

# METODA ODREĐIVANJA VISINA KOMBINACIJOM GNSS-A I LASERSKOG SUSTAVA

» Rinaldo Paar » Ante Marenić » Mladen Zrinjski

**SAŽETAK.** GNSS RTK metodom nije moguće ostvariti milimetarsku preciznost prilikom mjerenja visina točaka. Postojeći GNSS sustavi omogućuju mjerenje visina točaka u RTK modu rada s preciznošću 2-3 centimetra. Za veliku većinu geodetskih zadataka ta preciznost je dovoljna, no za one najpreciznije inženjerske radove potrebno je ostvariti subcentimetarsku preciznost.

Kombiniranjem GNSS RTK sustava s laserskom tehnologijom moguće je povećati preciznost mjerenja visina točaka sa centimetarske na milimetarsku razinu. U ovom radu prikazane su mogućnosti, prednosti i nedostaci Topcon GNSS RTK HiPer Pro sustava u kombinaciji sa Topcon LazerZone™ tehnologijom, u svakodnevnim geodetskim zadacima za potrebe inženjerske geodezije.

Usporedba navedenog sustava s klasičnim metodama određivanja visina točaka, tj. mjerenja visinskih razlika između njih, također je izložena u okviru rada. Visinske razlike između točaka uspostavljenih na testnom polju izmjerene su geometrijskim i trigonometrijskim nivelmanom, te su određene visine dotičnih točaka u odnosu na referentnu točku koja ima poznatu visinu. Visine određene geometrijskim nivelmanom uzete su kao referentne. Također su određene visine istih točaka RTK metodom i mmGPS-om. Napravljena je usporedba visina određenih trigonometrijskim nivelmanom, RTK metodom i mmGPS-om u odnosu na referentne visine. Na kraju rada, dana je ocjena točnosti za svaku od ovih metoda.

**KLJUČNE RIJEČI:** GNSS, laserski sustav, RTK metoda, preciznost.

## > 1. Uvod

Metoda geometrijskog nivelmana, uz primjenu nivelira s dodatkom planparalelne ploče i pribora za precizno niveliranje (invarске letve s dvostrukom podjelom, papuče, držači za letve i suncobran), najprecizniji je način određivanja visinskih razlika kojom je moguće ostvariti i submilimetarsku preciznost. Preciznost mjerenja visinskih razlika iskazuje se standardnim odstupanjem sume visinskih razlika dobivenim niveliranjem u dva smjera, prema normi ISO 17123-2:2001 (ISO 2001a). Optičkim nivelirima s dodatkom planparalelne ploče moguće je ostvariti preciznost od 0,3 mm/1 km (Benčić i Solarić 2008). Modernim digitalnim nivelirima moguće je ostvariti preciznost od (0,3–1,0 mm)/1 km (Benčić i Solarić 2008).

Metodom trigonometrijskog nivelmana, uz primjenu mjernih stanica, moguće je ostvariti subcentimetarsku preciznost određivanja visinskih razlika.

Za razliku od klasičnih geodetskih

metoda kojima se mjere visinske razlike, satelitskim metodama određuju se visine točaka. GNSS RTK metodom mjerenja moguće je ostvariti preciznost mjerenja visina točaka od 1–3 cm (Bačić i Bačić 1999). Kada bude postignuta puna konstelacija Galileo sustava 2012./2013. godine (Hofmann-Wellenhof i dr. 2008), zajedno sa GPS-om i GLONASS-om, u orbiti će biti preko 60 satelita za pozicioniranje (Zrinjski i dr. 2005), čime će se povećati točnost određivanja visina GNSS sustavima. Preciznost koju danas ostvarujemo GNSS sustavima za određivanje visina točaka možemo obavljati veliku većinu geodetskih zadataka, no za preciznije inženjerske radove potrebno je ostvariti subcentimetarsku preciznost.

## > 2. Određivanje visina GNSS RTK metodom i laserskom tehnologijom

Proizvođač geodetskih instrumenata *Topcon* razvio je novu tehnologiju

pod nazivom *Topcon LazerZone™* koja omogućava određivanje i iskolčenje visina s milimetarskom preciznošću. Sustav je moguće koristiti samo u kombinaciji s *Topcon* RTK sustavima. Takav integrirani sustav sastoji se od:

- *Topcon HiPer Pro* GNSS RTK sustava i
- *Topcon LazerZone™* sustava. *Topcon LazerZone™* sustav čine:
- laserski odašiljač PZL-1 i
- laserski senzor PZS-1.

Sustav radi na sljedeći način. Referentni GNSS uređaj postavlja se na poznatu točku te šalje sve korekcije putem radioveze pokretnom GNSS uređaju ispod kojeg je postavljen laserski senzor. Laserski senzor prima laserski signal od laserskog odašiljača koji je postavljen na poznatu točku (točka ima poznatu visinu milimetarske preciznosti (točnosti)). Laserski senzor povezan je s GNSS pokretnim uređajem te trenutno računa visinske razlike s milimetarskom preciznošću u odnosu na



Slika 1. Topcon HiPer Pro GNSS sustav (URL-1)

odašiljač. Laserski odašiljač ne šalje klasičnu lasersku zraku u horizontalnoj ili kosoj ravnini, već šalje laserski snop. Na taj način, laserski senzori računaju visinske korekcije u odnosu na odašiljač.

Cijeli sustav je funkcionalan, a može se koristiti samo pokretni prijamnik, uz primjenu VPPS servisa (Visoko precizni servis pozicioniranja u realnom vremenu) CROPOS-a (mreža referentnih GNSS stanica Republike Hrvatske). Postupak rada na terenu je isti, a potrebno se samo povezati na CROPOS pomoću GPRS/UMTS mobilnog interneta ili GSM modema (URL-7).

## 2.1 TOPCON HIPER PRO GNSS SUSTAV

Standardni GPS prijammnici omogućuju primanje samo signala s NAVSTAR GPS satelita i osiguravaju centimetarsku točnost u RTK modu mjerenja. Topcon HiPer Pro sustav (Slika 1) je prvi sustav koji je omogućio istovremeno primanje signala s NAVSTAR GPS i GLONASS satelita.

Tehničke karakteristike Topcon HiPer Pro sustava su sljedeće (Topcon 2006):

- 40 kanalni uređaj: 20 GPS L1+L2 (dvofrekvencijski GPS), GPS L1 + GLONASS (jednofrekvencijski GPS+GLONASS), 20 GPS L1+L2/GLO-NASS (dvofrekvencijski GPS+GLONASS),
- preciznost: H: 3 mm + 0,5 ppm, V: 5 mm + 0,5 ppm (statika),
- preciznost: H: 10 mm + 1 ppm, V: 15 mm + 1 ppm (RTK),
- bežična veza (Bluetooth do 50 m),
- memorija: 96 MB, proširivo do 1 GB,
- radio-interni Tx/Rx, UHF antena,

- baterije – dvije interne Li-ion za 14 sati rada,
- masa: 1,74 kg,
- aluminijsko kućište, otporno na kišu,
- mjerno područje: -30 °C do +60 °C.

## 2.2 TOPCON LAZERZONE™ SUSTAV

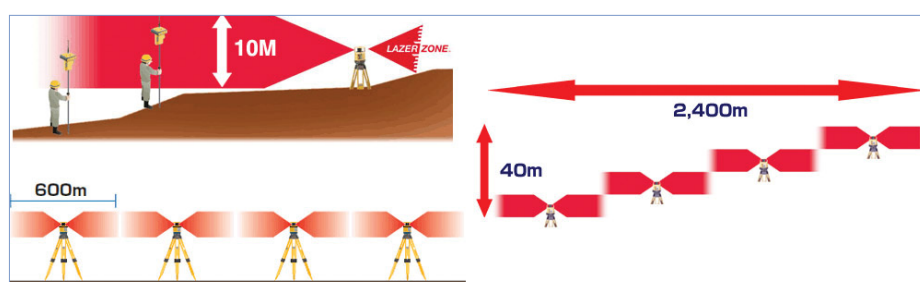
Topcon LazerZone™ sustav sastoji se od laserskog odašiljača PZL-1 (Slika 3) i laserskog senzora PZS-1 (Slika 4). Laserski odašiljač ne šalje horizontalnu lasersku zraku kao što je to slučaj kod rotacijskih nivelira, već šalje laserski snop visine 10 m u radijusu 300 m (Slika 2). Na taj način, laserski senzori primaju laserski signal od odašiljača. Jedan laserski senzor može primati signale s četiri različita odašiljača te je na taj način moguće raditi u zoni koja pokriva područje širine 2,4 km (svaki od četiri odašiljača pokriva područje od 600 m) i visinske razlike 40 m (odašiljač šalje laserski snop visine 10 m, a četiri odašiljača 40 m) (Slika 2). Laserski senzor koji je postavljen na pokretni uređaj GNSS RTK sustava može se bez ikakvih intervencija od strane korisnika



Slika 3. Topcon laserski odašiljač PZL-1 (URL-4)



Slika 4. Topcon laserski senzor PZS-1 (URL-4)



Slika 2. Raspon rada laserskog snopa PZL-1 odašiljača (URL-2)

prebacivati iz jednog u drugi djelokrug rada laserskih odašiljača.

## TEHNIČKE KARAKTERISTIKE (URL-3):

- širina laserskog snopa:  $\pm 10^\circ$  (0-30 m),  $\pm 5$  m (30-300 m),
- radijus laserskog snopa: 300 m,
- točnost laserskog snopa: rezolucija – 1 arc sekunda,
- automatsko horizontiranje:  $\pm 5'$ ,
- brzina vrtnje lasera: 600 okr/min
- klasa lasera: 1,
- bežična veza (Bluetooth), RS-232C veza,
- baterije: interne Ni-MH za 15 sati rada,
- aluminijsko kućište, vodootporno,
- mjerno područje: -20 °C do +50 °C.

## TEHNIČKE KARAKTERISTIKE (URL-3)

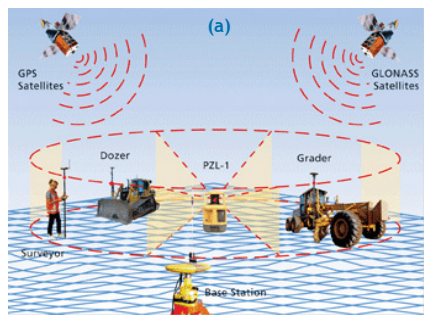
- detektiranje laserskog signala: »prozor« širine:  $\pm 10^\circ$  sa  $\pm 10^\circ$ ,
- RS-232C veza,
- baterije: interne Li-ion za 8 sati rada,
- aluminijsko kućište, vodootporno,
- mjerno područje: -20 °C do +50 °C,
- masa: 1,00 kg.

## 2.3 PRINCIP RADA

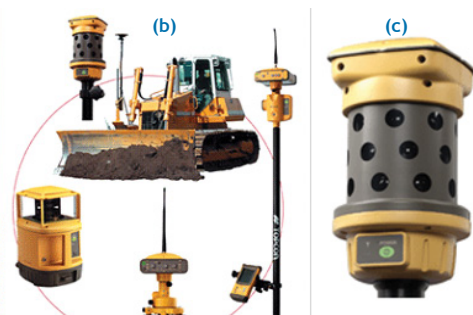
Laserski odašiljač postavlja se na točku koja ima poznatu milimetarsku visinu. Laserski senzor postavlja se na štap ispod antene pokretnog uređaja HiPer Pro sustava, te je s njome povezan putem RS-232C veze. Preko upravljačkog uređaja HiPer Pro sustava sve komponente sustava se povezuju i usklađuju.

Laserski senzor prima laserski signal od odašiljača i trenutno računa visinsku razliku svoje pozicije u odnosu na položaj odašiljača, s preciznošću od 2,5 mm/50 m. Istovremeno može raditi neograničen broj laserskih senzora u djelokrugu rada jednog laserskog odašiljača.

Rad s ovim sustavom u praksi vrlo je jednostavan i praktičan. Nakon što se cjelokupan instrumentarij postavi na terenu, početna inicijalizacija sustava može se napraviti u vrlo kratkom vremenu te se započinje s mjerenjem. Treba napomenuti da je pri tome potrebno dosta precizno usmjeriti štap mobilnog GNSS RTK uređaja na koji je postavljen PZS-1 senzor prema PZL-1 odašiljaču, kako bi se primio laserski signal. Tu činjenicu bi se moglo istaknuti i kao jedini nedostatak cijelog sustava s obzirom da smatramo da je »prozor« od  $\pm 10^\circ$  sa  $\pm 10^\circ$  unutar kojeg se prima signal, premalen. No i taj problem će vjerojatno biti riješen sa senzorom koji će moći primati signal u krugu od 360°, kao što je to slučaj sa senzorom PZS-MC (Slika 5c), koji je namijenjen za rad s građevin-



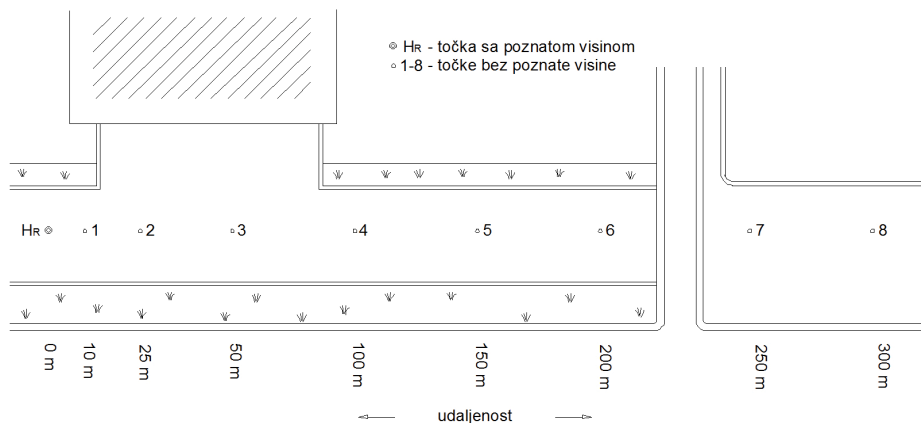
Slika 5a, 5b i 5c. Topcon LazerZone™ sustav u praksi, (c) PZS-MC senzor (URL-2, URL-4)



Slika 7. Topcon DL-101C (URL-6)



Slika 8. Topcon GMT100



Slika 6. Testno polje u Gradu Zagrebu

skim strojevima. U trenutku kada senzor primi laserski signal od odašiljača, visina se više ne određuje iz GPS mjerenja, već samo na osnovu laserskog signala.

Opisani sustav, osim u svakodnevnim geodetskim poslovima iskolčenja i izmjere, nalazi široku primjenu pri upravljanju i navođenju građevinskih strojeva na gradilištima (Slika 5a i 5b). Od građevinskih se strojeva, ovisno o namjeni, traži različita položajna i visinska točnost izvođenja radova definiranih projektom.

Za realizaciju projekata kod kojih se zahtijevala milimetarska visinska preciznost nije se mogla u sustavu navođenja koristiti RTK mjerna tehnika za određivanje položaja strojeva, zbog nedovoljne točnosti u visinskom smislu. Instaliranjem PZS-MC senzora (Slika 5c) uz GNSS RTK prijammike na različite građevinske strojeve (finašere, grejdere, buldožere i ostale strojeve) može se postići milimetarska preciznost za određivanje visina te je sustav kao takav pogodan za gotovo sve radove na gradilištu.

Upotreba Topcon LazerZone™ sustava za upravljanje i navođenje građevinskih strojeva značajno smanjuje vrijeme potrebno za mjerenja te povećava kvalitetu rada građevinskih strojeva, a samim time povećava se produktivnost te smanjuju troškovi građevinskih radova.

### > 3. Testiranje sustava

Gore opisani sustav testirao se i usporedio s klasičnim geodetskim metodama

kako bi se odredila njegova preciznost.

### 3.1 OBAVLJENA MJERENJA I ANALIZA REZULTATA

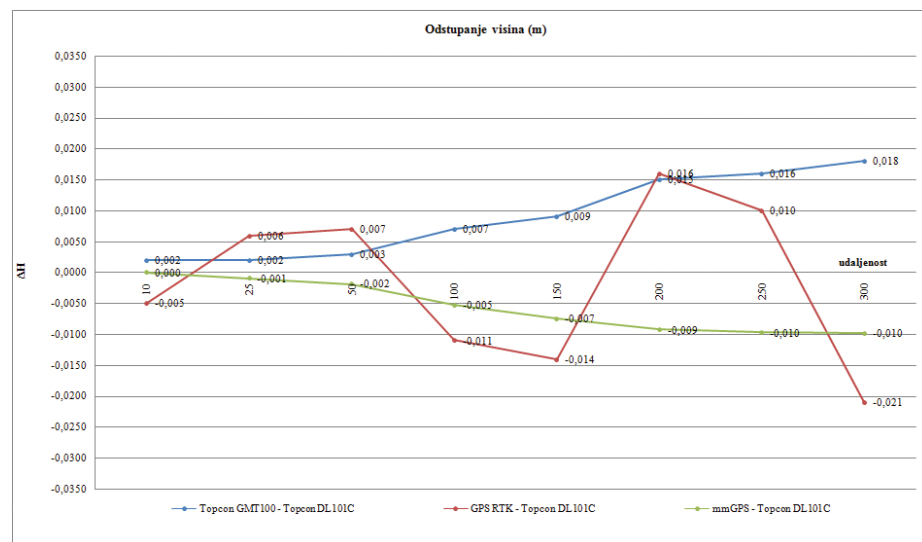
Zadatak je bio utvrditi da li je preciznost deklarirana od strane proizvođača ostvariva u svakodnevnom radu na konkretnim zadacima. Uspostavilo se testno polje s devet točaka u Gradu Zagrebu (Slika 6). Prva točka je imala poznatu visinu

Točka	HDL101C [m]	HGMT100 [m]	HRTK [m]	HmmGPS [m]
1	99,913	99,915	99,908	99,913
2	99,808	99,810	99,814	99,807
3	99,952	99,955	99,959	99,950
4	100,164	100,171	100,153	100,159
5	100,353	100,362	100,339	100,346
6	100,424	100,439	100,440	100,415
7	100,403	100,419	100,413	100,393
8	100,729	100,747	100,708	100,719

Tablica 1. Visine točaka određene različitim metodama

Točka	ΔGMT100 - DL101C [m]	ΔRTK - DL101C [m]	ΔmmGPS - DL101C [m]
1	0,002	-0,005	0,000
2	0,002	0,006	-0,001
3	0,003	0,007	-0,002
4	0,007	-0,011	-0,005
5	0,009	-0,014	-0,007
6	0,015	0,016	-0,009
7	0,016	0,010	-0,010
8	0,018	-0,021	-0,010
Δmin	0,002	0,005	0,000
Δmax	0,018	0,021	0,010
Δsrednja	0,009	0,011	0,006

Tablica 2. Visine točaka određene različitim metodama



Slika 9. Grafički prikaz odstupanja visina točaka svih metoda od geometrijskog nivelmana

3:2001 (ISO 2001b) i ISO 17123-4:2001 (ISO 2001c) te je dobiveno standardno odstupanje mjerenja horizontalnih pravaca 1,9", a standardno odstupanje mjerenja duljina 1,0 mm (Paar i dr. 2005).

Slijedilo je određivanje visine točaka GNSS RTK metodom, primjenom Topcon HiPer Pro sustava. Na kraju su određene visine svih točaka korištenjem GNSS RTK sustava u kombinaciji sa Topcon Lazer-ZoneTM sustavom (popularno se naziva mmGPS). Kod obje GPS metode visine su se mjerile u 10 sesija, u svakoj po 3 epohe opažanja.

Visine točaka koje su određene geometrijskim nivelmanom uzete su kao referentne. Visine dobivene ostalim trima metodama usporedene su s referentnim visinama u tablici 1.

U tablici 1 prikazane su visine točaka (1 do 8 na testnom polju) dobivene svakom od navedenih metoda. U tablici 2 prikazane su razlike između visina određenih svakom od tri metode i referentnih visina. Analiza pokazuje da su najmanje razlike upravo između referentnih visina i visina određenih mmGPS-om. Također, iz dobivenih rezultata vidi se da su najveće razlike između referentnih visina i visina određenih GNSS RTK metodom. Zanimljiva je karakter odstupanja (predznak +/-) visina određenih trigonometrijskim ni-

velmanom i visina određenih mmGPS. Naime, prema slici 9, vidi se da su visine određene trigonometrijskim nivelmanom veće od visina određenih geometrijskim nivelmanom (predznak "+"), dok su visine određene mmGPS manje od visina određenih geometrijskim nivelmanom (predznak "-").

Visine određene mmGPS razlikuju se od visina određenih geometrijskim nivelmanom u rasponu od  $\Delta_{min} = 0$  mm do  $\Delta_{max} = 10$  mm, dok srednje odstupanje iznosi  $\Delta_{srednje} = 6$  mm. Visine određene RTK metodom razlikuju se od visina određenih geometrijskim nivelmanom u rasponu od  $\Delta_{min} = 5$  mm do  $\Delta_{max} = 21$  mm, dok srednje odstupanje iznosi  $\Delta_{srednje} = 11$  mm. Visine određene trigonometrijskim nivelmanom razlikuju se od visina određenih geometrijskim nivelmanom u rasponu od  $\Delta_{min} = 2$  mm do  $\Delta_{max} = 18$  mm, dok srednje odstupanje iznosi  $\Delta_{srednje} = 9$  mm (Tablica 2).

### 3.2 OCJENA TOČNOSTI Geometrijski nivelman

Pri izjednačenju visinskih razlika u nivelmanskom vlaku (metoda geometrijskog nivelmana, primjena digitalnog nivelira Topcon DL-101C) dobivena je sljedeća ocjena točnosti:

- Referentno standardno odstupanje

nivelanskog vlaka:

$$s_0 = 0,62 \text{ mm.}$$

- Standardno odstupanje pojedinih mjerenih visinskih razlika:

$$s_{\Delta h1} = 0,04 \text{ mm, } s_{\Delta h2} = 0,05 \text{ mm,}$$

$$s_{\Delta h3} = 0,07 \text{ mm, } s_{\Delta h4} = 0,10 \text{ mm,}$$

$$s_{\Delta h5} = 0,10 \text{ mm, } s_{\Delta h6} = 0,10 \text{ mm,}$$

$$s_{\Delta h7} = 0,10 \text{ mm, } s_{\Delta h8} = 0,10 \text{ mm.}$$

- Standardno odstupanje određenih visina točaka:

$$s_{h1} = 0,04 \text{ mm, } s_{h2} = 0,07 \text{ mm,}$$

$$s_{h3} = 0,10 \text{ mm, } s_{h4} = 0,14 \text{ mm,}$$

$$s_{h5} = 0,17 \text{ mm, } s_{h6} = 0,19 \text{ mm,}$$

$$s_{h7} = 0,22 \text{ mm, } s_{h8} = 0,24 \text{ mm.}$$

### Trigonometrijski nivelman

Standardno odstupanje trigonometrijskog određivanja visinskih razlika izračunato je prema izrazu:

$$s_{\Delta h} = \left\{ s_{hi}^2 + s_{hr}^2 \left[ \left( \cos z + \frac{CR \cdot S \cdot \sin^2 z}{500} \right) \cdot s_s \right]^2 + \left[ \left( \frac{CR \cdot S \cdot \sin z \cdot \cos z}{500} - S \cdot \sin z \right) \cdot \frac{s_z}{\rho''} \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

pri čemu su:

- $z$  - zenitni kut,
- $S$  - kosa duljina između točaka,
- $s_{hi}$  - nesigurnost mjerenja visine instrumenta,
- $s_{hr}$  - nesigurnost očitavanja visine prizme,
- $s_z$  - nesigurnost mjerenja zenitnih kutova,
- $s_s$  - nesigurnost mjerenja kose duljine.
- $CR$  - utjecaj refrakcije ( $CR=0,675$ ).

Izračun standardnog odstupanja na različitim udaljenostima prikazan je u tablici 3 pri čemu su:

- nesigurnost mjerenja visine instrumenta  $s_{hi} = 0,001$  m,
- nesigurnost očitavanja visine prizme  $s_{hr} = 0,001$  m,
- nesigurnost mjerenja kose duljine  $s_s = 0,002$  m,
- nesigurnost mjerenja zenitnih kutova  $s_z = 2''$ ,
- utjecaj refrakcije  $CR = 0,675$ .

Vidljivo je da standardno odstupanje kontinuirano raste povećanjem duljine

Broj točke	Visina H [m]	Kosa duljina S [m]	Zenitni kut z [° ' '']	Nesigurnost mj. duljina sS [m]	Standardno odstupanje, sΔh [m]
1	99,915	10,029	90.° 49' 56''	0,0020	0,0012
2	99,810	25,033	90.° 22' 44''	0,0021	0,0019
3	99,955	49,975	89.° 54' 52''	0,0021	0,0033
4	100,171	99,996	89.° 55' 23''	0,0022	0,0064
5	100,362	149,967	89.° 57' 18''	0,0023	0,0095
6	100,439	199,909	89.° 59' 46''	0,0024	0,0126
7	100,419	249,744	90.° 01' 15''	0,0025	0,0158
8	100,747	299,603	89.° 57' 11''	0,0026	0,0189

Tablica 3. Standardno odstupanje određivanja visinskih razlika trigonometrijskim nivelmanom

Broj točke	Visina H [m]	Duljina D [m]	Standardno odstupanje, sh [m]
1	99,908	10	0,0054
2	99,814	25	0,0063
3	99,959	50	0,0074
4	100,153	100	0,0120
5	100,339	150	0,0148
6	100,440	200	0,0169
7	100,413	250	0,0107
8	100,709	300	0,0206

Tablica 4. Standardno odstupanje određivanja visinskih razlika trigonometrijskim nivelmanom

Broj točke	Visina H [m]	Duljina D [m]	Standardno odstupanje, sh [m]
1	99,913	10	0,0000
2	99,807	25	0,0017
3	99,950	50	0,0021
4	100,159	100	0,0053
5	100,346	150	0,0074
6	100,415	200	0,0095
7	100,393	250	0,0105
8	100,719	300	0,0105

Tablica 5. Standardno odstupanje određivanja visina točaka mmGPS metodom

kod trigonometrijskog određivanja visina točaka. Na udaljenosti 10 m standardno odstupanje iznosi 1,2 mm, na 150 m iznosi 9,5 mm, a na udaljenosti zadnjeg testnog polja od 300 m iznosi 18,9 mm (Tablica 3).

### 3.3 GPS RTK I MMGPS

Kod GNSS RTK metode proizvođač TOPCON deklarirao je za uređaj HiPer Pro preciznost za mjerenja visina točaka: 15 mm + 1 ppm. Standardna odstupanja visina točaka izračunata su za visine mjerene RTK metodom (Tablica 4) i za visine određene mmGPS-om (Tablica 5).

Dobiveni rezultati visina i ocjena točnosti pokazuju da se kombiniranjem GNSS RTK metode mjerenja s laserskom tehnologijom povećava preciznost određivanja visina točaka u odnosu na GNSS RTK metodu mjerenja. Rezultati ostvareni mmGPS-om bolji su od onih ostvarenih GNSS RTK metodom. Iz ostvarenih rezultata može se zaključiti da je preciznost određivanja visina točaka trigonometrijskim nivelmanom neznatno lošija od preciznosti ostvarene GNSS RTK metodom mjerenja u kombinaciji s laserskom tehnologijom. Najslabiji rezultati su ostvareni GNSS RTK metodom mjerenja. Također, može se uočiti da preciznost određivanja visina točaka trigonometrijskim nivelmanom i GNSS RTK metodom mjerenja u kombinaciji s laserskom tehnologijom opada sa povećanjem duljine.

## > 4. Zaključak

Topcon LazerZone™ sustav u kombinaciji s Topcon GNSS RTK sustavima – mmGPS omogućava povećanje preciznosti određivanja visina točaka sa cen-

timetarske na milimetarsku razinu. Takav sustav moguće je koristiti za najpreciznije inženjerske zadatke. Sustav donosi niz prednosti na području automatizacije poslova, kao što je to slučaj prilikom navođenja građevinskih strojeva.

U ovome radu prikazana je analiza kojom se potvrdilo da se opisanim sustavom povećava preciznost određivanja visina točaka u RTK modu mjerenja. Na taj način se u određenoj mjeri ograničenja po pitanju preciznosti postojećih GNSS RTK sustava za potrebe mjerenja visina točaka eliminiraju. Isto tako, analizom se utvrdilo da je preciznost navedenog sustava najbliža preciznosti koju je moguće ostvariti trigonometrijskim određivanjem visina točaka.

Takav sustav je precizniji od standardnih GNSS RTK sustava. On objedinjava jednostavnost rotirajućih lasera, preciznost totalnih stanica te jednostavnost upotrebe, brzinu, ekonomičnost i fleksibilnost GNSS RTK sustava.

Nedostatak ovog sustava očituje se u činjenici da je potrebno dosta precizno usmjeriti štap mobilnog GNSS RTK uređaja, na koji je postavljen PZS-1 senzor prema PZL-1 odašiljaču, kako bi se primio laserski signal.

Prednosti ovog sustava su:

- prvi u svijetu GNSS sustav s milimetarskom preciznošću određivanja visina točaka u RTK modu mjerenja,
- moguće je pokriti široko područje rada na terenu – 600 m u promjeru i 10 m visinske razlike (kombiniranjem sa četiri laserska odašiljača pokriva se područje od 2,4 km i visinske razlike 40 m),
- veća fleksibilnost, jednostavnost i brzina rada,

- povećanje produktivnosti i smanjenje troškova.

## > Literatura

- » Bačić, Ž., Bačić, T. (1999): Satelitska geodezija II, interna skripta, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- » Benčić, D., Solarić, N. (2008): Mjerni instrumenti i sustavi u geodeziji i geoinformatici, Školska knjiga, Zagreb.
- » Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., Wasle, E. (2008): GNSS – Global Navigation Satellite Systems – GPS, GLONASS, Galileo and more, Springer-Verlag, Wien – New York.
- » ISO (2001a): ISO 17123-2:2001: Optics and optical instruments -- Field procedures for testing geodetic and surveying instruments -- Part 2: Levels.
- » ISO (2001b): ISO 17123-3:2001: Optics and optical instruments -- Field procedures for testing geodetic and surveying instruments -- Part 3: Theodolites.
- » ISO (2001c): ISO 17123-4:2001: Optics and optical instruments -- Field procedures for testing geodetic and surveying instruments -- Part 4: Electro-optical distance meters (EDM instruments).
- » Paar, R., Kapović, Z., Ahmetović, S. (2005): Ispitivanje preciznosti mjerne stanice Topcon GMT-100 prema ISO normama 17123-3 i 17123-4, Geodetski list, 4, 267–278.
- » Topcon (1999): GMT-100 Instruction manual, Topcon corporation, 75–1 Hasunuma-cho, Itabashi-ku, Tokyo, Japan.
- » Topcon (2006): HiPer Pro operator's manual, Topcon Positioning Systems, Inc; Livermore, California, USA.
- » Zrinjski, M., Bačić, Ž., Barković, Đ. (2005): Modernizacija GPS-a (GNSS-2), Geodetski list, 1, 45–61.
- » URL-1: <http://www.topcon.hr/article.php?p=product&g=3>, (10.01.2010.).
- » URL-2: <http://www.topcon-positioning.eu/index.asp?pageid=8087c897f0a74d79b59adbce27772478> (30.12.2009.).
- » URL-3: [http://www.topcon-positioning.eu/img/pdf/pdf\\_GPS/Leaflet%20MM\\_GPS\\_English\\_web.pdf](http://www.topcon-positioning.eu/img/pdf/pdf_GPS/Leaflet%20MM_GPS_English_web.pdf) (30.12.2009.).
- » URL-4: <http://www.topcon.hr/article.php?p=product&g=4> (10.01.2010.).
- » URL-5: [http://www.topcon.hr/cms/system/editor/uploads/files/produkti/dl\\_101C\\_102C.pdf](http://www.topcon.hr/cms/system/editor/uploads/files/produkti/dl_101C_102C.pdf) (10.01.2010.).
- » URL-6: <http://www.topcon.hr/article.php?p=product&g=2>, (10.01.2010.).
- » URL-7: <http://www.cropos.hr/> (17.12.2009.).