

Vizualizacija krajobraza ruralnog naselja metodom fotogrametrije

Večerin, Stjepan

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:443615>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-05**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Vizualizacija krajobraza ruralnog naselja metodom fotogrametrije

ZAVRŠNI RAD

Stjepan Večerin

Zagreb, rujan, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Preddiplomski studij:
Krajobrazna arhitektura

Vizualizacija krajobraza ruralnog naselja metodom fotogrametrije

ZAVRŠNI RAD

Stjepan Večerin

Mentor: izv. prof. dr. sc. Goran Andlar

Zagreb, rujan, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, Stjepan Večerin, JMBAG 0178130195, izjavljujem da sam samostalno izradio završni rad pod naslovom:

Vizualizacija krajobraza ruralnog naselja metodom fotogrametrije

Svojim potpisom jamčim:

da sam jedini autor ovoga završnog rada;

da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;

da ovaj završni rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;-da je elektronička verzija ovoga završnog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;

da sam upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE
O OCJENI I OBRANI ZAVRŠNOG RADA

Završni rad studenta Stjepana Večerina, JMBAG ,0178130195, naslova

Vizualizacija krajobraza ruralnog naselja metodom fotogrametrije

mentor je ocijenio ocjenom _____.

Završni rad obranjen je dana _____ pred povjerenstvom koje je prezentaciju ocijenilo ocjenom _____, te je student/ica postigao/la ukupnu ocjenu¹ _____.

Povjerenstvo:

Izv. prof. dr. sc. Goran Andlar, mentor

potpisi:

Zahvala

Dragom mentoru Goranu zahvaljujem na izuzetnoj podršci, vodstvu i inspiraciji tijekom ovog trogodišnjeg putovanja kroz svijet studija Krajobrazne arhitekture. Vaš angažman mi je otvorio novu perspektivu u krajobraznoj arhitekturi te pružio prva vrijedna radna iskustva.

Hvala svim dragim profesoricama i profesorima na studiju koji su mi prenosili svoja znanja i iznova me motivirali svojim pristupom i posvećenošću.

Hvala mojoj obitelji, mojoj Mihaeli i Mili koje su najveća podrška i motivacija. Uz vas dvije je sve lijepo i smisleno.

Hvala svima onima koje možda nisam spomenuo, a bili su uz mene na različite načine kroz ove tri godine.

S ljubavlju i zahvalnošću,

Stjepan

Sadržaj

1 Uvod.....	1
1.1 Uvod u koncept vizualizacija.....	1
1.2. Problemi rada.....	1
1.3. Ciljevi rada	2
2. Metodologija	2
3. Endangered Wooden Architecture of Banovina/Banija, Pokuplje and Posavina Regions (Croatia, EU) - Ugrožena drvena arhitektura Banovine/Banije, Pokuplja i Posavine	3
3.1. O projektu	3
3.2. Modeli naselja izrađenih fotogrametrijom.....	6
3.2.1. Naselje Krapje	8
3.2.2. Naselje Trnovac.....	9
3.2.3. Naselje Martinovići	10
3.2.4. Naselje Bok Palanječki.....	11
3.2.5. Naselje Letovanić.....	12
3.2.6. Naselje Gornja Oraovica	13
3.2.7. Naselje Gorčka	14
3.3. Opis izrade 3d modela metodom fotogrametrije	15
3.3.1. Priprema za izradu 3D modela naselja Gorička	15
3.3.2. Rad na terenu.....	15
3.4. Obrada podataka	18
3.4.1. Stvaranje inicijalnog 3D modela.....	18
3.4.2. Georeferenciranje modela.....	19
3.4.3. Izrada 3D modela.....	20
3.4.4. Pojednostavljenje 3D modela	21
3.4.5. Tekstura modela	21
3.4.6. Stvaranje ortofoto-a	22
3.4.7. Klasifikacija 3D modela u grupe	23
3.4.8. Izrada slojnica terena	24
3.4.9. Vizualizacije 3D modela.....	25
5. Zaključak.....	26
6. Popis priloga	27
7. Popis literature	28
Životopis.....	1

Sažetak

Završnog rada studenta **Stjepana Večerina**, naslova

Vizualizacija krajobraza ruralnog naselja metodom fotogrametrije

U ovom radu istražena je primjena fotogrametrije u vizualizaciji ruralnih naselja. Korištenjem naprednih metoda fotogrametrije i 3D modeliranja, kroz rad je stavljen fokus na dokumentiranje i analizu karakterističnih naselja. Poseban naglasak stavljen je na projekt **Endangered Wooden Architecture of Banovina/Banija, Pokuplje and Posavina Regions (Croatia, EU)**, u kojem su analizirana i modelirana naselja. Proces obuhvaća prikupljanje podataka putem bespilotnih letjelica, obradu fotografija i georeferenciranje za stvaranje preciznih 3D modela. Ti modeli služe kao alat za bolje razumijevanje prostornih odnosa i planiranje prostornog razvoja te očuvanje kulturne baštine. Rad pokazuje kako integracija fotogrametrije i drugih digitalnih tehnika može značajno unaprijediti metode vizualizacije u krajobraznoj arhitekturi.

Ključne riječi: Vizualizacija, fotogrametrija, 3D model, EWAP projekt

Summary

Of the final work - student **Stjepan Večerin**, entitled

Visualization of rural settlement landscape using photogrammetry method

This paper explores the application of photogrammetry in visualizing rural settlements. By employing advanced photogrammetry and 3D modeling techniques, the study focuses on documenting and analyzing characteristic settlements. Special emphasis is placed on project **Endangered Wooden Architecture of Banovina/Banija, Pokuplje and Posavina Regions (Croatia, EU)**, where settlements were analyzed and modeled. The process involves data collection through drones, photo processing, and georeferencing to create accurate 3D models. These models serve as tools for better understanding spatial relationships and planning spatial development, as well as preserving cultural heritage. The paper demonstrates how integrating photogrammetry with other digital techniques can significantly enhance visualization methods in landscape architecture.

Keywords: Visualization, photogrammetry, 3D model, EWAP project

1 Uvod

1.1 Uvod u koncept vizualizacija

Nijhuis (2013) definira vizualizaciju u kontekstu krajobrazne arhitekture kao proces stvaranja vizualnog prikaza krajobraza, često korištenog za istraživanje, planiranje, projektiranje i prezentiranje krajobraznih elemenata. Ova tehnika omogućava razumijevanje prostornih odnosa, estetskih karakteristika i funkcionalnih elemenata krajobraza putem vizualnih reprezentacija, kao što su crteži, modeli, digitalne simulacije i fotografije.

Upravo je vizualizacija jedan od važnih koraka u sklopu projekta **Endangered Wooden Architecture of Banovina/Banija, Pokuplje and Posavina Regions (Croatia, EU)**, koji je dio većeg programa **Endangered Wooden Architecture Programme (EWAP)**. Projekt se bavi očuvanjem ugrožene drvene arhitekture navedenih regija, a ima za cilj razviti multidisciplinarnu metodologiju za dokumentiranje povijesnih sredina i struktura, izraditi dokumentaciju o drvenoj arhitekturi te podići svijest o vrijednosti i važnosti očuvanja ove kulturalne baštine. Ovaj projekt fokusira se na Banovinu, Pokuplje i Posavinu zbog prisutnih degradacijskih procesa koji značajno utječu na arhitekturu i krajobraz, dovodeći do njihovog zapuštanja i napuštanja. Nedostatak istraživanja ovog područja dodatno naglašava potrebu za dokumentiranjem i vizualiziranjem njegovih specifičnih karakteristika i cjelina.

Proces dokumentacije navedenih područja obuhvaća prikupljanje podataka putem bespilotnih letjelica, obradu fotografija i georeferenciranje te izrade vizualizacija kuća, okućnica i naselja na temelju 3D modela. Vizualizacije modela služe kao ključni alat za bolje razumijevanje prostornih odnosa u ruralnim naseljima i doprinose učinkovitijem planiranju i očuvanju naslijeđene drvene arhitekture. Ovaj završni rad izrađen je u sklopu navedenog projekta.

1.2. Problemi rada

Nedovoljno istražena ruralna naselja područja Banovine, Pokuplja i Posavine.

Snažna ugroženost drvene arhitekture područja Banovine, Pokuplja i Posavine zbog degradacije nastale napuštanjem sredina.

Slaba znanstvena interesiranost u analizi i vizualnim analizama područja Banovine, Pokuplja i Posavine

1.3. Ciljevi rada

Izraditi 3D vizualizacije 7 karakterističkih naselja područja Banije, Pokuplja i Posavine: Gorička, Letovanić, Krapje, Gornja Oraovica, Trnovac, Bok Palanjački i Martinovići

Opisati cjelokupni proces fotogrametrije na primjeru jednog naselja

2. Metodologija

Metodologija izrade projekta dokumentiranja naselja putem fotogrametrije dijeli se na dva tipa radnih postupaka.

Prvi je kabinetski rad kojim je obuhvaćeno skupljanje dokumentacije te daljinska istraživanja prostora putem GIS pripreme. Izrada inicijalne putanje leta koja je definirana po definiranju obuhavata naselja. Slaganje inicijalnog pristupa, provjera vremenskih uvjeta kako bi se osigurali optimalni uvjeti za sakupljanje podataka. Izrada 3D modela iz fotografija nastalih na terenu te izvlačenje svih potrebnih podataka iz modela.

Drugi postupak uključuje terenski rad, koji započinje dolaskom na lokaciju. Na terenu se provode dodatne provjere, uključujući analizu trenutnih vremenskih uvjeta, pregled prometa u naseljima, i identifikaciju optimalnih lokacija za polijetanje bespilotnih letjelica. Nakon odabira lokacije, postavljaju se georeferencijalne kontrolne točke, koje se pozicioniraju prema unaprijed definiranim metodama. Nakon postavljanja točaka i provjere letjelica te pripadajućih sustava, letjelice su spremne za polijetanje. Let traje između 1,5 i 2 sata, uz redovitu zamjenu baterija tijekom leta. Korištene bespilotne letjelice su DJI Phantom 3 Pro i DJI Mavic 3 Classic, koje lete simultano, uz kontinuirano praćenje zračnog prostora. Nakon prikupljanja podataka, oni se pohranjuju na sigurnu lokaciju kako bi se spriječio gubitak informacija. Terenski rad se obavlja u jesenskom, proljetnom ili ljetnom razdoblju, kako bi se osigurala optimalna vizualna kvaliteta prostora za izradu 3D modela.

Korištena metodologija će biti detaljnije objašnjena kroz opisivanje procesa 3D modeliranja putem fotogrametrije naselja Gorička

3. Endangered Wooden Architecture of Banovina/Banija, Pokuplje and Posavina Regions (Croatia, EU) - Ugrožena drvena arhitektura Banovine/Banije, Pokuplja i Posavine

3.1. O projektu

Ovaj projekt financiran je kroz program Endangered Wooden Architecture Programme (EWAP). Projekt se provodi na području Banovine/Banije, Pokuplja i Posavine, regija s najgušćom koncentracijom povijesne drvene arhitekture u Hrvatskoj. Ova baština suočena je s visokom ugroženošću zbog depopulacije, dugogodišnjeg zanemarivanja i potresa koji ju je pogodio u prosincu 2020. godine.

Cilj projekta je razviti multidisciplinarnu metodologiju za dokumentiranje povijesnih sredina i struktura, izraditi detaljnu dokumentaciju o drvenoj arhitekturi i povezanim tradicijama, te podići svijest o vrijednosti i važnosti očuvanja ove specifične baštine.

Dokumentacija

Tijekom trajanja projekta bit će izrađena sljedeća dokumentacija:

- GIS baza podataka koja će obuhvatiti prostornu distribuciju drvene arhitekture i karakteristike više od stotinu naselja.
- 3D modeli i arhitektonska dokumentacija odabranih naselja, okućnica i pojedinačnih građevina.
- Zapisi, fotografije i video materijali koji će dokumentirati povijest naselja, način života, korištenje građevina i prostora, kao i osobne i obiteljske priče, s posebnim naglaskom na vlasnike, graditelje i obrtnike.
- Zabilježena znanja, vještine i tehnike vezane uz obradu drveta i izgradnju drvenih objekata.
- Katalozi arhitektonske tipologije, detalja i ukrasa, alati za obradu drveta te rječnik lokalnih pojmova.

Sudionici

Na projektu sudjeluje multidisciplinarni tim stručnjaka, koji uključuje:

- **Izv. prof. dr. sc. Sanja Lončar** (Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet, Odsjek za etnologiju i kulturnu antropologiju),
- **Izv. prof. dr. sc. Goran Andlar** (Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Odsjek za hortikulturnu i krajobraznu arhitekturu),
- **Izv. prof. dr. sc. Hrvoje Tomić** (Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Zavod za primijenjenu geodeziju),
- **Dr. sc. Filip Šrajcar** (Ekomena d.o.o. / 4 GRADA DRAGODID),

asistenti:

- **Grga Frangeš** (Mjesto pod suncem, d.o.o.),
- **Dr. sc. Tanja Krenenić** (Sveučilište INSUBRIA, Italija),
- **Mag. art. Davor Konjikušić** (Sveučilište u Zagrebu, Akademija dramske umjetnosti),
- **Stjepan Večerin**, student prediplomskog studija krajobrazne arhitekture u Zagrebu.

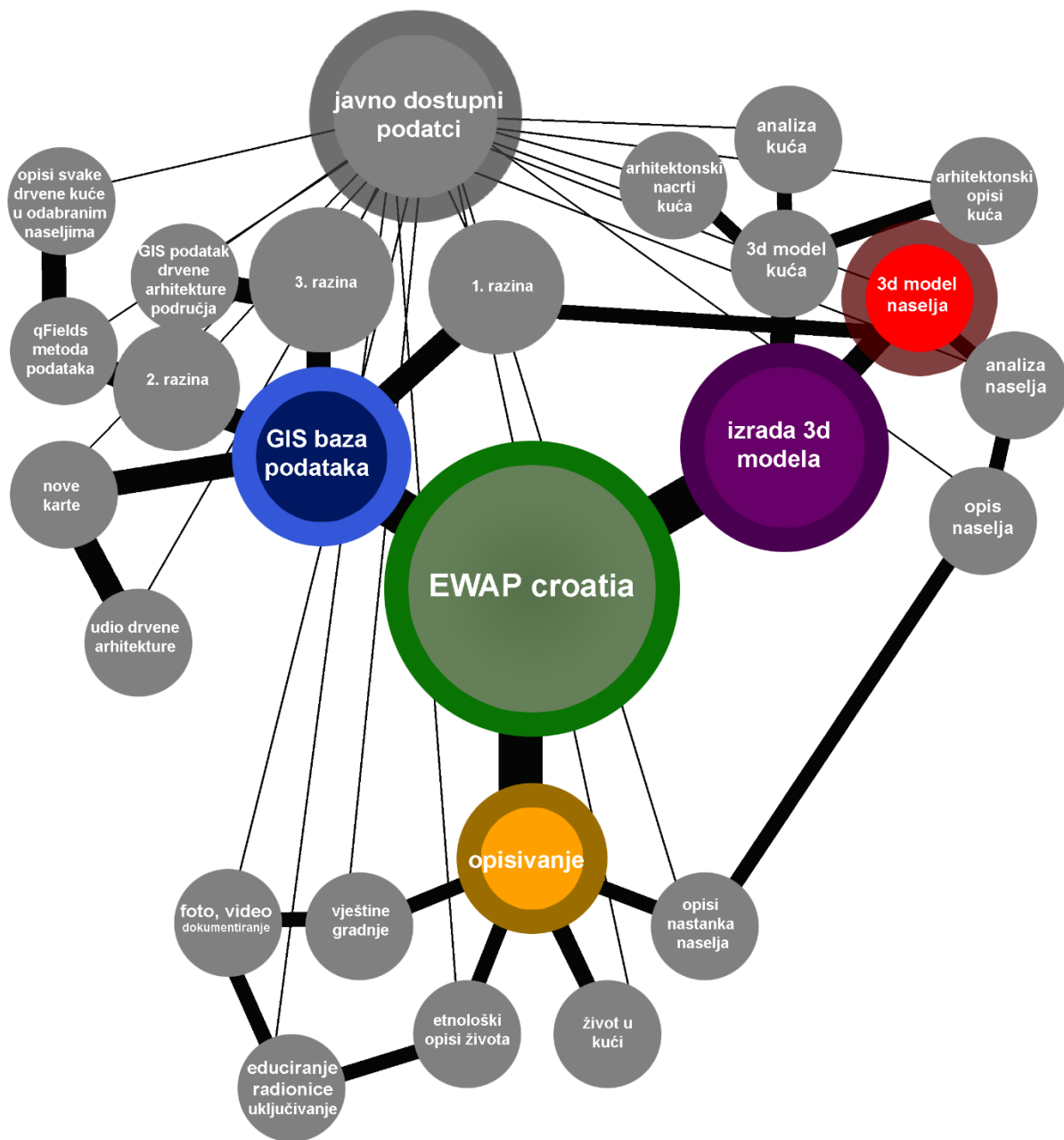
Ovaj tim, koji obuhvaća stručnjake iz područja arhitekture, povijesti umjetnosti, etnologije i kulturne antropologije, geodezije te krajobrazne arhitekture, provodi projekt u suradnji s lokalnim zajednicama, studentima i brojnim suradnicima. Također, u provedbi projekta aktivno sudjeluju vlasnici građevina, majstori i obrtnici, mjesni odbori, udruge, srednje škole, javne ustanove, muzeji i arhivi, čime se osigurava široka podrška i angažman lokalnih dionika u očuvanju ove specifične baštine.

Primjena i pohrana dokumentacije

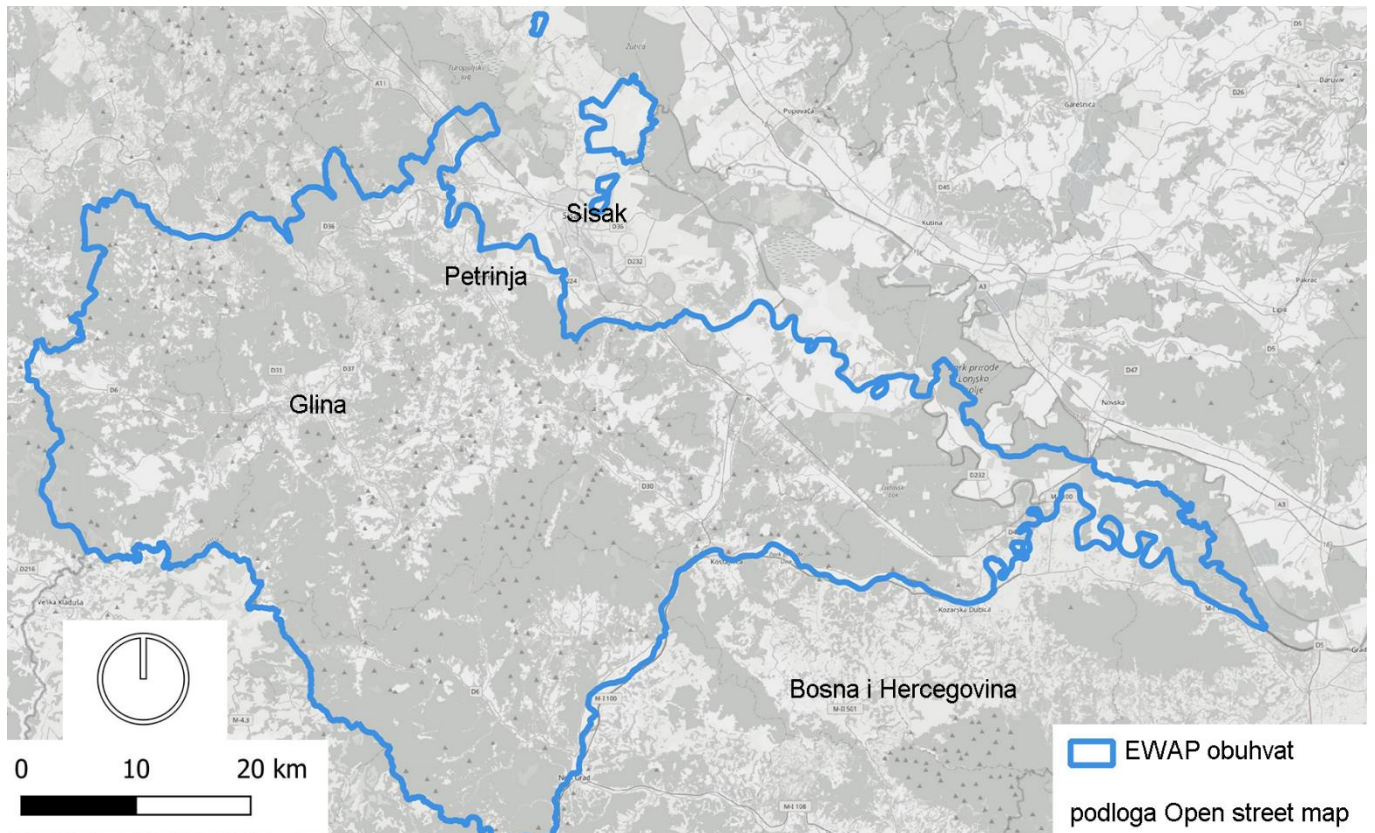
Projekt se temelji na međunarodno priznatim stručnim preporukama i standardima, koristeći suvremene tehnologije uz poštovanje prema lokalnom stanovništvu, vlasnicima i nositeljima tradicijskog znanja. Na taj način, stvorit će se stručna podloga za daljnje aktivnosti zaštite i očuvanja, kao i za prijenos znanja budućim generacijama.

Sva dokumentacija nastala tijekom projekta bit će trajno pohranjena na Filozofskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, u Arhivu Odsjeka za etnologiju i kulturnu antropologiju. Također, dokumentacija će biti javno dostupna putem online platforme Sveučilišta Oxford Brookes, čime će biti omogućena dostupnost istraživačima, stručnjacima, vlasnicima građevina, institucijama i lokalnoj upravi (Terra Banalis, bez.dat.).

U nastavku rada fokus će biti na segmentu projekta koji se bavi izradom 3D modela naselja. Samo izradi 3D modela se priključilo kako bi se demonstrirale razne tipologije izgradnje na EWAP obuhvatu kroz 3D model te kako bi se pokazala snaga fotogrametrijskog dokumentiranja područja naselja.



Slika 1. Dijagram projekta Endangered Wooden Architecture of Banovina/Banija, Pokuplje and Posavina Regions (Croatia, EU)



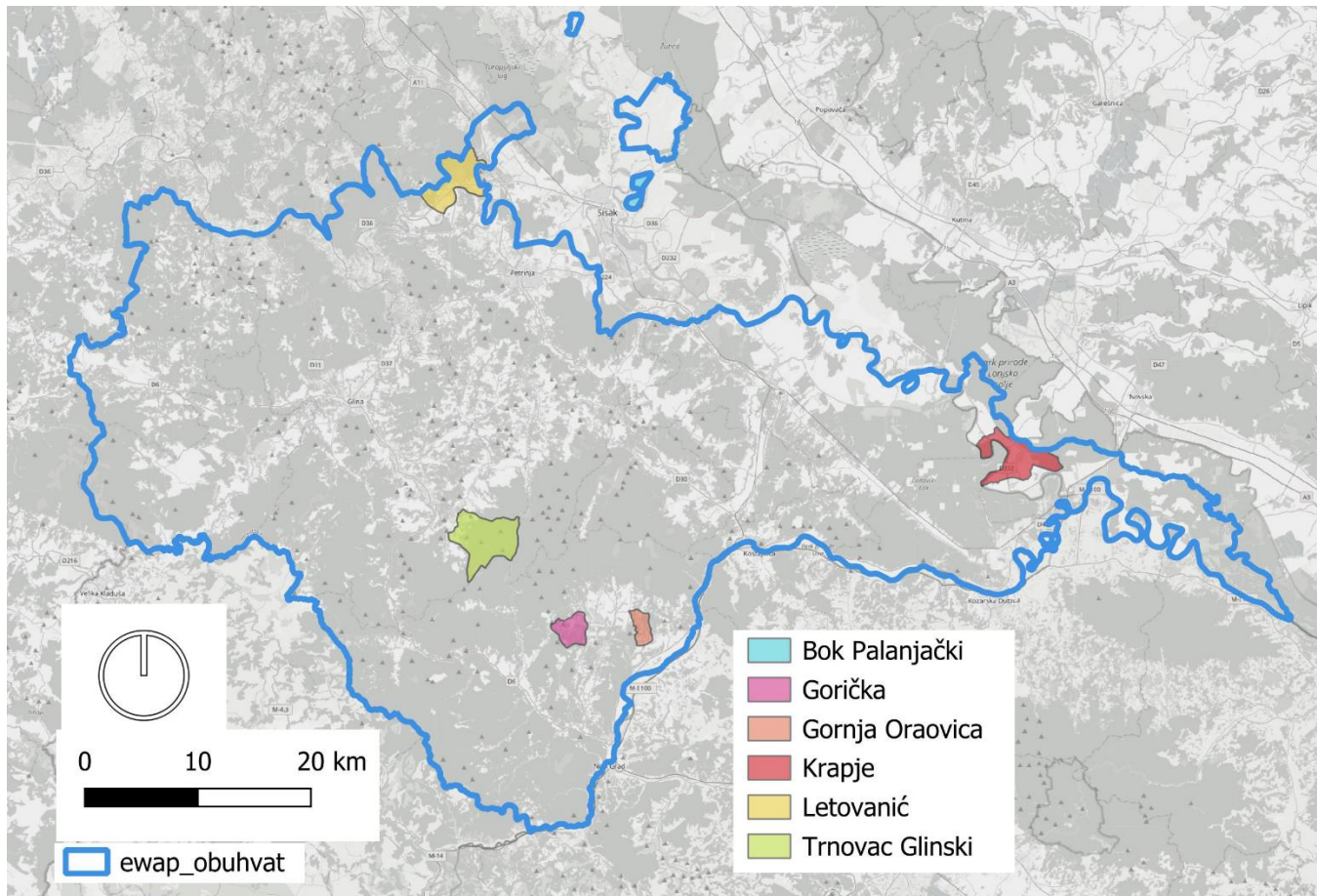
Karta br.1. Prikaz EWAP obuhvata

3.2. Modeli naselja izrađenih fotogrametrijom

Prema Schenk-u (2005) fotogrametrija je znanost i tehnologija koja prikuplja pouzdane informacije o fizičkim objektima i okolini putem snimanja, mjerenja i interpretacije fotografskih slika. Izdvaja trodimenzionalna mjerenja iz dvodimenzionalnih podataka i precizno predstavlja raspon boja i vrijednosti iz fotografija. Fotogrametrija iz bliske udaljenosti uključuje snimanje fotografija s kraćih udaljenosti, a razvila se kako bi obuhvatila različite primjene poput sonara, radara i lidara.

Iz fotogrametrije većeg mjerila, kao što su zračni fotogrametrijski projekti, moguće je izvući širok raspon informacija od velikog značaja. Među najvažnijim rezultatima su ortofoto i digitalni model reljefa (DMR). Oni nam zajedno služe kao model zemljine podloge, a ta metoda se naziva foto mapiranje.

Izrađeni 3D modeli naselja su: naselje Gorička, naselja Letovanić, naselje Krapje, naselje Gornja Oraovica, naselje Trnovac, naselje Bok Palanjački te naselje Martinovići.



Karta br. 2. Prikaz naselja odabranih za fotogrametrijsku obradu i izradu 3D modela

3.2.1. Naselje Krapje

- Datum 25.03.2024
- Površina 21 ha
- Broj letjelica: 2
- Vrijeme: 11.53 – 13. 10
- Tipologija naselja: zbijeno okupljeno selo longitudinalnog izduženja



Slika 2. 3D model naselja Krapje

3.2.2. Naselje Trnovac

- Datum 07.07.2023
- Površina 5 ha
- Broj letjelica: 1
- Vrijeme: 13.00 – 13.55
- Tipologija naselja: raštrkani zaselak bez jezgre nepravilnog oblika



Slika 3. 3D model naselja Trnovac

3.2.3. Naselje Martinovići

- Datum 08.07.2023
- Površina 11 ha
- Broj letjelica: 1
- Vrijeme: 15.09-16.20
- Tipologija naselja: slabo zbijeni zaselak bez jezgre



Slika 8. 3D model zaselka Martinovići

3.2.4. Naselje Bok Palanječki

- Datum 27.11.2023
- Površina 18 ha
- Broj letjelica: 1
- Vrijeme: 13.20 – 14.40
- Tipologija naselja: zbijeno pravilno selo bez jezgre



Slika 5. 3D model naselja Bok Palanječki

3.2.5. Naselje Letovanić

- Datum 05.03.2024
- Površina 18 ha
- Broj letjelica: 1
- Vrijeme: 10.26 – 11.35
- Tipologija naselja: zbijeno raštrkano selo sa jezgrom



Slika 6. 3D model naselja Letovanić

3.2.6. Naselje Gornja Oraovica

- Datum 18.04.2024
- Površina 20 ha
- Broj letjelica: 2
- Vrijeme: 12.52 – 14.15
- Tipologija naselja: raštrkano selo bez jezgre, sa ponavljajućim longitudinalnim uzorkom uz glavnu prometnicu



Slika 7. 3D model naselja Gornja Oraovica

3.2.7. Naselje Gorčka

- Datum 18.04.2024
- Površina 9.3 ha
- Broj letjelica: 2
- Vrijeme: 16.30 – 17.52
- Tipologija naselja: raštrkano selo sa grozdastom matricom na razgranutim prometnicama



Slika 4. 3D model naselja Gorička

3.3. Opis izrade 3d modela metodom fotogrametrije

3.3.1. Priprema za izradu 3D modela naselja Gorička

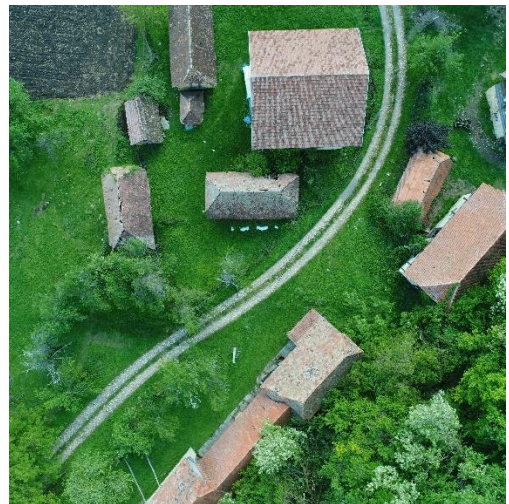
Proces stvaranja 3D modela naselja započinje detaljnim planiranjem terenskog rada, s ciljem postizanja optimalnih uvjeta za fotografiranje. Idealni uvjeti uključuju odsutnost oborina i poluoblačno nebo, koje pruža ravnomjerno difuzno osvjetljenje, čime se izbjegavaju oštre sjene i prekomjerno osunčana područja koja mogu nastati pri fotografiranju na vrlo sunčan dan. Također, poželjno je da prilikom korištenja bespilotne letjelice vjetar bude slab ili nepostojeći, budući da jaki vjetrovi mogu negativno utjecati na njezine performanse.

3.3.2. Rad na terenu

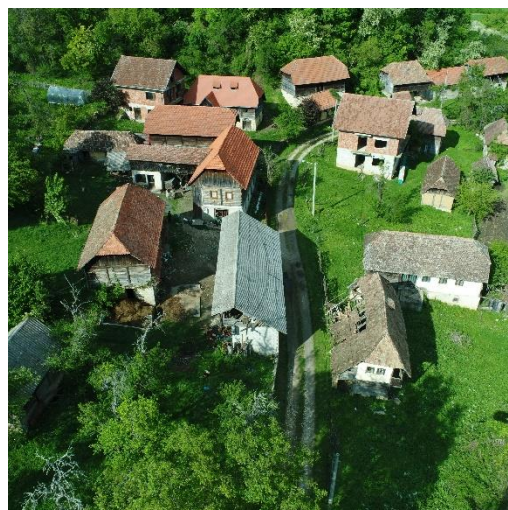
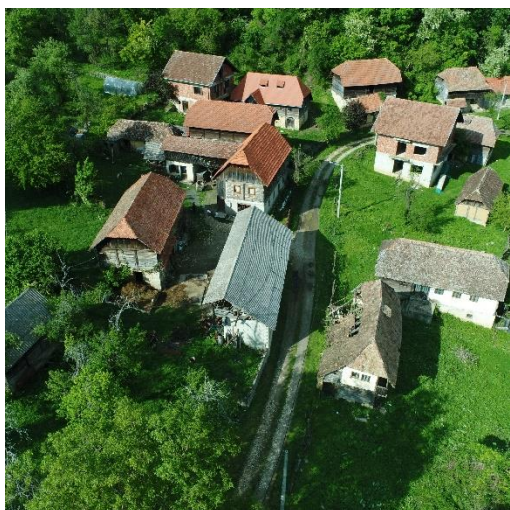
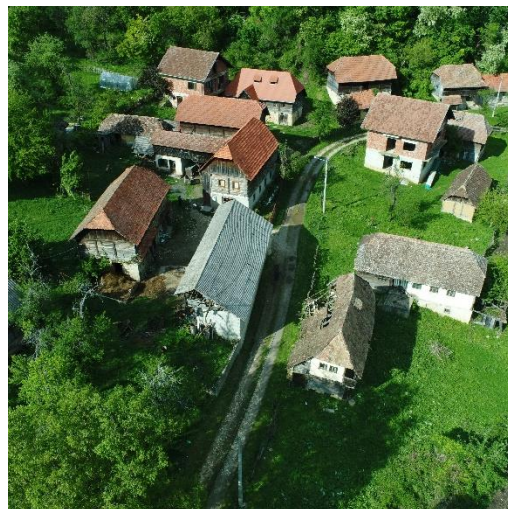
Na terenu je fotografiranje provedeno s dvije bespilotne letjelice. Prva letjelica letjela je na visini od 60 metara, snimajući ortogonalne fotografije s 80% preklopa sa svih strana prema unaprijed definiranoj mreži unesenoj u aplikaciju za fotokartiranje. Ove fotografije su pružile dobro definiranu bazu za nadolazeće povezivanje kontrolnih koordinatnih točaka s modelom i integraciju s fotografijama snimljenim drugom letjelicom.

Druga letjelica je, s druge strane, bila korištena za snimanje pročelja kuća. Tijekom snimanja, letjelica je letjela brzinom do 5 m/s, a fotografije su se snimale svakih 3 sekunde kako bi se postigla snažna povezanost slika duž putanje. Korišten je kut fotografiranja od 45° do 70°, ovisno o potrebama procijenjenim tijekom leta, s ciljem obuhvata svih bitnih detalja naselja i pojedinačnih kuća.

Ključni dio procesa bio je povezivanje fotografija snimljenih s obje letjelice kako bi se omogućilo da softver u kasnijoj obradi pravilno stvori model i spoji sve fotografije u jednu cjelinu. Ovaj proces uključivao je postepeno povećanje kuta snimanja s 45° na 90°, prelazeći u područje koje je snimala prva letjelica. Time se postiglo povezivanje fotografija s obje letjelice i usklađivanje njihovih putanja. U slučaju naselja Gorička, ovaj postupak je proveden tri puta, što je omogućilo programu da s lakoćom prepozna da su obje letjelice snimale istu oblast i poveže ih u jedinstven model.



Slika 9. Primjer fotografija letjelice br. 1, ortogonalnog fotografiranja i preklopa od 80% sa svih strana fotografije



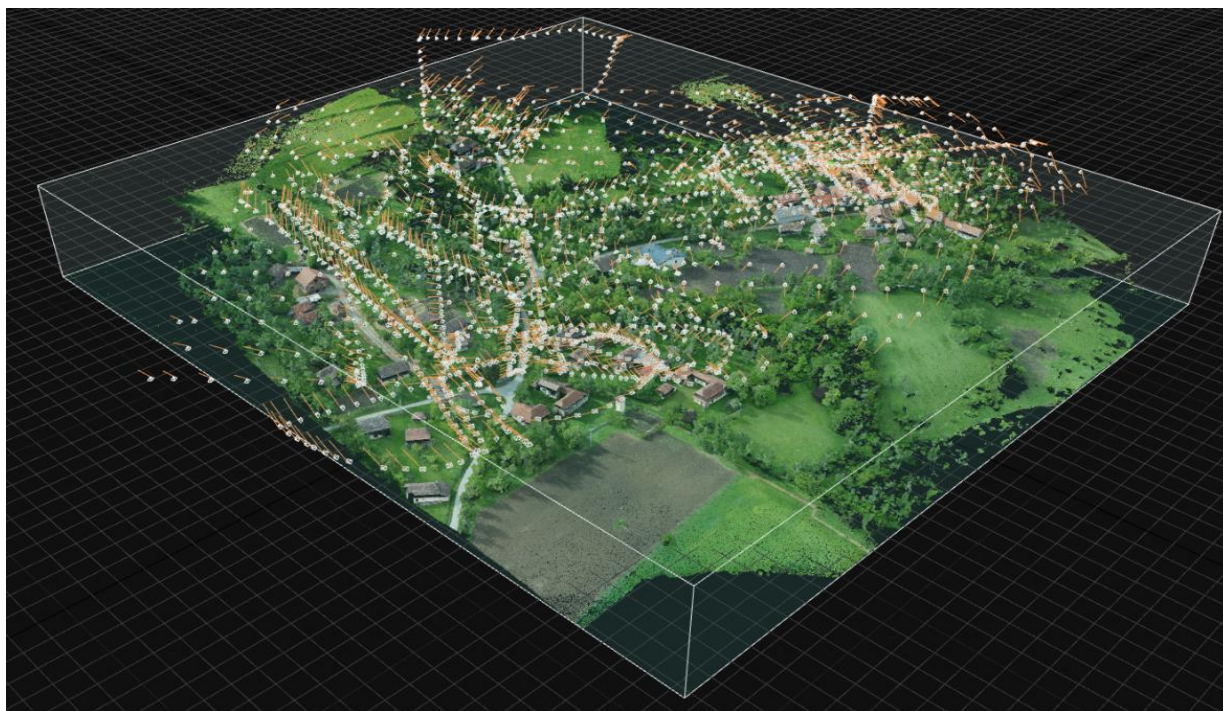
Slika 10. Primjer fotografija letjelice br. 1, ortogonalnog fotografiranja i preklopa bez generiranog uzorka

3.4. Obrada podataka

Nakon prikupljanja podataka, proces izrade modela započeo je povezivanjem fotografija i njihovim unosom u fotogrametrijski softver Reality Capture. Budući da obje letjelice pohranjuju fotografije pod istim nazivom (DJI_1), bilo je potrebno preimenovati slike kako bi se pravilno pripremile za unos u program. Iako se fotografije mogu uređivati prije uvoza, odlučili smo se za automatiziranu obradu unutar fotogrametrijskog programa, stoga nismo provodili dodatne prepravke prije unosa.

3.4.1. Stvaranje inicijalnog 3D modela

Program povezuje fotografije u inicijalni 3D model te stvara komponentu koja ne mora prepoznati sve fotografije nego prepoznaje samo one koje su snažno povezane s drugim fotografijama. Inicijalni model nam pruža početni pogled na rezultate na način da se sastoji samo od točaka koje su postavljene u virtualnom prostoru na mjestima gdje je fotogrametrijski program prepoznao digitalnu točku u 3 dimenzije (point cloud). Kasnije će se te točke povezati sa površinama te će tvoriti model koji je povezan sa trokutima dobivenim iz spajanja po 3 točke.



Slika 11. Inicijalni 3D model naselja Gorička s pozicijama snimaka iz letjelica

3.4.2. Georeferenciranje modela

Nakon stvaranja inicijalnog modela primjenjuje se georeferenciranje modela sa kontrolnim točkama koje smo postavili na terenu. Kontrolne točke postavljaju se na mjesta koja su vidljiva sa fotografija letjelica. Točke se postavljaju na ceste ili čvrste plohe pomoću spreja kojim stvaramo kontrastnu točku u sredini križe npr. Crni križ sa bijelom točkom. Georeferenciranje je važan dio postupka kako bi model bio skaliran u jednako mjerilo kao, što bliže stvarnosti i kako bi model bio rasprostranjen, što bliže stvarnosti potrebno je kontrolne točke postavljati na karakteristične lokacije naselja te ih postaviti u što točnijem rasponu. Prije pokretanja nove izrade modela sa novim unosom kontrolnih točaka potrebno je isključiti GPS lokacije koje su unutar meta podatka od svake fotografije koju su letjelice napravile kako nebi došlo do nerealnog modela ovisno da je mjerni instrument za koordinate mnogo precizniji od gps-a sa letjelica koji leti na raznim visinama i ne može preciznije od 1m definirati lokaciju.

Prema Esri-u georeferenciranje modela ujedno omogućava i spajanje modela i podataka iz modela sa Gis sustavom. Prema Esri-u primjena GIS-a u praksi omogućuje preklapanje slojeva podataka, što je ključno za razumijevanje odnosa i uzoraka u prostoru. Isti navode da ovaj pristup omogućuje analizu kako se različiti fenomeni ili atributi prostorno međusobno preklapaju i utječu jedan na drugoga. Također se navodi da preklapanje slojeva omogućuje dublje razumijevanje složenih prostornih interakcija i olakšava identifikaciju potencijalnih uzročno-posljedičnih veza (esri, bez.dat.).

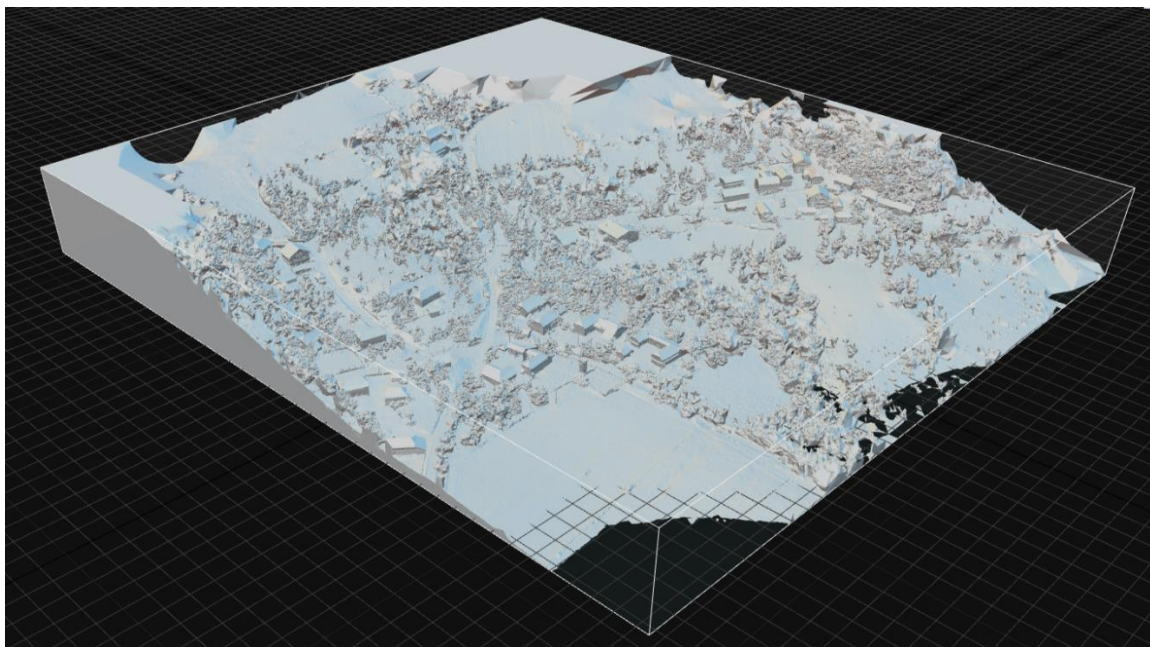


Slika 12. Postavljanje georeferentne točke za kasniju obradu modela i georeferenciranje na području Letovanića u sklopu EWAP projekta

3.4.3. Izrada 3D modela

Prema Luhmann, Robson, Kyle i Harley-u (2006) model se u kontekstu makete ili digitalnog 3D modela definira kao reprezentacija objekta ili sustava koja omogućuje vizualizaciju, analizu i razumijevanje njegovih karakteristika i funkcionalnosti. Isti navode kako Ovi modeli mogu biti fizički, izrađeni od materijala poput drva, papira ili plastike, ili digitalni, stvoreni pomoću računalnih programa za modeliranje. Također navode kako primjene modela su raznolike, uključujući krajobraznu arhitekturu, arhitekturu i urbanizam, inženjerstvo, geografiju, medicinu i slično.

Nakon povezivanja koordinatnih točaka potrebno je ponovno postavljanje inicijalnog modela te iz njega kreće stvaranje 3D modela. Prilikom izrade 3D modela imamo alate za odabir kvalitete izrade modela te možemo mijenjati razne parametre kako bi dobili zadovoljavajući model u pogledu detaljnosti modela i veličine podatka. preciznošću dobivamo veći model u smislu veće količine podataka, ali i jasnijih rezultata dok smanjenjem preciznosti i smanjenjem detaljnosti dobivamo manju količinu podataka te je kasnije model lakši za obrađivanje i distribuiranje. Ova dinamika odnosi se prvenstveno na broj trokuta koje će biti stvoreni izradom modela. Kako model ima 3 dimenzije on stvara točke koje povezuje jedne sa drugima i to na način da spaja po 3 točke zajedno u jedan trokut i tako model Goričke nakon prve izrade modela sa faktorom pojednostavljenja 1/2 iznosi cca 180 milijuna trokuta što je podosta velik i uvjetno rečeno težak podatak.



Slika 13. Izrađeni 3D model naselja Gorička bez tekstura

3.4.4. Pojednostavljenje 3D modela

Nakon izrade 3D modela potrebno je izvršiti postupak pojednostavljenja modela koji će model sa 180milijuna trokuta pojednostaviti na željeni maksimalni broj trokuta. U ovom slučaju odabire se 10 milijuna trokuta kako bi model mogao biti korišten za potrebe pregleda šire javnosti. Sami proces pojednostavljenja unutar programa ne kvari model već ga ispravlja u jasniju geometriju, ne mijenja tvrdi izgled geometrije nego pretpostavlja da ukoliko je puno trokuta na vrlo sličnim nagibima da su cjelina te stvara manji broj trokuta kako bi model zadržao oblik te smanjio „težinu“.

3.4.5. Tekstura modela

Zadnji korak u konstrukciji modela je spajanje teksture sa modelom, kako sada imamo čisti model bez boja, i tekstura potrebno je projicirati sve one teksture dobivene iz fotografija na model. Važno je napomenuti da uslijed dugotrajnog fotografiranja i prikupljanja podataka sa terena dolazi do razlike unutar osvjetljenja u raznim trenucima dana te su fotografije inicijalno svedene na različite vrijednosti white ballance-a te ih program prije spajanja tekstura i modela mora „ispraviti“ odnosno ujednačiti im vrijednosti svijetla te to radi na način da one tamnije posvijetli dok one svijetlije potamnjuje. Isti proces se može i manualno napraviti, no zahtjeva veću količinu vremena od programskog rješenja. Kada su navedene stavke odrađene pokrećemo projekciju tekstura na pojednostavljeni model te dobivamo 3D model naselja sa teksturom koji nam sada počinje služiti za razne potrebe.



Slika 14. Konačna verzija 3D modela naselja Gorička nakon rezanja ruba

3.4.6. Stvaranje ortofoto-a

Orthofoto je zračna fotografija ili satelitska snimka koja je geometrijski ispravljena ("ortorektificirana") odnosno slika slijedi određenu kartografsku projekciju. Za razliku od neispravljene zračne fotografije, ortofoto se može koristiti za mjerenje pravih udaljenosti, jer je točan prikaz Zemljine površine, budući da je prilagođen topografskom reljefu, distorziji leće i nagibu kamere (Geospatial Technology, 2019).

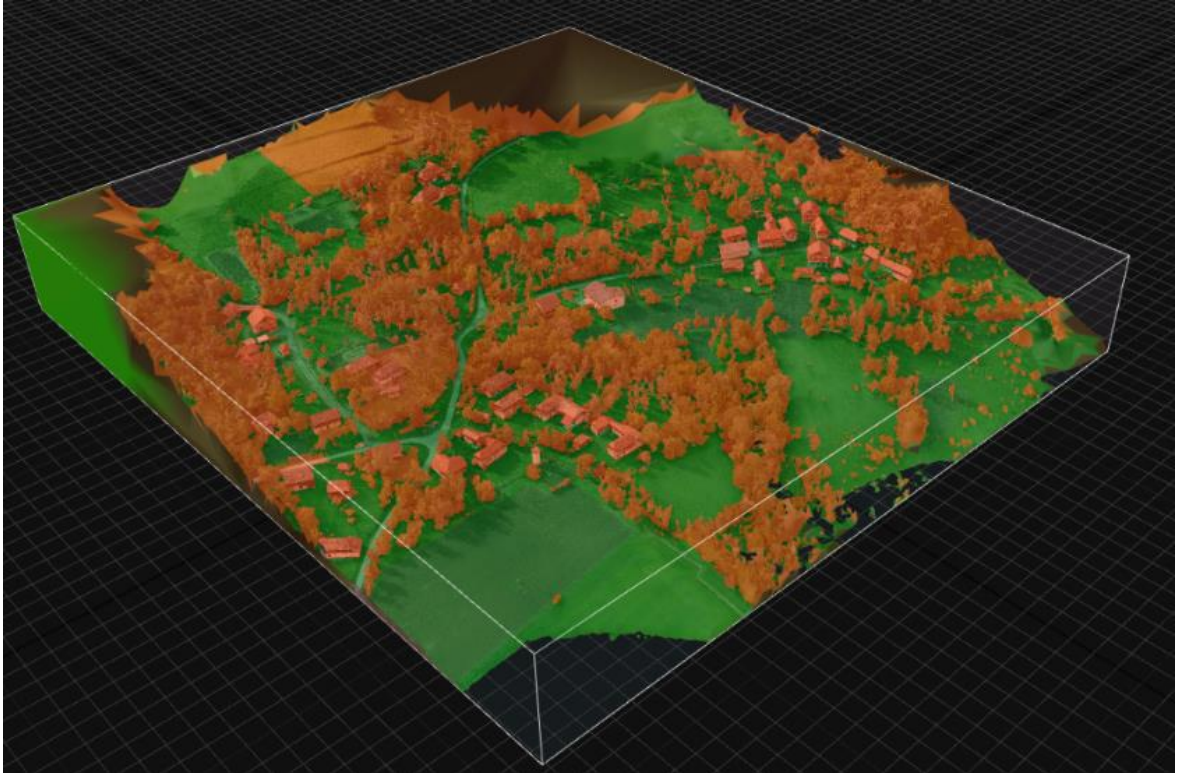
Stvaranje ortofotoa je automatizirano te se može birati između ortofotoa nastalog iz stvorenog 3D modela, koji je lakši za izraditi programirano te zahtjeva manje vremena za obradu ili se može izraditi iz fotografija, spajanjem i prepoznavanjem fotografija u jednu cjelinu. Odabirom spajanja iz mozaika fotografija program ispravlja i spaja sve najkvalitetnije fotografije koje su mu potrebne da stvori realan ortofoto u mjerilu. Kasnije nam je omogućeno spajanje ortofotoa sa raznim GIS programima te imamo vrlo detaljan i jasan georeferencirani ortofoto. Jednako tako možemo izraditi i DMR te ga spojiti sa ortofotom i tako imati digitalni model reljefa za naselje Gorička koji je vrlo precizan i to ispod 20cm točnosti.



Slika 15. Ortofoto naselja Gorička dobiven iz mozaika fotografija

3.4.7. Klasifikacija 3D modela u grupe

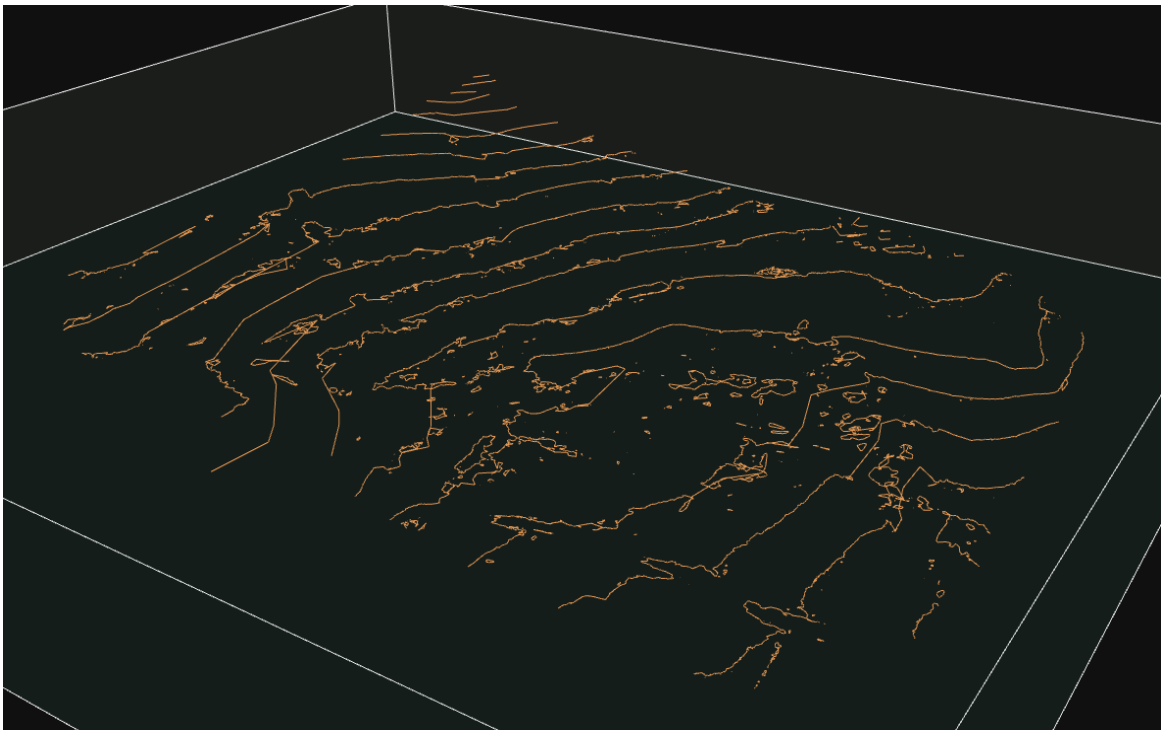
Proces klasifikacije modela izvršava program. Program uspijeva prepoznati razliku između terena i objekata i vegetacije koja se nalazi na terenu te nam tako olakšava proces izrade 3D modela terena bez površinskog pokrova. Nakon klasifikacije odabiremo sve one objekte iznad tla te ih možemo maknuti sa površine i zatvoriti sve nastale rupe u modelu.



Slika 16. Klasifikacija putem AI-a koja odvaja površinski sloj od linije terena

3.4.8. Izrada slojnica terena

Nakon izvršene klasifikacije i micanja površinskog pokrova sa terena u mogućnosti smo stvaranja kontura terena. I to na način da biramo gustoću slojnica, razmak po visini slojnica te podatak možemo izvesti u razne tipove podataka koji nam kasnije mogu služiti za detaljne projektne dokumentacije u raznim softver-ima za tehničko iscrtavanje. Slojnice iz modela izvlačimo u vektorskom podatku koji nam naknadno služi za daljni razvoj projekta.



Slika 17. Slika slojnica terena naselja Gorička u svrhu projekta EWAP

3.4.9. Vizualizacije 3D modela

Vrhunac vizualne reprezentacije događa se reprezentativnim 3D modelima. 3D modeliranje je postalo transformacijsko sredstvo, omogućavajući dizajnerima stvaranje realističnih, uronjenih okruženja koja se mogu lako modificirati i dijeliti (Scirt, 2024).

Iako se vizualizacije u smislu renderiranih fotografija i videa mogu odraditi unutar istog softwera jednako tako izvoz raznih tipova datoteka omogućava nam da isti model obrađujemo u programima specijaliziranim za izradu 3D vizualizacija. U ovom slučaju koristi se program Lumion 23, koji omogućuje stvaranje detaljnih vremenskih prilika za vizualizaciju i detaljno određivanje kadrova renderiranih fotografija i videa. Unutar programa imamo velike mogućnosti manipulacijom modela nadodavanjem drugih modela kao drveće, auti, ljudi i slično te jednako tako imamo mogućnost spajanja 3D modela naselja sa DOF-om što nam omogućuje prikaz naselja u širem kontekstu nego li smo imali prilike stvoriti model na način korištenja bespilotnih letjelica.



Slika 18. Render dobiven iz programa Lumion korišten za dodatnu obradu



Slika 19. Render dobiven iz programa Lumion korišten za dodatnu obradu

5. Zaključak

Sveukupno je odrađeno 7 naselja na prikazanoj metodi. Neki od problema koji su se pojavljivali bili su problemi sa vremenskim prilikama i poklapanjem povoljnih uvjeta sa mogućnostima tima za odlazak na teren. Problem metodologije načina terenskog prikupljanja fotografija se rješavao na način da su se pogreške vidjele nakon kabinetskog rada na 3D modelu te su se rješavale na idućim terenima. Neki od tih izazova bili su određivanje optimalne visine letjelica i to kombiniranjem dvije letjelice koje u istom vremenu fotografiraju te tako omogućiti da se letjelice sigurno mimoilaze u zračnom prostoru. Veliki izazov je predstavljalo i podešavanje parametara fotoaparata letjelica. S obzirom da oba fotoaparata trebaju imati ujednačene parametre kako bi se model homogeno povezoao, morali smo uspoređivati sve bitne parametre prije i za vrijeme leta (parametri: ISO, white ballance, F, i shutter speed). Vremenom je metodologija rada bila sve bolja te su 3D modeli bili sve kvalitetniji. Unutar programa Reality capture-a podešavanje preciznih parametara koji su ključni za dobivanje kvalitetnog modela bili su predmet stalne analize. Time se omogućavalo da model bude tehnički precizniji, vizualno kvalitetniji i u omjeru sa veličinom podatka kako bi podatak mogao biti učinkovit za javnu upotrebu. Projektom je omogućen prikaz šire slike naselja u kontekstu krajobraza i organizacije samog naselja. Radom je potvrđeno da je primjena fotogrametrije u vizualizaciji ruralnih naselja vrlo korisna i učinkovita metoda. Prikupljanjem podataka putem bespilotnih letjelica, obradom fotografija i georeferenciranjem, moguće je stvoriti precizne 3D modele koji pružaju dubinsko razumijevanje prostornih odnosa i karakteristika naselja. Integracija ovih modela s drugim digitalnim tehnikama omogućava bolje planiranje prostornog razvoja te očuvanje kulturne baštine. EWAP projekt pokazuje kako se suvremene tehnologije mogu iskoristiti za dokumentiranje i analizu naselja, krajobraza i elemenata, čime se doprinosi unapređenju metoda vizualizacije u krajobraznoj arhitekturi. Gotov 3D model nam olakšava prikaze široj javnosti ovisno da se svi modeli nalaze na javno dostupnoj stranici za pregled modela „Sketch fab“ , te time svatko ima pristup pregledu modela sa računala ili pametnog telefona. Također, rad ukazuje na potrebu daljnjeg istraživanja i primjene ovih metoda u drugim područjima kako bi se unaprijedila praksa krajobrazne arhitekture i prostornog planiranja. Važno je za napomenuti širinu tima koji sudjeluje na projektu jer se u toj širini obuhvaćaju područja krajobrazne arhitekture, etnologije, geografije, geodezije i arhitekture čime se dobiva širi spektar percepcije prostora i pokazuje kako je interdisciplinarnost ključna u analizi prostora i prostornih elemenata.

6. Popis priloga

Slika 1. Dijagram projekta Endangered Wooden Architecture of Banovina/Banija, Pokuplje and Posavina Regions (Croatia, EU), autor Stjepan Večerin

Slika 2. 3D model naselja Krapje, autor Stjepan Večerin

Slika 3. 3D model naselja Trnovac, autor Stjepan Večerin

Slika 8. 3D model zaselka Martinovići, autor Stjepan Večerin

Slika 5. 3D model naselja Bok Palanječki, autor Stjepan Večerin

Slika 6. 3D model naselja Letovanić, autor Stjepan Večerin

Slika 7. 3D model naselja Gornja Oraovica , autor Stjepan Večerin

Slika 4. 3D model naselja Gorička , autor Stjepan Večerin

Slika 9. Primjer fotografija letjelice br. 1, ortogonalnog fotografiranja i preklopa od 80% sa svih strana fotografije, autor izv. prof. dr. sc. Goran Andlar

Slika 10. Primjer fotografija letjelice br. 1, ortogonalnog fotografiranja i preklopa bez generiranog uzorka, autor Stjepan Večerin

Slika 11. Inicijalni 3D model naselja Gorička s pozicijama snimaka iz letjelica, autor Stjepan Večerin

Slika 12. Postavljanje georeferentne točke za kasniju obradu modela i georeferenciranje na području Letovanića u sklopu EWAP projekta, autor izv. prof. dr. sc. Sanja Lončar

Slika 13. Izrađeni 3D model naselja Gorička bez tekstura, autor Stjepan Večerin

Slika 14. Konačna verzija 3D modela naselja Gorička nakon rezanja ruba, autor Stjepan Večerin

Slika 15. Ortofoto naselja Gorička dobiven iz mozaika fotografija, autor Stjepan Večerin

Slika 16. Klasifikacija putem AI-a koja odvaja površinski sloj od linije terena, autor Stjepan Večerin

Slika 17. Slika konture terena naselja Gorička u svrhu projekta EWAP, autor Stjepan Večerin

Slika 18. Render dobiven iz programa Lumion korišten za dodatnu obradu, autor Stjepan Večerin

Slika 19. Render dobiven iz programa Lumion korišten za dodatnu obradu, autor Stjepan Večerin

Karta br.1. Prikaz EWAP obuhvata, autor izv. prof. dr. sc. Goran Andlar

Vektorski podatci EWAP projekt

Podloga Microsoft. (2024). Bing Maps Aerial Imagery. <https://www.bing.com/maps/aerial>

Karta br. 2. Prikaz naselja odabranih za fotogrametrijsku obradu i izradu 3D modela, autor izv. prof. dr. sc. Goran Andlar

Vektorski podatci EWAP projekt

Podloga Microsoft. (2024). Bing Maps Aerial Imagery. <https://www.bing.com/maps/aerial>

7. Popis literature

Drvena baština, SMŽ. <https://terrabanalis.wixsite.com/terrabanalis/drvena-ba%C5%A1tina-sm%C5%BE>

Esri, bez.dat. *What is GIS?*. Preuzeto 2.5. 2024. s [What is GIS? | Geographic Information System Mapping Technology \(esri.com\)](https://www.esri.com/arcgis/resources/what-is-gis/)

Geospatial Technology, 2019. *What is an orthophoto?*. Preuzeto 2.5.2024. s <https://mapasyst.extension.org/what-is-an-orthophoto/> .

Luhmann, T., Robson, S., Kyle, S. i Harley, I. (2006). *Close range photogrammetry: Principles, methods, and applications*. Whittles Publishing.

Oxford Brookes University, (bez.dat.). *Endangered Wooden Architecture Programme (EWAP)*. Preuzeto 20.4. s [Endangered Wooden Architecture Programme \(EWAP\) at Oxford Brookes University](https://www.oxfordbrookes.ac.uk/undergraduate/programmes/endangered-wooden-architecture-programme/).

Microsoft. (2024). Bing Maps Aerial Imagery. <https://www.bing.com/maps/aerial>

Scirt, 2024. *Integrating 3D Modeling in Landscape Design*. Preuzeto 2.5.2024. s [Integrating 3D Modeling in Landscape Design - Security Investigation \(socinvestigation.com\)](https://www.socinvestigation.com/integrating-3d-modeling-in-landscape-design/).

Životopis

Stjepan Večerin rođen 12.12.1996. godine u Zagrebu započinje svoje školovanje u osnovnoj školi Savski Gaj u Zagrebu 2002. godine. Nakon završetka osnovne škole godine 2010. upisuje Ugostiteljsko turističko učilište u Zagrebu smjer Kuhar. 2013. godine završava srednju školu te započinje s radom u tadašnjoj struci. Iskustvo stiče u poznatim zagrebačkim restoranima i hotelima gdje se usavršava i napreduje kroz razne pozicije od kuhara do šefa kuhinje. Godine 2020. odlučuje se za studij Krajobrazne arhitekture te upisuje 4. godinu Ugostiteljsko turističkog učilišta u Zagrebu. Po završetku škole stiče titulu Hotelijersko turističkog komercijalista, a 2021. godine upisuje željeni studij Krajobrazne arhitekture. Kroz studiranje Stjepan nastavlja raditi kao student kuhar na puno radno vrijeme do treće godine studija. Na drugoj godini studija nagrađen je Stipendijom za izvrsnost Sveučilišta u Zagrebu u akademskoj godini 2022./2023. te godinu dana kasnije STEM stipendijom u akademskoj godini 2023./2024. Stjepan je kroz studij nadogradio svoje informatičke kompetencije raznim programima namijenjenim tehničkom i kreativnom crtanju te 3D modeliranju i izradi rendera raznih vrsti. Na trećoj godini preddiplomskog studija Stjepan je odradio svoju studentsku praksu u Zelenoj infrastrukturi. Također, u približno isto vrijeme započinje rad na projektima EWAP (Endangered Wooden Architecture Programme) i Opservatorij Banovine kao asistent na projektu.