

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEODETSKI FAKULTET**

Iva Cibilić

**NAVIGACIJA U PROŠIRENOJ STVARNOSTI**

Diplomski rad

Zagreb, 2020.

Iva Cibilić ♦ DIPLOMSKI RAD ♦ 2020.



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GEODETSKI FAKULTET**

Iva Cibilić

**NAVIGACIJA U PROŠIRENOJ STVARNOSTI**

Diplomski rad

Zagreb, 2020.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GEODETSKI FAKULTET**



Na temelju članka 19. Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu i Odluke br. 1\_349\_11 Fakultetskog vijeća Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, od 26.10.2017. godine (klasa: 643-03/16-07/03), uređena je obaveza davanja „Izjave o izvornosti“ diplomskog rada koji se vrednuju na diplomskom studiju geodezije i geoinformatike, a u svrhu potvrđivanja da je rad izvorni rezultat rada studenata te da taj rad ne sadržava druge izvore osim onih koji su u njima navedeni.

**IZJAVLJUJEM**

Ja, **Iva Cibilić**, (JMBAG: 0007178498), rođena 10.11.1995. u Dubrovniku, izjavljujem da je moj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi tog rada nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Potpis studenta / studentice*

<b>I. AUTOR</b>	
<b>Ime i prezime:</b>	Iva Cibilić
<b>Datum i mjesto rođenja:</b>	10. studenog 1995., Dubrovnik, Republika Hrvatska
<b>II. DIPLOMSKI RAD</b>	
<b>Naslov:</b>	Navigacija u proširenoj stvarnosti
<b>Broj stranica:</b>	48
<b>Broj tablica:</b>	3
<b>Broj slika:</b>	32
<b>Broj bibliografskih podataka:</b>	4 + 21 URL-a
<b>Ustanova i mjesto gdje je rad izrađen:</b>	Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
<b>Mentor:</b>	doc. dr. sc. Vesna Poslončec-Petrić
<b>Voditelj:</b>	Valentina Vuković, mag. ing. geod. et geoinf.
<b>III. OCJENA I OBRANA</b>	
<b>Datum zadavanja teme:</b>	15.1.2019.
<b>Datum obrane rada:</b>	21.2.2020.
<b>Sastav povjerenstva pred kojim je branjen diplomski rad:</b>	doc. dr. sc. Vesna Poslončec-Petrić
	prof. dr. sc. Stanislav Frangeš
	doc.dr.sc. Dražen Tutić

## **Zahvala**

*Zahvaljujem mentorici, doc. dr. sc. Vesni Poslončec-Petrić na ukazanoj pomoći i vodstvu pri izradi ovog diplomskog rada. Zahvaljujem svojoj voditeljici, Valentini Vuković, mag. ing. geod. et geoinf. na bezuvjetnom razumijevanju i savjetima tijekom izrade ovog diplomskog rada.*

*Hvala svim mojim dragim prijateljima i prijateljicama koji su bili uz mene tijekom studentskih dana i učinili ovo razdoblje mog života nezaboravnim.*

*Najveća zahvala pripada mojoj obitelji koja mi je uvijek bila bezuvjetna podrška i oslonac.*

## ***Navigacija u proširenoj stvarnosti***

### ***Sažetak***

*U ovom radu objašnjen je pojam proširene stvarnosti i moguća primjena pri navigaciji u zatvorenom prostoru. Opisane su metode prikaza proširene stvarnosti i uređaji koji ga omogućuju. Prikazani su aktualni primjeri primjene tehnologije proširene stvarnosti i njihovi benefiti. U okviru rada izrađena je aplikacija koja pruža iskustvo navigacije u zgradi Geodetskog fakulteta primjenom proširene stvarnosti. Uz aplikaciju izrađen je i tlocrtni prikaz prostorija Geodetskog fakulteta. Navigacija u zatvorenom prostoru izazov je današnjice, a kao tehnologija budućnosti, proširena stvarnost može pomoći pri boljem razvitku ovog polja. U zaključku su objašnjene prednosti i nedostaci ovakvih sustava.*

***Ključne riječi:*** aplikacija, navigacija, navigacija u zatvorenom prostoru, proširena stvarnost, Unity, Wikitude

## ***Augmented reality navigation***

### ***Abstract***

*This paper explains the concept of augmented reality and its possible application when navigating indoors. It describes display methods and devices that enable augmented reality. Current examples of augmented reality technology and their benefits are presented. As part of the paper, an application was created that provides a navigation experience in building of the Faculty of Geodesy using augmented reality. In addition to the application, a floor plan of the Faculty was created. Indoor navigation is a challenge, and as a technology of the future, augmented reality can help to develop this field. In conclusion are explained the advantages and disadvantages of such systems.*

***Keywords:*** application, augmented reality, indoor navigation, navigation, Unity, Wikitude

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	6
2. PROŠIRENA STVARNOST .....	7
2.1 Razvoj proširene stvarnosti .....	8
2.2 Mogućnosti prikazivanja proširene stvarnosti .....	9
2.2.1. Vizualizacija proširene stvarnosti .....	9
2.2.2 Uređaji za prikazivanje proširene stvarnosti .....	10
2.3 Razvojna tehnologija proširene stvarnosti .....	12
2.4 Primjena proširene stvarnosti .....	12
2.4.1 PokemonGO .....	12
2.4.2 IKEA Place .....	13
2.4.3 Google karte .....	14
2.4.4 Gatwick Airport Official .....	14
3. NAVIGACIJA U PROŠIRENOJ STVARNOSTI U ZATVORENOM PROSTORU .....	15
3.1 Navigacija u zatvorenom prostoru .....	15
3.2 Proširena stvarnost u navigaciji u zatvorenom prostoru .....	16
4. IZRADA MOBILNE APLIKACIJE ZA NAVIGACIJU U PROŠIRENOJ STVARNOSTI .....	18
4.1 Hardver .....	18
4.2 Softver .....	19
4.2.1 Unity .....	19
4.2.2 Wikitude .....	20
4.2.3 Inkscape .....	21
4.3 Ulazni podaci .....	22
4.3.1 Wikitude Studio API .....	22
4.4 Proces izrade aplikacije .....	24
4.4.1 Prepoznavanje scene .....	25
4.4.2 Prepoznavanje slike .....	26
4.4.3 UI Button .....	28
4.4.4 Izvoz aplikacije .....	30
5. REZULTATI .....	33
6. ZAKLJUČAK .....	38

LITERATURA .....	39
POPIS SLIKA .....	41
POPIS TABLICA.....	43
KRATICE.....	44
PRILOZI.....	45
Prilog 1. Plan zgrade Geodetskog fakulteta .....	45
ŽIVOTOPIS .....	46



## 1. UVOD

Tehnološki napredak omogućuje značajne promjene u načinu komuniciranja i pristupu informacijama. Hardver postaje sve manji, a softveri sve moćniji i snažniji. Posljedica je ovisnost korisnika o upotrebi tehnologije i njezino upletanje u svakodnevne aktivnosti. Javlja se sve veći broj alata za vizualizaciju stvarnog svijeta pomoću računalnih programa. Komercijalne izvedbe su ograničene zbog zasićenosti ekrana marketinškim sadržajem i nije jednostavno korisniku gledati u ekran i aktivno sudjelovati u stvarnim zbivanjima. Proširena stvarnost privlači veliku pozornost zadnjih par godina kao tehnologija koja je pronašla primjenu u industriji, građevini, medicini, marketingu, računalnim igricama, edukaciji, turizmu. Uzbudljiva je ideja kombinacije digitalnog i stvarnog svijeta jer omogućuje ne samo vizualizaciju nepostojećeg nego i integraciju raznih informacija istovremeno.

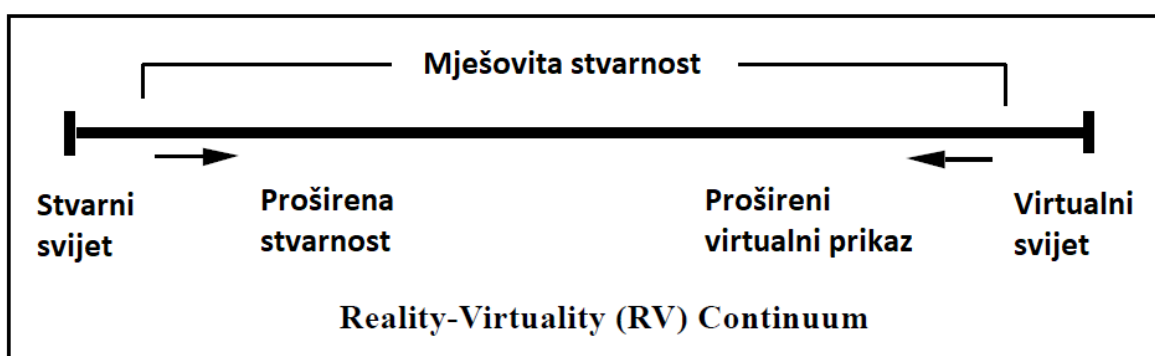
Jedna od najvažnijih komponenti društva je snalaženje u prostoru. Dok su rješenja navigacije na otvorenom zadovoljavajuća, u zatvorenom prostoru se još uvijek oslanjamo na tiskane karte i tlocrte. Aktualne tehnologije ne pružaju traženu točnost pa potraga za željenim rješenjem još uvijek traje.

Cilj ovog rada je napraviti Android aplikaciju koja će spojiti nove tehnologije proširene stvarnosti i navođenje u zatvorenom prostoru. Korištenjem različitih alata za prikazivanje proširene stvarnosti dopunjena je stvarnost u 2D i 3D oblicima. Cilj je razumjeti značajke spomenute tehnologije i omogućiti snalaženje u zatvorenom prostoru. Kao testna verzija kreirana aplikacija pruža navođenje do dvije unaprijed definirane lokacije. Drugo poglavlje opisuje proširenu stvarnost i njezine komponente, kao i aktualne primjene. U trećem poglavlju definiran je pojam navigacije i stavljen je u korelaciju sa proširenom stvarnosti. U četvrtom poglavlju su obrađene tehnologije i alati koji su korišteni u izradi aplikacije. Peto poglavlje opisuje kreiranu aplikaciju i njezinu upotrebu od strane korisnika. Prikazani su rezultati testiranja i nastale pogreške.

## 2. PROŠIRENA STVARNOST

U današnjem društvu sve se više susreću pojmovi virtualne, proširene i miješane stvarnosti. Da bi razumjeli o kakvoj je stvarnosti riječ, potrebno je shvatiti što je zapravo stvarnost i kako se ona manifestira. To je najbolje objasniti konceptom kontinuuma stvarnost-virtualnost, tzv. Milgramov kontinuum (slika 2.1). Prema Milgramu (1994), postoje dva suprotna kraja kontinuuma. Na jednom kraju nalazi se stvarni svijet kojim upravljaju zakoni fizike, a na suprotnom kraju je virtualno okruženje; sintetički stvoren svijet u kojem se okoliš stvarnog svijeta može ili ne mora oponašati, ali koji može stvoriti svijet u kojem fizički zakoni koji upravljaju gravitacijom, vremenom i materijalnom svojstvima više ne vrijede. Prema tome razlikujemo:

- *Virtual Reality* – VR (virtualna stvarnost) - korisnik vidi samo virtualno okruženje,
- *Augmented Virtuality* – AV (prošireni virtualni prikaz) - virtualno okruženje s elementima stvarnosti,
- *Augmented Reality* – AR (proširena stvarnost) - stvarno okruženje s elementima virtualnog,
- *Mixed Reality* – MR (mješovita stvarnost) - predmeti stvarnog i virtualnog svijeta prikazani zajedno unutar jednog prikaza,
- *Reality* (stvarnost) – korisnik vidi samo stvarno okruženje.

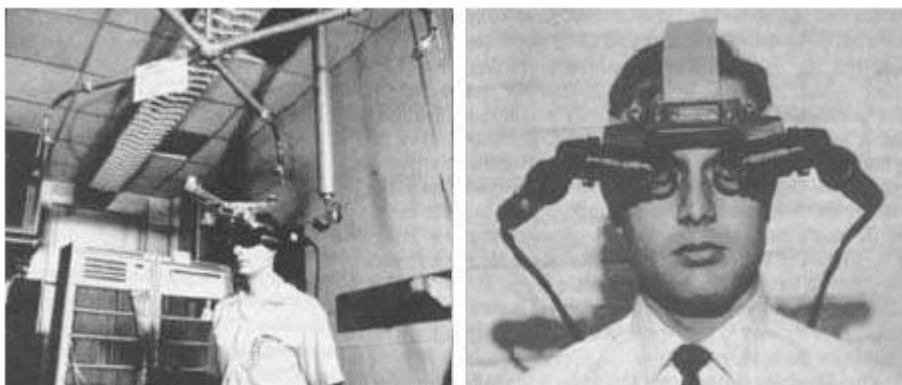


Slika 2.1 Pojednostavljeni prikaz kontinuuma stvarnost-virtualnost (prilagođeno prema Milgram i dr., 1994)

Proširena stvarnost je prikaz koji se temelji na dodavanju virtualnih elemenata u stvarni svijet tako da oni djeluju kao dio stvarnog svijeta. Na taj način stvarni svijet se proširuje dodatnim informacijama kao što su tekst, slika, 3D model ili zvuk.

## 2.1 Razvoj proširene stvarnosti

Prvi prototip proširene stvarnosti izumio je profesor Ivan Sutherland, pionir računalne grafike, zajedno sa svojim studentima na Sveučilištu Harvard 1966. godine. Kreirali su uređaj za prikazivanje virtualne stvarnosti koji se nosi na glavi (*HMD – Head-mounted display*) koji je služio za prikazivanje računalno kreirane 3D grafike koja stimulira stvarni svijet (slika 2.2).



Slika 2.2 Uređaj nošen na glavi koji je kreirao Ivan Sutherland (URL 20)

Istraživanja su se nastavila sve do 1990. godine, kada su proširenu stvarnost definirali Caudell i Micell, bivši Boeing inženjeri. Razvili su eksperimentalni AR sustav kao pomoć električarima da sastave komplicirane žičane komponente (Van Krevelen, 2010).

L.B. Rosenberg stvorio je 1992. godine prvi funkcionirajući AR sustav. *Virtual Fixtures* služio je za uporabu zračnim snagama SAD-a, a koristio je znakove kako bi korisnika usmjerio u obavljanju njegove zadaće.

Do kraja 20. stoljeća nastavljeno je istraživanje proširene stvarnosti u laboratorijima znanstvenika koji su uglavnom radili u vojne svrhe. Revolucija je počela 1999. godine kada je Hirokazu Kato objavio ARToolKit, softver otvorenog koda sa alatima za kreiranje AR aplikacija (URL 1) čime je omogućeno snimanje video zapisa stvarnog svijeta s interakcijom virtualnih objekata u realnom vremenu i pružena je 3D grafika koja se može prikazivati na platformi bilo kojeg operativnog sustava.

Razvoj AR tehnologija je zastao sve do 2008. godine, kada se počinju javljati mobilne aplikacije na pametnim mobitelima. Jedno od ranijih prikazivanja AR-a bilo je u izdanju časopisa *Esquire* 2009. godine, kada je čitateljima bilo omogućeno skeniranje naslovnice i Robert Downey Jr. bi „oživio“. Prva komercijalna upotreba AR tehnologije bila je tijekom sportskih prijenosa, gdje su se gledateljima prikazivali neki važni detalji kao što je npr. linija prvog polaganja u američkom nogometu. Danas je tehnologija prisutna u gotovo svim aspektima života, od medicine do navigacije. Budući softverska i hardverska tehnologija nastavljaju napredovati i ljudi počinju razumijevati AR, u budućnosti će svijet koji nas okružuje postati potpuno interaktivan.

## 2.2 Mogućnosti prikazivanja proširene stvarnosti

Za razvoj AR bilo je potrebno više vremena nego za VR, budući da su tehnološki zahtjevi za prikazivanje AR u odnosu na VR puno veći, što je jedan od razloga zašto je bilo potrebno više vremena za razvoj. Ipak, ključni faktori AR prikaza nisu se mijenjali još od šezdesetih godina prošlog stoljeća.

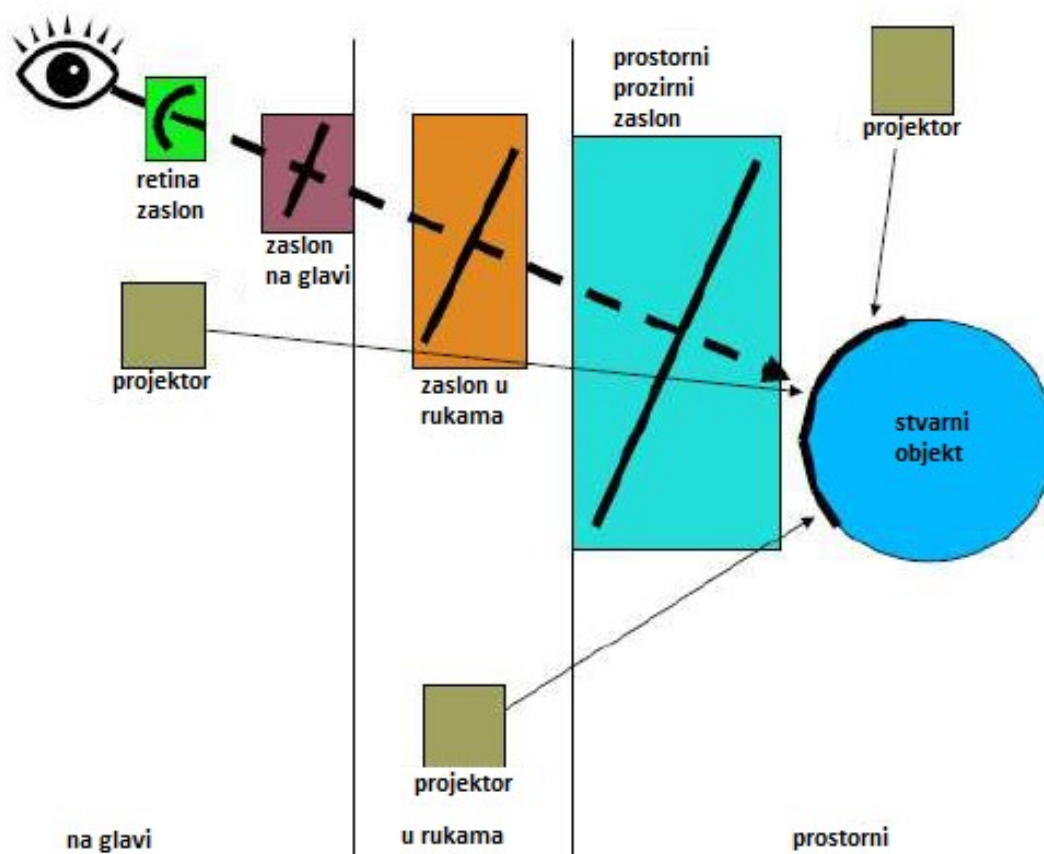
### 2.2.1. Vizualizacija proširene stvarnosti

U osnovi postoje tri načina za vizualno predstavljanje proširene stvarnosti (Van Krevelen, 2010).

Prvi način prikaza proširene stvarnosti je video vidni sustav, gdje se virtualno okruženje zamjenjuje video-pregledom stvarnosti i AR se manifestira digitaliziranim slikama. Osim što je najjeftiniji i najjednostavniji za implementaciju, lakše je manipulirati predmetima iz stvarnosti. To uključuje uklanjanje ili zamjenu markera virtualnim objektima. Svjetlina i kontrast virtualnih objekata podudaraju se sa stvarnim okruženjem. Nedostaci uključuju nisku razlučivost stvarnosti, ograničeno vidno polje i dezorijentaciju korisnika zbog paralakse (pomicanje očiju), što uzrokuje značajne napore gledatelja.

Drugi način je optički vidni sustav čija je percepcija stvarnog svijeta realna, a AR prikazuje pomoću prozirnih ogledala i leća. Optičke tehnike s holografskim optičkim elementima (HOE - *Holographic Optical Elements*) mogu se primijeniti na zaslone koji se nose na glavi, ručne prikaze i projektore. Osim što ne mijenjaju rezoluciju stvarnog svijeta, imaju i prednost što su bez paralakse. Ove tehnike su sigurnije jer se mogu koristiti bez upotrebe električne energije, što je čini idealnom tehnikom za vojne i medicinske svrhe. Za interakciju i registraciju potrebni su drugi uređaji za unos, poput kamere. Međutim, prikaz virtualnih predmeta kroz prozirni zaslon ima i svojih nedostataka: smanjuje svjetlinu i kontrast i ima ograničeno vidno polje što uzrokuje rezanje virtualnih slika na rubovima leće. Problem se može riješiti dodavanjem neprozirnog sloja koji ujednačava područja koja treba zakrpiti.

Treći je pristup projiciranje AR na same objekte što rezultira projektivnim sustavima. Prednost ovih zaslona je prekrivanje velikih površina za široko vidno polje. Površine za projiciranje mogu se kretati od ravnih, običnih zidova do složenih modela. Međutim, za interakciju su potrebni drugi ulazni uređaji. Također, projektore je potrebno kalibrirati svaki put kada se promijeni okruženje ili udaljenost do površine projekcije. Srećom, kalibracija se može automatizirati. Ova vrsta prikaza ograničena je na unutarnju upotrebu zbog slabe svjetline i kontrasta projiciranih slika.



Slika 2.3 Vizualni prikaz različitih tehnika i uređaja (prilagođeno prema Van Krevelen, 2010)

## 2.2.2 Uređaji za prikazivanje proširene stvarnosti

Razlikujemo tri vrste uređaja za prikaz proširene stvarnosti: uređaji postavljeni na glavu, zasloni nošeni u rukama i projektori (Van Krevelen, 2010). Na slici 2.3 shematski su prikazane različite tehnike i uređaji za prikaz proširene stvarnosti.

Vizualni prikazi koji se nose na glavi uključuju video i optički vidni sustav (HMD – *Head-mounted display*), virtualni zaslon mrežnice (VRD – *Virtual retinal display*) i projekтивni zaslon (HMPD – *Head-mounted projective display*) postavljen na glavu. Na slici 2.4 prikazan je primjer HDM pametnih naočala. Trenutačni nedostatak ovakvih uređaja je povezivanje s računalima koja ograničavaju mobilnost zbog ograničenog vijeka trajanja baterije. Životni vijek baterije može se produžiti pomicanjem računala na udaljena mjesta (*clouds*) i osiguravanjem (bežičnih) veza koristeći tehnologije kao što je Bluetooth. Glavna prednost je činjenica da korisnik nije ograničen na stalno gledanje u zaslon računala ili mobitela, kao i mogućnost korištenja u pokretu.

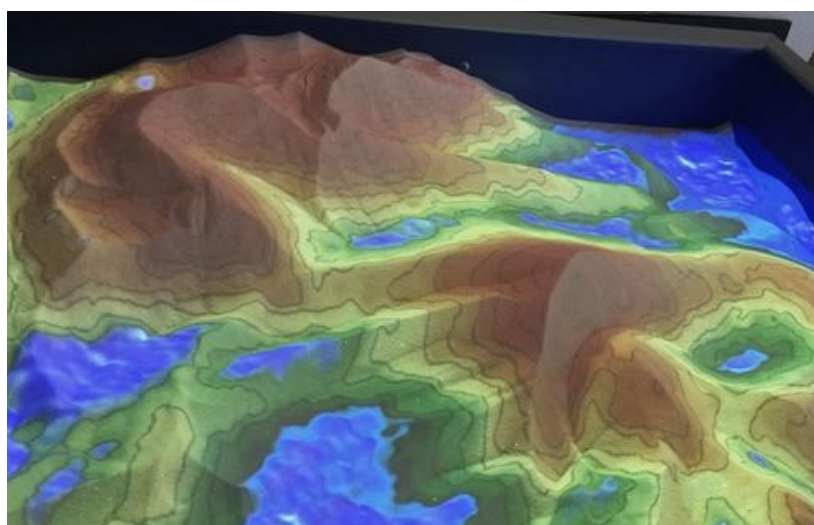


Slika 2.4 Vuzix pametne naočale kao primjer HMD uređaja (URL 15

)

Zaslone koji se nose u rukama omogućuju video i optičke prikaze, kao i ručne projektore. Ovo je trenutno najbolje rješenje za distribuciju AR-a na masovno tržište zbog malih troškova proizvodnje i jednostavne uporabe. Ovakav uređaj prilagođava slike na temelju trenutne orijentacije kamere u odnosu na okoliš.

Posljednja kategorija prikaza smještena je statički u okoliš i uključuje video vidne sustave na zaslonu, prostorne optičke vidne sustave i projektivne zaslone. Ovi uređaji koriste se za prezentacije s ograničenom interakcijom (slika 2.5). Raniji načini stvaranja AR-a temelje se na konvencionalnim ekranima (računalo ili televizija) s prikazom kamere fotoaparata s AR proširenjem. Danas, ova tehnika se primjenjuje u svijetu sportske televizije u kojoj su okruženja poput bazena i staza za trčanje dobro definirana i lako se nadopunjuju. Prikazi kao oni u vojnim pilotskim kabinama za treniranje postaju standardno proširenje u automobilskoj industriji za projiciranje navigacijskih smjerova u vjetrobranskom staklu.



Slika 2.5 Pješčanik sa proširenom stvarnošću prikazanom projektorom (URL 19)

## 2.3 Razvojna tehnologija proširene stvarnosti

Temeljni softverski pokretač proširene stvarnosti je SDK (*Software Development Kit*). Njegova uloga je spajanje digitalnih informacija i sadržaja sa stvarnim svijetom, što uključuje prikazivanje sadržaja, njegovo praćenje i prepoznavanje scene (URL 7). Svaki SDK sustav opremljen je svojim jedinstvenim svojstvima prema kojima se međusobno razlikuju, tako da je važno izabrati odgovarajući softver koji udovoljava svim traženim potrebama.

Razlikujemo četiri glavna načina prepoznavanja scene:

- a) Prepoznavanje ravnine je lokalizacija translacijskog pomaka osi (x, y, z) i rotacije (*roll, pitch, yaw*) objekta u odnosu na početnu lokaciju. Početnom točkom se smatra pozicija mobilnog uređaja sa kamerom. Uglavnom se radi o prepoznavanju 2D koda ili markera. Gotovo svi SDK-ovi podržavaju ovaj oblik praćenja ravnine (budući da se na tome i zasniva proširena stvarnost), iako se njihove realizacije razlikuju.
- b) SLAM (*Simultaneous Localization And Mapping*), tzv. prepoznavanje bez markera, izvorno je zahtijevalo poseban hardver, što danas nije slučaj. Apple ARKit i Google ARCore dva su najpopularnija softvera koji sadrže ovaj način prepoznavanja proširene stvarnosti.
- c) Tehnologija prepoznavanja lica uključuje praćenje i provjeru ljudskog lica s digitalne slike ili iz video zapisa. Čest primjer su Snapchat filteri koji koriste algoritam za dodavanje digitalnih maski i šminke koje prate kretanje lica osobe. Danas se ta tehnologija koristi kao sigurnosna tehnologija u IOS i Android operativnim sustavima (URL 7).
- d) Prepoznavanje objekata još uvijek je u začecima, ali omogućava prepoznavanje objekata u stvarnom svijetu i smještanje digitalnih podataka u njihovo vidno polje. Ima primjene u zdravstvu, proizvodnji, građevini i dizajnu.

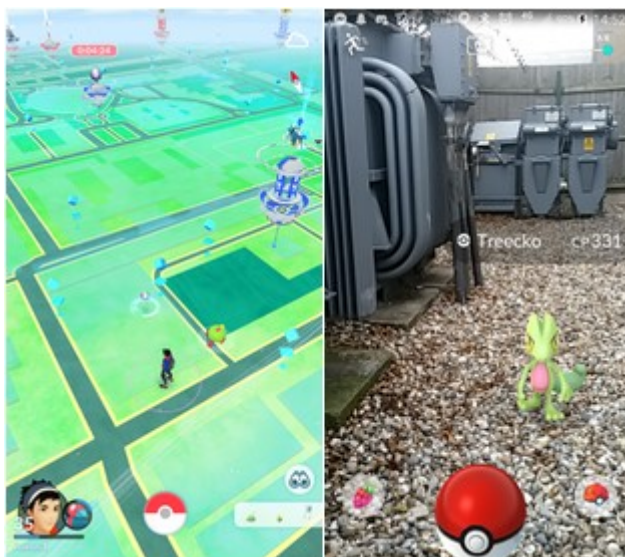
## 2.4 Primjena proširene stvarnosti

Primjene proširene stvarnosti su brojne. Pojavom pametnih uređaja te razvojem tehnologije proširena stvarnost postaje sve dostupnija u svakodnevnom životu. U početku su to bile različite zabavne igre koje igraču pojačavaju osjećaj orijentacije i snalaženja u virtualnom okruženju, a danas su to uglavnom aplikacije komercijalne upotrebe, kao npr. za kupovinu odjeće, obuće ili namještaja. Zadnjih par godina bilježi se ubrzani razvitak aplikacija s turističkom namjenom. U nastavku je navedeno nekoliko aplikacija kao primjera proširene stvarnosti na mobilnim uređajima.

### 2.4.1 PokemonGO

Pokemon Go je mobilna aplikacija koju je razvila američka softverska tvrtka Niantic. Koristi globalni pozicijski sustav (GPS) za lociranje korisnika i prikazivanje virtualnih bića (Pokemona) u proširenoj stvarnosti (slika 2.6). Zaslužna je za populariziranje AR

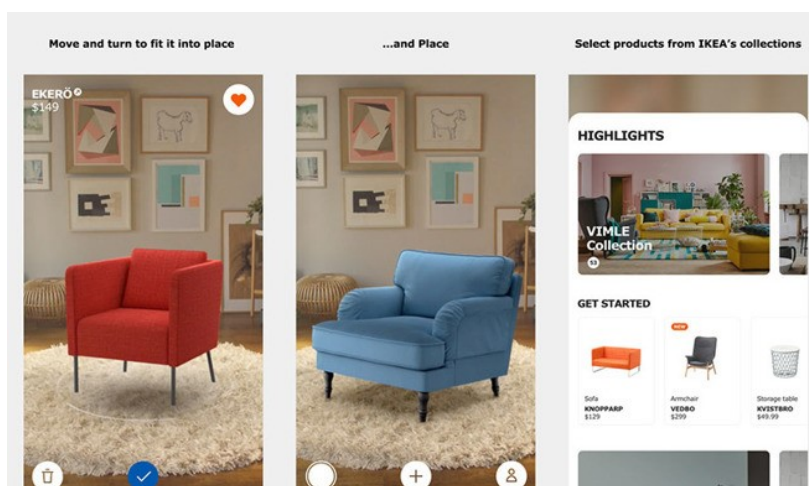
tehnologije i tehnologije lociranja u prostoru, promoviranje fizičke aktivnosti i zdrav život (URL 2).



Slika 2.6 Prikaz sučelja mobilne aplikacije Pokemon Go (URL 2)

#### 2.4.2 IKEA Place

IKEA Place kreirana je u jesen 2017. i omogućava korisnicima 3D prikaz namještaja u realnoj veličini kako bi mogli provjeriti uklapa li se odabrani namještaj u njihove domove (slika 2.7). Aplikacija pruža prikaz više od 2 000 objekata u proširenoj stvarnosti (URL 3). Nastala je pomoću ARKit pribora za razvijanje i prikaz proširene stvarnosti u vlasništvu Apple Inc. kompanije ali je dostupna za korištenje i na Android platformama.

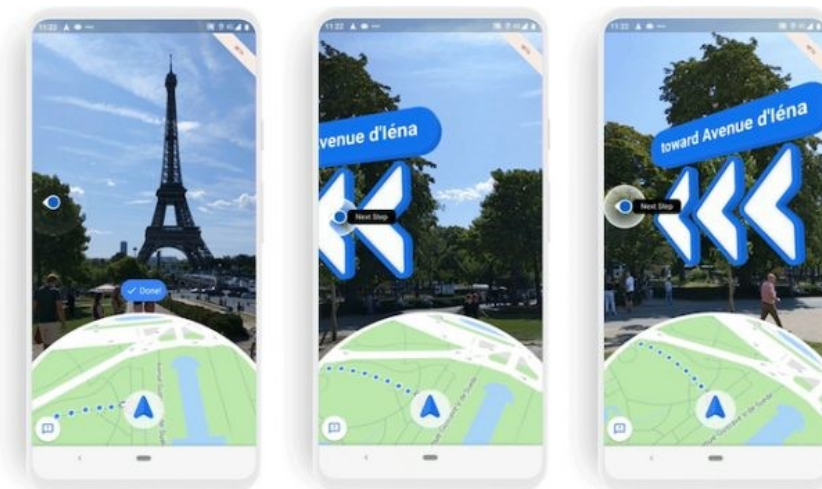


Slika 2.7 Aplikacija IKEA Place (URL 4)



### 2.4.3 Google karte

Google karte najpoznatija je aplikacija za navigaciju u svijetu. Sa brojnim mogućnostima i dodacima, osigurava najbolju točnost na tržištu, stoga ima povjerenje većine korisnika. Stalnom nadogradnjom pruža ažurne podatke i razvija se u skladu s tehnološkim napretkom opreme na kojoj se prikazuje. To vrijedi i za primjenu proširene stvarnosti. Naime, Google je u svibnju 2018. godine predstavio *Live View*, dodatak kartama koji omogućava navigaciju u proširenoj stvarnosti. U kolovozu 2019. godine beta verzija je omogućena svim korisnicima (URL 5). Za skeniranje okoline koristi SLAM tehnologiju koju uspoređuje sa *Street View* bazom podataka radi prepoznavanja objekata. Jednom lokalizirani, preklapa prostorno točno usmjerene signale (slika 2.8). Na ovaj način značajno je povećana točnost pozicioniranja u urbanim područjima (URL 17).



Slika 2.8 Live View iskustvo pokraj Eiffelovog tornja u Parizu, Francuska (URL 5)

### 2.4.4 Gatwick Airport Official

Zračna luka Gatwick nastojala je riješiti problem navigacije u zatvorenom prostoru instalacijom 2 000 signala koji putnike vode kroz aerodrom uz pomoć proširene stvarnosti (URL 6). Njihova aplikacija, kreirana 2018. godine pruža personalizirana ažuriranja u realnom vremenu, odnosno sve potrebne informacije što bi putniku trebale na aerodromu. Način rada aplikacije vidljiv je na slici 3.1.

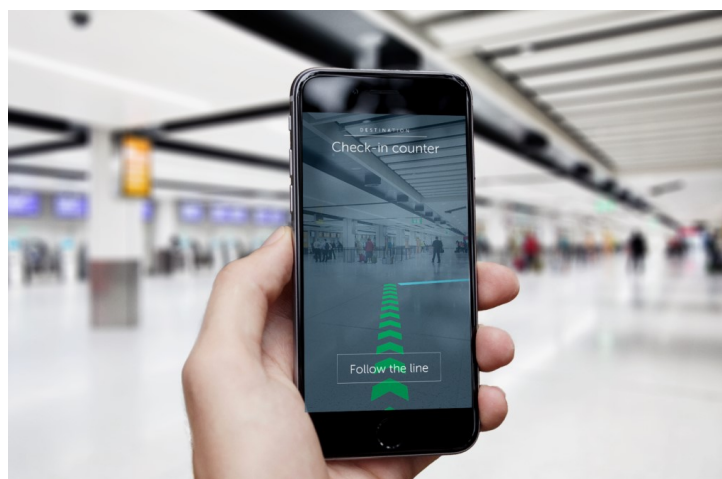
### 3. NAVIGACIJA U PROŠIRENOJ STVARNOSTI U ZATVORENOM PROSTORU

Jedan od najvažnijih koraka u razvitku proširene stvarnosti je razvoj SLAM tehnologije i kreiranje ARKIT i ARCore alata 2017. godine. Od tada je razvijen niz AR projekata u različitim industrijama i tržištima. Navigacija u zatvorenom prostoru jedna je od njih, kao još uvijek neistražena grana navigacije i pozicioniranja koja zahtjeva veću stabilnost i sigurnost od dosadašnje.

#### 3.1 Navigacija u zatvorenom prostoru

Sustavi za navigaciju u zatvorenom prostoru su sustavi za pronalaženje ljudi ili objekata unutar građevine korištenjem radiovalova, magnetskih polja, akustičnih signala ili drugih senzorskih informacija koje se mogu prikupiti pomoću mobilnih uređaja (Bačić, 2018). Koriste se za otkrivanje i praćenje položaja osobe, prijevoznog sredstva ili predmeta unutar pojedine zgrade. Integracijom senzora u pametne telefone razvijen je određeni broj tehnologija koje omogućuju realizaciju navigacije u zatvorenom prostoru. U tablici 1 prikazan je sistematičan pregled tih tehnologija. Nažalost, svaka od tih tehnologija ima svoje nedostatke koji ograničavaju njihovu upotrebu.

Beacon tehnologija pruža zadovoljavajuće rezultate i zbog toga je trenutno najraširenija tehnologija za navigaciju u zatvorenom prostoru. Kada se uzme u obzir trošak za implementaciju i rad takvog sustava, jasno je da je njezina upotreba učinkovita samo u određenim uvjetima. Uz integraciju s proširenom stvarnosti daje zanimljivo rješenje i korisnicima i pružatelju usluge, kao što je vidljivo na primjeru u zračnoj luci Gatwick (slika 3.1)



Slika 3.1 Primjer korištenja AR u aplikaciji Gatwick (URL 6)

Tablica 1 Tehnologije koje omogućavaju indoor navigaciju (Bačić, 2018)

TEHNOLOGIJA	TIPIČNA RAZINA TOČNOSTI	TIPIČNA POKRIVENOST (DOMET)[M]	MJERNI PRINCIP	TIPIČNA PRIMJENA
WLAN/WIFI/BLE	m	20 – 50	otisak	navigacija pješaka, servisi temeljeni na lokaciji
RADIO	cm - m	1 – 1000	otkrivanje blizine, otiska, vrijeme dolaska	navigacija pješaka, robotika, automatizacija
KAMERE	0.1 mm - dm	1 – 10	kutna mjerenja sa slika	mjeriteljstvo, navigacija robota
INFRACRVENA TEHNOLOGIJA	cm - m	1 – 5	termalne slike, aktivni beaconi	detekcija ljudi i praćenje
ZVUK	cm	2 – 10	udaljenost od vremena dolaska	bolnice, praćenje
VISOKO OSJETLJIVI GNSS	10 m	Globalna	paralelna korelacija, uz pomoć GPS-a	servisi temeljeni na lokaciji
MAGNETSKI SUSTAVI	mm - cm	1 – 20	otisak i ranging	bolnice, rudnici, navigacija pješaka
TAKTILNI I POLARNI SUSTAVI	µm - mm	3- 2000	mehanički, interferometrija	automobilski sustavi, mjeriteljstvo

### 3.2 Proširena stvarnost u navigaciji u zatvorenom prostoru

Stvaranje efikasnog sustava za *indoor* navigaciju možemo podijeliti na tri komponente (URL 18): Kartiranje, pozicioniranje i iscrtavanje. Kartiranje je dosada najbolje istraženo područje. Ako imamo kartu i koordinate, moguće je kreirati smjer kretanja. Pozicioniranje stvara probleme i trenutno ne postoji standardizirano rješenje za određivanje točnih koordinata korisnika u zatvorenom prostoru. Iscrtavanje ovisi o točnosti kojom je određena lokacija korisnika. Prikazati rutu u 3D svijetu je jednostavno, ali problem se javlja pri podudaranju sa stvarnim svijetom, imajući u vidu prepreke kao što su vrata, zidovi ili namještaj. Uzimajući u obzir na koje se sve načine može prepoznati scena, na razmatranju ostanu SLAM tehnologija i prepoznavanje objekata.

SLAM tehnologija čini se kao zadovoljavajuće rješenje. Ne zahtjeva prethodnu implementaciju markera već samo oblak karakterističnih točaka nastalih skeniranjem (kao što je *Street View*). Pri pokretanju sustava pretražuje se snimljeno područje u bazi podataka i primaju se točne koordinate. Tu se javljaju problemi. Prvo, mnoge zgrade i unutarnji uredski prostori izgledaju vrlo slično. Nadalje, interijer se puno češće mijenja nego

eksterijer, što ometa rad ovakve tehnologije. Na kraju, pretraživanje baze podataka pri svakom pokretanju može biti vrlo zahtjevno za mobilne uređaje, što sami proces čini sporim i neučinkovitim. Razvoj ove tehnologije svakako je obećavajući, ali trenutno ne udovoljava traženim zahtjevima.

Sustav prepoznavanja objekata i scena nameće se kao rješenje za korištenje tehnologije proširene stvarnosti u navigaciji u zatvorenom prostoru. Vizualni marker govori sustavu gdje smjestiti proširenu stvarnost. Ako je on fiksno pozicioniran, to njegovo mjesto se može pohraniti u oblak, i kada dođe vrijeme za skeniranje imamo koordinate stvarnog svijeta tog određenog mjesta. U ovom se slučaju također nailazi na problem u broju markera. Previše markera usporava proces pretraživanja baze podataka. Kod manjih okruženja nema problema, ali u velikim stvarnim okruženjima bilo bi nefunkcionalno. Ipak, neke značajke ovog pristupa primijenjene su pri izradi ovog diplomskog rada.

## 4. IZRADA MOBILNE APLIKACIJE ZA NAVIGACIJU U PROŠIRENOJ STVARNOSTI

U sklopu diplomskog rada izrađena je mobilna aplikacija za navigaciju u proširenoj stvarnosti unutar zgrade Geodetskog fakulteta. Aplikacija se sastoji od dva dijela: tlocrta zgrade Geodetskog fakulteta prikazanog na posteru formata B1 i navigacije do dvije ponuđene lokacije: knjižnice AGG i referade Geodetskog fakulteta. Navigaciju čine pokazne strelice (vidljive u proširenoj stvarnosti) smještene u prostorijama zgrade koje korisnika navode do odabrane prostorije. Proširena stvarnost također je implementirana i u izrađeni poster.

### 4.1 Hardver

Aplikacija je izrađena na prijenosnom računalu HP 250 (slika 4.1) koji pripada računalima srednje klase prosječnih karakteristika koje su vidljive u tablici 2.

*Tablica 2 Karakteristike prijenosnog računala HP*

<b>Model</b>	<b>HP 250 (E8D87PA)</b>
<b>Procesor</b>	Intel Core i3-3110 (3rd Gen)
<b>Radna memorija</b>	4 GB 1600MHz DDR3 RAM (1 x 4GB)
<b>Grafička kartica</b>	Intel HD 4000
<b>Hard disk</b>	500 GB
<b>Rezolucija</b>	1366 x 768
<b>Zvuk</b>	Dva zvučnika
<b>Vanjski portovi</b>	1 SD 1 HDMI 2 USB 2.0 1 USB 3.0 1 utor za slušalice i mikrofonski priključak 1 RJ-45
<b>Dimenzije</b>	378 x 259 x 28.1 mm
<b>Težina</b>	2.5 kg
<b>Napajanje</b>	45 W



Slika 4.1 Prijenosno računalo HP (URL 8)

## 4.2 Softver

Program u kojem je izrađena aplikacija je *Unity*, a za značajke proširene stvarnosti unutar njega je dodan paket *Wikitude* SDK. Za oblikovanje i uređivanje tlocrta korišten je *Inkscape*.

### 4.2.1 Unity

*Unity* je najpoznatija platforma za kreiranje računalnih igrica koju je razvio Unity Technologies. Prvi put je objavljena u lipnju 2005. godine na svjetskog konferenciji za razvojne programere Apple Inc. Danas podržava rad na više od 25 platformi kao što su iOS, Android, Windows, Vuforia, PS4 itd. Služi za stvaranje 2D i 3D, VR i AR računalnih igrica, kao i različite stimulacije (URL 9). Na njoj je izrađena popularna video igrica *Pokemon Go*. Također može naći primjenu u filmskoj industriji, auto industriji, arhitekturi i građevini.

Zadnja stabilna verzija je 2019.2.17 objavljena u prosincu 2019. godine, a za izradu aplikacije u sklopu ovog diplomskog rada korištena je verzija 2018.4.11. Za rad koristi programski jezik C# (C sharp).

Za korištenje Unity-ja potrebno je kreirati korisnički račun i odabrati jednu od četiri različite verzije za preuzimanje. One se međusobno razlikuju prema iznosu koji korisnik zaradi od kreiranog sadržaja. Razlikujemo:

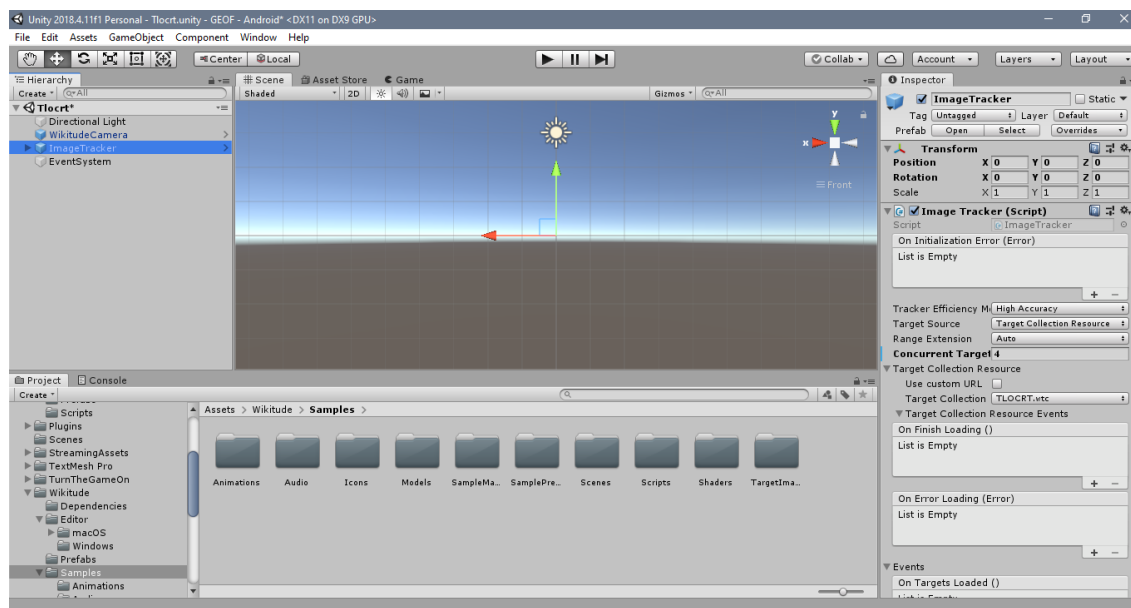
- Personal (besplatna verzija) – ako su prihodi u zadnjih 12 mjeseci manji od 100 000 \$
- Plus (40 \$/mj) – ako su prihodi u zadnjih 12 mjeseci manji od 200 000 \$
- Pro (150 \$/mj) – ako su prihodi u zadnjih 12 mjeseci veći od 200 000 \$
- Enterprise (cijena na upit) – prilagođena podrška

U sklopu Unity-ja nalaze se razni pomoćni sadržaji koji korisnicima olakšavaju korištenje i snalaženje s podacima. Osim dostupnih video tečajeva i priručnika za korištenje postoji i

*Unity asset store*. To je knjižnica besplatnih i komercijalnih dobara koju su stvorili Unity Technologies ili korisnici. Pruža različita proširenja kreirana s ciljem olakšanja stvaranja sadržaja ostalim korisnicima. Tu se mogu naći različiti modeli, teksture, animacije pa sve do gotovih virtualnih svjetova.

Korisničko sučelje sastoji se od (slika 4.2):

1. Alatne trake (eng. *Toolbar*),
2. Scene (eng. *Scene view*),
3. Preglednika datoteka (eng. *Project*),
4. Hijerarhijski preglednik sadržaja (eng. *Hierarchy*),
5. Inspektor (eng. *Inspector*).



Slika 4.2 Unity korisničko sučelje

## 4.2.2 Wikitude

Wikitude GmbH je vodeći svjetski pružatelj tehnologije proširene stvarnosti za mobilne uređaje, tablete i pametne naočale. Tvrtka je osnovana 2008. godine u Salzburgu, Austrija i od početka je fokusirana na omogućavanje korištenja tehnologije proširene stvarnosti svim korisnicima. Temeljni proizvod tvrtke je Wikitude SDK, skup razvojnih alata koji koristi prepoznavanje i praćenje slike kao i geolokacijske tehnologije. Zanimljiva je činjenica da je prva javno dostupna mobilna aplikacija koja koristi geolokacijske usluge u proširenoj stvarnosti kreirana sa Wikitude SDK alatima.

Korištenje alata omogućeno je na svim operativnim sustavima: Android, iOS, UWP, različitim platformama kao što su JavaScript, Unity, Cordova, Xamarin, Flutter, kao i nekim pametnim naočalama marke Vuzix, Hololens i Epson Moverio (URL 16). Zadnja stabilna verzija je 8.2 objavljena u studenome 2018. i korištena je u izradi ovog diplomskog rada.

Kreiranjem korisničkog računa automatski se aktivira besplatna probna verzija neograničenog trajanja. Ona podržava gotovo sve značajke kreiranja AR sadržaja kao i plaćene licence, ali ima vodeni znak preko zaslona. Prikaz licenci vidljiv je u tablici 3.

Tablica 3 Cjenik korištenja Wikitude SDK alata (URL 16)

JEDNOKRATNO (ne uključuje SDK ažuriranja)	PRETPLATA (uključena SDK ažuriranja)	SDK
WIKITUDE DEMO 499 €	SDK PRO 3D	2990 €
SDK STARTUP 499 €	CLOUD	4490 €
SDK PRO 3D 2490 €	ENTERPRISE	Custom

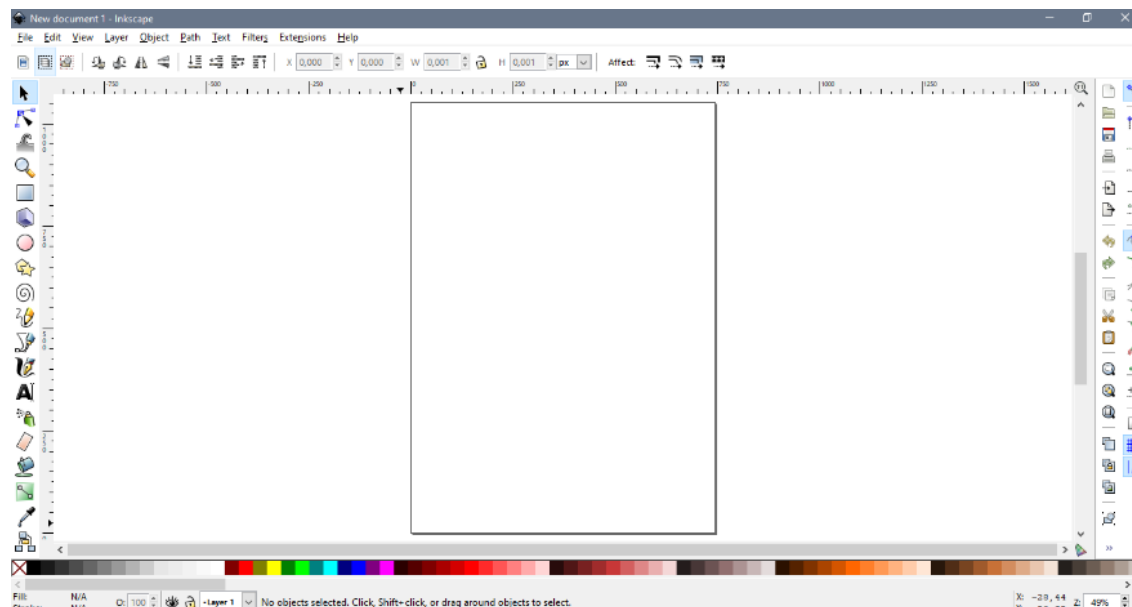
Najvažnije značajke alata su:

- **Praćenje objekata i scene** (eng. *Object and Scene Tracking*) – omogućava AR iskustva u realnom vremenu oko fizičkih objekata. Prepoznavanje scene prepoznaje, prati i proširuje veće objekte kao prostorije i druge scene,
- **Trenutno praćenje** (eng. *Instant Tracking*) – omogućava AR aplikacijama prikazivanje interaktivnih digitalnih podataka na fizičkim površinama bez upotrebe markera,
- **Praćenje slika** (eng. *Image Tracking*) – omogućava AR aplikacijama prepoznavanje 2D slika i postavljanje AR podataka na njih,
- **Geo AR** – dopušta programerima dodavanje interaktivnih digitalnih podataka na lokacijske markere
- **Višestruki slikovni markeri** (eng. *Multiple Image targets*) – omogućavaju AR aplikacijama istodobno praćenje više slika, čak i interakciju digitalnog sadržaja na njima
- **Prošireno praćenje** (eng. *Extended Tracking*) – omogućava prikaz digitalnog sadržaja kada inicijalni marker nije u vidnom polju kamere
- **Cloud Recognition** – spremište podataka na webu za veće projekte (prepoznava do 1 000 slika bez nužne povezanosti na internet i nudi spremanje do 100 GB sadržaja)
- **3D proširenja** (eng. *3D Augmentations*) – radi se o alatu Wikitude 3D Encoder, desktop aplikaciji koji 3D sadržaj prilagođava formatu prikladnom za Wikitude SDK

#### 4.2.3 Inkscape

Inkscape je softver otvorenog koda za uređivanje vektorske grafike. Korisničko sučelje prikazano je na slici 4.3. Podržava različite vektorske formate kao što su svg, eps, pdf, ai itd. Vektorska (računalna) grafika ili objektno orijentirana grafika je pojam koji obuhvaća sve što je u vezi s vektorskim podacima: njihovu obradu, spremanje, vektorske slike, odgovarajući hardver, softver itd. Vektorski podaci su elementi vektorske slike koji mogu biti točka, crta ili skup točaka povezanih crtama (Tutić, 2013).





Slika 4.3 Korisničko sučelje programa Inkscape

### 4.3 Ulazni podaci

Za izradu plakata tlocrta Geodetskog fakulteta korišten je .dxf. Takav format može se uvesti u Inkscape, program za vektorsku obradu podataka, gdje je dalje uređivan: dodane su boje, pripadajući tekst i ikone koje označavaju predavaonice i računalne učionice. Ikone su besplatno preuzete sa URL 12 i URL 13.

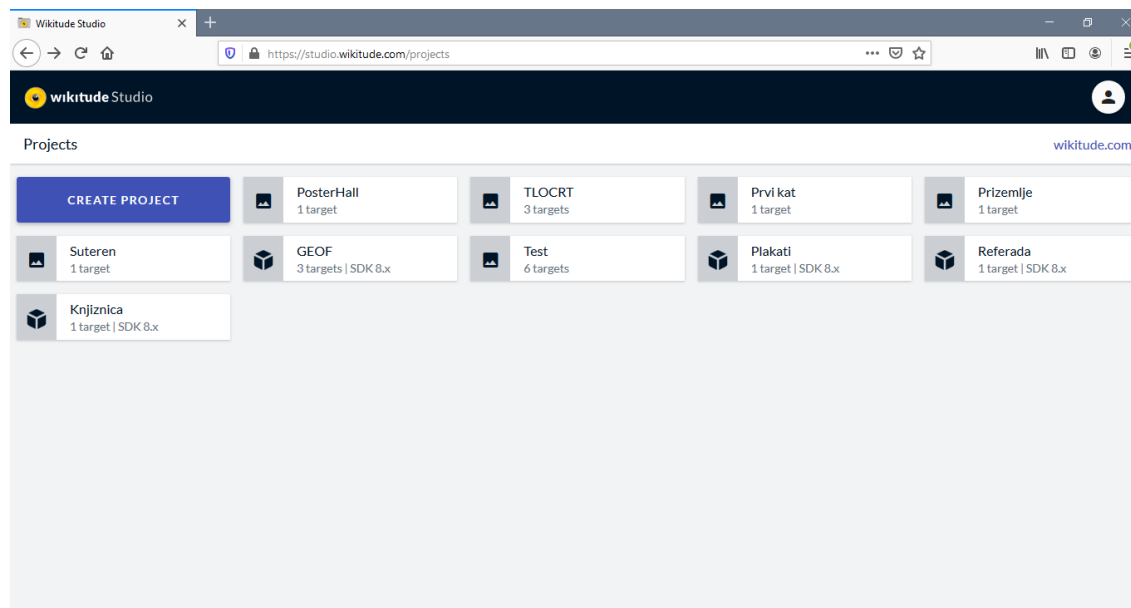
Da bi proširenu stvarnost uspjeli prikazati u stvarnom svijetu potreban je marker pomoću kojeg pokrećemo proces prepoznavanja, odnosno prošireni sadržaj. Wikitude olakšava proces kreiranja markera pomoću svog dodatka Wikitude Studio API.

#### 4.3.1 Wikitude Studio API

Wikitude studio API (*Application programming interface*) je jednostavan alat koji omogućuje učinkovitije dodavanje, brisanje, uređivanje i održavanje slika, objekata i scena potrebnih za kreiranje AR doživljaja (URL 10). S jedne strane, komponenta Studio (prethodno *Target manager*) dizajnirana je kako bi optimizirala projekte za Wikitude SDK i umanjila napor prilikom stvaranja markera – slika ili objekata. Oni se pohranjuju u odgovarajućim formatima: wtc (*Wikitude target collection*) format za spremanje slikovnih markera i wto (*Wikitude object collection*) za spremanje objektivnih markera. S druge strane, integracija sa Studio Editorom omogućuje brzo dodavanje sadržaja, njihovo testiranje i postavljanje u aplikaciju izrađenu s Wikitude SDK.

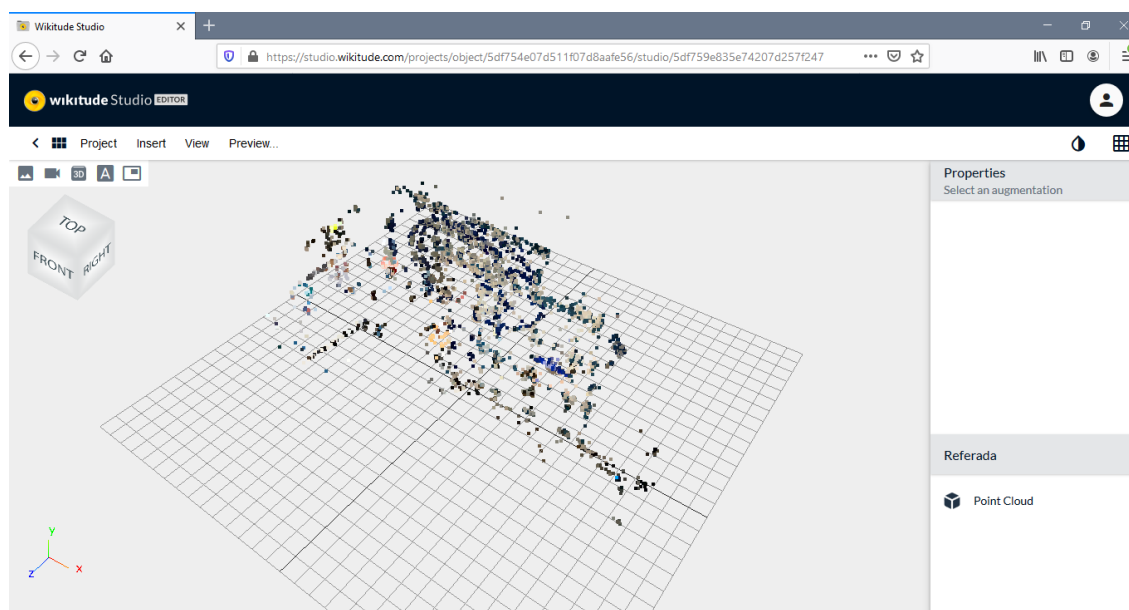
Da bi mogli koristiti Wikitude Studio treba prvo pristupiti Wikitude stranicama korisničkim računom, odakle se u izborniku odabire Wikitude Studio. Prikaz početne stranice vidljiv je na slici 4.4. Zatim se kreiraju kolekcije markera, koje mogu biti slike ili objekti. Unutar kolekcija stvaraju se markeri i to učitavanjem fotografije objekta u png ili

jpg formatu. Za potrebe prikazivanja proširene stvarnosti na tlocrtu dodane su slike svakog tlocrta posebno u png formatu. Budući da imamo tri kata, imamo i tri markera: suteren, prizemlje i prvi kat. Smješteni su u istu kolekciju, TLOCRT, i preuzeti u wtc formatu. Kreirana je još jedna kolekcija, GEOF, u kojoj se nalaze markeri za određene dijelove zgrade. Naime, za potrebe funkcionalne navigacije napravljena su četiri markera: referada, knjižnica, poster i plakati. Za svaki od njih učitano je do 50 fotografija iz različitih kutova snimljenih Iphone XS kamerom sa rezolucijom od 12 MP u jpg formatu. Program je generacijom tih snimki napravio oblak točaka (slika 4.5), u koji je na kraju smještena proširena stvarnost. Ta kolekcija preuzeta je u wto formatu.



Slika 4.4 Početna stranica Wikitude Studio alata

Pri odabiru slika koje će se učitavati u Wikitude studio treba obratiti pozornost na kvalitetu same snimke. Preporučeno je da slike imaju između 500 i 1000 piksela u svakom smjeru, jer manji broj piksela ne sadrži dovoljan broj informacija za detekciju tzv. točaka obilježja (eng. *Feature points*), a veći broj piksela ne znači i bolju detekciju. Slike velikog kontrasta i bogato teksturiranih područja najpogodnije su za pouzdano prepoznavanje i praćenje. Takva svojstva slike mogu se poboljšati korištenjem nekog programa za rastersku obradu podataka kao što su Gimp ili Photoshop. Preporuča se rezanje praznog dijela slike kako bi točke obilježja bile podjednako raspoređene. Pri korištenju vektorske grafike koja sama po sebi nije dovoljna za uspješnu detekciju preporuča se dodavanje grafički bogatog sadržaja. Isto vrijedi i za slike sa mnogo teksta. Uzorci koji se ponavljaju pravilnim redoslijedom nisu dobri markeri jer je na njima prikazana ista grafička informacija na svakoj točki obilježja. Uzorci nepravilnog rasporeda uvelike olakšavaju detekciju i bogatu distribuciju točaka obilježja (URL 11).



Slika 4.5 Oblak točaka nastao iz fotografija studentske referade

Preuzete datoteke TLOCRT.wtc i GEOF.wto potrebno je staviti u Unity projekt sa učitanim Wikitude paketom, i to u folder StreamingAssets iz razloga što je on povezan sa unaprijed definiranim objektima pomoću kojih se kreira AR sadržaj, što uvelike olakšava i pojednostavljuje povezivanje elemenata.

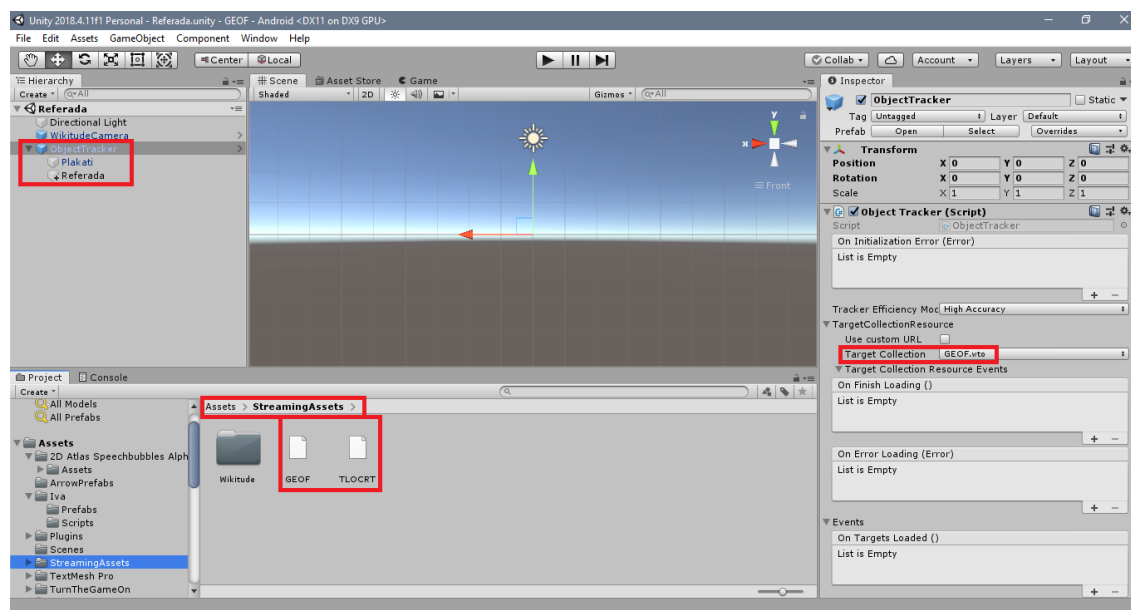
#### 4.4 Proces izrade aplikacije

Potrebno je samo nekoliko koraka za dodavanje Wikitude značajki unutar Unity projekta. Dodatak Wikitude Unity standardna je .unitypackage datoteka preuzeta s Wikitude stranice koja se jednostavno uvozi. U alatnoj traci odabere se *Assets* → *Import Package* → *Custom Package*. Nakon učitavanja paketa sve njegove značajke i komponente mogu se koristiti za stvaranje proširene stvarnosti. Među njima nalazi se i datoteka s unaprijed definiranim objektima (eng. *Prefab*) koji služe za kreiranje AR sadržaja: *WikitudeCamera prefab* – vizualizira prikaz kamere uređaja, a *ObjectTracker prefab*, *ImageTracker prefab*, *CloudTracker prefab* i *InstantTracker* analiziraju sliku kamere i opažaju markere stvorene u pripadajućoj kolekciji markera. Moguće je stvoriti više njih, ali samo jedan može biti aktivan u određenom trenutku. Međusobno se razlikuju po vrsti markera koji se prate u sceni.

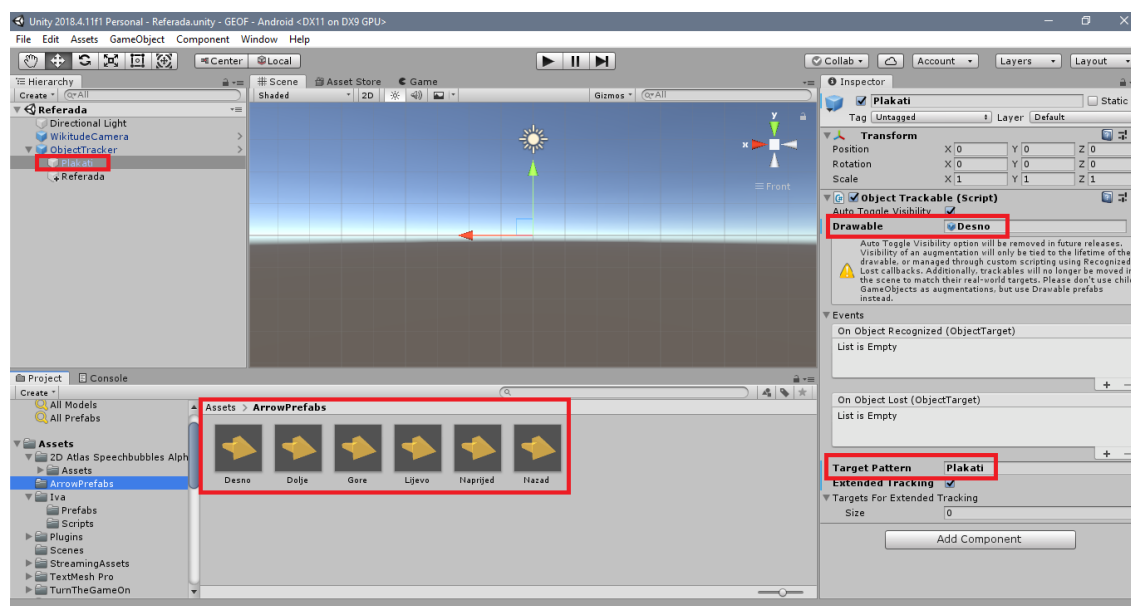
Učitavanje *Wikitude Camera* u scenu je osnova za stvaranje proširene stvarnosti u Wikitude paketu. Klikom na značajku otvara se njegov sadržaj unutar *Inspector* prozora. Tu se upisuje *licence key* koji je nužan za ispravan rad svih značajki. Za potrebe izrade aplikacije korištena je studentska licenca.

#### 4.4.1 Prepoznavanje scene

Za smještanje AR sadržaja u prostorije zgrade fakulteta korišten je *ObjectTracker prefab*. On služi za opažanje markera kreiranih od objekata (npr. dječje igračke, kipovi, alati) ili većih scena (kao što su trgovi, fasade zgrada, cijele prostorije). Učitavanjem u scenu vidimo da se sastoji od objekta *Trackable*. On zapravo predstavlja marker, dok se AR objekti dodavaju u *Drawable* komponentu unutar *Trackable* objekta. U prozoru *Inspector* prikazane su komponente od kojih se sastoji *ObjectTracker*, a među njima je i *Target Collection*: tu se odabire kolekcija markera za koje želimo da ovaj *prefab* opaža u stvarnosti. U ovom slučaju odabire se GEOF.wto kolekcija (slika 4.6). Ako se kolekcija markera sastoji od više markera kao što je ova, moguće je stvoriti dodatne *Trackable* objekte (Plakati i Referada) i svaki od njih povezati sa željenim markerom unutar jedne kolekcije (slika 4.7). U *Target Pattern* svakog *Trackable* objekta upiše se ime markera (ime kojim je kreiran unutar Wikitude Studio stranice). Već je spomenuto da se AR objekti smještaju u *Drawable* komponentu. Strelice koje se prikazuju u ovoj aplikaciji besplatno su preuzete sa *Unity Asset Store*-a (opisan u poglavlju 1.2.7.). Svakom markeru dodana je odgovarajuća strelica koja će se prikazivati u proširenoj stvarnosti.



Slika 4.6 Prikaz bitnih karakteristika za stvaranje objektnog markera

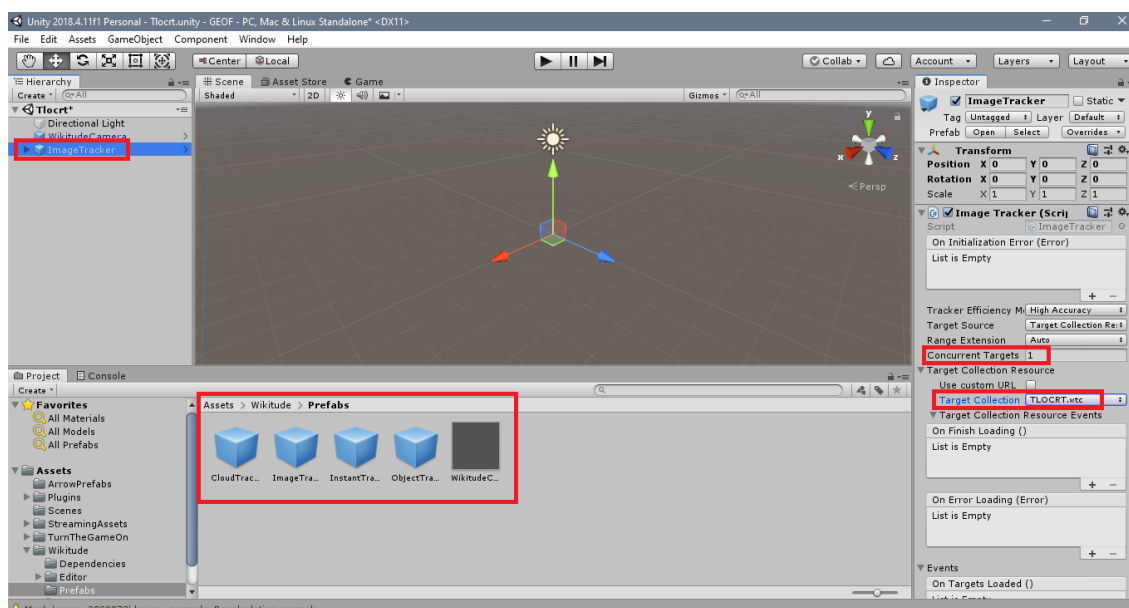


Slika 4.7 Prikaz bitnih karakteristika za dodavanje proširene stvarnosti na marker

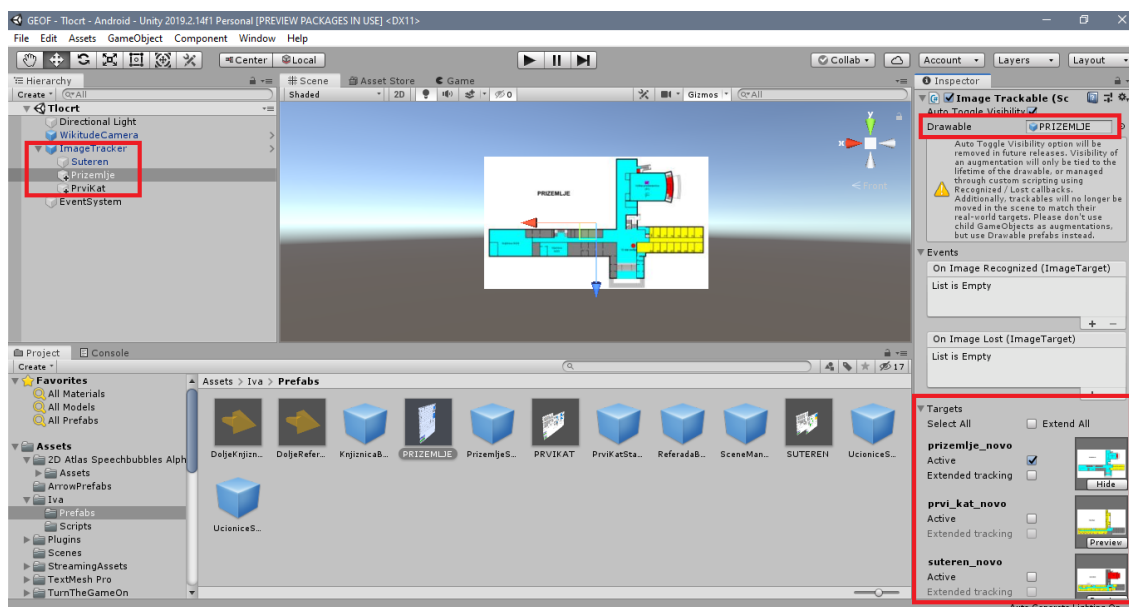
Pri smještanju strelica na odgovarajuću lokaciju u proširenoj stvarnosti potrebno je pokrenuti aplikaciju unutar Unity-ja (tzv. *Game mode*) i kada se odabrana strelica prikaže, može se translirati rotirati i promijeniti njezina veličina s obzirom na X, Y i Z os. Vrijednosti zadovoljavajuće pozicije kopiraju se kao komponente originalne strelice koja je kao *prefab* dodana u *Drawable* komponentu.

#### 4.4.2 Prepoznavanje slike

Na gotovo isti način smještena je proširena stvarnost na tlocrt fakulteta. Sada se koristi *ImageTracker prefab* budući da se radi o slikovnim markerima. U izborniku *Target Collection* odabire se kolekcija markera TLOCRT.wtc (slika 4.8). Povezana kolekcija markera sastoji se od tri različita markera, tako da treba kreirati dodatna dva *Trackable* elementa i svaki od njih povezati sa odgovarajućom slikom, odnosno markerom. Razlika u odnosu na prethodno kreiranje objektnih markera je u tome što su sada prikazane sve fotografije koje se nalaze unutar kolekcije markera i jednostavnim odabirom kvačicom se označava prati li se taj marker ili ne (u prethodnom slučaju upisivalo se ime markera). Sadržaj koji se želi prikazati u proširenoj stvarnosti stavlja se u *Drawable* komponentu, za svaki marker odvojeno (slika 4.9). *ImageTracker prefab* omogućava istodobno praćenje više markera. Potrebno je samo u *Concurrent Targets*, unutar *ImageTarget Inspector* prozora, upisati broj markera koji će se istodobno pratiti.



Slika 4.8 Prikaz bitnih karakteristika za stvaranje slikovnog markera



Slika 4.9 Prikaz odabira slike iz kolekcije markera i dodavanje AR objekata

Prošireno praćenje (eng. *Extended tracking*) je način praćenja markera omogućen za slike i objekte. Odabirom onog načina praćenja Wikitude SDK nastavlja pretraživati okruženje stvarnosti čak i ako izvorni marker više nije u vidnom polju kamere. Izvedba ovog načina ovisi o različitim čimbenicima kao što su računalna snaga uređaja, tekstura pozadine i mnogi drugi. Vrijedi za svaki marker pojedinačno. Tijekom izrade ove aplikacije mogućnost proširenog praćenja korištena je samo pri kreiranju *Object tracker prefab* kako bi se lakše pratio sadržaj prikazan u proširenoj stvarnosti. Kod *Image tracker prefab* komponente nije korištena jer ometa praćenje drugih markera unutar iste kolekcije markera.

Aplikacija koja je izrađena u sklopu ovog diplomskog rada sadrži tri različite scene (prikaza): jedna je prilagođena prikazu proširene stvarnosti na planu zgrade, druga je prilagođena navigaciji do knjižnice AGG, a treća navigaciji do studentske referade Geodetskog fakulteta. Svaka od njih sadrži *Wikitude Camera prefab* sa istim Wikitude ključem. U scenama koje su namijenjene za prikaz strelica sa ciljem navigacije do odabrane prostorije proširena stvarnost prikazana je pomoću *ObjectTrackable prefab*. Na planu zgrade Geodetskog fakulteta proširenu stvarnost čine tekst i gumbovi: neki od njih otvaraju novu scenu i tako pokreću navođenje do odabranih prostorija, drugi otvaraju i zatvaraju prikaz u 2D obliku a treći sadrže vezu na internetske stranice fakulteta.

#### 4.4.3 UI Button

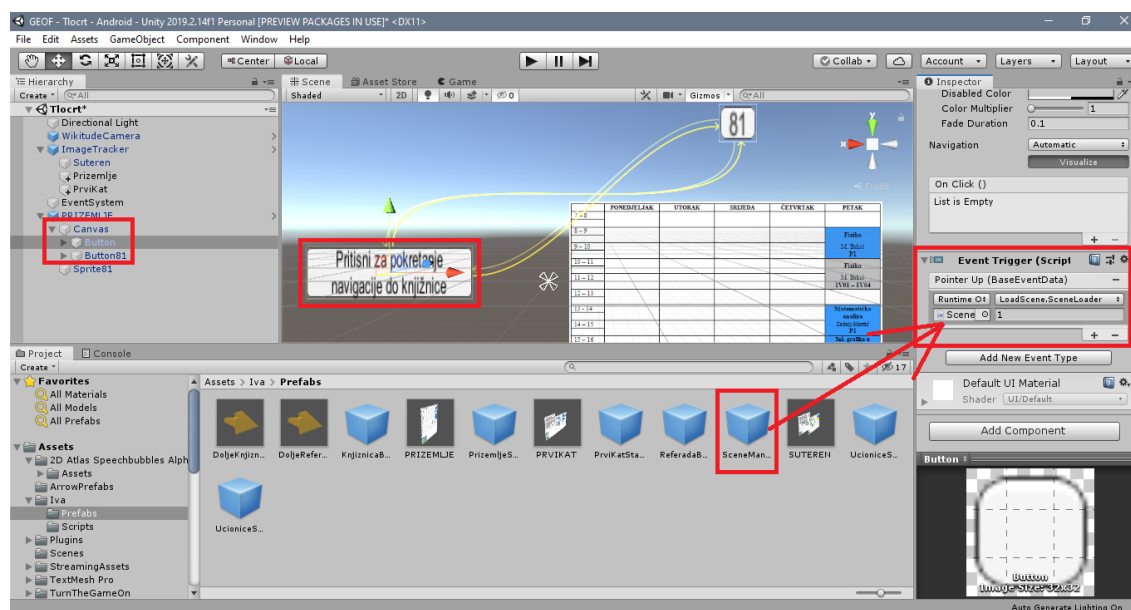
Gumb (eng. *Button*) se stvara iz padajućeg izbornika alatne trake *GameObject* → *UI* → *Button*. *Unity UI* (eng. *User Interface*) je skup jednostavnih alata koji omogućavaju korisničku interaktivnost unutar računalnih igrica i aplikacija. Jedan od njih je i gumb koji pokreće tražene funkcije. Stvaranjem gumba iz *Hierarchy* prozora vidljivo je da je stvoren kao nasljedni objekt platna (eng. *Canvas*). Svi UI elementi moraju se nalaziti unutar platna – to je prostor koji olakšava pozicioniranje UI elemenata. Nakon odabira početnih karakteristika (omogućena interaktivnost gumba i njegovo smještanje u *World Space*, jer se tako prikazuje u stvarnom svijetu) postavlja se na željeno mjesto unutar same scene. Već je spomenuto da kreirani gumbovi imaju različitu funkciju, a to je definirano skriptama. Budući da se pokretanje funkcija može odraditi na više načina, za svaki tip gumba primijenjen je različit način.

Promjena scene unutar Unity projekta definirana je naredbama u skripti „*Load scene*“.

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine.SceneManagement;
using UnityEngine;

public class LoadScene : MonoBehaviour
{
    public void SceneLoader (int SceneIndex)
    {
        SceneManager.LoadScene (SceneIndex);
    }
}
```

Skripta je pridružena praznom objektu koji je nazvan „*SceneManager*“ kako bi se mogla jednostavno dodati svakom gumbu koji će imati tu funkcionalnost. Zatim se odabranom gumbu dodaje komponenta *Event Trigger* – služi za pozivanje registrirane funkcije za svaki odabrani događaj. Jednostavnije rečeno, omogućava da se klikom na gumb pokreće zadana funkcija, u ovom slučaju radi se o pokretanju nove scene (slika 4.10).



Slika 4.10 Kreiranje funkcionalnog gumba za promjenu scene

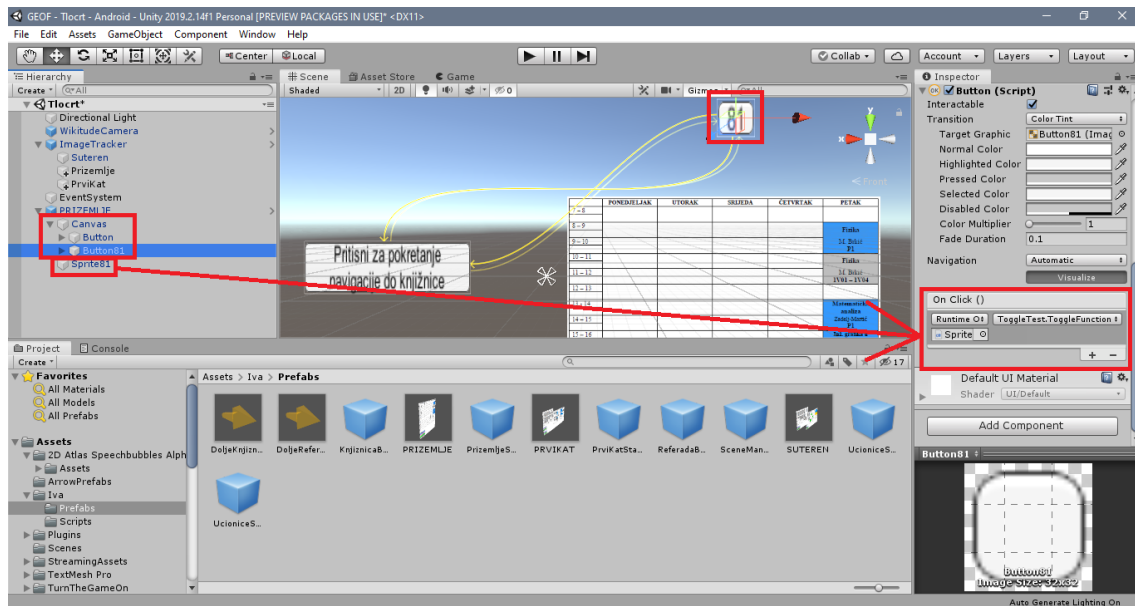
Pri korištenju plana zgrade naglasak je stavljen na funkcionalnosti i korisnosti sadržaja koji je na njemu prikazan. Odlučeno je prikazati raspored predavanja za svaku učionicu. Zato je u svakoj od njih smješten gumb koji prikazuje i sakriva raspored predavanja u pojedinoj učionici. Raspored predavanja preuzet je u pdf formatu sa intraneta na stranicama fakulteta (URL 14) i naknadno obrađen za svaku učionicu posebno. U Unity projektu prikazani su kao *Sprites* (2D grafički objekti). Kao u prethodnom slučaju, napisana je skripta „*Toggle*“ i dodana je svakom objektu koji želimo prikazati klikom na gumb:

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class Toggle : MonoBehaviour
{
    private SpriteRenderer rend;
    public void ToggleFunction ()
    {
        rend = gameObject.GetComponent<SpriteRenderer>();
        if (rend.enabled)
        {
            rend.enabled = false;
        }
        else
        {
            rend.enabled = true;
        }
    }
}
```



Pokretanje skripte na klik gumba omogućeno je korištenjem *On Click()* komponente (slika 4.11).



Slika 4.11 Kreiranje funkcionalnog gumba za prikaz rasporeda predavanja

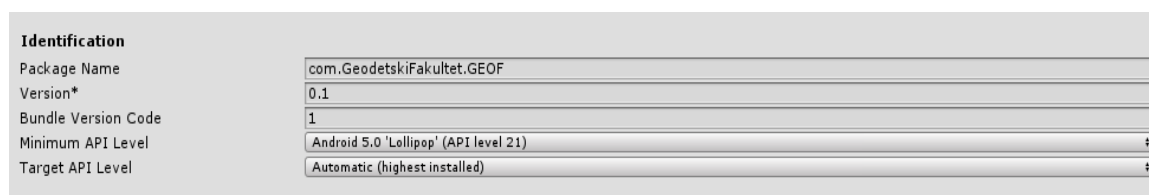
Na isti način kreirani su i gumbovi koji otvaraju stranicu Fakulteta i popis dionika Fakulteta. Pri njihovom stvaranju korištena je skripta „GeofURL“:

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class GeofURL : MonoBehaviour
{
    public string url;
    public void Open ()
    {
        Application.OpenURL (url);
    }
}
```

#### 4.4.4 Izvoz aplikacije

Konfiguracija izvoza aplikacije nalazi se u izborniku *Edit* → *Player settings*. U podizborniku *Other Settings* nalaze se bitne postavke jedinstvene za svaku aplikaciju (slika 4.12).



Slika 4.12 Postavke aplikacije potrebne za izvoz na Android uređaj

Naziv paketa (eng. *Package Name*) sadrži jedinstvenu identifikaciju aplikacije na uređaju i Google Play trgovini. Osnovna struktura identifikatora je com.CompanyName.AppName.

Verzija (eng. *Version*) označava broj koji identificira ponavljanje (izdano ili neobjavljeno) paketa. Verzija je navedena u uobičajenom formatu niza koji sadrži brojeve razdvojene točkama (npr. 4.3.2).

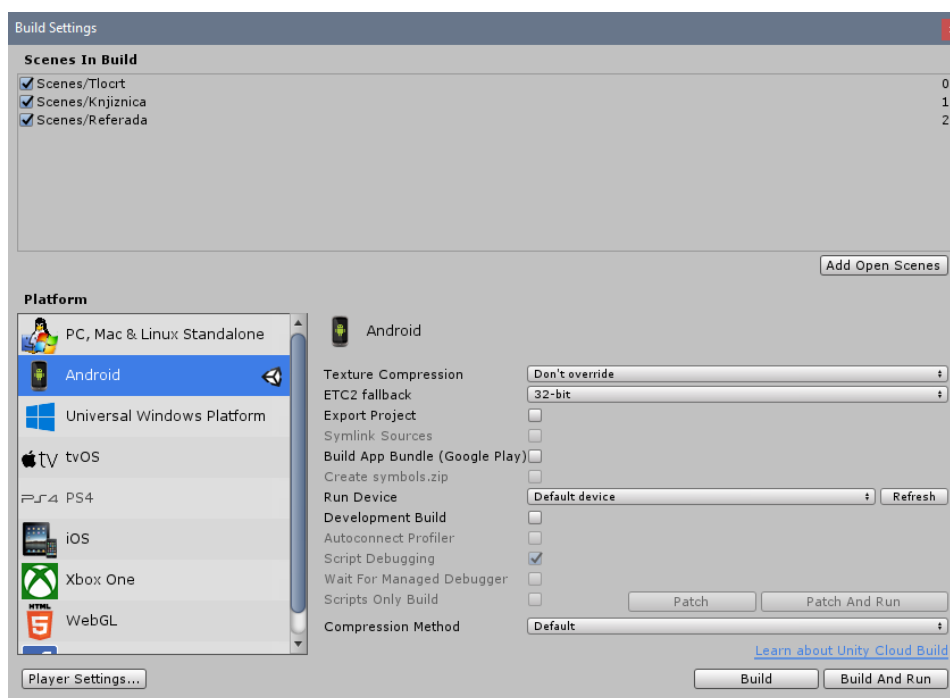
Kôd verzije paketa (eng. *Bundle Version Code*) je interni broj verzije. Ovaj se broj koristi samo za utvrđivanje je li jedna verzija novija od druge, pri čemu veći broj ukazuje na novije verzije. Ovo nije broj verzije koji se prikazuje korisnicima.

Minimalna razina API-ja (eng. *Minimum API Level*) je minimalna verzija Androida na kojoj se aplikacija može pokrenuti.

Ciljana razina API-ja (eng. *Target API Level*) je ciljana verzija Androida na koju želimo instalirati aplikaciju.

Prilikom izvoza bilo je potrebno promijeniti minimalnu verziju API-ja jer starije verzije ne podržavaju sve značajke kreirane aplikacije. Moguće je da pri instalaciji Unityja na računalo nije uključena biblioteka API levela pa je treba naknadno preuzeti na njihovim stranicama (URL 21) i povezati je sa ovim izbornikom.

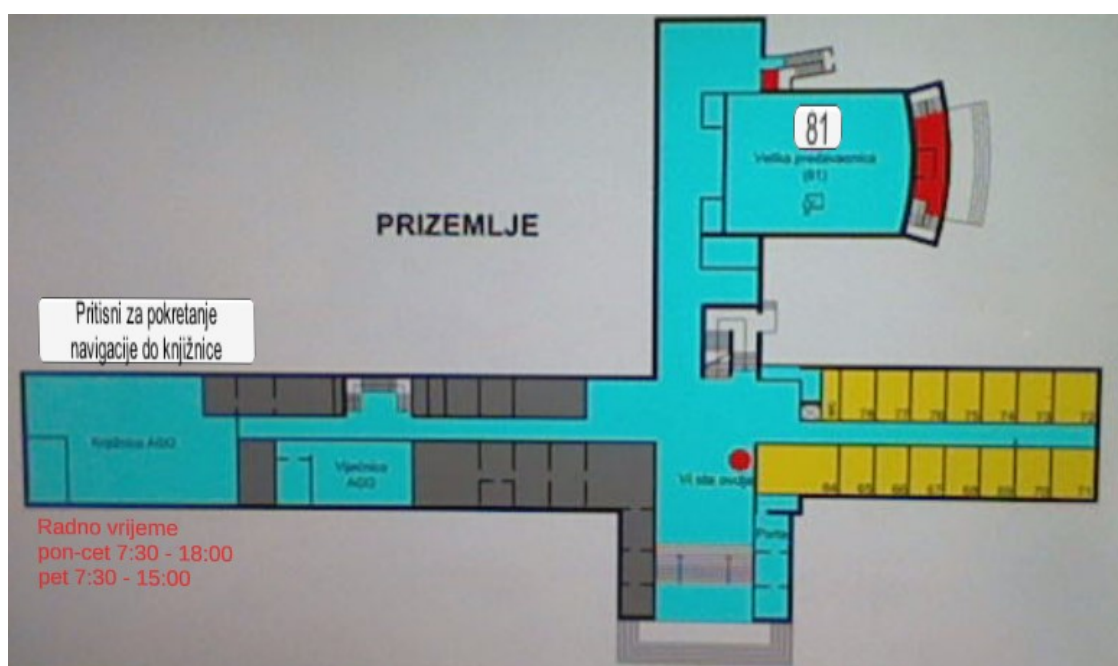
Izvoz aplikacije je u izborniku *File* → *Build Settings* (slika 4.13). Izabere se Android platforma i promijeni se klikom na *Switch Platform*. Dodaju se scene od kojih se željena aplikacija sastoji i klikom na *Build and Run* pokreće se kreiranje aplikacije na spojenom Android uređaju.



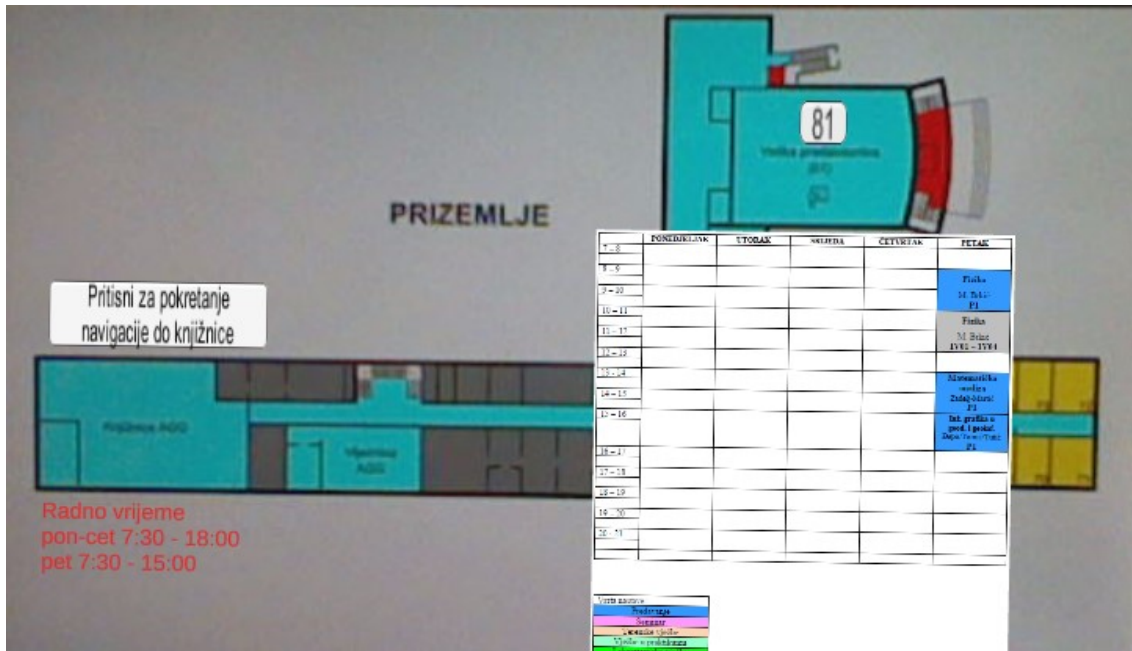
Slika 4.13 Izbornik za izvoz aplikacije

## 5. REZULTATI

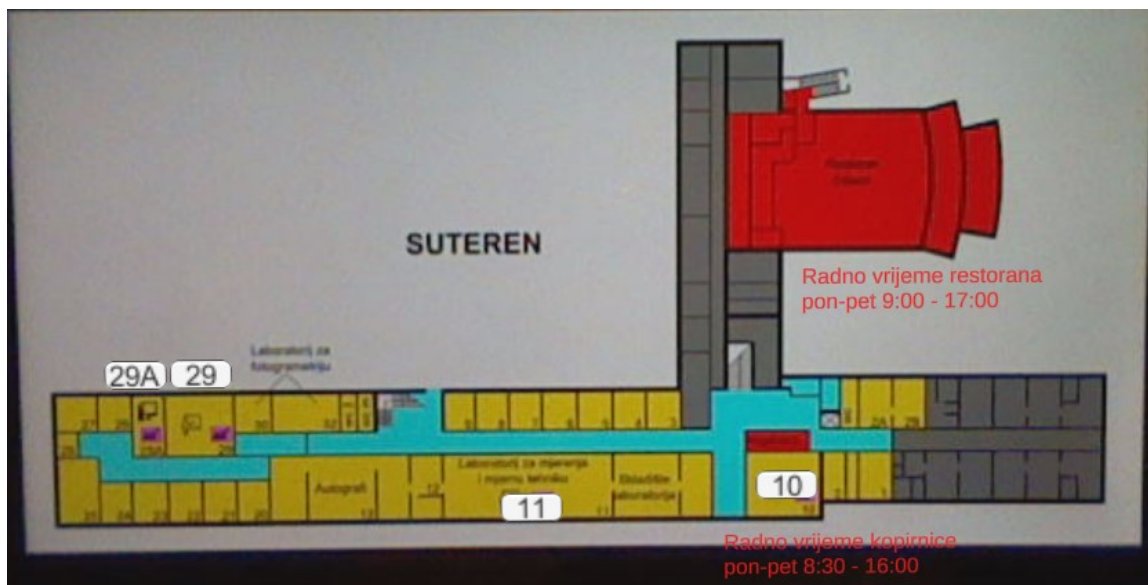
Na planu zgrade svaki kat predstavlja jedan marker čijim se prepoznavanjem pokreće prikaz u proširenoj stvarnosti. Dopunjeni sadržaj čine gumbovi koji, kada se pokrenu, prikazuju raspored predavanja u svakoj učionici. Na markeru prizemlja smješten je gumb kojim se pokreće navigacija do knjižnice, a na prvom katu gumb koji pokreće navođenje do studentske referade. Crvenim tekstom istaknuto je radno vrijeme knjižnice, kopirnice i restorana. Poveznice na stranice fakulteta smještene su u prazan prostor između prizemlja i sutereana, ali prikazuju se u sklopu markera prizemlja. Poster je prikazan u prilogu 1. Slike 5.1-5.6 pokazuju očitane markere na posteru.



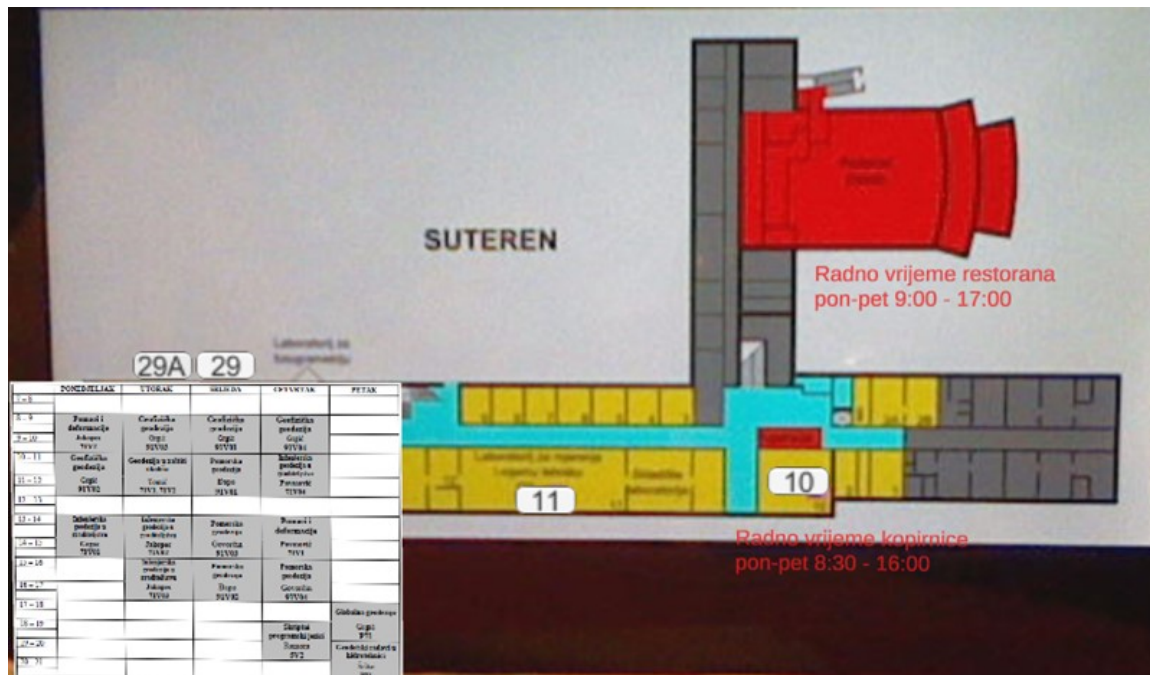
Slika 5.1 Prikaz proširene stvarnosti na tlocrtu prizemlja



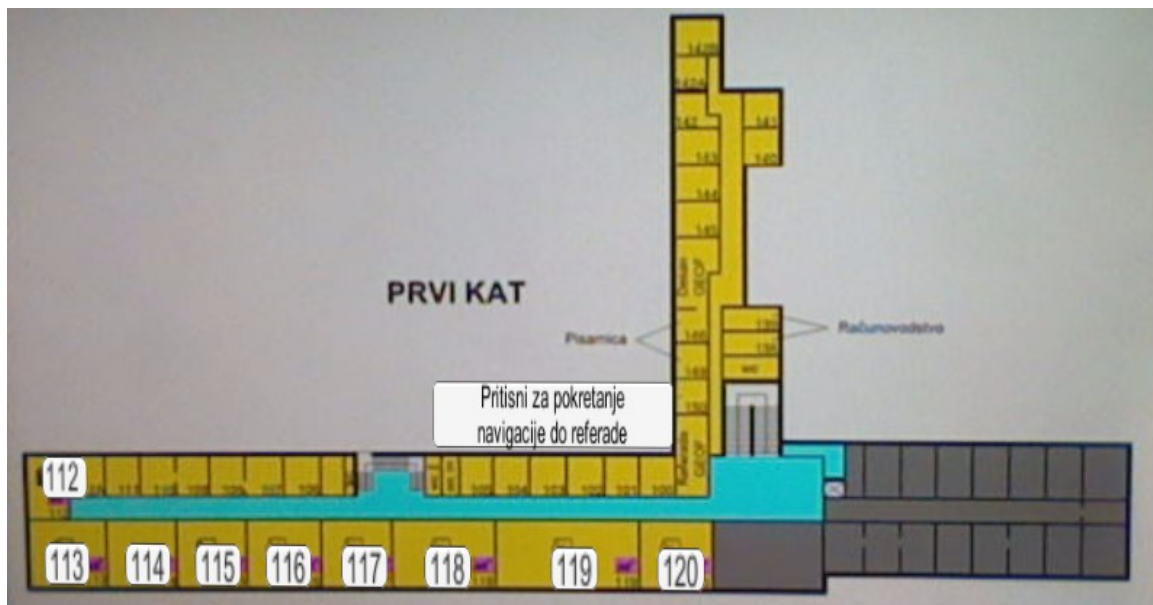
Slika 5.2 Prikaz rasporeda predavanja u proširenoj stvarnosti na tloctru prizemlja



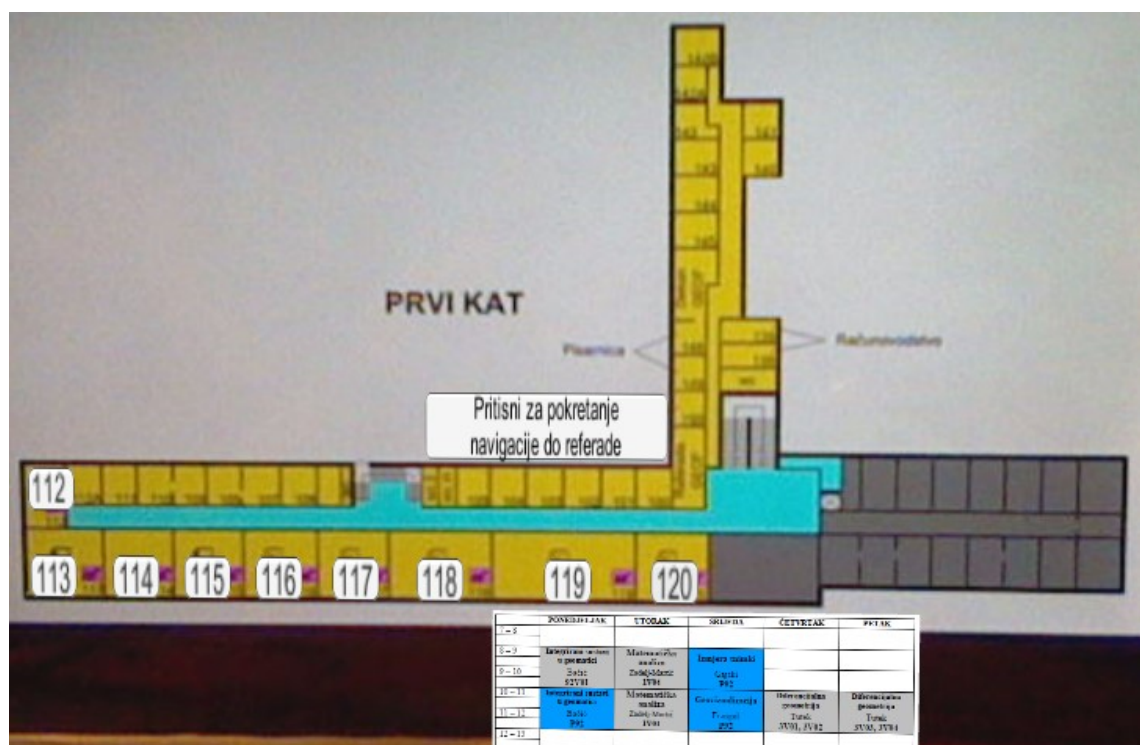
Slika 5.3 Prikaz proširene stvarnosti na tloctru sutereha



Slika 5.4 Prikaz rasporeda predavanja u proširenoj stvarnosti na tloctru sutereana

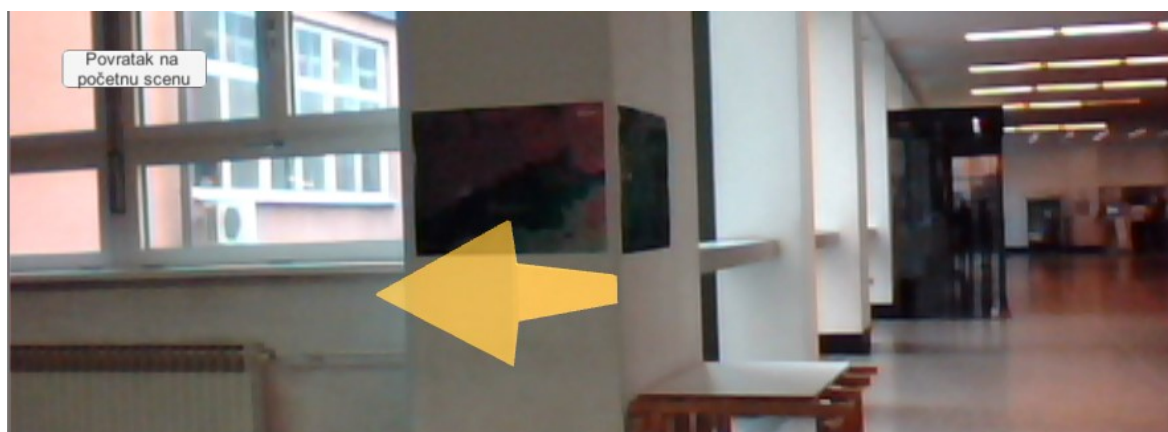


Slika 5.5 Prikaz proširene stvarnosti na tloctru prvog kata

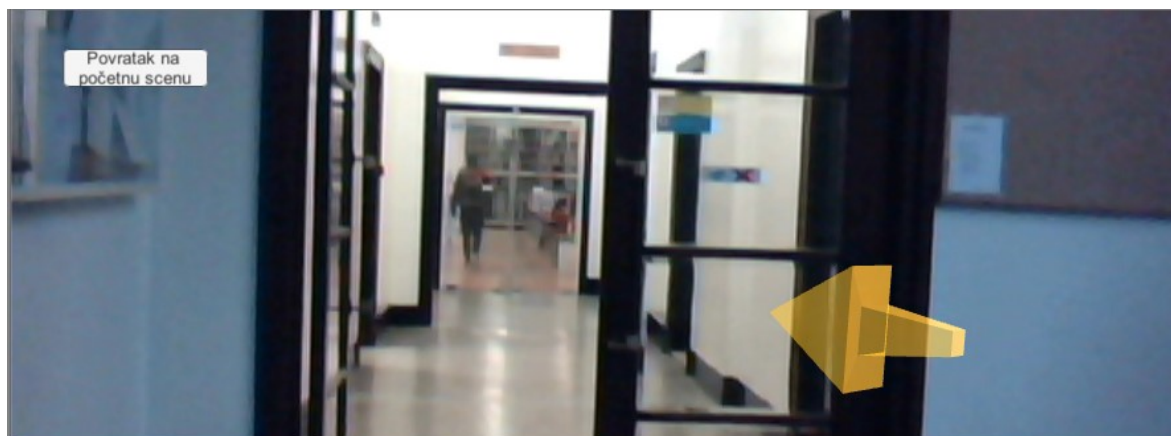


Slika 5.6 Prikaz rasporeda predavanja u proširenoj stvarnosti na tlocrtu prvog kata

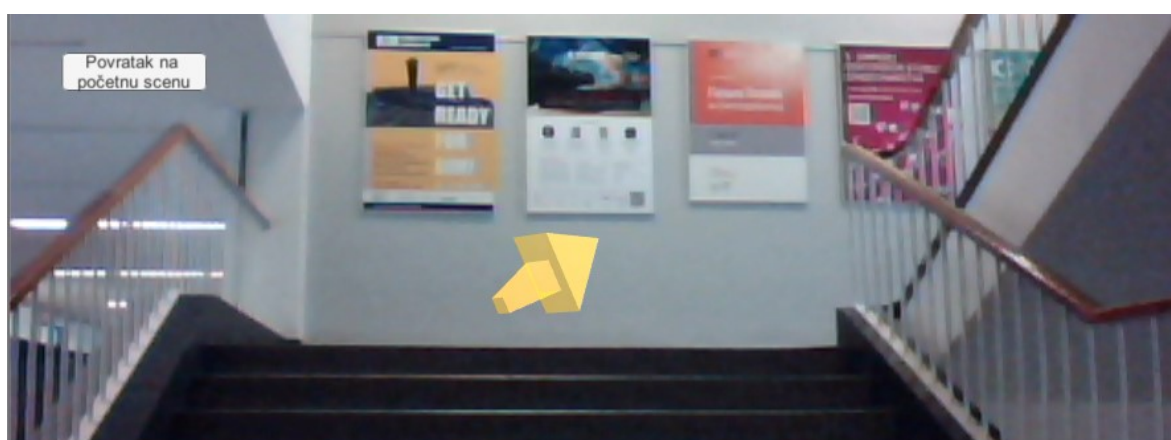
Aplikacija je instalirana na tablet Samsung GalaxyTabA i na njemu su isprobane sve značajke. Prepoznavanje markera i postavljene proširene stvarnosti testirano je sa pozitivnim rezultatom. Na planu zgrade testirani su gumbi i svi rade zadovoljavajuće. Prepoznavanje markera na planu zgrade teže su učitan; pretpostavka je da program razdvaja učitavanje *Image tracker Trackable* komponente (obrada scene i prepoznavanje markera) i *Drawable* komponente (prikaz proširene stvarnosti pridružene prikazanom markeru) pa je potrebno više vremena za prikaz dodanog sadržaja. Jednom prikazan, sadržaj je postavljen gdje treba biti. Strelice unutar zgrade fakulteta nalaze se na postavljenom mjestu i ispravno pokazuju smjer kretanja (slike 5.7 – 5.10).



Slika 5.7 Strelica u predvorju zgrade pokazuje smjer prema knjižnici



*Slika 5.8 Strelica u proširenoj stvarnosti ispred knjižnice*



*Slika 5.9 Strelica na stepenicama za prvi kat pokazuje smjer prema referadi*



*Slika 5.10 Strelica ispred studentske referade*



## 6. ZAKLJUČAK

Razvoj proširene stvarnosti traje više od 50 godina, ali tek se zadnjih par godina vidi njezin sveprisutni utjecaj na svakodnevni život. Razvoj tehnologije, manji i jeftiniji hardver sa sve snažnijim softverskim rješenjima omogućuje širu uporabu spomenute tehnologije u gotovo svim djelatnostima. Neupitan je napredak i primjena pametnih naočala koje savladavaju trenutne probleme mobilnih uređaja u vidu fokusa tijekom vožnje ili korištenja obje ruke tijekom složenijih radnji.

Navigacija zahtjeva od korisnika potpunu koncentraciju kako bi bila uspješna, a proširena stvarnost u tome uvelike pomaže, kao što je vidljivo na primjeru Google Live View značajki. Iako tek u počecima, AR tehnologija pronašla je sintezu sa modernim načinom navođenja u vanjskom svijetu. Sljedeći korak je implementacija u zatvorene prostore.

Aplikacija napravljena u sklopu ovog diplomskog rada uspješno je realizirana i služi svojoj svrsi. Upotrijebljeni alati su relativno jednostavni za korištenje sa mnoštvom materijala dostupnih na internetu. Svaki od softvera ima aktivnu platformu za podršku na kojoj drugi korisnici i šira zajednica pomažu jedni drugima prijedlozima i savjetima. Licence za komercijalno korištenje su skupe, ali smatram da se uloženi trud i novac isplate u nekim većim projektima.

Smatram da se u široj uporabi ovakav način navigacije u zatvorenom prostoru još uvijek ne može koristiti jer zahtjeva mnogo memorije za pohranu markera. Prepoznavanje markera dosta je nestabilno i mnogo zahtjeva mora biti ispunjeno da bi tehnologija funkcionirala tako da preporučam korištenje u kombinaciji sa nekom drugom tehnologijom *indoor* navigacije koja pruža stabilnije rješenje.

## LITERATURA

- Bačić, Ž. (2018): Navigacija, rukopis predavanja, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet Zagreb
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., Kishino, F. (1994): Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum, SPIE Vol. 2351, *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 282-292.
- Van Krevelen, R., Poelman, R. (2010): A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations, *The International Journal of Virtual Reality*, 9(2):1-20
- Tutić, D. (2013): Inženjerska grafika u geodeziji i geoinformatici, prezentacije sa predavanja, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet Zagreb

### **Popis internetskih izvora:**

- URL 1. The History of Augmented Reality, <http://sevenmediainc.com/the-history-of-augmented-reality/>, 28.10.2019.
- URL 2. Pokémon Go, [https://en.wikipedia.org/wiki/Pok%C3%A9mon\\_Go](https://en.wikipedia.org/wiki/Pok%C3%A9mon_Go), 14.10.2019.
- URL 3. IKEA Place App, <https://www.ikea.com/ch/en/customer-service/mobile-apps/ikea-place-app-pub0bab12b1>, 14.10.2019.
- URL 4. IKEA Place App Store Preview, <https://apps.apple.com/us/app/ikea-place/id1279244498>, 14.10.2019.
- URL 5. Introducing Live View, the new augmented reality feature in Google Maps, <https://support.google.com/maps/thread/11554255?hl=en>, 14.10.2019.
- URL 6. Gatwick's Augmented Reality Passenger App Wins Awards, <https://www.vrfocus.com/2018/05/gatwick-airportsaugmented-reality-passenger-app-wins-awards/>, 14.10.2019.
- URL 7. Augmented Reality SDKs: A Comprehensive Guide, <https://www.marxentlabs.com/augmented-reality-sdks-comprehensive-guide/>, 28.10.2019.
- URL 8. HP 250 (E8D87PA) Laptop, <https://www.91mobiles.com/hp-250-e8d87pa-core-i3-3rd-gen-4-gb-500-gb-dos-laptop-price-in-india-40565>, 29.10.2019.
- URL 9. Unity public relations, [https://unity3d.com/public-relations?\\_ga=2.2007473.1222637891.1579100837-1677390392.1576018024](https://unity3d.com/public-relations?_ga=2.2007473.1222637891.1579100837-1677390392.1576018024), 15.1.2020.

- URL 10. Wikitude Studio Documentations, <https://www.wikitude.com/external/doc/documentation/studio/introduction.html#introduction-to-studio>, 15.1.2020.
- URL 11. Best practice for Image Targets, [https://www.wikitude.com/external/doc/documentation/latest/android/targetguide.html?\\_ga=2.145436593.44611119.1576486670-547769038.1576486670#best-practice-for-target-images](https://www.wikitude.com/external/doc/documentation/latest/android/targetguide.html?_ga=2.145436593.44611119.1576486670-547769038.1576486670#best-practice-for-target-images), 16.1.2020.
- URL 12. Classroom icons, <https://www.visualpharm.com/free-icons/classroom595b40b75ba036ed117d8b7e>, 10.1.2020.
- URL 13. Computer icons, <https://simpleicon.com/computer-5.html>, 10.1.2020.
- URL 14. Geodetski fakultet, <http://www.geof.unizg.hr/>, 17.1.2020.
- URL 15. Vuzix, <https://www.vuzix.com/>, 14.10.2019.
- URL 16. Wikitude, <https://www.wikitude.com/>, 18.1.2020.
- URL 17. Google Maps ‘Live View’ Goes Live, <https://www.lsainsider.com/google-maps-live-view-goes-live/archives>, 18.1.2020.
- URL 18. How Augmented Reality-based Indoor Navigation Works, <https://mobidev.biz/blog/augmented-reality-indoor-navigation-app-development-arkit#2>, 18.1.2020.
- URL 19. AR Sandbox, <https://www.usgs.gov/media/images/ar-sandbox-5>, 15.1.2020.
- URL 20. Augmented Reality: Technologies, Applications, and Limitations, [https://www.researchgate.net/figure/The-worlds-first-head-mounted-display-with-the-Sword-of-Damocles-Sutherland-1968\\_fig2\\_292150312](https://www.researchgate.net/figure/The-worlds-first-head-mounted-display-with-the-Sword-of-Damocles-Sutherland-1968_fig2_292150312), 15.1.2020.
- URL 21. Android studio, <https://developer.android.com/studio>, 20.1.2020.

## POPIS SLIKA

Slika 2.1 Pojednostavljeni prikaz kontinuuma stvarnost-virtualnost (prilagođeno prema Milgram i dr., 1994) .....	7
Slika 2.2 Uređaj nošen na glavi koji je kreirao Ivan Sutherland (URL 20) .....	8
Slika 2.3 Vizualni prikaz različitih tehnika i uređaja (prilagođeno prema Van Krevelen, 2010).....	10
Slika 2.4 Vuzix pametne naočale kao primjer HMD uređaja (URL 15).....	11
Slika 2.5 Pješčanik sa proširenom stvarnosti prikazanom projektorom (URL 19).....	11
Slika 2.6 Prikaz sučelja mobilne aplikacije Pokemon Go (URL 2) .....	13
Slika 2.7 Aplikacija IKEA Place (URL 4) .....	13
Slika 2.8 Live View iskustvo pokraj Eiffelovog tornja u Parizu, Francuska (URL 5).....	14
Slika 3.1 Primjer korištenja AR u aplikaciji Gatwick (URL 6) .....	15
Slika 4.1 Prijenosno računalo HP (URL 8) .....	19
Slika 4.2 Unity korisničko sučelje.....	20
Slika 4.3 Korisničko sučelje programa Inkscape.....	22
Slika 4.4 Početna stranica Wikitude Studio alata.....	23
Slika 4.5 Oblak točaka nastao iz fotografija studentske referade.....	24
Slika 4.6 Prikaz bitnih karakteristika za stvaranje objektnog markera .....	25
Slika 4.7 Prikaz bitnih karakteristika za dodavanje proširene stvarnosti na marker .....	26
Slika 4.8 Prikaz bitnih karakteristika za stvaranje slikovnog markera.....	27
Slika 4.9 Prikaz odabira slike iz kolekcije markera i dodavanje AR objekata.....	27
Slika 4.10 Kreiranje funkcionalnog gumba za promjenu scene .....	29
Slika 4.11 Kreiranje funkcionalnog gumba za prikaz rasporeda predavanja .....	30
Slika 4.12 Postavke aplikacije potrebne za izvoz na Android uređaj.....	31
Slika 4.13 Izbornik za izvoz aplikacije.....	32
Slika 5.1 Prikaz proširene stvarnosti na tlocrtu prizemlja.....	33
Slika 5.2 Prikaz rasporeda predavanja u proširenoj stvarnosti na tlocrtu prizemlja.....	34
Slika 5.3 Prikaz proširene stvarnosti na tlocrtu suterena.....	34
Slika 5.4 Prikaz rasporeda predavanja u proširenoj stvarnosti na tlocrtu suterena .....	35
Slika 5.5 Prikaz proširene stvarnosti na tlocrtu prvog kata .....	35
Slika 5.6 Prikaz rasporeda predavanja u proširenoj stvarnosti na tlocrtu prvog kata.....	36

Slika 5.7 Strelica u predvorju zgrade pokazuje smjer prema knjižnici .....	36
Slika 5.8 Strelica u proširenoj stvarnosti ispred knjižnice.....	37
Slika 5.9 Strelica na stepenicama za prvi kat pokazuje smjer prema referadi .....	37
Slika 5.10 Strelica ispred studentske referade .....	37

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1 Tehnologije koje omogućavaju indoor navigaciju (Bačić, 2018).....	16
Tablica 2 Karakteristike prijenosnog računala HP .....	18
Tablica 3 Cjenik korištenja Wikitude SDK alata (URL 16).....	21

## **KRATICE**

**2D** Dvodimenzionalni

**3D** Trodimenzionalni

**VR** Virtual reality

**AV** Augmented virtuality

**AR** Augmented reality

**MR** Mixed reality

**HMD** Head-mounted display

**HOE** Holographic optical elements

**VRD** Virtual retinal display

**HMPD** Head-mounted projective display

**SDK** Software development kit

**SLAM** Simultaneous localization and mapping

**GPS** Global positioning system

**API** Application programming interface

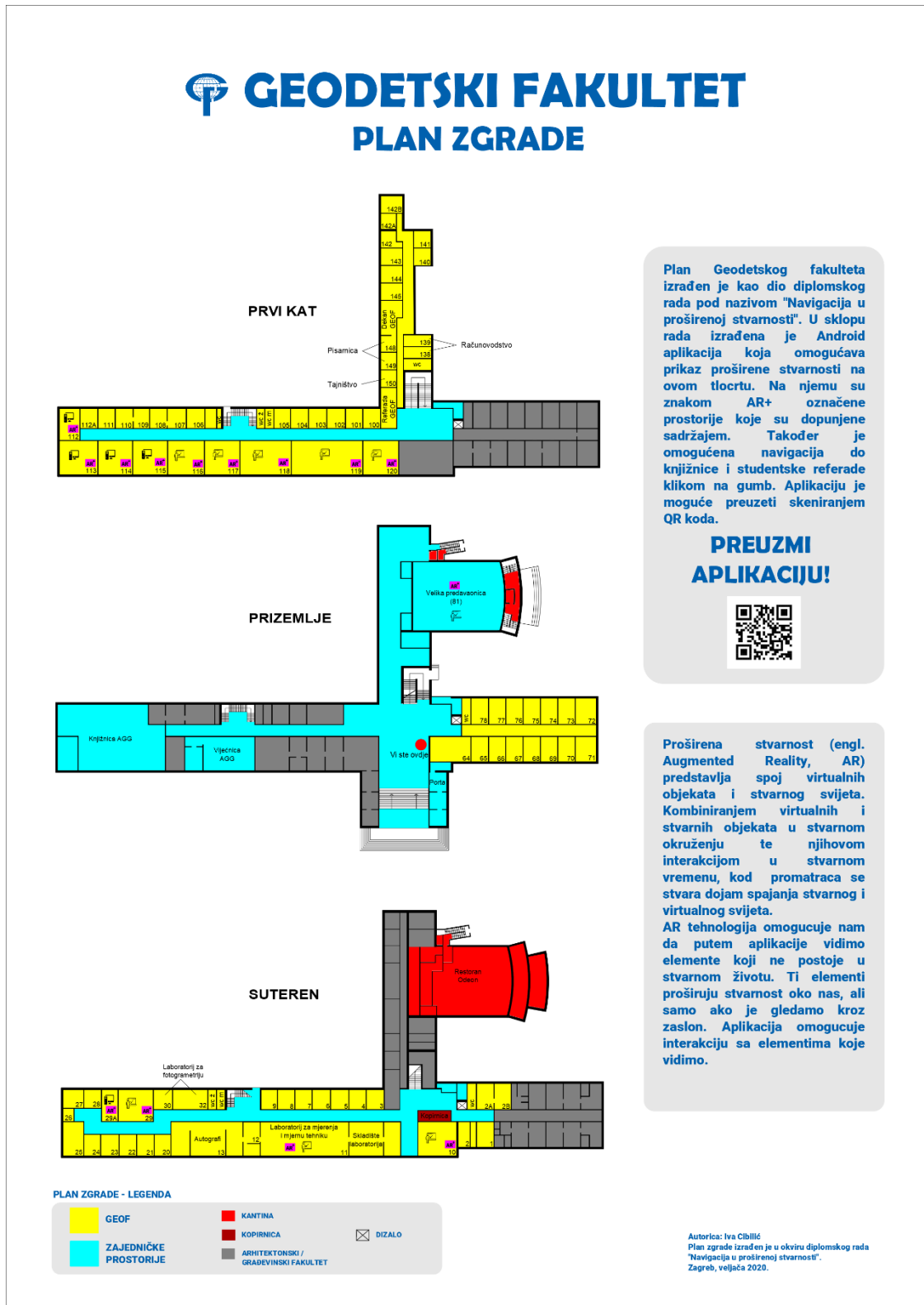
**WTC** Wikitude target collection

**WTO** Wikitude object collection

**UI** User interface

## PRILOZI

## Prilog 1. Plan zgrade Geodetskog fakulteta





## ŽIVOTOPIS

### OSOBNJE OBAVIJESTI

Ime	Iva Cibilić
Adresa	Gruda 10, 20244 Potomje (Hrvatska)
Mobitel	+385 98 916 6722
E-pošta	iva.cibilic@gmail.com
Nacionalnost	Hrvatica
Državljanstvo	Hrvatsko
Datum rođenja	10. studenog 1995. godine

### RADNO ISKUSTVO

- Datum (od – do) srpanj 2018.
- Naziv i sjedište tvrtke zaposlenja Geodezija d.o.o., Dubrovnik
- Vrsta posla ili područje Studentska praksa - Geodetski tehničar
  - Osnovne aktivnosti i odgovornosti Izmjera zemljišta, izrada parcelacijskih i drugih elaborata katastra zemljišta i katastra nekretnina
  
- Datum (od – do) srpanj – rujana (2016. - 2017.)
- Naziv i sjedište tvrtke zaposlenja Vinarija Grgić, Trstenik
- Vrsta posla ili područje Sezonski rad
  - Osnovne aktivnosti i odgovornosti Upravljanje blagajnom, organizirani obilazak posjeda, edukacije posjetitelja
  
- Datum (od – do) srpanj – rujana 2015.
- Naziv i sjedište tvrtke zaposlenja Beach bar Torr, Trstenik
- Vrsta posla ili područje Sezonski rad
  - Osnovne aktivnosti i odgovornosti Posluživanje pića i hrane, vođenje blagajne
  
- Datum (od – do) srpanj – rujana (2012. – 2014.)
- Naziv i sjedište tvrtke zaposlenja Turistička zajednica općine Orebić
- Vrsta posla ili područje Sezonski rad
  - Osnovne aktivnosti i odgovornosti Pružanje informacija posjetiteljima, evidencija noćenja

**ŠKOLOVANJE I IZOBRAZBA**

- Datum (od – do) veljača – srpanj 2019.
- Naziv i vrsta obrazovne ustanove School of Engineering in Geodesy, Cartography and Surveying, Valencia (Španjolska)
- Osnovni predmet Erasmus program međunarodne razmjene studenata  
/zanimanje Odslušani i položeni predmeti:  
Distribucija prostornih podataka, Španjolski jezik (A2), Pozicioniranje, Topografija i geodezija, Smart cities
  
- Datum (od – do) listopad 2014. – srpanj 2017.
- Naziv i vrsta obrazovne ustanove Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Preddiplomski studij
- Osnovni predmet Geodezija i geoinformatika  
/zanimanje
- Naslov postignut obrazovanjem Sveučilišni prvostupnik inženjer geodezije i geoinformatike (univ. bacc. ing. geod. et geoinf.)
  
- Datum (od – do) rujan 2010. – svibanj 2014.
- Naziv i vrsta obrazovne ustanove Gimnazija Dubrovnik, Dubrovnik  
Frana Supila 3, 20 000 Dubrovnik

**OSOBNJE VJEŠTINE I SPOSOBNOSTI**

*Stečene radom/životom, karijerom, a koje nisu potkrijepljene potvrdama i diplomama.*

**MATERINSKI JEZIK****HRVATSKI****DRUGI JEZICI****ENGLESKI**

- sposobnost čitanja C1
- sposobnost pisanja C1
- sposobnost usmenog izražavanja C1

**ŠPANJOLSKI**

- sposobnost čitanja A2
- sposobnost pisanja A2
- sposobnost usmenog izražavanja B1

**SOCIJALNE VJEŠTINE I SPOSOBNOSTI**

*Življenje i rad s drugim ljudima u višekulturnim okolinama gdje je značajna komunikacija, gdje je timski rad osnova (npr. u kulturnim ili sportskim aktivnostima).*

- komunikativna i susretljiva
- sklona timskom radu zahvaljujući iskustvu tijekom obrazovanja
- dobro razvijene prezentacijske vještine
- sklonost prilagodbe multikulturnom okruženju stečena tijekom rada u turizmu i vremena provedenom na Erasmus programu

**ORGANIZACIJSKE VJEŠTINE I SPOSOBNOSTI**

*Npr. koordinacija i upravljanje osobljem, projektima, financijama; na poslu, u dragovoljnom radu (npr. u kulturi i športu) i kod kuće, itd.*

- smisao za organizaciju raznih radionica, susreta i putovanja
- bogato iskustvo u upravljanju projektom i timom
- samostalna i odgovorna

**TEHNIČKE VJEŠTINE I SPOSOBNOSTI**

*S računalima, posebnim vrstama opreme, strojeva, itd.*

Rad u programskim paketima Microsoft Office (Word, Excel, Power Point), AutoCAD, QGIS, OCAD, Sketchpad  
Osnovno znanje rada u programskim paketima Java, SQL, Python

**VOZAČKA DOZVOLA**

B kategorija (prosinac 2013.)