

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
ŠUMARSKI FAKULTET

Vedran Babić, Ante Vlahov

**PRECIZNOST TERENSKE IZMJERE SUVREMENIM  
TEHNOLOGIJAMA – NA PRIMJERU  
VIŠENAMJENSKE ŠUMSKE STAZE**

ZAGREB, 2018

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. HIPOTEZA I CILJEVI RADA .....	3
3. MATERIJALI I METODE .....	4
3.1. MATERIJALI.....	4
3.1.1. Globalni navigacijski satelitski sustav – GNSS.....	4
3.1.2. Globalni navigacijski sustavi (GPS, GLONASS, GALILEO, COMPASS) ...	5
3.1.3. Sustav državne mreže referentnih GNSS stanica – CROPOS .....	7
3.1.4. Način iskazivanja preciznosti podataka.....	9
3.1.5. Opis sastojine .....	11
3.2. METODE .....	12
3.2.1. Uklapanje osovinskog poligona.....	12
3.2.2. Klasična izmjera visina – nivelacija .....	12
3.2.3. Prikupljanje podataka totalnom stanicom STONEX R2W PLUS .....	13
3.2.4. Snimanje bespilotnom letjelicom (dronom) .....	14
3.2.5. GNSS prijemnici – Stonex S9i, Stonex S10 i Magellan Promark500 .....	14
3.2.6. Utvrđivanje stupnja sklopa .....	14
4. REZULTATI .....	17
5. RASPRAVA SA ZAKLJUČCIMA .....	23
6. LITERATURA.....	25
SAŽETAK .....	27
SUMMARY .....	28

Ovaj rad izrađen je na Zavodu za šumarske tehnike i tehnologije Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc.dr.sc Hrvoja Nevečerela i neposrednim vodstvom dr.sc Krune Lepoglavca te je predan na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2017/2018.

## 1. UVOD

U današnje doba sve je prisutnija upotreba različitih GNSS prijemnika u svim djelatnostima (osim za vojne potrebe, što je bio osnovni povod izrade sistema) koje svoje radne zadatke obavljaju u otvorenom prostoru – geodeti, šumari, geolozi, geofizičari, geografi, hidrografi, agronomi, ukratko sve struke kojima je neophodan terenski rad. Stalni napredak takve tehnologije je prisutan od njenog postanka.

Korištenje GNSS-a (GPS-a) za prikupljanje podataka na šumskim područjima pokazalo se zahtjevnim, ali i učinkovitim. Šumske površine na planinskom i strmom terenu (Deckert i Bolstad, 1996) predstavljaju brojne prepreke za točno i nepristrano GPS pozicioniranje. Isti su autori utvrdili kako je položajna preciznost veća kod otvorenog sklopa nego u zatvorenom sklopu krošanja.

Strmi tereni i gust sklop krošanja (Pirti, 2008) smanjuju kakvoću signala, zbog čega je preciznost određivanja pozicije nepouzdana i često ne zadovoljava propisane norme. Stalna promjena položaja satelita značajno utječe na kakvoću prikupljenih podataka u šumskim predjelima, što rezultira odstupanjem u preciznosti podataka. Debla i krošnje stabala slabe i ometaju signal, što rezultira slabijom kakvoćom prikupljenih podataka, jer signal ne uspijeva stići do GPS prijemnika. Pojava pri kojoj satelitski signal dolazi do antene prijemnika različitim putovima naziva se višestazje (*multipath*). Upravo se zbog te pojave u šumom obraslom području događaju velika odstupanja u određivanju pozicije. Stoga se pojavila potreba za testiranjem visoko preciznih GPS-uređaja u šumarstvu čija se preciznost kreće ispod 2 cm prema tehničkim specifikacijama različitih proizvođača.

Do sredine 1990-ih rezultati svih GPS mjerenja bili su dostupni tek nakon završetka istraživanja i nakon obrade podataka (*Post-processing-a*), potom je uvedena nova metoda naziva „Kinematička metoda u stvarnom vremenu“ (*RTK – Real-Time Kinematic*). RTK je (Pirti i dr. 2009) napredni oblik relativnoga uređaja GPS kojom se podaci s bazne stanice prenose na *rover*, koji potom vektorski izračunava udaljenost od bazne stanice do *rovera*. Napredak tehnologija za istraživanje Zemlje iz svemira omogućio je razvoj satelitskih sustava za pozicioniranje i navigaciju.

Globalni Navigacijski Satelitski Sustav (*GNSS – Global Navigation Satellite System*) je osmišljen (Filić, 2017) da u bilo koje trenutku i za bilo koji objekt na Zemljinoj površini

može dati podatak o njegovom trenutnom vremenu, položaju i brzini gibanjem (*engl. Position, Velocity and Time*) tj. PVT stanju.

Prilikom izrade glavnih projekata šumske prometne infrastrukture vrlo je bitno prikupiti terenske podatke sa maksimalnom mogućom preciznošću. Situacijski nacrt prikazuje (Narodne novine, 2014) položaj projektiranog dijela građevine u prostoru te njegov položaj i povezanost s drugim građevinama mjerodavnim za njegovo tehničko rješenje. Situacija, između ostalog, sadrži popis koordinata lomnih točaka koje određuju granice građevina čiji je smještaj određen unutar obuhvata zahvata u prostoru. Sukladno navedenom je i odabrana tema ovoga rada čiji rezultat predstavlja potencijalno rješenje prilikom izrade višenamjenske šumske staze.

## 2. HIPOTEZA I CILJEVI RADA

Prikupljanje terenskih podataka klasičnim metodama ne daju nam dovoljnu preciznost (nakon *post-processing-a*) prilikom uklapanja podataka u službeni položajni referentni koordinatni sustav Republike Hrvatske (HTRS96).

Stupanj zastrtosti krošanja (Sigrist i dr., 1999.) ima značajan učinak na horizontalnu i vertikalnu pozicijsku preciznost. Taj je odnos eksponencijalan, pri čemu mali porast zatvorenosti sklopa može rezultirati velikim povećanjem pogreške. Sukladno navedenom potrebno je odrediti kategoriju sklopa pri čemu će veća zastrtost krošnjama značajnije utjecati na kvalitetu podataka dobivenim uz pomoć GNSS prijemnika.

Različiti GNSS prijamnici, bez obzira na njihove deklarirane tehničke specifikacije, u stvarnim terenskim uvjetima pokazuju različitu preciznost. Na dodatnu razliku utječe sklop krošanja, različite vrste i konfiguracija terena. Ovim će se radom utvrditi mogućnost primjene istraživanih GNSS prijemnika pri prikupljanju podataka potrebnih za izradu glavnoga projekta višenamjenske šumske staze.

Odabir područja istraživanja i usporedba dostupnih tehnologija predstavljaju potencijalne smjernice za prikupljanje terenskih podataka u krškim područjima. Dosadašnje korištenje totalne stanice (u ovome radu korišteno kao referentna vrijednost) pretpostavlja angažman snimatelja i figuranta, a predloženi GNSS prijemnici samo jednog snimatelja. Racionalizacija ljudskih resursa može značajno ubrzati terensku izmjeru, a ona ovisi o rezultatima ovoga rada.

### **3. MATERIJALI I METODE**

GNSS sustav sve se više upotrebljava u šumarskoj struki te je kao takav bio tema mnogih istraživanja. Deckert i Bolstad (1996) proučavali su učinke terena, šumskog sklopa, broja uspješnih korekcija položaja i utjecaj PDOP vrijednosti na preciznost GPS-a. Kasnije je Pirti (2008) također došao do zaključka da sklop krošanja u šumi ima značajan utjecaj na preciznost, preciznost i rad GPS uređaja. Hasegawa i Yoshimura (2003) proučavali su performanse dvostrukih frekvencija GPS prijemnika za statičku izmjeru ispod krošanja drveća.

Valbuena i dr. (2010) govore kako danas postoje mnogo referentnih postaja koje putem interneta mogu izravno prenijeti korekcije na GNSS prijemnik. Ova metoda je daleko učinkovitija od postupaka naknadne obrade i bolja je od postavljanja vlastite referentne postaje.

#### **3.1. MATERIJALI**

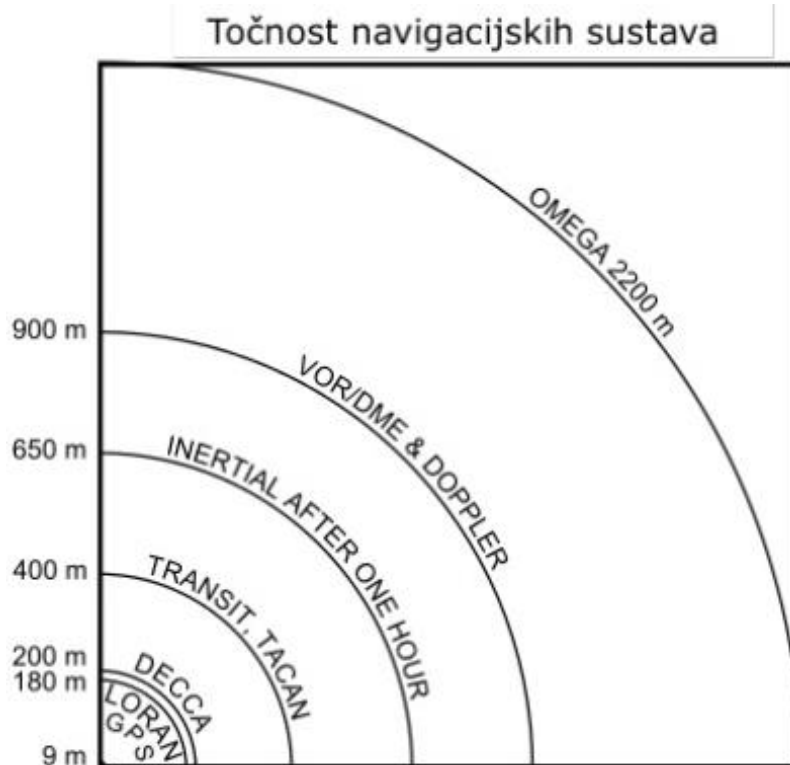
##### **3.1.1. Globalni navigacijski satelitski sustav – GNSS**

Globalni navigacijski sustavi su sustavi navigacije koji koriste vanjske umjetno stvorene signale za određivanje pozicija na globalnom nivou (cijela zemlja ili veliko područje zemlje).

Navigacijski sustavi kroz povijest svojim su razvojem iz generacije u generaciju postajali sve točniji i precizniji, te je njihova primjena bila sukladna tome. Na slici xx je grafički prikazano preciznost pojedinih sustava kroz povijest, te je evidentno da su neke od prvih sustava bili korisni u nekoj vrsti globalne navigacije na dugim rutama, te su se koristili prvenstveno u moreplovstvu gdje za prelazak nekog oceana nije toliko presudna velika preciznost. U zrakoplovstvu bi takvi sustavi također mogli biti primjenjivi na većim udaljenostima u nekakvoj općoj navigaciji, ali za bilo kakvu vrstu precizne navigacije koja se u zrakoplovstvu koristi takvi sustavi nisu adekvatni. (Groves P. 2008)

GNSS se sastoji od tri segmenta:

- satelitske komponente,
- upravljačkog segmenta,
- korisničkog segmenta.



Slika 1. Točnost navigacijskih sustava

### 3.1.2. Globalni navigacijski sustavi (GPS, GLONASS, GALILEO, COMPASS)

Krajem 70-ih godina Ministarstvo obrane SAD-a uspostavilo je sistem za satelitsku navigaciju – „*Global Positioning System*“. Njegova prvotna funkcija bila je namijenjena korištenju u vojne svrhe. Kasnije je prilagođen civilnoj uporabi i danas se koristi u cijelom svijetu. Sam GPS sustav vlasništvo je Sjedinjenih Američkih Država koje dozvoljavaju njegovo korištenje, ali pritom zadržavaju prava oko odlučivanja raspoloživosti sustava korisnicima.

Uvođenjem GNSS-a omogućeno je 24 sata dnevno odrediti točnu poziciju bilo koje točke na zemlji, čime je uvelike olakšana navigacija. Pomoću GNSS prijemnika koji primaju signale od satelita možemo u svakom trenutku odrediti gdje se nalazimo, kuda idemo i u konačnosti što radimo. Razvojem tehnologije i informatike došlo je do pada cijena GNSS prijemnika, tako da su postali vrlo pristupačni i našli veliku primjenu u znanstvene svrhe kao i u svakodnevnom životu. U šumarstvu se koristi za prikupljanje prostornih podataka koji služe za obnovu različitih tematskih karata, pa tako i karata sa šumskim prometnicama.



Dostupnost informacija i usluga vrlo je važno područje u životu svakog čovjeka. Stalnim razvojem tehnologije i znanosti posljednjih godina, korisnici su u mogućnosti sami prikupljati podatke o svojoj okolini, npr. pomoću pametnih telefona koji u sebi sadrže kameru, mikrofon, GPS prijemnik i druge senzore za prikupljanje podataka. Preciznost takvih podataka ne mora nužno biti „milimetarska“. Postoje mnogi slučajevi u kojima je i preciznost od desetak metara sasvim dovoljna, odnosno podaci su itekako iskoristivi.

Kako bi se olakšao rad na terenu mnogim strukama i djelatnostima, uz sve prisutnije ručne GPS uređaje proizvođača Garmin, razvijena su razna softverska rješenja koja omogućuju izradu karata iz postojećih geodetskih podloga.

*Global Positioning System* (GPS) jest potpuno funkcionalan *Global Navigation Satellite System* (GNSS) koji se ostvaruje kroz komunikaciju najmanje 24 satelita unutar Zemljine orbite, odašiljanjem preciznog signala koji omogućuje GPS prijateljima određivanje položaja, brzine kretanja, smjera i vremena.

Većina današnjih GPS uređaja ima predefiniran WGS 84 Datum koji je vrlo bitan prilikom transformacije podataka u neku od korištenih projekcija karata, čime se postiže točniji prikaz položaja snimanog objekta na samoj karti. WGS 84 je geocentrični sustav definiran iz koordinata više od 1500 referentnih točaka i od 1987. godine se koristi kao referentni za GPS (Bačić i Bašić, 1999).

Osim GPS globalnog navigacijskog satelitskog sustava postoje još ruski GLONASS, europski Galileo te kineski Compass.

GLONASS se razlikuje od GPS-a osobito u odnosu na shemu koja se koristi za prijenos signala; svaki GLONASS satelit ima svoju frekvenciju prijenosa i orbitu na nadmorskoj visini od oko 19.000 km. Trenutno GLONASS ima 24 satelita. GLONASS, kao što je GPS, izvorno je bio namijenjen za vojne svrhe, no danas se njezine aplikacije širile na uporabu kao što su promet na kopnu i moru, a postupno i na druge potrošačke proizvode. GLONASS se nastavlja modernizirati, a u budućnosti GLONASS će također koristiti tehnologiju podjele kodova u svojim prijenosima signala poput GPS-a (tj. svi će sateliti prenositi na istoj frekvenciji nosača). Novi GLONASS signali i kodovi također se dodaju kako bi se omogućila poboljšana preciznost i interoperabilnost s drugim sustavima. Razvoj GLONASS-a je počeo u bivšem Sovjetskom Savezu 1976. godine. Počevši 12. listopada. 1982 sa brojnim lansiranjima raketa, dodala su satelite u sustav, dok sazviježđe satelita nije završeno 1995. godine. GLONASS je najskuplji program Ruske Federalne Svemirske Agencije (RFSA). Do 2010. godine GLONASS je

postigao 100%-tnu pokrivenost ruskog teritorija, a u listopadu 2011 postiže kompletnu globalnu pokrivenost sa preko 24 satelita. (Anon 1.)

Galileo je globalni navigacijski satelitski sustav (GNSS) koji je stvorila Europska unija (EU) putem Europske svemirske agencije (ESA) sa sjedištem u Pragu u Češkoj. Jedan od ciljeva Galilea je osigurati neovisan visoko precizni sustav pozicioniranja tako da se europske zemlje ne moraju oslanjati na ruske GLONASS, kineski Compass ili američke GPS sustave, koje bi u svakom trenutku mogli onemogućiti ili degradirati njihov operateri. Namjera Galileo sustava je osigurati horizontalna i vertikalna mjerenja položaja unutar preciznosti od 1 metra i bolje usluge pozicioniranja na višim geografskim širinama od ostalih sustava pozicioniranja. Prvi satelit za testiranje Galileo sustava pokrenut je 28. prosinca 2005., a prvi satelit koji je dio operativnog sustava pokrenut je 21. listopada 2011. godine. Od prosinca 2017. godine u orbiti se nalaze 22 aktivna satelita od planiranih 30. Sljedeća lansiranja koja će sustav dovesti do potpuno operativnog stanja sustava planiraju se sredinom 2018. Cjelokupni sustav s 30 Galileo satelita (24 operativna i 6 aktivnih rezervnih dijelova) očekuje se do 2020. godine. (Anon 2.)

COMPASS satelitski sustav druga je generacija kineskog sustava BeiDou *Navigation Satellites System* (BDS). Od prosinca 2011. godine postaje operativan satelitski sustav u Kini sa 10 satelita u orbiti, a od prosinca 2012. godine nudi usluge korisnicima na području Azije i Pacifika. U siječnju 2018. godine lansirano je devet BeiDou-3 satelita, a do kraja 2020. godine očekuje se potpuno operativan globalni navigacijski satelitski sustav sa 35 satelita. Kada bude potpuno dovršen, Compass bi trebao osigurati milimetarsku preciznost (sa dodatnom korekcijom) što bi bilo preciznije od američkog GPS sustava. (Anon 3.)

### **3.1.3. Sustav državne mreže referentnih GNSS stanica – CROPOS**

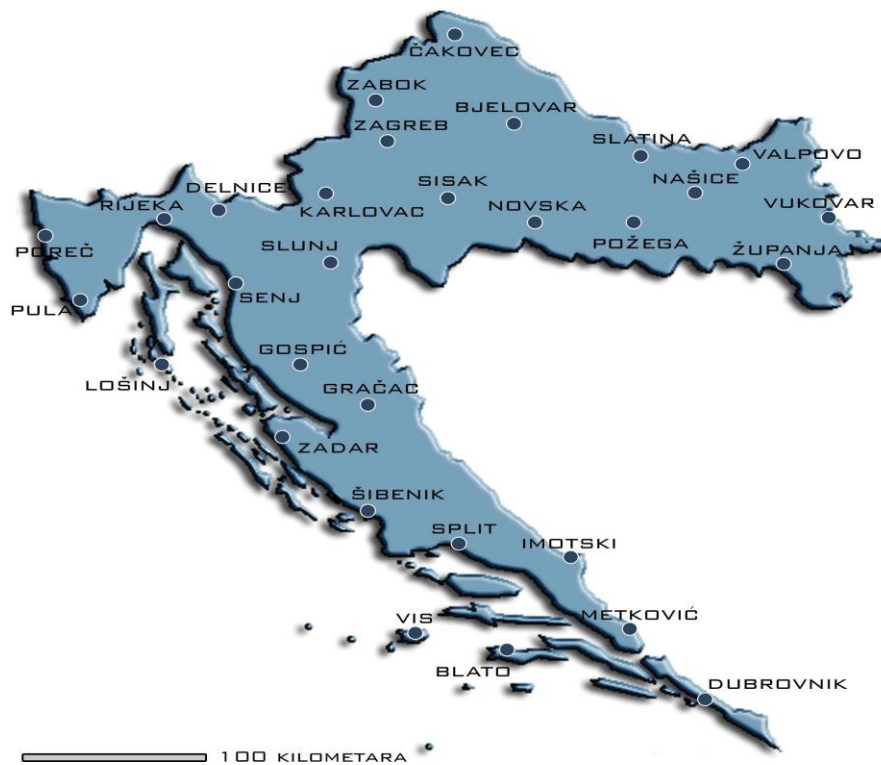
Tijekom 2008. godine, Državna geodetska uprava uspostavila je CROPOS (CROatian POsitioning System) sustav. CROPOS - hrvatski pozicijski sustav je državna mreža referentnih GNSS stanica Republike Hrvatske koji omogućava određivanje položaja u realnom vremenu, s točnošću od 2 cm u horizontalnom smislu te 4 cm u vertikalnom smislu. Na čitavom području države. Sustav čini 30 referentnih GNSS stanica koje ravnomjerno prekrivaju područje države i služe za prikupljanje podataka mjerenja koji se kontinuirano šalju u kontrolni centar, gdje se obavlja provjera podataka mjerenja,

obrada i izjednačenje te računanje korekcijskih parametara koji su dostupni korisnicima na terenu putem mobilnog interneta. Sustav je pušten u službenu uporabu 9. prosinca 2008. godine.

Uspostavom sustava Republika Hrvatska je održala korak s razvijenim zemljama u kojima takvi sustavi postoje nekoliko godina, čime je omogućeno učinkovitije, jednostavnije i ekonomičnije obavljanje terenskih mjerenja. Primjena CROPOS sustava osigurava određivanje koordinata točaka na cijelom području države s istom točnošću i pomoću jedinstvenih metoda mjerenja te je njegovom uspostavom ispunjen jedan od najvažnijih uvjeta za implementaciju novih geodetskih datuma i kartografskih projekcija Republike Hrvatske.

Prilikom primjene klasične RTK metode mjerenja i prijema korekcijskih podataka samo s jedne stanice, ograničenje rada je u krugu do 10-ak km od bazne stanice (ili manje, ovisno o utjecaju ionosfere). Različiti vanjski utjecaji (atmosfera, ionosfera, širenje signala mjerenja, orbita satelita, konfiguracija terena) dovode do ograničenja udaljenosti bazne stanice i rovera te problema rješavanja ambiguiteta. Taj nedostatak rješava se umrežavanjem više referentnih stanica čija udaljenost s obzirom na tehnologiju koja je danas na raspolaganju može biti do 80 km.

U okviru CROPOS sustava postavljeno je 30 referentnih GNSS stanica na međusobnoj udaljenosti od 70 km, tako da ravnomjerno prekrivaju područje države koje prikupljaju podatke mjerenja i kontinuirano ih šalju u kontrolni centar. U kontrolnom centru se podaci mjerenja provjeravaju, obrađuju te se obavlja izjednačenje mjerenja i računanje korekcijskih parametara. Korekcijski parametri dostupni su korisnicima na terenu putem mobilnog interneta i standardiziranog NTRIP protokola (Marjanović, 2010).



Slika 2. CROPOS sustav – raspored referentnih GNSS stanica

### 3.1.4. Način iskazivanja preciznosti podataka

CEP (*Circular Error Probability*) je često korištena mjera preciznosti, a označava koliko metara odstupa 50% (CEP50), odnosno 95% (CEP95) mjerenja. Mjera analogna ovoj, ali u tri dimenzije nosi naziv SEP (*Spherical Error Probability*), pri čemu se također najčešće uzima 50% ili 95% mjernih rezultata. Valja napomenuti se u literaturi ponekad ne pridržavaju konvencije i koriste CEP kao mjeru u tri dimenzije ne spominjući nikakav SEP. Ukoliko se eksplicitno ne navede o kojem se postotku radi, najčešće se radi o 50%. Ove mjere ne uzimaju u obzir razdiobu mjernih rezultata, što znači da "drugih 50%" može odstupati i značajno i u istu stranu. (Marjanović T., 2004)

DOP (*Dilution Of Precision*) je mjera kvalitete geometrijskog položaja satelita. Već je i intuitivno jasno da će pogreška mjerenja položaja biti velika ukoliko su sateliti jako blizu jedan drugome (ili ako je manje satelita uzeto u obzir prilikom izračuna položaja). Većina prijemnika DOP ispisuje zajedno s položajem, brzinom i izmjerenim vremenom. DOP je bezdimenzionalna veličina, označava koliko je puta veće rasipanje izračunate veličine ( položaja ili vremena) od rasipanja izvornih mjerenja pseudoudaljenosti do satelita. Najmanji iznos DOP vrijednosti je 1 i on označava optimalan geometrijski raspored satelita.

DOP se rastavlja na komponente:

GDOP – *Geometric DOP* -ukupna mjera kvalitete geometrijskog rasporeda

HDOP – *Horizontal DOP* -zemljopisna širina i dužina

VDOP – *Vertical DOP* -visina

PDOP – *Position DOP* -zemljopisna širina, dužina i visina

TDOP – *Time DOP* -vrijeme

Ponekad se DOP rastavlja čak i na EDOP(*East*), NDOP (*North*) i slično za X,Y,Z koordinate. Pri tome vrijedi:

$$PDOP = \sqrt{(HDOP^2 + VDOP^2)}$$

$$GDOP = \sqrt{(PDOP^2 + TDOP^2)}$$

Bitno je uočiti da je dobar DOP samo preduvjet kvalitetnog mjerenja. Krivo izmjerena pseudoudaljenost, pogreške putanje ili odaslanog vremena, utjecaj ionosfere, troposfere ni pogreške prijemnika nisu uzeti u obzir. Posebno u slučaju kada je satelit nisko na horizontu (mala elevacija satelita), njegov je geometrijski položaj dobar za određivanje horizontalne koordinate, ali mu je signal pod velikim utjecajem ionosfere (Marjanović T., 2004).

Tablica 1. Značenje DOP vrijednosti (Anon 4)

<b>DOP Vrijednost</b>	<b>Ocijena</b>	<b>Pojašnjenje</b>
<1	Idealno	Najviša razina pouzdanosti koja se koristi za aplikacije koje zahtjevaju maksimalnu preciznost u svakom trenutku.
1-2	Izvršno	Na ovoj razini, pozicijska mjerenja se smatraju precizna da zadovolje sve osim najosjetljivijih aplikacija.
2-5	Dobro	Predstavlja razinu koja označava najmanju moguću mjeru za donošenje poslovnih odluka.
5-10	Umjeren	Položajna mjerenja mogu se koristiti za izračune, al se kvaliteta još može popraviti. Preporučuje se bolji pogled na nebo.
10-20	Slab	Predstavlja nisku razinu pouzdanosti. Položajna mjerenja treba odbaciti ili koristiti samo za označavanje vrlo grube procjene trenutne lokacije.
>20	Nedovoljan	Na ovoj razini mjerenja su netočna i treba ih odbaciti.

Vezano za preciznost, apsolutna i relativna preciznost točkaka geodetske osnove može se klasificirati usporedbom radijusa 95% kružnice povjerenja za horizontalne koordinate i 95% intervala povjerenja za visine s definiranim razredima preciznosti. Za točke geodetske osnove Republike Hrvatske definirano je 5 razreda preciznosti uz 95% povjerenja. Klasifikacija horizontalnog i vertikalnog položaja sadrži istu nomenklaturu iako se svaka od njih klasificira odvojeno. U tablici xx. prikazani su definirani razredi preciznosti koordinata geodetske osnove Republike Hrvatske i njihove pripadajuće granice (Narodne novine, 2009).

Tablica 2.: Razredi preciznosti položaja geodetske osnove

<b>Standardi položajne točnosti (horizontalne i vertikalne koordinate)</b>	
<b>Razred</b>	<b>95% razna povjerenja (m)</b>
I	0,002 – 0,005
II	0,005 – 0,010
III	0,010 – 0,020
IV	0,020 – 0,050
V	0,050 – 0,100

### 3.1.5. Opis sastojine

Mjesto na kojem je provedeno istraživanje nalazi se u blizini Gospića (Ličko-Senjska Županija) točnije na području Općine Perušić. Područje Općine Perušić predstavlja karakteristično, usko (smjer sjever-jug) i izduženo (smjer istok-zapad) gorsko područje sa visinskim kraškim poljima uvučenim u masiv Velebita, a područje istraživanja je brežuljkasto-prigorsko, kao dio blagih padina Velebita uz završetak ravničarskog dijela Ličkog polja.

Gledano sa šumarskog stajališta riječ je o kulturi bijelog bora (*Pinus sylvestris* L.) sa primjesama crnog bora (*Pinus nigra* L.). Na mjestima progala pojavljuje se invanzivna američka vrsta pajasen (*Ailanthus altissima* Mill.) dok je na južnoj, osunčanoj strani rijediji sklop bijelog bora bez prizemnog raslinja.

Zbog karakteristika sastojine koja se najvećim dijelom sastoji od vazdazelenog drveća ova vrsta istraživanja moguća su tokom cijele godine, zbog sličnih uvjeta (stalna prisutnost lišća). Upravo zbog gore navedenih uvjeta ova sastojina je odabrana kao povoljna lokacija za provedbu istraživanja. Prilikom odabira šireg područja prikupljanja podataka uzet je i različit intenzitet sklopa kako bi se utvrdio utjecaj zastrtosti krošnjama na kvalitetu snimljenih podataka.

## **3.2. METODE**

### **3.2.1. Uklapanje osovinskog poligona**

Na istraživanom su području prije svega postavljene (na karti) idejne varijante buduće višenamjenske šumske staze. Prostorni podaci su prenešeni na teren uz višekratne obilaske planirane trase te uz istovremeno rekognosciranje terena. Konačna odabrana i postavljena nulta linija na terenu predstavlja prostorno i tehnički najpovoljniju inačicu u koju je uklopljen osovinski poligon. Osovinski poligon predstavljen poligonim točkama (tjemenima) uklapao se u nultu liniju pomoću Suunto tandem padomjera (Suunto Tandem/360PC/360R DG Clino/Compass), trasirke s markicom (za preciznije određivanje nagiba), mjerne vrpce duljine 30,00 m, pet trasirki te Haglöf padomjera za kontrolu (Haglöf Vertex LaserVL400).

Osovinski je poligon na terenu obilježen drvenim kolčićima (slika 3) ukupne visine 50 – 60 cm koji su ofarbani crvenim markacijskim sprejem. Svaki kolčić nosi posebnu oznaku, a radi lakšeg pronalaska na terenu (pri daljnjem postupku izmjere) slovom T crvene boje obilježeno je i stablo najbliže tjemenu. Također je uz svako tjeme zabijan i drveni kolčić u razini terena (slika 4) kako bi se omogućilo precizno postavljanje svih mjernih uređaja na identičnu poziciju.

### **3.2.2. Klasična izmjera visina – nivelacija**

Nivelacija svih tjemena je obavljena primjenom nivelira tzv. kontrolnom metodom. Kontrolna metoda pretpostavlja istovremeno snimanje profila sa dva instrumenta zbog trenutne kontrole izmjere. Pri tome je korištena standardna teleskopska letva za nivelaciju točaka duljine 5,00 m s ugrađenom libelom. Podaci dobiveni klasičnom izmjerom su korišteni za pomoćnu kontrolnu metodu izmjere visina dobivenih totalnom stanicom.





Slika 3. Tjeme obilježeno drvenim kolčićem



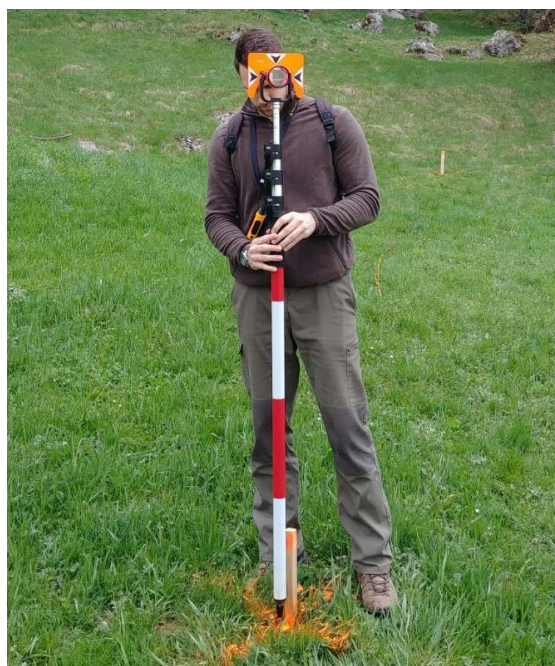
Slika 4. Dodatni kolčić za preciznu izmjeru

### 3.2.3. Prikupljanje podataka totalnom stanicom STONEX R2W PLUS

Totalna stanica STONEX R2W PLUS je korištena iz više razloga. Prije svega ona nam omogućava jednostavnije snimanje detalja, iskolčavanje te brže i preciznije izvođenje radova. Drugi je razlog preciznost elektroničkog daljinomjera zbog čega su podaci prikupljeni totalnom stanicom služili kao referentna vrijednost za određivanje preciznosti GNSS prijemnika.



Slika 5. Totalna stanica Stonex R2W PLUS



Slika 6. Prizma



### 3.2.4. Snimanje bespilotnom letjelicom (dronom)

Za potrebe ovoga rada je korištena i bespilotna letjelica Phantom 4 PRO kako bi se dobila ortofoto snimka istraživanog područja veće razlučivosti. Svako je tjeme osovinskog poligona dodatno obilježeno velikim X-om na terenu kako bi se utvrdio utjecaj stupnja sklopljenosti krošanja na vidljivost svakog pojedinog tjemena. Ta se vidljivost dodatno koristila prilikom određivanja stupnja sklopa.

### 3.2.5. GNSS prijemnici – Stonex S9i, Stonex S10 i Magellan Promark500

Mjerenje je obavljano sa 3 GNSS prijemnika različitih proizvođača korištenjem diferencijalne metode. Jedan od GNSS prijemnika je korišten i u paru sa bazom pri čemu je komunikacija između baze i rover-a bila omogućena radio signalom.

Korišteni su GNSS prijemnici Stonex S9i, Stonex S10 i Magellan Promark500 te Stonex S9i u paru sa bazom. Da bi osigurali preciznost i pouzdanost izmjerenih podataka izmjera je obavljena na spomenutim fiksnim točkama (drveni kolčići zabijeni do razine zemlje).



točaka poligona (tjemena) su paralelno obavljene za sva 3 (+1) uređaja da bismo dobili što točniju izmjeru s obzirom na konstelaciju satelita ovisno o dobu dana (predviđeni položaj satelita u prostoru) te izbjegli utjecaj atmosferilija na potencijalnu razliku podataka između GNSS prijemnika.

### 3.2.6. Utvrđivanje stupnja sklopa

Pirti i dr. (2009) u svojem radu navode kako je ključan faktor za točno i pouzdano izračunavanje položaja mogućnost praćenja dovoljnog broja satelitskih signala u bilo kojem trenutku. Dio dana kad je većina satelita vidljiva (5-10 satelita) pruža dostupnost za uporabu u RTK mjerenjima. Za preciznu izmjeru RTK uređajima potrebno je 5 vidljivih i dobro raspoređenih satelita.

Snimanje GNSS prijemnicima na otvorenim površinama se znatno razlikuje od snimanja ispod šumskog pokrova. Povećanje otvorenosti ili prekinutosti gustog sklopa značajno utječe na kvalitetu signala i izračun prostornih (x,y,z) koordinata.



Slika 8. Sklop – „1“



Slika 9. Sklop – „2“



Slika 10. Sklop – „3“





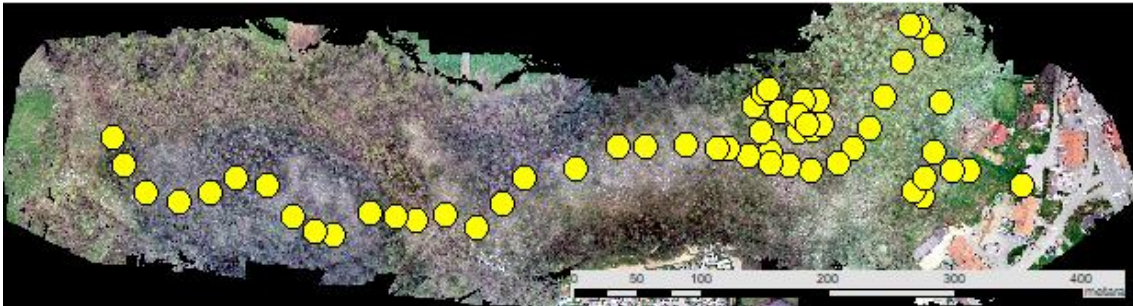
Slika 11. Sklop – „4“



Slika 12. Sklop – „5“

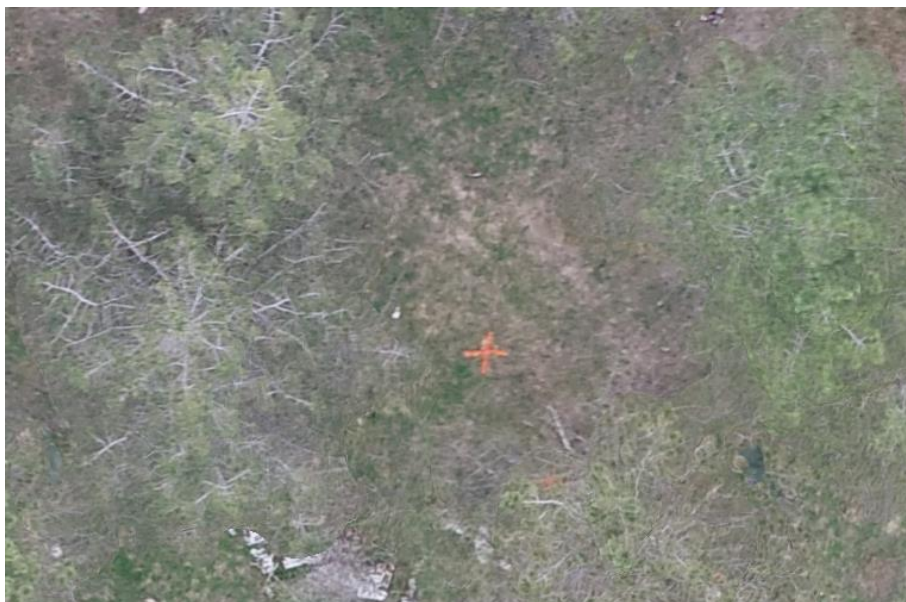
#### 4. REZULTATI

Uklopljeni osovinski poligon je snimljen totalnom stanicom Stonex R2W PLUS kako bi se omogućila usporedba sa podacima dobivenim GNSS uređajima. Kao podloga je korišten ortofoto dobiven iz podataka snimka drona kako bi se mogle preklopiti pozicije tjemena totalne stanice i terenski podaci potrebni za izradu glavnoga projekta višenamjenske šumske staze.



Slika 13. Osovinski poligon preklopljen sa ortofotom dobivenim dronom

Pozicije tjemena su na terenu dodatno označene oznakom „X“ čime se omogućila vidljivost većine tjemena i omogućila usporedba preciznosti pozicioniranja podataka snimljenim bespilotnom letjelicom u odnosu na podatke prikupljene totalnom stanicom.



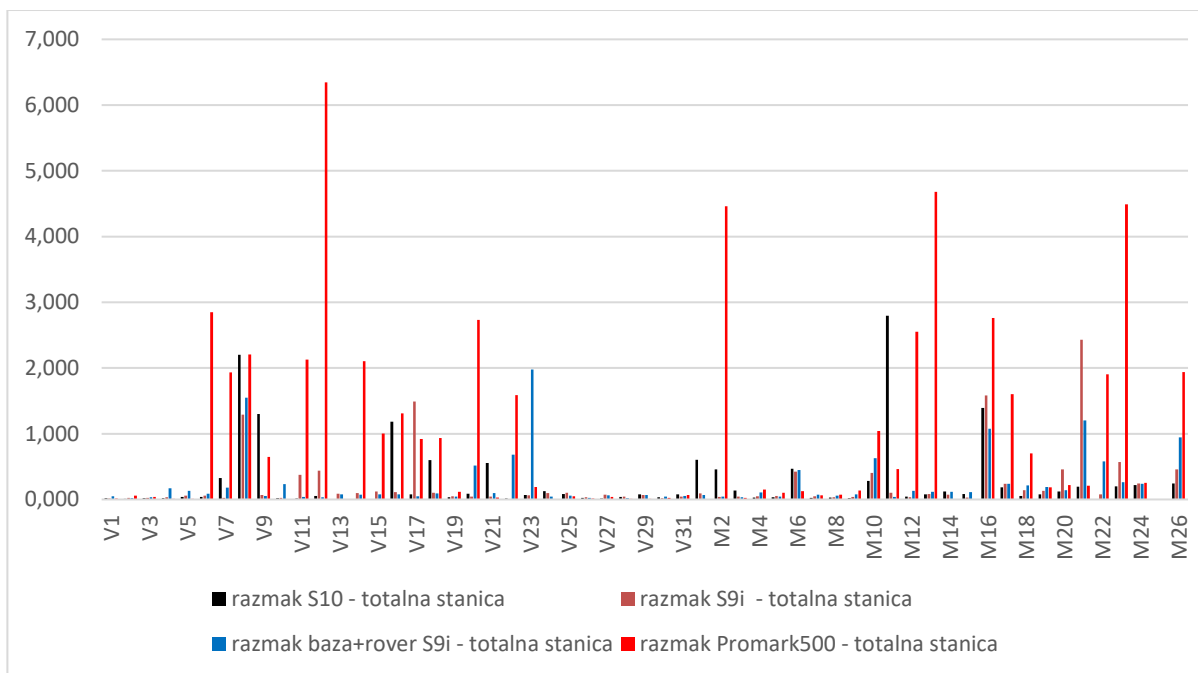
Slika 14. Primjer označenom tjemena – detalj snimljen dronom

Nakon izmjere prostornih koordinata (x, y, z) pristupilo se izmjeri GNSS prijemnicima, nakon čega su dobiveni podaci uspoređeni i analizirani. Analizom podataka je utvrđeno kako su najveća odstupanja prisutna za GNSS prijemnik – Magellan Promark500. Ostali GNSS prijemnici imaju približne vrijednosti standardne devijacije i mogu se ocijeniti kao pogodni za rad na šumskim površinama.

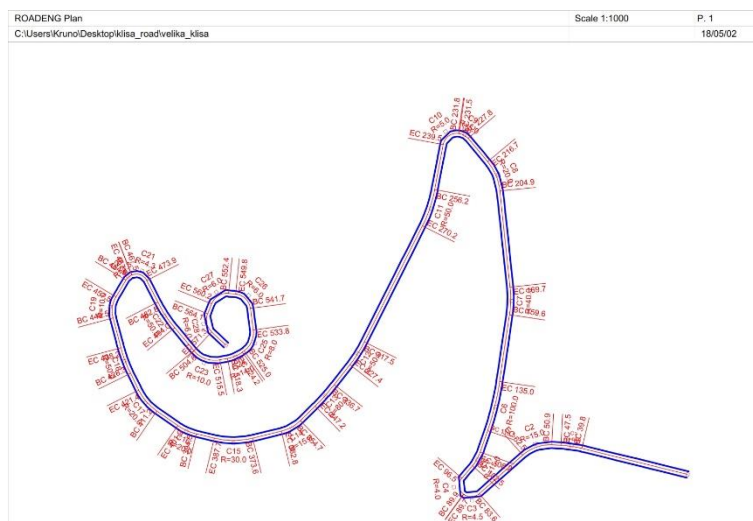


Tablica 3. Udaljenost između podataka GNSS prijemnika i totalne stanice

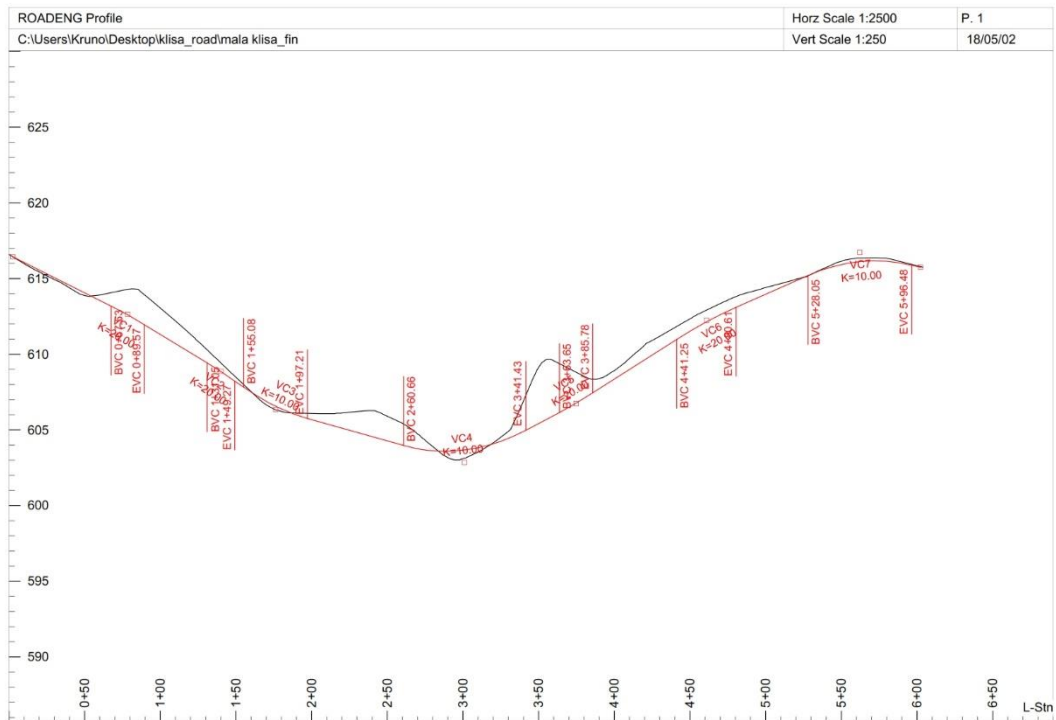
Tjeme	Sklop	$\Delta$ S10 - TS	$\Delta$ S9i - TS	$\Delta$ baza+rover S9i - TS	$\Delta$ Promark500 - TS
V1	1	0,017	0,013	0,047	0,014
V2	1	0,009	0,022	0,017	0,056
V3	1	0,021	0,024	0,033	0,036
V4	2	0,020	0,035	0,171	0,011
V5	2	0,037	0,060	0,134	0,010
V6	2	0,037	0,058	0,088	2,849
V7	5	0,326	0,026	0,182	1,934
V8	3	2,203	1,288	1,548	2,207
V9	4	1,298	0,067	0,054	0,648
V10	5	0,020	0,025	0,235	0,005
V11	5	0,014	0,374	0,038	2,128
V12	4	0,054	0,438	0,036	6,345
V13	4	nema podatka	0,085	0,076	nema podatka
V14	3	nema podatka	0,098	0,075	2,106
V15	4	nema podatka	0,123	0,079	1,004
V16	3	1,181	0,113	0,076	1,310
V17	4	0,080	1,490	0,047	0,922
V18	3	0,600	0,101	0,092	0,937
V19	2	0,035	0,047	0,042	0,117
V20	3	0,089	0,042	0,517	2,732
V21	3	0,553	0,042	0,096	0,030
V22	4	0,014	0,007	0,682	1,587
V23	4	0,070	0,064	1,976	0,187
V24	2	0,127	0,096	0,042	nema podatka
V25	2	0,080	0,100	0,059	0,048
V26	2	0,024	0,034	0,026	0,016
V27	1	0,016	0,073	0,063	0,039
V28	2	0,040	0,044	0,019	0,010
V29	1	0,076	0,068	0,068	0,009
V30	1	0,033	0,017	0,046	0,024
V31	1	0,079	0,044	0,053	0,068
M1	3	0,603	0,090	0,069	nema podatka
M2	3	0,458	0,036	0,046	4,462
M3	2	0,138	0,045	0,033	0,022
M4	1	0,028	0,050	0,107	0,150
M5	2	0,032	0,053	0,046	0,104
M6	1	0,468	0,426	0,449	0,128
M7	1	0,023	0,047	0,071	0,062
M8	1	0,030	0,032	0,057	0,075
M9	1	0,018	0,039	0,077	0,138
M10	4	0,281	0,403	0,627	1,043
M11	3	2,795	0,102	0,038	0,465
M12	2	0,044	0,034	0,133	2,554
M13	1	0,076	0,084	0,115	4,678
M14	1	0,120	0,071	0,115	nema podatka
M15	2	0,084	0,027	0,111	nema podatka
M16	3	1,392	1,584	1,074	2,763
M17	2	0,184	0,240	0,240	1,604
M18	2	0,053	0,143	0,212	0,702
M19	1	0,077	0,130	0,188	0,186
M20	5	0,121	0,457	0,142	0,220
M21	4	0,192	2,428	1,205	0,209
M22	3		0,076	0,577	1,904
M23	3	0,198	0,571	0,264	4,490
M24	3	0,218	0,244	0,240	0,253
M25	4	nema podatka	nema podatka	nema podatka	nema podatka
M26	4	0,244	0,458	0,943	1,936
<b>minimum</b>		<b>0,009</b>	<b>0,007</b>	<b>0,017</b>	<b>0,005</b>
<b>maksimum</b>		<b>2,795</b>	<b>2,428</b>	<b>1,976</b>	<b>6,345</b>
<b>standardna devijacija</b>		<b>0,548</b>	<b>0,448</b>	<b>0,395</b>	<b>1,473</b>



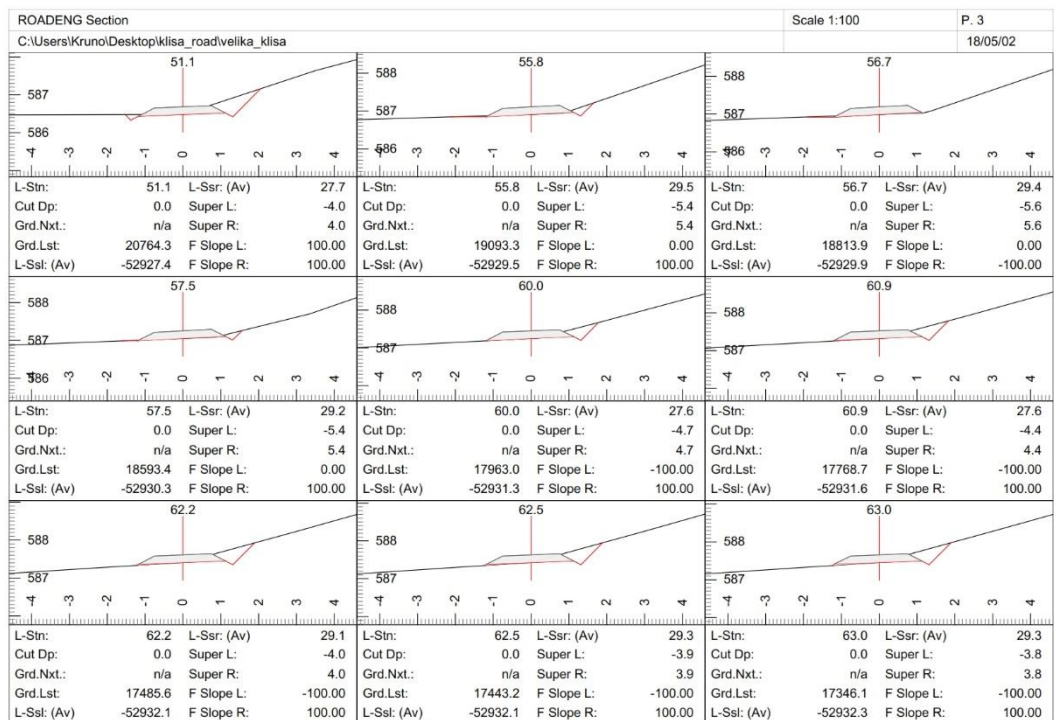
Slika 15. Prikaz udaljenosti podataka GNSS prijemnika u odnosu na totalnu stanicu  
 Usporedbom podataka snimljenih GNSS prijemnicima (Stonex) u odnosu na referentne vrijednosti dobivene snimanjem totalnom stanicom došlo se do zadovoljavajućih rezultata. Ti su rezultati (snimljene pozicije tjemena) korišteni prilikom izrade glavnoga projekta višenamjenske šumske staze. Razlike koje se javljaju između prostornih koordinata tjemena osovinskog poligona ne utječu značajno na preciznost izmjere, odnosno na točnost sastavnica glavnoga projekta. Glavni projekt višenamjenske šumske staze izrađen je u softveru Roadeng.



Slika 16. Prikaz situacije glavnoga projekta



Slika 17. Prikaz uzdužnog presjeka glavnoga projekta



Slika 18. Prikaz poprečnih presjeka glavnoga projekta

Tablica 4. Tehničke specifikacije korištenih GNSS prijemnika

	<b>STONEX S9i</b>	<b>STONEX S10</b>	<b>PROMARK 500</b>
<b>RTK točnost</b>	Hz 8mm ± 1ppm ; V 15mm ± 1ppm	Hz 8mm + 0.8 ppm ; V 15mm + 1ppm	Hz 10 mm + 1 ppm ; V 20 mm + 1 ppm
<b>Osvježanje pozicije</b>	Osvježanje pozicije 5Hz - 5x brži rad (opcionalno do 20 Hz)	–	Osvježanje pozicije 10 Hz - moguće poboljšanje do 20 Hz
<b>UHF 2W</b>	U prijemniku S9i integriran je i UHF "transciver" (primopredajnik) snage 2W (domet > 15km), može se konfigurirati kao baza ili rover. Kompatibilan sa svim UHF protokolima drugih proizvođača, Satel™, TRIMTALK™ II/IE, TRIMMARK™3 (Leica, Topcon, Sokkia, Trimble).	U prijemniku S10 integriran je i UHF "transciver" (primopredajnik) snage do 2W, može se konfigurirati kao baza ili rover. SATEL, TRIMTALK protokoli, 403-473 MHz	Ugrađene sve komunikacijske opcije (UHF/GSM)
<b>GNSS</b>	S9i prima signale GPS, GLONASS, GALILEO, L2C, L5, COMPASS.	S10 prima signale GPS L1, L3, L2C, L2E, L5, GLONASS L1, L2, L1P, L2P, L3, COMPASS BEIDOU B1, B2, GALILEO E1, ESA, E5B	PROMARK 500 prima signale GPS L1 C/A L1/L2 P-code, L1/L2, GLONASS L1 C/A, L2 C/A i L2P code, L1/L2 te SBAS signale
<b>Bluetooth 2.1</b>	Dometa i preko 60m od prijemnika do kontrolera.	Dometa i preko 60m od prijemnika do kontrolera.	Koristi Bluetooth 2.0, podaci o dometu nisu dostupni.
<b>RTCM 3.1</b>	Kompatibilan s "on-line" korekcijama za HDKS I HTRS96	Prijem automatske ON-Line korekcije, HDKS, HTRS96	/

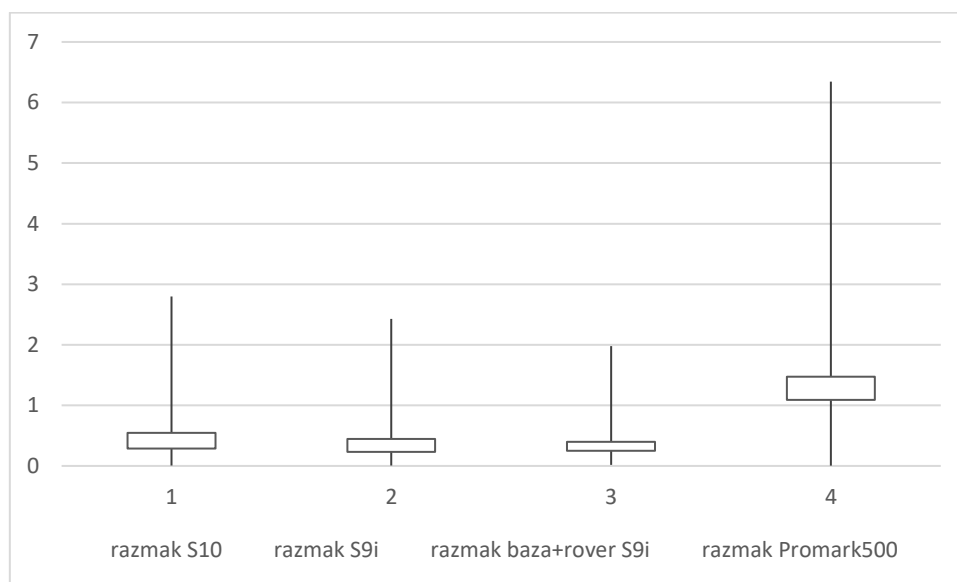


Tehničke specifikacije korištenih GPSS prijemnika prikazuju globalne navigacijske sustave koje pojedini prijemnici koriste pri određivanju prostornih koordinata. Noviji prijemnici (Stonex) koriste veći broj danas aktivnih globalnih navigacijskih sustava (6-16 vidljivih satelita) što objašnjava vrlo dobar PDOP u odnosu na GNSS prijemnik koji „vidi“ 5-9 satelita.

## 5. RASPRAVA SA ZAKLJUČCIMA

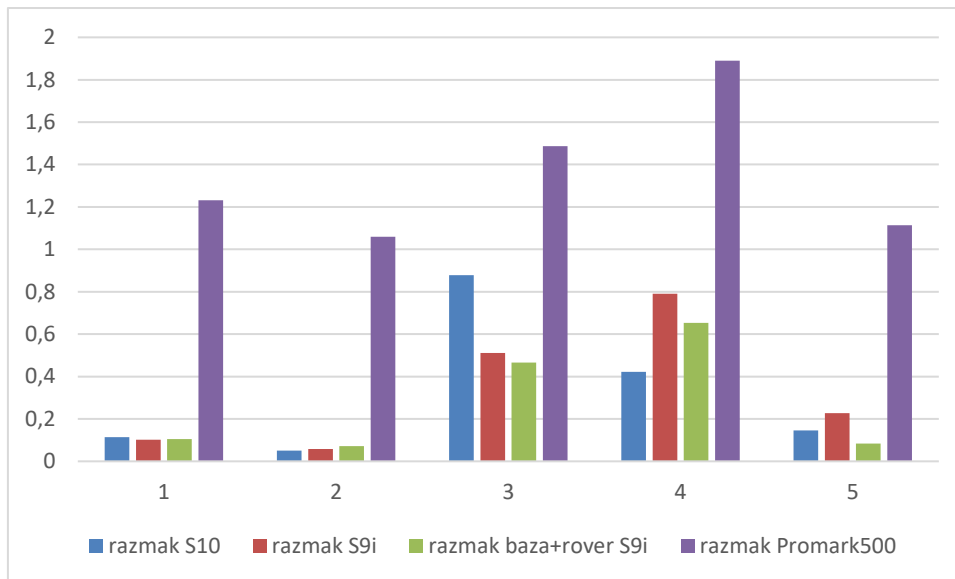
Šume i šumsko zemljište u Republici Hrvatskoj (Pentek i dr., 2014) zauzimaju 2.688.687 ha, što čini oko 47% njezine kopnene površine, a od toga na krško područje otpada 915.670 ha, odnosno 45,39% šumskih površina. Ovime je radom izvršeno terensko prikupljanje prostornih podataka i izvršena je analiza preciznosti, odnosno mogućnost korištenja u stvarnim uvjetima.

Referentne vrijednosti prostornih koordinata su dobivene uz pomoć poznatih i prihvaćenih metoda – totalnom stanicom, a podaci su vezani na postojeću trigonometrijsku mrežu (Šugar i dr., 2015). Podaci prikupljeni GNSS uređajima su uspoređeni sa referentnim vrijednostima i napravljena je analiza rasipanja podataka. Pri tome noviji prijemnici (slika 19.) postižu veću preciznost prostornih podataka zbog većeg broja vidljivih satelita koji se koriste u izračunu stvarnih pozicija.



Slika 19. Analiza rasipanja greške udaljenosti

Daljnjom analizom je djelomično utvrđena razlika od postavljene hipoteze kako povećanje stupnja zastrtosti krošanja značajno utječe na preciznost određivanja pozicije tjemena višenamjenske šumske staze. Naime, hipotezom je različita vrijednost sklopa (1-5) trebala proporcionalno povećavati razliku udaljenosti svih korištenih GNSS uređaja u odnosu na referentne vrijednosti, ali je vidljivo (slika 19.) kako je postavljena hipoteza ostupila od predviđene. Dobivene je vrijednosti moguće objasniti kako zastrtost krošanja nije jedini ograničavajući faktor prilikom određivanja pozicija, već je zastrtost potrebno promatrati u usporedbi sa odnosom snimanog položaja (tjemena) i rasporeda „vidljivih satelita“.



Slika 20. Usporedba rasipanja udaljenosti s obzirom na stupanj sklopa (1-5) za pojedine GNSS prijemnike

Postavljena hipoteza kako različiti GNSS prijemnici u istraživanim uvjetima pokazuju različitu preciznost je potvrđena što je i vidljivo u slici 20. Povećanjem broja aktivnih globalnih navigacijskih sustava će porasti i broj „vidljivih“ satelita čime će se postupno povećavati i razina preciznosti, uz naravno, razvoj tehnologije GNSS prijemnika. To je naročito značajno prilikom prikupljanja prostornih podataka na šumskim područjima u kojima je „vidljivost“ satelita smanjena zbog terenskih uvjeta. Nadalje, u potpunosti je potvrđena predmetna hipoteza jer je sa dobivenim podacima bilo moguće izraditi glavni projekt višenamjenske šumske staze.

Posljednja hipoteza proizlazi iz velike površine krških područja pokrivenih šumom. Naime, velika potreba za prikupljanjem terenskih podataka, za različite struke i brojne namjene, pretpostavlja racionalizaciju ljudskih resursa. Prikupljanje prostornih podataka primjenom GNSS prijemnika pretpostavlja samo jednog obučenog snimatelja čime se značajno povećava produktivnost ukoliko ju promatramo sa aspekta korištenih ljudskih resursa (ne postoji potreba za figurantom).

Temeljem ovoga istraživanja može se dati generalna ocjena kako je vidljiva upotrebljivost i opravdanost korištenja promatranih (GNSS) sustava. Daljnji razvoj tehnologije će dodatno pridonijeti racionalizaciji ukupnih resursa, a otvara se i potreba za dodatnim istraživanjima kako bi se jasno prikazala sveobuhvatna primjenjivost GNSS prijemnika u stvarnim terenskim uvjetima.

## 6. LITERATURA

1. Anon 1. GLONASS. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/GLONASS>
2. Anon 2. Galileo (satellite navigation) URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Galileo\\_\(satellite\\_navigation\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_(satellite_navigation))
3. Anon 3. BeiDou Navigation Satellite System. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/BeiDou\\_Navigation\\_Satellite\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/BeiDou_Navigation_Satellite_System)
4. Anon 4. Dilution of precision (navigation). URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Dilution\\_of\\_precision\\_\(navigation\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Dilution_of_precision_(navigation))
5. Bačić, Ž., Bačić, T., 1998: Interna skripta iz kolegija Satelitska geodezija 2. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–124.
6. Deckert, C., Bolstadt, P. V., 1996: Forest Canopy, terrain and distance effects on global positioning system point accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 62: 317–321.
7. Filić M.,(2017): Analiza postupka procjene položaja temeljem zadanih pseudoudaljenosti u programski određenom prijamniku za satelitsku navigaciju. Diplomski rad. Zagreb. Sveučilište u Zagrebu.
8. Groves P; Principles of GNSS, Inertial and Multi Sensor integrated Navigation Systems; Boston 2008.
9. Hasegawa, H., Yoshimura T., 2003: Application of dual frequency GPS receivers for static surveying under tree canopies. *Japan Journal Forest Society* 8: p. 103–110.
10. Lepoglavec, K., 2014: Optimizacija primarne i sekundarne šumske prometne infrastrukture nagnutih terena. Doktorski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu
11. Marjanović, T., 2004: Mjerenje vremena i udaljenosti temeljeno na GPS sustavu (Diplomski rad)
12. Narodne novine (2009) Pravilnik o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova. Zagreb: Narodne novine d.d., NN 87/2009.
13. Narodne novine (2014) Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina. Zagreb: Narodne novine d.d., NN 64/2014.

14. Pentek T., Nevečerel H., Ecimović T., Lepoglavec K., Papa I., Tomašić Ž., 2014: Strategijsko planiranje šumskih prometnica u Republici Hrvatskoj – raščlamba postojećega stanja kao podloga za buduće aktivnosti. Nova mehanizacija šumarstva, 35(1): 63-78.
15. Pirti, A., 2008: Accuracy Analysis of GPS Positioning Near the Forest Environment. Croatian Journal of Forest Engineering, 29(2): 189-199.
16. Pirti, A., Gumüş, E., 2010: Evaluating Repeatability of RTK GPS/GLONASS Near/Under Forest Environment. Croatian Journal of Forest Engineering, 31(1): 23-33.
17. Sigrist, P., Coppin, P., Hermy, M., 1999: Impact of forest canopy on quality and accuracy of GPS measurements. International Journal of Remote Sensing, 20 (1999), p. 3595-3610.
18. Šugar D., Zrinjski M., Rezo M., 2015: Osnovni geodetski radovi prilikom uspostave pulskeg bazisa i određivanja njegove duljine, Geodetski list ,69(2): 115-138.
19. Šugar, D., Marjanović M. (2010): CROPOS - hrvatski pozicijski sustav, Ekscentar, br. 12, str. 28-34.
20. Valbuena, R., Mauro, F., Rodríguez-Solano, R., Manzanera, J.A.. 2010. Accuracy and precision of GPS receivers under forest canopies in a mountainous environment. Spanish Journal of Agricultural Research 8(4):1047–1057.

## SAŽETAK

U današnje doba sve je prisutnija upotreba različitih GNSS prijemnika uz stalni razvoj pripadajućih aplikacija. Stalni napredak takve tehnologije je sveprisutan.

Dosadašnja iskustva mjerenja u šumarstvu pokazuju različitu razinu preciznosti izmjere čime je otežana primjenjivost u stvarnim uvjetima. Stoga se pojavila potreba za testiranjem visoko preciznih GNSS prijemnika na područjima pokrivenim šumom. Tehničke specifikacije različitih proizvođača GNSS prijemnika (deklarirana preciznost se kreće ispod 2 cm) vrijede uglavnom na površinama gdje terenski uvjeti (zastrtost krošnjama, reljef, ekspozicija i dr.) ne utječu bitno na preciznost izmjere prostornih podataka.

U ovom radu su se izvršila prostorna mjerenja tjemena višenamjenske šumske staze različitim suvremenim metodama i tehnologijama mjerenja te usporedba njihovih podataka radi utvrđivanja vrijednosti odstupanja. Istraživanje se provodilo na području Općine Perušić u kulturi bijelog bora. U radu su se obuhvatili utjecaji različitih terenskih uvjeta te prikazala ovisnost istih o preciznosti izmjere različitim mjernim uređajima.

Terenski dio bio je baziran na prikupljanju podataka svih potrebnih parametara dobivenih iz GNSS uređaja (Magellan i Stonex prijemnici), podataka snimljenih dronom i snimke totalnom stanicom. Težište se baziralo na usporedbi podataka različitim GNSS uređajima u različitim uvjetima dok je izmjera totalnom radnom stanicom predstavljala referentnu vrijednost zbog njene preciznosti. Dron je poslužio kao komparativna metoda izmjere koja bi u budućnosti mogla predstavljati značajan napredak pri određivanju preciznih podataka. Sva su se mjerenja GNSS prijemnicima obavila na istom području istraživanja u istim uvjetima i u istom vremenskom periodu zbog smanjena mogućih pogrešaka. Analizom su uspoređene prostorne koordinate tjemena dobivene različitim GNSS prijemnicima sa izmjerom totalnom stanicom te snimkom drona. Kao korekcijska baza za GNSS uređaje koristio se CROPOS sustav, a jedna izmjera je provedena GNSS prijemnikom koji je korigiran preko fiksne baze (baza-rover sustav).

Cilj je ovoga rada pokazati preciznost izmjere, mogućnost korištenja suvremenih tehnologija i racionalizacija ukupno dostupnih resursa u različitim terenskim uvjetima na šumom prekrivenim površinama krša Republike Hrvatske.

**Ključne riječi:** GNSS prijemnik, preciznost, sklop krošanja, krško područje, višenamjenska staza

## SUMMARY

Nowadays there is much more use of different GNSS receivers with the constant development of their respective applications. The steady progress of such technology is ubiquitous.

Previous forestry measurement experiences show a different level of precision measurement, making it more difficult to apply in real conditions. Hence, the need for testing high precision GNSS receivers in the covered forest areas has appeared. The technical specifications of the various GNSS receiver manufacturers (stated precision under 2 cm) apply mainly to surfaces where field conditions (skylight, relief, exposure, etc.) do not significantly affect the precision of spatial data measurements.

In this article spatial measurements of the base of the multipurpose forest path were performed by various modern methods and measurement technologies and a comparison of their data to determine the deviation value. The research was conducted in the Perušić county area in the culture of white pine. The article covered the effects of different field conditions and showed the dependence of the same on the precision of the measurements with different measuring devices.

The field part was based on data collection of all required parameters obtained from the GNSS devices (Magellan and Stonex receivers), data captured by the drone and total station recording. The focus was on comparing data with different GNSS devices under different conditions while measuring the total station represented the reference value due to its precision. Drone served as a comparative metering method that could, in the future, represent a significant progress in the determination of data precision. All measurements were made with GNSS receivers in the same research area under the same conditions and in the same time period due to error reduction. The analysis compares the spatial coordinates of the vertex obtained from different GNSS receivers with total station measurement and drone recording. The CROPOS system was used as a correction base for GNSS devices, and one measurement was performed with a GNSS receiver that was calibrated with the fixed base (base-rover system).

The aim of this paper is to show the precision of the survey, the possibility of using modern technologies and the rationalization of the total available resources in different field conditions on the karst forested areas of the Republic of Croatia.

**Keywords:** GNSS receiver, precision, forest canopy, karst area, multipurpose path