opažanja su provedena u dvije sesije međusobno razmaknute dva sata. U svakoj je sesiji izvedeno pet nizova opažanja, svaki s po 30 epoha što je ukupno rezultiralo s 10 vrijednosti koordinata po uređaju. Analiza toga skupa vrijednosti dala je ocjenu preciznosti u visinskom smislu u rasponu od 1 do 3 cm. Međutim, kada se dobivene vrijednosti usporede s pouzdanijom vrijednosti visine određene obradom i izjednačenjem statičkih opažanja, dolazi se ocjene točnosti. U nestandardnoj konfiguraciji mreže postignute su ocjene točnosti od 6 do 13 cm što je izvan okvira deklarirane točnosti VPPS-a u visinskom smislu. Grafički prikaz rezultata pozicioniranja koristeći VPPS na lokaciji Unčani pri nestandardnoj konfiguraciji CROPOS-a dana 10. 5. 2015. dan je na slici 10. Visine su određene u datumu HVRS71.



Slika 10. Visine određene primjenom VPPS-a pri nestandardnoj konfiguraciji mreže na lokaciji Unčani dana 10. 5. 2015. (Milec 2015).

Na slici 10 crnom horizontalnom crtom prikazana je „prava vrijednost“ visine gornje plohe aluminijske šipke, dok su s crvenim horizontalnim crtama prikazani intervali (± 4 cm) deklarirane točnosti VPPS-a. Od ukupno 50 vrijednosti visina, njih svega 14 (28%) ulazi u interval deklarirane točnosti. S obzirom da u drugoj sesiji, općenito, postoje manja odstupanja od prave vrijednosti može se zaključiti o određenoj korelaciji s PDOP vrijednostima prikazanim na dnu slike 10. Tome ide u prilog činjenica da je od 14 rezultata koji su unutar deklarirane točnosti, njih 13 ostvareno je u drugoj sesiji pažanja. Iako rezultati ostvareni pomoću Stonex uređaja pokazuju najbolju preciznost, njihov gotovo konstantan pomak od „prave“ vrijednosti može biti naznaka postojanja sistematske pogreške vjerojatno uzrokovane pogrešno definiranom udaljenošću faznog centra od referentne točke antene (ARP, engl. *Antenna Reference Point*). Treba naglasiti da je visina određena s ocjenom točnosti 1.2 cm što nije zanemarivo, no unatoč tomu rezultati dobiveni iz nestandardne konfiguracije CROPOS-a pokazuju degradaciju točnosti.

Rezultati određivanja položajnih koordinata (E, N) prikazani su na slici 11 na kojoj je vidljivo da je ostvarena točnost 3 cm pomoću uređaja (1_Trimble, 2_Leica i 5_Trimble), dok je za uređaje 3_Stonex i 4_Leica nešto lošija tj. iznosi 4 cm.



Slika 11. Položajne koordinate dobivene pomoću VPPS-a na lokaciji Unčani dana 10. 5. 2015. pri nestandardnoj konfiguraciji CROPOS-a (Milec 2015).

U slučaju provedbe opažanja u nestandardnoj konfiguraciji mreže ostvarena položajna preciznost pomoću svih uređaja je 0.01 m, dok je vertikalna u rasponu od 0.01 m do 0.03 m. Što se tiče točnosti, ona u položajnom smislu iznosi od 0.03 do 0.04 m, a vertikalno 0.06 do 0.13 m što je znatno izvan okvira definirane deklarirane točnosti VPPS-a. Opažanja su obavljena na lokaciji s potpuno čistim horizontom bez postojanja vidljivih izvora smetnji i reflektirajućih površina koje bi bile uzrokom višestruke refleksije signala (engl. *multipath*).

6. ZAKLJUČAK

Na osnovi provedenih usporedbi određivanja koordinata točaka primjenom servisa u realnom vremenu CROPOS-a (VPPS) i SRPOS-a (VSPS) može se zaključiti da SRPOS temeljen na MAC konceptu mrežnog RTK rješenja daje točnije i pouzdanije rezultate od CROPOS-a temeljenog na VRS konceptu. Navedeni zaključak izveden je iz opažanja gdje se najbliža permanentna stanica SRPOS nalazila na udaljenosti svega 1 km (KOZD), a najbliža permanentna stanica CROPOS-a na udaljenosti 22 km (NOVS). Za potpuniju analizu rezultata testiranja bilo je potrebno iz mrežnog rješenja isključiti opažanja točke Kozarska Dubica (KOZD) što je i bilo planirano, međutim nažalost ne i realizirano.

Ocjena preciznosti mjerenja izvedena iz dvije kinematičke sesije razmaknute dva sata kroz koje je prikupljeno pet nizova mjerenja, svaki niz je sadržavao po 30 epoha mjerenja, pokazala je vrlo dobre vrijednosti prilikom spajanja na SRPOS, a nešto lošije prilikom spajanja na CROPOS. Međutim, kada se na osnovi statičkih opažanja analizira ocjena točnosti, tada dolazi do degradacije položajne i vertikalne točnosti što se dovodi u vezu s povećanjem udaljenosti od najbliže permanentne stanice mreže. Ocjene točnosti postignute pomoću CROPOS-a na području Hrvatske Dubice položajno iznose 3 cm, a vertikalno u rasponu 4-7 cm što izlazi iz okvira deklarirane ocjene točnosti. Na osnovi analize točnosti zaključilo se da je pri standardnoj konfiguraciji mreže postignuta deklarirana točnost u horizontalnom i vertikalnom smislu, dok je kod nestandardne konfiguracije mreže točnost degradirana te položajno iznosi 3-4 cm, a vertikalno 6-13 cm čime znatno prelazi deklariranu točnost VPPS CROPOS-a. Ovime je jasno došla do izražaja smanjena pouzdanost modeliranja o udaljenosti ovisnih pogrešaka pri nestandardnoj konfiguraciji mreže. Treba naglasiti da su opažanja provedena na točkama s potpuno čistim horizontom, bez vidljivih izvora smetnji kao ni reflektirajućih površina kao izvora *multipath*. Na osnovi provedenih ispitivanja, može se zaključiti da je utvrđena degradacija točnosti VPPS-a u ovisnosti o povećanju udaljenosti između aktivnih permanentnih stanica CROPOS-a tj. utvrđene su znatne razlike točnosti postignutih rezultata pri standardnoj, odnosno nestandardnoj konfiguraciji mreže. U cilju povećanja pouzdanosti primjene VPPS CROPOS-a poželjno bi bilo uspostaviti uslugu obavješćavanja korisnika o ispadu iz sustava pojedine permanentne stanice odnosno o nepouzdanosti servisa na određenom području.

ZAHVALA. Autori se zahvaljuju na suradnji i susretljivosti Državnoj geodetskoj upravi Republike Hrvatske kao i Upravi za imovinsko-pravne i geodetsko-katastarske poslove Republike Srpske bez čijeg angažmana bi testiranja dviju mreže bila neostvariva. Na posudbi uređaja Trimble R8 zahvaljujemo se Državnoj geodetskoj upravi, na posudbi uređaja Leica zahvaljujemo se tvrtki Geodezija Šibenik d.o.o., a na posudbi uređaja Stonex zahvaljujemo se tvrtki BR Geodezija j.d.o.o. iz Varaždina. Mjerna platforma za provedbu simultanih opažanja realizirana je u suradnji s Laboratorijem za mjerenja i mjernu tehniku Geodetskog fakulteta na čemu se autori iskreno zahvaljuju.

LITERATURA

- Brown N., Keenan R., Richter B. and Troyer L. (2005): *Advances in ambiguity resolution for RTK applications using the new RTCM V3.0 Master-Auxiliary messages*, Proceedings of ION GNSS 2005, Long Beach, California, September 13-16, 2005.
- Brown N., Geisler I., Troyer L. (2006): *RTK Rover Performance using the Master-Auxiliary Concept*, Journal of Global Positioning Systems, Vol. 5, No. 1-2, str 135-144.
- Janssen, V. (2009): *A comparison of the VRS and MAC principles for network RTK*, IGNS Symposium 2009, str. 1 -13.

- Leica Geosystems (2005): *Networked Reference Stations, Take it to the MAX!* An introduction to the philosophy and technology behind Leica Geosystems SpiderNET revolutionary Network RTK software and algorithms, White paper, Leica Geosystems AG, Switzerland.
- Milec, K. (2015): *Ispitivanje performansi VPPS servisa CROPOS i BiHPOS mreža*, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu – Geodetski fakultet.
- Mišković, D. (2011): *Projekat “BIHPOS” – uspostava mreža permanentnih GNSS stanica za prostor BiH*.
- Premužić, M. (2009): Virtualne referentne stanice, seminar, Geodetski fakultet.
- Trimble (2013): *Trimble Pivot Platform Manual*.
- Wanninger, L. (1999): *The Performance of Virtual Reference Stations in Active Geodetic GPS-networks under Solar Maximum Conditions*, Proceedings of ION GPS '99, Sep. 14-17, 1999, Nashville TN, in press.
- Xiaolin, M. (2013): *Network RTK GNSS Positioning Technology*, The University of Nottingham, United Kingdom, China, Malaysia.
- URL 1: <http://mapsupport.seilerinst.com/wp-content/uploads/sites/4/2012/05/vrs-by-trimble.jpg> (24. 9. 2015.)
- URL 2: <http://cropos.hr/o-sustavu/pristup-servisima-cropos-sustava> (25. 9. 2015.)
- URL 3: <http://www.rgurs.org/lat/servisi/srpos> (25. 9. 2015.)
- URL 4: <http://www.fgu.com.ba/bs/servisi.html> (25. 9. 2015.)
- URL 5: http://www.rgurs.org/dokumenti/SRPOS/SRPOS_Korisnicki_pristup.pdf (25. 9. 2015.)
- URL 6: <http://cropos.hr/servisi/vpps> (26. 9. 2015.)

TESTING of BiHPOS VPSP and CROPOS VPPS SERVICES

Abstract: *High precision positioning services of permanent GNSS network in real time represent the most widely used tool by geodetic professionals for geodetic as well as cadaster survey purposes. CROPOS as Croatian national network of permanent GNSS stations at average distance between stations 70 km provides declared accuracy 2 cm horizontally and 4 cm vertically. That accuracy can be achieved under conditions prescribed by GNSS equipment manufacturer. However, the question that arises is what is happening in case when certain permanent station is out of service and the networked RTK solution is generated from observations in nonstandard network configuration. The same occur in network with irregular shape and lower quality coverage of peripheral regions as was (and still is) the case with CROPOS network in east Slavonia, Međimurje, Pounje and middle Dalmatia islands region. The CROPOS network properties in that regions published by State Geodetic Administration of the Republic of Croatia have initiated investigations carried out in Pounje region during May 2015. As just before the survey the GNSS data exchange between the Bosnian SRPOS as well FBiHPOS and Croatian CROPOS systems took place, the investigations undertaken in Pounje region involved testing of SRPOS and CROPOS networks. Both networks rely on different network RTK concepts, different GNSS equipment manufacturers as well as different network RTK differential correction generation algorithms, therefore investigation involved testing of CROPOS and SRPOS solutions. Moreover, in Pounje region were carried out observations using CROPOS VPPS (High Precision Positioning Service) in standard and nonstandard network configuration. The results have revealed the accuracy degradation with increasing distance between active permanent GNSS stations included in CROPOS network. In such conditions, the declared accuracy of CROPOS was not achieved horizontally nor vertically.*

Keywords: CROPOS, SRPOS, VRS, MAC, networked RTK