

# Multimedija u arhitekturi

---

Mihalić, Aleksandra

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:076450>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-20**

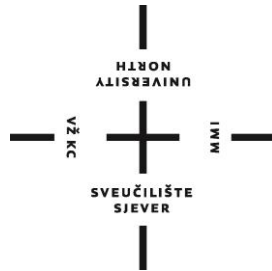


Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER  
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



DIPLOMSKI RAD br. 125/MMD/2023

**MULTIMEDIJA U ARHITEKTURI**

Aleksandra Mihalić

Varaždin, listopad 2023.



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**  
**Studij Multimedije**



DIPLOMSKI RAD br. 125/MMD/2023

**MULTIMEDIJA U ARHITEKTURI**

Student:  
Aleksandra Mihalić, 0054018997

Mentor:  
izv.prof.art.dr.sc. Robert Geček

Varaždin, listopad 2023.

# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za multimediju

STUDIJ diplomski sveučilišni studij Multimedije

PRISTUPNIK Aleksandra Mihalić

MATIČNI BROJ

DATUM 21.09.2023

KOLEGIJ Dizajn interaktivnih medija

NASLOV RADA Multimedija u Arhitekturi

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Multimedia in Architecture

MENTOR Robert Geček

ZVANJE izv.prof.art.dr.sc.

ČLANOVI POVJERENSTVA

- doc.dr.sc.Andrija Bernik - predsjednik
- doc.art.dr.sc.Mario Periša
- izv.prof.dr.sc. Robert Geček - mentor
- izv.prof. dr.sc. Emil Dumić - zamjenski član
- 

## Zadatak diplomskog rada

BROJ 125-MMD-2023

OPIS

Cilj ovog diplomskog rada je analizirati multimedijske alate koji se mogu koristiti u arhitekturi te prikazati prednosti korištenja takvih alata koji se danas sve češće koristi u arhitekturi. Multimedija može biti moćan alat za arhitekte koji žele stvoriti učinkovite i kvalitetne projekte, te ona kao takva ima potencijal da značajno promijeni način na koji se arhitektura doživljava. Značajan utjecaj multimedijskih alata u stvaranju fotorealističnih 3D slika, doveo je do pristupačnijeg i atraktivnijeg prikaza arhitektonskih projekata. U procesu arhitektonskog projektiranja danas, gotovo se uopće više ne skicira ručno, Računalna izrada 3D simulacija „skiciraju“ novu arhitekturu, živimo u vremenu kada je olovku zamijenila digitalna tehnologija, 3D skice, 3D vizualizacije i animacije. Arhitektonsko projektiranje predstavlja tržišno izrazito konkurentno područje. Štoviše, može biti iznimno teško promovirati svoju tvrtku koristeći samo fotografije modela i konačnih rezultata. Uz 3D vizualizaciju i animaciju, tvrtke mogu stvoriti uvjerljive animacije za svoje stranice na društvenim mrežama, online kataloge i reklamne kampanje. Najbolje od svega, mogu koristiti 3D prikaze bez obzira na to je li projekt uopće započeo ili nije. Uz 3D renderiranje, moguće je predstaviti takve konceptualne projekte publici u fotorealističnoj kvaliteti. To omogućuje dizajneru da se bolje pozicionira

ZADATAK URUČEN 15.09.2023.



# **Predgovor**

Tema ovog rada je odabrana je iz osobne preferencije. Zbog velikog utjecaja 3D softvera na proces arhitektonskog oblikovanja i dizajna, i sama sudjelujući u procesu projektiranja i stvaranja projekta, osjetila sam potrebu analizirati i proučiti koliki je utjecaj multimedijских alata u tom postupku te postupku samog prezentiranja arhitektonskog projekta, na koji način utječe na proučavanje problema i odabir konačnog rješenja.

Ovim putem želim zahvaliti svojoj obitelji na razumijevanju i podršci koju su mi pružali tijekom studiranja, te mentoru i svim profesorima na susretljivosti i stručnosti, te nesebičnoj pomoći u svim aspektima na ovom putu do završetka diplomskog studija.

Posebnu zahvalu upućujem mojoj majci.

## Sažetak

U 21. stoljeću, vremenu u kojem se svijet u potpunosti sagledava preko ekrana veličine dlana pojedinca, slika i multimedijски sadržaji postali su sastavni izvor informacija i noviteta. Učinci multimedijских sadržaja sada su preuzeli ulogu glavnog dobavljača znanja i aktualnih događaja. Danas se i globalizacija arhitekture uvelike pripisuje razvoju multimedije i programa koji olakšavaju rukovanje arhitekturom i njen napredak.

Arhitektonsko projektiranje predstavlja tržišno izrazito konkurentno područje. Štoviše, može biti iznimno teško promovirati svoju tvrtku koristeći samo fotografije modela i konačnih rezultata. Uz 3D vizualizaciju i animaciju, tvrtke mogu stvoriti uvjerljive animacije za svoje stranice na društvenim mrežama, online kataloge i reklamne kampanje. Najbolje od svega, mogu koristiti 3D prikaze bez obzira na to je li projekt uopće započeo ili nije. U nekim slučajevima, određeni arhitektonski studio ili tvrtka možda će htjeti koristiti teoretsku zgradu kako bi prikazali svoje vještine ili inovacije. Uz 3D renderiranje, moguće je predstaviti takve konceptualne projekte publici u foto realističnoj kvaliteti. To omogućuje dizajneru da se bolje pozicionira u odnosu na konkurenciju i stvarno pokaže svoje mogućnosti.

Kako se ove tehnologije nastavljaju razvijati, one će dodatno potaknuti inovacije i održivost u arhitekturi. Kako bi arhitekti ostali konkurentni u ovom dinamičnom području, ključno je prihvaćanje punog potencijala vizualizacije.

Cilj ovog diplomskog rada je analizirati multimedijске programe koji se mogu koristiti u arhitekturi te prikazati prednosti takvog oblika alata koji se danas sve češće koristi u arhitekturi.

**Ključne riječi:** arhitektura, animacija, multimedija, virtualna stvarnost, 3D vizualizacija.

## Abstract

In the 21st century, a time in which the world is viewed entirely through a screen the size of an individual's palm, images and multimedia content have become an integral source of information and news. The effects of multimedia content have now assumed the role of the main supplier of knowledge and current events. Today, the globalization of architecture is largely attributed to the development of multimedia and programs that facilitate the handling of architecture and its progress

Architectural design is a highly competitive market field. Moreover, it can be extremely difficult to promote your company using only photos of models and final results. With 3D visualization and animation, businesses can create compelling animations for their social media pages, online catalogs, and advertising campaigns. Best of all, I can use 3D renderings whether or not the project has even started. In some cases, a particular architectural studio or firm may want to use a theoretical building to showcase their skills or innovations. With 3D rendering, it is possible to present such conceptual projects to the audience in photo-realistic quality. This allows the designer to better position himself in relation to the competition and really show his capabilities.

As these technologies continue to evolve, they will further drive innovation and sustainability in architecture. For architects to remain competitive in this dynamic field, embracing the full potential of visualization is key.

The aim of this thesis is to analyze multimedia programs that can be used in architecture and to show the advantages of such a tool that is increasingly used in architecture today.

**Keywords:** architecture, animation, multimedia, virtual reality, 3D visualization.



## **Popis korištenih kratica**

AEC	Architecture, Engineering and Construction
AVI	Audio Video Interleaved
CAD	Computer Aided Design
CGI	Computer-generated Imagery
DVD	Digital video disc
GIF	Graphic Interchange Format
HD	High Definition
HTML	HyperText Markup Language
JPEG	Joint Photographic Experts Group
MIDI	Musical Instrumental Digital Interface
MP3	Moving Picture Experts Group Layer-3 Audio
PNG	Portable Network Graphics
WAV	Waveform Audio File Format
WMA	Windows Media Audio

# Sadržaj

1.	Uvod	1
2.	Pojam i značenje Multimedija	3
2.1.	Elementi multimedije .....	4
2.1.1.	Tekst .....	4
2.1.2.	Grafika.....	5
2.1.3.	Zvuk .....	7
2.1.4.	Animacija .....	8
2.1.5.	Video .....	9
2.2.	Multimedijalni računalni sustavi .....	10
2.2.1.	Faze multimedijuskog projekta .....	11
2.2.2.	Elementi multimedijuskog sadržaja .....	12
3.	Pojam i značenje arhitekture kroz povijest	14
4.	Multimedija u Arhitekturi	23
5.	Primjena multimedijuskih programa i sadržaja u arhitekturi	31
5.1.	Računalno oblikovanje .....	31
5.2.	3D vizualizacije.....	36
5.3.	Softveri za 3D vizualizaciju .....	40
5.3.1.	Autocad .....	43
5.3.2.	ArchiCAD Graphisoft .....	43
5.3.3.	SketchUp .....	44
5.3.4.	Revit .....	44
5.3.5.	3D Studio Max .....	45
5.3.6.	Rhino 3D .....	46
5.3.7.	Artlantis.....	46
5.3.8.	Twinmotion .....	47
5.4.	Virtualna stvarnost .....	48
6.	Zaključak	61
7.	Literatura	62
8.	Popis slika	64
9.	Izvori slika	66
10.	Prilozi	68



## 1. Uvod

Arhitektonsko projektiranje predstavlja tržišno izrazito konkurentno područje. Štoviše, može biti iznimno teško promovirati svoju tvrtku koristeći samo fotografije modela i konačnih rezultata. Uz 3D vizualizaciju i animaciju, tvrtke mogu stvoriti uvjerljive animacije za svoje stranice na društvenim mrežama, online kataloge i reklamne kampanje. Najbolje od svega, mogu koristiti 3D prikaze bez obzira na to je li projekt uopće započeo ili nije. U nekim slučajevima, određeni arhitektonski studio ili tvrtka možda će htjeti koristiti teoretsku zgradu kako bi prikazali svoje vještine ili inovacije. Uz 3D renderiranje, moguće je predstaviti takve konceptualne projekte publici u foto realističnoj kvaliteti. To omogućuje dizajneru da se bolje pozicionira u odnosu na konkurenciju i stvarno pokaže svoje mogućnosti.

Multimedija može biti moćan alat za arhitekte koji žele stvoriti učinkovite i kvalitetne projekte, te ona kao takva ima potencijal da značajno promijeni način na koji se arhitektura doživljava. Značajan utjecaj multimedijских alata u stvaranju foto realističnih 3D slika doveo je do pristupačnijeg i atraktivnijeg prikaza arhitektonskih projekata. Računalno potpomognuti dizajn (skraćeno CAD) tehnika je projektiranja i prikazivanja 2D i 3D izgleda i modela za različite namjene pomoću softverske aplikacije. Ovu tehniku koristi nekoliko industrija za izradu različitih komponenti. Arhitekti, dizajnerski studiji, investitori i građevinske tvrtke već godinama koriste računalnu 3D grafiku. Kroz 3D vizualizaciju, ovi profesionalci mogu svojim klijentima predstaviti foto realističan konačni rezultat mnogo prije nego što buduće građevine izađu iz faze zemljanih radova. Zapravo, 3D vizualizacija se pokazala ne samo integralnom u procesu privlačenja klijenata, već i u natjecanju za vrijedne građevinske ugovore.

Umjesto da negdje gledaju modele, skice ili sheme u arhitektonskom uredu, klijenti sada mogu vjerno uroniti u viziju arhitekta gdje će uz prednost najsvremenijeg softvera “prošetati” zamišljenim prostorom kako bi dobili bolju predodžbu o njemu. 3D vizualizacija je bez sumnje promijenila konceptualizaciju, izvedbu i prezentaciju arhitektonskih projekata. Kako se ove tehnologije nastavljaju razvijati, one će dodatno potaknuti inovacije i održivost u arhitekturi. Kako bi arhitekti ostali konkurentni u ovom dinamičnom području, ključno je prihvaćanje punog potencijala vizualizacije.

Moderna arhitektura koristi usluge profesionalnih 3D studija za izradu svojih vizualizacija i 3D modela za sebe i za svoje klijente. Razlog zašto su arhitektonske vizualizacije postale toliko razvijene je skrivena u njezinoj fotorealističnosti. Naime renderirane slike ponekad izgledaju realnije od stvarnih te su točnije od tradicionalnih crteža. Osim za vizualizacije modeli i scene kod arhitekture koriste se za razne simulacije i utjecaje raznih prirodnih i neprirodnih pojava na

objekte u strogo kontroliranim uvjetima. Razvoj 3D softvera za sobom je donio pregršt studija kojima je primarna zadaća samo izrada 3D modela i scena za potrebe drugih. Arhitektonsko modeliranje omogućava nama i arhitektima vizualizaciju objekta i hodanje kroz njega u interaktivnom smislu. Tako se dobiju Interaktivna okruženja koja mogu biti jednostavna poput kuće ili složena poput kompleksa zgrada. Ne samo da se kroz arhitektonske vizualizacije i simulacije može provjeriti i testirati specifikacije i struktura već se mogu poigrati i svjetlom i dobiti visoko realne rezultate svjetla poput sunca bačene na neki objekt kroz specifične materijale i zatim proučavanje njihovog ponašanja. Iako postoji niz online baziranih programa za izradu 3D vizualizacija još se niti jedan ne može mjeriti s profesionalnim alatima za 3D modeliranje i vizualizaciju.

Pojam “multimedija” dobiva na značenju kada se pojašnjava od različitih ljudi jer svako ima svoju ideju interpretacije. Stoga sam pojam predstavlja drugačiju svrhu pojedincu. Svako objašnjenje je korektno jer se multimedija može gledati iz različitih pogleda. Danas smo okruženi multimedijom i ne postoji osoba koja ju u nekom djelu života nije koristila ili bila pod njenim utjecajem. Cilj ovog diplomskog rada je analizirati multimedijske programe koji se mogu koristiti u arhitekturi te prikazati prednosti takvog oblika alata koji se danas sve češće koristi u arhitekturi.

## 2. Pojam i značenje Multimedija

Multimedija dolazi od korijena riječi koja je nastala od dva morfema iz latinskog jezika, a to su *multis*; višestruki, brojni i *medium*; posrednik ili kanal. Kao i sama riječ, definicija multimedije također predstavlja složenicu tj. kombinaciju medija. U punom smislu multimedija predstavlja kombiniranje teksta, zvuka, grafike, animacije i videa koja se dostavlja posredovanjem računala i drugog elektronskog ili digitalnog sredstva. Svaki element multimedije je u osnovi samostalni sadržaj ali kombinacijom predstavlja aplikacije i dokumente koji su poboljšani. U suštini multimedija kroz više medija potiče ljudske podražaje koji su interpretirani od strane osjetila. Upravo ovim psihološkim elementom potiče ljudsku interakciju kroz više načina prikaza podataka. Ljudi su konstantno u potrazi za bržim i jednostavnijim sredstvom za prijenos informacija. Multimedija jest rezultat dugogodišnjeg prakticiranja medija na jedan način dok se danas može koristiti na razne načine. Danas, u najvećoj mjeri do sada, zadovoljava kompleksnu ljudsku percepciju kao alat za komunikaciju i prijenos informacija.

Prema Savage i Vogel (2009) revolucija multimedije ne predstavlja samo obavljanje tradicionalnih zadataka na novi način. Autori smatraju da je cilj u stvaranju novih pristupa komunikaciji, trgovanju, obrazovanju i zabavi. Kao primjer navode zamjene ovih djelatnosti putem računala. Mobiteli, putem transformacije u pametne mobitele, predstavljaju uređaje za dopisivanje u stvarnom vremenu. E-trgovina omogućava direktni pristup mnogobrojnim uslugama i proizvodima nudeći prikaz slika, recenzija i usporedbe cijena. Profesori koriste ploče na kojima su nekada pisali i objašnjavali za projekciju tih istih informacija putem digitalnih medija. Novi oblici zabave pružaju interaktivni pristup putem multiplayer video igara, online poker turnira i podcastova. U ovim oblicima digitalne multimedije, i mnogim drugima, korisnici kao potrošači žele imati pristup informacijama. Takav oblik interakcije naziva se interaktivna multimedija

Interaktivna multimedija predstavlja kontrolu tijeka informacija od strane korisnika. “Kada dopustite krajnjem korisniku – poznatom kao gledatelj multimedijalnog projekta – da kontrolira kada i koji elementi će biti prikazan on će ostvariti interaktivnu multimediju.” Vaughan (2011:2). Postoji par vrsti spomenutog oblika multimedije. Najpoznatiji je hipermedij. Hipermedij je napredniji oblik interaktivne multimedije gdje poslužitelj omogućuje strukturu s relativnim informacijama kojima korisnik može pristupiti. Drugim riječima predstavlja multimedijske sadržaje koji su međusobno isprepleteni. Upravo na ovaj način je i nastala sama riječ koja je spoj hiperteksta i multimedije čiji rezultat jest hipermedij. Korisnik kao pretraživač i čitatelj informacije stvara svoj vlastiti doživljaj pretraživanja i čitanja. Primjer ovog oblika interaktivne

multimedije jest World Wide Web, spoj raznih platformi koje omogućuju korisnicima razumijevanje informacija putem hiperveza.

Suprotno interaktivnoj multimediji jest neinteraktivna multimedija. U neinteraktivnoj multimediji korisnik nema kontrolu nad tijekom informacija. Ovaj oblik multimedije jest slijed medijskih elemenata ustanovljen tako da se prezentiraju određenim redoslijedom. Razlog zašto ovaj oblik multimedije nije pretežito zanimljiv pronalazi se u isključenosti interaktivnosti koja je bitna komponenta korisnikove aktivnosti jer na taj način bira i odlučuje u aplikaciji ili programu te dobiva povratni utjecaj u realnom vremenu. Primjer oblika neinteraktivne multimedije jest kino projekcija filmova. Iako sadrži zvuk i video ne može ih dovoljno naglasiti jer ne omogućuje interakciju korisnika koja ga veže za nju. Upravo iz tog razloga korisnici danas više provode interaktivnu multimediju jer je multimedija uspjela pretvoriti pasivne promatrače informacija u aktivne sudionike u stvaranju i dijeljenju istih.

## **2.1. Elementi multimedije**

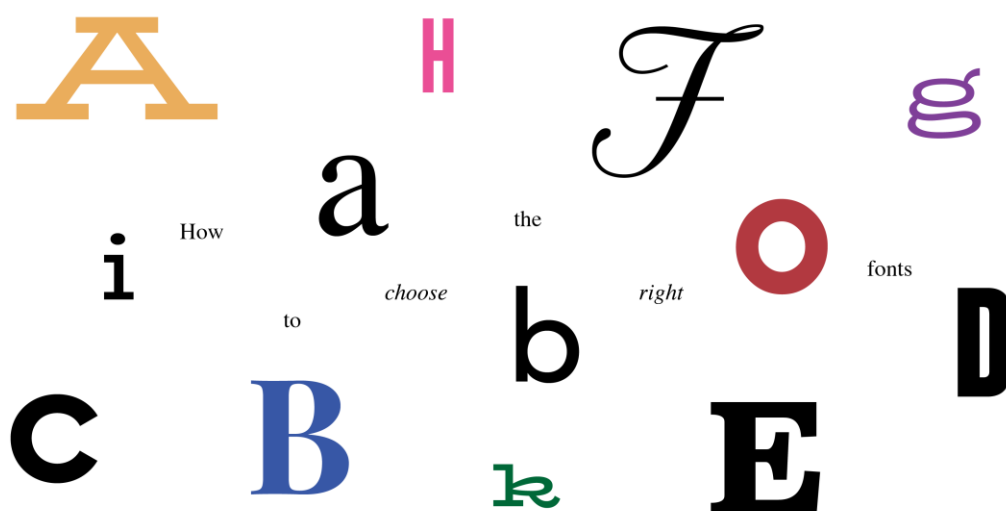
Kao što je već spomenuto u prijašnjem odlomku multimedija predstavlja informaciju kao kombinaciju teksta, grafike, zvuka, animacije i videa. Ovih pet sastavnica čine osnovne multimedijalne elemente. Detaljnije su objašnjeni u slijedećim poglavljima

### **2.1.1. Tekst**

Tekst kao pisani jezik je primarni oblik komunikacije i informiranja. Njegovo poznavanje čini svrhu obrazovanja i sudjelovanja u društvu. Kao takav predstavlja poznavanje povijesti postojanja i čovječanstva. Tekst je niz znakova poput slova, brojeva i pomoćnih znakova. Prvi znakovi teksta pisani su simbolima u drevnoj Mezopotamiji, Egiptu i Babilonu. Smatralo se kako su se njegovim korištenjem elitni dio populacije i svećenici isticali zbog sposobnosti razumijevanja. Tada privilegija, a danas potrebna vještina u većini modernih kultura koja predstavlja okosnicu poslovanja.

U digitalnom svijetu tekst ima dodatnu važnost jer putem povezivanja s drugim medijima omogućuju interakciju. Primarni jezik interneta i World Wide Weba jest HTML. HTML (engl. Hypertext Markup Language) predstavlja dizajn računalnog jezika za web preglednike koji se koristi kao temelj prikazivanja teksta na ekranima digitalnih uređaja. Temelj HTML-a čini hipertekst. Putem hiperteksta prikazuju se informacije koje sadrže hiperveze prema ostalim dokumentima. Hipertekst omogućuju uključenost više elemenata multimedije (slika, zvuk, animacija) i upravo zbog toga prednjači u usporedbi s pisanim tekstom u tisku.

U svrhu razlikovanja teksta na internetu postoje razne odrednice. Najvažnija od njih je porodica fontova (engl. typeface). Typeface predstavlja skup grafičkih znakova koji mogu sadržavati razne veličine i stilove. Font prikazuje znakove putem raznih mogućnosti. On predstavlja elektronički niz podataka i slovnih simbola. Fontovi se mogu uređivati na raznovrsne načine. Upravo ovaj oblik prikaza znakova predstavlja vizualnost web stranice.



Slika 2-1 Kako odabrati pravi font

Važno je znati izabrati “pravi” font kada je u pitanju multimedija. On privlači ili udaljava korisnikovu pažnju. Opće upute za oblikovanje rada na internetu nalažu kako se tekst za objavljivanje piše u računalnom programu fontom Times New Roman veličine 12 uz prored 1,5.

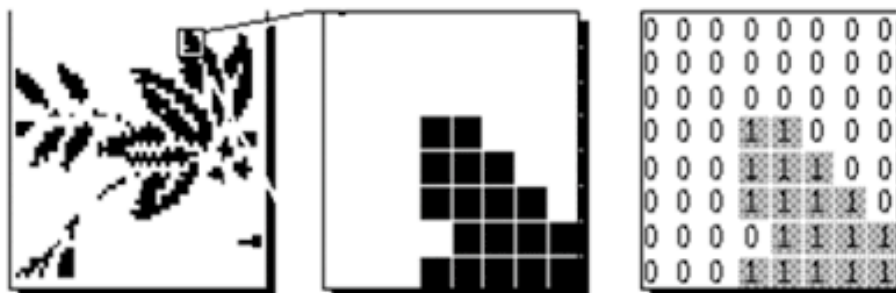
### 2.1.2. Grafika

Grafika na računalu vezana je za vizualni prikaz na ekranu. Kroz sliku i boje koje se nalaze na njoj multimedija može biti prikazana raznim oblicima kojima se izražavaju kreativne vještine koje su itekako potrebne za zaokupiti korisnikovu pažnju. Grafika jest sljedeći korak nakon kreiranja potrebnog teksta za iznošenje informacije. Putem slika dodatno naglašavamo i obogaćujemo bit teksta. Također možemo navesti korisnika na razmišljanje o pročitanom i viđenom.

Slika na računalu se gradi putem elemenata koji moraju biti precizno određeni. Slike su generirane na dva načina. Prvi jest bitmap grafika. Složenica samog pojma nastala je spajanjem riječi bit (element dva broja, 1 i 0) te mapa koja predstavlja 2D matricu brojeva. Ujedno se naziva



i pikselizirana grafika jer se sastoji od piksela. Ovaj tip grafike u digitalnom obliku predstavlja sliku snimljenu digitalnom kamerom. Njen format također može biti prikladan za složene crteže i grafike koje zahtijevaju visoku razinu detalja. Digitalna fotografija se prenosi na računalo putem dodatnog uređaja. Glavna karakteristika jest da je stvorena izvan računala. Većina digitalnih fotografija prilikom snimanja automatski bude pretvorena od strane uređaja u oblik koji je prikladan za spremanje u memoriju uređaja ili računala u oblik datoteke koji će digitalni uređaj prepoznati kao sliku. Neki od tih oblika jesu JPEG, PNG i GIF. Glavna razlika im je u rezoluciji.



*Slika 2-2 Bitmap grafika*

Drugi način kojim su slike generirane jest putem vektorske grafike. Ovaj tip slike jest nacrtan putem vektora – linija s svojim krajnjim točkama. Koristi se za prikaz grafova i iz tog razloga je matematički definiran. Sastoji se od dijagrama koji su linija, oblik i oblik s ispunom. Upravo iz tog razloga ne zauzima puno memorije uređaja jer veličina dokumenata ovisi o programiranim algoritmima putem kojih se rade pozicija, smjer, dužina i tome slično. Za razliku od bitmap grafike vektorska grafika može biti prikazana u 3D. Obje vrste grafika mogu biti spremljene u raznim formatima. Njihov prikaz zavisi o rezoluciji same fotografije te ekrana uređaja na kojem se prikazuju tj. specifikacijama grafičke kartice.



*Slika 2-3 Rasterska i vektorska grafika*

Jedna od bitnih zajedničkih odrednica jest boja. Boja je zadužena za vizualnost grafike. Može pobuditi emociju u čovjeku putem svjetlosti koja se emitira ili reflektira s površine nekog tijela. Potrebno je paziti na spektar boja koji se koristi u multimediji. Postoje boje koje smiruju (zeleno, plavo) a postoje i one koje uznemiruju (crna) korisnika. Za uspješan multimedijalni projekt važno je poznavati trikove u dizajniranju putem kojih možemo omogućiti bolju vizualizaciju web stranice jer će korisnik putem ponuđenog prikaza zadobiti pažnju.

### **2.1.3. Zvuk**

Poslije teksta i grafike zvuk je sljedeći bitan element multimedije. Prema nekim autorima on je najzapaženiji element. Zvuk je energija koju čovjekovo tijelo može osjetiti kad ga i ne čuje. Zvuk predstavlja analognu pojavu koja traje određeno vrijeme te se kreće specifičnim intenzitetom kretanja.

U fizici zvuk je definiran valovima određene brzine te fizikalnim veličinama – frekvencijom i valnom duljinom. Prvobitno se zvuk puštao putem analognog signala i kao takav imao je kontinuirani slijed u vremenu s određenim rasponom. Da bi se zvuk mogao reproducirati na digitalnom uređaju potrebno je pretvoriti analogni signal u digitalni iz razloga što digitalni uređaji ne provode analogne signale.

Digitalni zvuk sadrži točno određeno vrijeme, točku koja predstavlja granicu točnosti. On nema slijed nego definiran broj vrijednosti. Takav oblik zvuka predstavlja digitalnu audio datoteku. Također postoje MIDI datoteke. MIDI (engl. Musical Instrumental Digital Interface) predstavlja standardni međusklop za spajanje elektronskih glazbenih instrumenata i računala. MIDI datoteke opisuju zvuk koji bi uređaj ili glazbalo stvorilo.



*Slika 2-4 Zvuk*

U praksi se ove datoteke koriste za instrumentalne verzije pjesama u karaokama. Zvučni zapis u digitalnom obliku ima visoku kvalitetu. Iz tog razloga zauzima podosta memorije na digitalnom uređaju pa je nekad potrebna kompresija. Najpoznatiji formati zvuka su WAV, WMA i najrasprostranjeniji MP3.

U multimediji zvučni zapis može biti određen vrstama zvučnih sadržaja. Postoje dvije osnovne vrste – glazba i govor. Prilikom slušanja oba segmenta potrebno je obratiti pažnju na volumen ili glasnoću zvuka. Volumen ili glasnoća se mjeri u decibelima. Decibel (Db) je mjera raspona između određene točke na logaritamskoj ljestvici i razine koja se promatra. Herc (Hz) je mjerna jedinica za frekvenciju zvuka. Ljudsko uho može čuti zvukove u rasponu od 16 do 20 000 Hz. Bitno je paziti na izlaganje visokim frekvencijama jer konstantno izlaganje visokim zvukovima može uzrokovati gubitak sluha. Zvučne zapise možemo reproducirati na mnogim digitalnim uređajima od kojih su neki laptop, pametni mobitel, linija, auto-sustav.

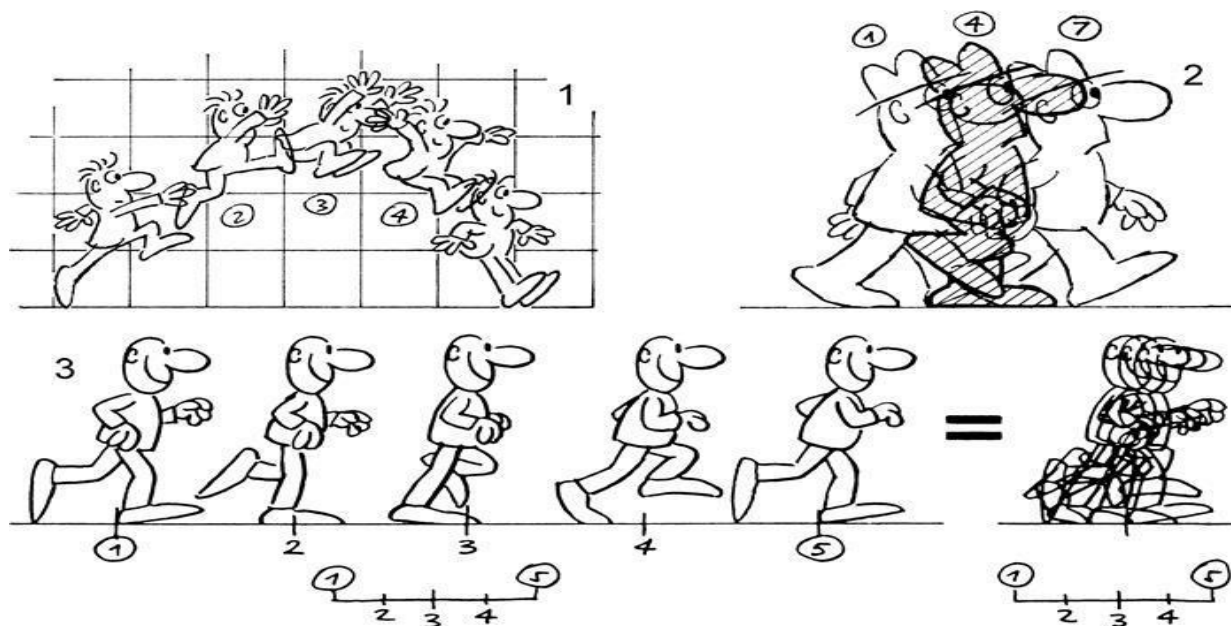
Važno je prilagoditi zvuk zajedno sa tekstualnim i grafičkim dijelom web stranice. On mora odgovarati situaciji i tematici izloženog. Također je bitno da u korisniku izaziva emociju putem koje korisnik može spojiti viđeno sa zvukom. Neki poznati zvukovi su nastali sasvim slučajno, dok su drugi bili stvoreni s namjerom i svrhom. U multimediji su svima poznati zvuci poruka na aplikacijama i raznim digitalnim programima kojima se svakodnevno služimo. Zvuk je i veoma bitna odrednica videa. O njemu nešto više u zadnjem odlomku ovog odjeljka.

#### **2.1.4. Animacija**

Animacija je uz fotografiju druga važna vizualna odrednica multimedije. Pomoću animacije projekt se čini uvijek u pokretu. Najviše dolazi do izražaja tokom prezentacije jer pomaže da vizualni efekti budu izraženi u velikoj mjeri. Prema definiciji animacija se sastoji od skupa grafičkih elemenata koji su prikazani vremenskim slijedom da predstavljaju događaj. U filmskoj industriji animacije se koriste u svrhu dječjih animiranih filmova. Tada predstavljaju brzo prikazivanje sekvenci ilustriranih crteža. Takav način prikaza naziva se kadar (engl. frame). Kako ljudsko oko ne bi primijetilo razliku između prijelaza slika potrebno je imati minimalno 16 kadrova po sekundi tj. za prirodni izgled i do 25 kadrova.

Animacija, kao i fotografija, može biti dvodimenzionalna ili trodimenzionalna. U 2D animaciji vizualne promjene koje oživljavaju sliku nastaju na ravnoj X i Y osi ekrana, dok se u 3D animaciji promjena događa duž X, Y i Z osi ekrana prikazujući sliku iz svih uglova. Primjer 2D animacije predstavlja tip animacije naziva path (put, putanja) animacija. Ovaj oblik animacije omogućuje pokret fotografije prema određenom putu (poziciji) tijekom određenog vremena.

Drugim riječima lokacija objekta na ekranu digitalnog uređaja se mijenja pomoću vizualnog efekta dok je pozadina konstantna.



Slika 2-5 Tehnika animacije, tri ekstrema jednog pokreta, ciklus hoda

Power Point prezentacije koriste ovu metodu putem ponuđenih alata u traci programa. CGI (engl. Computer-generated Imagery) predstavlja računalnu animaciju koja pridonosi mnogim poljima od kojih svoje mjesto pronalazi u virtualnom svijetu igrice i filmova. Ovaj oblik animacije je primjer računalne 3D grafike. Najviše se koristi za kreiranje scena s specijalnim efektima na filmskom platnu. U multimediji animacija se ne koristi u prevelikoj mjeri. Iako na prvu zadobiva korisnikovu pažnju ubrzo postaje naporna ako ne uspijeva zadržati fokus. U videu je neprikladna i suvišna pogotovo kada je u pitanju memorija uređaja.

### 2.1.5. Video

Najvažniji vizualni sadržaj i element multimedije jest video. Upravo ovaj element može držati korisnikovu pažnju dovoljno dugo da shvati poruku određenog projekta i zapamti što je vidio. Od velike je važnosti znati koristiti alate za funkcioniranje videa kako bi omogućili dobro planiran video uradak. Pojam video na latinskom jeziku znači “vidim” stoga je definicija pojma samoobjašnjiva - niz pokretnih slika koje se kroz tehničke postupke snimanja, obrade i prijenosa gledaju na zaslonima računala ili televizije. Primarna svrha videa jest dodatno razumijevanje određene priložene informacije. Video se sastoji od slika (kadrova) i zvuka. Oba pojma su detaljnije objašnjena u prijašnjim odlomcima.

Postoje dvije tehnike prikazivanja videa. Kao i kod ostalih elemenata multimedije signali se mogu emitirati analogno i digitalno. Analogni video izvor se koristi sve manje za reprodukciju. Razlog 11 proizlazi iz činjenica da je rezolucija i kvaliteta videa veoma lošija nego u digitalnom obliku. Primjer analognog videa pronalazimo u VHS uređajima čije snimke su bile zabilježene na video kazetama. Kroz vrijeme se analogni video komprimirao u digitalni koji se danas primarno koristi. Digitalni izvor jest DVD. Za video je veoma važno da je kvalitetan. Neki od aspekata koji utječu na kvalitetu videa su softver i oprema kojom je video izrađen te format za pohranjivanje videa na digitalnom uređaju. Najrasprostranjeniji format digitalnog videa jest MPEG (engl. Moving Picture Experts Group). Ostali formati videa su AVI, WMV, DVIX.

Danas je video glavno sredstvo marketinga. Putem njega se provodi i prekriveno oglašavanje brandova. Zaslužan je za više od 50% prometa na internetu. Video marketing, kao jedna od mnogih grana marketinga, koristi video u marketinške svrhe i tako provodi današnje trendove. Samo neke od prednosti ovog tipa marketinga su demonstracija proizvoda, individualna povezanost s brandom, korisnički generiran sadržaj i live streaming. Live video je jedna od važnijih komponenti video marketinga. Putem raznih aplikacijskih i programskih platforma, Instagram, Facebook ili Youtube, korisnici mogu dobiti uvid u realnom vremenu o stvarima koje ih interesiraju. Putem ovih platformi također mogu vidjeti recenzijske, plaćene i sponzorirane video sadržaje od strane proizvođača i utjecajnih ljudi (engl. Influencers) koji koriste određene proizvode i usluge.

Otkad su se pojavili prvi filmovi, tihi crno bijeli filmovi, ljudi su fascinirani s ovom umjetnosti. Danas su dostupni pametni uređaji putem kojih sami možemo doprinijeti ovoj umjetnosti. Postoje razni dodaci i oprema koja je potrebna kako bi se snimio visoko kvalitetan video. Jedan od bitnijih segmenata jesu osvjetljenje i pravodobna kamera s lećama. U multimediji je najveća važnost na rezoluciji videa. Za dobar projekt potrebno je snimiti video u HD rezoluciji. S vremenom je ovaj tip rezolucije polako zamijenjen 2K, Ultra HD i 4K rezolucijom. Potrebno je imati i dostatnu memoriju za pohranu na digitalnom uređaju. Teško je predvidjeti što nosi budućnost ovoj vrsti multimedije. Jasno je da apetit korisnika raste i kako vrijeme teče kupci žele sve više novih mogućnosti. Stoga je nedvojbeno kako će se ovaj tehnološki trend i dalje razvijati do krajnjih granica.

## **2.2. Multimedijalni računalni sustavi**

Multimedija se provodi i stvara putem računala stoga je potrebno imati osposobljeno računalo koje je u mogućnosti napraviti i pregledavati sadržaj. Računalni sustav koji pruža potporu multimediji jest multimedijalni računalni sustav.

Prema definiciji sustav predstavlja sistem za razvoj (autor) i za pregledavanje (korisnici) multimedijalnog sadržaja. Drugim riječima sustav jest računalo s sposobnosti integriranja medijskih elemenata s ciljem pristupa multimedijalnim informacijama. Njegova svrha je dvosmjerna tj. mogu ga provoditi autori i korisnici sadržaja. Takav sustav podržava dvije platforme za dostavu multimedijalnog sadržaja. Prva platforma jest Apple Macintosh operativni sustav (OS) a druga Microsoft Windows operativni sustav (OS). Odabir autora zavisi od osobnih preferencija, financijske mogućnosti ili vrsti sadržaja koja će se koristiti.

Upravo ova dva sustava su najrašireniji diljem svijeta kada su u pitanju privatni korisnici računala. Razlike sa strane, ova dva sustava nude kombinaciju pristupačnosti i dostupnosti. Nebitno je na kojem uređaju će se sadržaj pregledavati, važno je znati da je sigurno proizveden na jednoj od ove dvije platforme. Za provođenje spomenutih sofisticiranih platformi potrebno je brzo računalo s dostojnom memorijom na hard disku. Između ostalog samo računalo kao uređaj se sastoji od hardvera i softvera. Svaki od ovih dijelova sadrži dodatne dijelove koji ga upotpunjuju u radu. Hardver sadrži memoriju, ulazne i izlazne uređaje te komunikacijske uređaje. S druge strane softver je sa svojim alatima zadužen za provedbu radnje oko stvaranja sadržaja. U sklopu njega su dostupni alati za crtanje, slikanje i obrađivanje elemenata multimedije (grafike, teksta, animacije, zvuka i videa). Prilikom kreiranja multimedijalnog projekta putem računalnog sustava određeni koraci moraju biti uzeti u obzir.

### **2.2.1. Faze multimedijskog projekta**

Neki koraci moraju biti poduzeti prije samog kretanja u pothvat, dok ostali ne moraju ni biti poduzeti. Prema Vaughan (2011) postoje četiri primarne faze u multimedijalnom projektu. Svaka faza će biti navedena i ukratko objašnjena:

1. planiranje i trošak,
2. dizajn i produkcija,
3. testiranje,
4. dostavljanje

Prva faza, planiranje i trošak, odnosi se na razradu prvobitne ideje do najmanjeg detalja. Kako projekt ne bi propao u startu potrebno je sagledati sve moguće scenarije prilikom njegovog kreiranja. Također je potrebno odrediti ciljanu publiku i razlog njihovog korištenja sadržaja. Nakon pomne pripreme potrebno je pripremiti proračun te prototip sadržaja web stranice. Prototip nam daje uvid u da li je ideja moguća u provedbi.

Druga faza u kreiranju projekta jest dizajniranje i produkcija. U ovoj fazi je potrebno izvršiti svaki planirani zadatak kako bi se kreirao projekt. Ova faza također pruža povratne informacije od strane korisnika koje nam daju dodatan uvid.

U trećoj fazi se provodi testiranje projekta. Potrebno je testirati aplikacije i programe projekta kako bi se što bolje uvidjela funkcija projekta. Putem računalnih platforma se provode potrebni zadaci koji će zadovoljiti korisnika.

Zadnja faza jest dostava spomenutog multimedijalnog projekta. U ovoj fazi krajnji korisnik može pristupiti web stranici ili aplikaciji i biti upućen u njeno korištenje. Poslodavac, kao dostavljač informacija i sadržaja, mora biti spreman na određene popravke i ažuriranja tijekom vremena.

### **2.2.2. Elementi multimedijanskog sadržaja**

Nakon spomenutih faza prilikom kreiranja multimedijalnog projekta poslodavac kao autor sadržaja mora posjedovati neopipljive karakteristike osobnosti putem kojih će moći kreirati zanimljiv sadržaj.

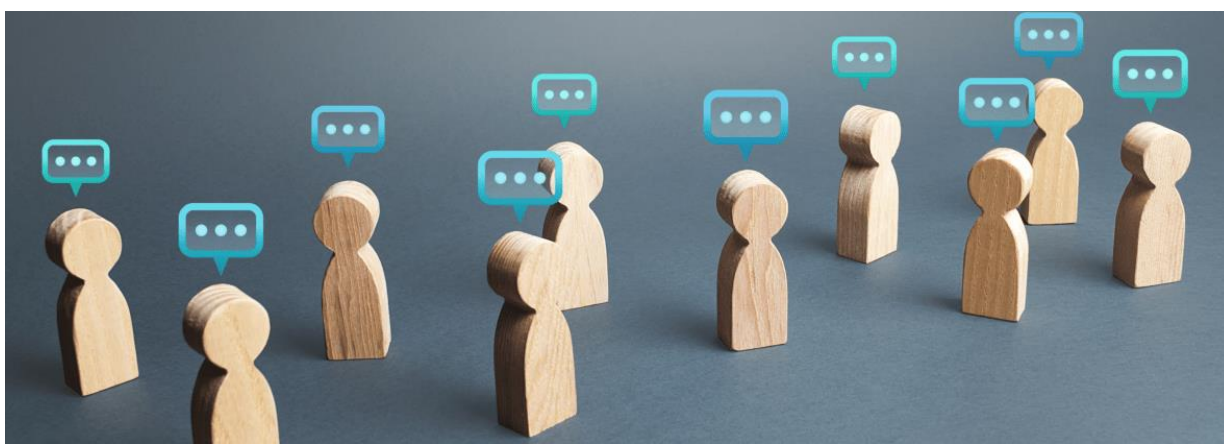
Autor Vaughan (2011) navodi kako su ovi elementi dio čovjekove unutarnje osobnosti veoma bitni za stvaranje sadržaja. Također smatra kako je za ostvarivanje dobrog projekta potrebno imati tim ljudi od kojih svako ima drugu specijalnost kojom može doprinijeti kvalitetnoj izradi projekta. Neopipljivi elementi koje svaki autor multimedijalnog sadržaja mora posjedovati navedeni su i ukratko objašnjeni.

1. Kreativnost,
2. Organizacija,
3. Komunikacija.

Kreativnost je jedan od bitnijih, ako ne i najbitniji, element. Od iznimne važnosti je razviti ideju sadržaja do krajnjih granica i sa svim mogućim scenarijima na koje autor može biti spreman. Kreativnost se nekada može i odbiti o glavu. Ako ide iz krajnosti u krajnost predstavlja rizik. Kreativnost kao čovjekova osobina je teška za naučiti. Neki znanstvenici smatraju da se čovjek rodi kao kreativac, dok drugi tvrde da je moguće usvojiti ovu osobinu kroz niz koraka u životu. Ishod zavisi od radnje za koju nam je potrebna. Slikari i kipari za stvaranje svoje umjetnosti ne moraju imati pretjeranu viziju i vještine kojima će napraviti djelo iz razloga što je umjetnost sloboda izražavanja dok autori multimedije moraju imati potrebna znanja za stvaranje prema formi kroz rad na računalnom sustavu.

Organizacija je druga bitna odrednica prilikom kreiranja uspješnog projekta. Potrebno je napraviti shemu s svima odrednicama projekta – proračun, vrijeme izrade, alati i resursi – kako bi priprema za izradu bila detaljna. Radi lakšeg orijentiranja moguće je imenovati datoteke koje su potrebne prilikom izrade. Upravo će ova radnja omogućiti bolje snalaženje u moru informacija.

Zadnji neopipljivi element čovjekove osobine za izradu multimedijalnog projekta jest komunikacija. Kao i prethodna dva elementa ovaj je također od ključne važnosti za uspješan projekt. Naime komunikacija između članova u timu i klijenta je ključna za uspješnost projekta.



*Slika 2-6 Komunikacija*

Mnogi članovi u timu nekada ne mogu biti prisutni na sastanku stoga se većina razmjena mišljenja odvija putem interneta. Upravo zbog ovog razloga potrebno je imati visoko kvalitetnu tehnološku infrastrukturu koja će omogućiti što bolju komunikaciju, bez dodatnih smetnji. Samo neki od članova tima za izradu multimedijalnog projekta su grafički dizajneri, pisci i programeri



### 3. Pojam i značenje arhitekture kroz povijest

Arhitektura ili, bolje rečeno, arhitektonska ostvarenja dio su naše svakodnevice. Suvremeni čovjek, ma gdje živio, susreće se s arhitekturom (Koščak, 2011).

Arhitektura (lat. *architectura*, grč. *ἀρχιτέκτων*: graditelj) (graditeljstvo), umjetnost organiziranja i konstruiranja prostora, pri čemu se uspostavljaju međusobni prostorni odnosi između unutrašnjosti i vanjštine građevine, odnosi između bliže i dalje okolice, te odnosi u sustavu organizacije naselja. Širi pojam arhitektonskog djelovanja obuhvaća urbanizam (gradogradnja), vrtu umjetnost, unutarnje uređenje prostora i sve prostorne zahvate u čovjekovu okolišu.

Arhitektonsko djelo predstavlja sklop međuovisnih i neodvojivih elemenata koji se sastoje od svoje funkcije, kompozicije i konstrukcije te se one vrlo teško mogu zasebno promatrati, pa se sama vrijednost nekog djela iskazuje u vještinama međusobnog uspostavljanja odnosa i svih sastavnica u jednu cjelinu koja će biti funkcionalna. Uvjetno se radi o elementima iz arhitektonske konstrukcije i prostora kojima prethodi projektiranje i fizičko ostvarenje odnosno realizacija samog projekta. Navedeni proces građenja je složen te se u svim njegovim oblicima teorija arhitekture objašnjava kao dio opće teorije umjetnosti. Mijena arhitektonskih oblika može ovisiti o raznim potrebama ljudi, raznim mogućnostima, kao i o vještini same konstrukcije ili o svjetonazoru neke određene povijesne odrednice. Povijest arhitekture predstavlja dio opće povijesti o umjetnosti te će se o njoj više pričati u nastavku ovog diplomskog rada.

Povijesni razvoj arhitekture seže još u doba kada su se počele razvijati sve velike civilizacije na Bliskom istoku. Od 3. do 1. tisućljeća prije Krista u Egiptu gradile su se prve monumentalne građevine od kamena, gradile su se piramide, hramovi, pećinske grobnice i slične građevine koje su sa svojom masivnosti i dimenzijama izrazile moć ondašnjih vladara te koji su kod naroda izazivali vjerovanje u vječnost. Egipatski hram koji je spadao u razvijene tipove bio je sastavljen od četiri glavna dijela koja se nalaze uzduž čvrste osi, pa su se tako na ulazu nalazili masivni piloni, otvoreni peristil te su se nalazile tamo i dvorane sa stupovima te svetište. Konstruktivni sustav ima svoje osnovne elemente, a to su stup, puni kameni zid i grede. Egipatski stup ima svoj karakterističan oblik koji je jednostavan, nalikuju na svežanj pruća, cilindričan je dok su kapiteli u obliku motiva papirusa, palme ili lotusa sa otvorenim svijetom ili koji imaju zatvorene pupoljke koji se prema svom vrhu sužavaju.

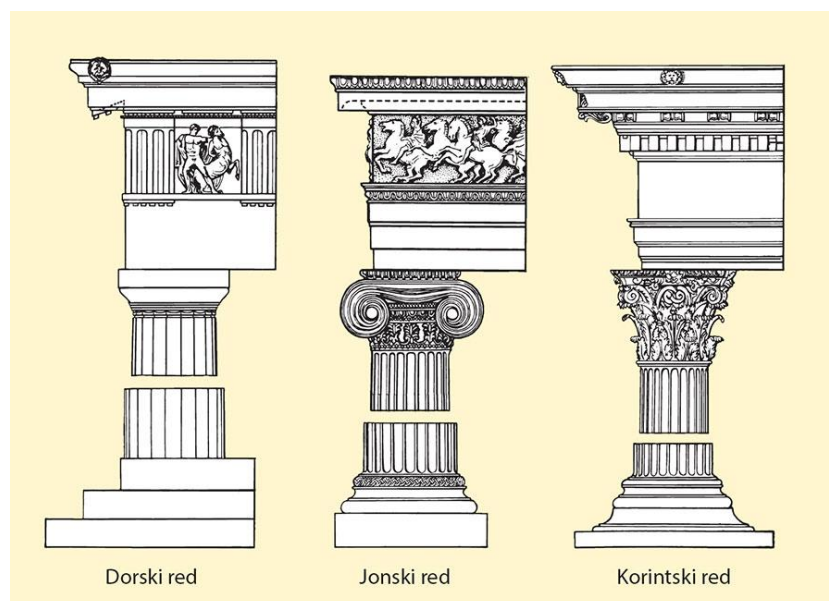
Tehnika gradnje od ćerpiča odnosno nepečene opeke razila se u plodnoj dolini Mezopotamije, jer je tamo nedostajalo kamena. Tamo je glavni konstruktivni element bio masivni zid dok se za daljnje natkrivanje prostorije razila tehnika svođenja gdje se prvi put

pojavljuju luk i svod. Od sredine 3. stoljeća prije Krista takav oblik gradnje je postao upečatljiv te se može primjetiti u čitavom graditeljstvu. Graditeljski oblik oji je karakterističan za to doba je oblik zigurat. On predstavlja kultnu građevinu koja je za svoju namjenu imala i promatranje zvijezda. Zigurat je bila piramida sa stubama koje su vodile na sami vrh građevine gdje se podizalo svetište. Palače vladara su imale složene tlocrte s čitavim nizom malih dvorišta koja su bila izvedena uokolo unutarnjeg dvorišta



*Slika 3-1 Arhitektura Egipta*

Graditeljska tradicija kretsko mikenske kulture nastavljena je u Grčkoj, a svoj veliki procvat doživjela je u 5. stoljeću prije Krista u klasičnom razdoblju. Njihove građevine gradile su se od kamena te su se zasnivale na jednostavnim odnosima grede i stupa, dok su im glavne značajke bile otvoreni tlocrt, jasnoća oblika, skladne mjere te podređenost pojedinosti prema cjelini.



*Slika 3-2 Dorski, jonski i korintski red*

Arhitektura u Grčkoj poznata je po svojoj tri reda, a to su dorski, jonski i korintski te se oni međusobno mogu razlikovati prema kapitelu, omjerima i obliku stupa. Hram predstavlja dominantan arhitektonski oblik, kao i slobodni spomenici koji se nerijetko nalaze na povišenim mjestima kao što je to akropola i uvijek su pristupačni ljudima. Grci su arhitektonski oblikovali i građevine novih namjena kao što su to gimnazije, agore, palestre, stadione, kazališta, stoe, pinakoteke itd., a sve one su bile namijenjene javnomu gradskom životu.



*Slika 3-3 Grčki hram*

Grčku arhitektonsku baštinu su velikim dijelom preuzeli i sami Rimljani koji su joj dodali monumentalnost i bogatstvo skulptura, a kod njih se razvijaju i dva nova oblika kapitela, a to su toskanski i kompozitni. Rimljani su koristili luk i svod te su ga preuzeli od Etruščana, a on im je omogućio daljnje podizanje građevina koje su velike i koje imaju složene tlocrte, a koje predstavljaju jedan od najvažnijih prinosa Rima samom razvoju daljnje arhitekture..



*Slika 3-4 Rimski akvedukti*



Rimljani svoj praktičan duh iskazuju i kroz podizanje velikog broja raznih građevina koje su svjetovne, a koje se ogledaju u brojnim termama, bazilikama, cirkusima, amfiteatrima, akveduktima i slično. Rimljani isto tako uvode novitet u organizaciju obiteljske kuće kao i u planiranje gradova gdje se u svakom središtu jasno pronalazi glavni gradski trg, forum koji je okružen sa javnim zgradama i hramovima.

U kasnoj antici (starokršćansko razdoblje), glavni tip građevine je kršćanska bazilika koja je nastala u 4. stoljeću tako da se radila kombinacija antičke bazilike i rimske kuće. Bazilika je trobrodna ili višebrodna, s uzdignutim svetištem, često s poprečnim brodom (transept), s polukružnom apsidom na istočnoj strani i ulaznim atrijem (narteks) na zapadnoj strani. Uz taj longitudinalni tip (latinski križ) starokršćanska arhitektura poznaje i građevine kružna tlocrta (centralni tip), koje su uglavnom manjih dimenzija (grobne i memorijalne kapele, baptisteriji).

Bizant od 6. stoljeća razvija arhitekturu posebnih značajki kao posljedicu antičkih i istočnjačkih utjecaja (Mala Azija, Sirija). Karakterističan je arhitektonski element kupola na pandantivima, što je omogućilo konstruiranje velikih kupola na četvrtastom tlocrtu (Aja Sofija u Carigradu). Bizant poznaje više tipova kapitela (košarasti, dvozonski, impostni i dr.), a zajednička im je značajka plošni ornament, najčešće mrežastog tipa. Nakon ikonoklastičkih borbi od 7. do 9. stoljeća u bizantskoj arhitekturi prevladavaju crkve s tlocrtom u obliku grčkoga križa i s kupolama na visokim tamburima.



*Slika 3-5 Aja Sofija, Istanbul*

Islamska arhitektura, koja se širi s arapskim osvajanjima na području od Indije do Španjolske, ostvarila je različite arhitektonske oblike kojima je zajedničko obilježje uporaba

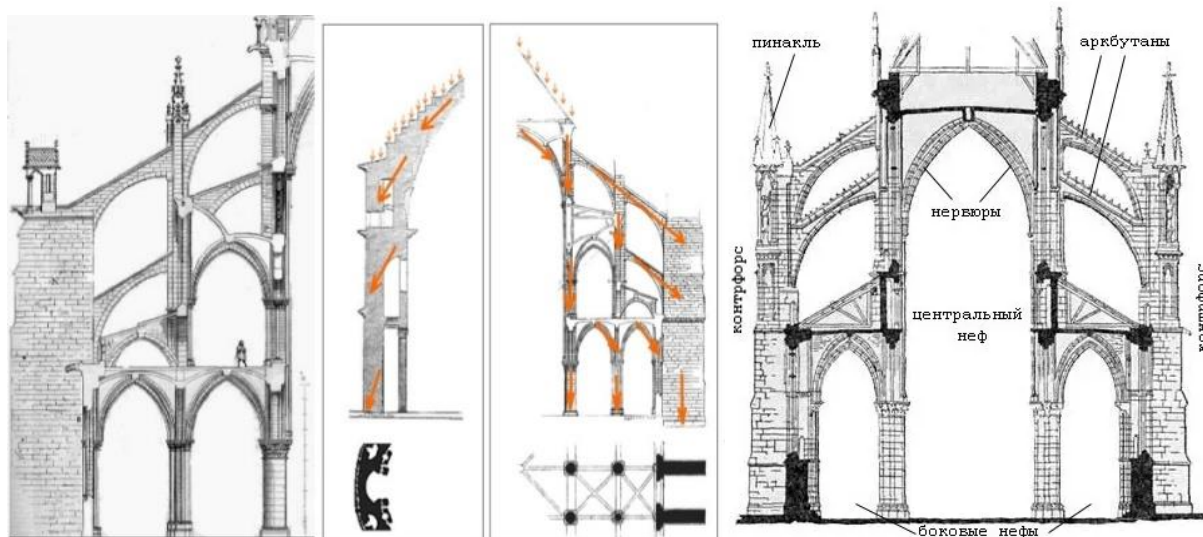
visokih lukova, kupola na trompama te istočnjačka raskoš plošno ornamentirane dekoracije (arabeska). Turci su od 14. stoljeću u Europi ostvarili posebnu inačicu islamske arhitekture s naglašenim šiljastim lukom i vitkim minaretima (džamije, hanovi, saraji, medrese) te određeni tip stambene arhitekture.

Od sredine 8. do početka 11. stoljeća u Europi postupno nastaje novo stilsko razdoblje, predromanika; ona prekida s antičkom tradicijom i uspostavlja nove oblike i konstrukcije koje će prethoditi velikomu razdoblju romanike na području cijele Europe. Značajka je romaničkih građevina masivnost zida, vodoravna razvedenost i jasna diferencijacija pojedinih dijelova građevine, te uporaba polukružnih lukova i bačvastih svodova. Kod romaničkih crkava poprečni je brod (transept) često istaknut, apsida može imati deambulatorij (ophodište) s vijencem kapela, a vanjski su zidovi raščlanjeni nizovima slijepih arkada (Vézelay, Worms, Pisa, Zadar).



*Slika 3-6 Crkva Sv. Donata - Zadar*

U prvoj polovici 13. stoljeća u sjevernoj Francuskoj nastaje novi graditeljski slog gotika, koji se, zbog boljih komunikacija i stvaranja jakih gradskih središta, brzo širi Europom. U snažnom zamahu grade se velike gotičke građevine: katedrale, gradske vijećnice, burgovi, a podižu ih gradske komune ili vlastela. Gotička arhitektura konstruktivno upotrebljava šiljasti luk i razvija sustav gradnje s pomoću nosivih rebara i vanjskih potpornja (kontrafora), kojima su rasterećeni zidovi te omogućene smionije konstrukcije velikih prostora (dvoranske crkve). Teži se vertikalizmu i čipkastoј rastvorenosti pročelja (katedrale u Reimsu, Strasbourgu, Amiensu, Parizu itd.), pa u gotičkom razdoblju srednjovjekovno graditeljstvo postiže vrhunac, ostvarujući sintezu konstruktivnih i oblikovno izražajnih elemenata, naglašavajući kršćansku duhovnost dotičnoga doba.



Slika 3-7 Lukovi gotike

U 15. i 16. stoljeću renesansa obnavlja klasičnu baštinu slobodno upotrebljavajući elemente antičkoga graditeljstva. Uzor je renesansne arhitekture jednostavnost oblikovanja, smirena skladnost i logičan odnos konstruktivnih i plastičkih dijelova građevine. Najviši domet arhitektura je postigla u djelima D. Bramantea, L. B. Albertija, te poslije Michelangela i A. Palladija, koji je stvorio klasičan renesansni građevni kanon.

S pojavom G. L. Berninija i F. Borrominija početkom 17. stoljeća počinje razdoblje baroka, stila katoličke obnove, koji se širi u sve europske zemlje, pa i u krajeve Novoga svijeta (Južna i Srednja Amerika), stvarajući u različitim sredinama različite stilske inačice (Italija, Španjolska, Francuska, Njemačka). Barok u arhitekturu ponovno uvodi prostorni dinamizam i izražajnost ističući pokrenutost prostora, slikovitu bujnost oblika, zakrivljene crte (elipsa i oval u tlocrtu), os. perspektivu i prostornu iluziju, što je vidljivo i u velikim urbanističkim zahvatima (Rim, Versailles, Nancy, Bath). Barok uspijeva povezati arhitekturu, kiparstvo (skulpturu) i iluzionističko slikarstvo u jedinstven prostorni sklop ostvarivši niz raskošnih palača i crkvenih građevina visoke umjetničke vrijednosti.

Sredinom 18. stoljeća kao varijanta baroka nastaje poseban stil, rokoko, koji se pretežno očituje u arhitekturi interijera s namjerom rastvaranja barokne monumentalnosti prema lakšim i slikovitijim oblicima.

Potkraj 18. stoljeća klasicizam ponovno teži strogosti i racionalnoj jasnoći oblika (→ empire; biedermeier) vraćajući se na klasične koncepcije arhitekture, a od sredine 19. stoljeća počinje uporaba svih povijesnih stilova u nizu novih inačica (→ historicizam), kao stanovito oponašanje (eklektika). Stvaraju se nove stilske inačice (neoromanika, neogotika, neorenesansa, neobarok). Uz prevlast neostilova, u kojima se izgrađuje većina reprezentativnih građevina, pa i



stambenih zgrada, u 19. stoljeću nastaju mnoge inženjerske konstrukcije i utilitarne građevine (mostovi, vijadukti, izložbene dvorane, tvornice itd.) koje su primjenom novih materijala (lijevano željezo, čelik, beton, staklo) i tehnologija najavile novo razdoblje arhitekture, osobito izraženo u Americi izgradnjom velikih gradova (New York, Chicago).

Nasuprot tim težnjama proizašlima iz novih tehničko-konstruktivnih dostignuća, 1860-ih u Engleskoj se javlja pokret za obnovu obiteljske arhitekture i obrta s osloncem na tradicijske vrijednosti, koji se širi i na ostale dijelove Europe. Oslanjajući se djelomice na pokret iz Engleske, a djelomice kao snažna reakcija na historicizam, pojavljuje se potkraj stoljeća secesija (Jugendstil, art nouveau, stil 1900), posljednji cjeloviti, potpuno novi stilski izraz prije prodora modernih arhitektonskih koncepcija.



*Slika 3-8 Poštanska palača, Osijek,*



*Slika 3-9 Kuća Bauer, Osijek*

Raskid s historizmom i secesijom bio je osnovni preduvjet za razvoj moderne arhitekture, a ostvarili su ga početkom 20. stoljeća O. Wagner i A. Loos u Austriji, H. P. Berlage u Nizozemskoj, P. Behrens u Njemačkoj i F. L. Wright u SAD-u. Nakon odjeka više suvremenih avangardnih pravaca (futurizam, kubizam, ekspresionizam, neoplasticizam) razvija se nakon 1925. tzv. internacionalni stil, kojemu su osnovne značajke konstruktivizam (skeletna gradnja) i funkcionalizam u pristupu, razradbi i oblikovanju. Glavni su mu predstavnici W. Gropius i L. Mies van der Rohe; polazeći od sličnih postavki Le Corbusier izražava teoriju funkcionalizma, koji osnutkom CIAM-a 1928. ima odlučujući utjecaj na međunarodnu arhitekturu i urbanizam.



*Slika 3-10 Mies van der Rohe, Farnsworth House (1951), Plano, Illinois*

Otklon od određenog formalizma internacionalnog stila predstavljao je 1930-ih Alvar Aalto, oslanjajući se na finsku graditeljsku tradiciju. Nakon Drugog svjetskoga rata arhitektura novim sadržajima nastavlja razvoj kao kasna moderna, koju obilježuju stereometrijski volumeni od čelika i stakla, ili pak maštoviti plastički modelirani oblici od prednapregnute armirano-betonske ljuske.

Sveobuhvatan pristup koji će jednom zauvijek razriješiti što to točno je arhitektura i što u nju sve spada ne postoji. Naime ona se kao pojam može samo pokušati razumjeti kao građevina koja se promatra iz nekoliko perspektivi, a to su njena svrha, mjesto na kojem je nastala, konstrukcija i materijali koji su korišteni za njenu izgradnju. Isto tako bitna je i vještina samog arhitekta odnosno majstora te koji je društveni kontekst građevine i na koji način ju doživljavaju stanari koji u njoj obitavaju





*Slika 3-11 Louis Carré Villa, Alvar Aalto, 1957-1959, Bazoches-sur-Guyonne, France*

Dakle kada se promatra s jedne strane arhitektura predstavlja nešto što je opipljivo i izgrađeno od materijala koji su poznati, dok s druge strane ona predstavlja građevine, gradove i pejzaže koji predstavljaju dijelove apstraktnih i kompliciranih logički povezanih cjelina koje imaju veze s tim kako ljudi žive i kako organiziraju društvo. Arhitektura obuhvaća sve, od nežive materije do ljudskog života prožetog smislom, i upravo je zbog tog raspona zanimljiva i poprilično neuhvatljiva.

## 4. Multimedija u Arhitekturi

U 21. stoljeću, vremenu u kojem se svijet u potpunosti sagledava preko ekrana veličine dlana pojedinca, slika i multimedijски sadržaji postali su sastavni izvor informacija i noviteta. Učinci multimedijских sadržaja sada su preuzeli ulogu glavnog dobavljača znanja i aktualnih događaja. Danas se globalizacija arhitekture uvelike pripisuje razvoju multimedije i programa koji olakšavaju rukovanje arhitekturom i njen napredak.

Multidisciplinarni naponi koji su oblikovali trenutnu integraciju multimedije u arhitektonske prostore prvenstveno su provedeni zajedničkim naporima između umjetnosti, inženjerstva, interakcijskog dizajna, informatike i softverskog programiranja. Ove su suradnje usredotočene na složenost projektiranja za primjene multimedije u specifičnim kontekstima stvarnog svijeta. Osim malog, ali sve većeg broja istraživača i praktičara, arhitekti su uglavnom izostali iz ovih nastojanja. To je rezultiralo projektima koji se primarno bave razvojem tehnologija koje proširuju postojeća arhitektonska okruženja (Greenfield i Shepard 2007.) Ovaj diplomski rad u nastavku ispituje potencijal integracije multimedije i arhitekture za stvaranje novih mogućnosti u arhitektonskom prostoru kroz razne CAD i BIM programe, kroz modeliranje, vizualizacije te virtualne šetnje u arhitekturi.

Korištenje medija u arhitekturi je kroz povijest poprimilo mnoge oblike. Od vladinih ureda do vjerskih institucija ili kazališta, mediji su korišteni za utjecaj na doživljajnu kvalitetu prostora. Medije, u ovom kontekstu, ne treba brkati s njihovim alternativnim značenjem masovnih komunikacija. Iako su mnogi upoznati s multimedijским aplikacijama za računala, telekomunikacije, informacijske uređaje i sustave za igre, njihova primjena u fizičkim okruženjima je manje shvaćena.

Teorijske ideje o prostornom potencijalu multimedije vode se u dijalogu od 1960-ih, međutim, tek je 1990-ih postalo ekonomski i tehnološki izvedivo implementirati takve ideje u praktičnu primjenu. Nedavni naponi u umjetnosti, interaktivnom dizajnu, informatici i računalnim znanostima da se multimedija integrira s fizičkim aspektima prostora uveli su nove načine promišljanja prostorne funkcije i strukture.

Mnogi takvi naponi proširili su se s načina na koji ljudi doživljavaju prostor i komuniciraju s njim kako bi uključili kako prostor može osjetiti ljude i komunicirati s njima. Nasuprot tome, nekoliko izgrađenih primjera iz arhitektonske prakse tek treba napredovati dalje od multimedije kao oblika novog uređenja. Ovo je možda pokazatelj potrebe da se arhitektima pruži dublje razumijevanje multimedije koje se oslanja na bazu znanja disciplina koje su aktivno uključene u razvoj multimedije (James, 2006).

Multimedija se posljednjih godina pojavila kao održiva komponenta u oblikovanju izgrađenih okruženja, gdje mediji, poput audio, vizualnih i interaktivnih sadržaja, poprimaju prostorni značaj. To je potaknulo multidisciplinarnu pothvate koji istražuju potencijalne primjene višestrukih medija u nastanjivim prostorima. Osobito su relevantni progresivni uvidi koji proizlaze iz djela multimedijske instalacijske umjetnosti i interaktivnih prostora. Nadalje, iz razumijevanja učinka transformativnih, interaktivnih i vremenskih utjecaja koje definiraju bilo koje izgrađeno djelo, uspostavljena je teorijska osnova za razaznavanje arhitektonskog značaja multimedije koja bi mogla informirati buduće praktične primjene u arhitekturi. Ustaljene prakse građenja arhitekture sugeriraju stvaranje prostora konvencionalnim arhitektonskim sredstvima. S druge strane, multimedijски utjecaji i njihov učinak na arhitektonski prostor sugeriraju nove načine oblikovanja prostora. Pretpostavlja se da postoje korelacije između ta dva koja bi mogla poslužiti kao objedinjene strategije dizajna (James, 2006).

Neki od najnaprednijih primjera multimedije korištene u prostornim primjenama mogu se pronaći u multimedijским instalacijama i interaktivnim prostorima. Instalacijska umjetnost opisuje žanr umjetničkog djela koji uključuje prostor u koji se može ući i koji obično ima namjeru funkcionirati kao imerzivno okruženje koje utječe na osobnu percepciju prostora. Interaktivni prostori su fizički prostori s ugrađenim interaktivnim sustavima koji mogu prilagoditi interakcije putem opipljivih uređaja ili senzora. Budući da ovi radovi nisu nužno podložni pragmatičnim zahtjevima arhitektonskog projekta, slobodni su istraživati ideje koje bi mogle biti preskupe ili nekonvencionalne za arhitekta da s njima eksperimentiraju (James, 2006).

Aspekti multimedije, interaktivnog dizajna i informacijske tehnologije često su integrirani s arhitekturom u izradi ovih instalacijskih radova. Dok arhitektura tipično uključuje statične fizičke elemente koji sačinjavaju konstruirani oblik i definiraju rezultirajući prostor, multimedijske instalacije i interaktivni prostori mogu uključivati dinamičke elemente koji reagiraju i stupaju u interakciju s ljudima, okolišem i unosom podataka za definiranje rezultirajućeg prostora. Osim toga, priroda radova specifična za mjesto i naglasak na ljudskom iskustvu prostora čine umjetnost multimedijских instalacija i interaktivne prostore osobito relevantnima za arhitektonski dizajn (James, 2006).

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. Nekadašnje planiranje na

papiru zamijenili su računalni programi koji olakšavaju izradu projekta. Neki od računalnih programa koji se danas najviše koriste u izradi dvodimenzijskih nacrtu, 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 dvodimenzijski tehnički nacrt i izgled pročelja.



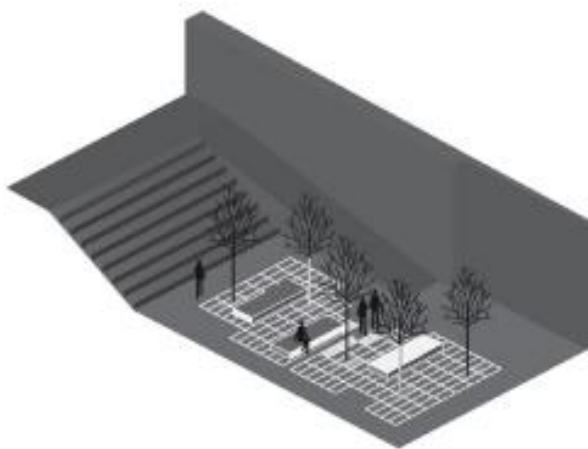
*Slika 4-1 Arhitektonsko skiciranje*

Izgradnja arhitekture opisuje proces prevođenja planiranja projekta u njegovu realizaciju kao izgrađeno djelo. Rječnik materijala (moduli arhitekture), konstruktivna gramatika (elementi arhitekture) i strukturalna sintaksa (strukture arhitekture) su mehanika arhitekture i oni

sačinjavaju tehničke i strukturne osnove načela gradnje u arhitekturi (Deplazes 2005). Ove mehanike funkcioniraju kao skup alata koji su sami po sebi logični, ali mogu biti fragmentarni i nepovezani dok se ne ugrade u projekt izgradnje arhitekture (Deplazes 2005). U kontekstu multimedije, matrica se može shvatiti kao opis mehanike multimedije u arhitekturi koja uspostavlja principe oblikovanja prostora multimedijom.

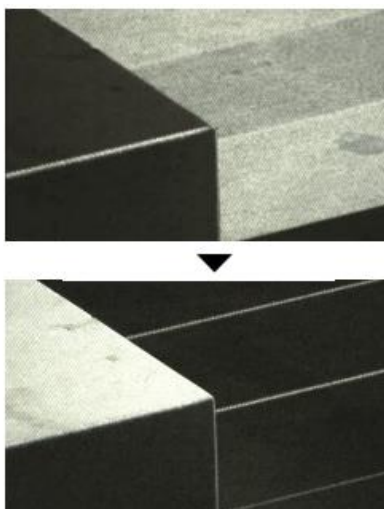
U konstruiranju arhitekture, tektonika se može shvatiti kao da uvijek uključuje "konceptualnu vezu fizičkog sklopa i metafizičkog arhitektonskog prostora, te sve aspekte koji međusobno djeluju, transformiraju i utječu na arhitekturu (Deplazes 2005).

U instalaciji Entramado Pabla Valbuene koja je prikazana na slici 2, projicirane su geometrijske linije i oblici koji ocrtavaju oblik klupa i drveća i koji čine vanjski javni prostor. Ovi vizualni elementi koordiniraju se s dinamičnim rešetkastim uzorkom projiciranim na osnovnu ravninu. Animacije stvaraju geometriju koja naglašava tektoniku prostora na način koji podsjeća na virtualno 3D CAD okruženje. Vizualni mediji u ovom slučaju transformiraju statičnu tektonsku strukturu prostora dinamičnom vizualnom strukturom sačinjenom od svjetla. U ovom obliku transformativne tektonike (James i Nagasaka 2010) vizualni mediji postaju transformirajuća komponenta tektonike (Slika 2).



*Slika 4-2 Instalacija Entramado Pabla Valbuene*

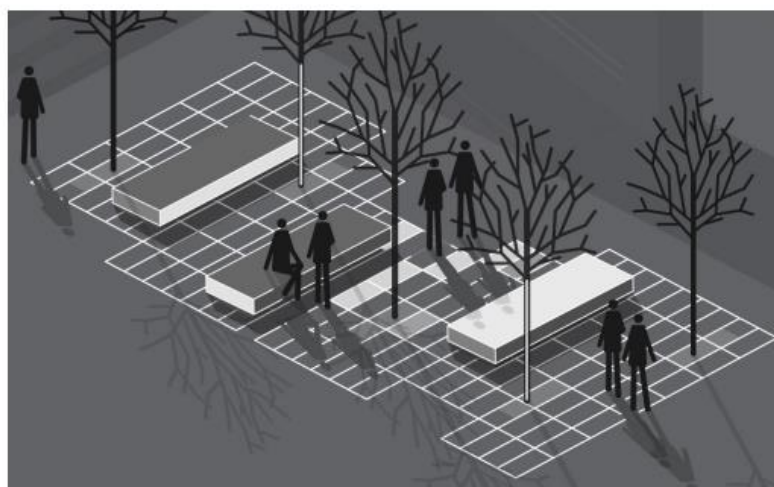
Multimedijalne animirane linije projicirane svjetlosti mogu pratiti odabrane fizičke oblike kako bi utjecale na vizualnu hijerarhiju prostora i naglasile geometrijsku formu odabranih elemenata. Rešetkasta geometrija može se projicirati na osnovnu ravninu kako bi dala osjećaj ljudskog mjerila i vizualne strukture prostora te sugerirala njegovu veličinu. Multimediji ovdje predstavljaju oblik transformativne topologije (James i Nagasaka 2010). (Slike 3).



*Slika 4-3. Prikaz korištenja multimedije u arhitekturi*

Dakle, vizualni mediji pokazuju sposobnost da djeluju i kao površinski materijal i kao sastavni dio tektonske strukture prostora. Osjetilna percepcija igra ključnu ulogu u ovoj strategiji. Osjetila vida i dodira obično se shvaćaju kao primarna osjetila koja utječu na nečiju percepciju prostora (Tuan 1977). Vizualna struktura tako utječe na percipiranu fizičku i materijalnu kvalitetu prostora. Konkretni tektonski elementi za koje se na temelju prethodnog iskustva očekuje da budu stabilni i statični, poprimaju dinamičan privid koji zamagljuje razliku između fizičkog i virtualnog što je također vidljivo na slici 3.

Ljudi, kao sastavni dio prostora, mogu posredovati između integriranih struktura jer njihova bačena sjena otkriva fizičku strukturu iza vizualne pa se tako i taj segment multimedije koristi u arhitekturi (Slika 4).

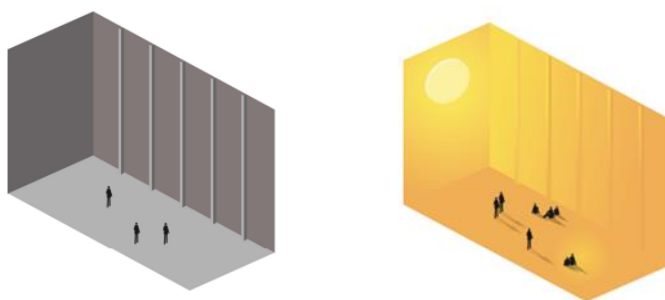


*Slika 4-4. Prikaz ljudi u arhitekturi kroz multimediju*



Sekundarna funkcija vizualne strukture ilustrira oblik vremenske tipologije (James i Nagasaka 2010). Osvjetljavajući i vizualno aktivirajući prostor, vizualni mediji funkcioniraju kao arhitektonska rasvjeta koja se prilagođava večernjem korištenju prostora. Dok su nematerijalni, vizualni mediji nude sredstva za strukturiranje dinamičkih prostornih konfiguracija i višestruke funkcionalnosti za strukturu, neovisno o fizičkim okvirima. Korištenje vizualnih medija kao strukturne komponente prostora omogućuje uvođenje privremenih promjena u percipirane prostorne konfiguracije prema promjenjivim programskim potrebama. Vizualne informacije povećavaju funkciju fizičkih elemenata i transformiraju percipiranu hijerarhiju prostora.

Kvaliteta materijala arhitektonske građevine igra važnu ulogu u definiranju nečijeg doživljaja prostora. Vizualni multimediji uvode drugu dimenziju u konvencionalne koncepte arhitektonskog materijala koji se bave temporalnošću i percipiranim osjećajem vremena koje se doživljava u prostoru. Instalacija Weather Project Olafura Eliassona postavljena je u velikom unutarnjem prostoru. Jednobojna svjetla jantarne boje raspoređena u krug na zidu izgledaju poput golemog sunca. Jantarno svjetlo ljudskom oku sve u prostoru čini monokromatskim, slično svjetlosnim uvjetima u kasno poslijepodne ljeti (Slika 5). Velika skala prostora prilagođava se osjećaju vanjskog okruženja s jantarnim izvorom svjetlosti kao sunce. Jednobojno svjetlo reflektira se od materijale interijera što rezultira sjajnom površinom koja utječe na percipirano vremensko stanje prostora, ilustrirajući transformativnu tektoniku i transformativnu topologiju (James i Nagasaka 2010). Umjetni dim stvara magličastu kvalitetu u zraku, a zrcalna površina obješena sa stropa odbija svjetlost po cijelom prostoru. Rezultirajuće unutarnje okruženje simulira atmosferu vanjskog prostora u stalnom, kasno poslijepodnevnom stanju, predstavljajući primjer vremenske topologije (James i Nagasaka 2010).



*Slika 4-5. Instalacija Weather Project Olafura Eliassona*

Vremenski utjecaj multimedije naglašava dimenziju vremena u oblikovanju doživljaja prostora, aspekta koji se često zanemaruje. Kao odgovor na vremensko okruženje koje je stvoreno, posjetitelji su se okupili neformalno kao u parku u ljetno poslijepodne. Mnogi su odlučili ležati na zemlji ili sjediti i razgovarati s prijateljima dok su bili okrenuti prema umjetnom suncu. Integriranjem vizualnih medija s arhitektonskom strukturom okolišna i vremenska

atmosfera mogu se transformirati i zauzvrat utjecati na način na koji se prostor koristi. Ova vrsta strategije razmatra utjecaj vizualnih multimedija na fizičke materijale i vizualne znakove koji utječu na nečiju percepciju vremena u prostoru.

Način na koji multimedija utječe na prostor kako bi se proizveo određeni arhitektonski učinak sugerira da su principi oblikovanja prostora korištenjem multimedija usko povezani s principima konstruiranja arhitekture. Kako bi se to potvrdilo, provedena je analiza studije slučaja pet primjera instalacijske umjetnosti i interaktivnih prostora kako bi se primijenila matrica učinaka kao analitički alat za dobivanje integriranog teorijskog uvida u slučajeve. To je rezultiralo s pet hipotetskih strategija dizajna koje integriraju multimediju i arhitekturu (James i Nagasaka, 2011).

Autori James i Nagasaka kroz svoje su istraživanje o korištenju multimedija u arhitekturi došli do sljedećih spoznaja; integracija vizualnih medija s fizičkom tektonikom proširuje potencijal za prostornu definiciju u arhitektonskom kontekstu. U arhitektonskoj kompoziciji fizičke tektonike i vizualnih medija, vizualni mediji mogu dati osjećaj razmjera i vizualne strukture te također definirati percipirani opseg fizičkog prostora. Multimedija može naglasiti određene elemente, aspekte i značajke te im dati dinamičan karakter ili pružiti sredstvo za osvjetljavanje prostora. Ipak, nematerijalne prirode, vizualni mediji pružaju ovu fleksibilnost u prostornoj definiciji i proširenoj funkcionalnosti s malo ili nimalo fizičke intervencije.

Nadalje, interaktivnost multimedija unapređuje pronalaženje puta, naime interaktivni mediji mogu predložiti putove kroz prostor bez konvencionalno izgrađenih hodnika ili volumena. Ova strategija također omogućuje istraživanje novih načina prostorne funkcije mogućih s interaktivnim multimedijским sustavima (James i Nagasaka, 2011). Vizualne karakteristike materijala utječu na njegov doživljajni ambijent. Pomoću vizualnih medija moguće je uvesti temporalnost kao manipulabilnu dimenziju prostora za iskustvo. Osjećaj vremena može se pobuditi stvaranjem različitih ambijentalnih iskustava. Ovo ilustrira novi pristup rješavanju tipfelera koji je omogućen multimedijom, gdje se okolišna i vremenska atmosfera stvara integracijom vizualnih multimedija. Nadalje vizualni mediji i fizički materijali povećavaju funkcionalni potencijal fizičke tektonike. Vizualni mediji obavijaju fizičke elemente poput sloja površinskog materijala bez fizičke dubine, ali ipak pružaju širok raspon funkcionalnih mogućnosti. Obično je prostor definiran fizičkim ograđivanjem, ali interaktivni vizualni multimediji mogu lako redefinirati prostor i povećati njegovu programsku funkciju bez potrebe za fizičkim ograđivanjem. To bi se moglo pokazati vrijednim u definiranju osjećaja arhitektonskog prostora na nekonvencionalnim lokacijama koje teško podnose konvencionalne oblike gradnje (James i Nagasaka, 2011). Ovo istraživanje provedeno od strane Jamesa i



Nagasakija (2011) naglašava nužnost osvježene koncepcije arhitektonskog projektiranja koja uključuje arhitektonske kvalitete multimedije ostvarene transformativnim, interaktivnim i vremenskim utjecajima multimedije, zajedno s osvježenom koncepcijom multimedije kao funkcionalne sastavnice arhitektonskog prostora. Predstavljene strategije samo su inicijativa za uvođenje novih mogućnosti u konvencionalne arhitektonske funkcije i arhitektonsko oblikovanje prostora s primjenama koje tek trebaju biti u potpunosti realizirane.

U nastavku ovog diplomskog rada slijedi istraživački dio primjene multimedije u arhitekturi kroz multimedijske programe računalnog oblikovanja (CAD, AutoCAD, 3D CAD), 3D oblikovanja i vizualizacije te kroz virtualnu stvarnost.

## 5. Primjena multimedijских programa i sadržaja u arhitekturi

### 5.1. Računalno oblikovanje

CAD (Computer Aided Design, prev. Računalno potpomognuto projektiranje) 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 (Murdock, 2014).

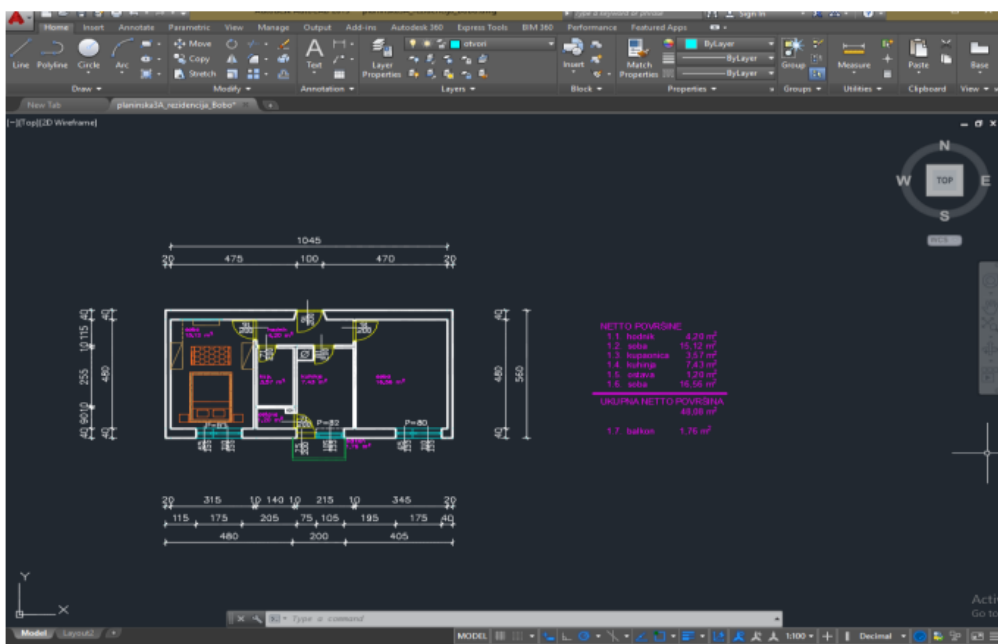
„Povijest CAD-a seže do ranih šezdesetih godina dvadesetog stoljeća. U tom pionirskom razdoblju računalnih znanosti, istraživači i programeri postavili su temelje CAD industrije. Računalni uređaji za unos i osnovne tehnike računalnih sučelja također su nastali u to doba. Prve komercijalne CAD aplikacije izdane su sedamdesetih godina za osobna računala i računalne radne stanice.“ (Murdock, 2014) 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.“ (Murdock, 2014). 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. 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 (Murdock, 2014). 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, točkica i krivulja, te tako biti vrhunski alat u informacijskoj grafici i prikazivanju linijske umjetnosti.

Primjer najzastupljenijeg i najpoznatijeg CAD računalnog programa je Autodeskov AutoCAD (Automatic Computer Aided Design). Na slici 1. prikazana je uvodna fotografija prilikom pokretanja Autodesk AutoCAD 2018. Autodesk AutoCAD je računalni program namijenjen dvodimenzijском 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 nacрта i drugih inženjerskih planova. Autodesk AutoCAD je prvi računalni CAD program te je i dalje najpopularniji CAD program za brzu izradu dvodimenzionalnih nacрта. Intuitivno sučelje omogućuje vrlo jednostavno korištenje programa. Pravilnim upravljanjem na jednostavan način iz dvodimenzionalnog nacрта 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.



Slika 5-1. AutoCAD program, prikaz tehničkog nacрта

Jedno 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.

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 (Horvat, 2017).

AutoCAD podržava korištenje .dwg i .dxf datoteka koje su kompatibilne sa drugim CAD računalnim programima za projekte animacije i foto-realističnih 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 (Horvat, 2017).



*Slika 5-2. AutoCad - sučelje aplikacije*

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 (Horvat, 2017).

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 nacrtu 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 nacrtu. 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 (Horvat, 2017).

Najpopularniji su konceptualni modeli izrađeni u 3D CAD računalnim programima koji u sebi sadrže osnovne alate za izradu foto-realističnih 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 (Horvat, 2017). 3D CAD računalni programi pružaju brojne prednosti za arhitekte i dizajnere u usporedbi sa dvodimenzionalnim CAD računalnim programima i ručnom izradom. Vizualizacija i prikaz informacija o zgradi samo su dvije najočitije prednosti. Među prednostima također se navodi lakše upravljanje pogreškama u planiranju, upravljanje promjenama te vrijeme izrade (Horvat, 2017).

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, unutrašnje uređenje i građevinsku vizualizaciju. Najveće prednosti su mu intuitivno sučelje preko kojega se mogu skicirati tlocrti, automatski generirati presjeci i pogledi, profesionalne konstrukcije krovništa i stubišta, kompletno unutrašnje uređenje korištenjem unaprijed zadanim elementima i teksturama. Ovakvim alatom omogućuje se ostvarivanje kreativnih ideja prilikom oblikovanja unutrašnjeg ili vanjskog prostora (Horvat, 2017). Jedan je od primjera računalnog programa za izradu konceptualnih modela i vizualizacija u kombinaciji sa drugim programima za 3D modeliranje i vizualizaciju.



*Slika 5-3. Prikaz 3D modela kreiranog u ArCon Profesional 25*

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 (Horvat, 2017).

Unos tehničkih nacrtu 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 (Horvat, 2017). 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 spremati 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 (Horvat, 2017).

## **5.2. 3D vizualizacije**

Arhitektura je dosta narasla od svojih početaka prije nekoliko stoljeća. Kada razmišljamo o ranoj arhitekturi, obično mislimo na crteže olovkom i tušem ili one ikonske nacрте. Iako se crteži olovkom i tušem sada smatraju starijom tehnologijom, oni su prilično moderni u usporedbi s nekim od najranijih primjera arhitekture. U ranim vremenima, stari Egipćani su stvorili fantastičnu arhitekturu u obliku piramida koja i danas oduševljava. Učinili su to uz pomoć najranijih svjetskih arhitekata, a naše vještine i razumijevanje odatle su se samo poboljšali.

Od tada su se mogla vidjeti brojna velika arhitektonska djela od Eiffelovog tornja do Taj Mahala. Ovi prekrasni dijelovi arhitekture izdržali su test vremena i nije im bilo potrebno 3D modeliranje za njihovu izradu. Iako je zasigurno moguće stvoriti prekrasnu i nevjerojatnu tehnologiju bez 3D modeliranja, također je važno upamtiti da usluge 3D modeliranja nisu samo digitalna verzija crteža olovkom i tušem (Kuška, 2023).

Iako bi se 3D modeliranje moglo smatrati nedavnim izumom, a u velikoj mjeri to i jest, 3D modeliranje počelo je mnogo ranije. 3D modeliranje postoji već oko 60 godina kada je računalni znanstvenik po imenu Ivan Sutherland izumio računalni softver pod nazivom Sketchpad 1963. godine. Sketchpad je postao prvi dio arhitektonskog softvera na svijetu i uvelike je pojednostavio

arhitektonski svijet. Sketchpad je mogao "pročitati" crtež stvoren svjetlosnom olovkom, stvoriti kopije djela i omogućiti njegovo uređivanje. Još važnije, ako se radio jedan crtež, svi slični crteži odražavali su promjene. Zbog ovog nevjerojatnog softvera, Ivan Sutherland se u velikoj mjeri smatra ocem CAD dizajna. Iako je CAD prešao dug put od ovog prvog dijela softvera, ovaj prvi dio je bez sumnje bio utjecajan u svim novim tehnologijama (Kuška, 2023).

Sve do 1990-ih, osnovni programi kao što je Sketchpad bili su sve što je bilo dostupno. Iako je nedvojbeno bio koristan alat koji je pomogao olakšati projekte, softver je bio skup i obično nije bio dostupan za osobna računala. Sve se to počelo mijenjati krajem 1980-ih i početkom 1990-ih. Na primjer, AutoCAD je odlučio isporučiti većinu značajki dostupnog softvera za djelić cijene. Učinivši softver pristupačnijim otvorio je put za svakodnevne usluge projektiranja ArchiCAD-a da se zainteresiraju za korištenje ovog softvera kao normalnog dijela svog posla (Kuška, 2023).

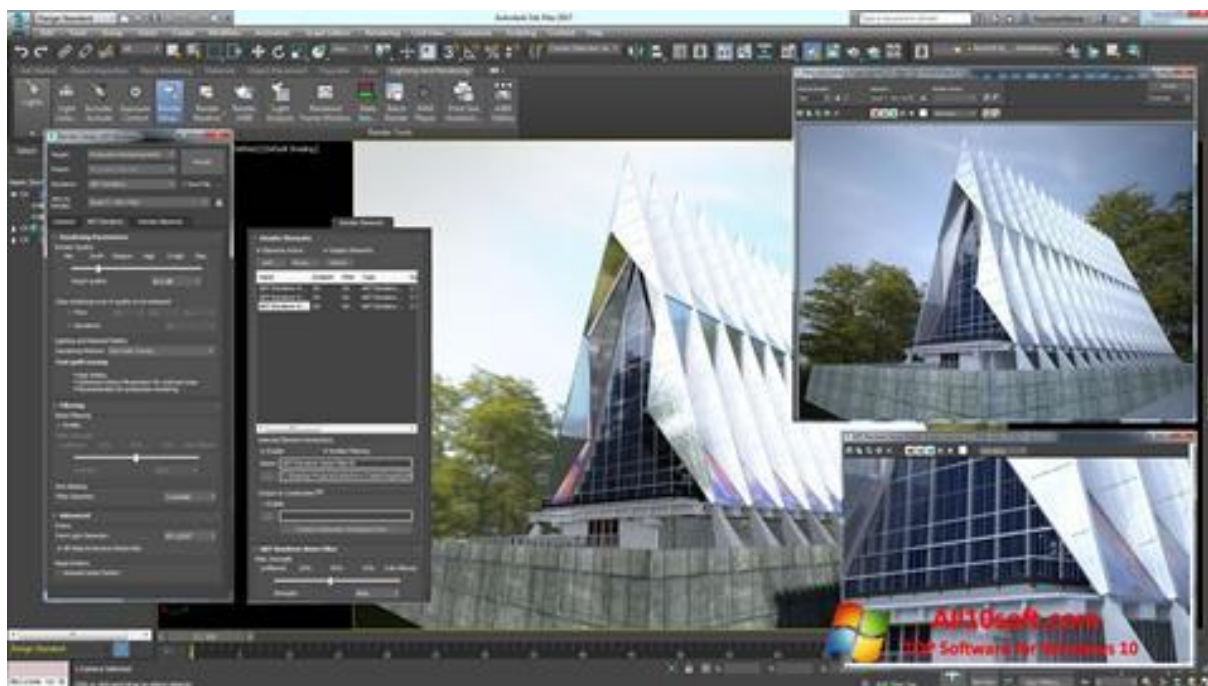
U 1990-ima pojavio se nalet novih programa koji su uvelike proširili broj zadataka koji se mogu izvršiti i ukupnu kvalitetu proizvoda. Prvi od njih bio je Cinema 4D, a nakon njega niz drugih. Ovi novi programi nisu bili samo dotjerane verzije starog softvera, već stvarne inovacije koje su pomogle uslugama arhitektonskih detalja učiniti više. Ian Braid, koji je uveo koncept čvrstog modeliranja, napravio je neke od svojih najboljih radova u to vrijeme.

NURBS modeliranje također je započelo 1990-ih, a prvi NURBS modeler za osobno računalo postao je dostupan 1993. Jedno od drugih velikih i najvažnijih ažuriranja 1990-ih bilo je omogućavanje CAD softveru da postane omogućen internetom. Omogućavanjem jednostavnog dijeljenja CAD projekata putem interneta, utrlo je put arhitekturi da postane globalizirana (Kuška, 2023).

Umjesto potrebe za diskom koji se može uništiti jednako lako kao ručno izrađeni fizički 3D model, slanje projekta nekom drugom na pregled bilo je jednostavno poput slanja e-pošte. Ova eksplozija u razvoju bila je samo znak onoga što će doći. Bilo je još puno poboljšanja koja su se trebala dogoditi.

Ako su 1990-e bile početak svega, rane 2000-e bi to uvelike uvećale. Dva od najvećih lidera u industriji, još uvijek vrlo važni za industriju 20 godina kasnije, značajno će rasti ili započeti sa svojim poslovanjem tijekom ovog desetljeća. Ta dva istaknuta brenda bili su Autodesk Revit i 3Ds Max. 3Ds Max je nekoliko puta promijenio ime tijekom svog rasta, da bi se na kraju skrasio na Autodesk 3Ds Max 2005.





*Slika 5-4 3DS Max, prikaz sučelja aplikacije*

Ovo je također bilo vrijeme kada je računalstvo u oblaku počelo postajati normaliziranija ideja u smislu 3D modeliranja. Uz pomoć oblaka, arhitektonska poduzeća mogla bi raditi jedna s drugom na istom projektu bez obzira na udaljenost, a nova ažuriranja omogućila bi softveru da svi koji rade na projektu budu automatski ažurirani sa svim promjenama (Kuška, 2023).

Mogućnosti koje je otvorio način na koji se radilo na 3D modelu učinile su slobodni rad lakšim za usluge arhitektonske vizualizacije, a kupcima omogućile više izbora jer su arhitekta mogli tražiti dalje. Također je pomoglo da više od jedne osobe lakše radi na istom projektu, ubrzavajući brzinu izrade 3D modela. 2000-te su stvarno promijenile 3D modeliranje u ono što će ono postati danas. Tada su se pojavili prvi foto-realistični renderi koji su zaokupili maštu arhitekata. Mogućnosti 3D modeliranja počele su izgledati neograničene i mnogi su arhitekti bili vrlo uzbuđeni što su se uključili u ovakav oblik arhitekture koja je bila potpomognuta multimedijom (Kuška, 2023).

Početakom 2000-ih postojalo je mnogo uzbudljivih mogućnosti za samostalne izrađivače arhitektonskih modela. Tehnologija je bila tu, ali što je još važnije, arhitekti su zapravo bili zainteresirani za njezino korištenje. Ono što je nekada bila rijetko korištena opcija postalo je uobičajeno u cijeloj industriji. Arhitekti su postali bolji u prikazivanju svojih zgrada. Stvari poput osvjetljenja, tekstura i boja uzete su u obzir s puno više detalja. Postalo je dostupno još više novih programa kao što je Zbrush, kao i nove tehnike. Arhitekti su počeli eksperimentirati sa stvarima poput filmova svojih projekata, animacija itd.

Danas se crteži u stilu olovke i tuša smatraju starom školom. Usluge 3D arhitektonskog modeliranja koriste 3D modele kako bi svoje projekte učinile bržima, sigurnijima i pristupačnijima u usporedbi s crtežima olovkom i tušem. Nove tehnologije također su učinile predstavljanje projekata kupcima zanimljivijim, sa stvarima poput virtualne stvarnosti i obilazaka proširene stvarnosti. U virtualnoj stvarnosti kupac dobiva VR slušalice. Tada mogu gledati svoj projekt kao da su stvarno tamo, kliziti po vanjskoj ili čak unutarnjoj strani zgrade ili čak odletjeti i dobiti pogled iz ptičje perspektive.

Detalji mogu biti zapanjujući, a mnoge usluge 3D arhitektonskog renderiranja idu korak dalje i detaljiziraju projekt s 3D ljudima, dizajnom interijera i još mnogo toga kako bi ga učinili što je moguće realističnijim. Proširena stvarnost također postaje sve uobičajenija. Arhitekti mogu posjetiti mjesto budućeg projekta sa svojim klijentom, pokazati kako bi njihova zgrada izgledala prekrivena samom lokacijom ili ih pustiti da prošeću zgradom uz pomoć računala. Iako nije novost, korištenje alata za analizu također postaje sve uobičajenije, a mnogi arhitekti koriste te alate za pregled zgrada radi sigurnosti i potrebe za materijalima kao pomoć pri projektiranju. U nekim se slučajevima ovi alati koriste za pomoć u rješavanju prirodnih katastrofa uobičajenih za određena područja, kao što su potresi, požari ili poplave. Mnogi su životi vjerojatno spašeni korištenjem ovih tehnika u područjima podložnim katastrofama (Kuška, 2023).

Kako je tehnologija iz dana u dan sve naprednija, tako nam je tehnologija omogućila korištenje 3D svijeta. Najveći preokret kod tehnologije je bio prelazak iz 2D područja u 3D i 4D modeliranje. 3D modeliranje je prikaz 2D slike u 3D prostoru. Pomoću 3D modeliranja možemo vizualizirati objekt zajedno sa svim njegovim stranama i detaljima. Čak možemo i dizajnirati sve elemente prije početka građevinskih radova za projekt. Samo modeliranje nam olakšava druge naprednije koncepte poput modeliranja kuće i njenog dizajna. Korisnost kod 3D modela je što možemo uočiti pojedine rizike prije nego projekt krene u razvoj, budući da postoji više sekcija koje omogućuje predikcije samog razvoja projekta. Neke od njih su: gospodarski razvoj, upravljanje infrastrukture, javna sigurnost itd. Danas su nam dostupni brojni alati kao što su Blender, Autodesk Maya, Sketch up.

Tehnologija 3D modeliranja kod arhitekture se tijekom zadnja dva desetljeća toliko unaprijedila, da danas pomoću 3D-a građevinska industrija postiže puno veće rezultate u kraćem vremenu. Pomoću 3D softvera dizajneri i arhitekti mogu biti kreativni u svojim projektima i mogu uređivati dijelove projekta unatoč tome što je projekt završen. Kod prezentiranja svojih projekata klijentima možemo pomoću 3D-a dočarati cijeli postupak izrade arhitekture kuće te možemo virtualno prikazati cijeli izgleda te kuće. Prednosti kod korištenja 3D sustava u arhitekturi je: detaljniji prikaz arhitekture, prezentacije projekta, lakše uočavanje pogrešaka te,

ono najvažnije, suradnja sa timovima, budući da se omogućuje lakše prenošenje dijelova projekta. Kada govorimo o 3D u arhitekturi nju možemo prikazati na tri sljedeća načina (Pecolaj, 2021):

- 3D model u digitalnom obliku,
- Isprintani 3D model pomoću 3D printera,
- Ručno rađen model.

3D modeliranje je izraz koji se koristi za proces stvaranja trodimenzionalnog prikaza nekog objekta. Umjetnik mora koristiti poseban program za manipulaciju objekta kako bi mogao kreirati određeni model. Takav prikaz nazvan 3D model može prenijeti veličinu, teksturu i oblik objekta. Pomoću 3D programa možete stvoriti modele koji već postoje, a može se kreirati dizajne koji još nisu izrađeni u stvarnom svijetu. Tehnika 3D modeliranja koristi se za razne medije kao što su video igre, filmovi, ilustracija, arhitektura. Što se tiče učenja 3D modeliranja to može biti veliki izazov jer su programi komplicirani, a veliki dio modeliranja se bazira na umjetničkim vještinama. Najčešće pogreške kod 3D-a je računalo koje se koristi. Softver sam po sebi ne zauzima veliku memoriju računala, ali koristi veliku procesorsku snagu koja je potrebna za pokretanje 3D softvera. Periferija računala ovisi o vašoj krajnjoj uporabi - ako radite sa velikim datotekama morat ćete razmisliti o nadogradnji. 3D tehnologija nikada nije bila toliko u uporabi koliko je danas. Iz dana u dan sve više se koristi takva tehnologija te se korištenje 3D modela može primijetiti svugdje jer ubrzava rad svake industrije – primjerice, pomoću 3D može se analizirati i predvidjeti rezultate.

### **5.3. Softveri za 3D vizualizaciju**

Jedan od trajnih učinaka koje je napredak 3D softvera imao na arhitektonski dizajn jest promjena prirode poslovnih procesa. Kako se industrija usluga arhitektonskog projektiranja razvija i sve više opcija za softver za 3D modeliranje postaje dostupno, postoji veća potražnja za kvalificiranim tehničkim osobljem koje će pružiti učinkovite i točne dizajne. Ovaj traženi, tehnički vješt ljudski resurs sada je dostupan u inozemstvu u velikom broju i po pristupačnoj cijeni. U sve globalnijem poslovnom okruženju, sve više tvrtki smatra da je korištenje inozemnih usluga 3D modeliranja korisno i čini se da će se ovaj trend nastaviti još neko vrijeme (Bwali, 2017).

Računalne animacije, vizualizacije i 3D prikaz zahtijevaju računala velike procesorske i grafičke snage. Performanse računala za stvaranje 3D modela, foto realistične 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 (Horvat, 2017).

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 (Horvat, 2017).

Materijali se koriste za opisivanje i dodavanje fizikalnih svojstava modelu. Baš kao što materijali mogu biti u stvarnome svijetu opisani kao ljuskavi, 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 primijeniti 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 (Horvat, 2017).

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 (Horvat, 2017).

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.

Svjetla igraju važnu ulogu u vizualnom procesu. Premalo ili previše svjetla utječe na izradu scene tako da dobivena slika scene može biti podeksponirana ili preekspozicionirana. 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 (Horvat, 2017).

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 Skylightha nisu fotometrijske. U tom slučaju za pozadinu scene mogu se koristiti HDRi mape koje sadrže sve parametre za svjetlo te ona osvjetljava scenu (Horvat, 2017).

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 (Horvat, 2017). Uz to objekt se renderira pogledom kroz virtualnu kameru pomoću koje je moguće primijeniti svojstva stvarne fotografije (kontrola ekspozicije, dubinske oštine, veličine objektiva itd.)

Softver za 3D vizualizaciju i alati za dizajn preinačili su načine na koje arhitekti komuniciraju, surađuju i plasiraju svoje projekte.

Učinkovita komunikacija kroz 3D vizualizaciju 3D vizualizacija je revolucionirala arhitektonsku komunikaciju, omogućujući profesionalcima da daju detaljne i točne prikaze svojih dizajna, olakšavajući informirano donošenje odluka.

Suradnja i marketing u arhitekturi BIM i mješovita stvarnost poboljšali su suradnju među arhitektima, potičući inovacije. 3D vizualizacija transformirala je arhitektonski marketing nudeći visokokvalitetne slike i animacije, pomažući arhitektima da se istaknu na konkurentnom tržištu.

Zaključak je da je 3D vizualizacija bez sumnje promijenila konceptualizaciju, izvedbu i prezentaciju arhitektonskih projekata. Kako se ove tehnologije nastavljaju razvijati, one će

dodatno potaknuti inovacije i održivost u arhitekturi. Kako bi arhitekti ostali konkurentni u ovom dinamičnom području, ključno je prihvaćanje punog potencijala vizualizacije.

Neke od široko korištenih 3D softverskih alata (Bwali, 2017) ukratko ćemo opisati:.

### 5.3.1. Autocad

Jedan je od najraširenijih softvera koji je popularan među studentima i profesionalcima, proizvodi reprezentativne crteže, koji su često odskočna daska za 3D modeliranje. AutoCad se primarno koristi za 2D prikaz i crtanje, te je raširen kako među arhitektima tako i među ostalim strukama koje sudjeluju u projektiranju. Njegove mogućnosti daleko su veće od samog 2D prikaza, korisničko sučelje može se prilagoditi željama, a eksperimentiranje sa slojevima i debljinom linija proizvest će dizajn sa standardnim crtežima i mjerljivim detaljima konstrukcije. Slika 5 prikazuje finalnu vizualizaciju koju dobivamo iz AutoCAD-a



*Slika 5-5 Prikaz 3D modela kreiranog u AutoCAD programu*

### 5.3.2. ArchiCAD Graphisoft

ArchiCAD tvrtke Graphisoft je arhitektonski CAD softver, otvoreni BIM (Building Information Modelling) softver koji predstavlja potpuni alat primarno korišten od strane arhitekata, sadržava gotove elemente koji se primjenjuju prilikom projektiranja. Arhitekt se može koristiti velikom knjižnicom gotovih CAD elemenata koji omogućuju potpuni dizajn, 3D modeliranje i vizualizaciju, nudeći visokokvalitetno i foto-realistično prikazivanje. ArchiCAD modeliranje omogućuje pohranu velike količine informacija u 3D modele. Koristan je za projektiranje zgrada, interijera i urbanih područja.





*Slika 5-6 Vizualizacija u ArchiCad-u*

### **5.3.3. SketchUp**

Kada arhitekti stvaraju konceptualnu fazu u 3D, SketchUp omogućuje brzu izradu dizajna. Popularan je jer je jednostavan za korištenje, isplativ i ima raznoliku biblioteku komponenti. Svaki predmet, površina i materijal imaju jedinstvenu teksturu. Njegove su mogućnosti renderiranja ograničene.



*Slika 5-7 Vizualizacija u SketchUp-u*

### **5.3.4. Revit**

Ovaj program pomaže u stvaranju 3D modela, prikaza i 2D konstrukcijskih dokumenata. Umjesto linija i krugova mogu se koristiti građevinske komponente kao što su stvarni zidovi, krovovi, grede i stupovi i elementi iz stvarnog svijeta kao što su prozori i vrata. Kompatibilan s

AutoCAD-om, sve učinjene izmjene ažuriraju se u svim prikazima, planovima i nacrtima. Vrijeme koordinacije i crtanja značajno je smanjeno. Revit 3D modeliranje proizvodi tablice koje pokazuju količinu potrebnih materijala i točno gdje su potrebni. Uzimanja materijala omogućuju bolje planiranje i predvidljivost.

Revit Architecture omogućuje automatsku izradu rasporeda građevinskih komponenti, čime se poboljšavaju izračuni troškova i količina. Budući da je Revit 3D softver za BIM (Informacijsko modeliranje zgrada), ima aspekt suradnje, što je velika prednost. Svaki dionik može pristupiti središnjim dijeljenim modelima na lokacijama temeljenim na oblaku, kao što je Collaboration for Revit i BIM 360, te može napraviti promjene i priopćiti te promjene drugima u istom projektu. To pomaže u izbjegavanju prerade i pomaže uštedi vremena.



*Slika 5-8 Vizualizacija u Revit-u*

### **5.3.5. 3D Studio Max**

3D Studio Max i njegovi alati imaju mogućnosti modeliranja i fleksibilnu arhitekturu dodataka te se mogu koristiti na Microsoft Windows platformi. Koriste ga arhitekti za predvizualizaciju.



*Slika 5-9 Vizualizacija u 3D Studio Max-u*





*Slika 5-10 Vizualizacija u 3D Studio Max-u*

### **5.3.6. Rhino 3D**

Rhino 3D je glavni program u 3D modeliranju. Koristi se za industrijski dizajn i arhitekturu, Rhinova geometrija stvara točne modele. Grasshopper, uređivač grafičkog algoritma dizajniran za 3D geometriju u kombinaciji s Rhino 3D, nudi daljnje arhitektonske mogućnosti (Bwali, 2017).



*Slika 5-11 Vizualizacija u Rhino 3D-u*

### **5.3.7. Artlantis**

Artlantis krasi dvije karakteristike: brzina i uporabljivost. Brz i jednostavan za korištenje najbrže je i najlakše rješenje za renderiranje i animiranje na tržištu za bilo koji 3D projekt (koriste ga arhitekti, dizajneri i urbanisti u preko 110 zemalja). Za razliku od ostalih softvera za izradu vizualizacija, Artlantis je maksimalno prilagođen korisniku, sve komplicirane opcije su uklonjene ili sakrivene, a korisniku su na raspolaganju i ostali parametri koji su lako razumljivi i odmah daju vidljivi i prepoznatljivi rezultat, Rad se odvija u 3D prozoru gdje se u realnom

vremenu prikazuju sve promjene osvjetljenja, materijala, kamere itd. Moguće je u scenu ubaciti i razne 3D objekte poput automobila, namještaja, ljudskih figura, stabala, zelenila itd.



*Slika 5-12 Vizualizacija u Artlantis-u*

### **5.3.8. Twinmotion**

Twinmotion je 3D softver za izradu dinamičnih vizualizacija arhitektonskih, urbanističkih i pejzažnih projekata. Twinmotion može importirati 3D modele iz svih suvremenih softvera za 3D modeliranje, a izuzetno brzi odaziv na komande omogućuje integraciju vašeg projekta s dinamičkim virtualnim okruženjem. Omogućena je direktna navigacija: npr. u tlocrtu 3. kata možete kliknuti direktno na oznaku presjeka i BIMx će Vam odmah otvoriti taj presjek.



*Slika 5-13 Vizualizacija u Twinmotion-u*

## 5.4. Virtualna stvarnost

Korištenje virtualne stvarnosti ima svoje korijene u znanosti o vizualnoj komunikaciji, ali je različiti mehanizmi i primjene izdvajaju od mnogih alata vizualizacije. VR okruženja obično se koriste u područjima arhitekture za planirane i dizajnirane stvarnosti, koje još ne postoje ili s nepostojećim komponentama. Svako polje ima različite razloge prostorne ili vremenske nedostupnosti stvarnosti, potičući potrebu i na kraju mogućnost postizanja različitih razina točnosti u virtualnom okruženju.

Virtualna okruženja izvorno su prihvatili arhitekti za prezentaciju koncepta dizajna. U svojoj recenziji Schnabel, Wang i Kvan (2008) objašnjavaju da su virtualna okruženja osnažila dizajnere da s većom lakoćom izraze i istraže svoju maštu. Freitas i Ruschel (2013) pregledali su i grupirali dvjestotinjak radova o virtualnoj i proširenoj stvarnosti primijenjenoj u arhitekturi u područja istraživanja i stupnjeve tehnološkog razvoja. Oni prihvaćaju definiciju VR-a preuzetu od Burdea i Coiffeta (2003), da je to tehnologija koja dodaje dimenzije uranjanja i interaktivnosti trodimenzionalnim računalno generiranim modelima dopuštajući "istraživanje" koje nije moguće s tradicionalnim oblicima reprezentacije. Ovo se uklapa u karakterizaciju VR-a za planiranje okoliša i krajobraznu arhitekturu kao alata koji omogućuje nadilaženje, u nekom smislu, postojeće stvarnosti. Osim što omogućuje dodavanje virtualnih entiteta prikazima stvarnog svijeta, VR tehnologija poboljšava suradnju među članovima dizajnerskih timova (Wang, 2007). Učinkovita suradnja tijekom ranih faza projektiranja u arhitekturi uvjet je za učinkovito cjelokupno projektiranje i izgradnju (Koutsabasis i sur., 2012).

Dorta, Lesage i Pérez (2011) objašnjavaju da virtualni dizajnerski studiji mogu kompenzirati nedostatak zajedničkog lokalnog ili udaljenog idejnog prostora. Oni opisuju slučaj u kojem su dva tima bila u mogućnosti zajednički dizajnirati dok su bili virtualno "teleportirani" u međusobne grupe. Autori Gu, Kim i Maher (2011) procjenjuju dva trenutna sinkrona napretka: trodimenzionalne (3D) virtualne svjetove za daljinsku suradnju u dizajnu i opipljiva korisnička sučelja. Istraživanja aplikacija 3D virtualnog svijeta naglašavaju promjene u ponašanju dizajna kada su dizajneri fizički udaljeni, ali virtualno zajedno kao avatari unutar svog prikaza dizajna u obliku 3D modela. Ove vrste aplikacija mogu se koristiti za poboljšanje suradnje između dizajnera međusobno i suradnje između dizajnera i klijenta u arhitektonskim aplikacijama (Viet, Yeon, Hak i Choi, 2009).

Osim istaknutih prednosti suradnje, VR također olakšava razumijevanje prostorne koncepcije; nedavna istraživanja u njegovoj primjeni u arhitekturi usredotočila su se na te prednosti. Rahimian i Ibrahim (2011) bavili su se identificiranjem i dizajnom prostornog



problema ili prostornog rješenja koristeći VR, a Chen i Schnabel (2009) bavili su se onim što nazivaju izgubljenim prostorom. Potonji se definira kao skriveni, neprimjetni prostor koji se može identificirati za korištenje i pristup kroz VR istraživanje. Ovo je osobito prikladno za područje dizajna interijera, ali se može primijeniti i na arhitekturu (Viet, 2009).

Uz prostornu koncepciju vezano je i ispitivanje navigacijskih pomagala i putokaza za orijentaciju unutar izgrađenog okoliša. Za ovu vrstu istraživanja, mogućnosti uranjanja VR osiguravaju kontrolirano okruženje za testiranje hipotetskih dizajna. Parush i Berman (2004) ispitali su kako se korisnici kreću kroz virtualno okruženje na zaslonu. Slično tome, Mavridou, Hoelscher i Kalff (2009) bave se pitanjem trodimenzionalne skale urbanog okoliša kao elementa koji nedostaje unutar diskursa o "sintaksi prostora". Proveli su eksperiment koristeći VR koji je ispitao izvedbu sudionika u pronalaženju puta na temelju znanja iz ankete u četiri okruženja s istom konfiguracijom plana, ali među različitim visinama zgrada. Ovo istraživanje baca svjetlo na to kako geometrijska i topološka svojstva prostora utječu na kretanje sudionika u gradovima i mogu informirati odluke o arhitektonskom dizajnu.

Kada je virtualna stvarnost sveobuhvatna, dizajneri imaju tendenciju da rade interaktivno i trodimenzionalno sa svojim medijima, svaka je kreacija mjesto koje se doživljava izravno kroz kretanje i interakciju paralelno s poznatim stvarnim svijetom (Schnabel, 2008). Chen i Wang (2008) istražuju "opipljivu proširenu stvarnost" koja spaja računalno generirane materijale za učenje i podražaje virtualnih objekata u stvarni prostor. Oni raspravljaju o empirijskom istraživačkom okviru za dizajn i strategijama za implementaciju takvih tehnologija za poboljšanje pedagoške učinkovitosti za obrazovanje o arhitektonskom dizajnu.

Kako bi potaknuli interes i promovirali VR novim korisnicima, Yan, Culp i Graf (2010) predstavljaju okvir za integraciju informacija o zgradi. Tri sinkronizirana projektora tako budućim arhitektima, studentima, prikazuju kontinuiranu sliku na konkavnom platnu, dok studenti interaktivno upravljaju modelom ili slikom, koristeći nadzorne kamere, senzore i bežični upravljač (štapić) koji olakšava virtualno "putovanje" kroz projektirano okruženje. Oni integriraju BIM s igricama i oglednim eksperimentom interaktivnih i foto realističnih koraka u stvarnom vremenu unutar virtualnog korisničkog modela. Ovaj sustav omogućuje "igru" u dizajniranim okruženjima s mogućnošću simulacije fizičke dinamike i virtualnih aktivnosti korisnika. U slične svrhe, VR se koristio za poticanje interesa učenika srednjih škola za studij urbanizma i arhitekture. Zanimljivo otkriće iz studije VR–KiDS koju su opisali D'Souza i suradnici (2011), bilo je zadovoljstvo koje su mladi ljudi pokazali u korištenju VR-a i njihovim naprednim sposobnostima u usporedbi s njihovim učiteljima.

Istovremeni razvoj virtualnih igara i VR koji se koriste u dizajnerskim disciplinama, uključujući arhitekturu, ima obostranu korist. Simulacije izgradnje i korisnika mogu imati koristi od poboljšane grafike, modeliranja razina i modeliranja likova koji se isporučuju kroz napredak postignut u arhitekturi. U isto vrijeme, usvajanje BIM-a u dizajnu i obrazovanju olakšava primjenu VR u procesu projektiranja (Yan i sur., 2010.). Također, arhitekti stječu znanje, okretnost i poznavanje simulacija koje im mogu pomoći i tehnički i kreativno (Green i Bavelier, 2003).

Iako de Freitas i Ruschel (2013) bilježe smanjenje broja publikacija koje opisuju istraživanja o VR (i proširenoj stvarnosti) korištenoj u arhitekturi, oni sugeriraju da bi to moglo označavati preciznije razgraničenje teme u razmatranom razdoblju. Brojni su primjeri korištenja VR-a u obrazovanju o arhitektonskom dizajnu, a poznavanje virtualnih svjetova mladih ljudi znači da postoji veliki potencijal za povećanje korištenja VR-a u profesiji arhitektonskog dizajna.

Multidisciplinarni naponi koji su oblikovali trenutnu integraciju multimedije u arhitektonske prostore prvenstveno su provedeni zajedničkim naporima između umjetnosti, inženjerstva, interakcijskog dizajna, informatike i softverskog programiranja. Ove su suradnje usredotočene na složenost projektiranja za primjene multimedije u specifičnim kontekstima stvarnog svijeta. Osim malog, ali sve većeg broja istraživača i praktičara, arhitekti su uglavnom izostali iz ovih nastojanja. To je rezultiralo projektima koji se primarno bave razvojem tehnologija koje proširuju postojeća arhitektonska okruženja (Greenfield i Shepard 2007).

Danas pojam stvarnosti nije jednoznačno definiran. S obzirom na brz razvoj tehnologije i pojave pametnih uređaja poput mobitela i tableta, došlo je do potpune realizacije nestvarnoga, onoga što je nekad bilo nezamislivo. Prema Milgramu možemo razlikovati više vrsta stvarnosti, a najbolje ih opisuje koncept tzv. Milgramovog kontinuuma stvarnosti. Njegov koncept koristi se kontinuiranom skalom od potpuno virtualnog do stvarnog okruženja, a možemo razlikovati sljedeće vrste stvarnosti:

- Virtual Reality VR (eng. Virtual – virtualno, Reality – stvarnost) – virtualna stvarnost – korisnik vidi samo virtualno okruženje,
- Augmented Virtuality AV (eng. Augmented – prošireno, Virtuality - virtualnost) – prošireni privid – korisnik vidi virtualno okruženje s elementima stvarnog
- Augmented Reality AR (eng. Augmented – prošireno, Reality – stvarnost) – proširena stvarnost – korisnik vidi stvarno okruženje s elementima virtualnog,
- Mixed Reality MR (eng. Mixed – pomiješan, Reality – stvarnost) – prošireni privid + proširena stvarnost,
- Reality (eng. Reality – stvarnost) – korisnik vidi stvarno okruženje (Goluža, 2019).

Ljudska povijest obilježena je napredovanjem medija kojima se prenose i doživljavaju ideje, a virtualna stvarnost jedan je od najnovijih. Prenos ideja i događaja započelo je još u doba prapovijesti, kada su ljudi oslikavali zidove špilja i time prikazivali povijest zajednice ili plemena. Međutim, prvo otkriće virtualne stvarnosti bilo je 1838. godine kada je Charles Wheaton izumio stereoskop koji je funkcionirao na način da je prikazivao dvije identične fotografije koje su korisniku davale osjećaj dubine.

Kroz godine razvili su se još neki izumi koji su korisniku pružali neki oblik virtualne stvarnosti no tek 1962. godine, Morton Heilig izumio je stroj koji je korisnicima omogućio 4D iskustvo i uranjanje u drugi svijet, a koji je uključivao sliku, zvuk, titranje i miris (Goluzha, 2019). Danas se virtualna stvarnost koristi u krajobraznoj arhitekturi, arhitekturi, građevini, medicini i mnogim drugim područjima, te se svakog dana još više razvija.

Virtualna stvarnost predstavlja medij kojim korisnik može doživjeti zamišljenu stvarnost s mnogim fizičkim osjetilima. Senzorne povratne informacije sastavni su dio virtualne stvarnosti, te VR sustav osigurava izravnu senzornu povratnu informaciju sudionicima na temelju njihove fizičke pozicije (Sherman i Craig, 2003).

Oprema koja se koristi za virtualnu stvarnost su naočale zvane Head-mounted displays (eng. Head – glava, mounted – montiran, display – zaslon, HMD). One u potpunosti odvajaju korisnika od stvarnog svijeta, a stvarnost zamjenjuje računalno generirana grafika (Sherman i Craig, 2003). Kako bi doživljaj virtualne stvarnosti za korisnika bio što vjerodostojniji potrebna je kombinacija triju učinaka:

- iskustvo uranjanja – postiže se tako da korisnici nose hermetičke naočale koje su namijenjene blokiranju vanjskog svjetla,
- stereoskopski vid – naočale omogućuju korisniku da svako oko vidi istu scenu izvedenu iz neznatno drugačijeg kuta što omogućuje da ljudske oči vide svijet u tri dimenzije,
- praćenje pokreta – pokrete glave i tijela detektiraju senzori što omogućuje precizno praćenje kretanja unutar prikazanih scena.

S obzirom na učinke, virtualna stvarnost nudi jedinstveni vizualni prikaz koji povećava percepciju volumenskih detalja. U usporedbi s 3D modelima na konvencionalnom monitoru, gdje korisnik gleda trodimenzionalne podatke kao pasivni promatrač, virtualna stvarnost omogućuje korisniku uranjanje u virtualni svijet na način koji se osjeća prostorno realističnim. Tako korisnik može istražiti prostor i učiti u interakciju s okruženjem. (Beheirya i sur., 2019).

U virtualnom svijetu korisnik može proizvoljno odabrati poziciju tijela i točku gledišta i time utjecati na događaje i prikaze koji će se ostvariti. Ove značajke pomažu da virtualna stvarnost postane uvjerljivija od bilo kojeg medijskog iskustva bez tih opcija (Sherman i Craig, 2003). Uz naočale, korisnik se može koristiti i rukavicama (eng. datagloves) koje su također opremljene sensorima koji mu omogućuju podići ili pomaknuti virtualni objekt u simuliranoj okolini (Goluzha, 2019).



*Slika 5-14. Microsoft HoloLens 2 uređaj*

Virtualna stvarnost radi na principu stvaranja trodimenzionalnih prikaza u stvarnom vremenu. Taj proces mora biti dovoljno brz da bi se prikazi percipirali kao kontinuirano kretanje prostorom, a ne kao pojedinačno prikazivanje slika (Sherman i Craig, 2003). S obzirom na razvoj tehnologije za virtualnu stvarnost, razvila se i mogućnosti prisutnosti više korisnika u virtualnom svijetu što je omogućilo da više ljudi djeluje zajedno u virtualnom okruženju (Beheirya i sur., 2019).

Potrebna tehnologija za pružanje iskustva virtualne stvarnosti postala je kvalitetnija i široko dostupna zbog čega je takav pristup istraživanju i prezentaciji postao sve češći. Kako je virtualna stvarnost danas dostupna gotovo svakome, tako su se područja poput arhitekture, krajobrazne arhitekture i građevine počele koristiti VR sustavima za prezentaciju i razumijevanje svojih misli i ideja. Tijekom godina se osim dostupnosti razvio i softver zbog čega je danas VR sustav moguće koristiti na svim novijim računalima. Uz to, sustav je programiran na način da bude kompatibilan s najučestalijim programima za 3D modeliranje, što projektantima i dizajnerima omogućuje da u nekoliko klikova uđu u virtualni svijet. To im štedi vrijeme, a nudi im brz pregled, shvaćanje

prostora i uviđanje pogrešaka što je danas jedan od glavnih ciljeva svake tvrtke koja se bavi prostorom.

Upravo zbog tih značajki VR sustavi privlačni su arhitektima, projektantima i dizajnerima, a uz to, nudi im novi način prezentiranja ideje koji u većini slučajeva intrigira klijenta ili zainteresiranu javnost koja se susretne s virtualnim svijetom. Takvim pristupom prezentaciji rješenja klijent može odmah vidjeti budući izgled prostora, osjetiti njegov karakter, te ukazati na nedostatke ili izraziti dodatne želje.



*Slika 5-15. Kako virtualna stvarnost mijenja Arhitekturu*

Računala potrebna za pokretanje trodimenzionalnog okruženja 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 ) (Horvat, 2017).

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 foto-realistično vizualizirani, interaktivni te povlače pitanje „Virtualna stvarnost ili stvarna virtualnost?“ 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 budući kupci mogu doživjeti buduću prostor (Horvat, 2017).

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 multimedijaskim sustavima poput ugradnje videa, glazbe te raznih vizualnih efekata.



*Slika 5-16. Upotreba VR-a u Arhitekturi*

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 (Horvat, 2017).

Virtualna stvarnost prema Jurjević (2017) može imati veliku ulogu u dizajnu, arhitekturi i inženjerstvu jer čak i one najmanje odluke mogu imati veliki utjecaj i obično u ovim područjima su potrebna velika preciznost kako završni proizvod, vrijeme i uloženi novac ne bi bili upropašteni. Isto tako omogućuje sigurno mjesto za testiranje prototipova u sigurnoj okolini i to sve dok se sa sigurnošću može utvrditi da su svi manjkovi uklonjeni čime bi se izbjegli i vanredni rashodi. Mandić i Ćosić (2011) su u svom članku predviđali kako će sustavi virtualnog inženjeringa dobiti na sve većem značaju, među kojem i virtualna stvarnost preko svojih ulaznih i izlaznih uređaja igra bitnu ulogu za vizualizaciju u virtualnom okruženju. Razlog tomu je što će u dotičnom sustavu izrada virtualnih prototipova postati neizbježna komponenta kod stvaranja digitalnog modela<sup>34</sup> kojeg primjerice označava njegov razvoj, dizajniranje i testiranje proizvedenog proizvoda radi kontrole kvalitete. Oni opisuju slične prednosti kao Jurjević (2017).



*Slika 5-17. Upotreba VR-a u Arhitekturi*

Buzjak (2016) to pokazuje u svom radu na primjeru montaže kućišta puhača za lišće na računaru pomoću posebnih programa za takve primjene gdje je usporedio upotrebu jednog haptičkog uređaja (PHANToM) naspram uobičajenog pristupa, odnosno miša i tipkovnice. Zaključke koje je izvukao iz dotičnog primjera su da korištenje takvog sustava zahtijeva učenje i prilagodbu za razliku od miša i tipkovnice koji su lako dostupni i u većini slučajeva njihovo korištenje je poznato. Ipak za razliku od klasičnog sklapanja, uz odgovarajuće uređaje, ovim načinom se može osim vizualnih povratnih informacija dati i osjećaji dodira i sile koji su za

inženjere jako korisne informacije i već navedenu mogućnost ranog otkrivanja grešaka i uštede koje bi se ostvarile otkrićem, bez obzira što ovakav način zahtjeva više vremena nego izrada fizičkog prototipa i njegovo testiranje dijelova (posebice kod jako skupih). Ali kako tehnologija napreduje i time ulazni uređaji, tako se stvaraju i testiraju nove mogućnosti za interakciju koja bi olakšala radnju u virtualnom okruženju koje počinje biti sve isplativije. Prema Cetinić (2010) proširena stvarnost ima potencijala upotrebe kod dizajna interijera ili vizualizaciji instalacije i strukture. Tako se primjerice može određena prostorija označiti markerima i izradom 3D modela dizajna prostorije koji se uklopi u označeni prostor stvoriti bolji primjer i dojam kako bi prostorija izgledala uživo nakon uređenja ili dobiti bolji opis provoda struje, vode i slično u zgradi kao i "kostur" same zgrade.

Primjeri korištenja virtualne stvarnosti u arhitekturi (Tamer, 2023):

- Virtualni vodiči, VR omogućuje arhitektima da kreiraju interaktivni vodič kroz svoje dizajne, pružajući klijentima realno iskustvo prostora prije nego što je izgrađen. Prestižna tvrtka Foster + Partners upotrijebila je virtualnu stvarnost za izradu detaljnog prikaza svog dizajna za sjedište Bloomberga u Londonu, pomažući klijentima i dionicima da iskuse zgradu prije izgradnje.
- Vizualizacija koncepta, arhitekti koriste VR za stvaranje impresivnih okruženja, pomažući klijentima da bolje razumiju i vizualiziraju predložene koncepte dizajna. Na primjer, Zaha Hadid Architects koristili su VR tehnologiju u svom procesu projektiranja za stambenu zgradu 520 West 28th Street u New Yorku, omogućujući klijentima da dožive predložene prostore u potpuno impresivnom 3D okruženju.
- Planiranje dizajna interijera, VR može pomoći arhitektima i dizajnerima interijera u planiranju i vizualizaciji interijera. Na primjer, DIRTT Environmental Solutions koristi VR u svom softveru ICReality, koji dizajnerima omogućuje stvaranje, modificiranje i vizualizaciju unutarnjih prostora u potpuno impresivnom okruženju, uključujući postavljanje namještaja i odabir materijala.
- Planiranje izgradnje i sigurnost, VR može simulirati procese izgradnje, poboljšavajući planiranje gradilišta i identificirajući potencijalne sigurnosne opasnosti. U značajnom primjeru, Skanska Construction implementirao je VR tehnologiju kako bi testirao svoje planove izgradnje za projekt središnjeg terminala B zračne luke LaGuardia. Simulirajući proces izgradnje u VR-u, uspjeli su identificirati i riješiti potencijalne probleme prije nego što se pojave na licu mjesta.

- Urbanističko planiranje i krajobrazni dizajn, VR se može koristiti za vizualizaciju i analizu prijedloga urbanog dizajna i utjecaja na okoliš. Grad Helsinki je, na primjer, upotrijebio VR tehnologiju za stvaranje digitalnog blizanca svog grada, omogućujući planerima da simuliraju različite scenarije urbanog razvoja i analiziraju njihov utjecaj na okoliš i gradski pejzaž.
- Suradnja i komunikacija, koristeći VR, arhitekti, dizajneri i klijenti mogu raditi zajedno u zajedničkom virtualnom prostoru, pojednostavljujući proces suradnje. Projekt Hyperform, suradnja između Snøhetta, BIG i Studio Gang, odličan je primjer. Timovi su koristili VR kako bi razvili svoje koncepte dizajna za Chicago Architecture Biennale, omogućujući svim stranama da komuniciraju i ponavljaju ideje u stvarnom vremenu.
- Pristupačnost i uključiv dizajn, VR se može koristiti za procjenu i poboljšanje pristupačnosti za osobe s invaliditetom unutar arhitektonskih projekata. Arhitekt Chris Downey, koji je slijep, koristi VR tehnologiju za stvaranje taktilnih 3D modela svojih dizajna, osiguravajući da su prostori koje on dizajnira inkluzivni i dostupni svim korisnicima.
- Očuvanje povijesnog i kulturnog naslijeđa, VR može rekreirati i sačuvati povijesno značajne strukture, omogućujući korisnicima da ih virtualno istražuju. Projekt Virtualni Rim, na primjer, rekreira stari Rim u detaljnom VR okruženju, omogućujući korisnicima da istraže gradske znamenitosti i dožive njegovu bogatu povijest.
- Sudjelovanje i angažman javnosti, VR se može koristiti za uključivanje javnosti u proces dizajna stvaranjem interaktivnih izložbi i prezentacija. Paviljon Serpentine u Londonu, koji je dizajnirala Frida Escobedo, koristio je VR tehnologiju za stvaranje interaktivne instalacije koja je omogućila javnosti da se uključi u dizajn i pruži povratne informacije.
- Integracija informacijskog modeliranja zgrada (BIM), VR se može koristiti zajedno s BIM softverom za poboljšanje koordinacije dizajna i otkrivanje sukoba. Primjer ove integracije je suradnja između Bentley Systemsa i Trimblea, koja je rezultirala razvojem platforme SYNCHRO XR. Ova platforma omogućuje korisnicima vizualizaciju, interakciju i analizu BIM podataka u okruženju virtualne stvarnosti, usmjeravajući proces projektiranja i olakšavajući bolju komunikaciju među dionicima.

- Arhitektonsko obrazovanje i osposobljavanje, VR može revolucionirati arhitektonsko obrazovanje dopuštajući studentima da se bave dizajnom, materijalima i tehnikama gradnje na praktičan način. Fakultet za dizajn Sveučilišta u Minnesoti implementirao je VR tehnologiju u svoj nastavni plan i program, pružajući studentima impresivno okruženje za učenje i razvijanje svojih dizajnerskih vještina.
- Marketing nekretnina, VR se može koristiti za stvaranje virtualnih obilazaka i impresivnih iskustava za potencijalne kupce nekretnina. Tvrtke poput Matterporta i VR Globala razvile su platforme koje stručnjacima za nekretnine omogućuju stvaranje visokokvalitetnih virtualnih obilazaka nekretnina, pružajući potencijalnim kupcima interaktivan i impresivan način istraživanja prostora bez da ih fizički posjećuju.
- Analiza održivog dizajna, VR se može koristiti za analizu ekološke učinkovitosti zgrade, uključujući potrošnju energije, dnevno osvjetljenje i toplinsku udobnost. Na primjer, Autodesk-ova platforma Insight integrira VR tehnologiju s alatima za analizu performansi zgrade, omogućujući arhitektima i inženjerima vizualizaciju i optimizaciju strategija održivog dizajna u virtualnom okruženju.
- Testiranje otpornosti na stres i strukturna analiza, VR može pomoći arhitektima i inženjerima u izvođenju testova opterećenja i strukturalnih analiza na virtualnim modelima, smanjujući potrebu za fizičkim prototipovima. Thornton Tomasetti, vodeća inženjerska tvrtka, koristila je VR tehnologiju za analizu izvedbe konstrukcije stadiona Mercedes-Benz u Atlanti. Provođenjem virtualnih testova otpornosti na stres uspjeli su optimizirati dizajn stadiona i minimizirati potrošnju materijala.
- Procjena nakon useljenja, VR se može koristiti za prikupljanje povratnih informacija od stanara, omogućujući arhitektima da poboljšaju svoje dizajne i poboljšaju buduće projekte. Arup, globalna konzultantska tvrtka za inženjering i dizajn, razvila je SoundLab, alat za audio-vizualne simulacije temeljen na VR-u koji korisnicima omogućuje da iskuse akustično okruženje zgrade prije nego što se izgradi. Prikupljanjem povratnih informacija korisnika, arhitekti mogu donositi informirane odluke za poboljšanje akustične izvedbe i zadovoljstva stanara.

Sve veće prihvaćanje tehnologije virtualne stvarnosti u arhitekturi ima potencijal revolucionirati način na koji profesionalci dizajniraju, surađuju i komuniciraju. Kako VR napreduje, arhitekti pronalaze nove načine da iskoriste njegov potencijal, što rezultira učinkovitijim i učinkovitijim procesima projektiranja. Prihvaćanjem virtualne stvarnosti,

arhitektonska industrija utire put budućnosti u kojoj su tehnologija i kreativnost neprimjetno integrirane, transformirajući izgrađeno okruženje na bolje (Tamer, 2023).

Neke od prednosti korištenja VR u arhitekturi (Portman i sur., 2015):

- Smanjeni projektni troškovi u ranim fazama projekta, klijenti i dizajneri mogu razmotriti implikacije preferencija dizajna, konstrukcije i održavanja s većim povjerenjem i učinkovitosti nakon istraživanja realističnih prikaza svojih projekata. Istraživači VR-a otkrili su da ovaj aspekt tehnologije može smanjiti troškove izvedbe projekta u ranim fazama konceptualizacije dizajna. Razina detalja koju pruža VR također je poboljšala točnost prostornih prosudbi arhitekata u fazi planiranja, štedeći novac sprječavanjem pogrešaka prije nego što dođu do faze izgradnje.
- Intimni pregledi projekata u impresivnim virtualnim okruženjima, virtualna stvarnost pruža impresivna okruženja u kojima dizajner i klijenti mogu vidjeti kako se prostor osjeća i funkcionira. Opseg projekta i njegovi manji detalji mogu se temeljito ispitati u virtualnom svijetu .
- Besprijekorna suradnja diljem svijeta, VR može stvoriti simulirana okruženja u kojima arhitekti, inženjeri i dizajneri mogu raditi zajedno iz svih krajeva svijeta na istim 3D sredstvima. To znači da tvrtke mogu raditi na projektima bez obzira gdje se članovi projektnog tima nalaze, smanjujući putne troškove i poboljšavajući komunikaciju.
- Poboljšana analiza projekta, mogućnosti VR-a ne zaustavljaju se na vizualizaciji; sustavi mogu pružiti podatke i druge uvide za projekte koji nadilaze njegove kvalitativne značajke. Studija iz 2016. razvila je VR sustav za pomoć arhitektima i dizajnerima prikupljanjem i analizom ponašanja korisnika. Sustav je također pružao povratne informacije o procjenama energetske analize zgrade, predviđajući potrošnju energije zgrade prije nego što je uopće napravljena.

Studije su također pokazale prednost VR modela u pogledu kognitivnog razumijevanja modela u usporedbi s tradicionalnim metodama. Ta virtualna okruženja pružaju arhitektima dublje razumijevanje njihovih djela, posebice u prostornoj svijesti i percepciji.

Uvođenje VR slušalica kao što su Oculus Rift, Samsung Gear VR, HTC Vive, Microsoft HoloLens i Google Cardboard u komercijalnom svijetu dovelo je VR u mainstream. To omogućuje onima koji žele istražiti mogućnosti arhitekture virtualne stvarnosti način da to učine bez razbijanja novca. Modeli prije izgradnje više nisu neprobavljivi onima koji nisu arhitekti.

Sada svatko može biti dio procesa pregleda dizajna; to uključuje građevinske timove, inženjere, investitore i sve druge stručnjake uključene u projekt.

Virtualna stvarnost nudi nove horizonte u arhitekturi koji su prije njezina nastanka bili naizgled nemogući. Unutar zadržavajućeg virtualnog svijeta, može se zakoračiti u modele velike slike kako bi se ispitali sitniji detalji kao da se vizija izravno prenosi u slušalice. Mnoge vodeće tvrtke u industriji već su shvatile snažan potencijal ove sveobuhvatne tehnologije. Prema istraživanju tvrtki AIA-e iz 2018., *The Business of Architecture*, zabilježio je da 67% velikih tvrtki koje koriste VR tehnologiju u svojoj praksi. Industrija se usredotočuje na "arhitekturu virtualne stvarnosti" kako bi optimizirala proces projektiranja i izgradnje. Pretpostavlja se da tvrtke u konačnici žele smanjiti troškove, poboljšati vizualizaciju i obogatiti komunikaciju najbolje što mogu. U tom slučaju, buduća integracija VR tehnologije u arhitekturu je neizbježna.

Sadržaj virtualnog obilaska igra vitalnu ulogu u industrijama kao što su nekretnine i građevinarstvo. Ali moguće je da su aplikacije za virtualni obilazak arhitekture čak i vrijednije. Virtualni obilasci, koji se koriste za daljinski pregled domova ili izgradnje u tijeku, mogu se prilagoditi već u fazi projektiranja. Korištenje virtualnih obilazaka na ovaj način može pomoći onima koji se bave arhitektonskim dizajnom da konkretiziraju svoju viziju učinkovitije nego kada koriste samo tradicionalnije resurse. Arhitektonska virtualna tura od 360 stupnjeva vizualno je impresivno iskustvo koje korisnicima omogućuje "šetanje" prostorom. To je trodimenzionalna prezentacija plana dizajna. Može biti teško dobiti jasnu viziju predloženog prostora na temelju samo ravnih slika. Uz virtualne obilaske arhitekt može odvesti svoje klijente u novo modelirani dom kako bi ga mogli iskusiti, a ne samo gledati skice. Virtualni 360 pogled na dnevnu sobu dat će im ideju kako će prostor izgledati, kao da oni tamo trenutno stoje i u njemu borave, moći će jasnije izraziti svoje želje i zamisli dok će se arhitekti lakše nositi sa svim potencijalnim poteškoćama prilikom svog rada.

## 6. Zaključak

Korištenje multimedija u arhitekturi daje sasvim novu dimenziju samog objekta, ali isto tako uvelike utječe na interaktivnu i informativnu dimenziju prezentacije samog okružja klijentima. Današnja multimedija pruža mogućnosti kao što su 3D vizualizacija i virtualne šetnje pa su investitorima prostori dostupni na dlanu, po njima se mogu kretati, a da još nisu niti izgrađeni. Realni prikaz objekata ili okoliša jedan je od glavnih faktora koji dočarava objekt kao da je već izgrađen bez obzira što još nije ili što se tek planira.

Daleko smo odmakli od ručno crtanih nacрта. Sada živimo u svijetu koji uključuje strojeve koji se nalaze u našim domovima i umjetnu inteligenciju koja obavlja većinu našeg posla. Sljedeća generacija mostova, kuća i drugih zgrada imat će još više automatizacije i morat će biti napravljeni na način da konstrukcijski dizajn ne sprječava strojeve da nam olakšaju život. CAD je put naprijed. To je dio tehnologije koji će pomoći u stvaranju pametnih gradova budućnosti. To je trend koji neće izaći iz mode. Postat će realističniji, složeniji i korisniji za arhitekta te će im pomoći u stvaranju struktura i oblika koje nitko nikada nije vidio.

3D vizualizacija je revolucionirala arhitektonsku komunikaciju, omogućujući profesionalcima da daju detaljne i točne prikaze svojih dizajna, olakšavajući informirano donošenje odluka. Suradnja i marketing u arhitekturi uz korištenje multimedije i virtualne stvarnosti poboljšali su suradnju među arhitektima, potičući stvaranje raznih inovacija. 3D vizualizacija transformirala je arhitektonski marketing nudeći visokokvalitetne slike i animacije, pomažući arhitektima da se istaknu na konkurentnom tržištu. Zaključak je kako su multimediji bez sumnje promijenili konceptualizaciju, izvedbu i prezentaciju arhitektonskih projekata. Kako se ove tehnologije nastavljaju razvijati, one će dodatno potaknuti inovacije i održivost u arhitekturi. Kako bi arhitektura ostala konkurentna u ovom dinamičnom području, ključno je prihvaćanje punog potencijala vizualizacije.



## 7. Literatura

- [1.] Bwali, K. (2017). *How 3D Software Has Changed Architectural Design*. Dohvaćeno iz <https://www.linkedin.com/pulse/how-3d-software-has-changed-architectural-design-kuldeep>
- [2.] Craig, A.B. (2013.). *Understanding Augmented Reality: Concepts and Applications*. SAD. Morgan Kaufmann Publishers. Dohvaćeno iz <http://bit.ly/2IDGJsI>
- [3.] Craig, A.B., Sherman, W.R. i Will, J.D. (2013.). *Developing Virtual Reality Applications: Foundations of Effective Design*. SAD. Morgan Kaufmann Publishers. Dohvaćeno iz <http://bit.ly/2m5POe9>
- [4.] Deplazes, A. (2005). *Constructing architecture: Materials processes structures, a handbook*. Basel, Switzerland: Birkhauser: Birkhauser. Dohvaćeno iz *Constructing architecture: Materials processes structures, a handbook*,: [https://papers.cumincad.org/data/works/att/acadia11\\_372.content.pdf](https://papers.cumincad.org/data/works/att/acadia11_372.content.pdf)
- [5.] Deplazes, A. (2005). *Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures*. Springer.
- [6.] Greenfield, A., and M. Shepard. (2007.). *Urban computing and its discontents, Situated Technologies Pamphlet*. Dohvaćeno iz [www.situatedtechnologies.net/?q=node/77](http://www.situatedtechnologies.net/?q=node/77).
- [7.] Hansen, A., & Machin, D. (2013). Researching visual environmental communication. *Environmental Communication*, 7(2), 151-168.
- [8.] Holland, J. (2016.). *Wearable Technology and Mobile Innovations for Next - Generation Education*. SAD. IGI Global.
- [9.] Horvat, L. (2017.). 3D Vizualizacija stambenog objekta te njegova prezentacija u virtualnom okruženju. Diplomski rad, Grafički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
- [10.] James, A. (2006.). Architectonics of Multimedia. *Interspaces: Art + Architectural*, 1(1), str. 6-17.
- [11.] James, A., Nagasaka, D. (2010). Architectonic influences of multimedia and their spatial significance in EVA LONDON 2010. *Electronic Visualisation and the Arts (EVA 2010) (EVA)* (str. 279-285). Swindon: A. Seal, J. Bowen and K. Ng, UK: British Computer Society.
- [12.] James, A., Nagasaka, D. (2011). *Integrative Design Strategies for Multimedia in Architecture*. Dohvaćeno iz [https://papers.cumincad.org/data/works/att/acadia11\\_372.content.pdf](https://papers.cumincad.org/data/works/att/acadia11_372.content.pdf)
- [13.] Koščak, S. (2011.). Arhitektura. *Spectrum*, 1(1-2), str. 92-97.
- [14.] Kuška, A. (2023). *How 3D Modeling Has Impacted the Architecture and Design Industry throughout the last 30 years*. Dohvaćeno iz <https://www.cadcrowd.com/blog/how-3d-modeling-has-impacted-the-architecture-and-design-industry-throughout-the-last-30-years/>

- [15.] Murdock, K. (2014). *Autodesk 3ds Max 2014 Bible 2014*. Dohvaćeno iz <https://archive.org/details/autodesk3dsmax200000murd>
- [16.] Portman, ME, Natapov, A., Fisher, D. (2015). To go where no man has gone before: Virtual reality in architecture, landscape architecture and environmental planning. *Computers, Environment and Urban Systems*, 54(2), str. 376-384.
- [17.] Savage, T.M. and Vogel, K.E. (2009). *An introduction to digital Multimedia* (2nd izd.). Jones & Bartlett.
- [18.] Schofield, D., & Cox, C. J. B. (2005). The use of virtual environments for percentage view analysis. *Journal of Environmental Management*, 76(4), str. 342-354.
- [19.] Shen, Y., Ong, S. K., & Nee, A. Y. C. (2010). Augmented reality for collaborative product design and development. *Design Studies*, 31(2), str. 118-145.
- [20.] Sheppard, S. R. J. (2012). *Visualizing climate change: A guide to visual communication of climate change and developing local solutions*. New York: Routledge.
- [21.] Sherman, W.R. i Craig, A.B. (2003). *Understanding Virtual Reality: Interface, Application and Design*. SAD: Morgan Kaufmann Publishers.
- [22.] Tamer, T. (2023). *15 Examples of the Use of Virtual Reality (VR) in Architecture*. Dohvaćeno iz <https://capsulesight.com/vrglasses/15-examples-of-the-use-of-virtual-reality-vr-in-architecture/>
- [23.] Ugljen Ademović, N. (2018). *Arhitektura i osnove arhitektonskog projektiranja*. Sarajevo: Arhitektonski univerzitet u Sarajevu.
- [24.] Vatum, M. (2020). *Šta je arhitektura*. Minerva: Karpos.
- [25.] Vaughan, T. (2011). *Multimedia: Making it Work* (Eighth Edition izd.). Salem: McGrawHill Osborne Media.
- [26.] Wagner, J. . (2011). Seeing things: Visual research and material culture In E. Margolis, & L. Pauwels (Eds.) . U *The Sage handbook of visual research methods* (str. 72–95). London: Sage Publications Ltd.
- [27.] Wang, X. (2007). Mutually augmented virtual environments for architectural design and collaboration. In D. A. A. Vande-Moere, & J. S. Gero (Eds.). U *CAAD futures* (str. 17-29). The Netherlands: Springer.

## 8. Popis slika

Slika 2-1 Kako odabrati pravi font .....	5
Slika 2-2 Bitmap grafika.....	6
Slika 2-3 Rasterska i vektorska grafika .....	6
Slika 2-4 Zvuk .....	7
Slika 2-5 Tehnika animacije, tri ekstrema jednog pokreta, ciklus hoda.....	9
Slika 2-6 Komunikacija .....	13
Slika 3-1 Arhitektura Egipta.....	15
Slika 3-2 Dorski, jonski i korintski red.....	15
Slika 3-3 Grčki hram .....	16
Slika 3-4 Rimski akvedukti .....	16
Slika 3-5 Aja Sofija, Istanbul .....	17
Slika 3-6 Crkva Sv. Donata - Zadar .....	18
Slika 3-7 Lukovi gotike .....	19
Slika 3-8 Poštanska palača, Osijek, .....	20
Slika 3-9 Kuća Bauer, Osijek .....	20
Slika 3-10 Mies van der Rohe, Farnsworth House (1951), Plano, Illinois.....	21
Slika 3-11 Louis Carré Villa, Alvar Aalto, 1957-1959, Bazoches-sur-Guyonne, France .....	22
Slika 4-1 Arhitektonsko skiciranje .....	25
Slika 4-2 Instalacija Entramado Pabla Valbuene .....	26
Slika 4-3. Prikaz korištenja multimedije u arhitekturi.....	27
Slika 4-4. Prikaz ljudi u arhitekturi kroz multimediju.....	27
Slika 4-5. Instalacija Weather Project Olafura Eliassona.....	28
Slika 5-1. AutoCAD program, prikaz tehničkog nacrtu .....	32
Slika 5-2. AutoCad - sučelje aplikacije .....	33
Slika 5-3.Prikaz 3D modela kreiranog u ArCon Profesional 25 .....	35
Slika 5-4 3DS Max, prikaz sučelja aplikacije.....	38
Slika 5-5 Prikaz 3D modela kreiranog u AutoCAD programu .....	43
Slika 5-6 Vizualizacija u ArchiCad-u.....	44
Slika 5-7 Vizualizacija u SketchUp-u .....	44
Slika 5-8 Vizualizacija u Revit-u.....	45
Slika 5-9 Vizualizacija u 3D Studio Max-u.....	45
Slika 5-10 Vizualizacija u 3D Studio Max-u.....	46
Slika 5-11 Vizualizacija u Rhino 3D-u.....	46

Slika 5-12 Vizualizacija u Artlantis-u .....	47
Slika 5-13 Vizualizacija u Twinmotion-u .....	47
Slika 5-14. Microsoft HoloLens 2 uređaj .....	52
Slika 5-15. Kako virtualna stvarnost mijenja Arhitekturu .....	53
Slika 5-16. Upotreba VR-a u Arhitekturi .....	54
Slika 5-17. Upotreba VR-a u Arhitekturi .....	55

## 9. Izvori slika

- Slika 2 1 <https://www.canva.com/learn/canva-for-work-brand-fonts/>
- Slika 2 2 <http://www.efos.unios.hr/upravljanje-marketingom/wp-content/uploads/sites/133/2013/04/Grafika-.pdf>
- Slika 2 3 <https://patriciusgluteusmaximus.wordpress.com/>
- Slika 2 4 <https://arhiva-2021.loomen.carnet.hr/mod/book/view.php?id=181670&chapterid=41748>
- Slika 2 5 <https://proleksis.lzmk.hr/8760/>
- Slika 2 6 <https://gauss.hr/upravljanje-projektima-i-komunikacija>
- Slika 3 1 <https://moderna-galerija.hr/egipatska-arhitektura-umjetnost-primjeri/>
- Slika 3 2 <https://nova-akropola.com/lijepe-umjetnosti/arhitektura/grcki-hram/>
- Slika 3 3 <https://nova-akropola.com/lijepe-umjetnosti/arhitektura/grcki-hram/>
- Slika 3 4 <https://nova-akropola.com/lijepe-umjetnosti/arhitektura/grcki-hram/>
- Slika 3 5 <https://hr.istanbulepass.com/amazing-historical-facts-about-hagia-sophia.html>
- Slika 3 6 <https://www.adriaticluxuryvillas.com/hr/blog/sto-raditi-u-zadru>
- Slika 3 7 <https://arhitekturahrivatske.wordpress.com/gotika/>
- Slika 3 8 <https://secesija.tzosijek.hr/>,
- Slika 3 9 <https://secesija.tzosijek.hr/>,
- Slika 3 10 <https://www.dwell.com/article/ludwig-mies-van-der-rohe-architect-19dd30ba>
- Slika 3 11 [https://www.scandinavia-design.fr/alvar-aalto\\_en.html](https://www.scandinavia-design.fr/alvar-aalto_en.html)
- Slika 4 1 <https://fashion.decorexpro.com/images/article/orig/2021/10/chto-takoe-arhitekturnyj-sketching-i-kak-nauchitsya-risovat-sketchi-1.jpg>
- Slika 4 2 Izvor: James i Nagasaka, 2011.,
- Slika 4 3. Izvor: James i Nagasaka, 2011.
- Slika 4 4. Izvor: James i Nagasaka, 2011.
- Slika 4 5. Izvor: James i Nagasaka, 2011.
- Slika 5 1. Izvor: Horvat, 2017.
- Slika 5 2. <https://www.youtube.com/watch?v=YraODzwAmYs>
- Slika 5 3. <https://images.app.goo.gl/FUwyGS6pqKBKqiZ97>
- Slika 5 4. <https://images.app.goo.gl/K3k2JbrXxiBHWgUAA>
- Slika 5 5 <https://images.app.goo.gl/7iAQ7qw5eCv8HHTD8>
- Slika 5 6 <https://preview.free3d.com/img/2016/02/2272864460026677055/h9bijgvq.jpg>
- Slika 5 7 <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/5fd976ac-d07b-4fac-8dd2-8947d6fa51a1/Modern-House>
- Slika 5 8 <https://www.turbosquid.com/3d-models/3d-private-house-revit-1549323>

- Slika 5 9 [https://farm66.staticflickr.com/65535/52494657543\\_d5bc42cfe7\\_o.jpg](https://farm66.staticflickr.com/65535/52494657543_d5bc42cfe7_o.jpg)
- Slika 5 10 <https://www.admecindia.co.in/wp-content/uploads/2020/01/Aman-architectural-design-work.jpg>
- Slika 5 11 [https://img-c.udemycdn.com/course/480x270/4625008\\_e4ac\\_4.jpg](https://img-c.udemycdn.com/course/480x270/4625008_e4ac_4.jpg)
- Slika 5 12 <https://artlantis.com/wp-content/uploads/sites/9/2023/06/RayTrace.jpg>
- Slika 5 13 <https://images.app.goo.gl/Rv3Fr2GVnP46teyv5>
- Slika 5 14. <https://www.be-terna.com/hr/blog/microsoft-hololens-2-mr-uredaj-dizajniran-za-odraditi-posao>
- Slika 5 15. <https://www.adorama.com/alc/virtual-reality-architecture/>
- Slika 5 16. <https://images.app.goo.gl/YqE71BBL3RPXAyAh6>

## **10. Prilozi**

Izjava o autorstvu.



