

UDK 004.92:004.4:622.6(497.5)
Stručni članak / Professional paper

3D modeli stare jezgre grada Labina i spomenika njegove rudarske baštine

Ivka KLJAJIĆ, Korina HRASTNIK – Zagreb¹

SAŽETAK. Trodimenzionalno (3D) modeliranje proces je izrade digitalnih prikaza stvarnih ili imaginarnih objekata u tri dimenzije: širini, dubini i visini. U radu je prikazano 3D modeliranje stare jezgre grada Labina i spomenika njegove rudarske baštine. Razina detalja (engl. Level of Detail – LOD) prikaza od velike je važnosti pri modeliranju, a u ovom radu primijenjena je razina LOD2. U izradi modela staroga grada upotrijebljeni su podaci tlocrta objekata i digitalni model reljefa, dobiveni od Državne geodetske uprave, kao i podaci prikupljeni terenskim istraživanjem pomoću mobilne aplikacije Smart Measure. Za obradu podataka korišteni su softveri: LAStools za optimizaciju veličine datoteke, CloudCompare za izradu reljefa, AutoCAD za uređivanje tlocrta zgrada i GIMP za obradu fotografija. Modeliranje grada provedeno je u softveru SketchUp. 3D model spomenika izrađen je na temelju terenskih podataka prikupljenih aplikacijom Smart Measure, također u SketchUpu.

Ključne riječi: Labin, rudarska baština, LOD, 3D modeliranje, 3D model, softver SketchUp.

1. Uvod

Trodimenzionalno (3D) modeliranje proces je kreiranja digitalnih prikaza objekata, bilo stvarnih ili imaginarnih. Oni se prikazuju u tri dimenzije: širini, dubini i visini, što omogućuje oblikovanje stvarnih objekata ili apstraktnih oblika u virtualnom prostoru. Razvilo se sredinom 20. stoljeća, usporedno s razvojem računalne tehnologije, koja korisnicima omogućuje odabir različitih metoda i tehnika radi postizanja maksimalne učinkovitosti (Vusić i dr. 2015).

¹ izv. prof. dr. sc. Ivka Kljajić, Sveučilište u Zagrebu Geodetski fakultet, Kačićeva 26, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: ivka.kljajic@geof.unizg.hr
Korina Hrastnik, univ. mag. ing. geod. et geoinf., Geo Optima d.o.o., Bosutska 32, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: korinahrastnik@yahoo.com

Ako su izrađeni precizno i stručno, 3D modeli mogu pružiti toliko detaljan prikaz da ljudsko oko na prvi pogled ne može razlikovati radi li se o fotografiji ili renderu (URL 1).

Tehnikama 3D modeliranja korisnici mogu izraditi modele na više načina: primjenom poligona, krivulja poput neuniformnih racionalnih B-splajnova (engl. *Non-Uniform Rational B-Splines* – NURBS) ili kombinacijom tih metoda, poznatom kao subdivizijsko modeliranje. Iako odabrana tehnika ne određuje kvalitetu završnog proizvoda, značajno utječe na vrijeme potrebno za izradu modela. Poligonalno modeliranje koristi niz poligona za predstavljanje modela. Pri izradi modela, ključno je obratiti pozornost na njegovu geometriju i moguće deformacije nastale tijekom modeliranja. Najčešće pogreške uključuju više rubnih točaka s istim koordinatama te preklapanje poligona. NURBS je matematički izraz koji 3D modele prikazuje pomoću krivulja i površina. Rezultat je glatka površina bez nazubljenih rubova, neovisno o povećanju ili rezoluciji. Modeliranje pomoću NURBS-a temelji se na interpolaciji krivulja, što omogućuje jednostavno generiranje glatkih površina i smanjenje deformacija uz upotrebu malog broja kontrolnih vrhova. NURBS-i se mogu pretvoriti u druge metode modeliranja. Subdivizijsko modeliranje površina predstavlja kombinaciju NURBS-a i poligona. Proces modeliranja obično započinje poligonalnim pristupom, nakon čega se primjenjuju matematički principi NURBS-a radi zaglađivanja grubih rubova modela (Bernik 2010).

Brojni radovi bave se tematikom 3D modeliranja, uključujući izradu 3D modela, tehnike, primjenu i druge aspekte ovog područja. Žic i dr. (2020) objašnjavaju pojam 3D modela grada te načine i razloge optimizacije 3D kartografskog prikaza na primjeru grada Krka. Opisuju postupak izrade 3D kartografskog prikaza za potrebe vizualizacije grada Krka i uspoređuju modele grada ovisno o razini detalja. Izradu 3D modela kartografskog prikaza stare jezgre Zadra opisuju Vinković i dr. (2023).

Veliki broj 3D modela spomenika i znamenitosti dostupan je na platformi Sketchfab (URL 2). Platforma omogućuje korisnicima prijenos, pregled i interakciju s 3D sadržajem izravno u pregledniku, bez instalacije dodatnog softvera. Podržava razne formate datoteka za 3D modele i upotrebljava tehnologiju WebGL za prikaz 3D sadržaja. Obuhvaća brojne 3D modele spomenika iz cijelog svijeta, uključujući Hrvatsku. Neki od njih su: Kip slobode (engl. *Statue of Liberty*), Taj Mahal (Indija), Arena u Puli, atrij Eufrazijeve bazilike u Poreču i Katedrala sv. Jakova u Šibeniku.

3D modeli spomenika mogu uključivati detalje poput tekstura, oblika, materijala i boja, čime se postiže što vjerodostojniji prikaz stvarnih objekata. Mulažević i dr. (2022) navode da upotreba naprednih tehnologija poput laserskog skeniranja, fotogrametrije i 3D modeliranja omogućuje točnu rekonstrukciju objekata, a time pruža i bolju zaštitu, analizu i interpretaciju kulturne baštine za buduće generacije.

Iako Republika Hrvatska ne posjeduje jedinstveni cjelovit 3D model, pojedini su gradovi detaljno digitalizirani, među kojima je i Grad Zagreb. 3D model Grada Zagreba integrira 3D podatke o postojećim zgradama s 3D i 2D slojevima podataka iz područja urbanizma, arhitekture, graditeljstva, topografije, geotehnike, javnih zelenih površina i statistike. Aplikacija omogućuje pregled

slojeva i podloga, prilagodbu prikaza podataka, izbor objekata, 3D i 2D mjerenja, analizu vidljivosti, izradu presjeka, prikaz sjena i pretraživanje po adresama (URL 3). Osim Grada Zagreba, 3D model postoji i za Grad Dubrovnik. 3D model Dubrovnika donosi objedinjeni prikaz postojećih 3D objekata razine LOD2 i 2D slojeva podataka prostornih planova Grada Dubrovnika. Aplikacija omogućuje pregled slojeva i podloga, prilagodbu prikaza podataka, mjerenja, izbor objekata, prikaz sjena i pretraživanje po adresama (URL 4).

Područja istraživanja obuhvaćena ovim radom su stara jezgra grada Labina, s bogatom rudarskom prošalošću, te Spomenik rudaru borcu, koji simbolizira njegovu rudarsku baštinu. Ovaj rad predstavlja sintezu istraživanja provedenog u okviru diplomskog rada Korine Hrastnik (2025).

1.1. Razine detalja

Razina detalja (engl. *Level of Detail* – LOD) ima ključnu ulogu u izradi 3D modela gradova. Osim geometrijskih podataka, obuhvaća semantiku i teksturu (Biljecki 2017). Razine detalja prikazuju se hijerarhijski, a razlikuje se pet razina (Žic i dr. 2020): LOD0 – prikaz digitalnog modela terena; LOD1 – prikaz osnovnih oblika objekata, tzv. model kutija (engl. *box model*); LOD2 – prikaz objekata s teksturama i detaljnom strukturom krova; LOD3 – detaljan prikaz vanjske arhitekture objekata s detaljnom strukturom krova; LOD4 – detaljan prikaz unutrašnjosti objekata (slika 1).



Slika 1. Prikaz razina detalja (Biljecki 2017).

Podjela se temelji na postupnom modeliranju objekata, od najjednostavnije prema najsloženijoj razini prikaza. Svaka sljedeća razina detalja (npr. LOD2) nadograđuje se na prethodnu (LOD1), čime se postiže cjelovit prikaz svih objekata u modelu (Vinković i dr. 2023).

LOD je ključan koncept u geoinformacijskim sustavima (GIS) i 3D modeliranju gradova. Budući da pojedine razine detalja zahtijevaju različite metode prikupljanja podataka, LOD, primjerice, utječe na minimalnu gustoću oblaka točaka pri zračnom laserskom skeniranju te određuje je li odabrana tehnika dovoljna ili je potrebno dodatno prikupljanje podataka. Tijekom samog procesa prikupljanja, LOD služi kao temeljna smjernica za preciznost prikupljenih podataka (Biljecki 2017).

2. Izrada 3D modela stare jezgre grada Labina

Grad Labin smješten je na istočnoj obali Istre i prostire se na površini od 71,85 km². Prema popisu stanovništva iz 2021. godine, broji 10 424 stanovnika. Na brežuljku je smješten stari dio grada (slika 2), dok je drugi dio, poznat pod nazivom Podlabin, nastao kao rudarsko naselje 1930-ih godina (URL 5). Stari Labin predstavlja tipičan istarski grad akropolskoga tipa, čiji današnji izgled potječe iz razdoblja 16.–18. stoljeća. U početku je srednjovjekovni grad bio okružen zidinama iz 14. stoljeća u četvrti Gorica, dok su u 16. stoljeću podignute nove zidine oko četvrti Dolica. Tijekom 18. i 19. stoljeća grad se nastavlja širiti; gradske zidine postupno se pretvaraju u stambene zgrade i palače, dok se izvan zidina oblikuje nova četvrt uz glavni gradski trg (Kos 2009).

U starogradskoj jezgri Labina nalaze se građevine kulturne baštine poput Staroga grada, Narodnog muzeja, Gradske galerije, Memorijalne zbirke Matije Vlačića Ilirika te Župne crkve Rođenja Blažene Djevice Marije (URL 6).



Slika 2. Stara jezgra grada Labina.

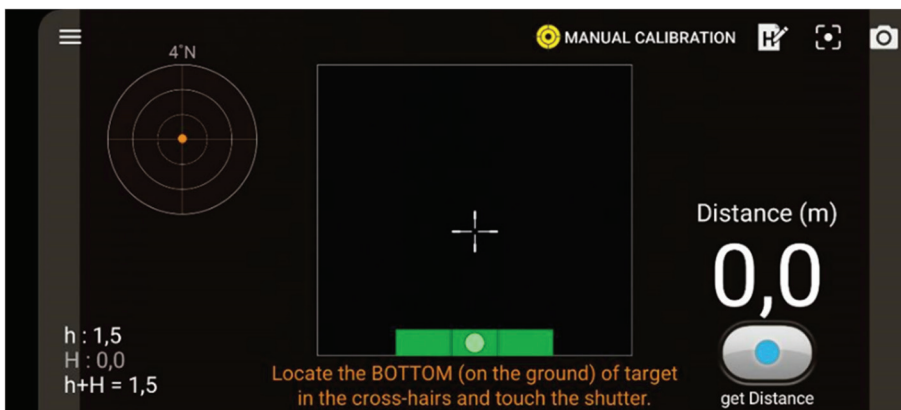
Izrada 3D modela grada složen je proces koji uključuje prikupljanje i obradu podataka te njihovo vizualno usklađivanje. Prva faza obuhvaća prikupljanje podataka iz različitih izvora i terensko istraživanje, odnosno mjerenje i fotografiranje. Nakon toga, obradom podataka izrađuju se reljef, tlocrti zgrada i njihova trodimenzionalna rekonstrukcija, pri čemu se detaljno oblikuju volumeni (kreiraju plohe), krovne konstrukcije i fasade. Dodavanjem tekstura fasada omogućuje se realističan prikaz zgrada, koje se potom smještaju na izrađeni reljef u skladu s nagibima i oblicima terena. Osim urbanih elemenata, važan

dio procesa jest i umetanje vegetacije kako bi se model upotpunio i uskladio sa stvarnim izgledom grada. Vegetacija, odnosno stabla, unose se prema terenskim podacima ili fotografijama dostupnim na internetu, čime se povećava vjerodostojnost modela. Rezultat je ovog procesa vjeran 3D model grada, pogodan za različite analize i vizualizacije.

2.1. Prikupljanje podataka

Budući da je stara jezgra grada Labina smještena na brežuljkastom terenu, za izradu 3D modela, osim tlocrta objekata (zgrada), bilo je potrebno upotrijebiti i digitalni model reljefa (DMR). U okviru izrade diplomskog rada (Hrastnik 2025), nakon podnošenja zahtjeva Državnoj geodetskoj upravi (DGU), podaci DMR-a dobiveni su u formatu .las, a podaci tlocrta zgrada u formatu .shp.

Terenskim istraživanjem prikupljeni su podaci o visinama objekata, koji su ključni za izradu 3D modela. Za mjerenje je upotrijebljena mobilna aplikacija Smart Measure (slika 3), besplatna za uređaje s operacijskim sustavom Android, koja za određivanje udaljenosti i visina koristi senzor kamere. Aplikacija primjenjuje trigonometrijske funkcije kako bi izračunala udaljenost do objekta na temelju visine kamere i kuta pod kojim korisnik promatra objekt (URL 7). Početna visina mobilnog uređaja postavljena je na 1,5 metara (visina očiju), te je uređaj tijekom cijelog postupka držan na toj visini. Mjerenje je započinjalo usmjeravanjem nitnog križa prema podnožju objekta radi određivanja udaljenosti, nakon čega je uređaj usmjeren prema vrhu kako bi se izračunala njegova ukupna visina. S obzirom na topografske karakteristike staroga dijela grada smještenog na brežuljku, svaka je zgrada mjerena od najniže dostupne točke tla radi dobivanja što točnijih podataka o visini. Prikupljeni su podaci pohranjeni u mobilni uređaj te upotrijebljeni u daljnjem procesu modeliranja.



Slika 3. Korisničko sučelje aplikacije Smart Measure (Hrastnik 2025).



Slika 4. Stara jezgra grada Labina snimljena dronom (autor: Noel Miletić).

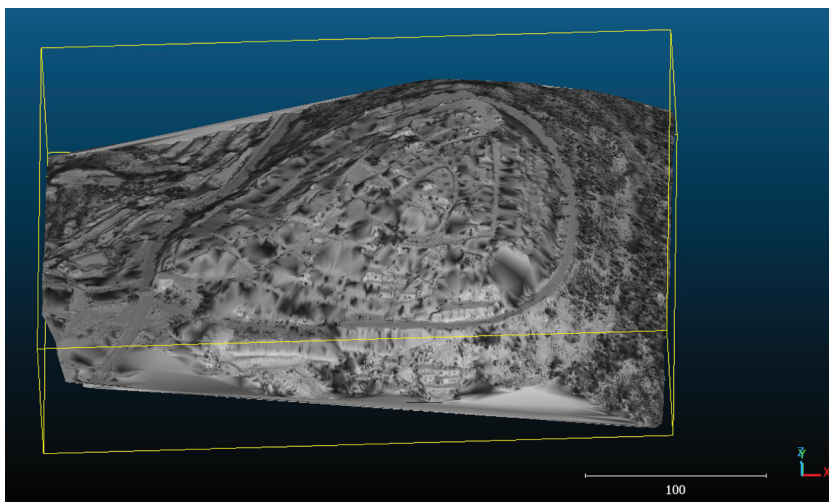
Osim podataka o visinama, tijekom mjerenja objekti su fotografirani mobilnim uređajem Samsung Galaxy A54. Za preciznu rekonstrukciju krovova upotrijebljena je fotografija snimljena dronom (slika 4), dok su visine nepristupačnih objekata određene vizualnom procjenom i analizom fotografija dostupnih na internetu. Time su prikupljeni podaci dopunjeni i pripremljeni za daljnju obradu.

2.2. Obrada podataka i vizualno usklađivanje

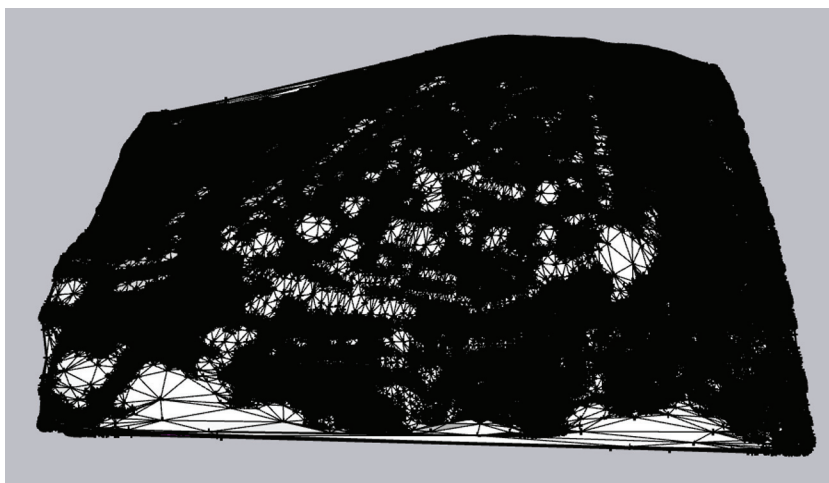
Budući da se stari dio grada Labina nalazi na brežuljku, izrada reljefa zahtijevala je provođenje nekoliko koraka. Datoteka u formatu .las sadržavala je veliki broj točaka, što je rezultiralo velikom količinom podataka. Kako bi se optimizirala veličina datoteke i olakšala daljnja obrada, za redukciju broja točaka korišten je softver LAStools. Za izradu reljefa upotrijebljen je softver CloudCompare, namijenjen za obradu 3D oblaka točaka. S obzirom na to da je datoteka obuhvaćala veće područje od potrebnog, pravokutnim je oblikom odabrano područje interesa, a daljnja obrada temeljila se na tom izrezanom području. Sljedeći korak bilo je odvajanje točaka tla (engl. *ground points*) od točaka iznad tla (engl. *off-ground points*). Točke tla upotrijebljene su za daljnju obradu jer omogućuju precizno modeliranje terena, uzimajući u obzir sve njegove visinske promjene i neravnine. Kako bi reljef bio vizualno zaglađeniji i pogodniji za daljnju obradu, generirana je mreža na temelju dobivenih točaka tla. Time je formirana osnovna površina terena koja odgovara stvarnim topografskim podacima. Generirana mreža (engl. *mesh*) spremljena je u formatu .obj (slika 5) te je učitana u softver SketchUp kao trokutna nepravilna mreža (engl. *Triangulated Irregular Network – TIN*) (slika 6). Krtalić i dr. (2019) navode da

TIN struktura digitalnog modela (vektorska) podrazumijeva eksplicitno definiranje topologije, odnosno upotrebu bridova i čvorova za utvrđivanje prostornih odnosa između pojedinih trokuta u mreži.

Visoka memorijska zahtjevnost jedan je od nedostataka ove kompleksne strukture, što rezultira sporijim učitavanjem i zahtjevnijom obradom mreže. TIN je upotrijebljen kao osnova za smještanje zgrada i vegetacije u skladu s konfiguracijom terena.



Slika 5. Generirana mreža (mesh) u CloudCompareu (Hrastnik 2025).



Slika 6. TIN učitano u SketchUp (Hrastnik 2025).

Tlocrti zgrada, dobiveni od DGU-a u formatu .shp, učitani su u softver AutoCAD Map 3D 2025. Budući da je obuhvat podataka bio veći od potrebnog, provedeno je izrezivanje na područje interesa, a podaci su potom spremljeni u datoteku formata .dwg, koja je kompatibilna sa softverom SketchUp.

Nakon učitavanja datoteke s tlocrtima zgrada u SketchUp, svaka je zgrada modelirana zasebno, uz postavljanje mjernih jedinica u metre, budući da je ista mjerna jedinica korištena i tijekom terenskih mjerenja. Tlocrt svake zgrade poslužio je kao osnovna podloga za definiranje visina. Na temelju podataka o visinama dobivenih terenskim mjerenjima, provedeno je podizanje visina zgrada. Prije toga, svaki je tlocrt oblikovan u ispunjenu površinu, jer alat za podizanje visina u SketchUpu zahtijeva ispunjene plohe smještene u ravnini koordinatnih osi. Zgradama su dodani krovovi pomoću odgovarajućih alata, a na izrađene krovove primijenjeni su alati za oblikovanje volumena.

S obzirom na to da stari dio grada sadrži ostatke srednjovjekovnih zidina, one su također prikazane u modelu. Zidine su izmjerene na terenu istom aplikacijom kao i ostali objekti, pri čemu je za porušene dijelove uzeta visina sačuvanih segmenata. Osim mjerenja, provedeno je i fotografiranje. Fotografije su obrađene u softveru GIMP te su potom dodane na konstrukcije zidina kao teksture.

Prema LOD2, objekti trebaju biti prikazani s odgovarajućim teksturama, odnosno zgrade trebaju imati fasade, a krovovi detaljnu strukturu. Većina objekata fotografirana je na terenu, dok su fotografije nedostupnih objekata preuzete s interneta i aplikacije Google Street View. Fotografije su obrađene u softveru GIMP, pri čemu su najčešće korištene funkcije prilagodbe perspektive, izrezivanja, rotiranja i skaliranja. Nakon obrade, fotografije su u formatu .jpg učitane u SketchUp. Fasade su većinom dodavane kao teksture, čime je postignut ravnomjeran prikaz po cijeloj površini zida, dok su pojedine dodane kao fotografije koje su ručno prilagođene dimenzijama zidova. Na određenim zgradama najprije su primijenjeni uzorci materijala (npr. kamen), a potom su dodani prozori i vrata, također prethodno pripremljeni u navedenom softveru. Ovim pristupom postignut je realističniji prikaz zgrada. Na temelju fotografije snimljene dronom (slika 4), krovovima je dodana detaljna struktura, pri čemu su i teksture krovova prethodno obrađene u GIMP-u.

Smještanje zgrada na reljef bilo je vremenski zahtjevno zbog složenosti TIN-a, koji je usporavao rad softvera. Analizom fotografija i vizualnim usklađivanjem s mrežom terena, zgrade su postavljene što je moguće bliže stvarnom položaju, pri čemu su primarno korišteni alati za pomicanje i rotiranje. Na slici 7 prikazan je primjer zgrada usklađenih s nagibom terena, dok slika 8 prikazuje sve zgrade stare jezgre grada Labina smještene na reljef.



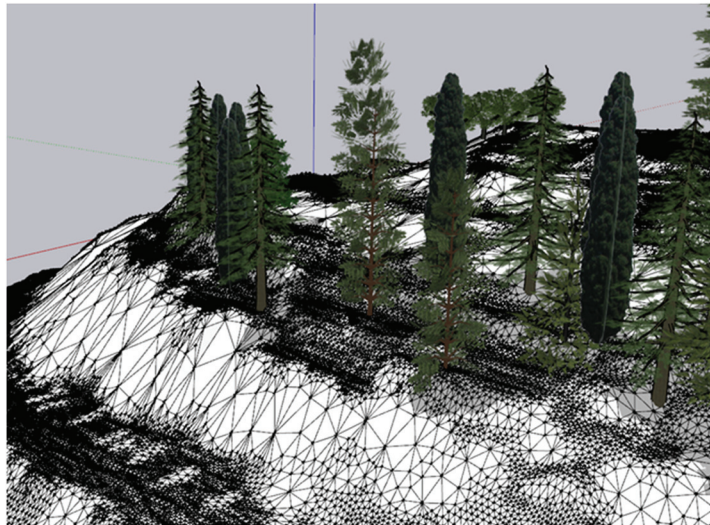
Slika 7. Usklađivanje zgrada s nagibom terena (Hrastnik 2025).



Slika 8. Zgrade stare jezgre grada Labina smještene na reljefu (Hrastnik 2025).

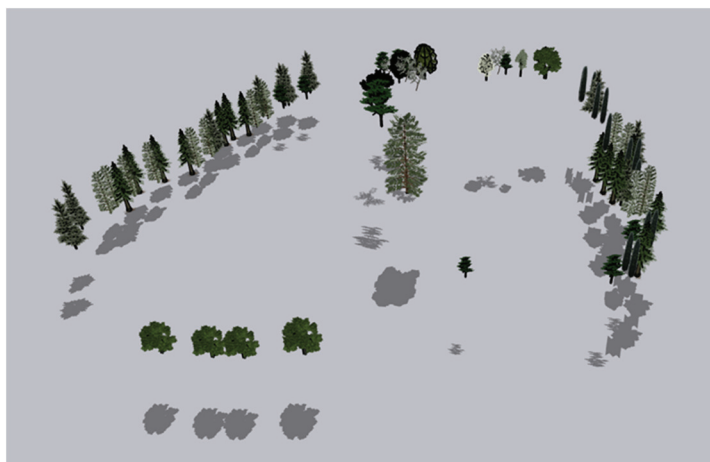
Osim fasada, u modelu je bilo potrebno prikazati i vegetaciju višu od šest metara. Vegetacija je prikazana pomoću besplatne platforme 3D Warehouse, integrirane u SketchUp, koja omogućuje pretraživanje, preuzimanje i dijeljenje 3D modela. Platforma sadrži gotove 3D modele različitih objekata, uključujući i drveće. Stabla su, kao i ostali objekti, izmjerena aplikacijom Smart Measure. Za stabla koja nije bilo moguće izmjeriti na terenu, visina i položaj su određeni vizualnom procjenom i analizom fotografija dostupnih na internetu. Na taj je način omogućena integracija vegetacije u model (slika 9), uz zadržavanje realističnog prikaza grada i okolnog terena. Osim vegetacije, u model je dodan

i efekt sjena. Položaj Sunca postavljen je na 8. rujna 2024. u 08:38 sati po lokalnom vremenu, a odabrana je opcija prikaza sjena na objektima i tlu (slika 10), čime je dodatno povećana realističnost prikaza.



Slika 9. Prilagođavanje vegetacije terenu (Hrastnik 2025).

Primjenom odgovarajućih alata, TIN je zamijenjen zaglađenim reljefom, koji je potom poslužio za prikaz konačnog rezultata. Proces izrade bio je vremenski zahtjevan zbog velike količine podataka. Boja reljefa mogla se odabrati proizvoljno, no ostavljena je neutralna bijela boja kako bi model zgrada dodatno došao do izražaja.



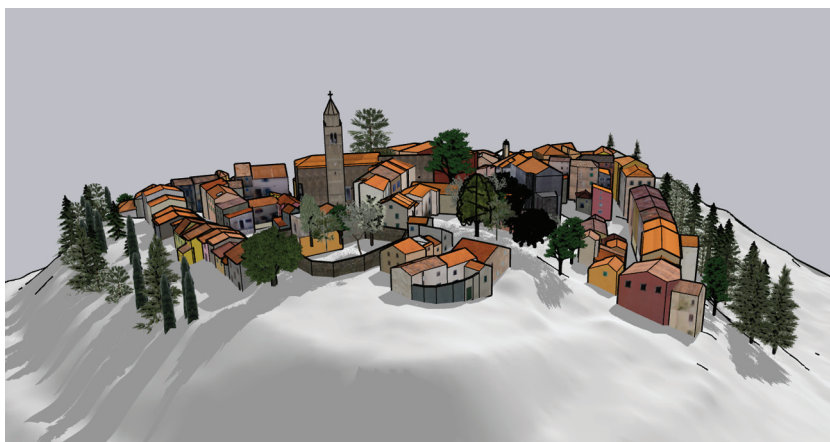
Slika 10. Prikaz vegetacije i sjena na tlu (Hrastnik 2025).

2.3. Rezultati modeliranja

Model stare jezgre grada Labina predstavljen je sa svih četiriju strana svijeta kroz izvezene prikaze u formatu .jpg. Fasade su najrealističnije prikazane sa sjeverne i s istočne strane (slika 11) jer je s tih pozicija, zbog lakšeg pristupa zgradama, snimljen najveći broj fotografija.



Slika 11. Prikaz 3D modela stare jezgre grada Labina sa sjeverne (gore) i s istočne (dolje) strane (Hrastnik 2025).



Slika 12. Prikaz 3D modela stare jezgre grada Labina s južne (gore) i sa zapadne (dolje) strane (Hrastnik 2025).

S južne i sa zapadne strane fasade su uglavnom izrađene kombiniranjem različitih dijelova, pri čemu su prozori i vrata naknadno umetnuti u teksture. Takva su rješenja bila nužna zbog otežanog fotografiranja pojedinih dijelova zgrada, uskih ulica i zaklonjenosti objekata vegetacijom. Također, do nekih građevina nije bilo moguće pristupiti zbog izrazito strmog terena (slika 12). U tim su situacijama osobito pomogle zračne snimke dostupne na internetu. Na slici 13 prikazan je 3D model stare jezgre grada Labina iz ptičje perspektive, koji obuhvaća sve objekte, zidine i vegetaciju, s naglaskom na krovne konstrukcije.



Slika 13. Prikaz 3D modela stare jezgre grada Labina iz ptičje perspektive (Hrastnik 2025).

3. Izrada 3D modela Spomenika rudaru borcu

Južni dio Labinštine, u kojem je započela ugljenokopna djelatnost, bio je pod mletačkom vlašću od 1420. godine. Prva rudarska proizvodnja pokrenuta je u Krapnu 1785. godine. Kontinuirana rudarska proizvodnja na Labinštini započela je 1830-ih godina u trima rudnicima u Krapnu. Godine 1879. otvoreno je rudarsko okno u Vinežu, a 1881. godine Krapan i Vinež spojeni su u jedinstvenu proizvodno-tehnološku cjelinu. Rudnici su modernizirani, te je u Štrmcu otvoreno novo rudarsko okno. U prvoj polovici 20. stoljeća za rudare su izgrađena naselja Raša i Podlabin. Većina rudnika zatvorena je tijekom 1980-ih godina, ponajprije zbog nerentabilnosti. Rudarsku proizvodnju nastavilo je novo poduzeće Istarski ugljenokopi Tupljak. U svibnju 1999. godine prestala je proizvodnja u Tupljaku, a krajem studenoga iste godine jama je zatvorena, čime je ujedno zatvoren i posljednji ugljenokop u Hrvatskoj (URL 6).

Godine 1980. nekadašnja skupština Općine Labin objavila je javni urbanističko-arhitektonski natječaj za izgradnju spomenika koji bi podsjećao na bogatu rudarsku i revolucionarnu povijest Labina i Labinštine. Pobijedio je zajednički projekt kipara i slikara Quintina Bassanija te arhitekta Berislava Iskre, a izgrađeno monumentalno zdanje nazvano je „Spomenik rudaru borcu“. Spomenik se sastoji od četiri velika rudarska čekića izrađena od od čelika Corten (slika 14). Uređenje prostora oko spomenika završeno je 2024. godine, kada je nazvan „Spomen-prostor rudaru“. Predviđeno je da taj prostor postane novo urbano središte za održavanje različitih manifestacija. Uz rudarske čekiće, i silazak u suteran simbolizira odlazak pod zemlju. Skalinade na sjevernoj i južnoj strani služe kao gledališta, dok je središnji dio prostora predviđen kao pozornica. Postavljanjem paravana ispod čekića, prostor se može podijeliti na dvije odvojene pozornice, čime se omogućuje istodobno izvođenje različitih programa (Biočić 2024).

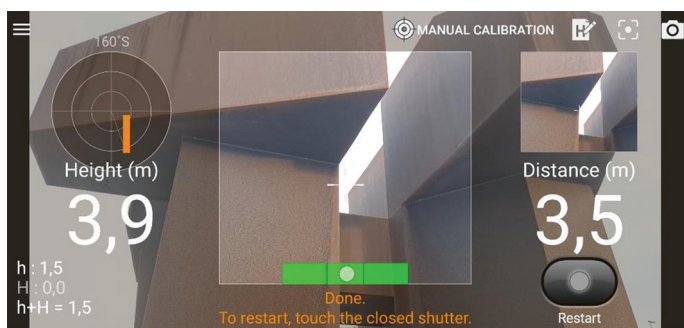


Slika 14. *Spomenik rudaru borcu.*

Proces izrade 3D modela Spomenika rudaru borcu znatno je brži od modeliranja starogradske jezgre Labina. Model je izrađen na temelju kombinacije terenskih podataka, koji uključuju mjerenja visina i dimenzija te fotografija spomenika i zračnih snimaka dostupnih na internetu.

3.1. Prikupljanje podataka

Prikupljanje podataka obuhvatilo je terensko istraživanje i prikupljanje fotografija spomenika dostupnih na internetu. Tijekom terenskog istraživanja, spomenik je fotografiran mobilnim uređajem Samsung Galaxy A54 iz različitih kutova radi detaljnog uvida u objekt. Visine su izmjerene primjenom mobilne aplikacije Smart Measure (slika 15) uz visinu uređaja od 1,5 metara koja je održavana konstantnom tijekom cijelog postupka. Dimenzije tlocrta čekića izmjerene su mjernom vrpcom i zapisane na papir uz ručno izradenu skicu, dok su pojedine visine, koje zbog nagiba konstrukcije nije bilo moguće precizno izmjeriti, određene metodom vizualne procjene. Dodatni izvori podataka uključivali su fotografije snimljene dronom, dostupne na internetu (Uravić 2024), koje su omogućile bolji pregled i razumijevanje objekta iz ptičje perspektive. Ovakav kombinirani pristup, koji objedinjuje terenski rad i sekundarne izvore, omogućio je prikupljanje svih potrebnih podataka za vjerodostojnu izradu modela spomenika.



Slika 15. *Mjerenje visine objekta aplikacijom Smart Measure (Hrastnik 2025).*

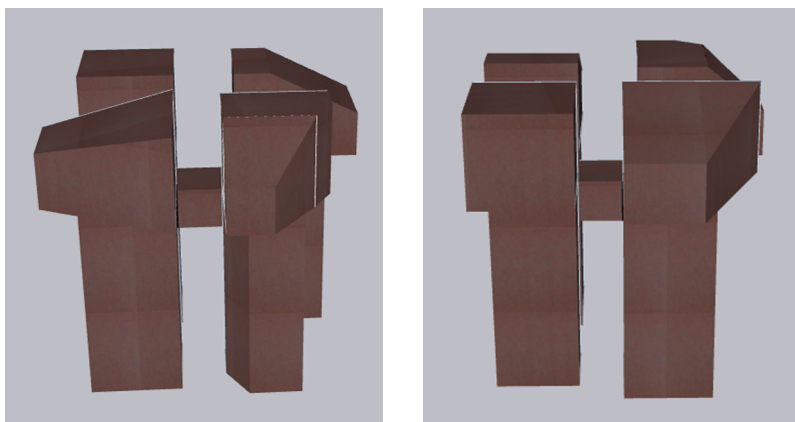
3.2. Obrada podataka i vizualno usklađivanje

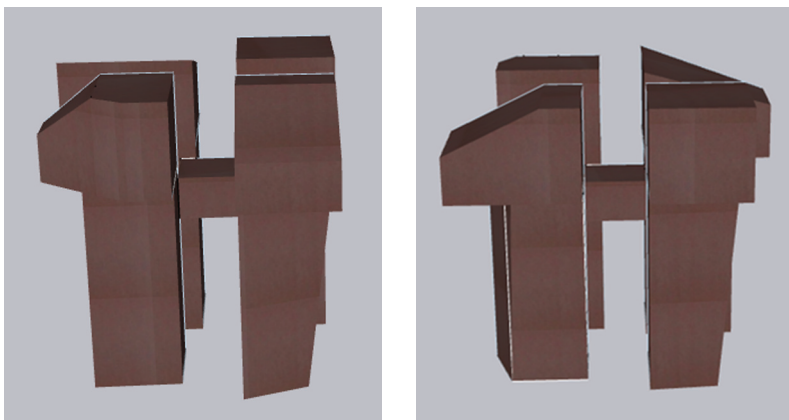
Za modeliranje spomenika također je upotrijebljen softver SketchUp 2024. Prvi korak bila je izrada tlocrta četiriju čekića prema dimenzijama dobivenima terenskim mjerenjem, nakon čega je provedeno podizanje konstrukcije na visinu od 3,9 metara. Sljedeći korak obuhvaćao je oblikovanje vrhova čekića prema izmjerenim visinama uz upotrebu fotografija snimljenih dronom te njihovo postavljanje na prethodno oblikovana tijela. Zbog blagog nagiba pojedinih čekića na stvarnom objektu, početno podignuti temelji dodatno su prilagođeni kako bi odgovarali stvarnom stanju. Svežanj čekića povezan je kvadratnim elementom smještenim između njih, koji osigurava čvrstoću i stabilnost cjelokupne konstrukcije.

Proces dodavanja teksture započeo je učitavanjem fotografije spomenika u softver GIMP, u kojem su izrezani dijelovi potrebni za modeliranje. Izrezana fotografija potom je učitana u softver SketchUp kao tekstura te je, zbog jednolične boje spomenika, primijenjena na sve plohe kako bi se postigao ujednačen i realističan prikaz.

3.3. Rezultati modeliranja

Pomoću aplikacije Google Street View određena je orijentacija spomenika, nakon čega je prikaz modela izvezen u formatu .jpg. Na slici 16 prikazani su rezultati modeliranja Spomenika rudaru borcu s četiri strane svijeta. Iako je njegova tekstura jednolična, iz različitih je kutova jasno vidljivo da svaki čekić ima jedinstven oblik u odnosu na ostale. Izrađeni model naglašava osjećaj stabilnosti i monumentalnosti koji karakterizira ovaj objekt.





Slika 16. Prikaz 3D modela Spomenika rudaru borcu sa sjeverozapadne strane (gore lijevo), sa sjeveroistočne strane (gore desno), s jugozapadne strane (dolje lijevo) i s jugoistočne strane (dolje desno) (Hrastnik 2025).

4. Zaključak

Analizom procesa izrade i rezultata 3D modela stare gradske jezgre Labina utvrđeno je da model pokazuje zadovoljavajuću razinu preciznosti i točnosti prema zahtjevima razine LOD2. Budući da su od Državne geodetske uprave dobiveni tlocrti objekata (zgrada) i digitalni model reljefa (DMR), zgrade i reljef prikazani su s visokom točnošću. Nasuprot tome, visine objekata, zidina i vegetacije mjerene su primjenom mobilne aplikacije Smart Measure, dok su za određivanje visina i dimenzija pojedinih nepristupačnih objekata primijenjene vizualne procjene, što je rezultiralo manjom preciznošću tih podataka. Unatoč navedenome, kombinacija geodetskih podataka i terenskih mjerenja omogućila je izradu kvalitetnog modela staroga dijela grada Labina. Modeliranje grada smještenog na brežuljku bilo je zahtjevno zbog složenosti reljefa, no podaci DMR-a osigurali su preciznu prilagodbu objekata i vegetacije stvarnom terenu.

Izrada 3D modela Spomenika rudaru borcu bila je znatno brža i zahtijevala je manju količinu podataka zbog njegove jednostavnije strukture. Modeliranje je provedeno istim metodama i softverom kao i u slučaju gradske jezgre, čime je pokazano da je softver SketchUp jednako primjenjiv za složene projekte, poput urbanih cjelina, kao i za jednostavnije pojedinačne objekte.

ZAHVALA. Autorice zahvaljuju Državnoj geodetskoj upravi na ustupljenim tlocrtima objekata (zgrada) i podacima digitalnog modela reljefa (DMR). Također zahvaljuju fotografu i operatoru sustava bespilotnih zrakoplova Noelu Miletiću na ustupljenoj fotografiji stare jezgre grada Labina snimljenoj dronom.

Literatura

- Bernik, A. (2010): Vrste i tehnike 3D modeliranja, Tehnički glasnik, 4, 1–2, 45–47, <https://hrcak.srce.hr/85897>.
- Biljecki, F. (2017): Level of detail in 3D city models, Doctoral dissertation, Delft University of Technology, Delft, <https://doi.org/10.4233/uuid:f12931b7-5113-47ef-bfd4-688aae3be248>.
- Biočić, B. (2024): Bogata rudarska i revolucionarna povijest – Grad Labina za Dan grada dobiva Spomenik rudaru borcu s četiri velika rudarska željezna čekića, <https://www.glasistre.hr/istra/2024/02/22/spomen-prostor-rudaru-bit-ce-inauguriran-za-dan-grada-labina-916574>, (23. 12. 2025.).
- Hrastnik, K. (2025): 3D model staroga grada Labina i spomenika njegove rudarske baštine, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu – Geodetski fakultet, Zagreb.
- Kos, V. (2009): Labin, <https://www.istrapedia.hr/hr/natuknice/55/labin>, (19. 12. 2025.).
- Krtalić, A., Gajski, D., Maltarski, M. (2019): Digitalni trodimenzionalni prikazi scene i satelitska stereofotogrametrija, Geodetski list, 73 (96), 2, 147–164, <https://hrcak.srce.hr/clanak/325320>.
- Mulahusić, A., Gajski, D., Tuno, N., Topoljak, J., Đidelića, M., Čatić, J., Kogoj, D. (2022): Quality Evaluation of 3D Heritage Monument Models Derived from Images Obtained with Different Low-Cost Unmanned Aerial Vehicles, Geodetski list, 76 (99), 1, 7–23, <https://hrcak.srce.hr/clanak/398771>.
- Uravić, E. (2024): De Conte objavio kako na kraju izgleda novi prostor kod spomenika rudaru borcu, <https://labinskakomuna.eu/labin/labin-ostalo/foto-de-conte-objavio-kako-na-kraju-izgleda-novi-prostor-kod-spomenika-rudaru-borcu/>, (23. 12. 2025.).
- Vinković, A., Jerak, L., Frangeš, S., Župan, R. (2023): 3D kartografski prikaz stare jezgre grada Zadra, objavljeno u: I. Racetin, M. Zrinjski, R. Župan (ur.), Upravljanje kriznim situacijama, Zbornik radova 16. simpozija ovlaštenih inženjera geodezije, Hrvatska komora ovlaštenih inženjera geodezije, Zagreb, 11–16.
- Vusić, D., Sabati, Z., Bernik, A. (2015): 3D modeliranje u primjerima 1, Sveučilište Sjever, Varaždin.
- Žic, B., Župan, R., Frangeš, S. (2020): Optimizacija razine detalja 3D kartografskog prikaza na primjeru grada Krka, Geodetski list, 74 (97), 2, 199–220, <https://hrcak.srce.hr/clanak/355231>.

Mrežne adrese

- URL 1: Machina, Što je 3D modeliranje i gdje se koristi?, <https://machina.academy/blog/sto-je-3d-modeliranje>, (18. 12. 2025.).
- URL 2: Sketchfab, The leading platform for 3D & AR on the web, <https://sketchfab.com/>, (18. 12. 2025.).

- URL 3: Grad Zagreb, Gradski ured za gospodarstvo, ekološku održivost i strategijsko planiranje, ZG3D: 3D model Grada Zagreba, <https://zagreb.gdi.net/zg3d/>, (18. 12. 2025.).
- URL 4: Grad Dubrovnik, Upravni odjel za urbanizam, prostorno planiranje i zaštitu okoliša, DU3D – 3D model Dubrovnika, <https://gradgis3.dubrovnik.hr/du3d/>, (18. 12. 2025.).
- URL 5: LAG „Istočna Istra“, Grad Labin, <https://lag-istocnaistra.hr/podrucje/>, (19. 12. 2025.).
- URL 6: Grad Labin, Kulturna baština, Rudarska baština, <https://labin.hr/za-gradane/kultura-i-bastina/kulturna-bastina>, (19. 12. 2025.).
- URL 7: Google Play, Smart Measure, <https://play.google.com/store/apps/details?id=kr.sira.measure&hl=en-US>, (22. 12. 2025.).

3D Models of the Old Town of Labin and the Monument to Its Mining Heritage

ABSTRACT. Three-dimensional (3D) modelling is the process of creating digital representations of real or imaginary objects in three dimensions: width, depth and height. This paper presents the 3D modelling of the old town of Labin and a monument to its mining heritage. The Level of Detail (LOD) of the representation is of great importance during the modelling process, and LOD2 was applied in this paper. In the creation of the old town model, building floor plan data and a digital relief (terrain) model obtained from the State Geodetic Administration were used, as well as data collected through field research using the Smart Measure mobile application. For data processing purposes, the following software packages were utilised: LAStools for file size optimization, CloudCompare for relief creation, AutoCAD for editing floor plans, and GIMP for photo editing. The town was modelled using SketchUp software. The 3D model of the monument was created based on field data collected with the Smart Measure application, also in SketchUp.

Keywords: Labin, mining heritage, LOD, 3D modelling, 3D model, SketchUp software.

Primljeno / Received: 2025-12-30

Prihvaćeno / Accepted: 2026-01-28