

# Trigonometrijsko mjerenje visina bliskih točaka na crkvama u Rakovcu i Svetom Ivanu Zelini

---

Krumpić, Asja

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:256581>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-10**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

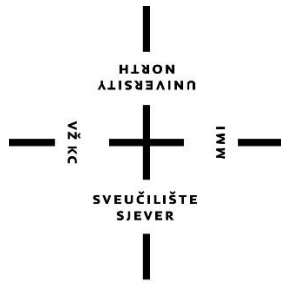
**Završni rad br. 004/GIG/2024**

**Trigonometrijsko mjerenje visina bliskih točaka na crkvama  
u Rakovcu i Svetom Ivanu Zelini**

Asja Krumpić, 0336054532

Varaždin, srpanj 2024. godine





# Sveučilište Sjever

**Odjel za geodeziju i geomatiku**

**Završni rad br. 004/GIG/2024**

## **Trigonometrijsko mjerenje visina bliskih točaka na crkvama u Rakovcu i Svetom Ivanu Zelini**

Student

Asja Krumpić, 0336054532

Mentor

Prof. dr. sc. Vlado Četl

Varaždin, srpanj 2024. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

|             |  |              |  |
|-------------|--|--------------|--|
| ODJEL       | Geodezija i geomatika  |              |  |
| STUDIJ      | Sveučilišni prijediplomski studij geodezije i geomatike                                    |              |  |
| PRISTUPNIK  | Asja Krumpić   | MATIČNI BROJ | 0336054532   |
| DATUM       | 02.07.2024.  | KOLEGIJ      | Metode izmjere i računanja u geodeziji i geomatici |
| NASLOV RADA | Trigonometrijsko mjerenje visina bliskih točaka na crkvama u Rakovcu i Svetom Ivanu Zelini |              |  |

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Trigonometric leveling of the heights of close points on the churches in Rakovec and Sveti Ivan Zelina

MENTOR Vlado Cetić ZVANJE Prof. dr. sc., znanstveni savjetnik

| ČLANOVI POVJERENSTVA |  |
|----------------------|--|
| 1.                   | Doc. dr. sc. Nikola Kranjčić, Predsjednik Povjerenstva |
| 2.                   | Prof. dr. sc. Vlado Cetić, mentor                      |
| 3.                   | Doc. dr. sc. Hrvoje Matijević, član                    |
| 4.                   | Izv. prof. dr. sc. Danko Markovinović (zamjenski član) |
| 5.                   |  |

## Zadatak završnog rada

BROJ 004/GIG/2024

OPIS  
Završni rad obuhvaća mjerenja visinskih razlika bliskih točaka gdje je korišten trigonometrijski nivelman na dvije lokacije: Crkvi sv. Juraja u Rakovcu i Crkvi sv. Ivana Krstitelja u Svetom Ivanu Zelini. Kroz analizu i obradu prikupljenih podataka cilj je utvrditi međusobni odnos visine tornja i praga ovih dviju crkvi. Teorijski dio rada treba prikazati vrste nivelmana te svaki od njih opisati, a posebnu pozornost posvetiti trigonometrijskom nivelmanu koji će se koristiti prilikom praktičnih mjerenja. U praktičnom dijelu rada provesti mjerenja na terenu na spomenute dvije lokacije uz korištenje sljedećih instrumenata: Leica FlexLine TS10 totalna stanica i GNSS Trimble R12 prijamnik te Trimble TSC7 uređaje, uz podršku CROPOS sustava.

ZADATAK URUČEN 15.04.2024.



Cetić



## IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski/specijalistički rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navodenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Asja Krumpić pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključiva autorica završnog rada pod naslovom Trigonometrijsko mjerenje visina bliskih točaka na crkvama u Rakovcu i Svetom Ivanu Zelini te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(Asja Krumpić)

Asja Krumpić  
(vlastoručni potpis)

Sukladno članku 58., 59. i 61. Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti završne/diplomske/specijalističke radove sveučilišta su dužna objaviti u roku od 30 dana od dana obrane na nacionalnom repozitoriju odnosno repozitoriju visokog učilišta.

Sukladno članku 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.

## **Zahvala**

Završetak ovog rada označava kraj važnog perioda mog obrazovanja. Tijekom rada na ovoj temi susrela sam se s mnogim izazovima, ali i prilikama za napredak i razvoj. Iskustvo dobiveno tijekom toga od velike je važnosti. Na samom početku željela bih se zahvaliti svom mentoru, prof.dr.sc. Vladi Cetlu koji me vodio kroz sve faze ovog završnog rada i doc.dr.sc. Nikoli Kranjčiću koji je pomagao na terenskom dijelu rada. Njihovo znanje, strpljenje i iskusnost bili su važni za izradu ovog završnog rada. Također, zahvaljujem se ostalim profesorima i kolegama koji su doprinijeli svojim znanjem i pružili veliku podršku. Posebno se zahvaljujem svojim roditeljima koji su mi omogućili ovo akademsko obrazovanje, ostalim članovima obitelji te prijateljima koji su mi bili potpora i pružali motivaciju tijekom cijelog studiranja. Nadam se da će rezultati i zaključci ovog rada biti korisni budućim studentima i istraživačima.

Hvala svima koji su na bilo koji način doprinijeli mom putu do ovog velikog trenutka. Vaša podrška, savjeti i motivacija su me učinili boljim studentom i osobom.

## Sažetak

Ovaj završni rad obuhvaća mjerenja visinskih razlika bliskih točaka gdje je korišten trigonometrijski nivelman na dvije lokacije: Crkvi sv. Juraja u Rakovcu i Crkvi sv. Ivana Krstitelja u Svetom Ivanu Zelini. Kroz analizu i obradu prikupljenih podataka cilj je bio potvrditi početnu hipotezu o odnosu visine tornja i praga ovih dviju crkvi.

Prvi dio rada odnosi se na teorijski dio gdje su prikazane vrste nivelmana te svaki od njih opisan, a posebno je važan trigonometrijski nivelman koji je korišten prilikom praktičnih mjerenja.

U praktičnom dijelu rada provedena su mjerenja na terenu na spomenute dvije lokacije gdje smo koristili instrumente: Leica FlexLine TS10 totalnu stanicu i GNSS Trimble R12 te Trimble TSC7 uređaje, uz podršku CROPOS sustava.

Na samom kraju su obrađeni, analizirani i uspoređeni podaci kojim je početna hipoteza odbačena.

**Ključne riječi:** mjerenje, visina, trigonometrijski nivelman, visina crkve, visina praga, analiza i obrada podataka



## **Abstract**

This thesis includes the measurement of elevation differences between close points where trigonometric leveling was used at two locations: St. Juraj Church in Rakovec and St. Ivan Krsitelj Church in Sveti Ivan Zelina. Through the analysis and processing of the collected data, the purpose was to confirm the initial hypothesis about the relationship between the height of the tower and the threshold of these two churches.

The first part of the thesis refers to the theoretical part, where different types of leveling are presented and each is described, with particular emphasis on trigonometric leveling, which was used during practical measurements.

In the practical part, field measurements were conducted at the mentioned two locations, using the next instruments: Leica FlexLine TS10 total station, GNSS Trimble R12, and Trimble TSC7 devices, with the support of the CROPOS system.

At the end, the data were processed, analyzed, and compared, leading to the initial hypothesis being rejected.

**Keywords:** measurement, height, trigonometric leveling, church height, threshold height, data analysis and processing.

## Popis korištenih kratica

|                |   |
|----------------|---|
| <b>CROPOS</b>  | Hrvatski pozicijski sustav  |
| <b>GNSS</b>    | Globalni navigacijski satelitski sustavi<br>Termin za satelitske navigacijske sustave koji pružaju autonomno geoprostorno pozicioniranje s globalnom pokrivenošću.      |
| <b>GPS</b>     | Globalni pozicijski sustav  |
| <b>GLONASS</b> | Ruski pozicijski sustav   |
| <b>DOF</b>     | Digitalna ortofotokarta<br>Službena državna karta i izrađuje se u mjerilu 1:5000 za cjelokupno područje Republike Hrvatske.   |
| <b>OSS</b>     | One Stop Shop<br>Dio Zajedničkog informacijskog sustava zemljišnih knjiga i katastra te predstavlja jedinstveno mjesto za pristup podacima zemljišne knjige i katastra. |

# SADRŽAJ

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | UVOD .....   | 1  |
| 2.     | METODE MJERENJA VISINA U GEODEZIJI .....                 | 2  |
| 2.1.   | Geometrijski nivelman .....                              | 2  |
| 2.2.   | Trigonometrijski nivelman .....                          | 3  |
| 2.3.   | GNSS metoda .....  | 4  |
| 2.4.   | Hidrostatski i barometrijski nivelman .....              | 5  |
| 3.     | ULAZNI PODACI .....                                      | 7  |
| 3.1.   | Skice izmjere .....                                      | 7  |
| 3.2.   | Kopija katastarskog plana .....                          | 10 |
| 4.     | TRIGONOMETRIJSKO ODREĐIVANJE VISINA BLISKIH TOČAKA ..... | 14 |
| 4.1.   | Instrumenti .....  | 14 |
| 4.1.1. | GNSS TRIMBLE R12 .....                                   | 14 |
| 4.1.2. | LEICA FLEXTIME TS10 USER MANUAL .....                    | 16 |
| 4.2.   | Signalizacija točaka .....                               | 17 |
| 5.     | ANALIZA I OBRADA PODATAKA .....                          | 19 |
| 5.1.   | Crkva sv. Juraj u Rakovcu .....                          | 20 |
| 5.2.   | Crkva sv. Ivan Krstitelj u Svetom Ivanu Zelini .....     | 24 |
| 6.     | ZAKLJUČAK .....  | 28 |
| 7.     | LITERATURA .....   | 29 |
|        | Popis slika .....  | 30 |
|        | Popis tablica .....                                      | 31 |

# 1. UVOD

Mjerenje visinskih razlika jedan je od čestih poslova u geodetskoj struci. Početna hipoteza koja je temelj ovog rada glasi: visina tornja Crkve sv. Juraja u Rakovcu je u ravnini visine praga Crkve sv. Ivana Krstitelja u Svetom Ivanu Zelini. Za ispitivanje navedene hipoteze odabrana je metoda trigonometrijskog nivelmana kao najpogodnija za brdovita područja te mjerenja visina tornjeva, dimnjaka itd. Samim time ta metoda bila je najbolji izbor za mjerenje i dobivanje rezultata te ispitivanje početne hipoteze.

U idućim poglavljima navedenim u sadržaju opisane su metode mjerenja visinskih razlika gdje su spomenuti trigonometrijski, geometrijski, hidrostatski i barometrijski nivelman. Nadalje, prikazani su ulazni podaci za praktični dio gdje se također nalaze skice i neslužbene kopije katastarskih planova. Navedeni su korišteni instrumenti i signalizacija točaka, a nakon toga slijedi obrada mjerenih podataka odnosno izračun i analiza. Glavni cilj bio je potvrditi/odbaciti početnu hipotezu što je postignuto provedenim geodetskim mjerenjima te obradom i analizom podataka.

## 2. METODE MJERENJA VISINA U GEODEZIJI

Metode mjerenja mijenjale su se kroz povijest i mijenjat će se ubuduće jer učestalo na tržište stižu novi instrumenti s novim softverima koji imaju sve bolje performanse za izvođenje i obradu mjerenja. Metode za određivanje visinskih razlika danas uglavnom uključuju: geometrijski nivelman, trigonometrijski nivelman, satelitsku GNSS metodu te hidrostatski i barometrijski nivelman [1].

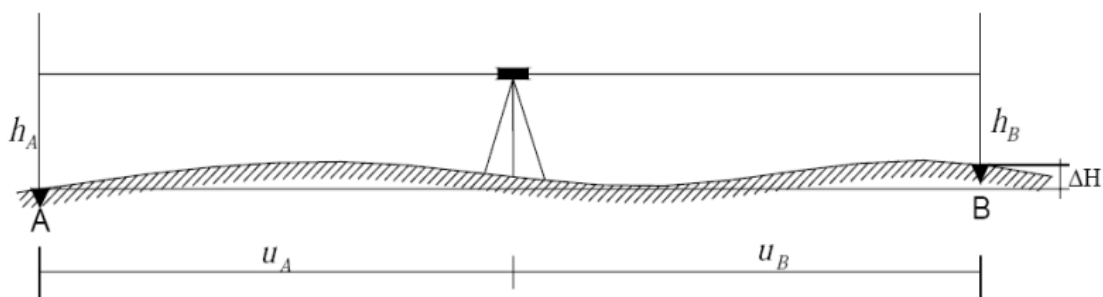
### 2.1. Geometrijski nivelman

Geometrijskim nivelmanom određuje se visinska razlika pomoću horizontalne vizure, a instrument koji se koristi je nivelir. Nivelir je instrument kojemu se durbin okreće samo oko vertikalne osi, dok mu je kolimacijska os smještena u horizontalnom položaju. Postoje dvije važne podjele nivelira: po svrsi i točnosti. Po svrsi dijele se na generalni i detalji, dok se prema točnosti dijeli na:

- Precizni nivelman visoke točnosti (nivelman 1. reda),
- Precizni nivelman (nivelman 2. reda),
- Tehnički nivelman povećane točnosti (nivelman 3. reda),
- Tehnički nivelman (nivelman 4. reda).

Uz nivelir vežemo opremu poput papučice i nivelmanske letve na kojoj očitavamo vrijednosti visina te očitamo kao zadnja (B) i prednja (A) vrijednost. Za dobivanje visinske razlike ( $\Delta h$ ) (Slika 1) koristimo formulu sljedeću formulu [2]

$$\Delta h = h_B - h_A$$



Slika 1. Geometrijski nivelman kao metoda za određivanje visinska razlika pomoću horizontalne vizure

Izvor: Izmjera zemljišta i izrada geodetskih planova; M. Ivković, V. Cetl, L. Redovniković

## 2.2. Trigonometrijski nivelman

Kod određivanja visinskih razlika trigonometrijskim nivelmanom mjerimo kosu ili horizontalnu duljinu i vertikalni kut (Slika 2).

Trigonometrijski nivelman najčešće se koristi za :

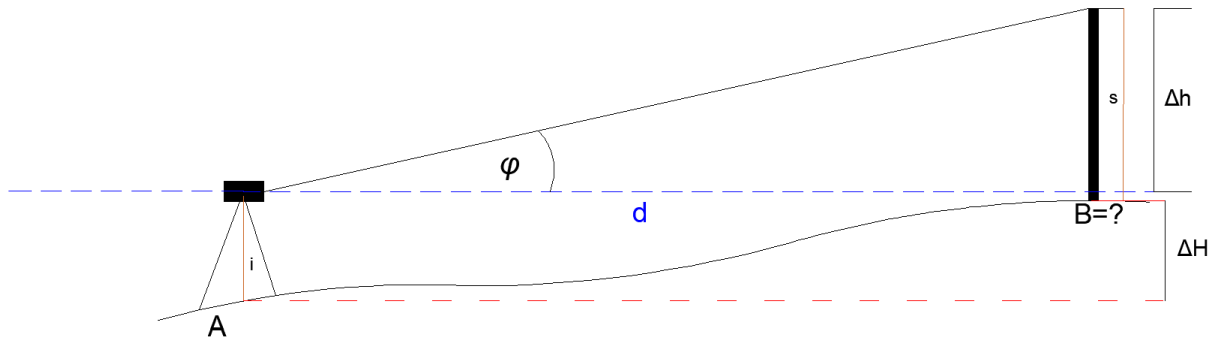
- određivanje visina poligonskih točaka,
- određivanje visina trigonometrijskih točaka,
- kontrolu slijeganja objekata ili terena u strmim i nepristupačnim terenima,
- određivanje visina objekata (tornjevi),
- prenošenje apsolutnih visina s jedne na drugu obalu rijeke,
- visinska povezivanja otoka s kopnom.

Kod mjerenja gdje je duljina stranice veća od 400 metara mogu se pojaviti faktori poput utjecaja zakrivljenosti Zemlje te utjecaj refrakcije koji mogu uzrokovati pogreške u rezultatima [3].

Instrument koji koristimo kod mjerenja naziva se totalna stanica. Totalna stanica ili mjerna stanica je kombinacija teodolita i elektroničkog daljinomjera, računala i mikroprocesora s memorijom odnosno za rad koristi funkcije različitih geodetskih instrumenata u isto vrijeme. Sastavni dijelovi totalne stanice su: mehanički dijelovi, optički dijelovi, tipkovnica, zaslon, memorija, izvor energije i softver [4].

Manualna totalna stanica je još uvijek najčešće korištena vrsta totalne stanice koja se koristi za različite projekte, izmjere zemljišta, izgradnju, monitoring i ostalo. Prednost korištenja ove stanice je jednostavnost uporabe te njezina cijena, a nedostatak je duže vrijeme rada u odnosu na robotizirane totalne stanice (potreban figurant) te mogućnost pogreške opažača.

Robotizirana totalna stanica dobar je izbor kada se na terenu nalazi jedan geodet. Prednost ove stanice je brži i točniji rad, smanjenje radne snage te lakše mjerenje zahtjevnih područja [5].



Slika 2. Trigonometrijski nivelman kao najučinkovitija metoda mjerenja kod brdovitih i teško dostupnih terena

Izvor: Autor

Visinska razlika između točke A i točke B prikazane na slici 2 određuje se mjerenjem vertikalnog kuta  $\varphi$  i udaljenosti  $d$  prikazana plavom bojom. Važno je izmjeriti visinu instrumenta  $i$  te visinu signala  $s$ . Nadalje,  $\Delta h$  dobije se prema formuli:

$$\Delta h = d * \tan(\varphi)$$

Nakon toga iz visine instrumenta  $i$  signala dobije se konačna visinska razlika  $\Delta H$  preko formule:

$$\Delta H = \Delta h + i - s$$

Nadmorska visina točke B dobije se:

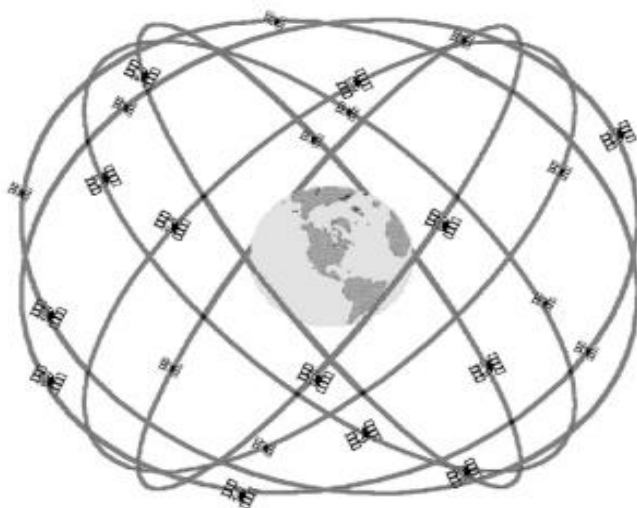
$$H_B = H_A + \Delta H$$

[2]

### 2.3. GNSS metoda

GNSS metoda daje trodimenzionalne koordinate X, Y, Z u kartezijevom koordinatnom sustavu ili elipsoidne B, L i h bilo koje točke na površini Zemlje, a točnost koordinata ovisi o konstelaciji satelita (Slika 3). Kod ove metode mjeri se vrijeme potrebno signalu poslanom sa satelita do prijammnika koji registrira vrijeme dolaska signala [1].

Pomoću ove metode u praktičnom dijelu odredili smo položajne i visinske koordinate točaka P1, P2, P3 i P4. U tu svrhu korišten je CROPOS sustav čijim se korištenjem dobivaju koordinate u HTRS96/TM i HVRS71 sustavu odnosno E, N i H.



*Slika 3. Kruženje satelita oko Zemlje*

*Izvor: Izmjera zemljišta i izrada geodetskih planova; M. Ivković, V. Cetl, L. Redovniković*

## **2.4. Hidrostatski i barometrijski nivelman**

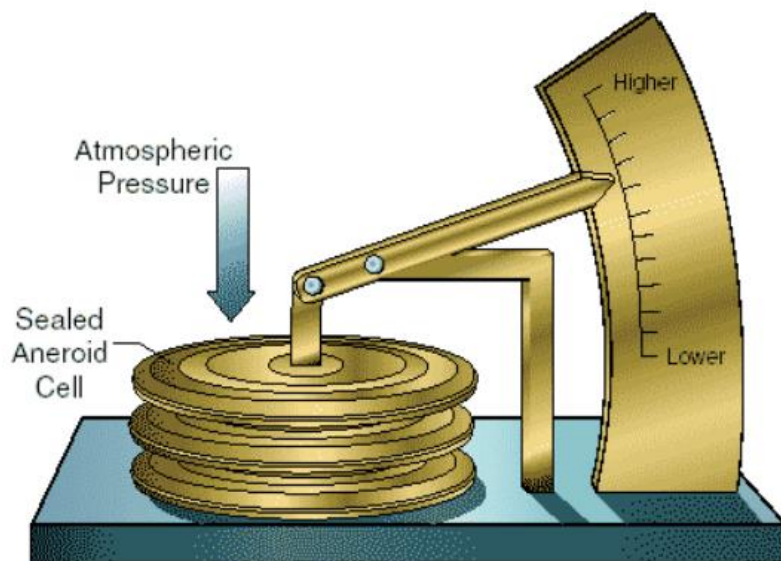
Hidrostatski nivelman (Slika 4) izvodi se po principu gumenog crijeva koje je napunjeno vodom, a na krajevima se nalaze gumene ili staklene posude sa skalom izraženom u metrima. Za barometrijski nivelman (Slika 5) važan je tlak zraka koji se smanjuje kako se povećava nadmorska visina te za ovu vrstu mjerenja važno je da početak i kraj mjerenja moraju završiti na točki poznate visine [1].



*Slika 4. Hidrostatski nivelman metoda temeljena na gumenim cijevima*

*Izvor: Instrumenti za određivanje visinskih razlika, Z. Šimić*



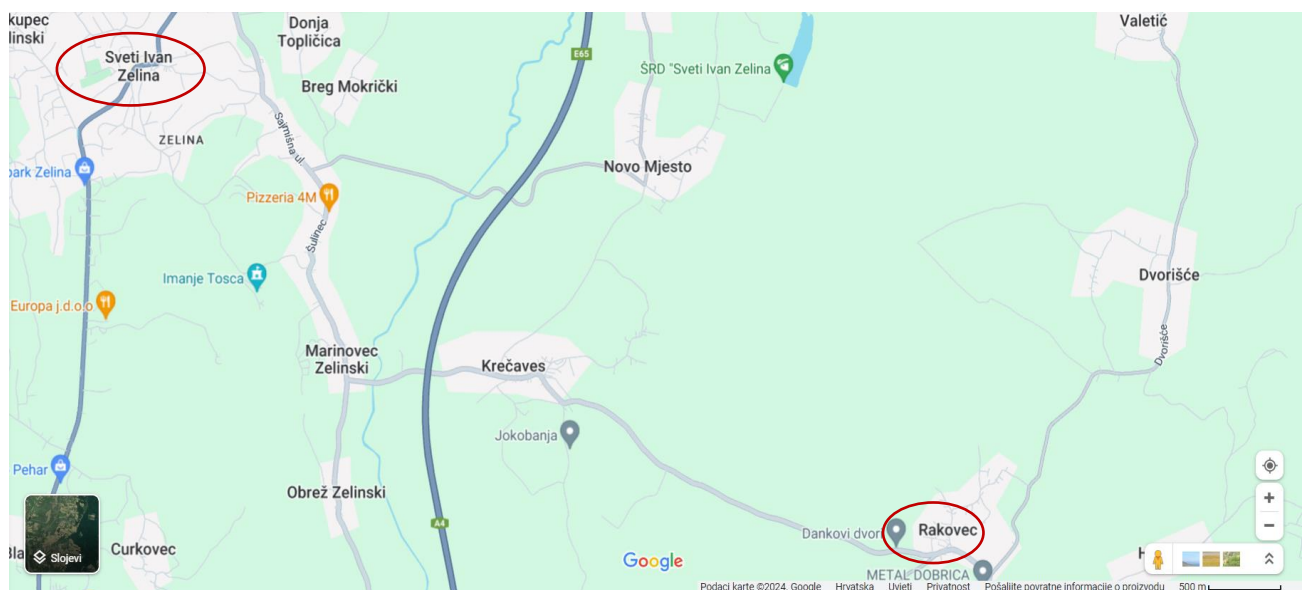


*Slika 5. Barometrijski nivelman je metoda u kojoj je važno da početak i kraj mjerenja moraju završiti na točki poznate visine.*

*Izvor: Instrumenti za određivanje visinskih razlika, Z. Šimić*

### 3. ULAZNI PODACI

Lokacije na kojim je mjereno Rakovec i Sveti Ivan Zelina, nalaze se u Zagrebačkoj županiji u Republici Hrvatskoj (Slika 6). U Rakovcu je mjereno toranj (vrh križa) i jabuka Crkve Svetog Juraja te je u Svetom Ivanu Zelini na Crkvi Svetog Ivana Krstitelja također mjereno toranj (vrh križa) i jabuka. Također izmjerene su i točke ulaza (praga) u obje crkve. Vremenski uvjeti na terenu kod oba mjerenja bili su povoljni, sunčano uz temperaturu 20°C, bez vjetera ili lagan vjetar i u vrijeme kad nema velikog prometa u blizini mjesta mjerenja. Prilikom mjerenja korišten je tahimetrijski zapisnik s podacima mjerenja.

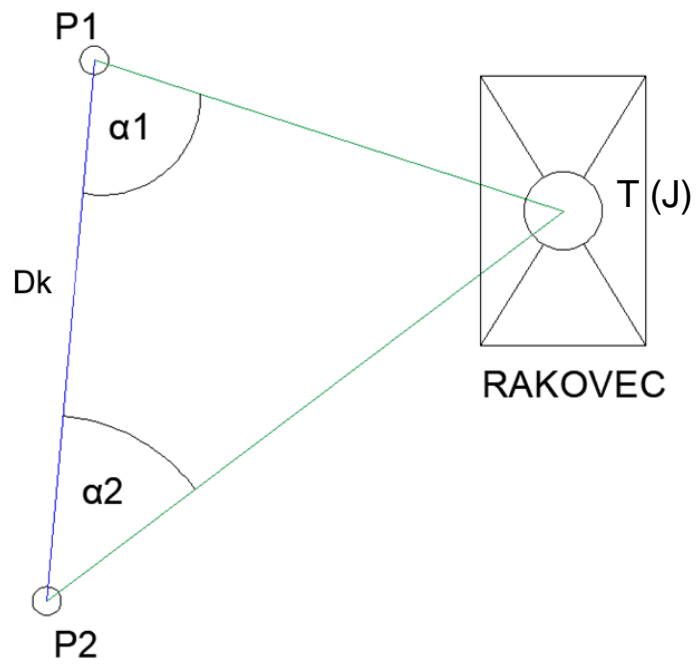


Slika 6. Lokacije na kojima se nalaze objekti mjerenja

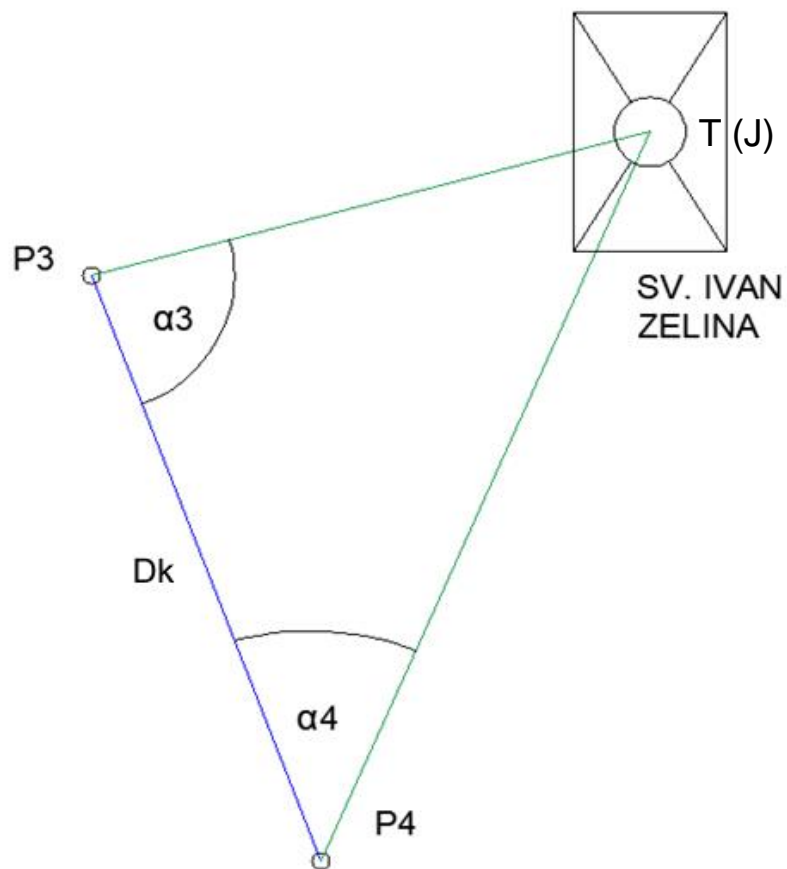
Izvor: Google Maps

#### 3.1. Skice izmjere

Skice (Slika 7 i Slika 8) prikazuju horizontalne trokute za dvije lokacije na kojima se obavljalo mjerenje, Rakovec i Sveti Ivan Zelina. Zelenom bojom označeni su pravci mjerenja s točaka P1, P2, P3 i P4 prema tornju (vrhu križa) i jabuci u oba slučaja. Plavom bojom prikazana je kosa duljina označena oznakom  $D_k$  između stajališta s kojih su mjereni tornjevi i jabuke.

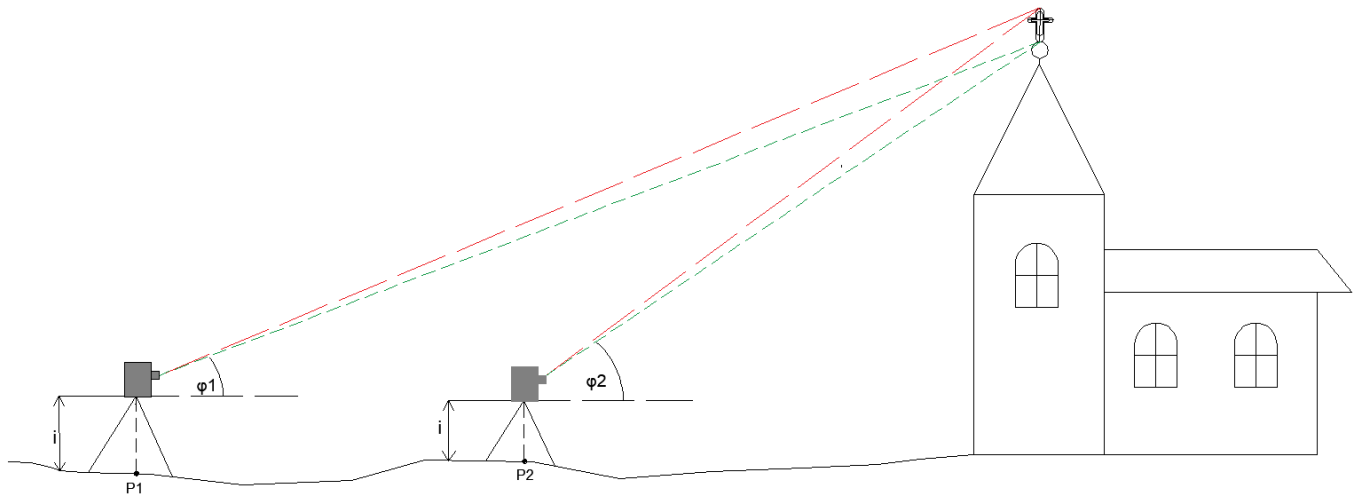


Slika 7. Horizontalni trokut za Crkvu sv. Juraja u Rakovcu  
Izvor: Autor



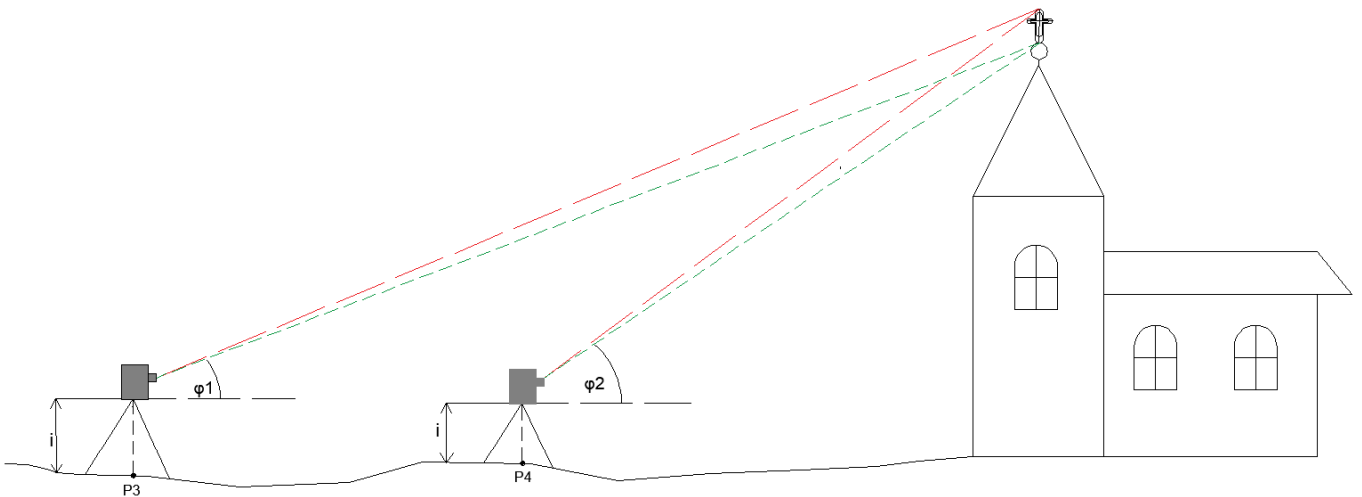
Slika 8. Horizontalni trokut za Crkvu sv. Ivana Krstitelja u Sv. Ivanu Zelini  
Izvor: Autor

Nadalje, skice (Slika 9 i Slika 10) prikazuju vertikalne trokute na lokacijama mjerenja. Crvenom isprekidan linijom označena je duljina prema tornju  $P1_T$  i  $P2_T$  odnosno  $P3_T$  i  $P4_T$ . Zelena isprekidana linija označava duljine prema jabuci  $P1_J$  i  $P2_J$  odnosno  $P3_J$  i  $P4_J$ . Vertikalni kutovi označeni su  $\varphi_1$  i  $\varphi_2$ .



*Slika 9. Skica vertikalnog trokuta za Crkvu sv. Juraja u Rakovecu*

*Izvor: Autor*



*Slika 10. Skica vertikalnog trokuta Crkve sv. Ivana Krstitelja u Sv. Ivanu Zelini*

*Izvor: Autor*

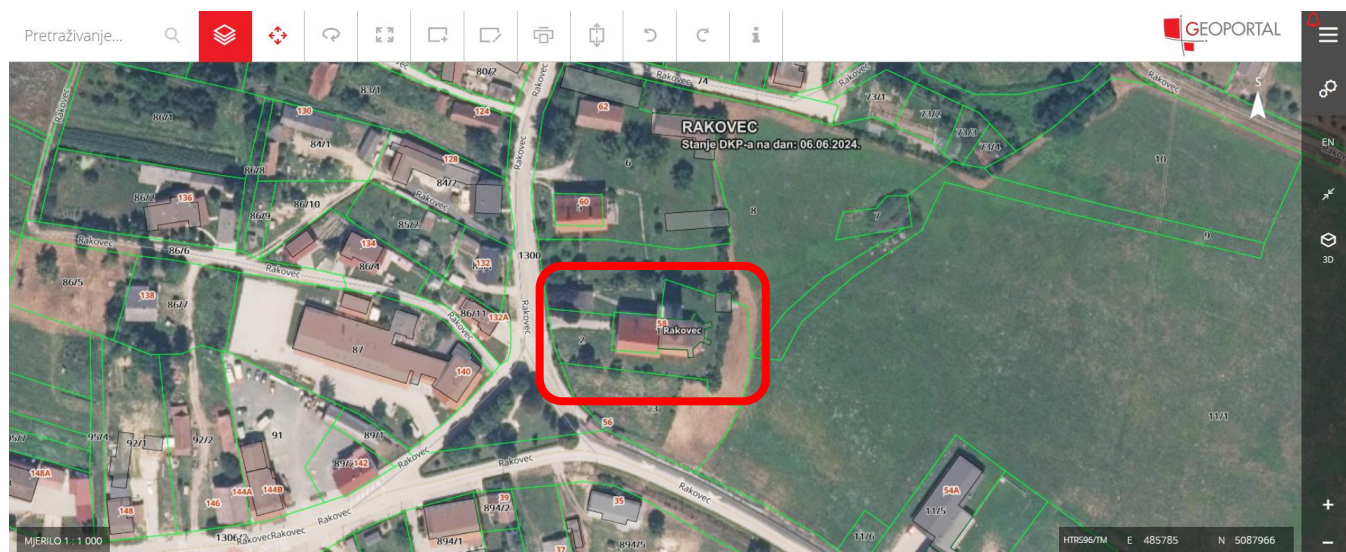
## 3.2. Kopija katastarskog plana

Kopije katastarskog plana su preuzete sa portala Uređena zemlja koji omogućuje uvid u različite prostorne informacije u ovisnosti o trenutnoj lokaciji. Navedeni portal pruža osam OSS usluga poput izdavanja elektronički ovjerenih isprava, moje nekretnine, elektronički podnesak za zemljišnu knjigu, digitalni geodetski elaborat, potvrda i rješenje o kućnom broju, identifikacija čestica, usklađivanje granica katastarske općine i podnošenje zahtjeva za obavljanje geodetske djelatnosti [6].

Preko web stranice Geoportal Hrvatska preuzete su DOF snimke gdje je prikazana Crkva sv. Juraja u Rakovcu (Slika 11) i Crkva sv. Ivana Krstitelja u Svetom Ivanu Zelini (Slika 12). Snimka DOF-a prikazana je u mjerilu 1:1000.

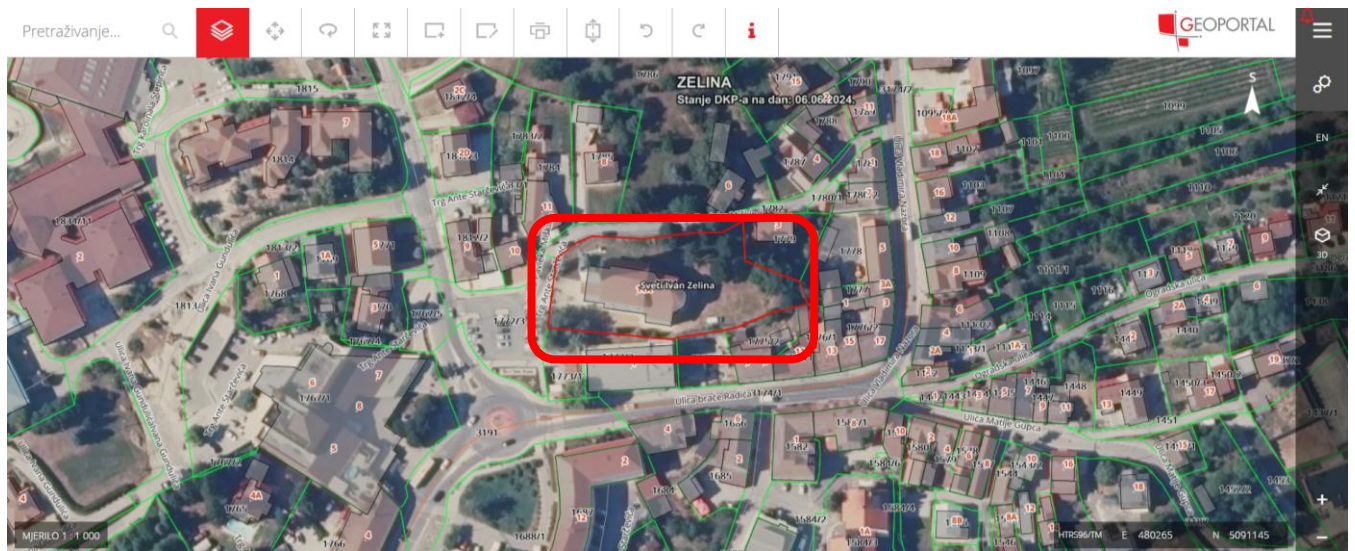
Broj čestice Crkve sv. Juraja u Rakovcu je 1, dok je broj katastarske čestice Crkve sv. Ivana Krstitelja u Svetom Ivanu Zelini 1774.

Za potrebe ovog završnog rada preuzete su neslužbene kopije katastarskog plana za Crkvu u Rakovcu (Slika 13) i Crkvu u Svetom Ivanu Zelini (Slika 14).



*Slika 11. DOF za područje Rakovca gdje se nalazi objekt od interesa*

*Izvor: <https://geoportal.dgu.hr/>*



*Slika 12. DOF za područje Svetog Ivana Zeline gdje se nalazi objekt od interesa*

*Izvor: <https://geoportal.dgu.hr/>*



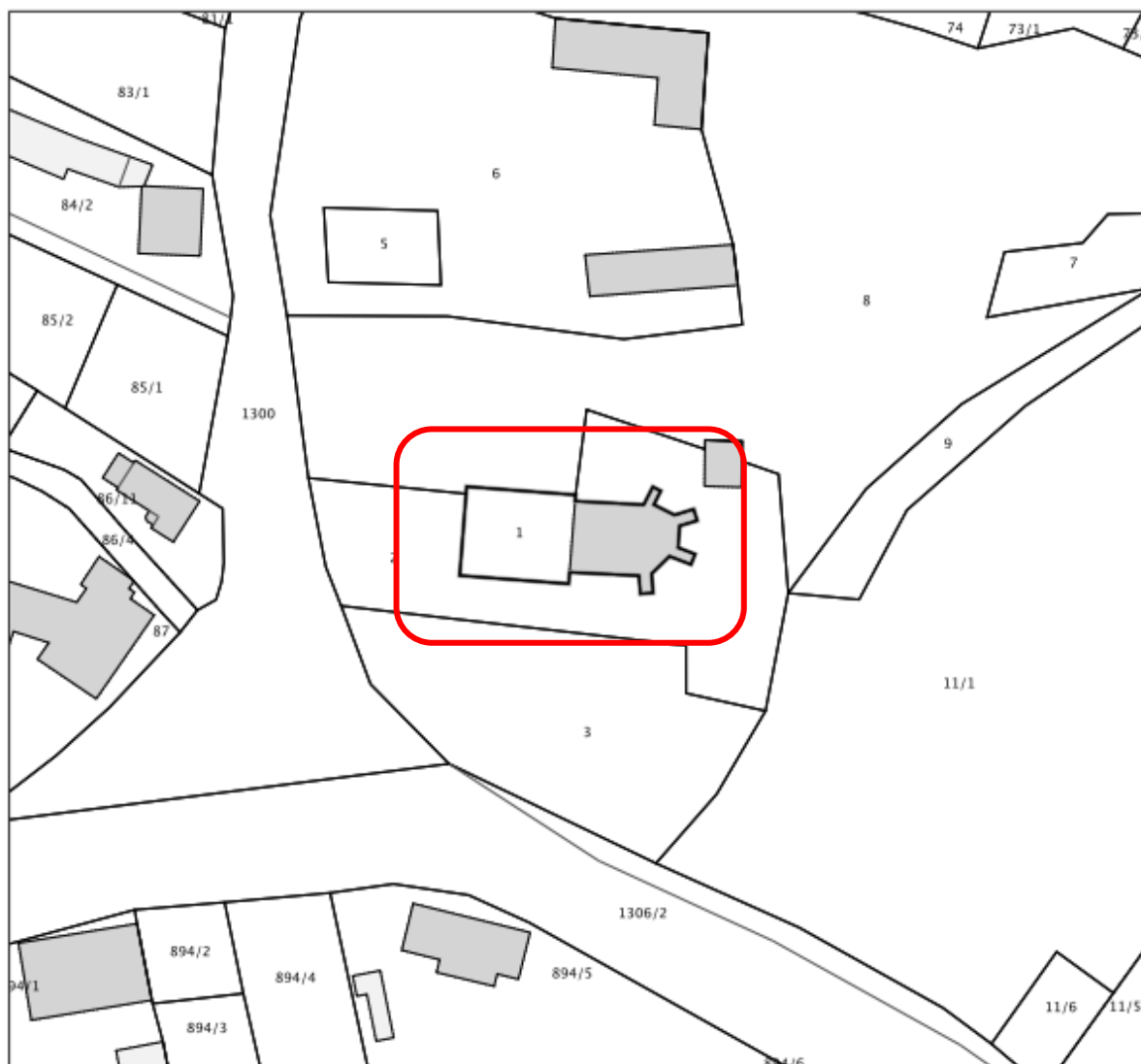
REPUBLIKA HRVATSKA  
DRŽAVNA GEODETSKA UPRAVA  
PODRUČNI URED ZA KATASTAR ZAGREB  
ISPOSTAVA ZA KATASTAR NEKRETNINA VRBOVEC

NESLUŽBENA KOPIJA  
K.o. RAKOVEC  
k.č.br.: 1

Stanje na dan: 06.06.2024.

### IZVOD IZ KATASTARSKOG PLANA

Mjerilo 1:1000  
Izvorno mjerilo 1:2880



Slika 13. Neslužbena kopija katastarskog plana Crkve sv. Juraja, Rakovec

Izvor: <https://oss.uredjenazemlja.hr/>





## 4. TRIGONOMETRIJSKO ODREĐIVANJE VISINA BLISKIH TOČAKA

### 4.1. Instrumenti

Za potrebe praktičnog dijela korištena je totalna stanica i GNSS te kombinacija ovih instrumenata nam daje željenu točnost. Važno je spomenuti CROPOS sustav koji se sastoji od 37 referentnih GNSS stanica koje se nalaze na približnoj udaljenosti od 70 km prekrivajući cijelo područje Republike Hrvatske. CROPOS je razvijen u svrhu prikupljanja podataka satelitskih mjerenja i računanja korekcijskih parametara te je dostupnost servisa 24/7 dana. [7]

#### 4.1.1. GNSS TRIMBLE R12

GNSS Trimble R12 je mali, kompaktan i izdržljiv prijamnik s povećanom dugotrajnosti baterija koje omogućuju duže i preciznije mjerenje (Slika 15). Raspolaze visokim performansama koje su važne za ispunjenje zahtijevane točnosti mjerenja u ruralnim i urbanim područjima uz minimalne smetnje krošnji drveća i visokih zgrada zbog toga što sadrži ProPoint GNSS tehnologiju u realnom vremenu. Osim ProPoint tehnologije Trimble R12 ima i SurePoint™ elektronsku kompenzaciju razine i nagiba, Trimble CenterPoint RTX i Trimble xFill. Prijamnik Trimble R12 ima mogućnost fleksibilnog upravljanja signalom što omogućuje korištenje svih dostupnih satelitskih navigacijskih sustava poput GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou i QZSS itd.. Njegova visoka točnost omogućuje korisnicima obavljanje preciznih geodetskih mjerenja, mapiranje i prikupljanje geoprostornih podataka. [8]. Tablica 1 prikazuje osnovne specifikacije prijamnika.

*SPECIFIKACIJE TRIMBLE R12*

|                           |                   |
|---------------------------|-------------------|
| <i>RTK</i>                | 8 H/15 V mm       |
| <i>CenterPoint RTX</i>    | 2 cm H/5 V cm     |
| <i>GNSS kanali</i>        | 672               |
| <i>Wideband UHF radio</i> | Up to 2 Watt Tx   |
| <i>Težina</i>             | 1.12 kg           |
| <i>Dimenzije</i>          | 11.9 cm x 13.6 cm |

*Tablica 1. Specifikacije GNSS Trimble R12*

*Izvor: <https://geospatial.trimble.com/en/products/hardware/trimble-r12>*

Trimble TSC7 kontroler je spoj kombinacije tableta, laptopa i terenskog kontrolera koji pojednostavljuje geodetske procese i pruža najbolje performanse na terenu (Slika 15). Njegov dizajn osigurava da ispuni sve performanse te da radi bilo kad i bilo gdje. Kontroler nudi različite tehnologije povezivanja poput Bluetooth, Wi-Fi, 4G i Robotic Radio. Dodatno dolazi napredniji softver koji ovaj kontroler koristi Trimble Access za prikupljanje podataka te lako unošenje, uređivanje i pregled izmjerenih podataka. Još jedna od prednosti Trimble TSC7 je da podržava velik broj formata za dijeljenje i integraciju [9]. Tablica 2 prikazuje osnovne specifikacije kontrolera.

#### *SPECIFIKACIJE TRIMBLE TSC7*

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <i>Optimizacija</i>      | Za Trimble Access(pojednostavljenje rada)                        |
| <i>Tipkovnica</i>        | S pozadinskim osvjetljenjem i prilagodljivim naredbama gumba     |
| <i>Operativni sustav</i> | Windows 10   |
| <i>Ekran</i>             | 7-inčni multi-touch ekran, zaslon čitljiv na sunčevoj svjetlosti |
| <i>Memorija</i>          | 8 GB RAM-a, 128 GB interne memorije                              |
| <i>Napon</i>             | Hot-swappable baterije s LED indikatorima                        |

*Tablica 2. Specifikacije Trimble TSC7*

*Izvor: <https://geospatial.trimble.com/en/products/hardware/trimble-tsc7>*



*Slika 15. GNSS Trimble R12 mali, kompaktan i izdržljiv prijamnik i Trimble TSC7 kontroler*

*Izvor: Autor*

#### 4.1.2. LEICA FLEXLINE TS10 USER MANUAL

Leica FlexLine TS10 je manualna totalna stanica koja se koristi za zahtjevne geodetske poslove (Slika 16). Njezina točnost i kvaliteta su vrlo visoki te je izvrsna za poslove vezane uz inženjersku geodeziju. Uz pomoć softvera Leica Captivate moguće je koristiti prikaz svih podataka u 3D obliku.

Leica FlexLine serija totalnih stanica razlikuju se od prijašnjih zbog njihovog rada i korištenja koje je usmjereno na pružanje bolje kvalitete i točnosti, smanjene troškova te produljenje vremena trajanja te upravo ove osobine omogućuju korisnicima da postignu željene rezultate u procesu mjerenja. Usluga i podrška Leica FlexLine TS10 je globalna i lokalna te sadrži opciju pristupa mobilnom internetu koji omogućuje povezivanje s uredom za prijenos podataka. Pomoću programa Active Customer Care i korisničkim portalom myWorld korisnici imaju pristup najnovijim ažuriranjima softvera, uslugama i podršci.

Softver vezan uz spomenutu totalnu stanicu, Leica Captivate je moćan, sveobuhvatan softver i jednostavan za korištenje. Uz pomoć ovakvog softvera moguće je prikupiti još više točaka te postoji mogućnost povezivanja s 3D podacima. [10]



*Slika 16. Leica FlexLine TS10 u Sv. Ivanu Zelini (lijevo) i Rakovcu (desno)*

*Izvor: Autor*

## 4.2. Signalizacija točaka

Signalizacija točaka važan je postupak koji daje preciznost i točnost mjerenja, posebno kada su točke bliske jedna drugoj. Kod izvođenja ovog mjerenja bio je potreban signal tj. prizma kako bismo odredili duljinu između stajališta, duljinu prema točki V101 i duljinu prema visini praga.

Prvi korak bio je odraditi rekognosciranje trena kako bismo smjestili stajališne točke koje se moraju dogledati i s kojih se mora jasno vidjeti objekt mjerenja odnosno tornjevi crkava.

Nakon obavljenog prvog koraka bilo je potrebno stabilizirati točke bolcnama, označiti sprejom i odrediti položajne koordinate i visinu pomoću GNSS-a (Slika 17 i Slika 18).

Položajne koordinate točaka E i N određene su u Hrvatskom terestričkom referentnom sustavu poprečne Mercatorove projekcije HTRS96/TM dok su visine određene u Hrvatskom visinskom referentnom sustavu HVRS71.

Nadalje, postavlja se instrument s kojim mjerimo, u našem slučaju totalna mjerna stanica koju je potrebno horizontirati i centrirati. Kod postavljanja prizme na stajališne točke, točku V101 te točku za visinu praga korišten je tronožac za što točnije mjerenje uz minimalne pomake te je signal stavljen na visinu na kojoj je vidljiv sa stajališne točke.



Slika 17. Signalizacija točaka u Rakovcu pomoću prizme i tronošca

Izvor: Autor



*Slika 18. Signalizacija točkaka u Svetom Ivanu Zelini pomoću prizme i tronošca*

*Izvor: Autor*

## 5. ANALIZA I OBRADA PODATAKA

Na temelju mjerenih podataka iz tahimetrijskog zapisnika (Slika 19 i 21) računalo se sljedeće (Tablica 3) (Slika 7, Slika 8, Slika 9 i Slika 10):

- Horizontalni kutovi  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  i  $\alpha_4$  prema tornju i jabuci obje crkve
- Udaljenosti  $P_{1T}$ ,  $P_{2T}$ ,  $P_{1J}$ ,  $P_{2J}$ ,  $P_{3T}$ ,  $P_{4T}$ ,  $P_{3J}$  i  $P_{4J}$
- $\Delta HP_{1T}$ ,  $\Delta HP_{2T}$ ,  $\Delta HP_{1J}$ ,  $\Delta HP_{2J}$ ,  $\Delta HP_{3T}$ ,  $\Delta HP_{4T}$ ,  $\Delta HP_{3J}$  i  $\Delta HP_{4J}$
- $HP_{1T}$ ,  $HP_{2T}$ ,  $HP_{1J}$ ,  $HP_{2J}$ ,  $HP_{3T}$ ,  $HP_{4T}$ ,  $HP_{3J}$  i  $HP_{4J}$
- Konačna nadmorska visina tornja (vrha križa) i jabuke obje crkve (T i J)
- Nadmorske visine pragova obje crkve

### Objašnjenje oznaka

|   |   |
|---|---|
| $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ i $\alpha_4$ | Horizontalni kutovi mjereni prema jabuci i tornju (vrh križa)       |
| $P_{1T}$ i $P_{2T}$                         | Horizontalna udaljenosti prema tornju (vrhu križa) s točaka P1 i P2 |
| $P_{1J}$ i $P_{2J}$                         | Horizontalna udaljenosti prema jabuci s točaka P1 i P2              |
| $P_{3T}$ i $P_{4T}$                         | Horizontalna udaljenosti prema tornju (vrhu križa) s točaka P3 i P4 |
| $P_{3J}$ i $P_{4J}$                         | Horizontalna udaljenosti prema jabuci s točaka P3 i P4              |
| $\Delta H$                                  | Visinske razlike  |
| <b>H</b>                                    | Konačna visina T (tornja tj. vrha križa) i J (jabuke) obje crkve    |
| <b>V101</b> i $H_{praga}$                   | Nadmorske visine praga i točke 101                                  |

Tablica 3. Objasnjene korištenih oznaka

Izvor: Autor

U nastavku prikazane koordinate točaka P1, P2, P3 i P4 za obje lokacije (Tablica 4):

|                          |    | <b>E</b>   | <b>N</b>     | <b>H</b> |
|--------------------------|----|------------|--------------|----------|
| <b>Rakovec</b>           | P1 | 485691.312 | 5088024.607  | 134.401  |
|                          | P2 | 485686.049 | 5087964.633  | 133.322  |
| <b>Sveti Ivan Zelina</b> | P3 | 480053.867 | 5091173.866, | 202.184  |
|                          | P4 | 480081.470 | 5091100.609  | 199.732  |

Tablica 4. Koordinate točaka P1, P2, P3 i P4

Izvor: Autor

## 5.1. Crkva sv. Juraj u Rakovcu

| SVEUČILIŠTE SJEVER                           |          |                     | TAHIMETRIJSKI ZAPISNIK |    |  |    |    |                     | RAKOVEC                                 |   |
|--|----------|---------------------|------------------------|----|--|----|----|---------------------|---|---|
| Stajalište<br>i=vis.instr<br>Opažać<br>Datum | Vizura   | Horizontalni<br>kut |                        |    | Zenitna daljina<br>ili<br>vertikalni kut |    |    | hr=visina<br>prizme | Duljina<br>kosa ili horizontalna<br>(m) | PRIMJEDBA<br>Instrument, situacija, vrijeme,<br>grupa i dr. |
|  |          | o                   | /                      | // | o  | /  | // |                     |   |   |
| P1   | P2       | 185                 | 0                      | 51 | 90                                       | 59 | 52 | 1,60                | 60,21                                   |   |
| i=1,59                                       | Toranj   | 107                 | 51                     | 34 | 56                                       | 43 | 32 |                     |   |   |
|  | Jabuka   | 107                 | 48                     | 4  | 57                                       | 58 | 30 |                     |   |   |
|  | V. praga | 124                 | 35                     | 31 | 88                                       | 32 | 25 | 2,00                | 38,5157                                 |   |
|  |          |                     |                        |    |  |    |    |                     |   |   |
| P2   | P1       | 5                   | 0                      | 55 | 88                                       | 49 | 57 | 1,60                | 60,21                                   |   |
| i=1,43                                       | Toranj   | 52                  | 56                     | 0  | 62                                       | 41 | 41 |                     |   |   |
|  | Jabuka   | 52                  | 55                     | 22 | 63                                       | 46 | 23 |                     |   |   |
|  |          |                     |                        |    |  |    |    |                     |   |   |

Slika 19. Tahimetrijski zapisnik Rakovec

Izvor: PDF - Adobe Acrobat

Postupak računanja vezan uz toranj (vrh križa) Crkve sv. Juraj slijedi:

Kutovi  $\alpha_1$  i  $\alpha_2$  računati su na sljedeći način:

$$\alpha_1 = 185^\circ 00' 51'' - 107^\circ 51' 34'' = 77^\circ 09' 17''$$

$$\alpha_2 = 52^\circ 56' 00'' - 5^\circ 00' 55'' = 47^\circ 55' 05''$$

Nadalje, udaljenost od točke P1 i P2 prema tornju izračunata je prema formulama:

$$P1_T = \frac{d * \sin(\alpha_2)}{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}$$

$$P2_T = \frac{d * \sin(\alpha_1)}{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}$$

Dakle, uvrštavanjem podataka iz tahimetrijskog zapisnika (Slika 19) za toranj dobije se:

$$\overline{P1_T} = \frac{60.21 * \sin(47^\circ 55' 05'')}{\sin(77^\circ 09' 17'' + 47^\circ 55' 05'')} = 54.60 \text{ m}$$

$$\overline{P2_T} = \frac{60.21 * \sin(77^\circ 09' 17'')}{\sin(77^\circ 09' 17'' + 47^\circ 55' 05'')} = 71.73 \text{ m}$$

Za visinsku razliku  $\Delta h_{P1}$  i  $\Delta h_{P2}$  prvo je potrebno odrediti vertikalne kutove  $\varphi_1$  i  $\varphi_2$ :

$$\varphi_{1T} = 90^\circ - 56^\circ 43' 32'' = 33^\circ 16' 28''$$

$$\varphi_{2T} = 90^\circ - 62^\circ 41' 41'' = 27^\circ 18' 19''$$

Nakon izračunatih vertikalnih kutova uvrštavaju se u formulu:

$$\Delta h_{P1T} = \overline{P1_T} * \tan(\varphi_1) = 35.83m$$

$$\Delta h_{P2T} = \overline{P2_T} * \tan(\varphi_2) = 37.03 m$$

Visina  $HP_{1T}$  i  $HP_{2T}$  izračunata je na temelju formule:

$$H = HP + \Delta hP + i$$

Gdje je  $i$  oznaka za visinu instrumenta, a HP visina točke na kojoj se mjerilo. Uvrštavanjem podatak u navedenu formulu dobijemo:

$$HP_{1T} = 134.401 + 35.8316 + 1.59 = 171.82m$$

$$HP_{2T} = 133.322 + 37.0295 + 1.43 = 171.78 m$$

Konačna visina T (vrh križa) dobije se aritmetičkom sredinom dobivenih rezultata  $HP_{1T}$  i  $HP_{2T}$ :

$$T = \frac{(171.8226 + 171.7815)}{2} = 171.80 m$$

Na isti način dobiveni su podaci za jabuku koji glase:

Kutovi  $\alpha_1$  i  $\alpha_2$  računati su:

$$\alpha_1 = 185^\circ 00' 51'' - 107^\circ 48' 04'' = 77^\circ 12' 47''$$

$$\alpha_2 = 52^\circ 55' 22'' - 5^\circ 00' 55'' = 47^\circ 54' 27''$$

Udaljenost od točke P1 i P2 prema jabuci izračunata je po formulama:

$$P_{1J} = \frac{d * \sin(\alpha_2)}{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}$$

$$P_{2J} = \frac{d * \sin(\alpha_1)}{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}$$

Stoga, uvrštavanjem podatak dobije se:

$$\overline{P1_J} = \frac{60.21 * \sin(47^\circ 54' 27'')}{\sin(77^\circ 12' 47'' + 47^\circ 54' 27'')} = 54.62m$$



$$\overline{P2}_J = \frac{60.21 * \sin(77^\circ 12' 47'')}{\sin(47^\circ 54' 27'' + 77^\circ 12' 47'')} = 71.79 \text{ m}$$

Za visinsku razliku  $\Delta h_{P1}$  i  $\Delta h_{P2}$  najprije je potrebno odrediti vertikalne kutove  $\varphi_1$  i  $\varphi_2$ :

$$\varphi_{1T} = 90^\circ - 57^\circ 58' 30'' = 32^\circ 01' 30''$$

$$\varphi_{2T} = 90^\circ - 63^\circ 46' 23'' = 26^\circ 13' 37''$$

Izračunom vertikalnih kutova uvrštavaju se u formulu:

$$\Delta h_{P1}_J = \overline{P1}_J * \tan(\varphi_1) = 34.17 \text{ m}$$

$$\Delta h_{P2}_J = \overline{P2}_J * \tan(\varphi_2) = 35.37 \text{ m}$$

Visina  $HP_{1T}$  i  $HP_{2T}$  izračunava se formulom:

$$H = HP + \Delta h_P + i$$

Gdje je  $i$  oznaka za visinu instrumenta, a  $HP_1$  visina točke  $P_1$ . Uvrštavanjem podatak u navedenu formulu dobijemo:

$$HP_{1J} = 134.401 + 34.1663 + 1.59 = 170.16 \text{ m}$$

$$HP_{2J} = 133.322 + 35.3650 + 1.43 = 170.12 \text{ m}$$

Konačna visina  $J$  dobije se aritmetičkom sredinom dobivenih rezultata  $HP_{1J}$  i  $HP_{2J}$ :

$$J = \frac{(170.1573 + 170.1170)}{2} = 170.14 \text{ m}$$

Razlika visine praga izračunata je preko kosinusa:

$$\Delta h_{visina \text{ praga}} = 38.5157 * \cos(88^\circ 32' 25'') = 0.98 \text{ m}$$

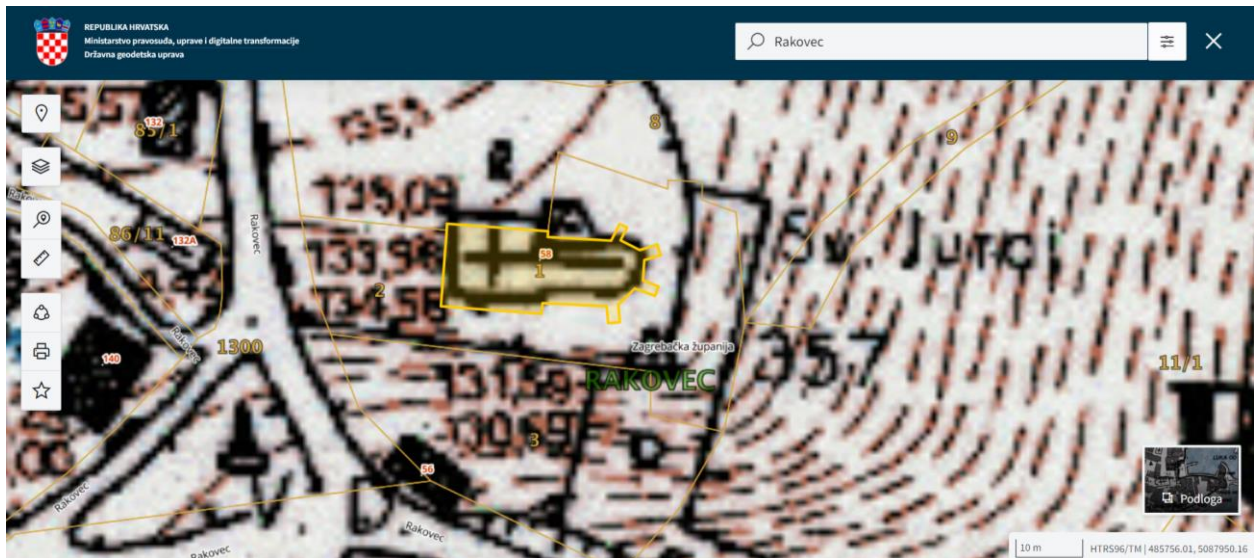
Konačna visina praga:

$$H_{visina \text{ praga}} = HP_1 + \Delta h_{visina \text{ praga}} + i - s$$

Gdje je oznaka  $i$  visina instrumenta, a  $s$  visina signala:

$$H_{visina \text{ praga}} = 134.401 + 0.9812 + 1.59 - 2 = 134.97 \text{ m}$$

Kao provjera izračunatih nadmorskih visina poslužila je Hrvatska osnovna karta (HOK) u mjerilu 1:5000 te je Crkva sv. Juraja u Rakovcu označena žutom bojom (Slika 20.).



*Slika 20. HOK za Crkvu Sv. Juraja u Rakovcu*

*Izvor: <https://oss.uredjenazemlja.hr/map>*

## 5.2. Crkva sv. Ivan Krstitelj u Svetom Ivanu Zelini

SVEUČILIŠTE SJEVER

TAHIMETRIJSKI ZAPISNIK

SV. I. ZELINA

| Stajalište<br>i=vis.instr<br>Opažać<br>Datum | Vizura | Horizontalni<br>kut |    |    | Zenitna daljina<br>ili<br>vertikalni kut |    |    | hr=visina<br>prizme | Duljina<br>kosa ili horizontalna (m) | PRIMJEDBA<br>Instrument, situacija, vrijeme,<br>grupa i dr. |
|--|--------|---------------------|----|----|--|----|----|---------------------|--------------------------------------|---|
|  |        | o                   | '  | '' | o  | '  | '' |                     |                                      |   |
| P3   | P4     | 159                 | 21 | 10 | 91                                       | 40 | 34 | 1,60                | 78,30                                |   |
| i=1,45                                       | Toranj | 75                  | 1  | 51 | 58                                       | 59 | 19 |                     |                                      |   |
|  | Jabuka | 75                  | 1  | 15 | 60                                       | 13 | 36 |                     |                                      |   |
|  |        |                     |    |    |  |    |    |                     |                                      |   |
|  |        |                     |    |    |  |    |    |                     |                                      |   |
|  |        |                     |    |    |  |    |    |                     |                                      |   |
| P4   | P3     | 339                 | 21 | 15 | 88                                       | 10 | 48 | 1,60                | 78,30                                |   |
| i=1,556                                      | Toranj | 23                  | 30 | 14 | 66                                       | 2  | 53 |                     |                                      |   |
|  | Jabuka | 23                  | 29 | 19 | 67                                       | 1  | 57 |                     |                                      |   |
|  | V101   | 14                  | 38 | 47 | 88                                       | 12 | 50 | 1,60                | 89,3878                              |   |
|  |        |                     |    |    |  |    |    |                     |                                      |   |

Slika 21. Tahimetrijski zapisnik Zelina

Izvor: PDF - Adobe Acrobat

Na isti način ako kod Crkvi sv. Juraja izračunate su vrijednosti za toranj (vrh križa) i jabuku Crkve sv. Ivana Krstitelja u Svetom Ivanu Zelini.

Izračun iz podataka tahimetrijskog obrasca slijedi:

Kutovi  $\alpha_3$  i  $\alpha_4$  računati su na sljedeći način:

$$\alpha_3 = 159^\circ 21' 10'' - 75^\circ 01' 51'' = 84^\circ 19' 19''$$

$$\alpha_4 = (360^\circ - 339^\circ 21' 15'') + 23^\circ 30' 14'' = 44^\circ 08' 59''$$

Udaljenost od točke P3 i P4 prema tornju (vrhu križa) izračunata je prema formulama:

$$P3_T = \frac{d * \sin(\alpha_4)}{\sin(\alpha_3 + \alpha_4)}$$

$$P4_T = \frac{d * \sin(\alpha_3)}{\sin(\alpha_3 + \alpha_4)}$$

Uvrštavanjem podataka iz tahimetrijskog zapisnika (Slika 21) za toranj dobije se:

$$\overline{P3_T} = \frac{78.31 * \sin(44^\circ 08' 59'')}{\sin(84^\circ 19' 19'' + 44^\circ 08' 59'')} = 69.67 \text{ m}$$

$$\overline{P4_T} = \frac{78.31 * \sin(84^\circ 19' 19'')}{\sin(84^\circ 19' 19'' + 84^\circ 19' 19'')} = 99.53 \text{ m}$$

Za visinsku razliku  $\Delta hP3$  i  $\Delta hP4$  najprije je potrebno odrediti vertikalne kutove  $\varphi1$  i  $\varphi2$ :

$$\varphi1_T = 90^\circ - 58^\circ 59' 29'' = 31^\circ 00' 41''$$

$$\varphi2_T = 90^\circ - 66^\circ 02' 53'' = 23^\circ 57' 07''$$

Nakon izračunatih vertikalnih kutova uvrštavaju se u formulu:

$$\Delta hP3_T = \overline{P3_T} * \tan(\varphi1) = 41.88 \text{ m}$$

$$\Delta hP4_T = \overline{P4_T} * \tan(\varphi2) = 44.21 \text{ m}$$

Visina  $HP3_T$  i  $HP4_T$ :

$$H = HP + \Delta hP + i$$

Gdje je  $i$  oznaka za visinu instrumenta, a  $HP$  visina točke na kojoj je mjereno. Uvrštavanjem podatak u navedenu formulu dobijemo:

$$HP3_T = 202.184 + 41.8808 + 1.45 = 245.51 \text{ m}$$

$$HP4_T = 199.732 + 44.2149 + 1.556 = 245.50 \text{ m}$$

Konačna visina  $T$  (vrh križa) dobije se aritmetičkom sredinom dobivenih rezultata  $HP3_T$  i  $HP4_T$ :

$$T = \frac{(245.5148 + 245.5029)}{2} = 245.51 \text{ m}$$

Na isti način dobiveni su podaci za jabuku.

Kutovi  $\alpha3$  i  $\alpha4$  računati su:

$$\alpha3 = 159^\circ 21' 10'' - 107^\circ 48' 04'' = 75^\circ 01' 15''$$

$$\alpha4 = (360^\circ - 159^\circ 21' 15'') + 23^\circ 29' 19'' = 44^\circ 08' 04''$$

Udaljenost od točke  $P3$  i  $P4$  prema jabuci

$$P3_J = \frac{d * \sin(\alpha4)}{\sin(\alpha3 + \alpha4)}$$

$$P4_J = \frac{d * \sin(\alpha4)}{\sin(\alpha3 + \alpha4)}$$

Stoga, uvrštavanjem podataka dobije se:

$$\overline{P3}_J = \frac{78.31 * \sin(44^\circ 08' 04'')}{\sin(84^\circ 19' 55'' + 44^\circ 08' 04'')} = 69.65 \text{ m}$$

$$\overline{P4}_J = \frac{78.31 * \sin(84^\circ 19' 55'')}{\sin(44^\circ 08' 04'' + 84^\circ 19' 55'')} = 99.53 \text{ m}$$

Za visinsku razliku  $\Delta h_{P3}$  i  $\Delta h_{P4}$  najprije je potrebno odrediti vertikalne kutove  $\varphi_1$  i  $\varphi_2$ :

$$\varphi_{1J} = 90^\circ - 60^\circ 13' 36'' = 29^\circ 46' 24''$$

$$\varphi_{2J} = 90^\circ - 67^\circ 01' 57'' = 22^\circ 58' 03''$$

Izračunom vertikalnih kutova uvrštavaju se u formulu:

$$\Delta h_{P3_J} = \overline{P3}_J * \tan(\varphi_1) = 39.84 \text{ m}$$

$$\Delta h_{P4_J} = \overline{P4}_J * \tan(\varphi_2) = 42.18 \text{ m}$$

Visina  $HP_{3_T}$  i  $HP_{4_T}$  izračunata se formulom:

$$H = HP + \Delta h_P + i$$

Gdje je  $i$  oznaka za visinu instrumenta, a HP visina točke na kojoj se mjerilo. Uvrštavanjem podatak u navedenu formulu dobijemo:

$$HP_{3_J} = 202.1840 + 39.8434 + 1.45 = 243.48 \text{ m}$$

$$HP_{4_J} = 199.7320 + 42.1802 + 1.556 = 243.47 \text{ m}$$

Konačna visina J dobije se aritmetičkom sredinom dobivenih rezultata  $HP_{3_T}$  i  $HP_{4_T}$ :

$$J = \frac{(243.4774 + 243.4682)}{2} = 243.47 \text{ m}$$

Razlika visine praga V101 izračunata je preko kosinusa:

$$\Delta h_{101} = 89.3878 * \cos(88^\circ 12' 50'') = 2.79 \text{ m}$$

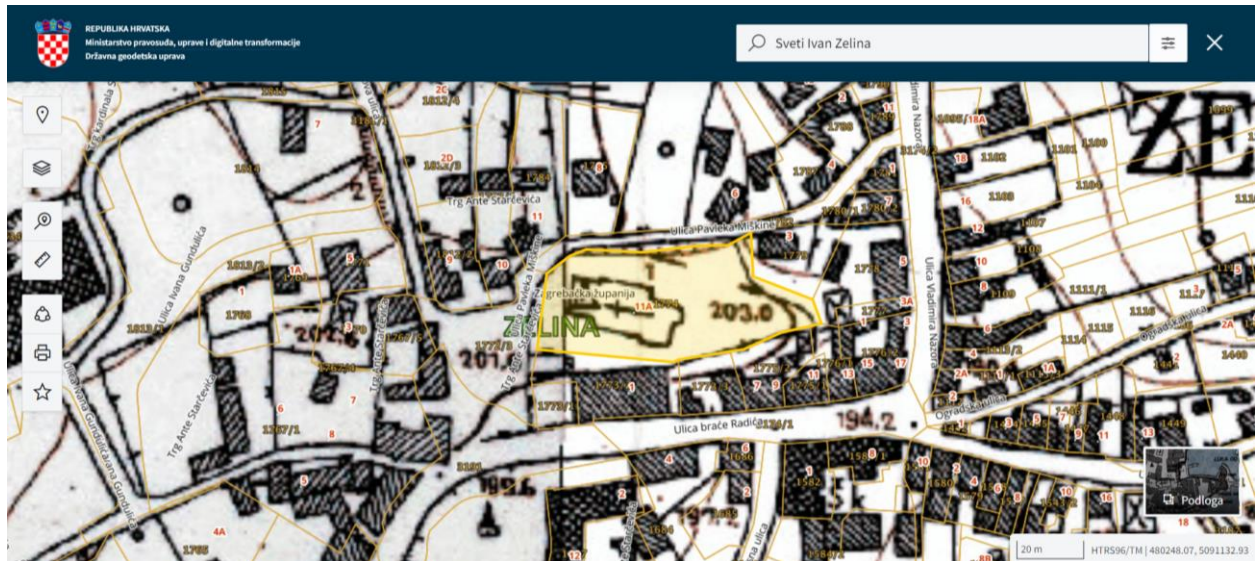
Konačna visina praga:

$$H_{101} = HP_4 + \Delta h_{101} + i - s$$

Gdje je oznaka  $i$  visina instrumenta, a  $s$  visina signala:

$$H_{101} = 199.7320 + 2.7861 + 1.556 - 1.6 = 202.47 \text{ m}$$

Kao provjera izračunatih nadmorskih visina poslužila je Hrvatska osnovna karta (HOK) u mjerilu 1:5000 te je Crkva sv. Ivana Krstitelja u Svetom Ivanu Zelini označena žutom bojom (Slika 22.).



Slika 22. HOK za Crkvu sv. Ivana Krstitelja u Svetom Ivanu Zelini

Izvor: <https://oss.uredjenazemlja.hr/map>

## 6. ZAKLJUČAK

Nakon svih provedenih računanja i analiza dolazimo do zaključka da je postavljena hipoteza koja glasi da je visina tornja Crkve sv. Juraja u Rakovcu u ravnini visine praga Crkve sv. Ivana Krstitelja u Svetom Ivanu Zelini, odbačena. Izračunom dobijemo da visina tornja Crkve sv. Juraja u Rakovcu iznosi **171.80 metara** dok visina praga Crkve sv. Ivana Krstitelja u Sv. Ivanu Zelini iznosi **202.47** metara. Razlika nadmorskih visina iznosi 30,67 metara što u apsolutnom iznosu nije velika razlika. Obzirom na međusobnu udaljenost crkvi koja iznosi približno 6,5 kilometara može se dobiti relativan privid da se promatrane točke nalaze na istoj visini. Ipak, provedenim geodetskim mjerenjima dokazano je kako to nije slučaj. Hrvatska osnovna karta (HOK) u mjerilu 1:5000 (Slika 20 i Slika 22) za oba područja služi kao potvrda nadmorske visine koje su izračunate te su crkve na karti označene žutom bojom. Ovakve rezultate dobili smo zahvaljujući korištenju metode trigonometrijskog nivelmana kojom smo potvrdili da je najbolja metoda mjerenja visina u ovakvim slučajevima (tornjevi). Također, korištenjem novih i modernih instrumenata GNSS Trimble R12, Trimble TSC7 i Leica FlexLine TS10 ostvarili smo zadovoljavajuću preciznost i točnost te jednostavnost mjerenja. Razvitkom sve boljih i novijih instrumenata mjerenja u geodeziji biti će lakša, ali vjerojatno će uz sve napredniju tehnologiju biti ipak potrebna i ljudska ruka.

## 7. LITERATURA

- [1] Z. Šimić: Metode i instrumenti za određivanje visinskih razlika, Zagreb, 2015.
- [2] M. Ivković, V: Cetl., L. Redovniković, Izmjera zemljišta i izrada geodetskih planova, Zagreb, 2013./2014.
- [3] Aleksić: Glava 5. Geodetske jednodimenzionalne mreže, Trigonometrijski nivelman, Beograd, 2011
- [4] Šustić L., Tahimetrijsko snimanje terena, Završni rad, Geodetska škola, Zagreb, 2018.
- [5] <https://geocentar.com/mjerne-stanice/#manualne-stanice>, dostupno 28.06.2024.
- [6] <https://oss.uredjenazemlja.hr/services>
- [7] <https://www.cropos.hr/o-sustavu/cropos-drzavna-mreza-referentnih-stanica-republike-hrvatske> (CROPOS), dostupno 11.06.2024.
- [8] <https://geospatial.trimble.com/en/products/hardware/trimble-r12> , dostupno 19.04.2024.
- [9] <https://geospatial.trimble.com/en/products/hardware/trimble-tsc7>, dostupno 19.04.2024.
- [10] <https://leica-geosystems.com/products/total-stations/manual-total-stations/leica-flexline-ts10>, dostupno 12.04.2024.



## Popis slika

|  |    |
|--|----|
| Slika 1. Geometrijski nivelman kao metoda za određivanje visinska razlika pomoću horizontalne vizure .....                         | 2  |
| Slika 2. Trigonometrijski nivelman kao najučinkovitija metoda mjerenja kod brdovitih i teško dostupnih terena .....                | 4  |
| Slika 3. Kruženje satelita oko Zemlje.....   | 5  |
| Slika 4. Hidrostatski nivelman metoda temeljena na gumenim cijevima.....   | 5  |
| Slika 5. Barometrijski nivelman je metoda u kojoj je važno da početak i kraj mjerenja moraju završiti na točki poznate visine..... | 6  |
| Slika 6. Lokacije na kojima se nalaze objekti mjerenja.....  | 7  |
| Slika 7. Horizontalni trokut za Crkvu sv. Juraja u Rakovcu .....   | 8  |
| Slika 8. Horizontalni trokut za Crkvu sv. Ivana Krstitelja u Sv. Ivanu Zelini .....  | 8  |
| Slika 9. Skica vertikalnog trokuta za Crkvu sv. Juraja u Rakovcu.....  | 9  |
| Slika 10. Skica vertikalnog trokuta Crkve sv. Ivana Krstitelja u Sv. Ivanu Zelini.....   | 9  |
| Slika 11. DOF za područje Rakovca gdje se nalazi objekt od interesa .....  | 10 |
| Slika 12. DOF za područje Svetog Ivana Zeline gdje se nalazi objekt od interesa .....  | 11 |
| Slika 13. Neslužbena kopija katastarskog plana Crkve sv. Juraja, Rakovec .....   | 12 |
| Slika 14. Neslužbena kopija katastarskog plana Crkve sv. Ivana Krstitelja, Sv. Ivan Zelina .....                                   | 13 |
| Slika 15. GNSS Trimble R12 mali, kompaktan i izdržljiv prijamnik i Trimble TSC7 kontroler ..                                       | 15 |
| Slika 16. Leica FlexLine TS10 u Sv. Ivanu Zelini (lijevo) i Rakovcu (desno) .....  | 16 |
| Slika 17. Signalizacija točaka u Rakovcu pomoću prizme i tronošca .....  | 17 |
| Slika 18. Signalizacija točaka u Svetom Ivanu Zelini pomoću prizme i tronošca .....  | 18 |
| Slika 19. Tahimetrijski zapisnik Rakovec .....   | 20 |
| Slika 20. HOK za Crkvu Sv. Juraja u Rakovcu.....   | 23 |
| Slika 21. Tahimetrijski zapisnik Zelina.....   | 24 |
| Slika 22. HOK za Crkvu sv. Ivana Krstitelja u Svetom Ivanu Zelini.....   | 27 |

## **Popis tablica**

|  |    |
|--|----|
| Tablica 1. Specifikacije GNSS Trimble R12.....     | 14 |
| Tablica 2. Specifikacije Trimble TSC7 .....        | 15 |
| Tablica 3. Objašnjenje korištenih oznaka .....     | 19 |
| Tablica 4. Koordinate točaka P1, P2, P3 i P4 ..... | 19 |