

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET**

LARA HORVAT

**3D VIZUALIZACIJA STAMBENOG
OBJEKTA TE NJEGOVA
PREZENTACIJA U VIRTUALNOM
OKRUŽENJU**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

LARA HORVAT

**3D VIZUALIZACIJA STAMBENOG
OBJEKTA TE NJEGOVA PREZENTACIJA U
VIRTUALNOM OKRUŽENJU**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:
Prof.dr.sc Nikola Mrvac

Student:
Lara Horvat

Zagreb, 2017

Rješenje o odobrenju teme diplomskog rada

Sažetak:

Tehnološkim napretkom računala i raširenosti 3D tehnologija otvorilo se novo područje primjena 3D vizualizacija. 3D vizualizacija je skup alata koji omogućuju krajnjem korisniku potpuni doživljaj budućeg objekta. U ovom radu objekt koji se modelira biti će stambeni objekt. Standardni način projektiranja stambenog objekta je crtanjem 2D nacrtu koji ne mogu korisniku pružiti potpuni doživljaj objekta te će se u ovom radu taj objekt proširiti na 3D nacrt. Podizanjem 2D nacrtu u 3D prikaz, dodavanjem tekstura, materijala, svjetla, prikaz objekta postaje sve realističniji. Kada tom realistično prikazanom objektu dodamo i ambientalno okruženje te omogućimo kretanje u njemu i okolo njega stvara se potpuno novo iskustvo i doživljaj tog prostora. Primjenom novih 3D tehnologija omogućuje se fotorealistični prikaz objekta prije same njegove realizacije, a uz to se korisniku omogućuje šetanje virtualnim prostorom. Korisnik tako dobiva potpunu sliku budućeg projekta i na vrijeme može napraviti izmjene bez velikog troška. Upravo to nam omogućuje virtualna stvarnost (VR), prikaz objekta prije njegove realizacije, kretanje kroz prostor, prepravke, interaktivni dizajn i fotorealistični 3D prikaz. Prezentacija informacija 3D vizualizacijom u stvarnom vremenu dovodi projekt na višu razinu kvalitete te pruža nova korisnička iskustva. Primjena 3D tehnologija u arhitekturi je osim u marketingu i u samom prototipiranju i razvoju novih projekata.

Ključne riječi: fotorealizam, vizualizacija, 3D, Virtualna stvarnost

Sadržaj:

1	Uvod	1
2	Teorijski dio	3
2.1	Tehnički crtež.....	4
2.1.1	<i>Nedostaci dvodimenzijskog grafičkog prikazivanja stambenog objekta</i>	<i>5</i>
2.2	Računalno oblikovanje.....	6
2.2.1	<i>CAD (Computer Aided Design)</i>	<i>6</i>
2.2.2	<i>Autodesk AutoCAD</i>	<i>7</i>
2.2.3	<i>3D CAD</i>	<i>10</i>
2.2.4	<i>ArCon Pro.....</i>	<i>12</i>
2.2.4.1	<i>Karakteristike ArCona</i>	<i>13</i>
2.3	3D fotorealistična vizualizacija	14
2.3.1	<i>Značajke računalnog sklopovlja za 3D vizualizaciju</i>	<i>16</i>
2.3.2	<i>Karakteristike modela za vizualizaciju.....</i>	<i>16</i>
2.3.3	<i>Autodesk 3Ds Max</i>	<i>17</i>
2.3.4	<i>Materijali i teksture</i>	<i>18</i>
2.3.5	<i>Rasvjeta.....</i>	<i>20</i>
2.3.6	<i>HDRI.....</i>	<i>22</i>
2.3.7	<i>Renderiranje.....</i>	<i>24</i>
2.4	Virtualna stvarnost.....	24
2.4.1	<i>Primjena VR tehnologija.....</i>	<i>25</i>
2.4.2	<i>Autodesk 3Ds Max Interactive.....</i>	<i>26</i>
2.4.3	<i>Virtualne šetnje.....</i>	<i>27</i>
3	Eksperimentalni dio	28
3.1	Informacije o stambenom objektu.....	28
3.2	Uvjeti projekta	31
3.2.1	<i>Podovi.....</i>	<i>31</i>
3.2.2	<i>Zidovi.....</i>	<i>31</i>
3.2.3	<i>Otvori i osvjetljenje</i>	<i>31</i>
3.2.4	<i>Pročelja – vanjska obrada.....</i>	<i>31</i>
3.2.5	<i>Uvjeti za uređenje građevne čestice zelenih i parkirališnih površina</i>	<i>32</i>
4	Rezultati.....	36
5	Zaključci.....	42
6	Literatura	43

1 UVOD

U ovome radu predstavljaju se mogućnosti najnovijih tehnologija, prednosti izrade fotorealističnih modela, te usporedba sa klasičnim dvodimenzijским prezentiranjem gotovog dizajna. Jedan od najvećih izazova s kojima se dizajneri, arhitekti, inženjeri, tehnolozi i drugi ljudi iz srodnih industrija susreću je upravo kako klijentu predstaviti dizajn i uvjeriti ga da funkcionira.

Tehnički crteži, fotorealistični prikazi objekta te sami trodimenzionalni modeli često se koriste za prenošenje ideja određenog objekta ili prostora unutar dizajna, no nekada čak i takav pristup nije dovoljan za učinkovitu komunikaciju s klijentom.

Zbog potrebe za novim načinima prikazivanja ideja tehnologije za virtualni prikaz imaju velikih potencijala za arhitekta i dizajnere. Od početnih dizajnerskih modela, projektne suradnje pa do završnih faza koje čine dizajn boljim dižu ga na višu dimenziju. Virtualna stvarnost posjeduje sposobnost da zaista proda ideju bolje od bilo kojeg drugog multimedijskog sustava. Da bi takva tehnologija bila učinkovita mora se omogućiti klijentu potpuna interakcija s predloženim modelom, toliko daleko da klijent može otvoriti vrata svoje buduće kuće. Pojava multimedijskog sustava virtualne stvarnosti postaje sastavni dio ne samo predstavljanja projekta nego i dio samog dizajna.

Ulazni parametri za ovaj rad su dvodimenzijски nacrti stambenog objekta dobiveni od strane projektnog ureda. Konceptualnim modeliranjem iz dvodimenzijskog nacrta izrađen je trodimenzionalni stambeni objekt. Takav model prebačen je u računalni program za izradu foto realističnih scena. Dodane su mu teksture, materijali koji se koriste pri izgradnji, svjetlo i ostali parametri koji utječu na kvalitetu predstavljenog dizajna. U radu se promatra kolika je količina detalja potrebna da bi krajnji korisnik ili klijent dobio potpunu viziju svog budućeg prostora u kojemu će boraviti. Korisniku se predstavlja dvodimenzijски nacrt, fotorealistična slika te prikaz stambenog objekta unutar tehnologije virtualne stvarnosti u cilju što boljeg rezultata prezentacije dizajna.

Cilj ovoga diplomskog rada je definirati okružje potrebno za fotorealistični trodimenzionalni prikaz stambenog objekta, koji bi se prikazivao pomoću tehnologije virtualne stvarnosti. Umjesto pasivnog promatrača, korisnik postaje aktivni stvaratelj koji u realnom vremenu može mijenjati sadržaj u samom projektu.

Pretpostavka je da će korisnik dobiti potpuni doživljaj svog budućeg stambenog objekta koji dvodimenzijским nacrtom i samom statičnom slikom prikaza modela nije mogao dobiti, a i omogućuje se da i sam bude aktivni stvaratelj projekta. Vrijeme izrade kompletnog projekta ubrzava se te unutar postupka izrade interaktivnog modela kroz programe se omogućuje aktivno prepravljnje.

2 TEORIJSKI DIO

Tijekom razvoja tehničkih znanosti razvijaju se i norme za izgradnju objekta po planu. U taj plan spadaju ideje nacrtane na papiru kao skice, pravi dvodimenzijski (2D) nacrti koji sadržavaju presjeke, pročelja, i tlocrte stambenog objekta, fiziku i statiku stambenog objekta. U vrijeme dvadeset i prvog stoljeća inženjeri su svoje nacрте počeli crtati u trodimenzionalnom okruženju. Računalni programi omogućili su crtanje neizgrađenih stambenih objekata u obliku trodimenzionalnog modela, a kako se vremenom tehnologija sve brže razvija sve se veću pažnju pridaje fotorealističnom i računalno simuliranom prikazu stambenog objekta i u virtualnoj stvarnosti.

Da bi cijeli projekt bio izveden potrebni su detaljno izrađeni planovi stambenog objekta u CAD (*Computer Aided Design*) ili BIM (*Building Information Modeling*) računalnim programima [1]. U tim računalnim programima izrađuju se dvodimenzionalni nacrt i trodimenzionalni konceptualno modelirani modeli. U današnje vrijeme napredak tehnologije rapidno raste kao i potrebe investitora pa se tako sadržaj i detalji projekta povećavaju kao i potreba za fotorealističnom prezentacijom objekta. Da bi se dobio fotorealističan prikaz stambenog objekta, konceptualno trodimenzionalni model potrebno je detaljno urediti. Dodavanjem fizičkih svojstava, definicije materijala, visokokvalitetnih tekstura i stvarnog osvjetljenja nastaje trodimenzionalni model koji je spreman za fotorealističan prikaz. Takav model nakon obrade ulazi u "drugi svijet", svijet virtualne stvarnosti te tako upotpunjuje projekt izrade objekta i njegovu prezentaciju.

2.1 Tehnički crtež

Tehnički crteži ili takozvani projektni nacrti razvijali su se tokom renesansnog doba kada su se počele razvijati i tehničke znanosti te su s vremenom postajali sve složeniji i složeniji. Tehnički nacrt je grafički prikaz objekata i proizvoda tehničkih disciplina, također grafički prikaz građevina u projektima graditeljstva i arhitekture. Tehnički nacrti moraju biti izrađeni prema međunarodnim pravilima određenih za crtanje nacrtu te moraju biti jasni, dobro označeni i pregledni. Takav nacrt prikazuje oblik objekta ili proizvoda te njegova funkcionalna i uporabna svojstva. Nacrte izrađene prema pravilima trebali bi biti u mogućnosti pročitati svi stručnjaci, tehnolozi i inženjeri koji sudjeluju u procesu izrade projekta, izvođenja radova i održavanja objekta. Također, nacrt mora biti jasno naznačen da se njime mogu služiti investitori, korisnici proizvoda te svi ostali zainteresirani građani.[2]

Tehnički nacrti osnova su svakog inženjerskog projektiranja, a ovisno o potrebama projekta, fazi projektiranja ili razini prikaza detalja primjenjuju se različite vrste nacrtu poput nacrtu postojećeg stanja, idejnog stanja, patentni nacrti, montažni i drugi. Tehnički nacrti izrađuju se metodama nacrne geometrije te se objekt projicira na ravninu. Izvorno projekcija je prikaz trodimenzionalnog objekta u ravnini. Takvi nacrti dijele se prema vrsti predodžbe na ravninski ili dvodimenzijski te prostorni ili trodimenzionalni crtež. Suvremeni prostorni prikaz uglavnom se izrađuje pomoću računala za dizajniranje, projektiranje i konstruiranje.[3]

2.1.1 Nedostaci dvodimenzijskog grafičkog prikazivanja stambenog objekta

Kod grafičkog prikazivanja objekta pojavljuju se dva problema. Prvi problem je kako složeni objekt poput zgrade prikazati da ga svi razumiju dok je drugi problem kako složeni stambeni objekt od nekoliko desetaka metara smjestiti na list papira veličine od nekoliko desetaka centimetara. Jednostavni objekt poput kocke može se opisati riječima ili idejnim crtežom odnosno skicom. Do problema dolazi kada treba opisati objekt složen od više elemenata i treba ga smjestiti na papir koji ima samo dvije dimenzije odnosno u ravninu.

Rješenje prvog problema je da se složeni objekt ortogonalno projicira. Ortogonalno projiciranje omogućava ukupno šest pogleda. Kod prikaza stambenog objekta to su nacrt, tlocrt (pogled odozgo) te pogledi odozgora, s lijeva i s desna tzv. bokocrti. Pogled odozdo se u ovom slučaju grafičkog prikaza ne koristi. Da bi takvi crteži bili potpuno razumljivi objektu se dodaju izmjere objekta u brojkama tzv. kote u centimetrima prema pravilima nacrtna geometrije. [2]

Kako bi se riješio drugi problem stambeni objekt koji se želi prikazati na listu papira crta se u mjerilu. Crtati u mjerilu znači smanjeno crtati nacрте da stanu na list papira. M (mjerilo) 1:1 prikazuje omjer duljina objekta u prirodnoj veličini i na tehničkom nacrtu. M 1:100 je najčešće korišteno mjerilo u crtanju tehničkog nacрта stambenog objekta te znači da je jedan metar objekta sto puta manje nacrtan, odnosno iznosi jedan centimetar[2].

Nekadašnje planiranje na papiru zamijenili su računalni programi koji olakšavaju izradu projekta. Neki od računalnih programa koji se danas najviše koriste u izradi dvodimenzijskih nacрта, a ujedno predstavljaju i industrijski standard su Autodeskov AutoCAD, ArchiCAD, Revit i drugi. Razrađeni plan za izgradnju objekta treba sadržavati niz skica, crteža i proračuna, vertikalni i horizontalni presjek objekta, prostorni crtež tj. trodimenzionalni model u ovom slučaju stambenog objekta kojem je prethodio dvodimenzijски tehnički nacrt i izgled pročelja.

2.2 Računalno oblikovanje

2.2.1 CAD (*Computer Aided Design*)

CAD (*Computer Aided Design*) su računalni programi koji se primjenjuju u svrhu dizajna i projektiranja. CAD programi zamjenjuju nekadašnji ručno crtani nacrt za automatizirani proces stvaranja. Omogućuju stvaranje i obradu proizvodnih podataka[4]. Povijest CAD-a seže do ranih šezdesetih godina dvadesetog stoljeća. U tom pionirskom razdoblju računalnih znanosti, istraživači i programeri postavili su temelje CAD industrije. Računalni uređaji za unos i osnovne tehnike računalnih sučelja također su nastali u to doba. Prve komercijalne CAD aplikacije izdane su sedamdesetih godina za osobna računala i računalne radne stanice. Budući da su ta računala bila vrlo skupa, računalno potpomognuta izrada ostaje privilegija državnih institucija i velikih korporacija, uglavnom u inženjerskoj industriji.

CAD aplikacije tijekom vremena prošle su kroz velike promjene. Razvoj CAD softvera posebno je značajan u industriji AEC (*Architecture, Engineering and Construction*) u kojoj su se jednostavni dvodimenzijski (2D) programi izrade planova razvili u integrirane aplikacije za modeliranje građevinskih informacija (BIM – *building information modeling*) tijekom proteklih 30 godina [3][7]. Poznati BIM računalni program je Autodeskov Revit. Revit je računalni program kojeg koriste arhitekti, inženjeri i dizajneri. Revit ima mogućnost dizajniranja stambenih objekata, struktura i komponenata u trodimenzionalnom prikazu. Također ima mogućnost povezivanja dvodimenzijskih elemenata te pristup informacijama o građevini.

Glavna prekretnica u povijesti AEC računalnih programa bila je razvoj 3D CAD aplikacija sposobnih za stvaranje (3D) trodimenzionalnih modela uz dvodimenzijske podatke. Neki od tih programa također su imali osnovne funkcije vizualizacije objekata. Najnoviji AEC programi se usredotočuju na građevinsku industriju. Dodavanje podataka o vremenu i troškovima 3D BIM modelu što ga čini takozvanim petdimenzijskim modelom omogućuje građevinskim tvrtkama da optimiziraju svoje procese i minimiziraju rizik od grešaka u gradnji [7].

CAD računalni programi za izradu dvodimenzijskih nacrtu imaju veliku prednost u usporedbi s izradom ručnih nacrtu, ali ne mogu ponuditi odgovarajuća rješenja problema dizajnerima. Najkritičniji nedostatak 2D CAD-a je nedostatak automatskog upravljanja promjenama između više crteža [6][5].

CAD računalni programi imaju različite značajke, ovisno da li je računalni program namijenjen za dvodimenzijsku vektorsku grafiku ili trodimenzionalno modeliranje. Prednost vektorske grafike je što može na pojednostavljeni način prikazati minimalan broj detalja napravljenih od linija, točaka i krivulja, te tako biti vrhunski alat u informacijskoj grafici i prikazivanju linijske umjetnosti.

2.2.2 Autodesk AutoCAD

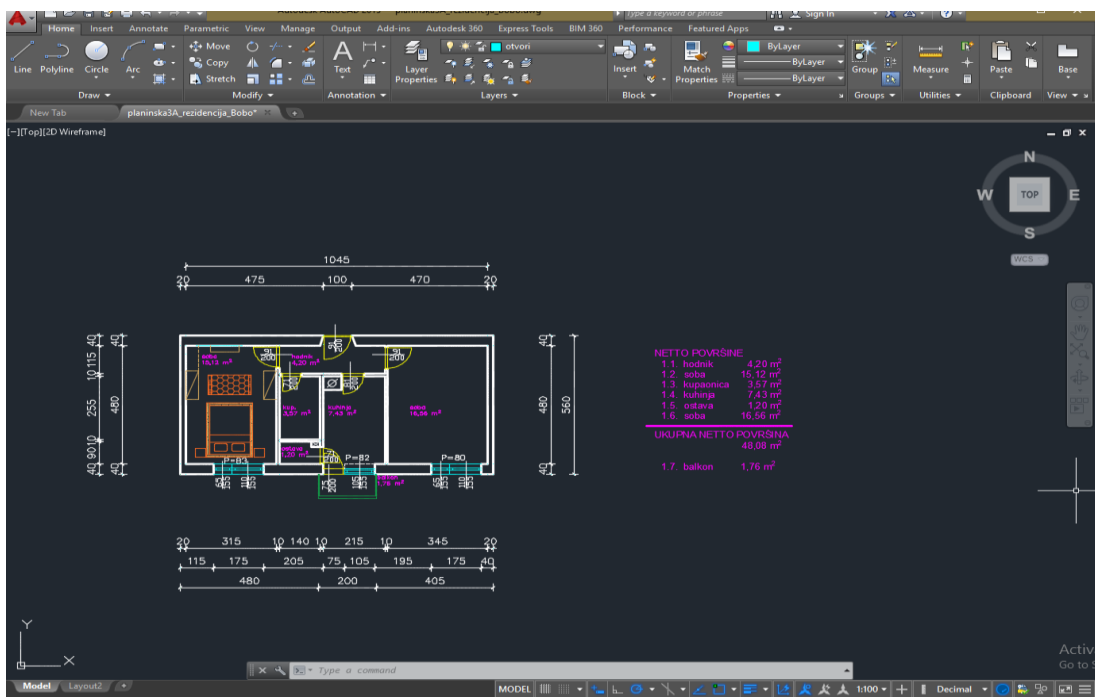
Primjer najzastupljenijeg i najpoznatijeg CAD računalnog programa je Autodeskov AutoCAD (*Automatic Computer Aided Design*). Na slici 2 prikazana je uvodna fotografija prilikom pokretanja Autodesk AutoCAD 2018. Autodesk AutoCAD je računalni program namijenjen dvodimenzijskom i trodimenzionalnom stvaranju, prvenstveno za izradu digitalnih projekata koji se koristi u širokom rasponu industrija kao npr. arhitekturi, graditeljstvu, dizajnu i proizvodnji u svrhu kako bi pomogao voditeljima projekta, inženjerima, grafičkim dizajnerima te drugim stručnjacima u pripremi nacrtu i drugih inženjerskih planova [5].

Autodesk AutoCAD je prvi računalni CAD program te je i dalje najpopularniji CAD program za brzu izradu dvodimenzionalnih nacrtu. Intuitivno sučelje omogućuje vrlo jednostavno korištenje programa. Pravilnim upravljanjem na jednostavan način iz dvodimenzionalnog nacrtu može se modelirati trodimenzionalni model koji se kasnije koristi unutar drugih srodnih programa ovisno o potrebama projekta.

Ovisno o potrebama projekta AutoCAD ima mogućnost biranja među predefiniranim sučeljima. Na slici 1 ovoga rada prikazano je korisničko sučelje Autodesk AutoCAD 2016 te ujedno i tehnički nacrt.

Jedan od predefiniranog sučelja je AutoCAD *Architecture* koji omogućuje arhitektima crtanje trodimenzionalnog objekta pomoću unaprijed definiranih konceptualnih modela poput objekata vrata i prozora što je puno inteligentnije od samog crtanja linija i krugova.

Također Autodesk je razvio korisničku mobilnu i web aplikaciju AutoCAD 360°. AutoCAD 360° omogućuje korisniku pregledavanje, editiranje, i dijeljenje AutoCADovih datoteka putem mobilnog uređaja i weba koristeći datoteke koje su pohranjene u *cloudu*.



Slika 1. Prikaz tehničkog nacrtu u Autodesk AutoCAD programu

Najnovije verzije pružaju arhitektima, dizajnerima i graditeljima analitičke alate potrebne za analizu komponenti objekta te određivanje razine opterećenja dizajniranog objekta. AutoCAD ove značajke omogućuju planiranje arhitektonskih prostora, mapiranje i iskorištavanje prostora te ga tako čine sjajnim računalnim alatom koji se istodobno može koristiti u kombinaciji sa Autodesk 3ds Max, Autodesk Mayom i drugim dizajnerskim i animacijskim alatima.



Slika 2. Pokretanje programa Autodesk AutoCAD 2018

AutoCAD podržava korištenje *.dwg* i *.dxf* datoteka koje su kompatibilne sa drugim CAD računalnim programima za projekte animacije i fotorealističnih vizualizacija. Format zapisa datoteka *.dwg* izvorno je kreiran 1982. godine zajedno sa nastankom prve verzije AutoCAD računalnog programa. DWG datoteke sadrže sve informacije koje korisnik unosi u AutoCAD-ov crtež. Ti podaci mogu uključivati dizajn, podatke o geometriji, mape i fotografije. Format zapisa datoteka *.dwg* jedan je od najčešće korištenih formata zapisa za podatke o dizajnu, koji se nalaze u svim projektnim okruženjima. Okruženje *dwg* tehnologija sadrži sposobnost oblikovanja, prikazivanja, bilježenja i mjerenja. Obično se povezuje sa AutoCAD-om ali je i sastavni dio mnogih CAD programa.

Također AutoCAD podržava izvoz 3D modela u *.stl* formatu koji se koristi kao standardni format zapisa trodimenzionalne geometrije za postupak 3D tiska [8].

2.2.3 3D CAD

Trodimenzionalno računalno modeliranje u tehnološkom procesu dizajna ima puno širu primjenu od izrade samog nacрта ili trodimenzionalnog. Korištenje 3D modela zgrada iznimno je korisno tijekom životnog ciklusa arhitekture i graditeljstva tzv. AEC. Osim u arhitekturi i graditeljstvu korištenje trodimenzionalnih modela izuzetno je popularno u procesu izrade ambalaže. Takvi modeli dopuštaju dizajnerima i arhitektima i ostalim korisnicima da lako prolaze kroz projekt kako bi dobili više informacija i bolje se upoznali sa samim razvojem. Također, korištenjem 3D modela može se provjeriti valjanost dizajna pokretanjem računalnih simulacija energije, osvjetljenja, akustičnosti, požara i ostalih karakteristika, a time i modifikaciju ili prilagodbu dizajna po potrebi prije početka izrade ili gradnje. 3D stambeni modeli imaju dalekosežne aplikacije izvan AEC-a, kao što su nekretnine, virtualne trodimenzionalne šetnje i video igranje. Međutim, manualno kreiranje poligonalnog 3D modela iz skupa planova nije trivijalno i zahtjeva određene vještine i vrijeme uz zadovoljene tehničke preduvjete.

Istraživači i CAD programeri pokušavaju automatizirati i ubrzati pretvorbu dvodimenzijskih nacрта u 3D modele, ali dolazi do poteškoća iz nekoliko razloga. Najvažniji među njima je ulazni oblik podataka koji u velikoj mjeri određuje kako će biti komplicirano izraditi trodimenzionalni model iz tehničkih nacрта. S obzirom na brz razvoj tehnologija te računalnih i mobilnih aplikacija smanjuje se broj poteškoća u takvom načinu dizajniranja i projektiranja.

Složenost i veličina zgrade, kao i raspoloživi računalni programi i sami hardverski resursi također određuju najbolji pristup modeliranju. Postoji nekoliko vrsta računalnih modela koji se koriste u svakodnevnoj dizajnerskoj i arhitektonskoj praksi.

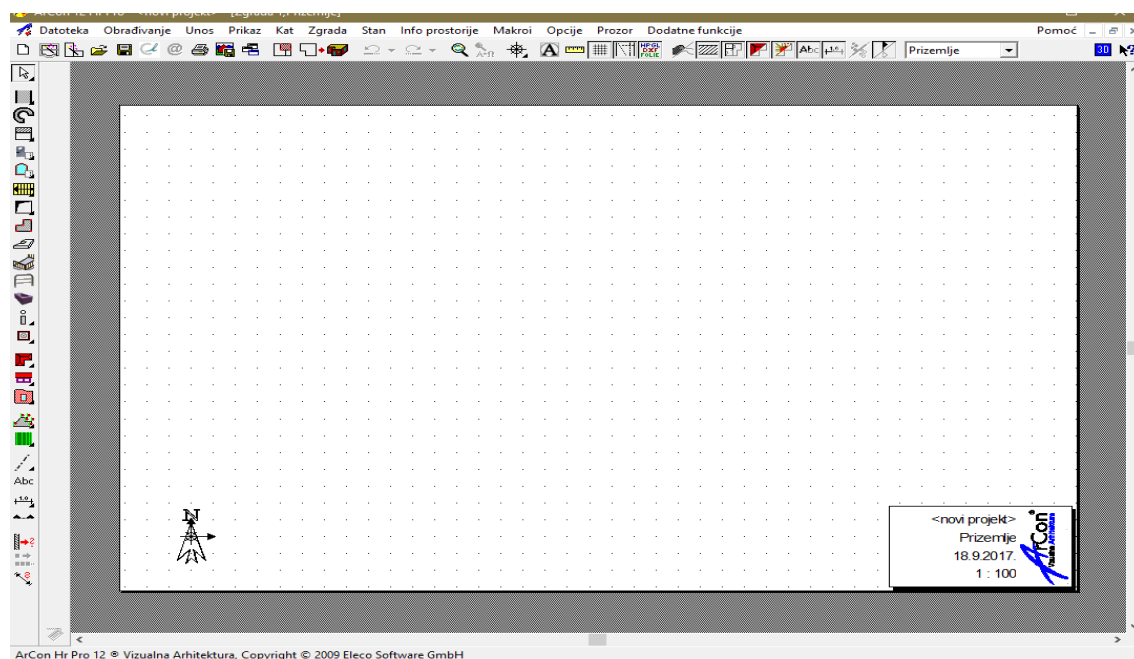
Najpopularniji su konceptualni modeli izrađeni u 3D CAD računalnim programima koji u sebi sadrže osnovne alate za izradu fotorealističnih vizualizacija. Konceptualni modeli prvenstveno se koriste u ranoj fazi projektiranja. Točnost i razina pojedinosti konceptualnih modela manji su nego kod informacijskog modeliranja objekta tzv. BIM. Konceptualni modeli mogu se izraditi u BIM aplikacijama pomoću standardnih alata za modeliranje (ploče, zidovi, krovovi itd.) ili s namjenskim konceptualnim računalnim programima kao što su ArCon, SketchUp, Nemetschek, TurboCAD itd.

Trodimenzionalni model konceptualno modeliranog stambenog objekta može se koristiti za mnoge svrhe, uključujući vizualizaciju, analizu same građevine i izradu troškovnika. 3D CAD računalni programi omogućuju korisnicima stvaranje prostornog modela zgrade zajedno sa potrebnom dvodimenzionalnom dokumentacijom. Glavne značajke 3D CAD računalnih programa su dvodimenzijsko crtanje te istodobno modeliranje trodimenzionalnog modela, ako je potrebno objekti mogu biti modelirani u trodimenzionalnom prostoru, informacije o nacrtu i modelu mogu biti pohranjene u jednu datoteku, crteži djelomično izvedeni iz modela. Dodatni sadržaj može biti izrađen, uključujući jednostavnu vizualizaciju i osnovne informacije o količinama. Većina 3D programa nudi ugrađene alate za vizualizaciju i osnovne značajke izračuna fizikalnih i mehaničkih svojstava [9][10].

3D CAD računalni programi pružaju brojne prednosti za arhitekta i dizajnere u usporedbi sa dvodimenzionalnim CAD računalnim programima i ručnom izradom. Vizualizacija i prikaz informacija o zgradi samo su dvije najočitiije prednosti. Među prednostima također se navodi lakše upravljanje pogreškama u planiranju, upravljanje promjenama te vrijeme izrade.

2.2.4 ArCon Pro

ArCon Pro je 3D CAD računalni program prvenstveno namijenjen arhitektima i dizajnerima. Omogućuje jednostavnu vizualizaciju i izradu trodimenzionalnog modela iz dvodimenzionalne skice ili nacрта. Prilagođen je potrebama dizajnera i inženjera graditeljstva, projektanata u gradnji, proizvođačima namještaja i svima zainteresiranim za arhitekturu, unutarnje uređenje i građevinsku vizualizaciju. Najveće prednosti su mu intuitivno sučelje (slika 3) preko kojega se mogu skicirati tlocrti, automatski generirati presjeci i pogledi, profesionalne konstrukcije krovništa i stubišta, kompletno unutarnje uređenje korištenjem unaprijed zadanim elementima i teksturama. Ovakvim alatom omogućuje se ostvarivanje kreativnih ideja prilikom oblikovanja unutarnjeg ili vanjskog prostora [11]. Jedan je od primjera računalnog programa za izradu konceptualnih modela i vizualizacija u kombinaciji sa drugim programima za 3D modeliranje i vizualizaciju.



Slika 3. Korisničko sučelje programa ArCon Pro 12

Najveća primjena ArCon programa je kod procesa etažiranja stanova i procjene vrijednosti stana, kod upravljanja zgradama, prodaje nekretnina, proizvodnje i prodaje proizvoda vezanih za opremu građevinskih objekata, vizualizacije (u kombinaciji s drugim programima za 3D modeliranje i vizualizaciju), projektiranja eksterijera i opremanja interijera. [11]

2.2.4.1 Karakteristike ArCona

Unos tehničkih nacрта u određenom mjerilu je podržan vektorskim linijama, pomoćnim linijama i numeričkim unosom u dvodimenzionalnom i trodimenzionalnom koordinatnih sustavu. Zidovi se direktno kreiraju kao trodimenzionalni modeli i automatski povezuju te tako zatvaraju određenu površinu. Nakon zatvaranja prostorije zidovima, računalni program ArCon proračunava i ispisuje površinu poda. Moguće su izvedbe kružnih zidova, kao i zaobljivanje ugla zgrade u zadanom polumjeru. Prozori ili vrata mogu se birati iz ponuđenih kataloga modela, a prozorske konstrukcije je moguće detaljno konstruirati i spremiti kao model za iduće korištenje. Prilikom ugrađivanja prozora i vrata potrebni otvori u zidu se kreiraju automatski što kod računalnih programa za 3D modeliranje koji nisu namijenjeni za konceptualno modeliranje, te neće biti kreirano automatski i zahtjeva određene vještine i znanja.

Pojedine elemente stambenog objekta ili grupe elemenata moguće je označiti, izdvojiti, premjestiti, kopirati, promijeniti im karakteristike, što dizajneru pruža mogućnost stvaralačke slobode, kao i brzo modeliranje prema željama investitora. Pomoću Asistenta za tlocrte/projekte koji od tipskih rješenja integriranih u ArCon prema zadanim dimenzijama stvara modele stanova, samostojećih, dvojnih ili zgrada u nizu, moguće je kreirati idejno rješenje u nekoliko minuta i zatim ga dalje mijenjati prema potrebi u kombinaciji sa drugim programima ovisno o potrebama projekta [11].

2.3 3D fotorealistična vizualizacija

Pored izrade 2D tehničkih nacrti, 3D modeli se između ostalog koriste i za vizualizacije projekta koje korisniku omogućuju bolju prezentaciju budućeg objekta. Važnu ulogu u tome ima komunikacija. Komunikacija je proces koji je sastavljen od elemenata i aktivnosti koje direktno utječu na sugovornika. Utječu na njegove osjećaje, emocije i postupke. 3D fotorealistična vizualizacija objekata jedan je od načina multimedijalne komunikacije, slike i korisnika. Upravo ona je spoj između psihologije čovjeka, njegove percepcije, u cilju prihvaćanja informacija od elektronskih stimulansa koji se nazivaju multimedijски sustavi. Današnji multimedijски sustavi su interaktivni i imaju mogućnost rada sa više oblika informacija. Osnovni mediji koji prenose informaciju u multimedijским sustavima su tekst, slika (fotorealistična slika), animacije, zvuk i video.

Povijest računalne vizualizacije započela je otprilike prije 50 godina kada su matematičari, znanstvenici i inženjeri dobili potrebu za računalnom analizom i prikazom rezultata odnosno dijeljenjem informacija. Glavne prekretnice računalnih vizualizacija usko su povezane s izumima u mnogim industrijama uključujući tehnologije prikaza na računalima, metode unosa podataka, vizualizacijske algoritme i metode kompresije slika. Današnjim razvojem računalnih tehnologija kašnjenje između razvoja novih tehnologija i njihove primjene se u komercijalnim svrhama stalno se smanjuje. Trenutno glavni korisnici vizualne tehnologije su automobilska i filmska industrija te tako i AEC također ima koristi od toga. Vizualizacija obuhvaća sve tehnike za vizualno predstavljanje ideja te bolju komunikaciju između inženjera, dizajnera i krajnjih korisnika. CAD programi imaju ograničene mogućnosti te se zato koriste u kombinaciji sa drugim programima specijaliziranim za vizualizaciju[12].

Kod odabira programa za vizualizaciju potrebno je usporediti karakteristike koje određeni program sadrži te odabrati optimalni program prema potrebama. Od metoda računalnih vizualizacija koje su izumljene one koje najčešće koriste dizajneri i arhitekti su fotorealistične slike, virtualne šetnje, studije položaja sunca te virtualna stvarnost (VR). Jedan od najpopularnijih programa za izradu vizualizacija je Autodesk 3d Studio Max[6].

Većina modela napravljenih 3D CAD računalnim programom kreira se samo za vizualizaciju. Nakon što se 3D model dovrši šalje se u sustav za renderiranje kako bi se stvorile fotorealistične slike ili animacije. Renderiranje je moguće obaviti lokalno na osobnom računalu ili radnoj stanici, dok je za zahtjevnije projekte moguće koristiti renderiranje na klaster računalima ili *cloud* računarstva. Sam model se ne koristi za proizvodnju tako da su u većini slučajeva modelirani samo dijelovi zgrade koji će biti vidljivi u završnim materijalima vizualizacije.

Veličina modela može biti jednako važna kao i složenost zgrade. Većinu vremena, vrlo veliki modeli rezultat su neodgovarajućih tehnika modeliranja. Pojedinačna instanca detaljnog objekta može generirati onoliko 3D poligona koliko i svi zidovi u modelu. Broj građevinskih elemenata, broj 3D poligona, veličina projektne datoteke, nedostatak timskog rada te neodgovarajući računalno sklopovlje čine model vrlo zahtjevnim ili gotovo nemoguće za obradu. Učinkovitost rada sa zahtjevnim stambenim objektima tj. 3D modelima može se dobiti sa smanjenjem broja poligona, isključenjem nevidljivih elemenata, dijeljenjem sa članovima tima te korištenjem odgovarajućeg računalnog sklopovlja. Pronalaženje optimalnog modela rada zahtjeva potpuno razumijevanje mogućnosti programa i jasno definirane ciljeve modeliranja. Iako značajke programa mogu uvelike utjecati na najbolju strategiju modeliranja, nekoliko općih pravila pomaže u održavanju veličine modela u razumnom rasponu. Najvažnije pravilo je da razina detalja modela bi trebala biti prilagođena sustavu u kojem će se dalje koristiti, npr. fotorealistična slika, animacija, 3D tisak, prikaz u virtualnoj stvarnosti, itd.

2.3.1 Značajke računalnog sklopovlja za 3D vizualizaciju

Računalne animacije, vizualizacije i 3D prikaz zahtijevaju računala velike procesorske i grafičke snage. Performanse računala za stvaranje 3D modela, fotorealistične vizualizacije ili prikaz u virtualnoj stvarnosti od velikog su značaja za što brže stvaranje i prikazivanje sadržaja. U principu ne postoji gornja granica snage računala, dok se minimalni zahtjevi računalnog sklopovlja moraju zadovoljiti. Minimalne zahtjeve računalnog sklopovlja definiraju sami proizvođači računalnih programa za 3D modeliranje, s toga prije samog korištenja takvih programa potrebno je provjeriti minimalne tehničke zahtjeve. Svakom novom inačicom računalnih 3D programa dodaju se nove mogućnosti i alati za stvaranje 3D sadržaja, a sa time i minimalni tehnički zahtjevi rastu. Ovisno o budućem načinu prikaza sadržaja (virtualna stvarnost za mobilne uređaje, virtualna stvarnost na računalu, stereoskopski prikaz, *web*) odabiru se optimalne tehnologije renderiranja[4].

2.3.2 Karakteristike modela za vizualizaciju

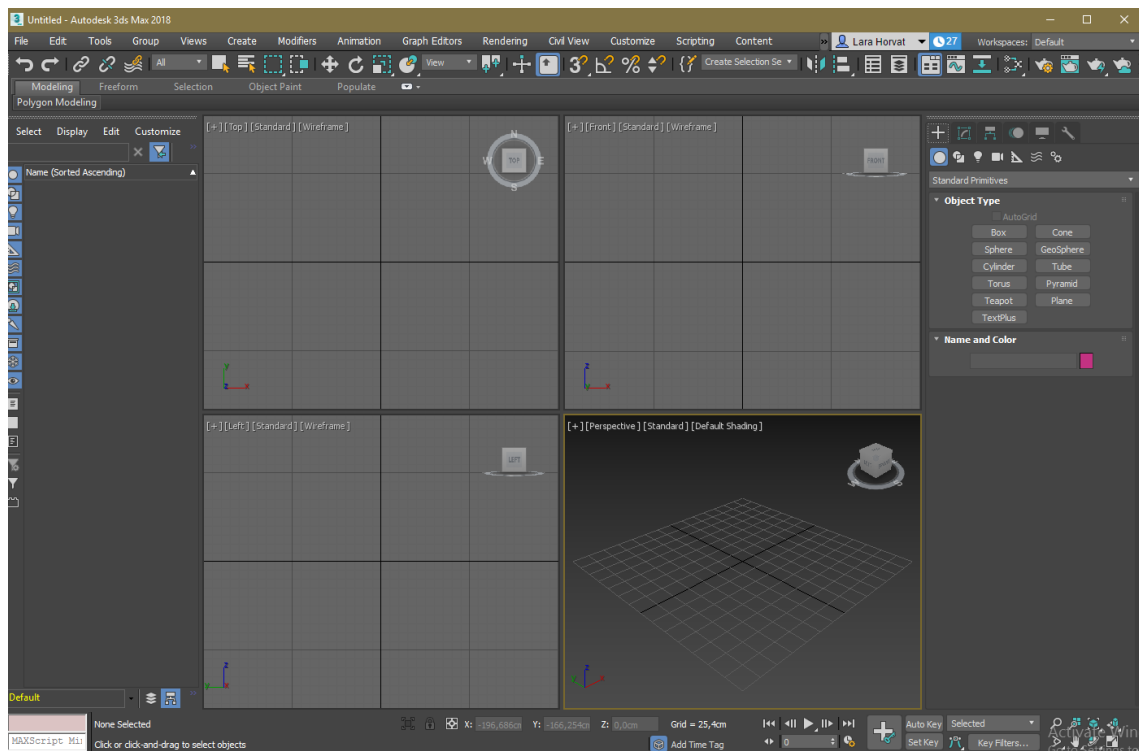
Kako bi se ubrzalo vrijeme stvaranja vizualizacije određenog dijela građevine nije potrebno modelirati cijelu zgradu, potrebno je urediti samo dio željenog dijela koji se želi prikazati. Razina detalja modela ovisi o željenoj kvaliteti slike i udaljenosti kamere. Model treba sadržavati ispravne koordinate, materijale, teksture i odgovarajuću rasvjetu. Izborom rezolucije i kvalitete završne vizualizacije određuju se količina detalja modela, primjena nekvalitetnih ili visokokvalitetnih tekstura, količina rasvjetnih tijela te njihova svjetlina. U većini slučajeva nije potrebna visoka razina detalja prilikom modeliranja jer se model koristi samo za vizualizaciju prilikom razvoja projekta [1].

2.3.3 Autodesk 3Ds Max

Autodesk 3Ds Max (slika 4) profesionalni je 3D računalni grafički program za izradu 3D animacija, modela, igara i sl., te spada među najpopularnije programe za računalnu grafiku. Razvila ga je tvrtka Autodesk Media & Entertainment. Razvojem svojeg intuitivnog sučelja (slika 5) omogućili su izradu modela, računalne simulacije, animacije likova te fotorealistični prikaz. Najviše se koristi u industriji računalnih igara, filmskoj industriji te za kreiranje multimedijskog trodimenzionalnog sadržaja. Autodesk 3Ds Max kompatibilan je sa većinom drugih aplikacija za stvaranje 3D sadržaja. Između ostaloga ima podršku za uvoz datoteka i povezivanje sa Autodesk AutoCAD datotekama.



Slika 4. Pokretanje programa Autodesk 3Ds Max 2018



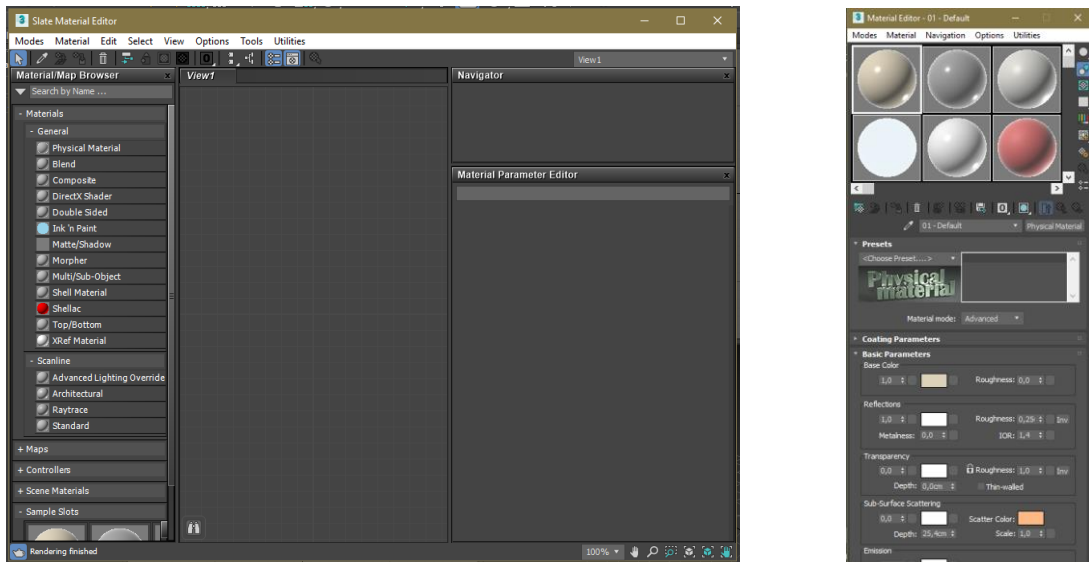
Slika 5. Programsko sučelje Autodesk 3Ds Max 2018

2.3.4 Materijali i teksture

Materijali se koriste za opisivanje i dodavanje fizikalnih svojstava modelu. Baš kao što materijali mogu biti u stvarnome svijetu opisani kao luskavi, mekani, glatki, obojani ili transparentni materijali koji se primjenjuju na 3D objekte mogu oponašati svojstva kao što su boja, tekstura, prozirnost, sjaj itd.

Također u alatu za materijale može se stvoriti jedinstveni izvorni materijal i primjeniti na objekt na sceni. Najjednostavniji materijal možemo izgraditi na temelju pred definiranog standardnog materijala koji se nalazi integriran u programu. Materijali dolaze raspoređeni u skupinama ovisno o vrsti rendera. Renderi su algoritmi koji izračunavaju završnu vizualizaciju ovisno o unesenim parametrima. Pomoću preglednika može se pregledavati dostupne materijale i brzo filtrirati i pronaći što je potrebno. Editori za materijale mogu dodati novu razinu realizma pomoću materijala koji simuliraju mnoge vrste fizičkih svojstava. Na slici 6 prikazana su sučelja dvije vrste 3Ds Max editora, *Slate Material Editor* i *Compact Material Editor*

Rad s 3D objektima i scenama predstavlja zanimljive interaktivne scene koje se prikazuju u stvarnom vremenu s najvišom kvalitetom grafike. Kako bi se to postiglo koriste se brojni trikovi koji ubrzavaju vrijeme renderiranja. Jedan od trikova je pred renderiranje tekstura koje uključuju sve informacije o rasvjeti i primjenjuju teksture kao mape. Proces apliciranja prethodno pred renderiranih tekstura naziva se *baking texture*[13]. Drugi uobičajeni način za učinkovitost korištenja je korištenje normalnih mapa koje izračunavaju rezultate rasvjete koje se koriste za osvjetljavanje malih detalja na površini objekta. Normalne mape omogućuju da se te pojedinosti simuliraju bez dodatnih poligona i bez gubitka kvalitete.



Slika 6. Slate Material Editor i Compact Material Editor

2.3.5 Rasvjeta

Svjetla igraju važnu ulogu u vizualnom procesu. Premalo ili previše svjetla utječe na izradu scene tako da dobivena slika scene može biti podeksponirana ili preekspanirana. (slika 7 i 8) Svjetlost u 3D svijetu prikazuje se pri svakom izračunu renderiranja, a 3D kreatori često se bore s istim problemima premalo ili previše svjetla. Rasvjeta predstavlja kritični dio bilo koje 3Ds Max scene. Većina scena koristi jednu od dvije vrste rasvjete: prirodno ili umjetno svjetlo. Prirodno svjetlo koristi se za vanjske scene i primjenjuju se kao izvor svjetla sunca ili odsjaj mjeseca. Umjetno toplo svjetlo najčešće se koristi za interijere u kojima žarulje daju svjetlo, a time stvara ugodni ambijent. Međutim, ponekad se koristi prirodno svjetlo u zatvorenom prostoru poput sunčeve svjetlosti koja prolazi kroz prostor ili umjetne svjetlosti na otvorenom poput uličnog svjetla.

Standardna rasvjeta i opcije *Skylighta* nisu fotometrijske. U tom slučaju za pozadinu scene mogu se koristiti HDRi mape koje sadrže sve parametre za svjetlo te ona osvjetljava scenu.[14], [15]



Slika 7. Primjer preekspanirane slike scene; simulacija sunčanog neba

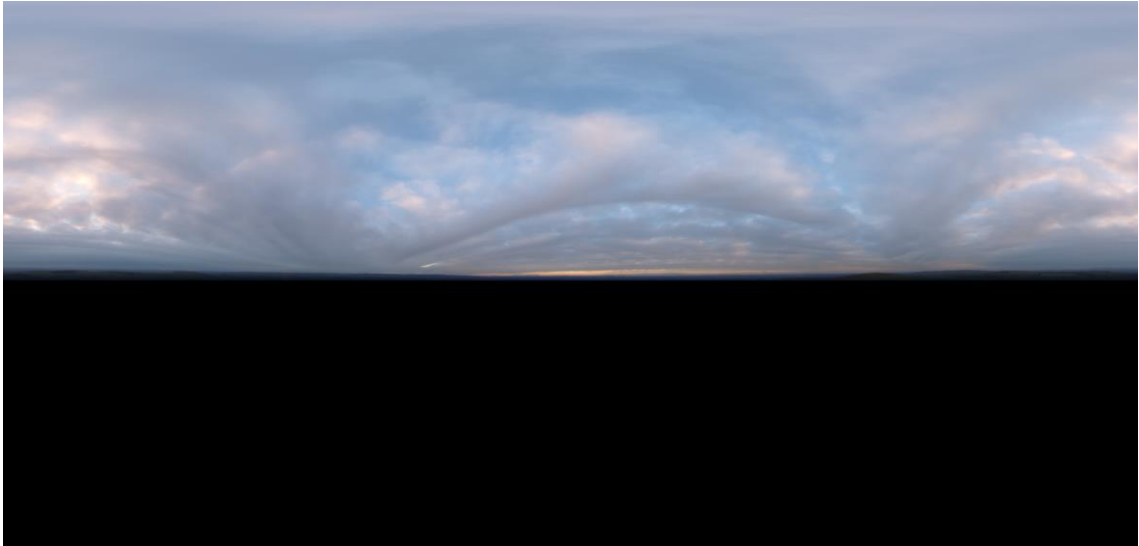


Slika 8. Primjer podeksponirane slike scene; simulacija zalaska sunca

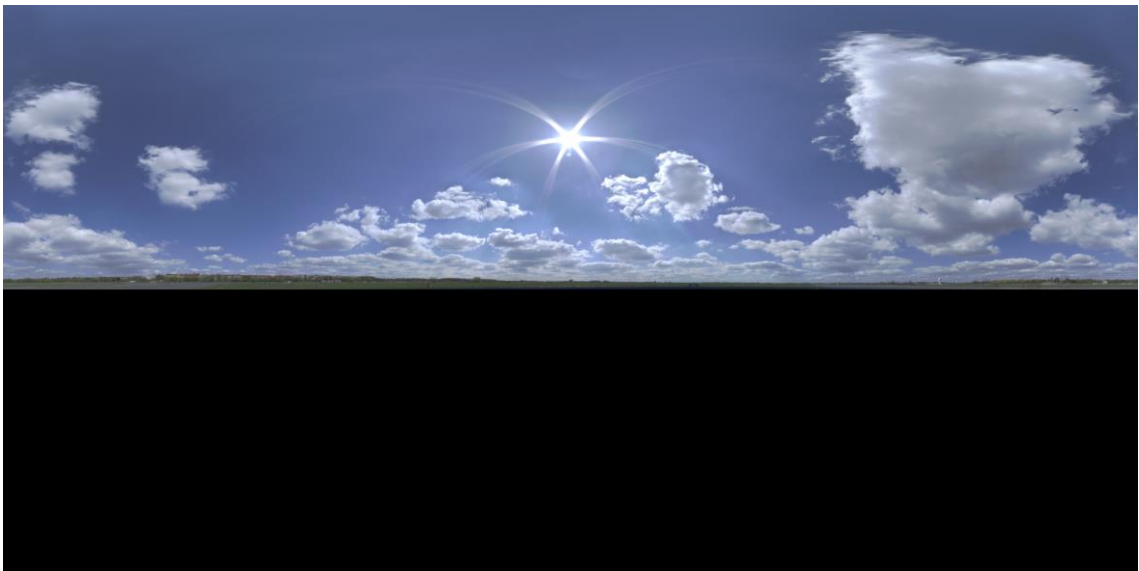
2.3.6 HDRI

Postoje dvije vrste fotografija. Slika s niskim dinamičkim rasponom (LDRI – *Low Dynamic Range Image*) i slika s visokim dinamičkim rasponom (HDRI – *High Dynamic Range Image*). LDRI fotografija se sastoji od normalnih bitmapa poput JPEG, TIFF, BMP koje imaju do 8 bita po pikselu s vrijednostima između 0-255 u RGB (*red, green, blue*) rasponu boja. Što znači da postoji samo 256 razina osvjetljenja po kanalu koje ne obuhvaćaju veliki raspon snimljen pravim fotografskim aparatom sa više razina ekspozicije odnosno maksimalni prikaz 16,777,216 boja. S druge strane su HDRI fotografije (slike 9 i 10) čije vrijednosti mogu biti puno veće od 256 razina osvjetljenja po kanalu. Glavna značajka je da je vrijednost svakog piksela proporcionalna količini svjetlosti tj. umjesto da se boje prikazuju na zaslonu kao što to čine normalne bitmape, HDR format pohranjuje količinu svjetlosti po pikselu [14].

Fotografije s visokim dinamičkim rasponom idealne su za ovu vrstu primjene jer sadrže podatke više ekspozicija u jednoj datoteci te omogućavaju veliki stupanj kontrole i realizma pri osvjetljavanju scene koja se ne može postići standardnom 8-bitnom slikom. .HDR i .EXR su najčešći formata zapisa datoteka visokog dinamičkog raspona. Jednostavno rečeno, ako su pikseli prekomjerno izloženi na slici ekspozicija se može smanjiti, a pikseli koji se ističu sadrže podatke o boji s nižom rezolucijom. Najčešće su HDRI fotografije koje su panoramske fotografije stvarne okoline (360°). Za izradu panoramske HDRI fotografije je potrebna hrpa fotografija usmjerenih u svim smjerovima, napravljenih s jednog mjesta u stvarnosti i nakon toga spojenih.



Slika 9. Primjer *High Dynamic Range* slike



Slika 10. Primjer *High Dynamic Range* slike 2

2.3.7 Renderiranje

Nakon modeliranja, primjene materijala i pozicioniranja svjetla dolazi sljedeći korak, a to je renderiranje. Renderiranje je proces stvaranja slika od korištenih objekata uz pomoć programa koji upravljaju podacima o fizici svjetla, vizualnom izgledu, matematici itd. Objekti sadržavaju podatke o geometriji, točki gledišta, materijalu i teksturi te podatke o osvjetljenju [10]. Uz to objekt se renderira pogledom kroz virtualnu kameru pomoću koje je moguće primjeniti svojstva stvarne fotografije (kontrola ekspozicije, dubinske oštine, veličine objektiva itd.) [15].

2.4 Virtualna stvarnost

“ Virtualna stvarnost je prividan okoliš simuliran s pomoću računala te posebnih računalnih periferija i programa, unutar kojega je korisniku omogućen privid boravka, kretanja i opažanja; također prividna stvarnost.“ [16].

Računala potrebna za pokretanje trodimenzionalnog okružja često se nazivaju naprednima ili super računalima te su zbog snažnih grafičkih modula nazvani „grafičkim radnim stanicama“ koje su omogućile stvaranje realistične vizualizacije digitalnih modela. Prividni trodimenzionalni prostor predočuje se na zaslonu računala ili posebnim stereoskopskim uređajima. Da bi se dobio potpuni doživljaj prividnog svijeta postoji mogućnost ozvučenja putem zvučnika ili slušalica, vibracija te su u razvoju aplikacije za razvoj taktilnih i mirisnih osjeta. Virtualna stvarnost ostvarena je putem osnovnog programskog jezika (VRLM - *Virtual Reality Modelling Language*: jezik za modeliranje prividne stvarnosti) [16].

2.4.1 Primjena VR tehnologija

Virtualni svijet simuliran pomoću računala, u kojem se može provoditi vrijeme, zanimljivost je iz koje proizlazi činjenica je da se upravo taj svijet najviše gradi u industriji zabavnih igara. Može se reći da u tu industriju ulazi i filmska industrija koja razvija i primjenjuje najnaprednije VR tehnologije u prikazivanju sadržaja.

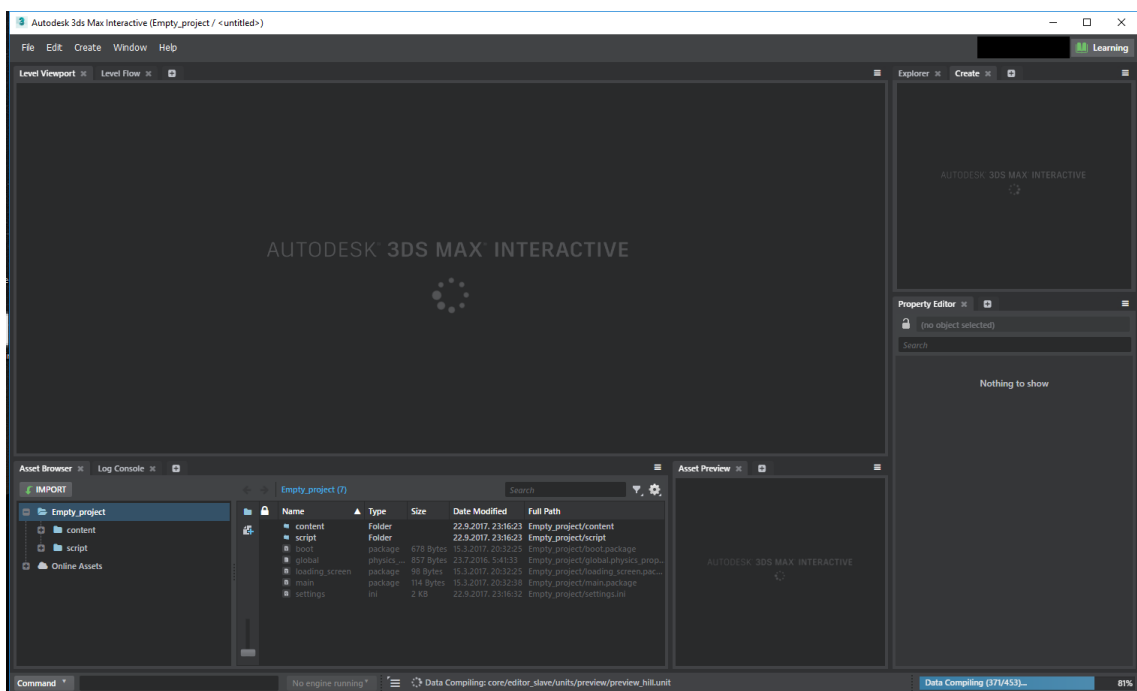
U posljednje vrijeme također velika važnost se pridaje korištenju VR tehnologija u arhitekturi, građevini i inženjerstvu.

Nekadašnje igračke zamijenile su digitalno modelirane igračke u virtualnom dvorištu. Isto tako nekadašnji 2D planovi zamijenjeni su 3D planovima modeliranim u CAD i BIM programima za procjenu i prikaz podataka o planu i njegovim objektima. Brzim razvojem 3D tehnologija trodimenzionalni planovi dobili su novu dimenziju prikaza u kojoj su fotorealistično vizualizirani, interaktivni te povlače pitanje „Virtualna stvarnost ili stvarna virtualnost?“ [17].

Osim što ljudima omogućavaju digitalnu zabavu, VR tehnologije jedan su od najboljih načina za prezentaciju proizvoda. U slučaju arhitekture i dizajna VR tehnologije omogućuju najbolju prezentaciju već gotovog objekta, budućeg ili rekonstruiranog objekta. Također VR svoju primjenu nalazi i u agencijama za prodaju i najam nekretnina. Investitorima omogućuje šetnju budućim stanom, interaktivnost s njim te prijedloge izmjena koje se na lagan i relativno brz način izmijene. Također budućí kupci mogu doživjeti budućí prostor.

2.4.2 Autodesk 3Ds Max Interactive

Autodesk 3Ds Max Interactive (slika 11) je program za stvaranje virtualnog okruženja koji dolazi zajedno sa 3Ds Maxom 2018. 3Ds Max Interactive u sebi ima ugrađeni *real time engine* koji nudi alate za kreiranje sadržaja unutar virtualne stvarnosti. Zajedno sa alatima za kreiranje 3D modela i animacija unutar 3Ds Maxa nudi jednostavna i efikasna rješenja te vrlo relativno jednostavan radni tok stvaranja sadržaja. Sa 3Ds Max Interactive omogućeno je stvaranje sadržaja igara, arhitektonskih virtualnih prezentacija ili drugog interaktivnog sadržaja. 3Ds Max Interactive sadrži preddefinirane scene prilagođene najpopularnijim VR setovima kao što su HTC Vive i Oculus R [18].



Slika 11. Korisničko sučelje 3Ds Max Interactive

2.4.3 Virtualne šetnje

Pored prezentacije objekata unutar prostora virtualne stvarnosti još jedan vrhunski marketinški alat za prezentaciju prostora i objekata u njemu su virtualne šetnje. U ovoj temi diplomskog rada virtualne šetnje stavljaju se kao primjer kojim se unutar izrađene panorame u svim smjerovima, 360° na licu mjesta može staviti model budućeg objekta. Virtualne šetnje su multimedijaska tehnologija kojom se korisnicima kroz virtualnu scenu prezentira kretanje kroz snimljeni prostor. Snimljenim eksterijerom ili interijerom u svim smjerovima korisnicima se omogućava potpuni doživljaj određenog prostora i objekta koji bi se nalazio u budućnosti unutar tog prostora.

Osim što korisnicima omogućavaju da potpuno dožive prostor, virtualne šetnje mogu se kombinirati sa ostalim multimedijским sustavima poput ugradnje videa, glazbe te raznih vizualnih efekata. Virtualne šetnje moguće je implementirati unutar *Google Maps: street view-a*.

Za izradu virtualnih šetnji potrebna je kamera kojom je snima prostor u svim smjerovima

3 EKSPERIMENTALNI DIO

3.1 Informacije o stambenom objektu

U eksperimentalnom dijelu radu prikazuje se cjelokupni projekt vizualizacije rekonstrukcije (adaptacije) u gabaritima postojećeg stambenog objekta i postojeće gospodarske zgrade. Uspoređuje se kako dvodimenzijski prikaz, trodimenzionalni prikaz konceptualno vizualiziranog modela, fotorealistične slike budućeg rekonstruiranog stambenog objekta i interaktivni model prikazivanja unutar virtualne stvarnosti utječu na krajnjeg korisnika. Uspoređuje se koji je model prikaza optimalan za prezentaciju informacija stambenog objekta.

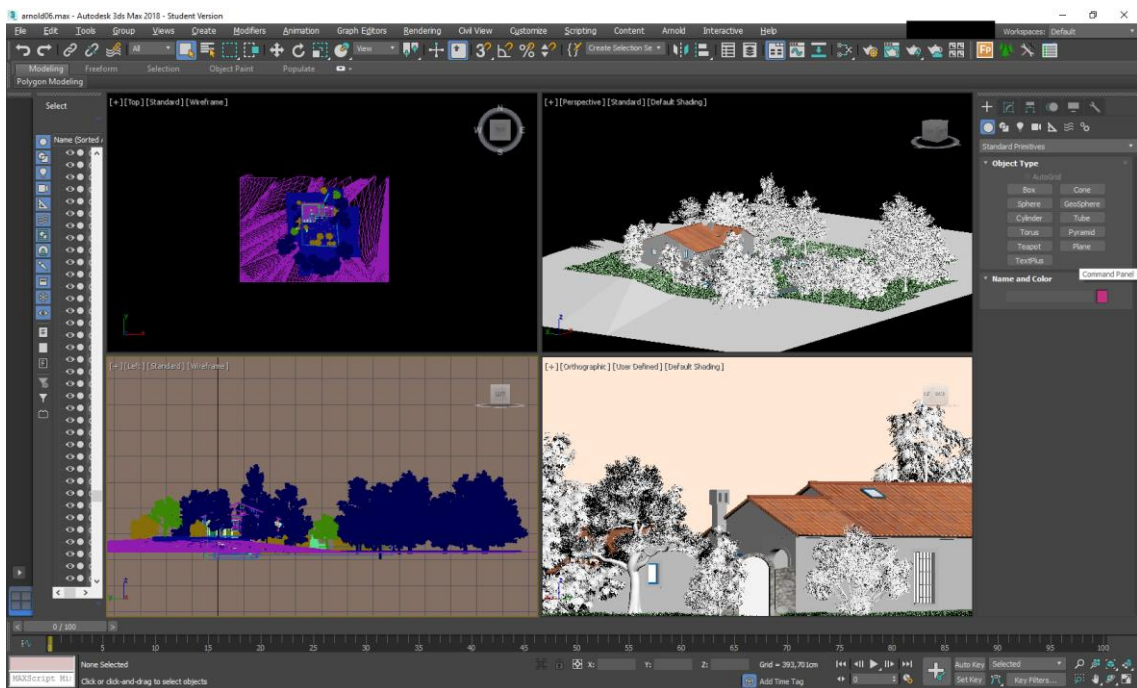
Za potrebe izrade eksperimentalnog dijela diplomskog rada projektni planovi i tekstovi su dobiveni iz projektnog ureda te su u skladu sa nacionalnim i europskim normama .

Stambeni objekt je oblikovan s detaljima autohtone arhitekture toga područja, a u skladu sa susjednim građevinama. Vrijedni primorski detalji su kamene volte ispod ulazne terase, kamene erte oko prozora, te grlo spremnika za vodu iz 1932. god, te je predviđeno maksimalno ih sačuvati. Stambeni objekt nalazi se u katastarskoj općini Šmrika. Funkcionalne jedinice u prostoru stambene i gospodarske zgrade su suteran i prizemlje, te unutarnje i vanjske stepenice [19].

„Arhitektonsko oblikovanje, horizontalni i vertikalni gabariti građevine, oblikovanje pročelja i krovništva, te upotrijebljeni materijali usklađeni su s okolnim građevinama, tipologijom krajolika i s namjenom objekta; Ukupna bruto izgrađena površina je 298,17 m². “ [19]

Razrađeni plan za izgradnju objekta treba sadržavati: niz skica, crteža i proračuna, vertikalni i horizontalni presjek objekta, prostorni crtež tj. trodimenzionalni model u konkretnom slučaju stambenog objekta kojem je prethodio dvodimenzijski tehnički nacrt i izgled pročelja.

Za izradu eksperimentalnog dijela ovog rada korišteni su Autodeskovi računalni programi koji studenti tijekom svog studija imaju besplatno na korištenje. U te programe spada Autodesk AutoCAD koji je korišten za prikaz tehničkog crteža stambenog objekta. Za izradu trodimenzionalnog modela korišten je ArCon Pro računalni program za konceptualno modeliranje. Konceptualni trodimenzionalni model stambenog objekta dobiven je od strane ureda za projektiranje te je napravljen po pravilima i standardima za projektiranje i izgradnju stambenih objekata. Konceptualno modelirani stambeni objekt izvezen je u formatu zapisa .3ds za razmjenu sa Autodeskovim 3Ds Maxom. 3Ds Max 2018 (slika12) također je Autodeskov računalni program koji studenti imaju besplatno na korištenje te je u njemu napravljena fotorealistična vizualizacija stambenog objekta te ujedno i eksperimentalni dio ovog diplomskog rada.



Slika 12. Svi pogledi u Autodesk 3ds Maxu 2018

Za fotorealističnu vizualizaciju odnosno njezine sastavne dijelove korištene su fotografije visoke rezolucije tekstura primijenjenih za fotorealistični prikaz eksterijera. Također, osvjetljenje u sceni dobiveno je pomoću HDRI fotografije neba i sunca tj. okoliša. Za renderiranje korišten je najnoviji Arnold render koji se nalazi u sklopu 3ds Max 2018. Za uređenje okoliša korišteni su gotovi modeli biljaka i stabala koje su prigodne za rast u mediteranskom području. S obzirom da se radi o rekonstrukciji postojećeg objekta teksture koje su korištene za prikaz suhozida oko stambenog objekta direktno su preuzete sa fotografije stvarnog suhozida zida što je prikazano na slici 13.



Slika 13. Korištena tekstura suhozida

Za stvaranje interaktivnog sadržaja unutar virtualne stvarnosti korišten je Autodeskov 3Ds Max Interactive. Sadržaj scene iz 3Ds Maxa prebačen je kao datoteka .fbx koja u sebi sadrži sve podatke o materijalima, teksturama i poligonima korištenim u sceni.

Pod rezultatima ovoga rada prikazuje se stambeni objekt u virtualnom prostoru u kojem je omogućeno stvaranje scene u stvarnom vremenu.

3.2 Uvjeti projekta

3.2.1 Podovi

Završna obrada poda na ulazu su kamene ploče, kao i unutarnjih i vanjskih stepenica, na krajevima gazišta obrađene su protuklizno. Svi podovi u objektima su ravni, predviđeni kao "plivajući" sa slojem toplinske izolacije iznad koje su topli i hladni podovi. Topli podovi su sa završnom oblogom od hrastovog parketa, odnosno laminat. Hladni podovi izvode se iz glaziranih keramičkih pločica I klase. Završna obrada poda vinskog podruma je cementna glazura.

3.2.2 Zidovi

Unutarnji zidovi i stropovi žbukaju se grubom i finom produžnom žbukom debljine 2,0 cm i potom boje poludisperzivnom bojom svijetlih tonova, zbog mogućnosti reflektiranja prirodnog i umjetnog svijetla, po izboru investitora. Zidovi u sanitarnim čvorovima i kuhinji obloženi su keramičkim pločicama, zbog lakšeg održavanja površina.

3.2.3 Otvori i osvjetljenje

Prozori i vrata na vanjskim zidovima su predviđeni drveni, industrijski izvedeni i opremljeni potrebnim okovom. Završno su obrađeni u tamnom tonu, te ostakljeni prozirnim izo-staklom i zaštićeni griljama.

Na prozorima će biti ugrađene klupčice od poliranog kamena, a oko prozora kamene erte.

3.2.4 Pročelja – vanjska obrada

Pročelja su u svijetlom tonu. Obrada pročelja je toplinsko izolacijskim fasadnim sustavom, debljine 10,5 cm, a završna obrada pročelja je glatka žbuka.

3.2.5 Uvjeti za uređenje građevne čestice zelenih i parkirališnih površina

Slobodne površine na parceli uređuju se na tradicionalan način, poštujući funkcionalne i oblikovne karakteristike krajobraza, uz upotrebu autohtonih biljnih vrsta primorskog zelenila. Hortikulturno se planira urediti cca 40 % površine parcele.

Očuvanje prirodnog izgleda terena, okolni teren je u blagom padu i riješen je terasasto s kamenim potpornim zidovima max. visine 1,50 m. Ograda je u regionalnom stilu, tj. kameno - betonski ogradni zid, visine 80 cm, odnosno zimzelena živica od primorskog zelenila. Prilazni putevi su betonirani, popločeni kamenom ili betonskim opločnicima. Pločnik je u nivou zatravljene površine – izvesti oko objekta.

Na slikama 14,15,16,17, prikazano je realno stanje objekta koji se renovira.



Slika 14. Prikaz jugoistočnog pročelja stambenog objekta u Šmrici



Slika 15. Prikaz sjevernog pročelja pomoćne gospodarske zgrade u Šmrici

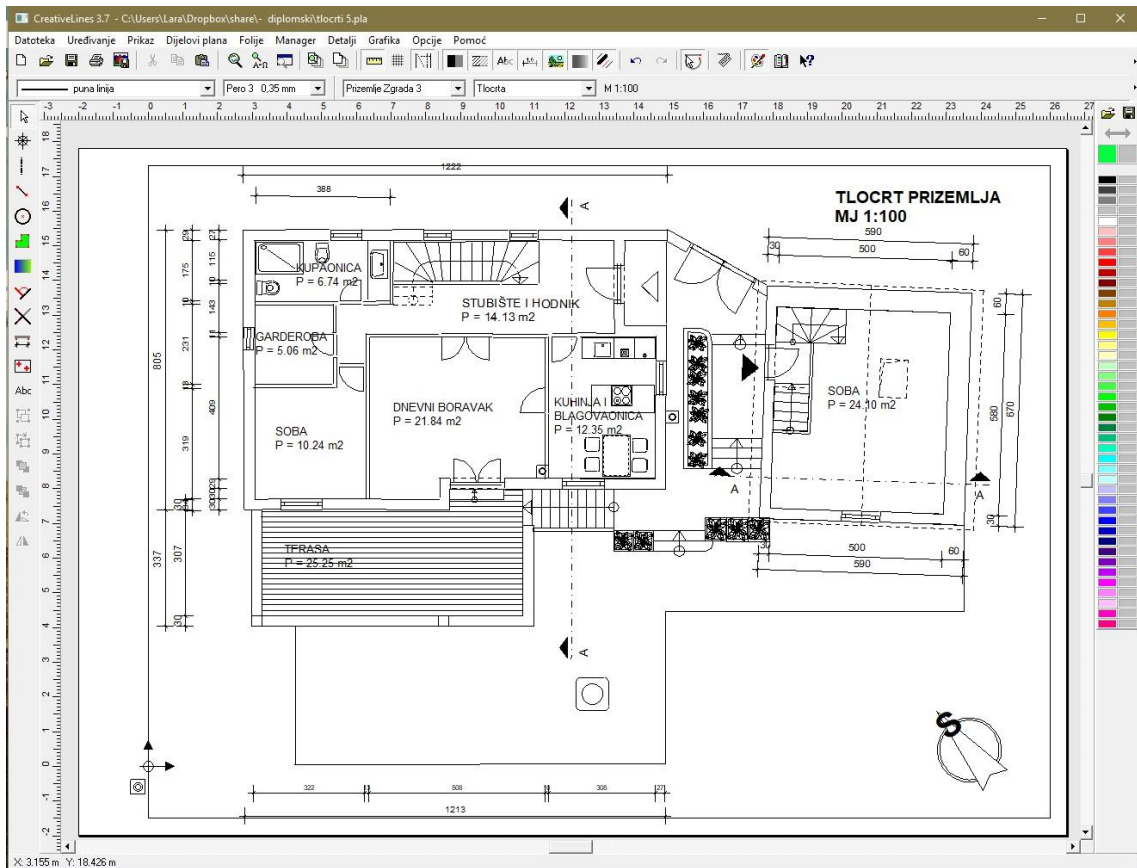


Slika 16. Prikaz južnog pročelja pomoćne gospodarske zgrade u Šmrći



Slika 17. Prikaz realnog detalja objekta

Primjer dvodimenzijskog plana i konceptualno izrađenog 3D modela u računalnom programu za vizualnu arhitekturu ArCon Pro te obrađenog u dodatku za ArCon CreativeLines 3.7. Tlocrt stambenog objekta i gospodarske zgrade izrađen je prema europskim normama i pravilima za nacrtu geometriju i tehnički crtež. Prikaz dvodimenzijskog tlocrta buduće rekonstrukcije objekata prikazan je na slici 18.



Slika 18. Prikaz dvodimenzijskog tlocrta buduće rekonstrukcije objekata

4 REZULTATI

Nakon primijenjenih tehničkih specifikacija iz tehničkog opisa glavnog projekta za rekonstrukciju izrađena je fotorealistična vizualizacija stambenog objekta u Šmrici.

Na slikama od 19 do 26 prikazuje se rezultat vizualizacije, a u tekstu su navedene karakteristike osvjetljenja, korištenih tekstura i materijala. Prikazan je rezultat renderiranih scena s obzirom na osvjetljenje i karakteristike materijala u svrhu što vjernijeg prikaza odnosno fotorealizam koji je i ostvaren.

Kroz četiri kadra scene prikazane su simulacija sunca, oblačnog neba i mraka kako bi prikaz bio što vjerniji. Kod postavljanja scene za renderiranje korištene su HDRI fotografije vedrog neba, oblačnog neba, sunčanog neba, i zalaska sunca, te ekspozicija prilagođena HDRI fotografiji. Također je zadana ambijentalna boja svijetla u vrijednosti od 6800K. Za pozadinu scene korištena je fotografija prilagođena ambijentu. Na slikama 18,19 i 21 prikazane su simulacije vedrog neba i dnevnog osvjetljenja. Na slici 20 prikazana je simulacija zalaska sunca. Na slici 22 prikazana je simulacija oblačnog neba. Na slici 23 prikazana je simulacija izlaska sunca.



Slika 19. Prikaz fotorealistične vizualizacije jugoistočnog pročelja



Slika 20. Prikaz fotorealistične vizualizacije jugozapadnog pročelja



Slika 21. Prikaz fotorealistične vizualizacije sjeveroistočnog pročelja; zalazak sunca



Slika 22. Prikaz fotorealistične vizualizacije sjeverozapadnog pročelja; vedro nebo

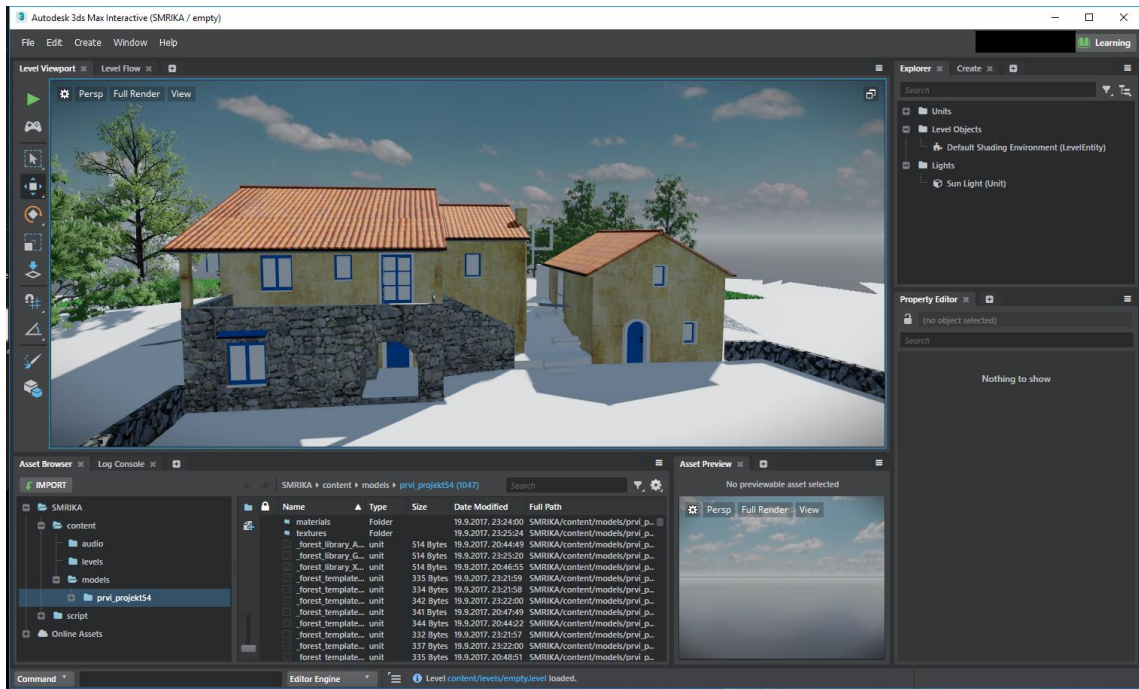


Slika 23. Prikaz fotorealistične vizualizacije; oblačno nebo

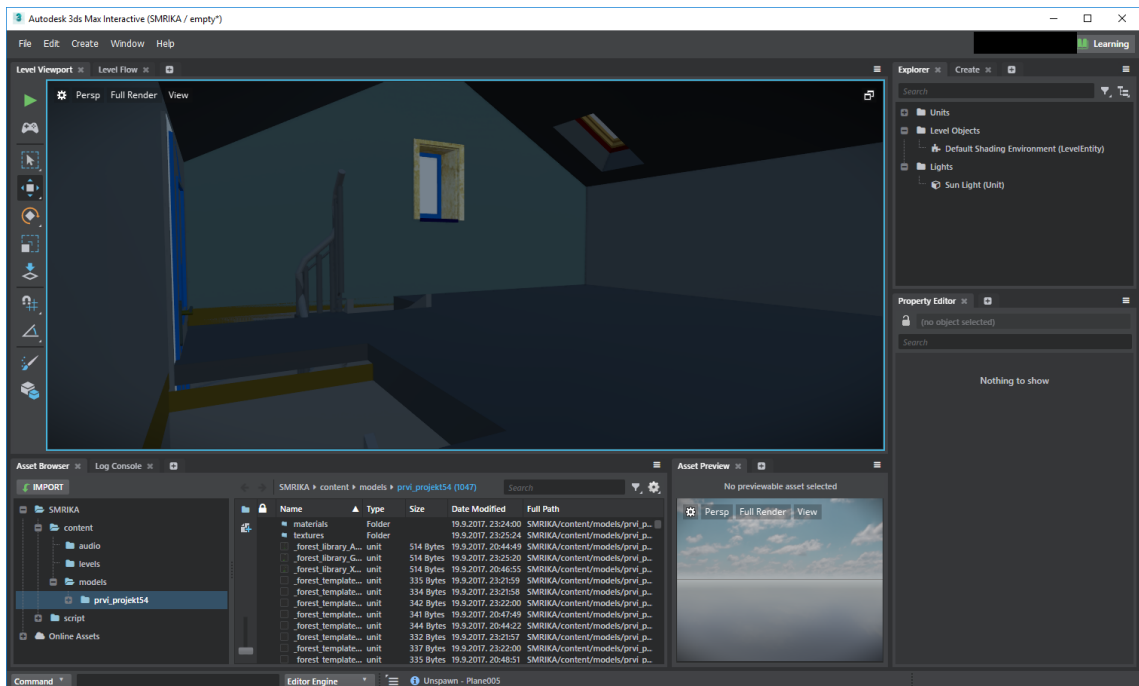


Slika 24. Prikaz fotorealistične vizualizacije sjeveroistočnog pročelja ; izlazak sunca

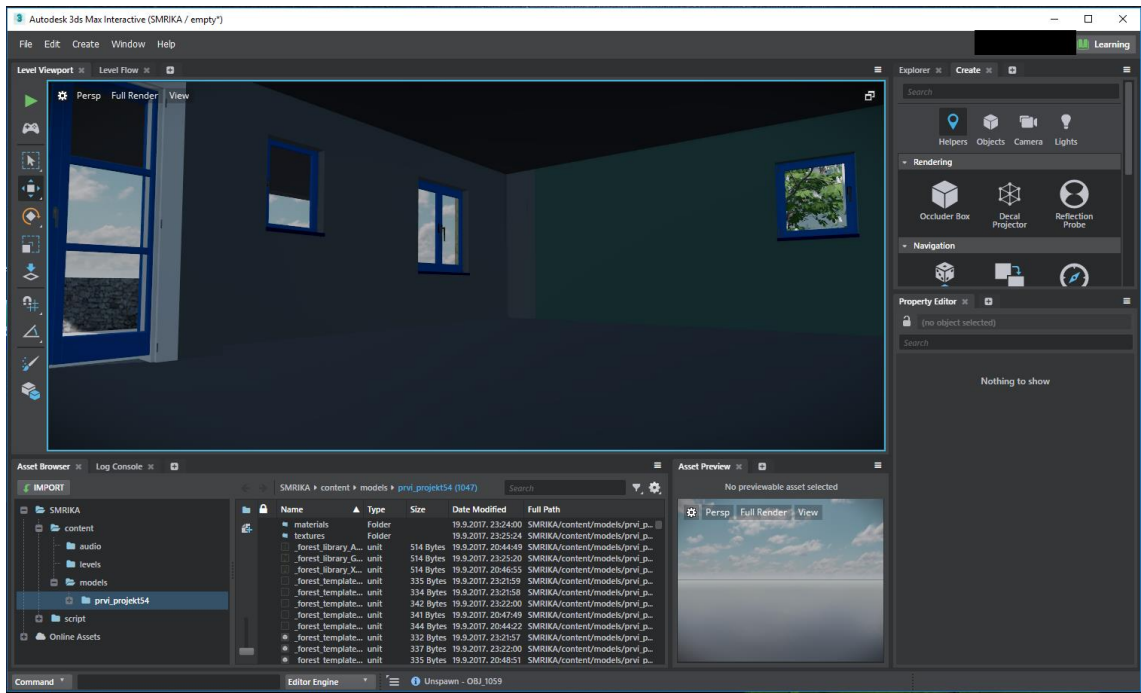
U računalnom programu 3ds Max Interactive stvorena je okolina i okruženje potrebno za kretanje u virtualnom prostoru. Na slikama 25,26 i 27 prikazan je model stambenog objekta u programu 3ds Max Interactive



Slika 25. Prikaz modela unutar virtualne stvarnosti; eksterijer



Slika 26. Prikaz modela unutar virtualne stvarnosti; interijer



Slika 27. Prikaz modela unutar virtualne stvarnosti; interijer 2

5 ZAKLJUČCI

Trodimenzionalne informacije koje se nalaze unutar virtualnog okruţja daju novu dimenziju objektu ali i interaktivnu informativnu dimenziju prezentaciji putem koje se investitoru prezentirao budući objekt. Prostor u kojemu se moţe kretati, drţati svoju kuću na dlanu, a da još nije izgrađena, prošetati budućem dvorištem dali su investitoru motivaciju i sigurnost u pokretanju i ostvarivanju rekonstrukcije stambenog objekta. Realni prikaz okoliša te položaj sunca i osvjetljenje jedan su od glavnih faktora koji dočaravaju objekt kao da je „tamo izgrađen“. Među osvjetljenjem u virtualnom okruţju također jako utječe kvaliteta dodanih materijala i tekstura na sam stambeni objekt. Dvodimenzijski prikaz nacrtu objekta je nuţan ali ne i jedini naćin preko kojeg se moţe investitoru dočarati budući prostor i oţiviti ga. Glavni projekti zahtijevaju dvodimenzijski prikaz nacrtu, te će više sluţiati arhitektu i izvođaću radova. Kod konceptualno modeliranog objekta investitor nije mogao dobiti punu sliku budućeg objekta. Premalo informacija koje povlaće mnoštvo pitanja o samome objektu. Fotorealistićno vizualizirani prikaz prihvaćen je kao optimalan prikaz objekta te će se također u obliku fotografija naći u glavnom projektu.

Fotorealistićni prikaz, prikaz u virtualnoj šetnji te interaktivni prikaz unutar virtualnog okruţja moguće je iskoristiti kao vrhunski marketinški alat za prikaz eksterijera i interijera. Ciljana skupina za korištenje takvih usluga su ljudi koji se bave prodajom i najmom nekretnina, arhitektima za bolji prikaz klijentima, poslovni prostori, kulturna dobra, muzeji i galerije i drugo. Jedna od velikih prednosti ovakvog naćina prikaza objekata je da se mogu prikazivati na mobilnim uređajima, tabletima itd., što ga ćini još reprezentativnijim.

Fotorealistićne vizualizacije jedan su od najboljih naćina za prikaz tek osmišljenih objekata ili proizvoda. Izrađene vizualizacije u raćunalnom programu za trodimenzionalno modeliranje i stvaranje fotorealistićnih slika mogu se iskoristiti u suradnji sa tehnologijama virtualne stvarnosti i virtualnih šetnji te tako zajedno ćine vrhunski marketinški alat. Naravno, svaka od tih „U podrućju marketinga atraktivne interaktivne vizualizacije uz dobro osmišljen scenarij pruţaju vrlo široke mogućnosti promocije“ [20].

6 LITERATURA

- [1] S. Lemeš (2013), *3D vizualizacija*; Predavanja za Šumarski fakultet u Sarajevu, Sarajevo.
- [2] L. Lipošinović (1998), *Nacrtna geometrija za graditeljske tehničke škole*. Element, Zagreb
- [3] ***<http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=60651>; Tehnički nacrt; (30.08.2017)
- [4] Leksikografski zavod Miroslav Krleža (2007); Tehnički leksikon, Zagreb.
- [5] ***https://web.iit.edu/sites/web/files/departments/academic-affairs/academic-resource-center/pdfs/Introduction_to_AutoCAD.pdf (15.08.2017)
- [6] ***<http://www.fundinguniverse.com/company-histories/autodesk-inc-history/>. [Accessed: 29-Aug-2017].
- [7] ***https://www.pilon.si/upload/rte/slike/Graphisoft/BIM_Lecture_Notes.pdf," in *BIM Curriculum - Lecture Notes*, 2006.(05.08.2017)
- [8] N. Josip(2017); *Optimizacija topologije računalne 3D geometrije u procesu aditivne proizvodnje*; Završni rad, Grafički fakultet u Zagrebu
- [9] A. R. Xuetao Yin, Peter Wonka; *Generating 3D Building Models from Architectural Drawings*; A Survey, Arizona State University
- [10] K. Karsch, M. Golparvar-Fard, and D. Forsyth, *ConstructAide: Analyzing and Visualizing Construction Sites through Photographs and Building Models*
- [11] Digital Media (2012), *ArCon - Vizualna arhitektura*, Čakovec
- [12] A. Kuveždić (2006), *Primjene fotorealističnih 3D modela u dokumentiranju arheoloških istraživanja*;Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet
- [13] K. Murdock (2014), *Autodesk 3ds Max 2014 Bible* 2014.
- [14] R. K. Mantiuk, K. Myszkowski, and H.-P. Seidel(2016) *High Dynamic Range Imaging*.
- [15] D. Dijanić (2015), *Proces iscrtavanja Usporedba 3ds Max, Cinema 4D i Maya*, Završni rad, Sveučilište Sjever; Varaždin
- [16] *** <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=64795>; Virtualna stvarnost (05.07.2017]
- [17] M. Srdanović(2011); *Virtuelna stvarnost ili stvarna virtuelnost?*; Esej; Mašinski fakultet u Sarajevu, Sarajevo

- [18] ***http://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2018/ENU/?guid=Max_Interactive_Help_about_3ds_max_interactive_html. (18.08.2017)
- [19] Projektna dokumentacija (2010); Tehnički opis, Glavni projekt za rekonstrukciju,
- [20] Igor S. Pandžić, T. Pejša K. Matković H. Benko A. Čereković M. Matijašević, (2011) Definicija virtualnog okruženja, iz *Virtualna okruženja: interaktivna 3d grafika i njene primjene*; Element