
PRIMJENA CROPOS SERVISA U ODREĐIVANJU ELIPSOIDNIH VISINA

Ilija Grgić, Maro Lučić, Marija Repanić, Davor Kršulović
Hrvatski geodetski institut, Zagreb

***Sažetak.** Pri određivanju visina nailazi se na temeljne probleme koji su u direktnoj korelaciji s preciznošću mjernog postupka i visinskim referentnim sustavom. Pomoću GNSS metode dobivaju se elipsoidne visine koje se same po sebi ne mogu dalje upotrebljavati, nego se moraju korištenjem modela geoida pretvoriti u (normalne) ortometrijske visine. Modeli geoida su u posljednje vrijeme značajno poboljšani i evidentno je da će u bliskoj budućnosti doći do daljnjeg poboljšanja njihove unutarnje i vanjske točnosti. Da bi visine bile pouzdane u geodetskoj inženjerskoj praksi koristeći poboljšani model geoida pretpostavka je da su elipsoidne visine vrlo precizno određene. U ovom radu analizirane su mogućnosti CROPOS servisa za određivanje visinske komponente na temelju velikog skupa GNSS/nivelmanskih točaka opažanih u pravilnom rasteru CCA 10x10km po području Republike Hrvatske.*

***Ključne riječi:** elipsoidne visine, CROPOS, model geoida.*

1. UVOD

Primarne mjerne veličine GNSS signala su pseudoudaljenosti. Za određivanje položaja moraju se registrirati u mjernom uređaju istovremeno mjereni signali sa najmanje četiri GNSS satelita. Precizno relativno GNSS pozicioniranje provodi se na temelju obrade vektora. Najvažniji korak u obradi vektora je određivanje cjelobrojne dvostruke razlike fazne višeznačnosti koja se provodi za par postaja. Prostorno ograničenje postupka obrade vektora može se prevladati razvijanjem mreže referentnih stanica, pri čemu se fazna mjerenja više referentnih stanica na mjernom području koriste za modeliranje s najvećom preciznosti onih pogrešaka koje ovise o duljini i smjeru kao što su: ionosferska i troposferska refrakcija, pogreška orbite, a osim tih na taj način će se smanjiti utjecaj višestruke refleksije signala, pogreške koja ovisi o izboru položaja stajališta. Korištenje permanentno instaliranih referentnih stanica u nekoj regiji ili državi uklanja potrebu za uspostavljanjem lokalnih mreža na području rada ili postavljanjem privremenih referentnih stanica na terenu.

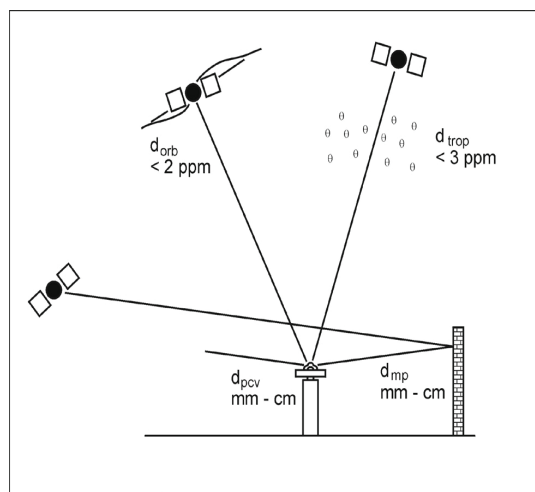
Načelno gledajući GNSS je kinematički postupak budući da se kontinuirano emitiraju signali sa satelita te se kao takvi registriraju od strane korisnika. Pri statičkoj primjeni nužno je kroz duže vrijeme prikupljati mjerne podatke na što se nastavlja obrada podataka u postprocesingu pri čemu se djelovanje nekih visokofrekventnih izvora pogrešaka statistički minimalizira. Osim toga, promjena konstelacije satelita rezultira

poboljšanjem geometrije a samim tim boljim i pouzdanijim rješenjem za određivanje pozicije točke koju je potrebno odrediti.

U slučaju kada se mjerenja izvode simultano na poznatim točkama (referentnim stanicama) i točkama koje je potrebno odrediti te se nastavno na to diferencijalno obrade eliminiraju se izvori pogrešaka ukoliko je njihov utjecaj na referentnoj stanici i nepoznatoj točki jednak što je slučaj samo pri manjim udaljenostima.

2. ODREĐIVANJE VISINA GNSS-OM

GNSS je postupak pozicioniranja koji može rezultirati trodimenzionalnim koordinatama koje se odnose na definirani referentni sustav. Kod diferencijalnog postupka one se odnose na koordinate referentnih stanica. Osnova za određivanje koordinata u prostoru su signali koji se emitiraju sa satelita pri čemu su pozicije satelita u referentnom sustavu poznate. Svi odasli signali sa satelita su duž putanje signala te u samom prijamniku podložni utjecaju raznovrsnih fizikalnih faktora koji reduciraju kvalitetu odaslanih informacija što ima za posljedicu mjernu nesigurnost. Najveći utjecaj na određivanja visina imaju geometrija satelita, pogreška sata prijamnika, troposfera, ionosfera, pogreška faznog centra antene te višestruka refleksija signala (Drewes 2005), slika 1.

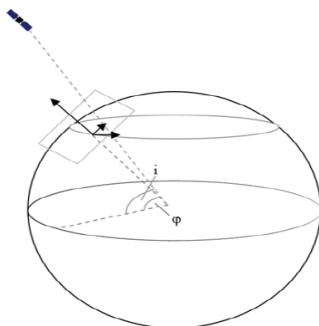


Sl.1. Izvori pogrešaka pri određivanju elipsoidnih visina

2.1 Geometrija satelita i pogreška sata prijamnika

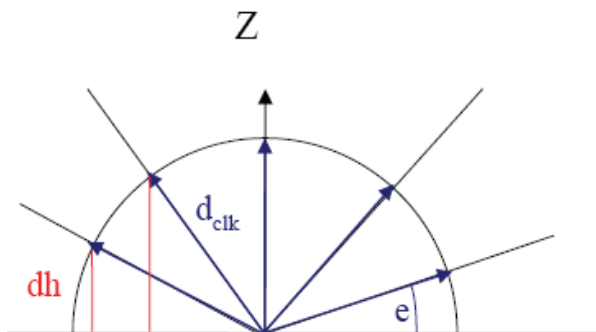
Pri djelovanju različitih izvora pogrešaka geometrija satelita igra značajnu ulogu. Uslijed nagiba putanje GPS satelita od oko 55° nastaje u sjevernoj hemisferi takozvana sjeverna rupa, koja ima za posljedicu činjenicu da u sjevernom sektoru ne postoji

dostupnost signala, slika 1. Posljedično to vodi nepovoljnijem prirastu pogrešaka u okviru komponente sjever-jug nasuprot komponenti istok-zapad.



Sl.1. Sjeverna rupa i nagib putanje GPS satelita

Ukoliko postoje opažanja iz suprotnih azimuta elimiraju se sustavne pogreška. Zbog sjeverne rupe u sjeverno sektoru nema dostupnosti signala pa posljedično nema niti opažanja sa suprotnih azimuta u smjeru sjever-jug pa time nije moguće eliminirati sustavne pogreške iz mjerenja (Rothacher 2004).



Sl.1. Djelovanje pogreške sata prijmnika d_{clk} u ovisnosti o elevacijskom kutu

Za vrijeme mjerenja prijammnik proizvodi interni signal koji je zapravo kopija zaprimljenog signala sa svakog pojedinog satelita. Na temelju internog pomaka generiranog i primljenog signala moguće je izračunati vremensku razliku između trenutka slanja i trenutka prijama signala pa je samim tim moguće i definiranje pseudo udaljenosti.

Temeljem činjenice da se GNSS signal emitira iznad horizonta proizlazi jaka korelacija između visina koje je potrebno odrediti i vremenske komponente, slika 1. Pogreške u određivanju vremenske komponente imaju snažan utjecaj na određivanje visine pa se zbog toga puno teže odnosno nesigurnije određuje visina nasuprot položaju. Za određivanje visine važni su signali niske elevacije ali su istovremeno signali blizu

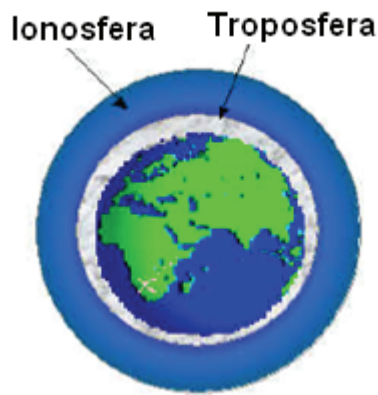
horizonta opterećeni drugim izvorima pogrešaka (sposobnost prijama antene, višestruka refleksija signala i troposfera).

2.2 Ionosferska i troposferska refrakcija

Pogreška uslijed ionosferske refrakcije se manifestira u ubrzavanju faznih brzina nosećeg vala dok se istovremeno usporavaju kodne faze. Na temelju disperzivnih (o valnoj duljini ovisnim) karakteristika ionosfere teoretski je moguće utjecaj ionosfere eliminirati korištenjem dvije frekvencije. To praktički znači korištenje linearne kombinacije L1 i L2 signala u takozvano L0 rješenje oslobođeno utjecaja ionosfere. Pri tome treba imati u vidu da se kod linearne kombinacije dvaju signala pojačavaju drugi izvori pogrešaka, posebice višestruka refleksija signala, pogreška modela antene te šumovi u mjerenjima pri čemu L0 rješenje reagira osjetljivije na odgovarajuće utjecaje.

Povećanjem dužine bazne linije povećava se utjecaj ionosfere. Zbog varijabilnosti ionosfere njeno modeliranje je značajno otežano, pa je za potpuno sagledavanje njenog utjecaja važno raspolagati odgovarajućim podacima u realnom vremenu. Umrežavanjem referentnih stanica u CROPOS uspostavljena je odgovarajuća infrastruktura koja omogućuje modeliranje u realnom vremenu na temelju realnih podataka.

Troposferska refrakcija se sastoji iz suhog i vlažnog udjela i ona nije disperzivna a utjecaj troposfere prvenstveno ovisi o udaljenosti rovera od referentnih stanica. Dok je suhi udio uglavnom ovisan o tlaku zraka i temperaturi, uzrok za vlažni udio leži u količini vodene pare u atmosferi. U ukupnom udjelu troposferske refrakcije suhi udio iznosi oko 90% a vlažni 10% vrijednosti.



Sl.2. Ionosfera i troposfera

Za korekciju troposferske refrakcije mogu se koristiti razni modeli (Hopfield, Niell i dr.). Ukoliko troposferska refrakcija jednako djeluje na referentnu stanicu i rover moguće je značajno smanjiti njen utjecaj diferencijalnom obradom. U mrežama s

dugim baznim linijama odnosno velikim visinskim razlikama to neće biti slučaj, pa je u takvim slučajevima nužno lokalno određivanje troposferskih parametara za svaku referentnu stanicu posebno. Preostali udio pogreške uslijed troposferske refrakcije u puno većoj mjeri djeluje na određivanje visine nego položaja. Glavni problemi u procjeni troposferskih parametara su jake korelacije između visine referentnih stanica, pogrešaka sata prijavnika, faznih višeznačnosti i sposobnosti prijama antene. Budući da su određeni utjecaji ovisni o elevacijskom kutu, naročito model antene i višestruka refleksija signala, od velike je važnosti za dekoreliranje raspolaganje opažanjima koja pokrivaju veliko elevacijsko područje i dugi vremenski interval (Rothacher 2004).

2.3 Fazni centar antene i konfiguracija antene

Moderne antene su konstruirane tako da su odstupanja u smjeru sjevera i istoka neznatna jer je položaj okretne osi antene podudaran s prijarnom jedinicom. Visinski pomak, konstrukcijski uvjetovano, se ne može tako lako odstraniti. Pogrešno određen visinski pomak između prijarnne jedinice i referentne točke antene djeluje u odnosu 1:1 na određivanje elipsoidne visine, slika 3.



Sl.3. Utjecaj elektronskog faznog centra na određivanje elipsoidne visine

Osim konstantnog geometrijskog visinskog pomaka elektronski fazni centar je funkcija smjera pa su za primljene signale sa satelite neophodne korekcije ovisne o azimutu i elevacijskom kutu. Karakteristike prijama signala variraju između različitih tipova antena ali također između antene u okviru iste serije (Wanninger et al. 2006). Pri opisu prijama signala nailazi se na različito ponašanja antena u ovisnosti o varijaciji faznog centra (PCV). Kod modernih antena apsolutni iznosi varijacija faznog centra iznose do nekoliko milimetara. Iako se ti iznosi čine zanemarivim posebice kod korištenja L0 rješenja u svezi s procjenom parametara troposfere oni imaju za posljedicu zamjetnu promjenu u rezultatima koordinatnih rješenja. Kod varijacija faznog centra antene najveći utjecaj ima udio koji je ovisan o elevacijskom kutu dok je udio ovisan o azimutalnim promjenama zanemariv. Ukoliko se sa GNSS-om želi postići precizno

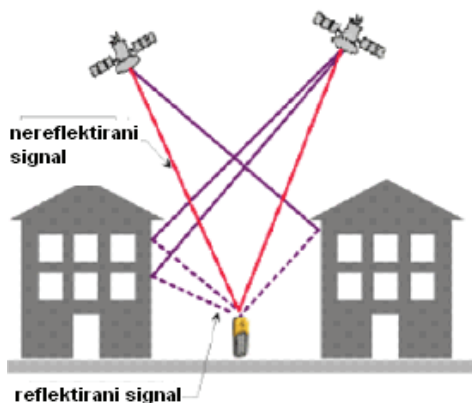
određivanje visina neophodna je primjena kalibriranih antena na referentnim i rover stanicama.

Osim toga zbog povećanja točnosti GNSS mjerenja te cijelog niza novih frekvencija satelita (posebice trenutno kod GLONASS-a), apsolutna kalibracija antena prijamnika i satelita u budućnosti će imati veliki značaj.

2.4 Višestruka refleksija signala

Do refleksije elektromagnetskih signala u neposrednoj blizini antene može doći uslijed različitih okolnosti što može dovesti do poklapanja direktnih i indirektnih signala. Indirektno mjereni signali prevaljuju dulji put i putuju dulje vremena do prijamnika pa se stoga oni posljedično odražavaju na kvalitetu određivanja pseudoudaljenosti što u konačnici vodi ka lošijoj preciznosti određivanja koordinata točke, slika 4.

Veličina utjecaja višestruke refleksije signala može iznositi nekoliko milimetara do nekoliko centimetara, pri čemu se utjecaj višestruke refleksije signala dodatno pojačava L0 kombinacijom rješenjem oslobođenim utjecaja ionosfere (URL 1).



Sl. 4. Utjecaj višestruke refleksije signala

Pri višestrukoj refleksiji signala prijamnik registrira i dio signala koji do njega ne stiže pravolinijski. Utjecaj višestruke refleksije signala se da smanjiti korištenjem antena s poboljšanim konstrukcijskim rješenjem, izborom mjesta stajališta, poboljšanom obradom signala te poboljšanim algoritmima ali se ne da u potpunosti eliminirati. Smanjenje utjecaja višestruke refleksije signala je moguće definiranjem elevacijske maske na način da se eliminiraju sateliti koji su nisko na horizontu i sateliti čija je putanja signala do prijamnika ometana objektima, vegetacijom i reljefom. Međutim na taj način se eliminiraju upravo oni sateliti koji su vrlo važni za definiranje visinske komponente.

2.5 Transformacija u fizikalni visinski sustav

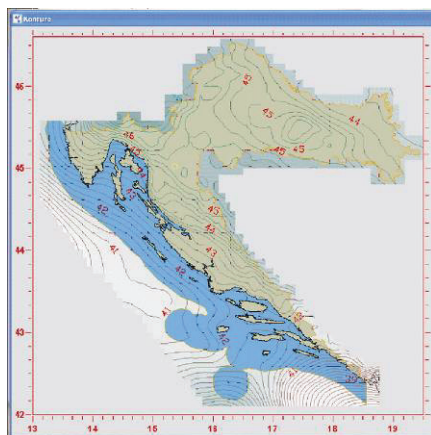
Pri određivanju visina nailazi se na temeljne probleme koji su u direktnoj korelaciji s preciznošću mjernog postupka i visinskim referentnim sustavom. Pomoću GNSS metode dobivaju se elipsoidne visine koje se odnose na matematički strogo definiranu referentnu plohu. One se same po sebi ne mogu dalje upotrebljavati, nego se moraju korištenjem modela geoida pretvoriti u neki od postojećih sustava visina. Ukoliko se fizikalne visine određuju pomoću GNSS nivelmana treba uzeti u obzir osim pogreške određivanja koordinatnih vrijednosti korištenjem GNSS tehnologije također i pogreške geoidnih undulacija.

3. ANALIZA ODREĐIVANJA VISINA IZ PROJEKTA HRG2009

Projektom zadacima definirano je određivanje i izračun visina točaka za raznorodne potrebe, u pravilu sa svim elementima kojih se proizvođač u procesu izrade konačnog proizvoda mora pridržavati. Takve točke određuju se geodetskim metodama mjerenja i instrumentarijem koji mjernom nesigurnošću zadovoljava postavljene zahtjeve točnosti. U procesu izrade geodetskih i kartografskih proizvoda su do sada proizvođači u pravilu računali normalno-ortometrijske visine iz modela geoida. Uočeni su brojni nedostaci u praksi pri primjeni modela geoida u izračunu normalno-ortometrijskih visina prema unaprijed postavljenim zahtjevima preciznosti u ovisnosti o pojedinom proizvodu.

Normalno-ortometrijske visine točaka računane su iz podataka undulacija geoida, pri čemu je korišten model geoida za područje Republike Hrvatske HRG2000, slika 5, ali se nije vodilo računa o činjenici da se model geoida, s vrlo visokom unutarnjom točnosti u iznosu 1-2 cm (Bašić 2001), treba prethodno apsolutno orijentirati za konkretno područje određivanjem normalno-ortometrijskih visina geometrijskim nivelmanom nekoliko, po području projektne zadaće, pravilno raspoređenih točaka.

Primjena modela geoida HRG2000 u postupku računanja (normalnih) ortometrijskih visina novih točaka uz postavljene zahtjeve preciznosti moguća je samo uz prethodno povezivanje na repere državne visinske mreže.



Sl. 5. HRG2000 model geoida

Upravo zbog uočene slabosti apsolutne orijentacije HRG2000 modela geoida pokrenuti su sveobuhvatni radovi na području cijele države kojima je bio cilj odrediti sukladno rasteru od Cca 10 km GNSS/nivelmanske točke u kojima će biti određene elipsoidne i normalno-ortometrijske visine. Preko 500 točaka, u kojima je iz razlike visina poznata undulacija geoida, primarno je poslužilo kreiranju novog modela geoida u kojem će se zahvaljujući gustom rasteru točaka u velikoj mjeri otkloniti slabost apsolutne orijentacije. U svrhu položajnog i visinskog definiranja točaka korišteni su servisi CROPOS-a.

Zahvaljujući projektu novog modela geoida obavljeno je niz različitih mjerenja koja mogu poslužiti za analizu položajnog i visinskog definiranja točaka određenih RTK metodom, analiza položajnog i visinskog definiranja točaka određenih statikom te analiza usklađenosti mreže referentnih stanica s postojećom mrežom stalnih geodetskih točaka.

3.1 Analiza položajnog i visinskog definiranja točaka

Nakon obavljenih terenskih mjerenja i prikupljanja RINEX VRS podataka s CROPOS servisa za točke koje su određene statikom pristupilo se obradi. Procesiranje i izjednačenje referentnih točaka obavljeno je komercijalnim softverima Trimble Total Control (TTC), v. 2.73, i Trimble Business Center (TBC). Procesiranje i izjednačenje je obavljeno u referentnom ETRS89 sustavu, 1989.0.

Obrada se vršila za svaku pojedinu točku u odnosu na tri VRS stanice, pri tome su za svaku točku uneseni precizni efemeridi satelita sa službenih IGS stranica.

Kao definitivne koordinate rasterskih točaka koje su mjerene RTK metodom s dvostrukim ili trostrukim zaposjedanjem uzeta je težinska sredina.

Procesiranje baznih linija i analiza podataka obavljena je sukladno sljedećim kriterijima:

- **ELEVACIJSKA MASKA:** 10°
- **INTERVAL PROCESIRANJA** 15s
- **KORIŠTENE EFEMERIDE:** Precizne efemeride
- **MODEL TROPOSFERE:** Niell ili Hopfield

Tablica 1. Minimalna, maksimalna i srednja standardna odstupanja koordinata mjerenih statikom

	h [mm]
MIN.	0.1
MAKS.	7.0
SREDNJE	0.7

Korištenje VRS usluge za određivanje položaja i visine točaka na osnovu skupa od 80-ak točaka govori u prilog izuzetno visoke pouzdanosti i preciznosti određivanja nepoznanica pod uvjetom da je vremenski interval prikupljanja satelitskih mjerenja dovoljno dug, najmanje 15 minuta.

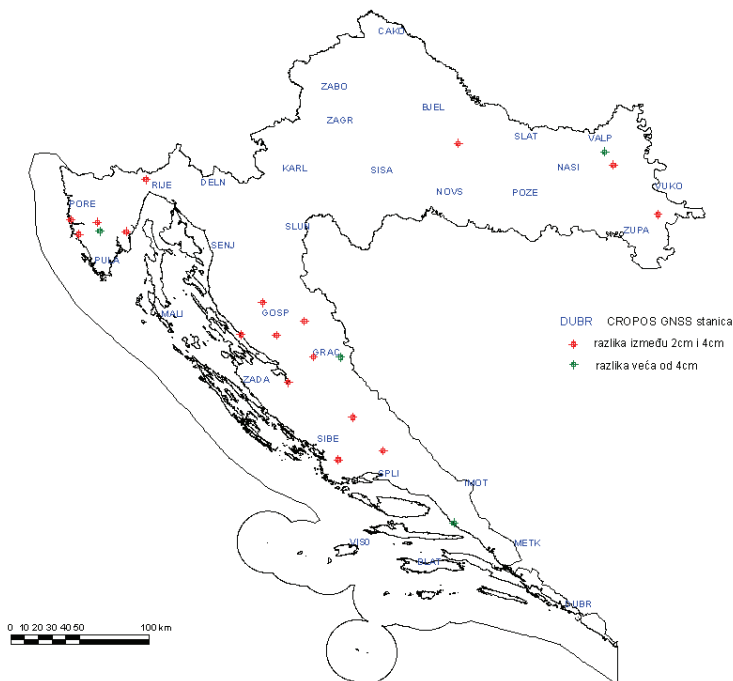
Budući da je većina točaka, njih preko 400, određena RTK metodom mjerenja u dvije ili više sesija konačne koordinate tih točaka formirane su težinskom sredinom. U tablici.2. prikazane su osnovni pokazatelji vrijednosti koordinata dobiveni na temelju težinske sredine. U tablici 2. nisu prikazane točke na kojima su uočene signifikantne razlike u vrijednosti elipsoidnih visina.

Tablica 2 Minimalna, maksimalna i srednja standardna odstupanja koordinata mjerenih RTK metodom na temelju težinskih sredina

	h [mm]
MIN.	0
MAKS.	50
SREDNJE	6.1

Osnovni parametar koji su mjerenja u okviru sesije morala zadovoljiti je da standardna odstupanja položaja i visina točaka mjerenih RTK metodom ne prelaze vrijednosti od 2 cm po položaju i 3 cm po visini. Tako dobivena standardna odstupanja nepoznanica iz pojedine sesije poslužila su za formiranje težinske sredine iz kojih su formirane konačne vrijednosti koordinata i visina GNSS/nivelmanskih točaka. Standardna odstupanja nepoznanica na temelju jedne sesije mjerenja iskazivale su u pravilu vrlo

dobru ocjenu točnosti s malim vrijednostima standardnih odstupanja po visini. Zabrinjavajuće je to što su iste takve vrijednosti bile i u drugoj sesiji, s promijenjenom visinom antene, pri čemu su se elipsoidne visine u ekstremnim slučajevima razlikovale 10 i više cm. Sve to upućuje na zaključak da su položajne i visinske koordinate u okviru iste sesije određene vrlo precizno ali nedovoljno točno, odnosno da su mjerenja opterećena pogreškama koje nisu u potpunosti eliminirane ili nisu uopće modelirane u mrežnom rješenju CROPOS-a. Iz tog razloga se u takvim slučajevima pristupalo trećem mjerenju kako bi težinska sredina obuhvatila što više neovisnih mjerenja.



Sl.6. Mjerene točke s položajnim odstupanjima većim od 2 cm

Prilikom dvostrukih mjerenja uočene su veće razlike od 2 cm u položajnim koordinatama na 21 lokaciji, slika 4, iako statistički pokazatelji za pojedinu točku (standardno odstupanje, HDOP, VDOP, broj satelita) nisu upućivali na postojanje problema, mjerenja su ponavljana u više sesija.

U tablici 3. prikazani su osnovni statistički pokazatelji vrijednosti koordinata za točke koje su određene od strane Hrvatskog geodetskog instituta, njih 202, dobiveni na temelju težinske sredine.

Tablica 3. Minimalna, maksimalna i srednja standardna odstupanja koordinata mjerenih RTK metodom

BROJ TOČAKA:	202	BROJ EPOHA:	200
	FI ["]	LA ["]	h [m]
SREDINA	0.00007	0.00006	-0.004
MAKS. RAZLIKA	0.00347	0.00361	0.055
MIN. RAZLIKA	-0.00094	-0.00184	-0.237
ST. ODSUPANJE	0.00046	0.00058	0.031
	N [cm]	E [cm]	h [cm]
SREDINA	0.2	0.1	-0.4
MAKS. RAZLIKA	10.7	7.9	5.5
MIN. RAZLIKA	-2.9	-4.0	-23.7
ST. ODSUPANJE	1.4	1.3	3.1

Ostvariva položajna preciznost RTK metodom korištenjem VPPS servisa deklarativno iznosi do 2 cm. Od 202 točke izdvojeno je njih 17 za koje je utvrđeno odstupanje 2-4 cm te 4 za koje je utvrđeno odstupanje veće od 4 cm, tablica 4, što u konačnici iznosi da 10% mjerenih točaka sukladno odstupanju između dvostrukih mjerenja prelazi deklariranu točnost servisa.

Tablica 4. Minimalna, maksimalna i srednja standardna odstupanja koordinata mjerenih RTK metodom za točke s većim odstupanjima iz dvostrukih mjerenja

Razlike 2-4 cm			Razlike veće od 4 cm		
broj točaka	17		broj točaka	4	
prosjeak	1.4195329	0.5298	prosjeak	5.1	3.4
max	3.6675800	3.3227	max	10.7	7.9
min	-2.7738000	-3.0385	min	1.8	-4.0
st. odstupanje	2.1831536	1.8767	st. odstupanje	4.0	5.5

Obzirom da su prilikom mjerenja uočene velike razlike (više od 4 cm) u elipsoidnim visinama na 17 različitih lokacija, iako statistički pokazatelji za pojedinu točku (standardno odstupanje, HDOP, VDOP, broj satelita) nisu upućivali na postojanje problema, mjerenja su ponavljana u više sesija, a osnovne karakteristike takvih točaka pokazane su u tablici 5.

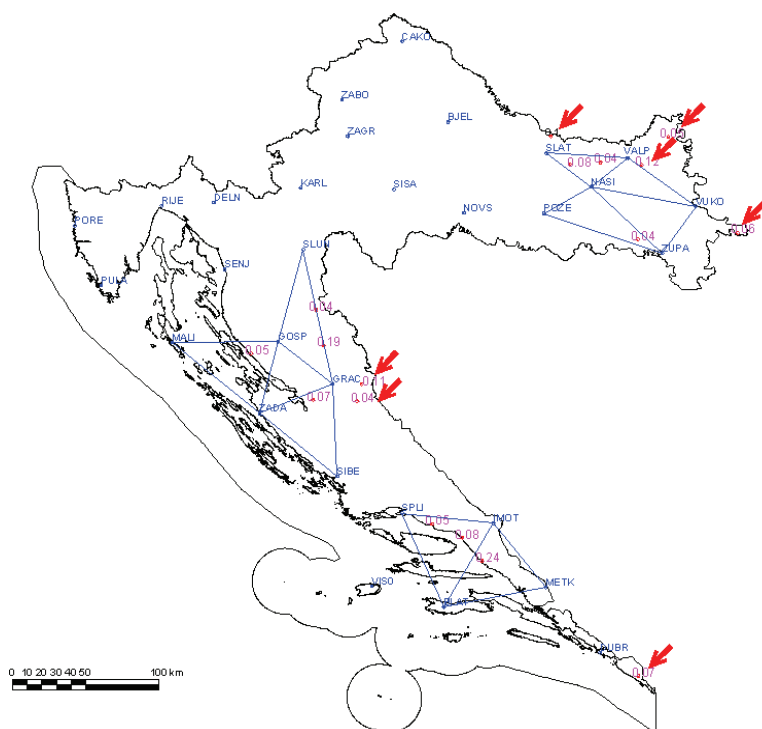
Tablica 5. *Maksimalna razlika mjerenih elipsoidnih visina, maksimalni HDOP i VDOP, minimalni broj satelita*

Maksimalna razlika elipsoidnih visina.	0.24 m
Maksimalni HDOP	3.2
Maksimalni VDOP	7.7
Minimalni broj satelita	5

Na žalost, na temelju dostupnih podataka iz kontrolera (analiza HDOP-a, VDOP-a, te broja raspoloživih satelita) nije moguće u potpunosti sagledati uzroke ovakve prevelike razlike u elipsoidnim visinama osim pretpostaviti da postoje stvarni razlozi koji izazivaju preveliko neslaganje, npr. mrežno rješenje, prevelika udaljenost referentnih stanica jedne od druge, modeliranje troposfere, itd.

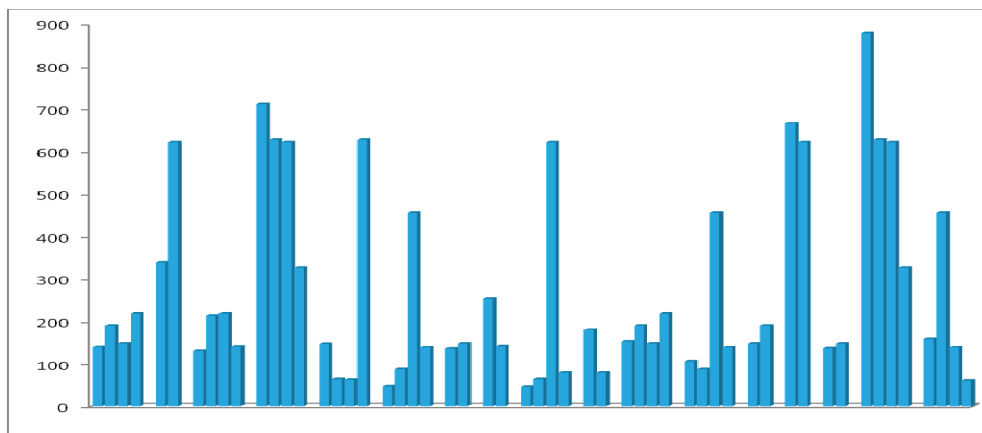
U vrijeme korištenje CROPOS usluga za određivanja položaja i visina točaka za potrebe novog modela geoida korišteni su podaci isključivo s CROPOS mreže referentnih stanica. Analiziraju li se razlike u određivanju elipsoidnih visina na pojedinim točkama uočava se da se skoro polovica njih nalazi u rubnim područjima izvan mreže referentnih stanica, slika 7.

Uvažavajući rezultate ove analize za pouzdano i precizno određivanje visina bilo bi neophodno osigurati razmjenu podataka Republike Hrvatske i nama susjednih zemalja koje imaju uspostavljene mreže referentnih stanica.



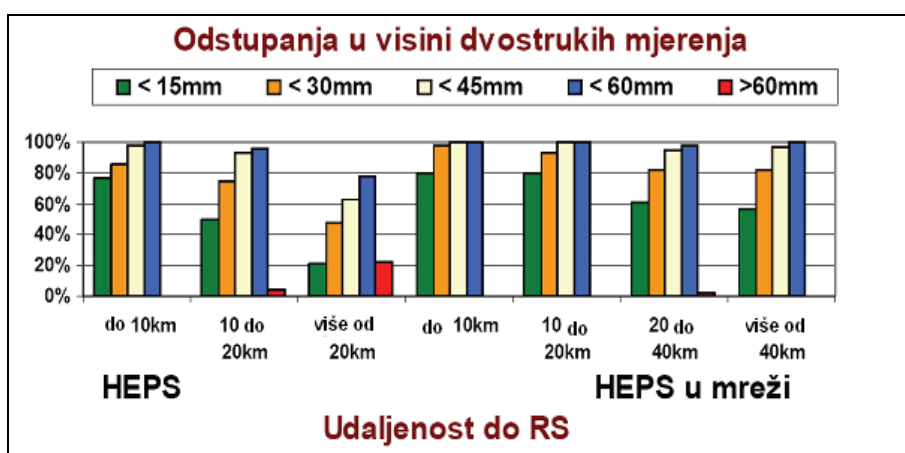
Sl. 7. Analiza razlika elipsoidnih visina u odnosu na CROPOS

Usporede li se visinske razlike u okviru pojedinih figura u kojima su određene točke na kojima su uočene velike razlike u elipsoidnoj visini, slika 8, evidentno je da postoji korelacija razlika u visini sa preciznošću određivanja elipsoidnih visina. Utjecaj troposfere u tim figurama vrlo vjerojatno nije u potpunosti eliminiran a moglo bi ga se riješiti zasebnim lokalnim određivanjem troposferskih parametara za svaku referentnu stanicu posebno.



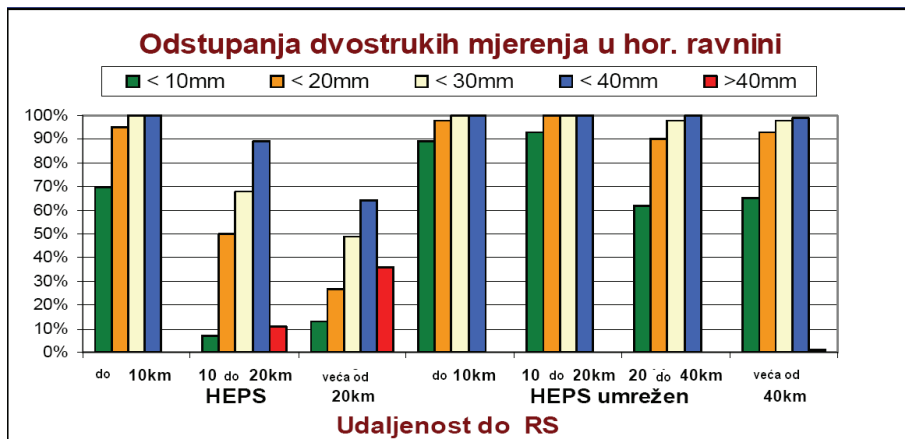
Sl.8. Odnosi visina u pojedinoj figuri u kojoj je određena visina nepozante točke

Analiza dobivenih standardnih odstupanja po pojedinim sesijama, jednako kao i na temelju težinske sredine, te na temelju raspršenosti točaka po cijelom području države ukazuju na to da usluga CROPOS-a za određivanje položaja i visina točaka u realnom vremenu ne odgovara u potpunosti osnovnim postavljenim zahtjevima koje je VPPS usluga CROPOS-a trebala ispuniti te bi se u svrhu pouzdanog određivanja elipsoidne visine RTK metodom u rubnim područjima gdje nije uspostavljena razmjena podataka sa susjednim državama u realnom vremenu, naravno samo onda kada je ona relevantan čimbenik projektne zadaće, trebalo mjeriti što duže, ne manje od 7.5 minuta po sesiji te obavezno mjeriti u najmanje dvije sesije pri tome između dvije sesije obaviti ponovno inicijalizaciju instrumenta, odnosno ukoliko se koristi VRS usluga, GPPS servis CROPOS-a, ne kraće od 15 minuta.



Sl. 10. Usporedba odstupanja u visini dvostrukih mjerenja

Problemi s određivanjem položaja i visina postoje i drugim državama koje imaju uspostavljene mreže referentnih stanica. Na slici 10 i 11 prikazana su iskustva iz mreže referentnih stanica SAPOS u Njemačkoj korištenjem HEPS servisa pri čemu su uspoređeni podaci kada su korišteni podaci s referentnih stanica za određivanje položaja i visina pojedinačno i u mreži, (URL 2).



Sl. 11. Odstupanja dvostrukih mjerenja u horizontalnoj ravnini

Iskustva iz SAPOS-a jednako kao iz CROPOS-a govore u prilog tezi, da u slučaju kada je položaj a posebno visina važan parametar, da se metoda i vrijeme mjerenja treba prilagoditi zahtjevima projektne zadaće.

4. ZAKLJUČAK

Za ostvarenje homogene točnosti na nacionalnoj razini i boljoj povezanosti s okruženjem, istovremeno u svrhu reduciranja troškova u svakodnevnoj izvedbi geodetskih zadaća uspostavljena je mreža nacionalnih referentnih stanica. Veći dio zapadne Europe je uspostavio modernu infrastrukturu i taj trend je zahvatio i područje istočne i jugoistočne Europe. Države u neposrednom Hrvatskom okružju, s izuzetkom Bosne i Hercegovine, već su prije djelomično ili u potpunosti uspostavile mreže referentnih stanica. Uspostavom CROPOS-a naša zemlja uključila se u modernu europsku i svjetsku geodetsku infrastrukturu.

U svrhu bolje iskoristivosti servisa CROPOS-a, neophodno je osigurati bolju pokrivenost Republike Hrvatske signalima mrežnih operatera kako bi se veliki projekti koji pokrivaju veće područje mogli u potpunosti osloniti na servise CROPOS-a.

Umrežavanje referentnih stanica povećava točnost RTK mjerenja, osjetno skraćuje vrijeme inicijalizacije rovera, omogućava RTK mjerenja po danu za vrijeme izrazito aktivne ionosfere, homogenizira točnost, itd. Da bi sve ove nabrojane prednosti mreže

referentnih stanica bile primjenjive u praksi nužno je osigurati razmjenu podataka sa svim državama u susjedstvu koje imaju uspostavljene mreže referentnih stanica u svrhu trenutnog pouzdanog i točnog određivanja položaja i visina točaka u prostoru RTK metodom.

LITERATURA

- [1] Bašić, T. (2001): Detaljni model geoida Republike Hrvatske HRG2000 (Detailed Geoid Model of the Republic of Croatia), Proceedings of the State Geodetic Administration "Reports on Scientific and Professional Projects from the year 2000 ", editor Landek I., page 11-22, Zagreb
- [2] DREWES, H. (2005): Probleme bei der Höhenbestimmung mit GPS, Intergeo, Düsseldorf.
- [3] ROTHACHER, M. (2004): Vorlesungsskriptum Wintersemester 2004/2004 Satellitengeodäsie 2, Institut für Astronomische und Physikalische Geodäsie der TU München.
- [4] WANNINGER, L., C. ROST, G. HARTLIEB, M. KÖHR (2006): Zur Problematik des Antennenwechsels auf GNSS-Referenzstationen, ZfV-Ausgabe 4/2006
- [5] URL 1: Grundlagen der GPS-Höhenbestimmung.
http://www.bafg.de/nn_162304/DE/05_Wissenstransfer/02_Veranstaltungen/2006/16_11_06/weiss.templateId=raw.property=publicationFile.pdf/weiss.pdf (12.12.2009)
- [6] URL 2: Umrežena RTK mjerenja s površinskim korekcijskim parametrima, virtualnim i pseudo referentnim postajama.
- [7] <http://www.htw-dresden.de/~bilaj/vortrag/Zagreb%2004.pdf> (12.12.2009)

CROPOS SERVICE IN THE ELLIPSOID HEIGHT DETERMINATION

Ilija Grgić, Maro Lučić, Marija Repanić, Davor Kršulović

***Abstract.** In the height determination there are fundamental problems that are directly correlated with the precision of the measurement procedure and height reference system. Ellipsoid heights provided by GNSS methods cannot be used without geoid model and transformation into (normal) orthometric heights. Also in last few years geoid models have been significantly improved. Using an improved geoid model to get reliable heights in geodetic engineering practice, ellipsoid height must be precisely defined. This article investigates the efficiency of CROPOS service to determine the height components on a large set of GNSS/level data measured on the Croatian territory (raster 10x10km).*