



SREDNJA ŠKOLA MATIJE ANTUNA RELJKOVIĆA, Ivana Cankara 76, 35000 Slavonski Brod

TEL: +385 35 255 697

E-MAIL: srednja-skola-mar@sb.t-com.hr

OIB: 57524657360

ZAVRŠNI RAD

**Predmet:
Geodezija**

Tema:

Primjena bespilotne letjelice na školskim površinama

Mentorica:
Antonija Šimunović
mag. ing. geod. et geoinf.

Učenica: Antonela Kolesarić 4.i

Slavonski Brod, ljetni rok
šk. god. 2022/2023

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Fotogrametrija	2
2.1	Vrste fotogrametrije	2
2.1.1	Vertikalne.....	3
2.1.2	Horizontalne.....	4
2.1.3	Blago nagnute	5
2.1.4	Kose.....	6
3.	Digitalni ortofoto model (DOF)	8
3.1	Ortorektificirani digitalni ortofoto (Ortho DOF)	8
3.2	Perspetivni digitalni ortofoto (Perspective DOF)	8
4.	Digitalni model reljefa (DMR)	9
5.	3D model.....	11
6.	DJI PHANTOM 4 PRO	12
7.	3Dsurvey	13
8.	Praktični dio	15
8.1	Unos fotografija u program	15
8.2	Telemetrija	15
8.3	Bundle adjustment.....	18
8.4	Orijentacija.....	20
8.5	Rekonstrukcija gustog oblaka točaka.....	22
8.6	Klasifikacija.....	22
8.7	Mesh	24
8.8	Digitalni ortofoto.....	26
8.9	Izračun volumena.....	26
8.10	Računanje uzdužnog i poprečnih profila.....	28
9.	Zaključak.....	29
10.	Popis slika.....	30
11.	Literatura.....	32
12.	Prilog 1 DOF	33
13.	Prilog 2 Uzdužni profil spiralnog vrta	35
14.	Prilog 3 Poprečni profil 1.....	37
15.	Prilog 4 Poprečni profil 2.....	39

16.	Prilog 5 Poprečni profil 3.....	41
17.	Prilog 6 Poprečni profil 4.....	43
18.	Prilog 7 Poprečni profil 5.....	45
19.	Prilog 8 Poprečni profil 6.....	47
20.	Prilog 9 Poprečni profil 7.....	49
21.	Prilog 10 Poprečni profil 8.....	51
22.	Prilog 11 Poprečni profil 9.....	53
23.	Prilog 12 Poprečni profil 10.....	55
24.	Prilog 13 Poprečni profil 11.....	57
25.	Prilog 14 Poprečni profil 12.....	59
26.	Prilog 15 Poprečni profil 13.....	61
27.	Prilog 16 Poprečni profil 14.....	63
28.	Prilog 17 Poprečni profil 15.....	65
29.	Prilog 18 Poprečni profil 16.....	67
30.	Prilog 19 Poprečni profil 17.....	69
31.	Prilog 20 Poprečni profil 18.....	71
32.	Prilog 21 Poprečni profil 19.....	73
33.	Prilog 22 Poprečni profil 20.....	75

1. Uvod

Tehnologija se sve više razvija i pruža nam nekolicinu mogućnosti i metoda obavljanja geodetskih zadataka. Bepilotna letjelica je tehnologija koja se sve češće koristi za vojne (što je vidljivo u ratu Ukrajine i Rusije), policijske, vatrogasne, civilne te u konačnici geodetske svrhe.

Na jednostavan način, uz manju obuku pilota može se doći do puno podataka u kratkom vremenskom roku koji su vrlo točni. U geodeziji kao djelatnosti koristi se niz geodetski metoda izmjere u svrhu prikupljanja, obrade i prikazivanja podataka o reljefu i izgrađenim ili prirodnim objektima na površini Zemlje.

Kao zadatak ovog završnog rada možemo smatrati izradu 3D model i DOF-a s obračunom kubatura na djelu kčbr 5903/237 , 5903/160 i 5903/133 k.o. Slavonski Brod.

2. Fotogrametrija

Fotogrametrija je znanost i tehnika određivanja oblika, veličine ili položaja nekog objekta snimanjem, mjerenjem i interpretacijom fotografskih snimaka. Mjerenja nisu na samom objektu, nego se izvode na fotografskoj ili elektronskoj slici.

Osnovni elemenat fotogrametrije je fotogrametrijski snimak, koji se naziva fotogram. Fotogram je ustvari fotografija objekta, snimljena posebnim fotografskim instrumentima, na koju se, skupa sa objektom preslikava i jedan koordinatni sistem čiji je koordinatni početak u središtu fotograma. Kao što možete zamisliti iz ovog uvoda, fotogrametrija bespilotnim letjelicama također je doista korisna i ne iznenađuje, te je jedna od najkorištenijih metoda u posljednje vrijeme u razvoju topografskih snimanja.

Bespilotne letjelice nam omogućuju dobivanje slika visoke rezolucije tijekom fotogrametrijskog snimanja. Jedna od glavnih prednosti fotogrametrije bespilotnim letjelicama je mogućnost pristupa na iznimno siguran način područjima koja su nedostupna, opasna za čovjeka i inače ih je nemoguće otkriti. Ova prednost smanjuje (i često eliminira) rizike za osoblje zaduženo za izvođenje istraživanja, omogućuje otkrivanje mjesta koja nikada nisu bila pregledana i značajno smanjuje vrijeme rada i troškove. Manje potrebnog vremena i manje osoblja u usporedbi sa standardnim operacijama pretvara se u stvarno zanimljive uštede novca za tvrtke i institucije koje zahtijevaju fotogrametrijska snimanja bespilotnim letjelicama .

2.1 Vrste fotogrametrije

Vrste snimaka u fotogrametriji s obzirom na položaj kamere u prostoru:

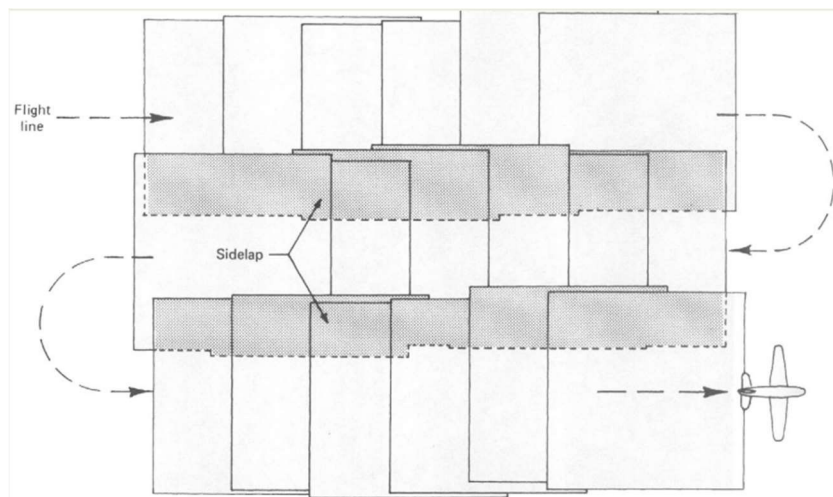
- vertikalne (aerofotogrametrija)
- horizontalne (terestrička fotogrametrija)
- blago nagnute (terestrička fotogrametrija)
- kose (aerofotogrametrija ili terrestrička fotogrametrija)

2.1.1 Vertikalne

Vertikalna (aerofotogrametrijska) metoda koristi se za horizontalnu i visinsku izmjeru u svrhu izrade karata različitog mjerila. Snimanje se izvodi iz letjelice, s tim da je os fotokamere u prostoru vertikalna (Slika 1). Letjelica iz zraka prikuplja veliki broj fotografija visoke rezolucije za ciljano područje. Međusobni preklop fotografija rezultira ortofoto snimkom (2D prikaz) i DMR-om (3D prikaz). Njihovom međusobnom kombinacijom dobiva se 3D rekonstrukcija područja od interesa koja sadrži informacije o obliku, boji, teksturi i visini svake pojedine točke modela. Prije snimanja na terenu je potrebno signalizirati određen broj točaka poznatih po koordinatama za apsolutnu orijentaciju i lomne točke međa kako bi omogućili što točniju izmjeru i kontrole izmjere, te je također vrlo važno napraviti plan leta letjelice (Slika 2).



Slika 1 Aerofotogrametrijsko snimanje



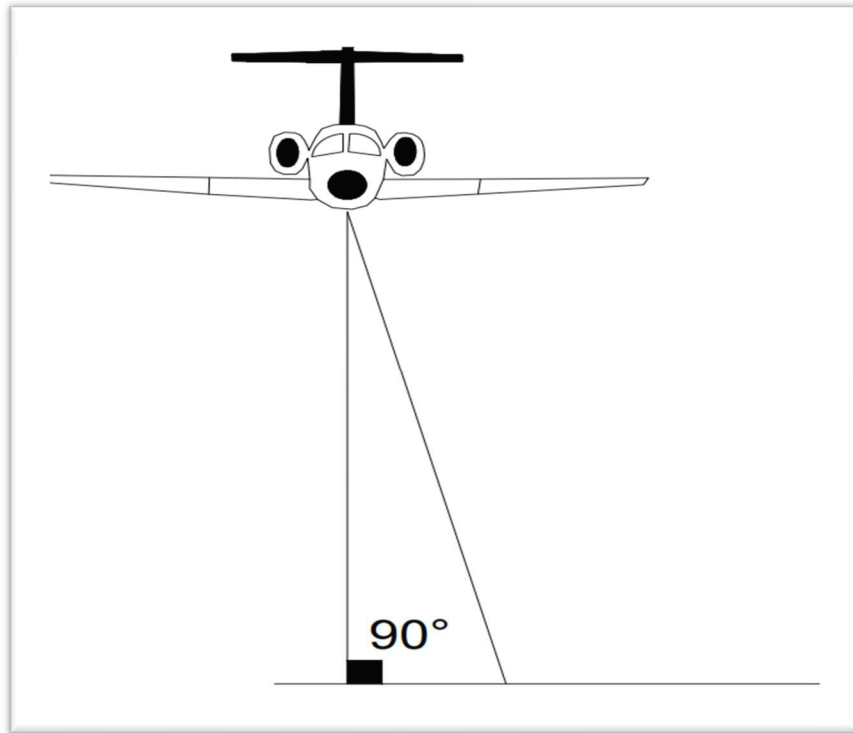
Slika 2 Plan leta

2.1.2 Horizontalne

Terestrička (horizontalna) fotogrametrija je metoda izmjere koja omogućuje izradu 3D modela predmetnog objekta na temelju fotografija snimljenih sa razine Zemljine površine. Terestričkom fotogrametrijom se sa razine Zemlje prikuplja veliki broj fotografija visoke rezolucije za ciljano područje. Prednost terestričke fotogrametrije u odnosu na konvencionalne metode je u tome što se fotografijama može prikazati vrlo visoka razina detalja predmetna od interesa. Primjenu nalazi u postupku očuvanja kulturne baštine (izmjera unutrašnjosti objekata), arheologiji, arhitekturi, projektiranju, graditeljstvu, praćenju pomaka i deformacija (dinamički pomaci objekata), brodogradnji, industrijskim postrojenjima, forenzici, modeliranju, vizualizacijama i drugim industrijskim granama.

2.1.3 Blago nagnute

Kod horizontalne kamere, kamera je usmjerena prema dolje i okomita je na tlo, dok kod blago kose kamere kamera je nagnuta pod kutem od 10-20 stupnjeva u odnosu na okomitu poziciju. Ova nagnutost kamere omogućava prikupljanje podataka o visokim objektima i smanjuje sjene koje otežavaju prikupljanje podataka.



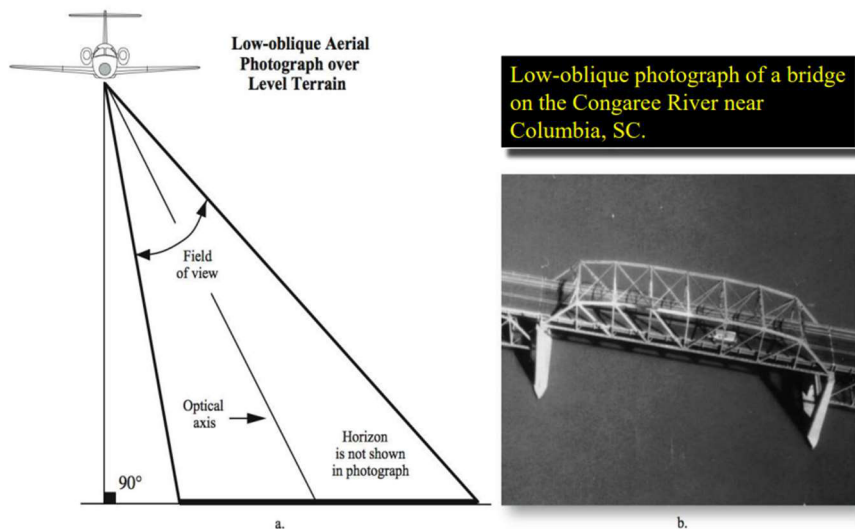
Slika 3 Blago nagnuti snimak

2.1.4 Kose

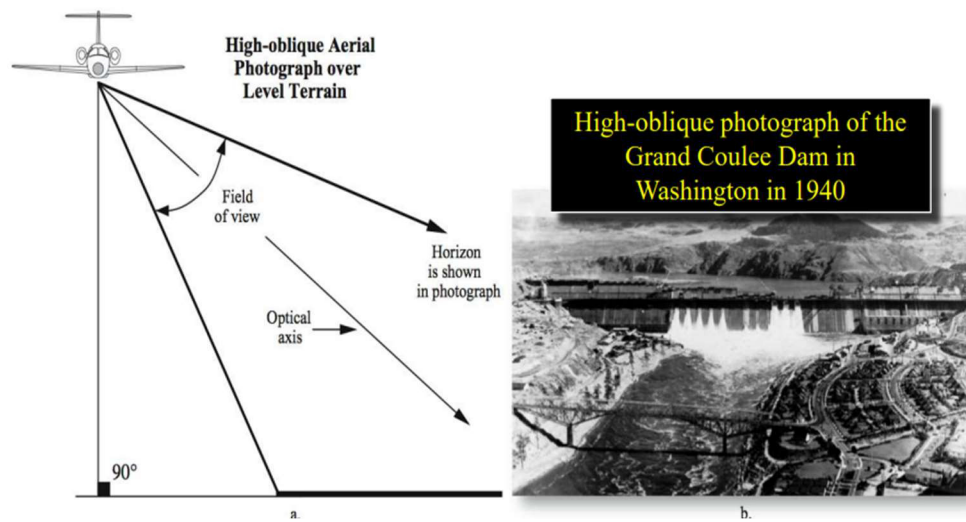
Kosi snimci iz zraka dobivaju se snimanjem s više zračnih kamera. Kamera je nagnuta pod kutem većim od 20 stupnjeva. Kosi snimci se snimaju u smjeru 4 strane svijeta (Slika 4). Omogućeno je preklapanje između snimaka, čime je moguće dobiti oko 12 snimaka iz različitih smjerova za svaki detalj u prostoru. Ovakva kamera također omogućava prikupljanje podataka o nagibima terena, što je korisno u izradi digitalnih modela terena.



Slika 4 Kosi snimak



Slika 5 Kosi snimak manjeg područja



Slika 6 Kosi snimak većeg područja

3. Digitalni ortofoto model (DOF)

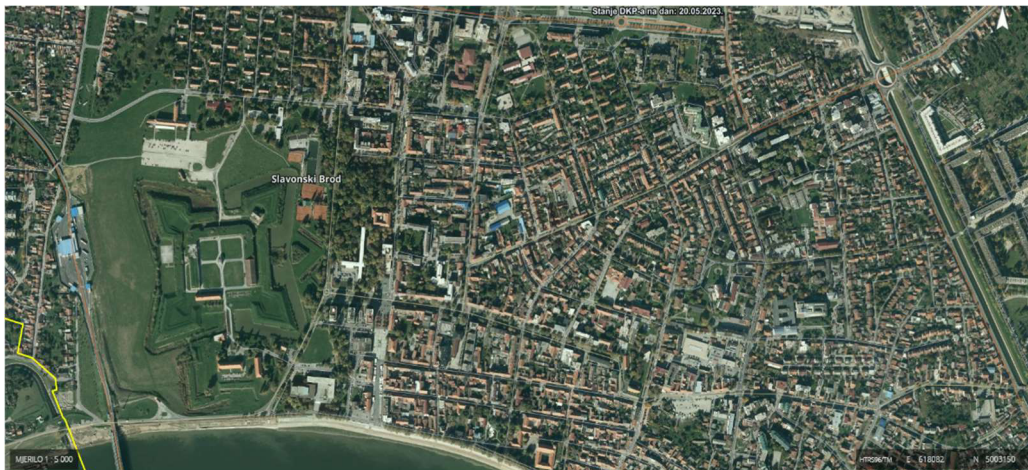
Kao rezultat same fotogrametrije kao geodetske metode prikupljanja i obrade podataka jest sam DOF, odnosno digitalni ortofoto (slika xy). Ako je ploha ortofotografiranja horizontalna ili nagnuta dobijemo fotoplan ili redresiranu snimku. Izrada DOF-a je perspektivna transformacija slikovnog sadržaja u ravninu ortofotografiranja i to projiciranjem pojedinog piksela sa snimke u ortofoto ili određivanje tonskih vrijednosti za svaki piksel ortofota, obrnutom projekcijom tog piksela na snimak. DOF je digitalna slika koja vjerodostojno prikazuje teren koji je georeferenciran u prostoru te se po vrsti dijeli na dvije osnovne skupine:

3.1 Ortorektificirani digitalni ortofoto (Ortho DOF)

Geometrijski je točan (ispravljen) te nema nikakvih izobličenja (distorzija), te tako vjerodostojno i potpuno točno prikazuje teren. Koristi se za precizno mjerenje dimenzija i udaljenosti na slici.

3.2 Perspektivni digitalni ortofoto (Perspective DOF)

Ovo je DOF koji prikazuje teren s perspektivne točke gledišta i može uključivati izobličenja (distorziju). Koristi se za prikazivanje topografskih značajki terena koje nam mogu pomoći pri geološkim istraživanjima, urbanističkim planiranjima te mnogim drugim primjenama. DOF se uvijek prikazuje kao dvodimenzionalni prikaz terena za razliku od DMR-a koji se prikazuje trodimenzionalno.



Slika 7 Digitalni ortofoto Slavonskog Broda

4. Digitalni model reljefa (DMR)

Digitalni model reljefa- DMR (engl. Digital Elevation Model- DEM) predstavlja reljef koji je numerički definiran nizom točaka s tri koordinate (X, Y i Z) i to u digitalnom obliku. Ovakav model ne sadrži vegetaciju niti izgrađene objekte (Slika 8). Pojam DMR uveden je sedamdesetih godina prošlog stoljeća. Kod DMR-a točke se dobivaju neposrednom izmjerom na terenu, fotogrametrijskom izmjerom, georeferenciranjem satelitskih podataka i digitalizacijom karata. Danas bespilotne letjelice mogu prikupljati potrebne podatke, analizirati ih do najsitnijih detalja i graditi vizualni izgled u realističnijim i učinkovitijim uvjetima. Čak i najnepristupačnije velike površine Zemlje sada se mogu pregledati i pretvoriti u model pomoću bespilotnih letjelica.

Trenutno postoji pet glavnih izvora podataka za stvaranje digitalnog modela terena:

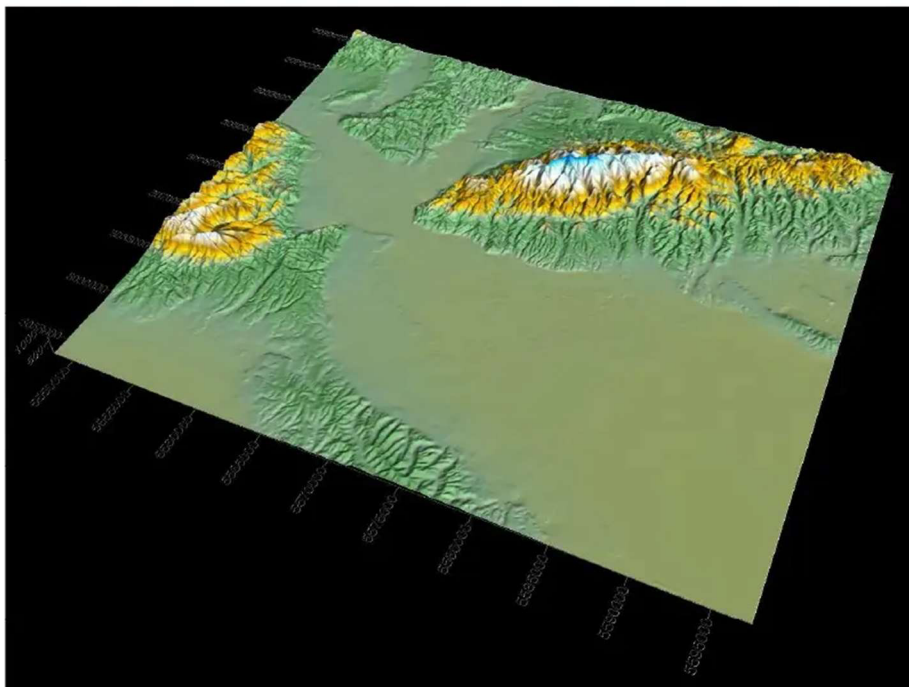
- temeljne studije
- fotogrametrijsko prikupljanje podataka na vozilu
- dostupna kartografska istraživanja, kao što su topografske karte
- skeniranje laserskim zrakom
- stereoskopske ili radarske satelitske snimke

Koriste se točke isključivo sa sve tri koordinate, a mogu biti:

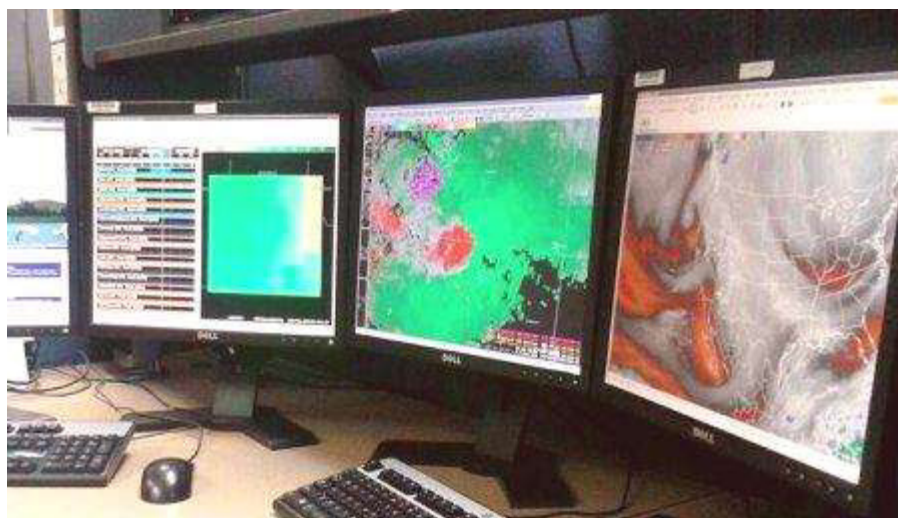
- a) nepravilno rasute na cijeloj površini (trokuti-TIN)
- b) na pravilnoj mreži kvadrata
- c) na profilima

Rezultat digitalnog modela može izgledati kao:

- a) prikaz 3D linijama (linijama oblika i prijelomnicama)
- b) prikaz pojedinačnim markantnim točkama (kotama)
- c) prikaz izohipsama i kotama (digitalni model visina)
- d) prikaz profilima
- e) prikaz sjenčanim reljefom



Slika 8 Prikaz Zagreba pomoću DMR-a. (D. Perković, 2010)



Slika 9 Izrada DMR-a u Global Mapperu

5. 3D model

U geodeziji, 3D modeli se koriste za prikazivanje prostora u trodimenzionalnom obliku. Ovi modeli se stvaraju iz podataka koji se prikupljaju pomoću različitih tehnologija kao što su fotogrametrija, lasersko skeniranje i dronovi.

Koriste se za razne svrhe, kao što su planiranje gradnje, upravljanje zemljištem, analiza terena i još mnogo toga. Ovi modeli se mogu koristiti za stvaranje vrlo preciznih i detaljnih prikaza terena, kao i za izračunavanje volumena zemlje, izmjene visina i drugih parametara. U stvaranju 3D modela, ključni su podaci koje se prikupljaju.

Fotogrametrija se koristi za prikupljanje podataka o terenu iz zraka, dok se lasersko skeniranje koristi za prikupljanje podataka o terenu na tlu. Bepilotne letjelice se također koriste za prikupljanje podataka o terenu iz zraka, ali na nižoj visini i s većom preciznošću. Nakon prikupljanja podataka, slijedi obrada podataka i stvaranje 3D modela. Obrada podataka uključuje izdvajanje točaka koje se koriste za stvaranje modela, a zatim se model stvara pomoću raznih softvera za obradu podataka.

U konačnici, 3D modeli su korisni u geodeziji jer omogućuju stvaranje vrlo preciznih i detaljnih prikaza terena, kao i za izračunavanje volumena zemlje, izmjene visina i drugih parametara. Također je moguće postići 3D model nekog oblika koji još ne postoji ili je u izgradnji.



Slika 10 3D prikaz reljefa

6. DJI PHANTOM 4 PRO

DJI Phantom 4 Pro je bespilotna letjelica koja se koristi u geodeziji za prikupljanje podataka o terenu iz zraka (Slika 11). Ova letjelica ima vrlo preciznu kameru koja može snimati fotografije visoke rezolucije, a također može snimati videozapise. DJI Phantom 4 Pro se koristi za prikupljanje podataka o terenu za izradu 3D modela, analizu terena, izmjenu visina i druge svrhe. Ova letjelica je vrlo korisna u geodeziji jer omogućuje prikupljanje podataka o terenu s visokom preciznošću i brzinom.

Druge korisne značajke DJI Phantom 4 Pro letjelice su:

- automatsko izbjegavanje prepreka
- mogućnost praćenja objekata
- mogućnost letenja u različitim uvjetima
- ima mogućnost letenja do 72 km/h na visini do 6 km
- koristan za snimanje sportskih događaja te prirodnih katastrofa

Zanimljivosti o DJI Phantom 4 Pro letjelici:

- masa mu je 1388 grama što ga svrstava u B2 kategoriju
- minimalna dob da bi se upravljalo njime je 16 godina
- prije samog leta potrebno ga je evidentirati u kontroli zračne plovidbe



Slika 11 DJI Phantom 4 Pro

7. 3Dsurvey

3Dsurvey je softverski paket koji se koristi za geodetske i inženjerske aplikacije. Omogućuje izradu preciznih 3D modela terena, analizu podataka, izradu digitalnih karata, te izvoz podataka u različite formate. Ovaj softver je posebno koristan u graditeljstvu, geologiji, rudarstvu, arheologiji, urbanizmu, te u drugim područjima gdje je potrebno prikupiti i analizirati podatke o terenu. 3D Survey koristi različite tehnologije, poput laserskog skeniranja i fotogrametrije, kako bi stvorio precizne modele terena.

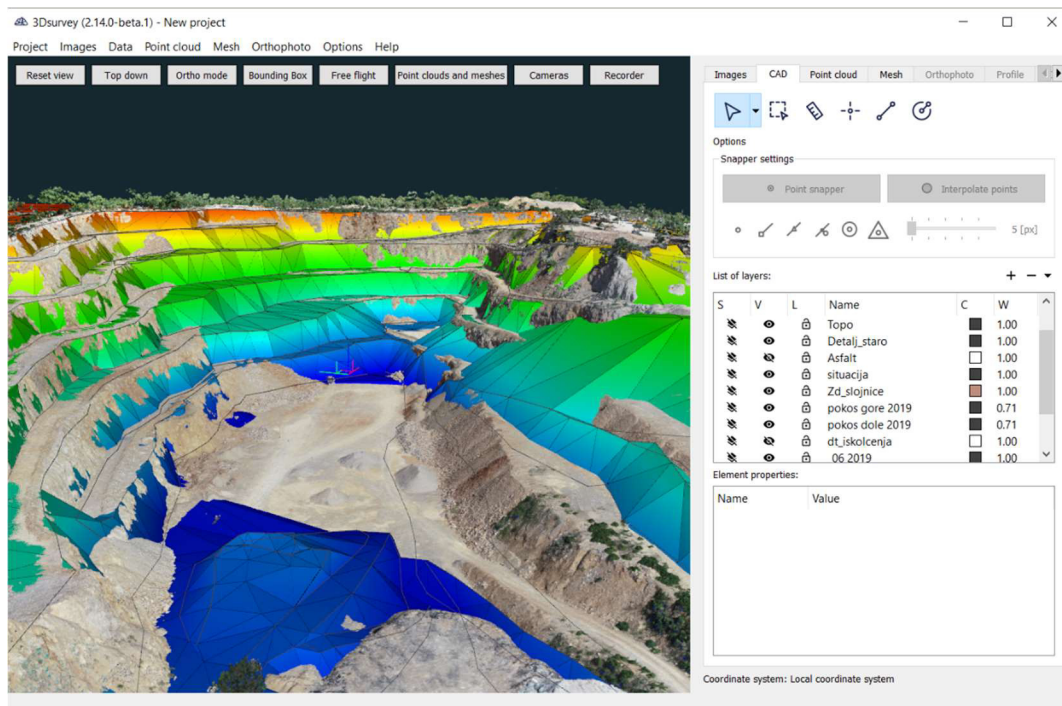
Tijekom 3D istraživanja, laserski skener se postavlja na različitim lokacijama u području istraživanja. Skener emitira laserske impulse koji se odbijaju od okolnih objekata i bilježe ih senzori u uređaju. Te se informacije zatim obrađuju u oblak točaka koji se sastoji od milijuna pojedinačnih točaka u 3D prostoru.

Podaci oblaka točaka mogu se zatim koristiti za stvaranje niza različitih izlaza, uključujući detaljne topografske karte, digitalne modele nadmorske visine (DEM), informacijske modele zgrada (BIM) i više. Ti rezultati mogu biti nevjerovatno korisni za rad na planiranju i dizajnu, budući da pružaju nevjerovatno točan prikaz postojećih uvjeta na gradilištu.

Osim toga postoji još nekoliko je prednosti korištenja programa 3Dsurvey

1. **Povećana točnost:** program 3Dsurvey koristi najsuvremeniju fotogrametrijsku tehnologiju za hvatanje vrlo preciznih podataka, koji se mogu koristiti za različite primjene kao što su kartiranje, mjerenje i inspekcija.
2. **Brzo vrijeme obrade:** podaci se mogu uhvatiti i obraditi unutar nekoliko sati ili dana, ovisno o veličini područja koje se istražuje. Ovo kratko vrijeme preokreta omogućuje geodetima da dovrše projekte brže i učinkovitije.
3. **Sučelje prilagođeno korisniku:** program dolazi sa sučeljem prilagođenim korisniku koje je jednostavno za korištenje i navigaciju, što korisnicima omogućuje početak uz minimalnu obuku.

4. **Svestrani rezultati:** program može stvoriti širok raspon izlaza uključujući ortofoto snimke, oblake točaka, digitalne modele površine (DSM) i više. Ova svestranost omogućuje korisnicima odabir izlaznog formata koji najbolje odgovara njihovim potrebama.
5. **Isplativost:** u usporedbi s tradicionalnim metodama mjerenja zemljišta kao što je lidar iz zraka ili mjerenje na zemlji, korištenje programa 3Dsurvey općenito se smatra isplativijim.
6. **Bolja vizualizacija:** mogućnosti 3D vizualizacije koje nudi softver omogućuju geodetima i zainteresiranim stranama da vide pregledano područje vrlo detaljno prije početka izgradnje ili razvoja.



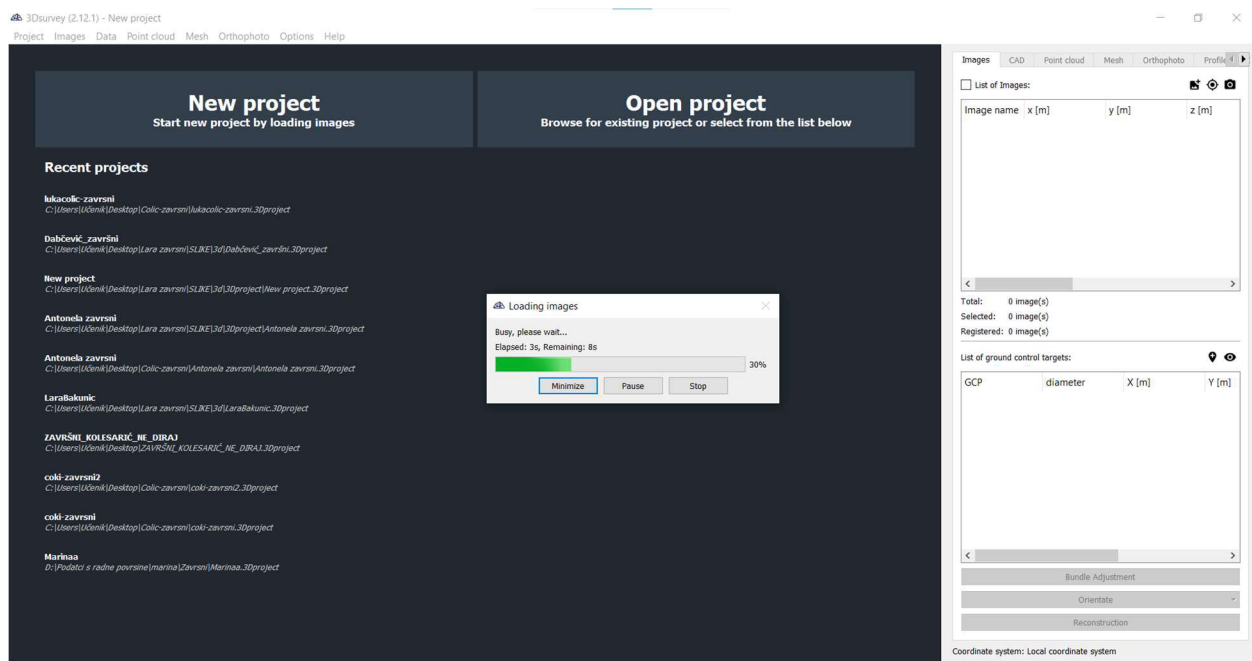
Slika 12 Prikaz modela u 3Dsurvey-u

8. Praktični dio

U školskom vrtu Srednje škole Matije Antuna Reljkovića u Slavonskom Brodu je obavljena izmjera bespilotnom letjelicom PHANTOM 4 PRO, SATLAB GNSS uređajem i Nikon NPL 3225 totalnom stanicom kojom smo izmjerili koordinate mjernih markica, a obrada podataka i izradu skica radila sam pomoću 3Dsurvey programa..

8.1 Unos fotografija u program

Nakon snimanja terena slike koje smo dobili sa bespilotnom letjelicom smo prenijeli na kompjuter i pomoću aplikacije 3Dsurvey unijeli ih u program (Slika 13).

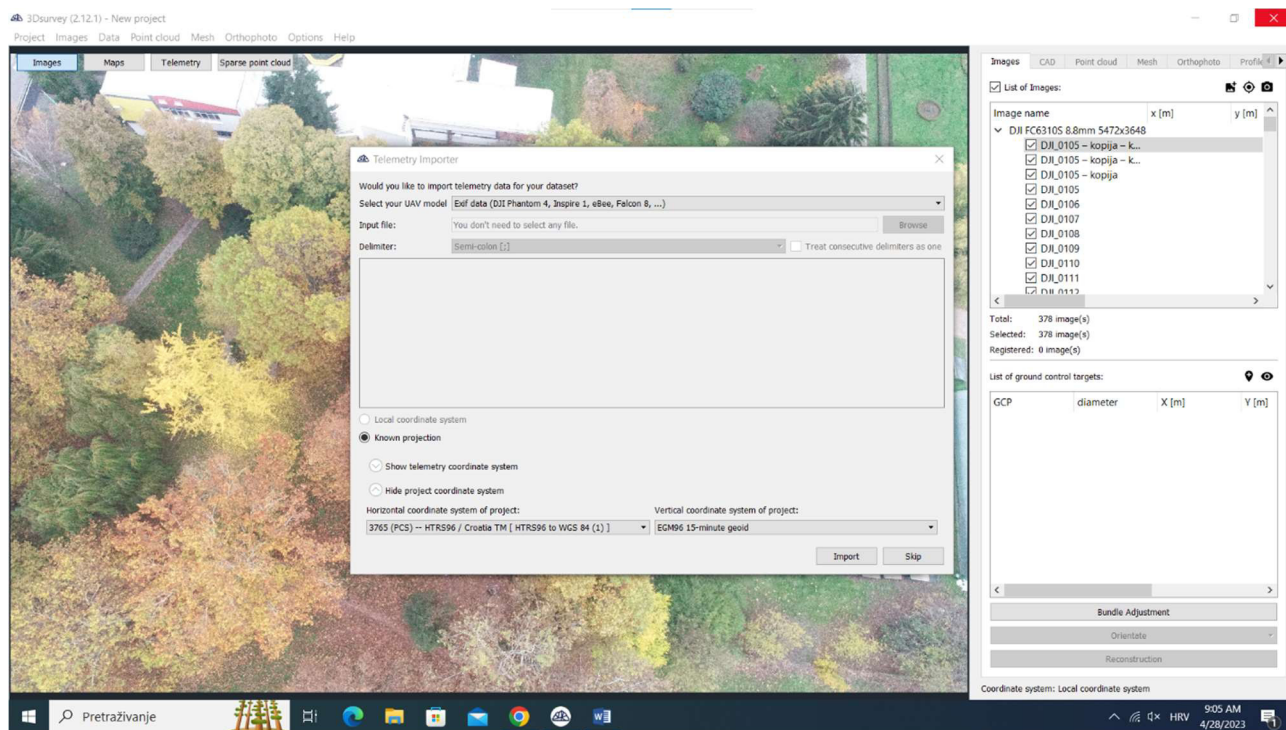


Slika 13 Unos fotografija

8.2 Telemetrija

Telemetrijski podaci su podaci koji se prikupljaju iz udaljenih mjernih uređaja, kao što su senzori temperature, tlaka, brzine, smjera itd. Ovi podaci se zatim prenose na centralno mjesto za prikupljanje podataka putem bežičnih veza.

Nakon unošenja slika iskočio nam je prozor za unošenje telemetrije. Za DJI dron smo koristili .csv Exif datu za ubacivanje telemetrije. Poslije učitavanja telemetrije potrebno je odabrati koordinatni sustav koji ćemo koristiti. Za horizontalni koordinatni sustav u našem slučaju koristili smo službeni Hrvatski državni koordinatni sustav HTRS96/TM. Za vertikalni koordinatni sustav odabrali smo EGM96 globalni 15-minutni geoid (Slika 14). Nakon podešavanja pritisnemo gumb Import. Te nam nakon toga iskače prozor sa svim podacima vezanim za transformaciju koordinata (Slika 15).



Slika 14 Unos telemetrije

Telemetry

Projection: HTRS96 / Croatia TM

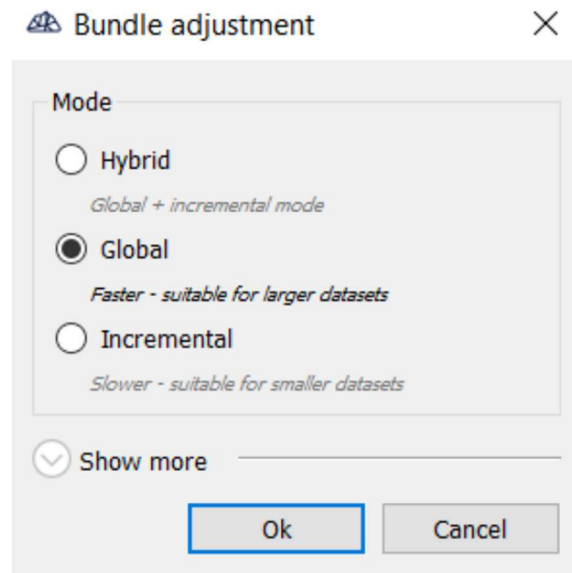
Image	Latitude [deg]	Longitude [deg]	Altitude [m]	X [m]	Y [m]
DJI_0105 – kopija – kopija – kopija.JPG	45.169105	18.023630	73.772	619767.439	5004366.70
DJI_0105 – kopija – kopija.JPG	45.169105	18.023630	73.772	619767.439	5004366.70
DJI_0105 – kopija.JPG	45.169105	18.023630	73.772	619767.439	5004366.70
DJI_0105.JPG	45.169105	18.023630	73.772	619767.439	5004366.70
DJI_0106.JPG	45.169205	18.023874	73.572	619786.421	5004378.21
DJI_0107.JPG	45.169300	18.024104	73.472	619804.350	5004389.05
DJI_0108.JPG	45.169392	18.024331	73.573	619821.992	5004399.65
DJI_0109.JPG	45.169487	18.024563	73.673	619840.033	5004410.57
DJI_0110.JPG	45.169582	18.024795	73.673	619858.052	5004421.41
DJI_0111.JPG	45.169674	18.025022	73.574	619875.652	5004432.05
DJI_0112.JPG	45.169699	18.025086	73.574	619880.706	5004434.86
DJI_0113.JPG	45.169456	18.025280	73.874	619896.445	5004408.15
DJI_0114 – kopija.JPG	45.169355	18.025027	73.572	619877.557	5004406.54

Manually set precision GPS/INS to camera offset Flight height Reimport Close

Slika 15 Telemetrija

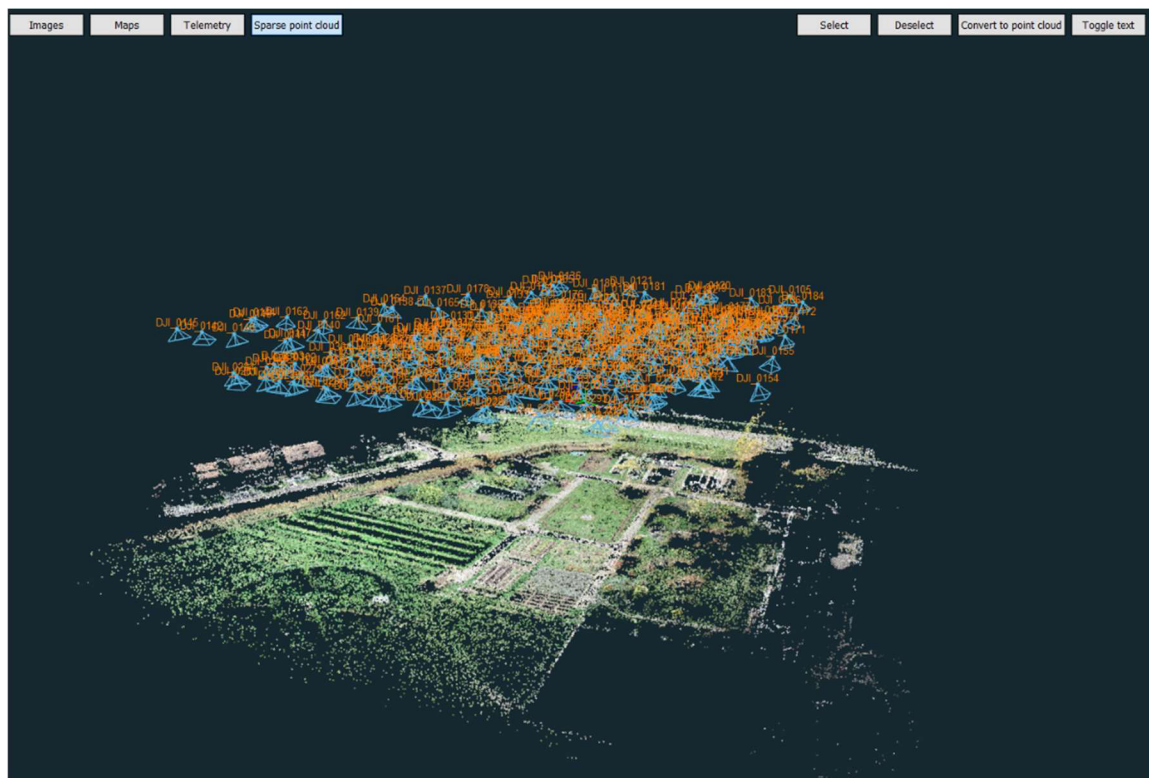
8.3 Bundle adjustment

Georeferenciranje položaja slika direktno iz telemetrije DJI Phantoma i izrada prvog, rijetkog oblaka točaka obavlja se tako da nakon učitane telemetrije kliknemo na Bundle adjustment za procesuiranje podataka. Klikom na Bundle Adjustment pokreće se proces izjednačavanja zračnih snopova. Moguće su tri opcije izjednačenja: globalno, inkrementalno i hibridno (Slika 16). Izbor ovisi o količini slika, željenoj kvaliteti konačnog proizvoda i jačini hardvera koji se koristi.



Slika 16 Odabir kvalitete izjednačenja zračnih snopova

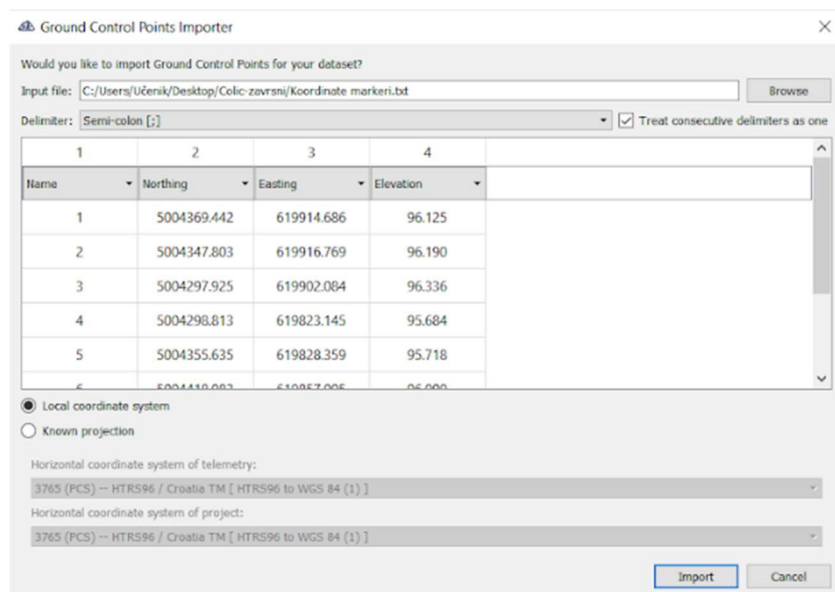
Klikom na Global i OK započinjemo proces. Izjednačenje može potrajati par sati, ovisi o broju slika i jačini računala. Meni je trebalo sat vremena za izjednačenje svih slika. Rezultat izjednačenje je rijetki oblak točaka (Slika 17).



Slika 17 Prikaz rijetkog oblaka točaka

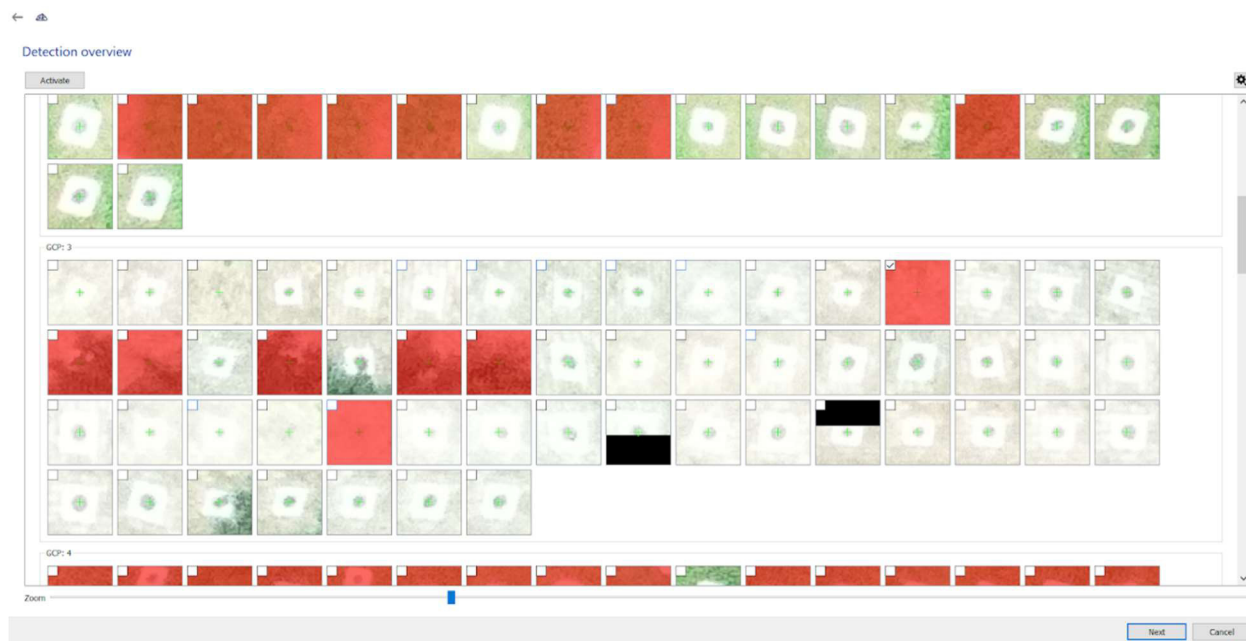
8.4 Orijentacija

Kako bi se ubacile koordinatni podatci markera odabire se opcija Orientate with GCP. Za tu svrhu je priređena .txt datoteka s koordinatama markera iz mjerenja totalne stanice. Mi smo morali zamijeniti smjer sjevera i istoka jer smo napravili grešku u .txt datoteci (Slika 18). Provjeri se valjanost učitanih koordinata i prijeđe na idući korak.



Slika 18 Prikaz koordinata i visina

Kako bi se orijentirale snimke po markerima koje smo postavili u vrtu, odabiremo lokalni koordinatni sustav i nakon njega imamo prikaz svih slika na kojima moramo tražiti markere. Kako bi se automatski orijentiralo sve slike potrebno je naći minimalno 3 ista markera na različitim slikama, na taj način dalje je moguće automatski povezati s ostalim točkama. Nakon što su detektirane sve točke i dobiven konačni položaj slika otvara se prozor s odijeljenim prikazom svakog markera na svakoj prepoznatoj slici. Tu je moguće dodatno korigirati točnu poziciju centra markera. Također je preporučeno u potpunosti isključiti marker/sliku iz izjednačenja, ako je nemoguće kvalitetno odrediti centar markera (Slika 19).



Slika 19 Pregled kvalitete detekcije markera

Nakon tog odabira prikazuju se podatci sa odstupanjima. Odstupanja uspoređuju kolika je razlika između položaja snimljenog totalnom stanicom i u fotogrametrijskom modelu (Slika 20).

Orientation summary

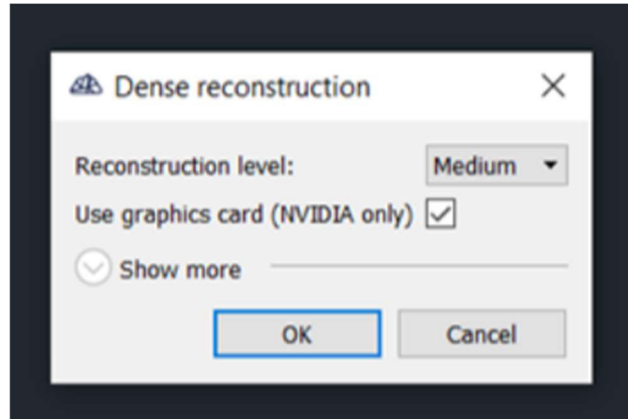
Estimated error [m]:

	X	Y	Z	Total
1	0.013	-0.003	0.008	0.016
2	-0.021	0.022	-0.004	0.031
3	-0.002	-0.002	0.002	0.003
4	-0.008	0.007	0.002	0.010
5	-0.008	-0.021	-0.000	0.023
6	0.001	-0.002	-0.002	0.003
7	-0.009	0.011	0.007	0.016
8	-0.031	-0.005	0.012	0.034
9	0.033	0.018	0.001	0.038

Slika 20 Odstupanja nakon orijentacije snimaka pomoću GCP markera

8.5 Rekonstrukcija gustog oblaka točaka

Rekonstrukcijom terena prilagođavamo postavke za gusti oblak točaka. Postoje 4 razine: niska, srednja, visoka i ekstremna. Srednje koristimo kada nam je glavni cilj ortofoto karta a visoko ako se baziramo na 3D model. Obrada rekonstrukcije je trajala oko 3 sata.



Slika 21 Odabir razine rekonstrukcije

8.6 Klasifikacija

Nakon rekonstrukcije sljedeći korak nam je bio klasifikacija terena. U skočnom prozoru možemo podesiti:

- Nadmorsku visinu terena
- Nagib terena
- Minimalnu visinu
- Visinu DSM ćelije
- Faktor zaglađivanja
- Maksimalnu veličinu izravnjanja

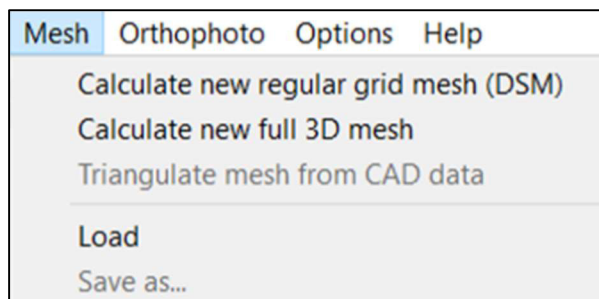
Kliknula sam na željeno područje te ga označila i odabrani teren se pojavi u drugoj boji. Ne moraju sva područja biti označena. Nakon što sam odabrala sva područja stisnula sam završi (Finish).



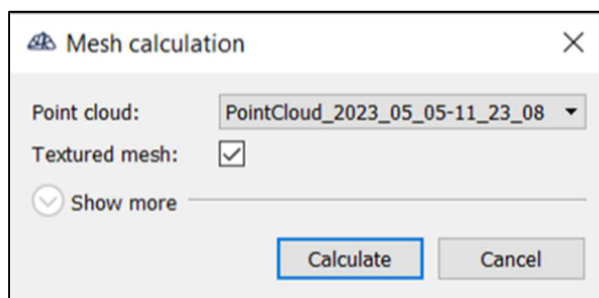
Slika 22 Klasifikacija terena

8.7 Mesh

Nakon klasifikacije terena za izradu 3D modela preostane nam odraditi mesh. Da bi napravili mesh pronađemo ga na alatnoj traci, te pritisnemo i iskočiti će mali prozorčić (Slika 23). Na prozorčiću pritisnemo da nam izračuna novi puni 3D mesh. Nakon odabira da nam izračuna novi cijeli 3D mesh iskoči nam još jedan prozorčić gdje pritisnemo calculate da nam izračuna (Slika 24).



Slika 23 Izračun novog cijelog mesh-a



Slika 24 Izračun 3D mesh-a

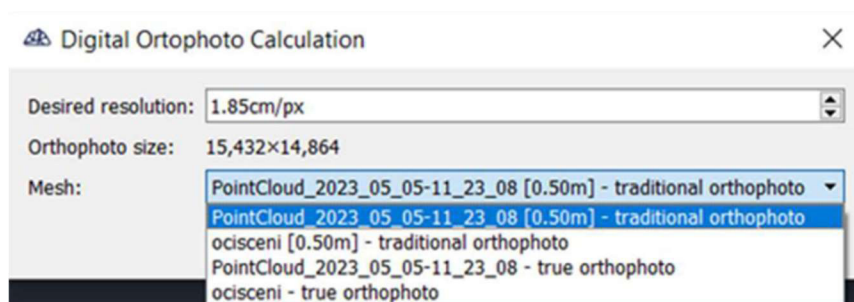
Nakon što nam izračuna dobijemo 3D prikaz terena što smo dobili snimanjem pomoću bespilotne letjelice (Slika 25).



Slika 25 3D prikaz terena

8.8 Digitalni ortofoto

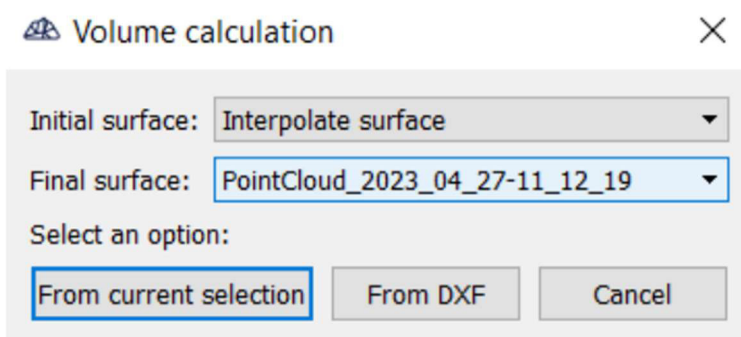
Za izradu digitalnog ortofoto modela (DOF) odabrala sam s alatne treke stavku ortophoto, te izradila novi ortofoto. Postavila sam parametre u skočnom prozoru za izračun digitalnog ortofota. Prvo sam postavila željenu rezoluciju. Kada je postavljeno, kliknula sam izračunaj.



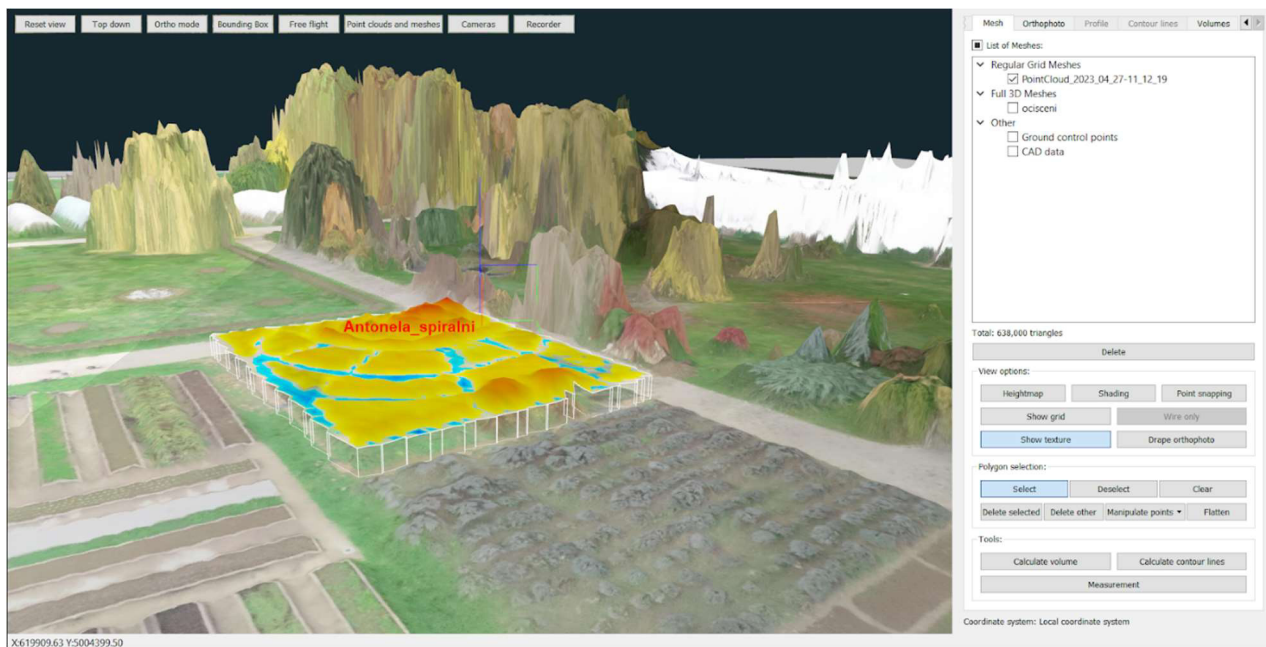
Slika 26 Parametri ortofota

8.9 Izračun volumena

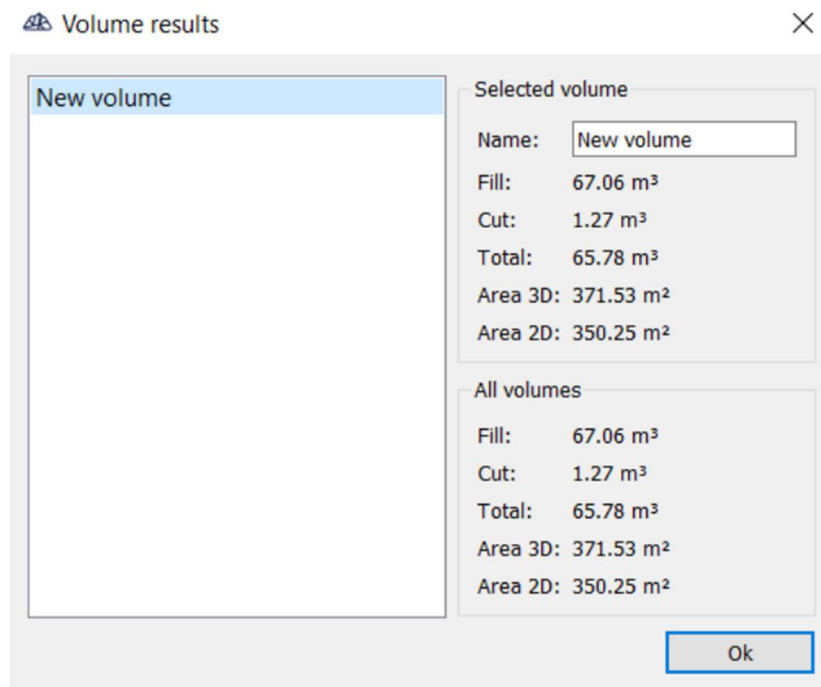
Za kraj sam morala izračunati volumena na površini. Ja sam odabrala područje našeg spiralnog vrta. Pojavljuje se prozor za uvoz DXF datoteke (Slika 27). Odabrala sam i uvezite željenu *.dxf datoteku, te je moj krajnji rezultat izgledao ovako (Slika 28), a volumen iznosio (Slika 29).



Slika 27 Uvoz DXF datoteke



Slika 28 Krajnji rezultat



Slika 29 Volumen spiralnog vrta

8.10 Računanje uzdužnog i poprečnih profila

Nakon izrade situacijskog nacрта zadatak mi je bio izraditi uzdužni profil te poprečne profile okomite na uzdužni profil. Napravila sam prvo uzdužni profil na spiralni vrt. Da bi smo napravili profile potrebno je na izornoj traci stisnuti Point cloud te smo napravili kopiju Point clouda (Slika 30) i u njemu napravili profile.

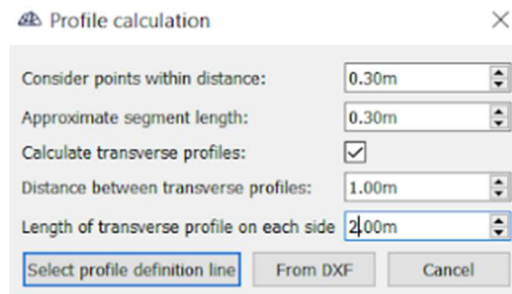


Slika 30 Kopija Point clouda

Za početak potrebno je prvo stisnuti na Calculate profiles te kada pritisnemo iskočiti će nam prozor postavki koje trebamo postaviti za izradu:

1. Potrebno je odrediti udaljeno svake točke na uzdužnom profilu,
2. Trebamo unijeti između dva poprečna profila i
3. I zadnje unijeti duljinu svakog poprečnog profila sa svake strane uzdužnog profila.

Moje postavke za računanje profila su bile određene (Slika 31).



Slika 31 Postavke za računanje profila

Kada završimo sa postavkama imamo dvije opcije za crtanje uzdužnog profila:

1. Samo crtanje na Point cloudu u programu 3Dsurvey ili
2. Unos željene linije prethodno nacrtana u programu AutoCad na DOF-u te takvu liniju spremljenu u formatu .dxf unesemo u 3Dsurvey.

9. Zaključak

U sklopu ovog završnog rada bio je postavljen zadatak izrade 3D modela i digitalnog ortofota s obračunom kubature na parcelama kčbr 5903/237, 5903/160 i 5903/133 u katastarskoj općini Slavonski Brod. Fokusiranje na obračun kubature provedeno je na spiralnom vrtu škole. Za tu svrhu, prikupljeni su prostorni podaci s ciljem izrade digitalnog modela terena i digitalnog ortofota, kao i izračun uzdužnih i poprečnih profila. Također, u radu su navedene osnovne činjenice o bespilotnim letjelicama te zanimljivosti vezane uz njih, fotogrametrija i fotogrametrijski snimci te njihova primjena u različitim područjima.

Praktični dio rada obuhvatio je terensko mjerenje i obradu snimljenih podataka. Mjerenje školskog vrta izvedeno je bez većih poteškoća koristeći aplikacije DJI Drone i 3D Survey Pilot. Odabrali smo željeno područje vrta za snimanje. Kamera bespilotne letjelice kretala se u više smjerova uz sporiji let kako bi se zabilježilo što više detalja. Rezultat mjerenja bila je impresivna količina od preko 250 snimaka iz zraka. Smatram da je ova obilna kolekcija slika značajno doprinijela dobivanju kvalitetnijeg digitalnog modela terena i digitalnog ortofota. Prikazani su razni produkti, kao što su presjeci, slojnice te izrada ortofota. Metoda prikupljanja podataka ima mnoge prednosti, uključujući brzu akviziciju podataka s minimalnim naporom. Jedini nedostatak bio je obrada podataka koja je ovisila o računalnoj snazi školskog računala, što je ponekad zahtijevalo dulje vrijeme za učitavanje. Ipak, sama obrada podataka u programu nije bila komplicirana, a rezultat je bio zadovoljavajući.

Nakon dovršetka ovog cjelovitog istraživanja, mogu zaključiti koliko je zapravo jednostavno snimiti odgovarajuće područje i obraditi ga pomoću automatizirane i napredne tehnologije te raznih programa. Također, zadovoljna sam postignutim rezultatima i stečenim znanjem tijekom izrade ovog završnog rada.

10. Popis slika

Slika 1 Aerofotogrametrijsko snimanje.....	3
Slika 2 Plan leta	4
Slika 3 Blago nagnuti snimak.....	5
Slika 4 Kosi snimak	6
Slika 5 Kosi snimak manjeg područja	6
Slika 6 Kosi snimak većeg područja.....	7
Slika 7 Digitalni ortofoto Slavenskog Broda.....	8
Slika 8 Prikaz Zagreba pomoću DMR-a. (D. Perković, 2010)	10
Slika 9 Izrada DMR-a u Global Mapperu	10
Slika 10 3D prikaz reljefa	11
Slika 11 DJI Phantom 4 Pro	12
Slika 12 Prikaz modela u 3Dsurvey-u	14
Slika 13 Unos fotografija	15
Slika 14 Unos telemetrije	16
Slika 15 Telemetrija.....	17
Slika 16 Odabir kvalitete izjednačenja zračnih snopova	18
Slika 17 Prikaz rijetkog oblaka točaka	19
Slika 18 Prikaz koordinata i visina	20
Slika 19 Pregled kvalitete detekcije markera	21
Slika 20 Odstupanja nakon orijentacije snimaka pomoću GCP markera	21
Slika 21 Odabir razine rekonstrukcije	22
Slika 22 Klasifikacija terena	23
Slika 23 Izračun novog cijelog mesh-a	24
Slika 24 Izračun 3D mesh-a	24
Slika 25 3D prikaz terena.....	25
Slika 26 Parametri ortofota.....	26
Slika 27 Uvoz DXF datoteke	26
Slika 28 Krajnji rezultat	27
Slika 29 Volumen vrta	27
Slika 30 Kopija Point clouda	28

Slika 31 Postavke za računanje profila.....	28
---	----

11. Literatura

URL 1: Fotogrametrija <https://pdfcoffee.com/fotogrametrija-pdf-free.html>

<https://www.overfly.me/rilievo-fotogrammetrico-drone/>

<https://geospace.hr/terestricka-fotogrametrija/>

URL 3: DOF http://geoskolazg.weebly.com/uploads/1/8/2/5/18250091/pitanja_-_kz_-_gis.pdf

URL 4: DMR https://www.academia.edu/6293069/Kartografija_u_GIS_u

<https://hr.flipperworld.org/pc/digitalni-model-reljefa-opis-vrste-vrste-konstrukcija>

URL 5: DJI Phantom 4 PRO <https://www.dji.com/hr/phantom-4-pro-v2>

URL 6: 3Dsurvey <https://diconnex.com/en/basics/3d-vermessung-was-ist-das/>

<https://3dsurvey.si/>

12. Prilog 1 DOF

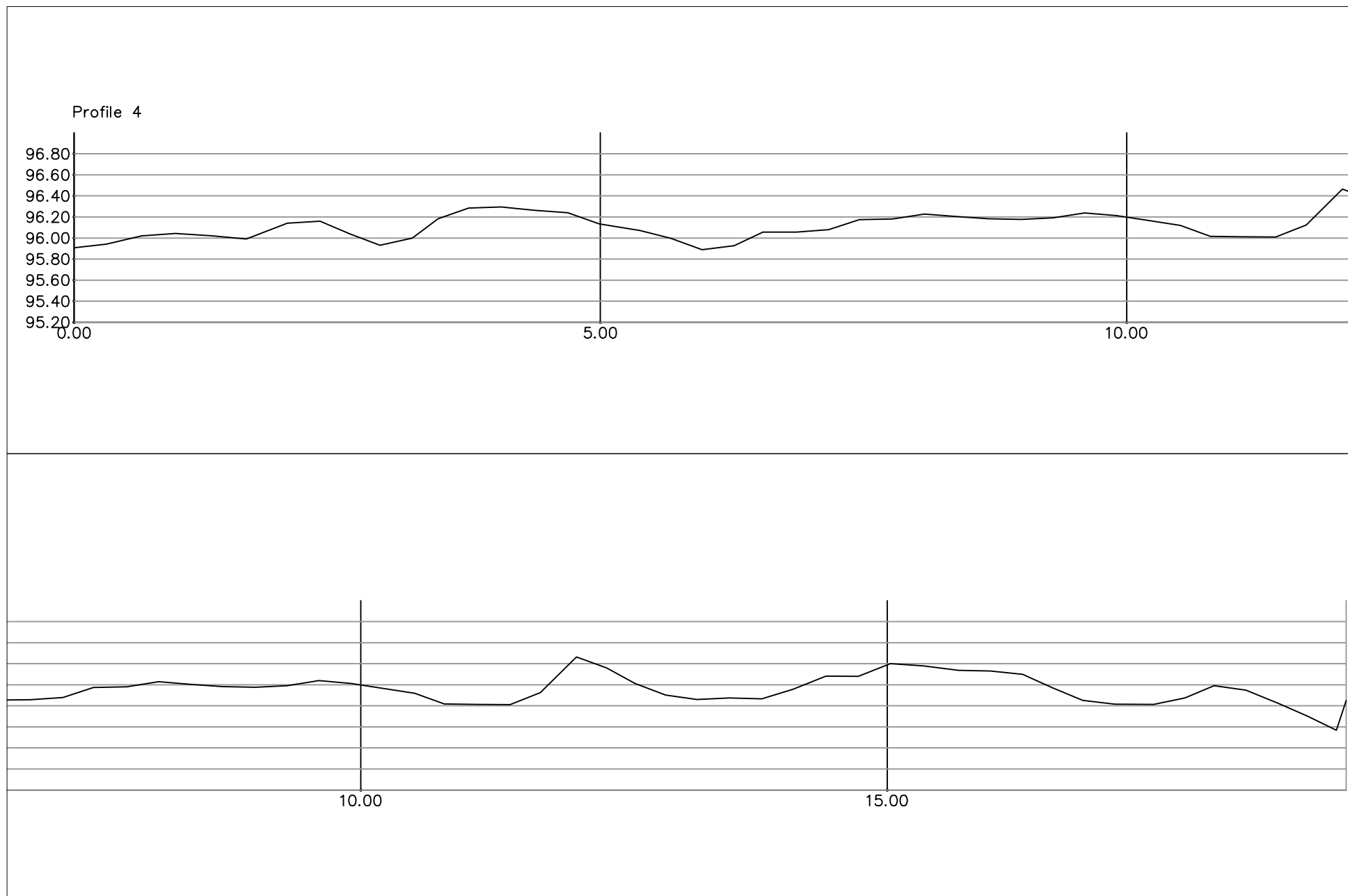
Digitalni ortofoto školskog vrta



M 1:1000

Izradila: Antonela Kolesarić

13. Prilog 2 Uzdužni profil spiralnog vrta

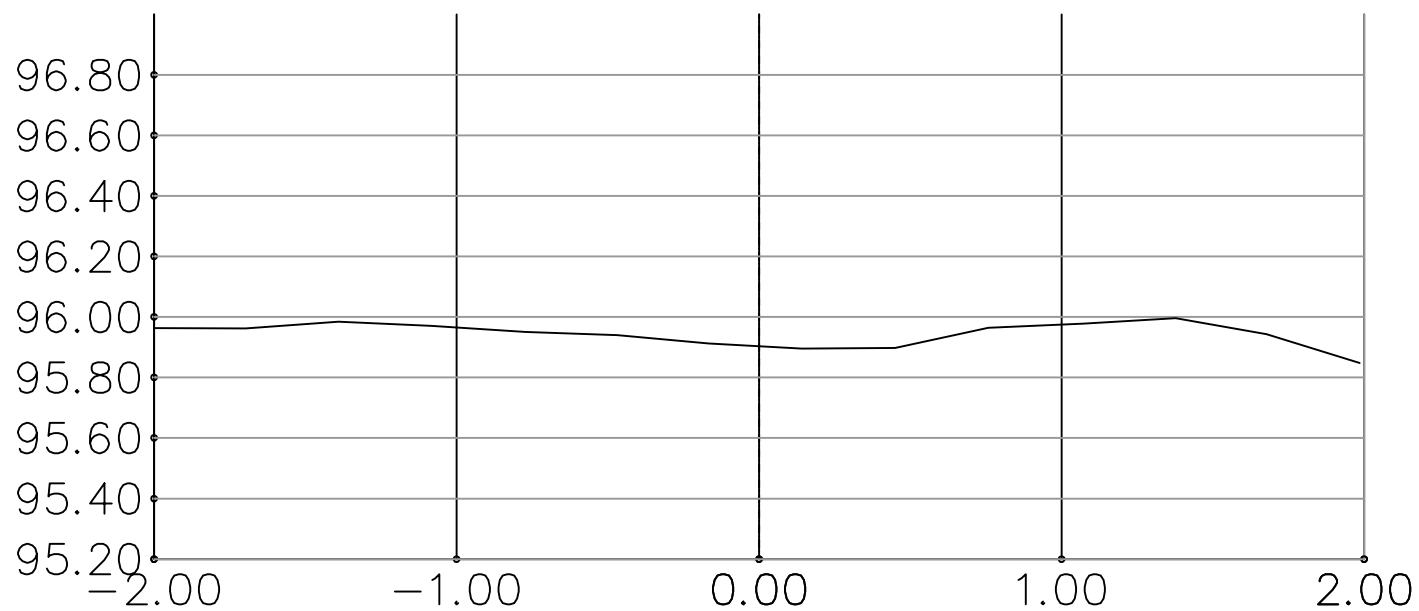


M 1:50

Antonela Kolesarić

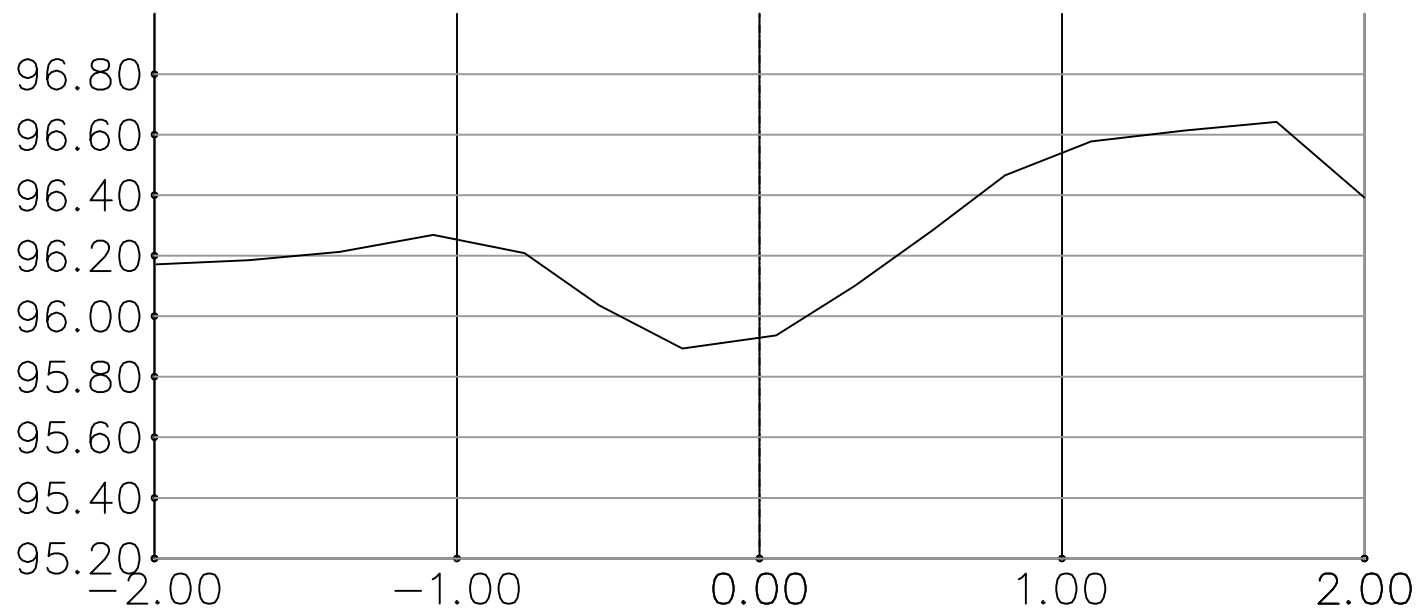
14. Prilog 3 Poprečni profil 1

Profile 4 (distance 0.00)



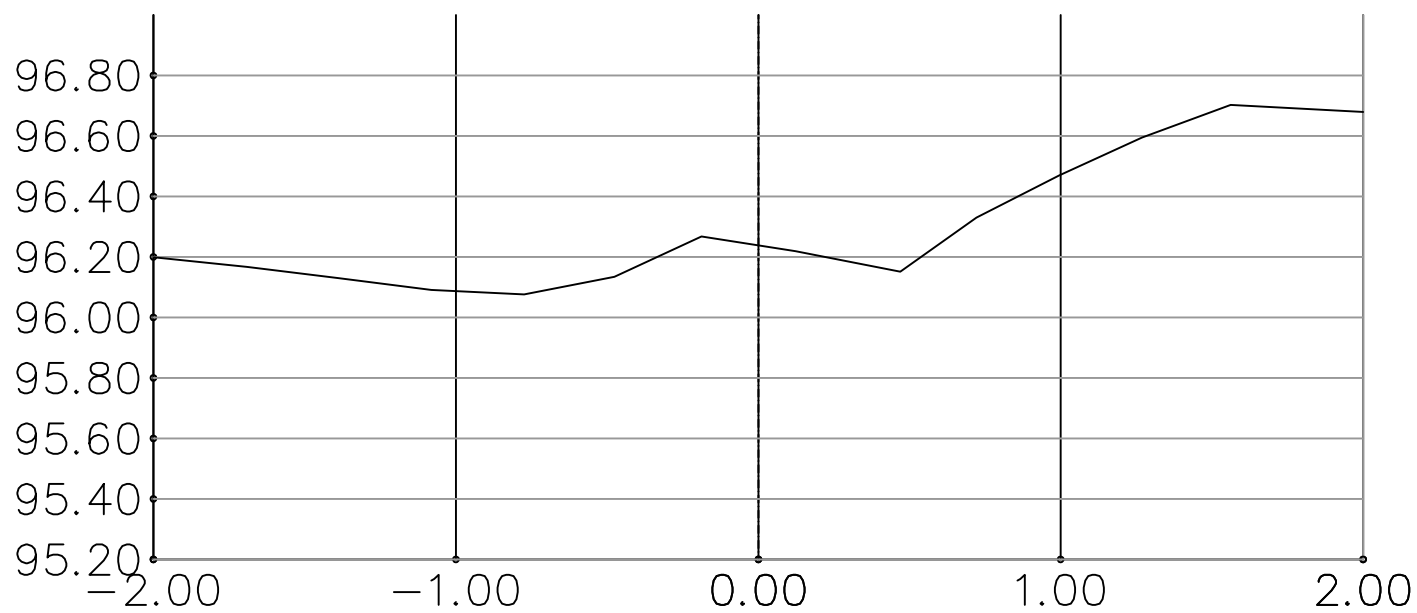
15. Prilog 4 Poprečni profil 2

Profile 4 (distance 1.00)



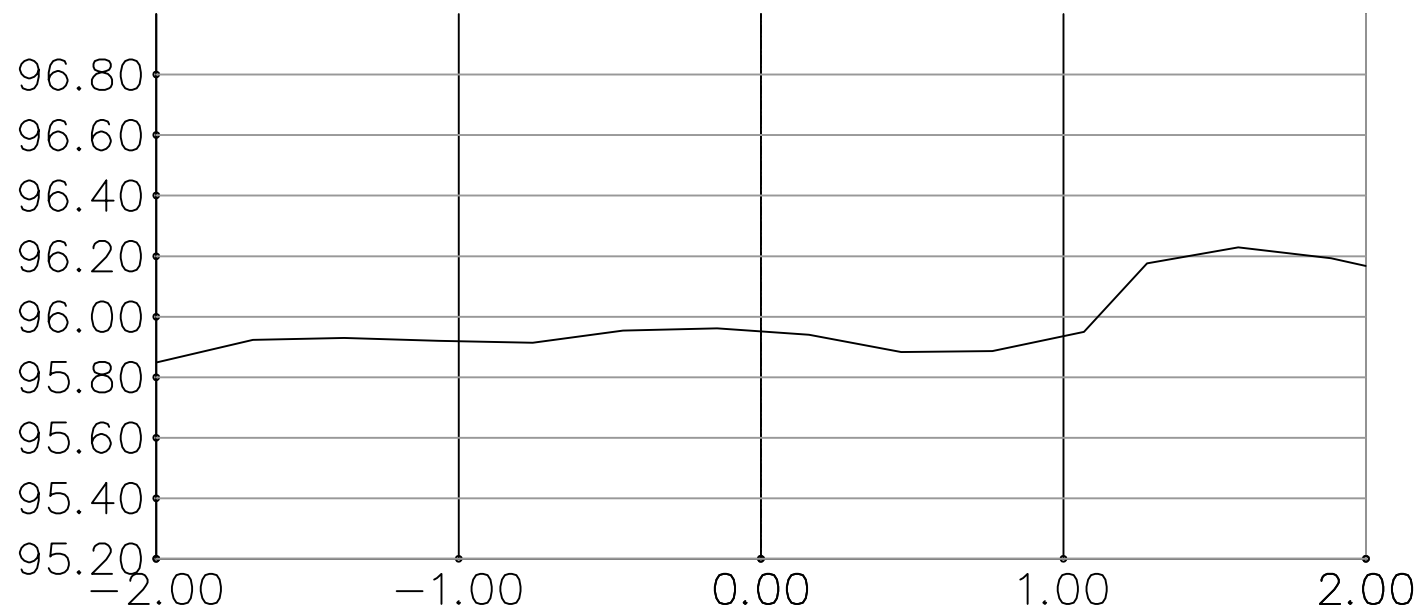
16. Prilog 5 Poprečni profil 3

Profile 4 (distance 2.00)



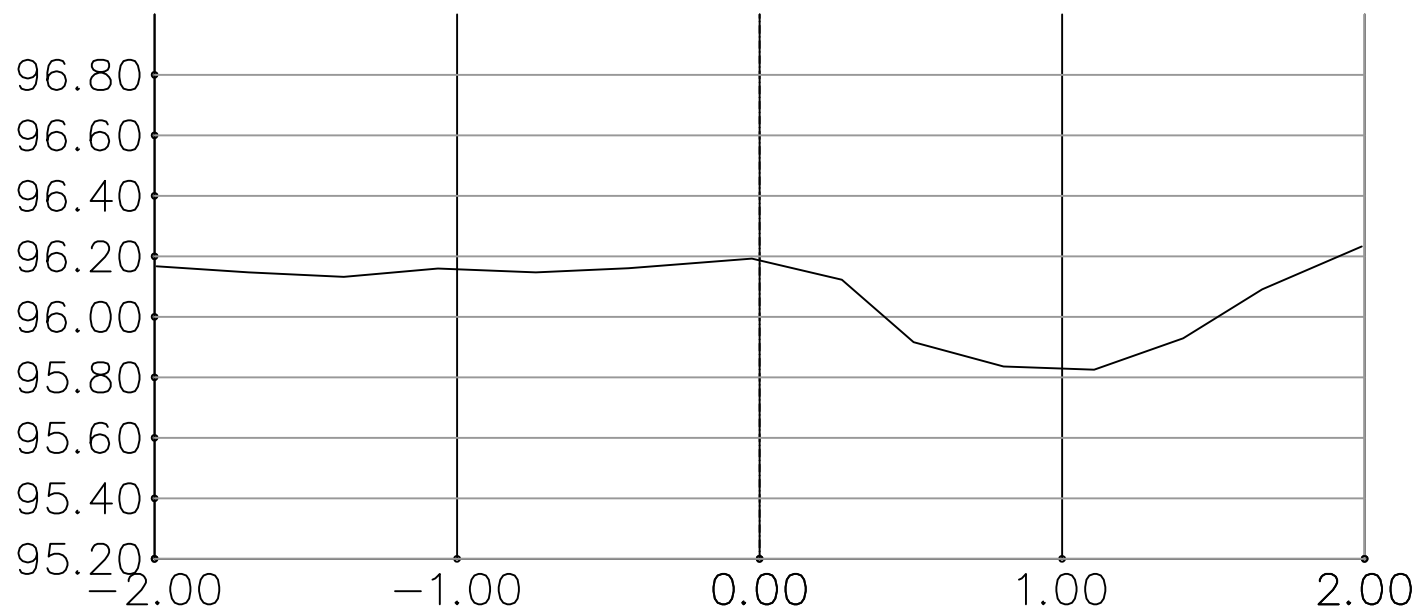
17. Prilog 6 Poprečni profil 4

Profile 4 (distance 3.00)



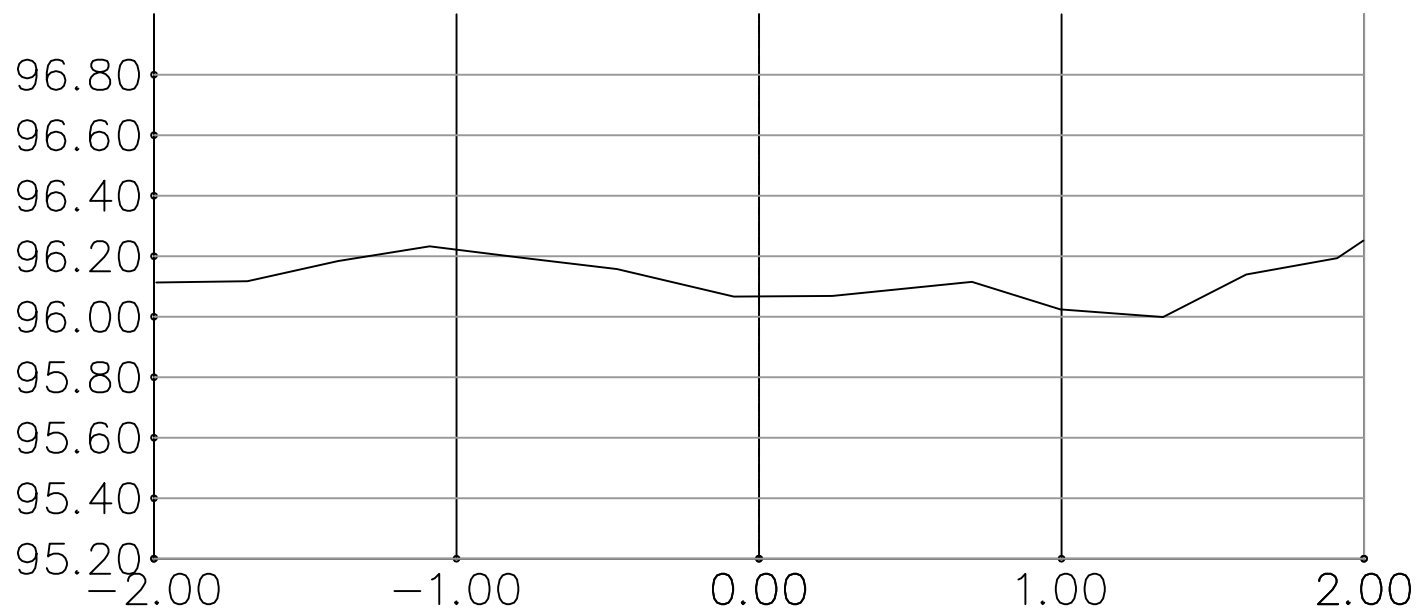
18. Prilog 7 Poprečni profil 5

Profile 4 (distance 4.00)



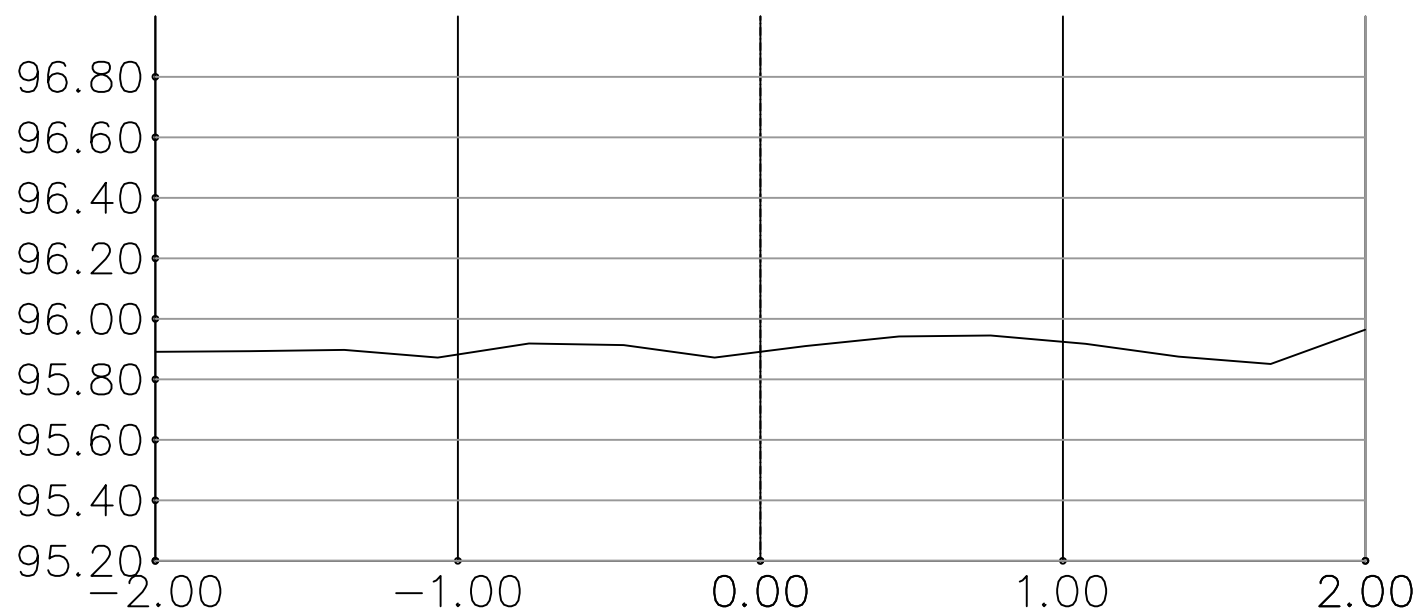
19. Prilog 8 Poprečni profil 6

Profile 4 (distance 5.00)



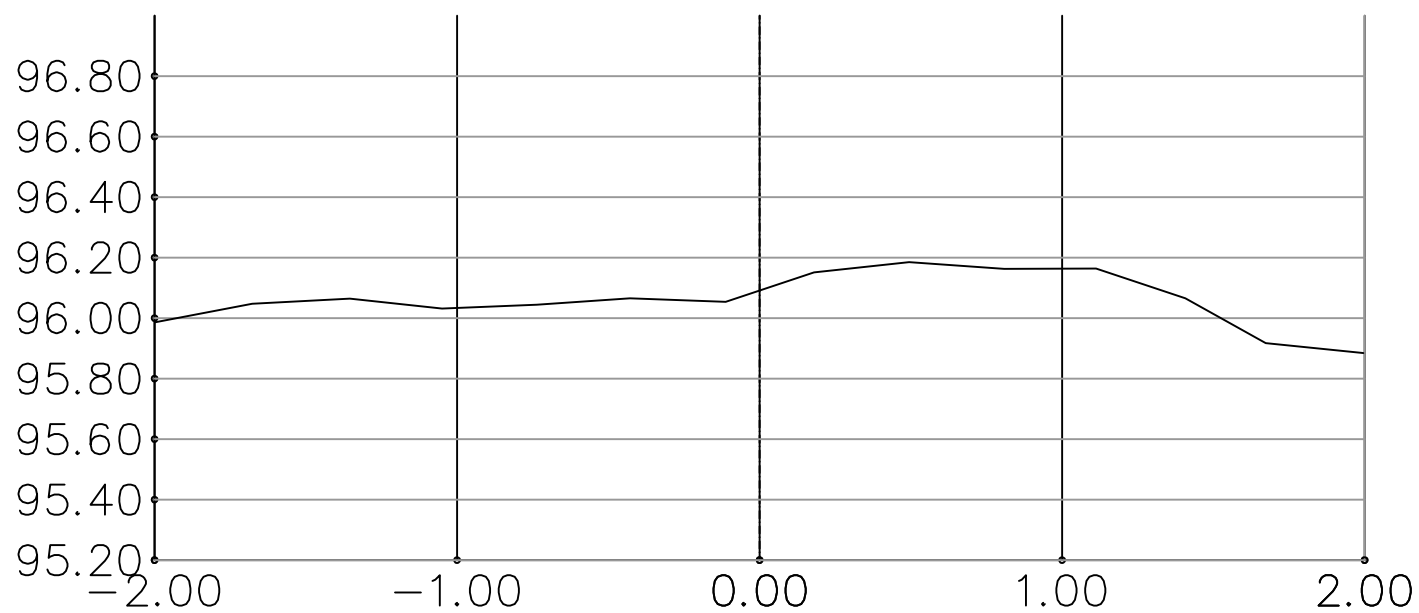
20. Prilog 9 Poprečni profil 7

Profile 4 (distance 6.00)



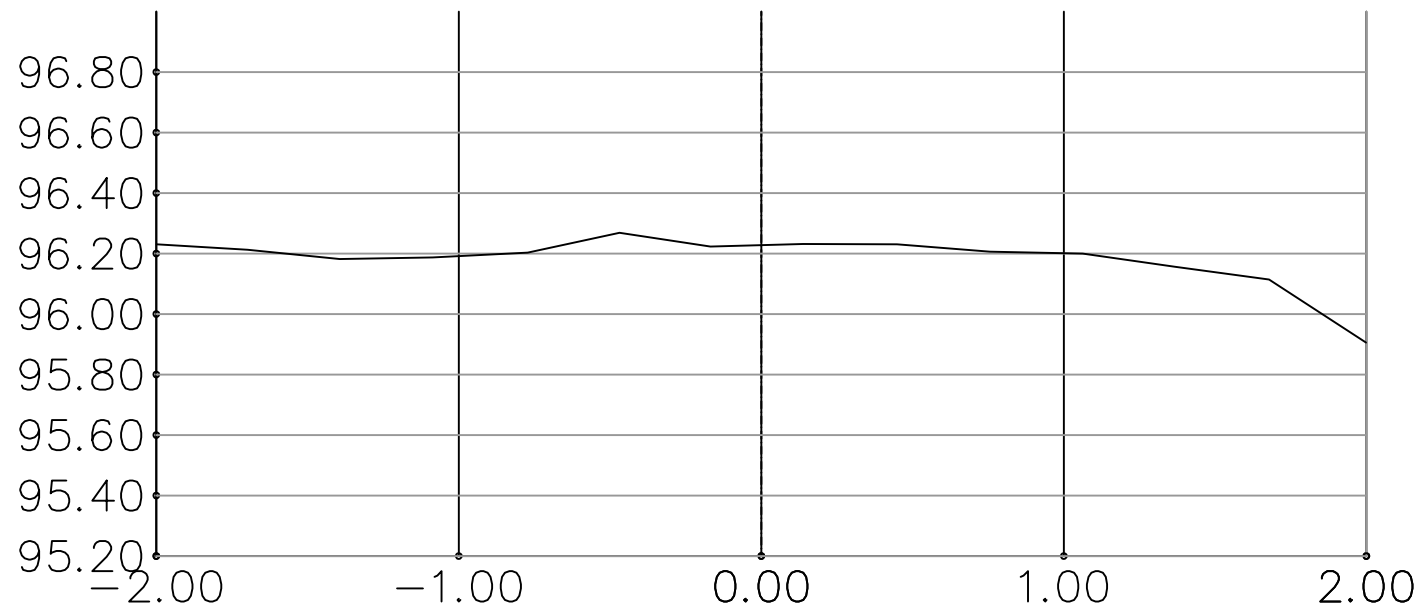
21. Prilog 10 Poprečni profil 8

Profile 4 (distance 7.00)



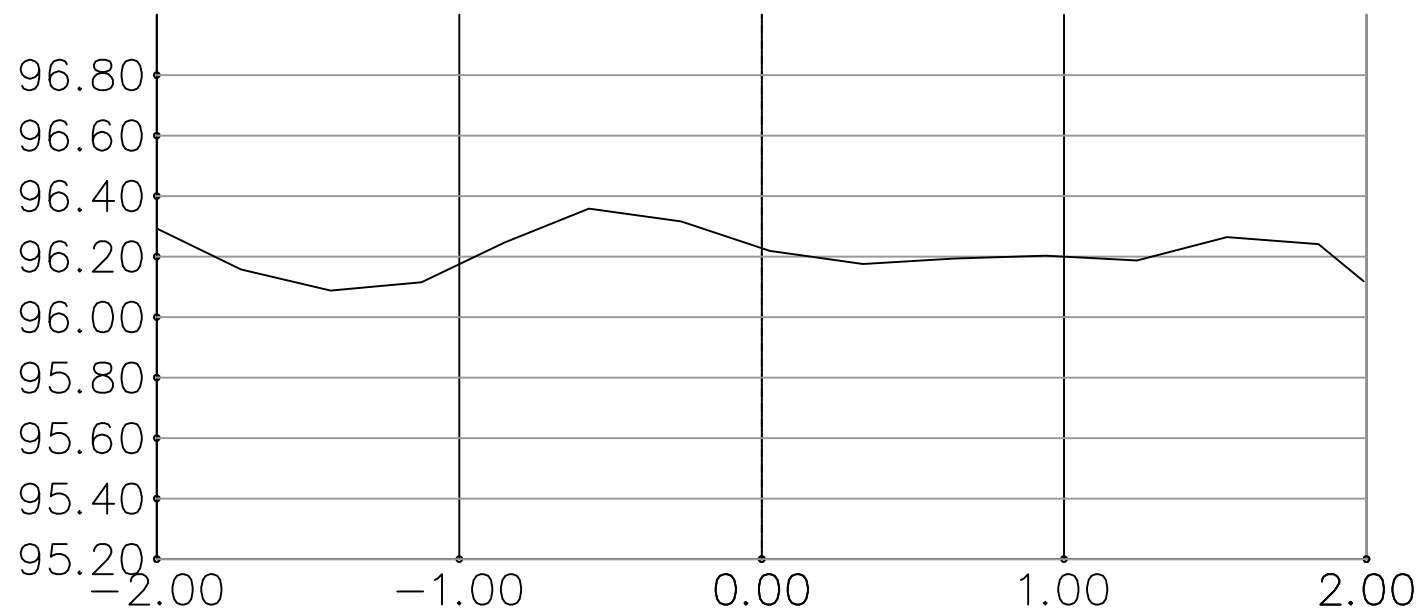
22. Prilog 11 Poprečni profil 9

Profile 4 (distance 8.00)



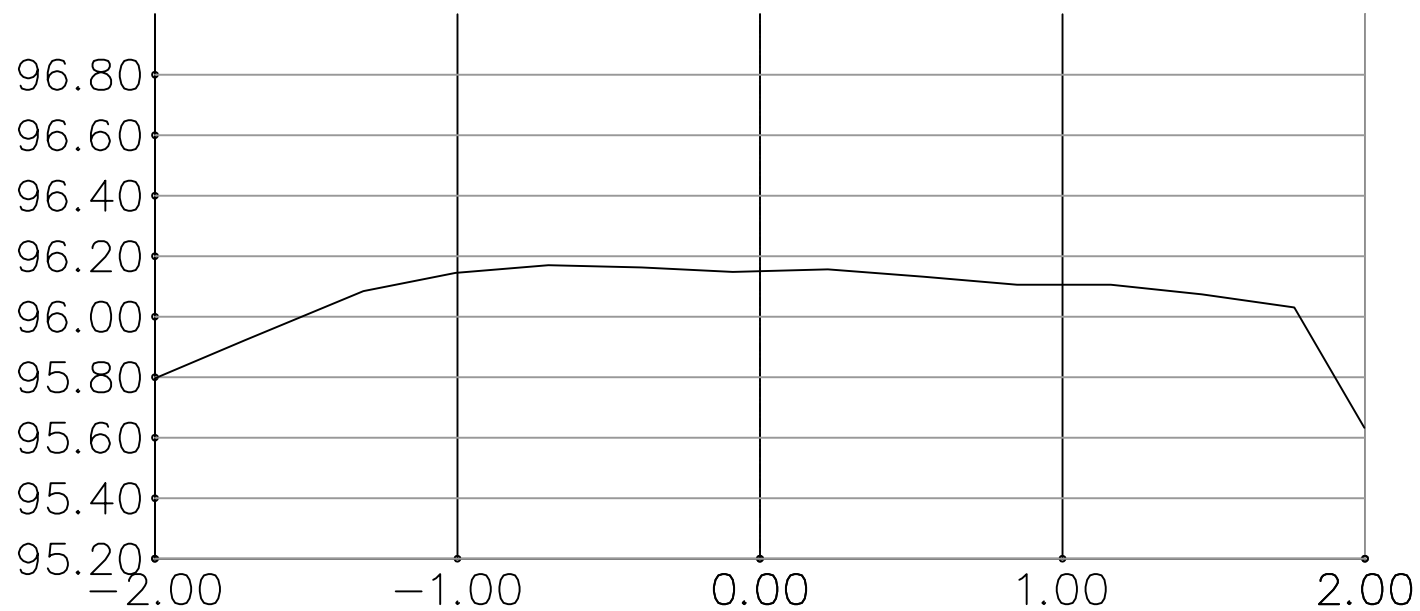
23. Prilog 12 Poprečni profil 10

Profile 4 (distance 9.00)



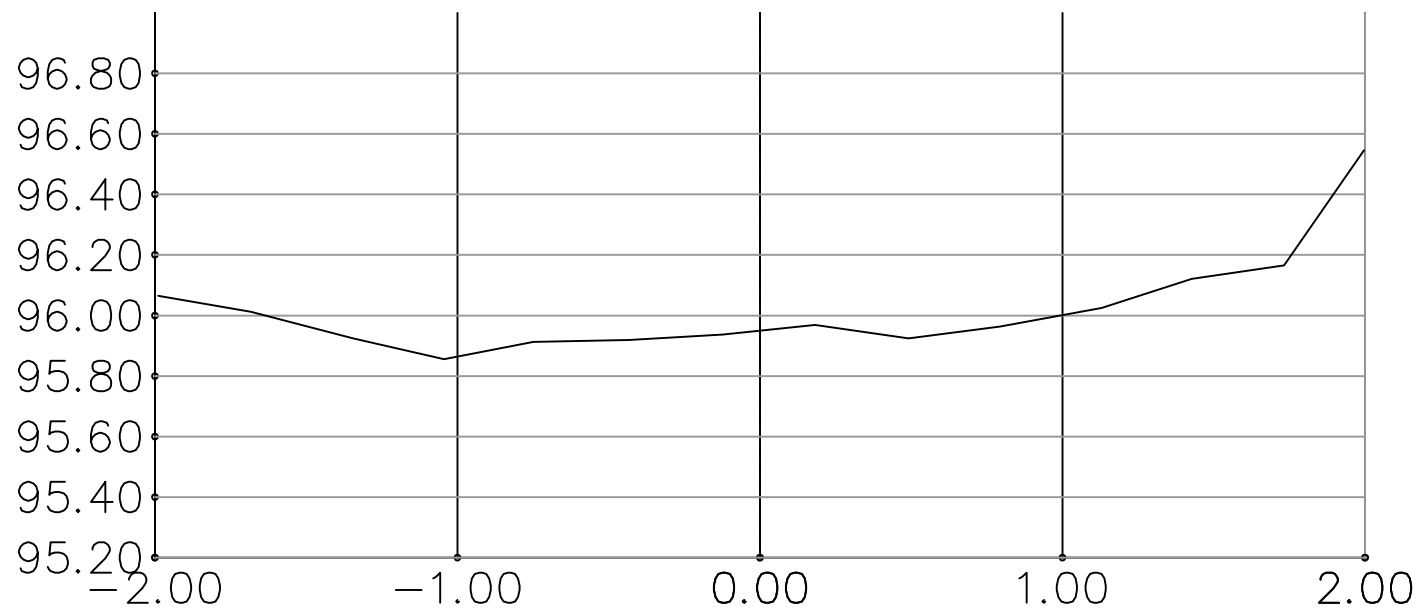
24. Prilog 13 Poprečni profil 11

Profile 4 (distance 10.00)



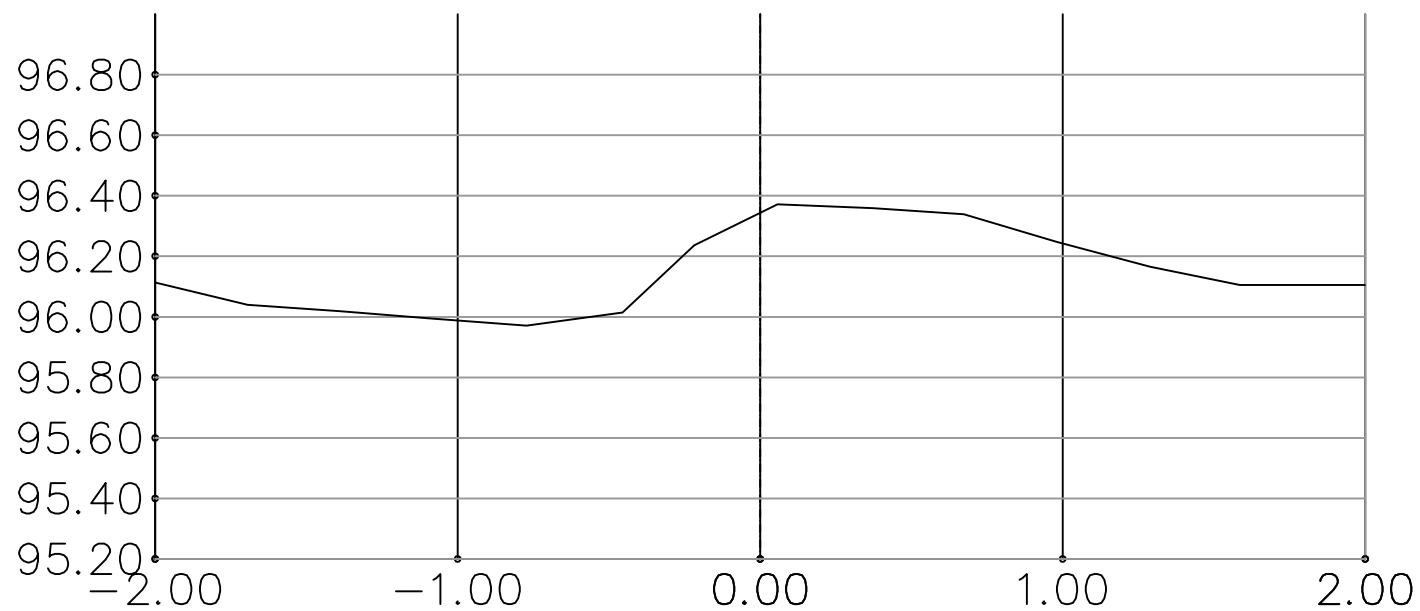
25. Prilog 14 Poprečni profil 12

Profile 4 (distance 11.00)



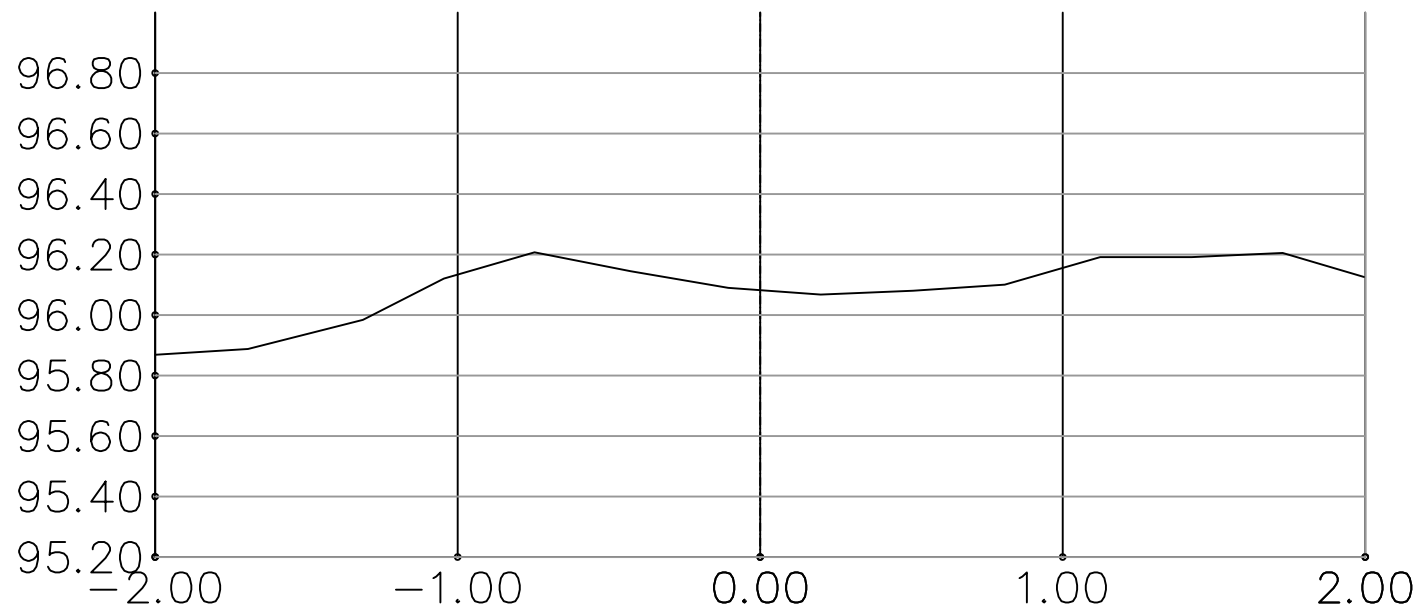
26. Prilog 15 Poprečni profil 13

Profile 4 (distance 12.00)



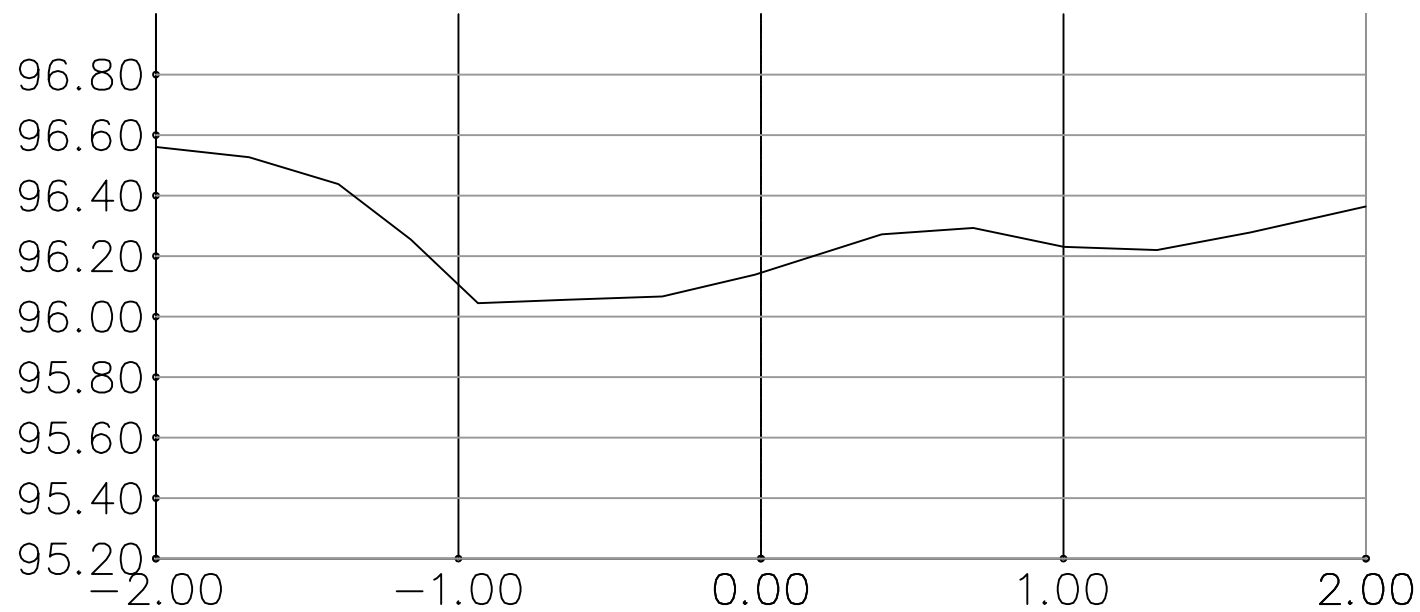
27. Prilog 16 Poprečni profil 14

Profile 4 (distance 13.00)



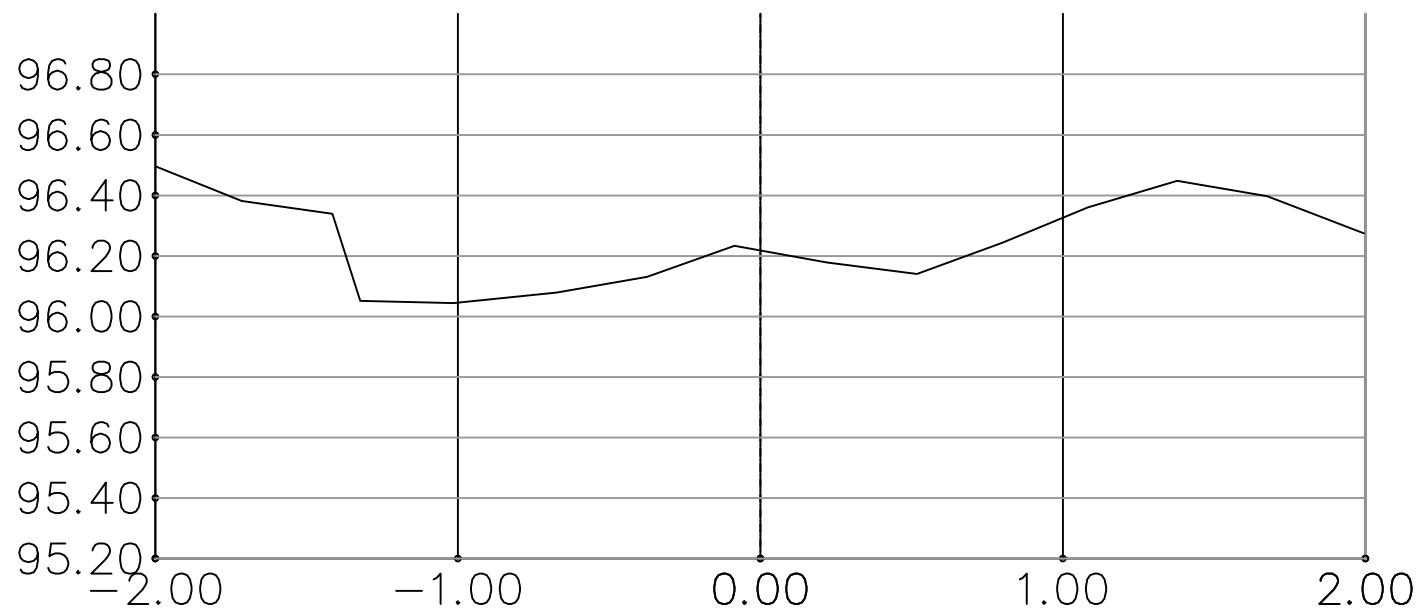
28. Prilog 17 Poprečni profil 15

Profile 4 (distance 14.00)



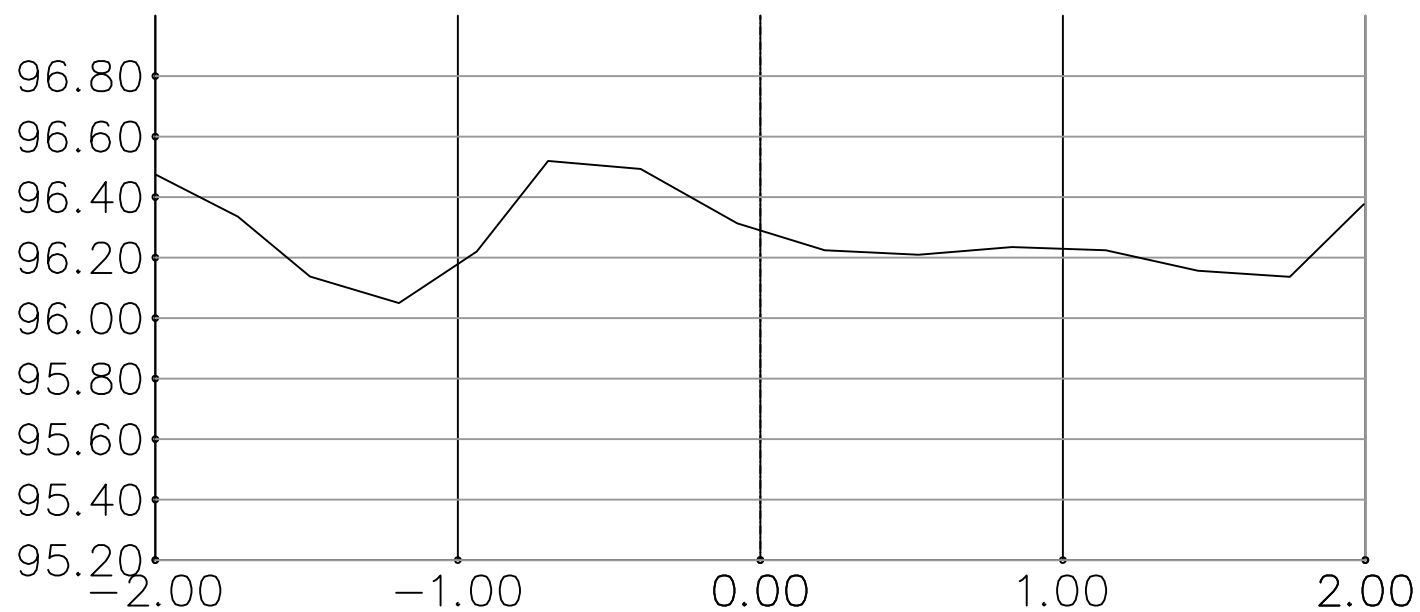
29. Prilog 18 Poprečni profil 16

Profile 4 (distance 15.00)



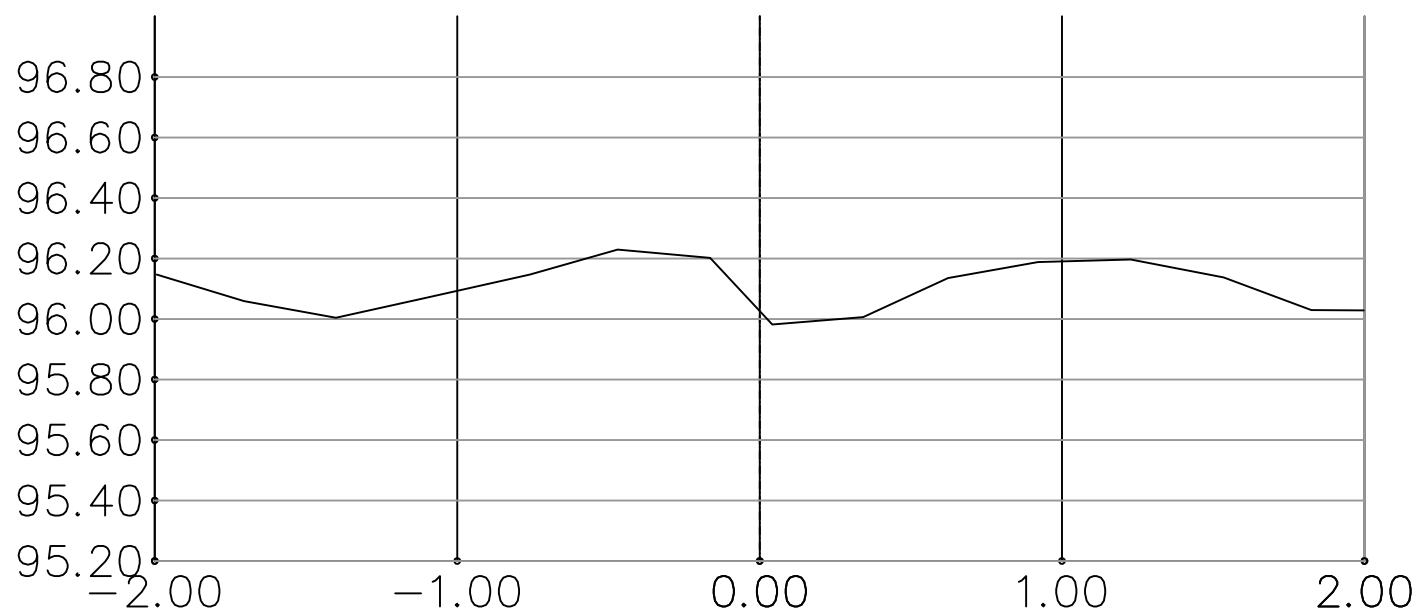
30. Prilog 19 Poprečni profil 17

Profile 4 (distance 16.00)



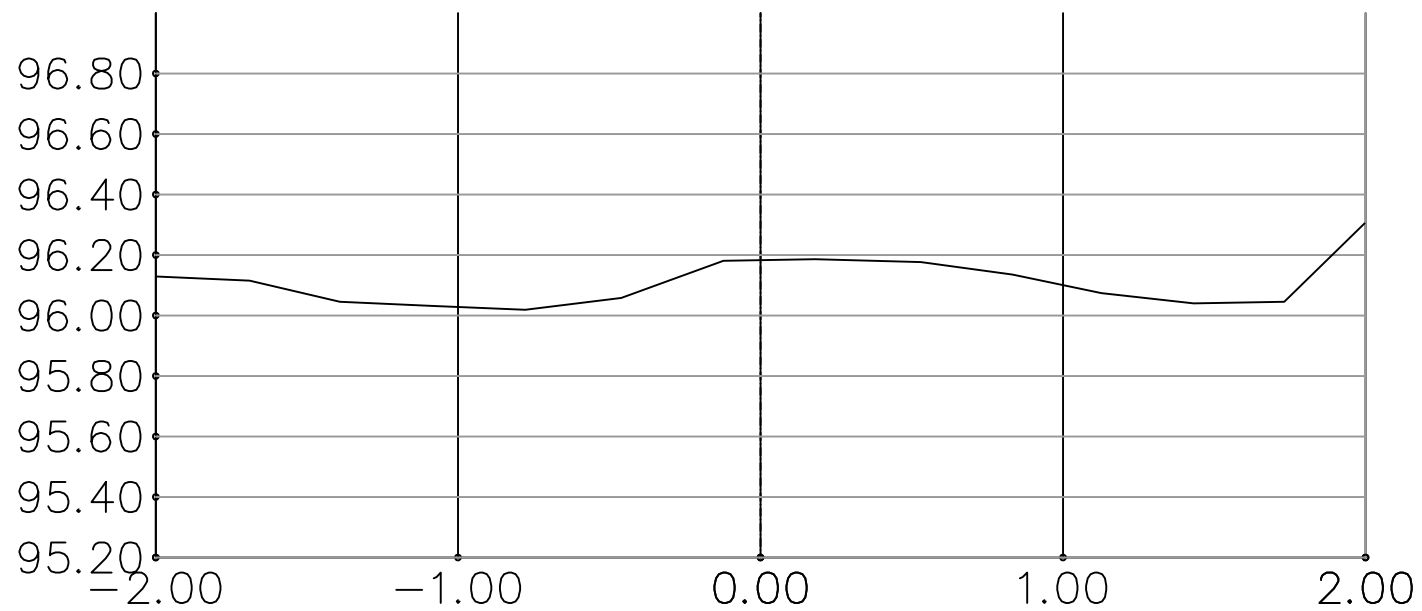
31. Prilog 20 Poprečni profil 18

Profile 4 (distance 17.00)



32. Prilog 21 Poprečni profil 19

Profile 4 (distance 18.00)



33. Prilog 22 Poprečni profil 20

Profile 4 (distance 19.00)

