

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra rozvojových a enviromentálních studií



Univerzita Palackého
v Olomouci

Studijní program:

Obor: 6702R00X Mezinárodní rozvojová a enviromentální studia

Využití rozšířené reality (AR) v územním plánování

Bakalářská práce

Ondřej ZAPP

Vedoucí práce: doc. Mgr. Jiří PÁNEK, Ph.D.

Olomouc 2024

Podklad pro zadání BAKALÁŘSKÉ práce studenta

Jméno a příjmení: **Ondřej ZAPP**
Osobní číslo: **R210492**
Adresa: **Na Orátě 499, Hlubočky, 78361 Hlubočky 1, Česká republika**
Téma práce: **Využití rozšířené reality v územním plánování**
Téma práce anglicky: **Use of augmented reality (AR) in spatial planning**
Jazyk práce: **Čeština**
Vedoucí práce: **doc. Mgr. Jiří Pánek, Ph.D.**
Katedra rozvojových a environmentálních studií

Zásady pro vypracování:

Bakalářská práce se zabývá otázkou uplatnění rozšířené reality (AR) v územním plánování. Cílem této práce je obecně představit rozšířenou realitu, její využití v územním plánování, vysvětlit interaktivního mapování, vizuálního modelování i jejich funkce a výhody.

Seznam doporučené literatury:

<https://urbanar.app>

Allen, M., Regenbrecht, H., & Abbott, M. (2011, November). Smart-phone augmented reality for public participation in urban planning. In *Proceedings of the 23rd Australian computer-human interaction conference* (pp. 11-20).

Saßmannshausen, S. M., Radtke, J., Bohn, N., Hussein, H., Randall, D., & Pipek, V. (2021, June). Citizen-centered design in urban planning: How augmented reality can be used in citizen participation processes. In *Designing Interactive Systems Conference 2021* (pp. 250-265).

Lanfronconi, D., Wetzel, R., Matter, T., & Schnellmann, C. (2022, November). Visual Considerations for Augmented Reality in Urban Planning. In *Proceedings of the 28th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology* (pp. 1-2)

Podpis vedoucího práce:

Datum:

Podpis vedoucího pracoviště:

Datum:

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá využitím rozšířené reality v územním plánování.

Cílem práce je ukázat co to vlastně rozšířená realita je a její funkce v reálném světě a také představit možnosti, které jsou s územním plánováním spojené. Jsou zde ukázány příklady využití a současná omezení rozšířené reality. Formou rešeršní se práce dále zabývá vysvětlením termínu územního plánování s integrací rozšířené reality. Dále se zaměřuje na participativní složky technologie GIS, kde popisuje jejich společné soužití. Součástí práce jsou také případové terénní studie, kdy byla rozšířená realita úspěšně implementována do územního plánování.

Abstract

The thesis deals with the use of augmented reality in spatial planning.

The aim of the thesis is to show what augmented reality actually is and its possibilities in the real world and also to present the possibilities that are associated with spatial planning. Examples of the use and current limitations of augmented reality are shown. In the form of a research paper, the thesis further deals with the explanation of the term spatial planning with the integration of augmented reality. It also focuses on the participatory components of GIS technology, describing their coexistence. The thesis also includes field case studies where augmented reality has been successfully implemented in spatial planning.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci bakalářského studia Mezinárodní rozvojová a enviromentální studia na Katedře rozvojových a enviromentálních studií Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci vypracoval samostatně pod vedením doc. Mgr. Jiřího Pánka, Ph.D. a všechny použité zdroje jsem uvedl v seznamu literatury.

V Olomouci dne

Seznam zkratk

AR – Augmented reality (rozšířená realita)

API – Application programming interface (aplikační programové rozhraní)

GIS – Geographic information system (geografický informační systém)

HMD – head-mounted display (displej umístěný na hlavě)

LOD – Level Of Details (úroveň detailů)

MR – Mixed reality (smíšená realita)

NASA – National Aeronautics and Space Administration (Národní úřad pro letectví a vesmír)

OSN – Organizace spojených národů

PGIS – Participatory geographic information system (Participativní geografické informační systémy)

PLA – Participatory Learning and Action (Participativní učení a akce)

PPGIS – Public participation geographic information system (neexistuje český překlad)

QR kód – Quick Response code (kód rychlé reakce)

RFID – Radio Frequency Identification (identifikace na rádiové frekvenci)

SLAM – Simultaneous Localization and Mapping (Simultánní lokalizace a mapování)

UX – User Experience (uživatelská zkušenost)

VR – Virtual reality (virtuální realita)

Wi-fi – Wireless Fidelity (bezdrátová věrnost)

3D – three-dimensional (trojrozměrný)

Obsah

1. Úvod	8
1.1. Cíle Práce	9
1.2. Metody Práce	9
2. Vysvětlení pojmů technologií	10
2.1. VR, MR a AR.....	10
2.2. Virtual Reality (VR)	11
2.2.1. Nepohlující.....	11
2.2.2. Polopohlující	11
2.3. Smíšená realita (MR)	12
2.4. Rozšířená realita (AR).....	13
2.4.1. Se značkami	13
2.4.2. Bez značek	14
3. Technologie a přístupy AR	16
3.1. Programovací jazyky a AR	18
3.1.1. C#.....	18
3.1.2. C++.....	18
3.1.3. JavaScript	18
3.1.4. Python	19
3.2. Hardware pro využití rozšířené reality.....	20
3.3. Softwary pro využití rozšířené reality	21
3.3.1. Wikitude	21
3.3.2. ARkit a ARcore	21
3.3.3. Unity	22
4. Územní plánování	24
4.1. Potenciál AR v územním plánování	25
4.2. AR a GIS	28
4.3. PPGIS a PGIS	30
4.3.1. Využití PPGIS v územním plánování.....	30
4.4. Interaktivní mapování.....	31
5. Případová studie: Oslo, Norsko.....	32
6. Případová studie: Vídeň, Rakousko	34
7. Případová studie: Curych, Švýcarsko	36
8. Závěr	38
9. Použité zdroje	39

Seznam Obrázků

Obr. 1 – Vysvětlení rozdílů mezi AR, VR a MR

Obr. 2 – ukázka programování JavaScript a AR

Obr. 3 – brýle Hololens od společnosti Microsoft

Obr. 4 – Typická AR scéna v Unity editoru

Obr. 5 – Ukázka městského plánování

Obr. 6 – Kreslení v reálném světě za pomoci aplikace UrbanAR

Obr. 7 – AR a GIS v praxi

Obr. 8 – Sazení stromů pomocí AR v praxi

Obr. 9 – Překrytí aplikačního modelu budovy 3D mapou města

Obr. 10 – Prototyp aplikace AR ukazující 3 úrovně detail

1. Úvod

V době rychlého technologického pokroku se lidstvo nachází na prahu změny paradigmatu – sblížení fyzické a digitální sféry. V čele této revoluce stojí rozšířená realita (AR), převratná technologie, která se chystá nově definovat způsob, jakým vnímáme svět kolem nás, jak s ním komunikujeme a jak ho vnímáme. Rozšířená realita plynule integruje virtuální obsah do reálného prostředí a nabízí uživatelům rozšířený smyslový zážitek, který stírá hranice mezi představivostí a realitou.

Rozšířená realita je sice konceptem, který poutá představivost vizionářů již desítky let, ale teprve nedávno se začal zhmotňovat jako hmatatelná realita. Počátky této technologie sahají až k průkopnickému výzkumu v oblasti počítačové grafiky a interakce člověka s počítačem, kdy se vědci a inženýři snažili překrýt digitální informace na fyzický svět v reálném čase. První experimenty položily základy pro vývoj technologií rozšířené reality a připravily půdu pro jejich široké rozšíření v nespočetných odvětvích a aplikacích.

Rozšířená realita ve své podstatě obohacuje uživatelské vnímání reality tím, že do reálného prostředí plynule integruje virtuální prvky, jako jsou obrázky, videa nebo 3D modely. Na rozdíl od virtuální reality, která uživatele vtáhne do zcela digitálního světa, rozšířená realita rozšiřuje stávající prostředí překrýváním digitálního obsahu do zorného pole uživatele prostřednictvím zařízení, jako jsou chytré telefony, tablety nebo specializované brýle pro rozšířenou realitu. Tento symbiotický vztah mezi fyzickou a virtuální oblastí tvoří základ transformačního potenciálu AR.

Realizace rozšířené reality závisí na konvergenci několika klíčových technologických faktorů. Pokroky v oblasti počítačového vidění, strojového učení, technologie senzorů a grafického vykreslování podpořily vývoj hardwarových a softwarových řešení rozšířené reality, která umožňují rozpoznávání, sledování a manipulaci s fyzickými objekty v prostředí uživatele v reálném čase. Všudypřítomnost chytrých telefonů a nositelných zařízení vybavených kamerami s vysokým rozlišením a výkonnými procesory navíc demokratizovala přístup k zážitkům z rozšířené reality a zpřístupnila je celosvětovému publiku.

Rozšířená realita překračuje tradiční hranice a svými transformačními schopnostmi proniká do různých odvětví a sektorů. V oblasti vzdělávání rozšiřuje rozšířená realita možnosti učení tím, že poskytuje interaktivní vizualizace, simulace a pohlcující příběhy. Ve zdravotnictví pomáhá rozšířená realita lékařům při plánování operací, vzdělávání pacientů a vzdálené asistenci, čímž revolučním způsobem mění poskytování zdravotní péče a výsledky pacientů. Jde tu hlavně o pohled do oblasti územního plánování, která ještě není natolik probádaná, i když potenciál je obrovský.

Přestože ambice rozšířené reality jsou obrovské a dalekosáhlé, není bez problémů. Technické překážky, jako jsou hardwarová omezení, problémy s kompatibilitou softwaru a potřeba robustních prostorových mapovacích a sledovacích algoritmů, stále představují významné překážky pro široké přijetí. Kromě toho etické aspekty týkající se soukromí, bezpečnosti dat a digitální manipulace vyvolávají důležité otázky týkající se odpovědného zavádění technologií rozšířené reality ve společnosti.

1.1. Cíle Práce

Cílem bakalářské práce je podrobně popsat současný stav a potenciál rozšířené reality, zejména v kontextu územního plánování. Práce se zaměřuje na zkoumání aktuálních technologických možností a aplikací rozšířené reality, a to s důrazem na jejich využití a přínosy v odvětvích územního plánování a funkcích interaktivního mapování. Zkoumá rozsah možností rozšířené reality, které jsou dostupné díky současným technologiím podporujícím AR. Vysvětluje rozdíly mezi třemi existujícími realitami a jejich společné i samostatné užití. Analyzuje se aplikace, které umožňují interakci s rozšířenou realitou, a to včetně jejich popisu, srovnání a hodnocení jejich aktuálního využití a dostupnosti všude ve světě.

Práce se nadále zabývá vysvětlením územního plánování a všech jeho funkcí, kde se berou v potaz i funkce a možnosti spojené s využitím rozšířené reality. Identifikuje a hodnotí potenciál rozšířené reality a také testuje aplikace vytvořené za účelem integrace AR do územního plánování. Je i odhadována budoucnost AR v územním plánování, která je díky neustálému technologickému vývoji očekávána.

1.2. Metody Práce

Bakalářská práce z počátku začíná teoretickou částí, které účel je vysvětlit koncept rozšířené reality a zdůraznit rozdíly mezi rozšířenou, smíšenou a virtuální realitou. Tímto se zaměřuje na poskytnutí jasného a hlubšího porozumění tomu, co rozšířená realita přesně znamená, a jak se liší od virtuální a smíšené reality.

Po teoretické části přichází část rešeršní, kde se práce zaměřuje na programovací jazyky v kontextu rozšířené reality. V této části jsou detailně popsány základní možnosti těchto jazyků, jejich rozdíly a schopnosti v oblasti zobrazení geografických informací. Jsou zde ukázány novodobé softwary zobrazující rozšířenou realitu. Je představeno jejich uživatelské rozhraní a co vlastně každý jednotlivý software dokáže.

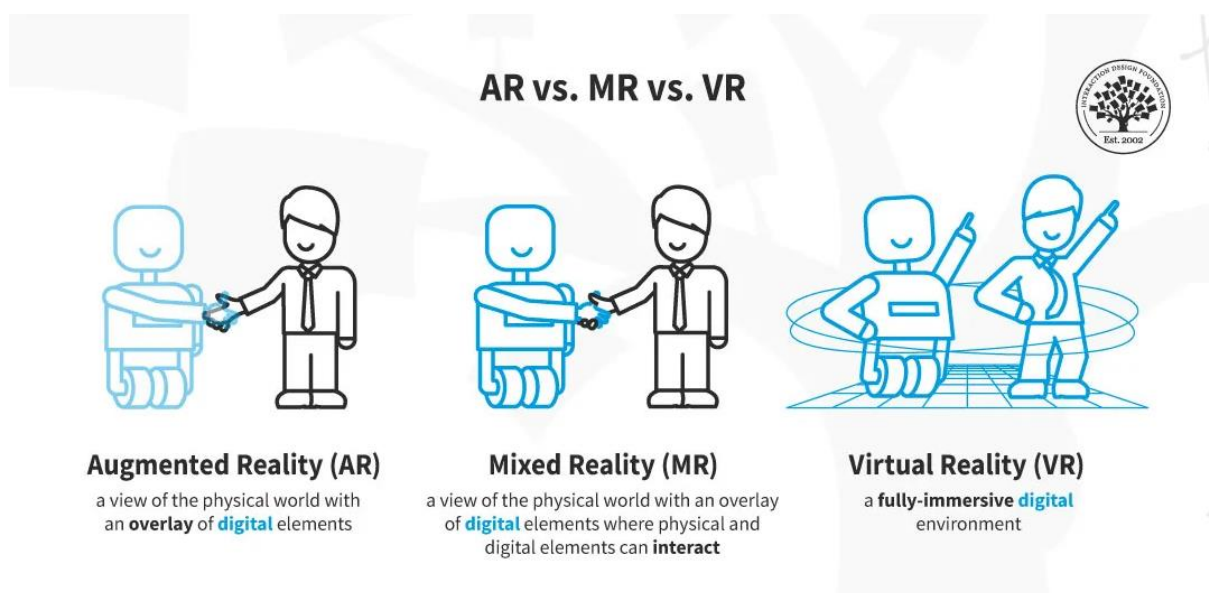
Dále se věnuje územnímu plánování, kde jsou vypsány případové studie z Osla, Vídně, a Curychu. Případová studie z Osla se zaměřovala na využití AR jako participativní nástroj pro mládež v oblasti městského plánování, zatímco případová studie z Vídně se zabývala implementací AR do stavební sféry. Případová studie z Curychu se zabývala hodnocením účinnosti technologie rozšířené reality (AR) při zvyšování účasti veřejnosti v procesech městského plánování.

K vypracování celé práce byl použit herní počítač HP Pavilion se systémem Windows a mobilní zařízení iPhone 15 se systémem iOS.

2. Vysvětlení pojmů technologií

2.1. VR, MR a AR

Virtuální realita (VR), rozšířená realita (AR) a smíšená realita (MR) jsou termíny, které se často používají k popisu různých způsobů, jak lidé mohou vnímat a zahrnout se do digitálního světa. I když jsou tyto termíny někdy zaměňovány, jedná se o odlišné technologie s různými úrovněmi zapojení uživatele. Tyto technologie mají mnoho aplikací v různých odvětvích, včetně zábavy, vzdělávání, průmyslu, lékařství a dalších (PROVEN REALITY, 2022). Každá z nich přináší unikátní způsob, jak lidé komunikují s digitálním světem a jak jsou tyto technologie zahrnuty do svého okolí. Každá z těchto technologií má své vlastní výhody a výzvy, a vývoj v oblasti rozšířené reality pokračuje, což přináší nové možnosti a vylepšení do všech tří oblastí.



Obrázek č. 1 – vysvětlení rozdílů mezi AR, VR a MR (IDT, 2023)

2.2. Virtual Reality (VR)

Patří mezi nejvýraznější technologické inovace a také je z těchto tří nejznámější. Tato technologie vás doslova vtáhne do jiného světa, když vaše smysly vnímají prostředí, které není reálné. Díky headsetu (HMD) nebo soupravě na hlavu se ocitnete v počítačem vytvořeném prostředí plném vizuálních a zvukových podnětů. V tomto virtuálním světě můžete manipulovat s objekty a pohybovat se pomocí ovladačů s haptickou odezvou, a to vše, zatímco jste připojeni k počítači nebo herní konzoli (INTEL, 2023).

Podle svého účelu a použité technologie mohou systémy virtuální reality značně variabilně odlišovat, přesto se obvykle řadí do jedné ze tří základních kategorií:

2.2.1. Nepohlující

Tato kategorie VR obvykle odkazuje na 3D simulované prostředí, ke kterému lze přistupovat prostřednictvím počítačové obrazovky. V závislosti na programu může toto prostředí také generovat zvuk. Uživatel má nad virtuálním prostředím kontrolu pomocí klávesnice, myši nebo jiného zařízení, ale toto prostředí přímo nereaguje na uživatele. Příkladem nepohlující VR může být videohra nebo webová stránka umožňující uživateli navrhovat výzdobu místnosti.

2.2.2. Polopohlující

Tento druh VR poskytuje částečný virtuální zážitek, který lze zažít prostřednictvím počítačové obrazovky nebo nějakých brýlí či náhlavní soupravy. Zaměřuje se především na vizuální 3D aspekt virtuální reality a nezahrnuje fyzický pohyb tak, jak to bývá u plného ponoření. Typickým příkladem polopohlující VR je letecký simulátor, který využívají letecké společnosti a armády k školení svých pilotů.

Tato VR přináší nejvyšší úroveň virtuální reality a kompletně vtahuje uživatele do simulovaného 3D světa. Zahrnuje vizuální, auditivní a v některých případech i hmatové vnímání. Bylo dokonce experimentováno s implementací čichu. Uživatelé nosí speciální zařízení, jako jsou helmy, brýle nebo rukavice, a mají plnou interakci s virtuálním prostředím. Vybavení může zahrnovat i běžecké pásy nebo stacionární kola, která poskytují uživatelům pocit pohybu v 3D prostoru. Technologie plně pohlující virtuální reality je stále ve vývoji, ale výrazně se prosadila v herním průmyslu a částečně i ve zdravotnictví, přičemž vzbuzuje velký zájem i v dalších odvětvích (SHELDON, 2022).

2.3. Smíšená realita (MR)

Propojuje skutečný a digitální svět. Virtuální realita a Rozšířená realita se sblíží ve smíšené realitě. Je z těchto tří technologií nejnovější a stále je hodně věcí, které jsou třeba dokončit. Výzkumníci Paul Milgram a Fumio Kishino vytvořili termín „smíšená realita“ v roce 1994, aby popsali kontinuum mezi zcela reálným a zcela virtuálním prostředím (SKARBEZ a spol., 2021). V MR můžete aktivně komunikovat s fyzickými i virtuálními objekty a prostředími, přičemž můžete manipulovat s nimi pomocí pokročilých technologií snímání a zobrazování. Tato forma reality vám umožňuje vnímat okolní svět a současně interagovat s virtuálním prostředím pomocí vlastních rukou, a to bez nutnosti nosit headset či jiný vizuální přístroj. MR otevírá možnost být zčásti ve skutečném světě a zčásti v nereálném prostředí, což rozbíjí tradiční hranice mezi reálným a imaginárním světem. Tato technologie nabízí zážitky, které mají potenciál změnit způsob, jakým se hráči a pracovníci angažují ve svých činnostech.

V současné době se smíšená realita využívá v různých oblastech. Aplikace této technologie se rozšířily od výuky pracovníků, kteří se učí, jak montovat dveře do letadel, až po simulace pro studenty medicíny v operačních sálech. Smíšená realita nachází uplatnění i v neobvyklých scénářích, například při přeměně obývacích pokojů na prostředí únikových her. Tímto způsobem se smíšená realita stává univerzálním nástrojem s mnoha využitími, přinášející inovativní přístup k výuce, profesní přípravě a zábavě. Významné technologické společnosti, včetně Meta a Microsoft, mají již vliv na herní průmysl pomocí svých produktů, mezi které patří Meta Quest a Microsoft HoloLens. Tyto inovativní technologie mění způsob, jakým lidé hrají a zapojují se do herního prostředí, a přinášejí do průmyslu nové možnosti díky pokročilým funkcím a zážitkům ze smíšené reality (BIBA, 2023).

2.4. Rozšířená realita (AR)

Představuje vylepšenou a interaktivní podobu reálného prostředí, kde digitální vizuální prvky, zvuky a další smyslové vjemy jsou snímány pomocí holografické technologie. Rozšířená realita má tři vlastnosti: kombinace digitálního a reálného světa, interakce prováděné v reálném čase a přesnou 3D identifikaci virtuálních a skutečných objektů. Rozšířená realita se v oblasti sběru a analýzy dat zaměřuje na zdůraznění konkrétních vlastností fyzického světa, s cílem prohloubit porozumění těmto aspektům a získat inteligentní a dostupné poznatky, které lze prakticky využít.

Historie rozšířené reality sahá až několik desetiletí zpátky. První zmínky o původu této technologie se datují do roku 1950, kdy americký filmař Morton Heilig vytvořil přístroj s názvem Sensorama, který působil na všech pět smyslů a vtáhl diváky do vícesmyslového prostředí. Nebyla to AR taková, jakou ji známe dnes, ale byl to velký krok dopředu ve světě virtuální a rozšířené reality. K moderní AR se přiblížil v roce 1968 americký počítačový vědec Ivan Sutherland z Harvardu a jeho tehdejší žák Bob Sproull. Předvedli systém, který je považován za první HMD systém s trojrozměrným sledováním nazývaný „*Sword of Damocles*“. Sestava se skládala ze systému pro stereoskopické zobrazení, který prezentoval výstupy z počítačového programu. Tento program se dynamicky aktualizoval v souladu s pohyby uživatele (ISMAL a spol, 2023). Do té doby tato technologie neměla žádný název. Termín rozšířená technologie byl vytvořen až v roce 1990 výzkumníkem letecké společnosti Boeing Thomase P. Caudellem. Caudell tento termín vytvořil při vývoji letadla Boeing 747, když zvažoval koncept obrazovky, která by mohla vést pracovníky během montáže letadla. V té době se tato technologie využívala a testovala pouze pro armádní a vědecké účely např. NASA využívala AR pro vývoj a vylepšení testů vizuální navigace pro lepší efektivitu orientace v prostředí. Veřejnosti se tato technologie dostavila až na začátku milénia při nástupu hardwarově silnějších přístrojů nebo např. při vzniku chytrých telefonů, kdy v roce 2008 vznikla první mobilní aplikace s názvem Wikitude. Tato inovativní aplikace představovala počátek začlenění rozšířené reality do běžných spotřebitelských technologií, otevírající cestu k nekonečným možnostem interaktivních a vylepšených uživatelských zážitků. Za největším úspěchem AR stojí herní aplikace Pokemon GO z roku 2016. Hra využívá AR k překrytí virtuálních bytostí reálným světem, který je viditelný přes obrazovku chytrého telefonu hráče. Pokemon GO se stala ihned globálním hitem, což znamenalo seznámení lidí s konceptem AR a dostání se do obecného podvědomí všech lidí na světě (ADAMSKA, 2023).

Existují dva hlavní typy rozšířené reality: **se značkami** a **bez značek**. Volba mezi těmito typy ovlivní způsob, jakým můžete prezentovat obrázky a informace v rámci rozšířené reality.

2.4.1 Se značkami

Rozšířená realita založená na značkách využívá technologii rozpoznávání obrazu k identifikaci předem naprogramovaných objektů v zařízení či aplikaci rozšířené reality. Objekty jsou umístěny do pohledu kamery jako referenční body, což pomáhá zařízení AR určit polohu a orientaci kamery. Tento proces zahrnuje přepnutí kamery do režimu šedých odstínů a detekci značky, která se porovnává s dalšími značkami v databázi. Jakmile zařízení identifikuje shodu,

využívá tato data k matematickému výpočtu polohy a umístění obrazu AR na správné místo (DIGITAL PROMISE, 2024).

2.4.2. Bez značek

Rozšířená realita bez značek je komplexnější, neboť neexistuje pevný bod, na který by se zařízení zaměřilo. V tomto případě musí zařízení schopné rozšířené reality identifikovat předměty tak, jak se objevují v aktuálním pohledu. Pomocí rozpoznávacího algoritmu prozkoumává barvy, vzory a podobné prvky, aby determinovalo charakter objektu. Následně využívá informace o čase, akcelerometru, GPS a kompasu k orientaci, a prostřednictvím kamery překrývá obraz digitálních prvků na reálné objekty ve skutečném okolí. Rozšířenou realitu bez značek můžeme rozdělit na (DIGITAL PROMISE, 2024):

2.4.2.1 Rozšířená realita založená na projekci

AR založená na projekci pracuje tím, že promítá pohlcující světlo na plochý povrch, čímž vytváří dojem 3D obrazu. Pro detekci interakcí mezi člověkem a rozšířeným prostředím využívá technologii SLAM (Simultaneous Localization and Mapping). Tento typ AR, založený na projekci, může být využit například k vytváření hologramů, které slouží pro obchodní účely nebo prostě k zábavě.

2.4.2.2 Rozšířená realita založená na poloze

Rozšířená realita založená na poloze pevně propojuje obsah s konkrétním fyzickým prostorem. Tato technologie mapuje reálné prostředí a definuje vizuální pozice v daném okolí. Jakmile zařízení identifikuje shodu s předem zmapovanou polohou, následně ji překrývá odpovídajícím digitálním obrazem. Hra Pokémon GO je příkladem rozšířené reality založené na poloze, kde je obsah digitálního světa integrován do skutečného prostředí na základě polohy hráče v reálném světě.

2.4.2.3. Překryvná rozšířená realita

Překryvná rozšířená realita transformuje standardní pohled na objekt pomocí virtuálního obrazu, který poskytuje více vizuálních perspektiv téhož předmětu. Jedním vynikajícím příkladem této technologie je Nextech Configurator. Tento nástroj pro konfiguraci produktů umožňuje uživatelům měnit barvu 3D modelu produktu a jeho uspořádání. Tím získávají zákazníci možnost přizpůsobit si vizuální vzhled produktu a následně ho virtuálně umístit do svého prostoru, což jim poskytuje představu, jak se bude produkt hodit do jejich reálného prostředí.

2.4.2.3. Rozšířená realita založená na obrysech

Rozšířená realita založená na obrysech, též nazývaná obrysová AR, využívá technologii SLAM k vytvoření obrysů objektů a simulaci realistické interakce s lidskou postavou. Tato technologie může být aplikována například při vývoji bezpečnostních aplikací pro noční jízdu, na nedostatečně osvětlených silnicích, během hustého provozu a v dalších situacích s omezenou viditelností (DIGITAL PROMISE, 2024)

Využití rozšířené reality v dnešní době zasahuje snad už do všech odvětví ať už ve vzdělávacím nebo v herním průmyslu. Největší využití a vliv má však ve zdravotnictví, kde zasahuje do všech sektorů. Až do nedávné doby se lékařské vzdělávání opíralo převážně na tradičních metodách, včetně přednášek a memorování informací. Po získání základů z učebnic byli studenti v terénu pod dohledem zkušených lékařů, kteří je postupně seznamovali s praktickými dovednostmi a prováděním lékařských zákroků. Tyto osvědčené metody výuky se ukázaly jako účinné. AR však přináší nový rozměr, který nenahrazuje, ale doplňuje tento tradiční vzdělávací režim. Poskytuje nové nástroje, perspektivy a rozšiřuje přístup k vzácným vzdělávacím příležitostem. Během chirurgických zákroků AR poskytuje lékařům přístup k navigační asistenci a možnost komunikovat s odborníky v reálném čase. Tato interaktivní spolupráce zlepšuje efektivitu a umožňuje využití specializovaných znalostí odborníků na dálku. Díky AR mohou zdravotníci získat lepší školení a vzdělání, což pomáhá snižovat rizika lékařských chyb a náklady na péči. Rozšířená realita také otevírá dveře k inovativním a pohlcujícím výukovým zážitkům pro lékařský personál. Tímto způsobem mohou lékaři a zdravotní sestry získat praktické dovednosti a zlepšit své odborné znalosti prostřednictvím interaktivních simulací. To přispívá k celkově vyšší přesnosti a efektivitě léčby. Pro pacienty znamená využití AR ve zdravotnictví možnost personalizovanějšího a srozumitelnějšího přístupu k jejich léčbě. AR prezentuje informace o zdravotním stavu pacientů vizuálně a interaktivně, umožňujíc jim lépe porozumět diagnóze a léčebným plánům. Pacienti mohou prozkoumat svůj zdravotní stav z různých úhlů pohledu a využívat interaktivní vzdělávací materiály, což podporuje jejich aktivní zapojení do péče o vlastní zdraví (ARBORXR, 2023).

V poslední době se AR dostává i do podvědomí geografie. Lze ji využít ve výuce zeměpisu ke zlepšení výuky a zapojení žáků. Umožňuje žákům vidět různá místa, prvky a jevy a komunikovat s nimi, aniž by museli opustit učebnu. GeoGeek AR je příkladem aplikace, která umožňuje uživatelům umístit Zemi jako interaktivní 3D model a vydat se na virtuální vzdělávací cestu (GEOGEEK AR, 2024). AR lze také využít k rozšíření výuky prostřednictvím interaktivních učebnic, vzdělávacích aplikací a virtuálních exkurzí. Studie (VOLIOTI, 2022) ukázala, že aplikace rozšířené reality mohou být efektivní při výuce zeměpisu na základních školách. S rozšířenou realitou jsou však spojeny i problémy, jako je vytváření nerealistických očekávání, předsudků nebo stereotypů. Je důležité vybrat relevantní, spolehlivé a uživatelsky přívětivé aplikace nebo zařízení AR a integrovat s dalšími výukovými zdroji a metodami (VOLIOTI, 2022)

3. Technologie a přístupy AR

Technologie zpracování obrazu a počítačového vidění dnes pokročily do stádia, které nám umožňuje získávat 3D informace o světě přímo ze snímků. Díky úspěchu těchto technologií se objevuje stále více aplikací rozšířené reality založených na vidění. Rozšířená realita označuje kombinaci virtuálních objektů a reálného prostředí, takže uživatelé mohou zažít realistickou iluzi při používání interaktivního virtuálního objektu k prozkoumání reálného prostředí (KAN, 2011). V současné době je k dispozici několik technologií a přístupů implementace rozšířené reality. Tyto technologie, jak už jsem předtím zmiňoval, se rozdělují na dvě základní skupiny: systémy založené na značkách a systémy bez značek. Systémy založené na značkách se identifikují pomocí použití specifického markeru pro 3D sledování a určování polohy (KAN, 2011). Tento marker se používá k identifikaci příslušného virtuálního objektu, který má být umístěn v reálném prostředí. Pokud je marker použit jako sledovací cíl, musí být v systému předem zaregistrován, stejně jako virtuální objekty, ke kterým se váže. Protože však registrované informace jsou pro různé systémy rozšířené reality nezávislé, nelze značky použité v jednom systému použít v jiném systému, pokud se nepoužije další registrační postup. Z tohoto důvodu by bylo možné použít neefektivní způsob technologie RFID. Ginters a spol. (GINTERS, 2013) představili nízkonákladové řešení vizualizace AR-RFID pro logistiku.

Řešení AR-RFID se využívá k vizualizaci položek ve skladu, které mají být přesunuty na montážní rampu, což poskytuje dodatečné možnosti kontroly. Tato technologie umožňuje snížit riziko chyb a minimalizovat možné ztráty. Čtečka RFID přečte kód součásti, a 3D model položky se následně vizualizuje na obrazovce. Oproti tradičním systémům, AR-RFID odstraňuje potřebu stabilní a rozpoznatelné fiduciální (základní) značky (GINTERS, 2013), používá se jediná značka pouze ke sledování, ne k rozpoznání 3D modelu. To přináší výhodu jediného stabilního markeru. Identifikace 3D modelu probíhá pomocí RFID kódu, což umožňuje přesnou identifikaci a zobrazení modelu na obrazovce tabletu či počítače. Podobným způsobem se QR kódy nahrazují tradičními fiduciálními značkami v systémech AR (KAN, 2011) QR kódy jsou snadno generovatelné a mohou být sledovány bez ohledu na jejich obsah. Tato technologie umožňuje využívání AR i ve veřejném prostoru a eliminuje potřebu speciálních markerů. V kontextu novějších technologických trendů je také zajímavé, že společnost Seac02 (CIRULIS, 2013) nabízí ve své platformě LinceoVR možnost použití vlastních fotografických markerů, čímž se eliminují omezení spojená s tradičními fiduciálními značkami. Tato inovativní funkcionality umožňuje neomezené možnosti zarovnání objektů a řeší problémy spojené se skrýváním fiduciálních značek, které mohou ovlivnit úroveň imerze, pokud jsou viditelné.

Druhá skupina technologií rozšířené reality se zaměřuje na řešení bez použití značek, což znamená, že se spoléhá na přirozené body v prostředí uživatele. Tato řešení často využívají pózu bez značek a pracují s přirozenými body, které jsou viditelné v uživatelském prostředí. Čtyři klíčové požadavky pro přesné určení polohy (HERLING, 2011) z přirozených bodů jsou následující: rychlý výpočetní čas, robustnost vzhledem k měnícím se světelným podmínkám a rozmazání obrazu, odolnost vůči pozorování z různých úhlů pohledu a invariance měřítka nebo měnící se pozorovací vzdálenosti. Existuje několik navržených detektorů prvků, které poskytují různé vlastnosti týkající se robustnosti a rychlosti detekce. Tyto detektory se klasifikují do dvou tříd (HERLING, 2011): rohové detektory, které identifikují rohové prvky, a detektory skvrn,

kteře neidentifikují jednotlivé rohové pozice, ale spíše oblasti obrazu pokrývající struktury podobné kapkám o určité velikosti. Je však důležité poznamenat, že tato bez-značková řešení nejsou vhodná pro vytváření plánů nových budov v prázdném prostoru nebo v městském prostředí. Jsou spíše optimalizována pro stávající budovy a objekty, kde lze v reálném čase přidávat další data. V další části bude podrobněji zkoumáno bez-značkové sledování senzorů jako nejvhodnější řešení pro venkovní prostředí a augmentaci (nikoliv pro samostatné objekty) (CIRULIS, 2013).

Rozšířená realita (AR) funguje na několika základních principech (SHELDON, 2022), které definují její funkčnost a uživatelský zážitek. Jeden z nich je prostorový a kontextový zážitek. Zkušenosti s rozšířenou realitou se překrývají s reálným prostředím a vytvářejí vysoce prostorovou a kontextuální interakci, která přidává novou vrstvu designu do okolí uživatele. Další je integrace s reálným prostředím. Na rozdíl od virtuální reality (VR), která vytváří zcela umělé prostředí, AR integruje digitální informace s reálným prostředím uživatele v reálném čase. Tato integrace umožňuje uživatelům zažít směs digitálních a trojrozměrných prvků v jejich okolí. Nejznámější princip je interaktivita a pohlcení. AR funguje tak, že překrývá digitální objekty, informace nebo smyslové prvky s fyzickým světem a poskytuje uživatelům interaktivní a pohlcující zážitek, v němž virtuální a fyzické objekty vzájemně harmonicky koexistují. AR využívá technologii počítačového vidění a senzorů k analýze video přenosu ze zařízení vybaveného kamerou a rozpoznává objekty v reálném světě. Toto rozpoznávání umožňuje softwaru překrýt virtuální obsah s fyzickým prostředím, a tím zlepšit zážitek uživatele. Dle UX (CURIUSCORE, 2024) jsou pro efektivnost aplikací AR nezbytné dobré zásady uživatelského prostředí. Navrhování zážitků s rozšířenou realitou, které jsou intuitivní, poutavé a hladce integrované do prostředí uživatele, zvyšuje celkovou použitelnost a požitek z technologie rozšířené reality.

3.1. Programovací jazyky a AR

3.1.1. C#

C# (HEJLSBERG, 2010) je objektově orientovaný programovací jazyk vysoké úrovně, který byl vyvinut společností Microsoft v roce 2000. Tento jazyk se běžně používá pro vývoj desktopových aplikací, videoher a mobilních aplikací. Jazyk C# je také oblíbenou volbou pro vývoj rozšířené reality a virtuální reality díky snadnému použití, výkonu a široké komunitní podpoře. Jednou z hlavních výhod C# je jeho integrace s populárním herním enginem Unity, který se používá pro vývoj AR a VR. Unity je ideální platformou pro vytváření zážitků AR a VR, protože poskytuje uživatelsky přívětivé prostředí, obrovskou komunitu vývojářů a širokou škálu nástrojů a zásuvných modulů. Unity je dnes považováno za přední platformu pro vývoj AR aplikací, přičemž většina jeho komponent je napsána právě v jazyce C#. Díky této integraci je C# oblíbeným jazykem mezi vývojáři, kteří se zajímají o AR technologie. Jazyk C# v rámci Unity nabízí rozsáhlé možnosti a umožňuje vytvářet aplikace (AR SDK, 2023) pro širokou škálu platforem, včetně Androidu, iOS a PC.

3.1.2. C++

Díky svým výkonným schopnostem je jazyk C++ dlouhodobě preferovanou volbou pro náročné aplikace rozšířené reality, které vyžadují reálný časový rendering a složité výpočty. Jeho blízký vztah k hardwaru umožňuje vývojářům optimalizovat kód pro dosažení maximálního výkonu a efektivity. C++ je kompatibilní s širokým spektrem platforem, včetně mobilních zařízení a počítačů, což zvyšuje jeho atraktivitu a umožňuje vývojářům oslovit širší publikum. Tato univerzálnost umožňuje vývojářům vytvářet AR aplikace, které mohou být spuštěny na různých zařízeních, což zlepšuje dostupnost a použitelnost jejich produktů (THEMEWAVES, 2023)

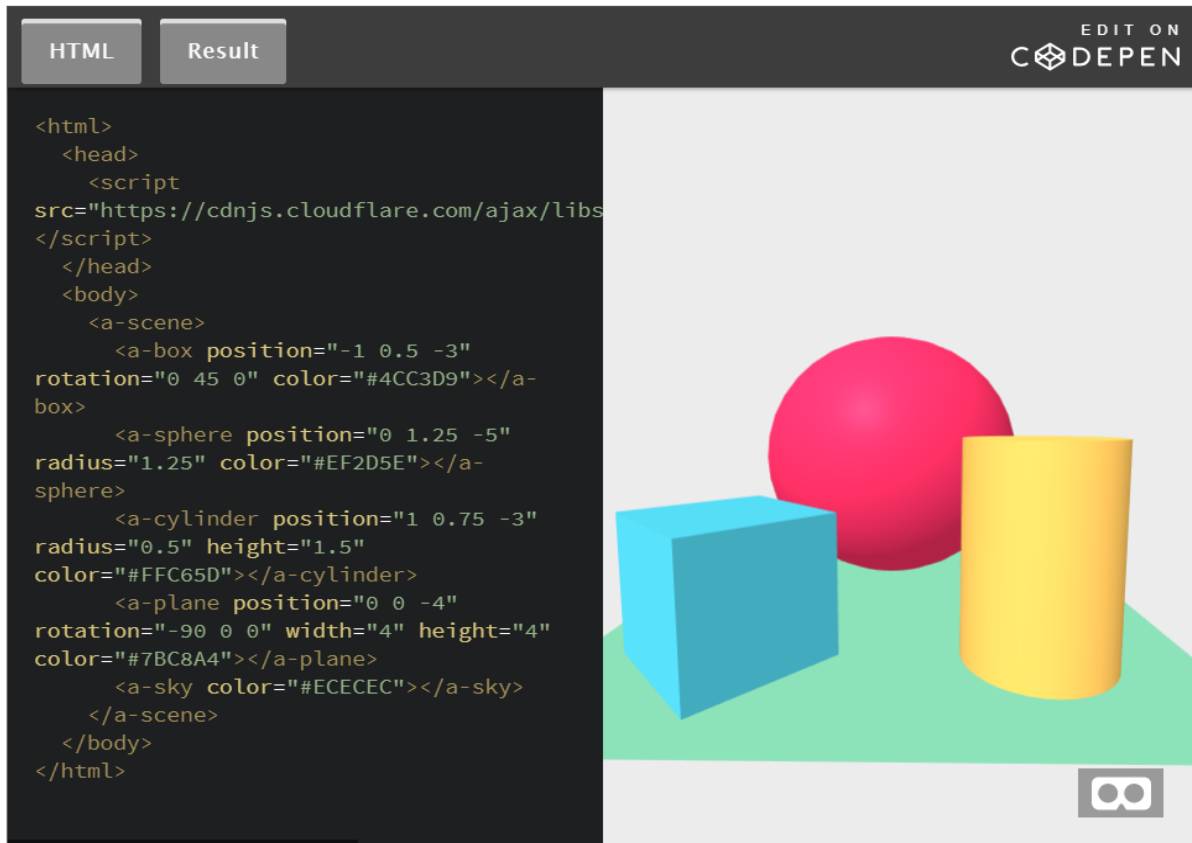
Jazyk C++ dominuje prostředí Unreal Engine, který je hlavním konkurentem Unity. Unreal Engine je často preferován pro rozsáhlejší aplikace rozšířené reality, které vývojáři považují za náročnější než ty, které zvládá Unity. V Unreal Engine jsou klíčové části AR aplikací často implementovány pomocí jazyka C++, což umožňuje vysokou rozšiřitelnost a flexibilitu. Unreal Engine poskytuje své vlastní vývojové jazyky, které jsou snadno pochopitelné a umožňují vývojářům vytvářet AR aplikace s využitím syntaxe C++. To umožňuje efektivní využití vlastností a funkcí enginu a vytváření robustních a komplexních AR prostředí.

3.1.3. JavaScript

JavaScript, známý zejména pro tvorbu webových aplikací, se stal v oblasti rozšířené reality významným hráčem. Jeho relevanci pro vývoj rozšířené reality vyplývá z jeho širokého použití webových stránek jako základ pro interaktivní webové aplikace pro AR. Díky schopnosti využívat webové prohlížeče pro dodávání obsahu AR otevírá JavaScript řadu možností, umožňující vývojářům vytvářet zážitky přístupné pomocí jednoduché URL, aniž by bylo nutné provádět další instalace. JavaScript hraje klíčovou úlohu (HAILEMICHAEL, 2013) při vývoji rozšířené reality díky schopnosti interagovat s dynamickými daty, což umožňuje vytvářet pohlcující AR zážitky a zdokonalovat uživatelská rozhraní. Díky využití JavaScript knihoven

(HAILEMICHAEL, 2013), jako je ARchitect API, a frameworků, například JQuery Mobile, mají vývojáři možnost snadno integrovat AR funkce do svých webových aplikací.

Celkově lze říci, že JavaScript je mocným nástrojem pro vývoj AR aplikací, který poskytuje flexibilitu, interaktivitu a kompatibilitu s různými zařízeními a platformami. Jeho spojení s technologiemi rozšířené reality otevírá nové možnosti pro tvorbu poutavých a interaktivních zážitků pro uživatele.



Obrázek č. 2 – ukázka programování JavaScript a AR (ADAFRUIT, 2016)

3.1.4 Python

Python (YUILL, 2006) je významný programovací jazyk, který se vyznačuje svou jednoduchostí a srozumitelností. Byl vytvořen Guidem van Rossumem a poprvé uveden na trh v roce 1991. Díky své univerzálnosti a interpretované povaze nachází široké uplatnění v různých oblastech, včetně vývoje webových aplikací, datové analýzy, umělé inteligence a vědeckých výpočtů. Python podporuje různé programovací paradigma, což umožňuje programátorům používat různé přístupy k řešení problémů, včetně procedurálního, objektově orientovaného a funkcionálního programování. Jedním z klíčových rysů Pythonu je jeho důraz na čitelnost kódu. Syntaxe jazyka je navržena tak, aby umožňovala programátorům vyjádřit své myšlenky s minimálním množstvím kódu, což vede k větší efektivitě a snížení možnosti chyb. Python hraje klíčovou roli v procesu vývoje rozšířené reality (AR), protože díky své stručné syntaxi a rozsáhlým knihovnám umožňuje vývojářům rychle vytvářet a testovat koncepty AR. Jeho snadné učení a použití činí Python atraktivní volbou pro vývojáře, kteří se poprvé

seznamují s AR technologiemi, a poskytuje nenáročný vstup do světa programování. Začátek formuláře

3.2. Hardware pro využití rozšířené reality

Mezi zařízeními běžně využívanými pro aplikace rozšířené reality patří široká škála hardwaru, včetně chytrých telefonů, tabletů, náhlavních souprav, chytrých brýlí a datových brýlí. Chytré telefony a tablety, jako jsou Apple iPhone, iPad a zařízení se systémem Android od společnosti Samsung, jsou populární pro svou širokou dostupnost a výpočetní sílu. Některá zařízení, například Lenovo Phab 2 Pro a Asus ZenFone AR, integrují specifické technologie jako Google Tango pro rozšířenou realitu. Náhlavní soupravy AR, včetně Microsoft HoloLens, Meta2 a Magic Leap, a chytré brýle AR, jako jsou ODG R7, R8 a R9 Series, DAQRI Smart Glasses a Atheer AiR Glasses, nabízejí pokročilejší zážitky s AR. Tyto zařízení disponují funkcemi jako rozpoznávání gest, hlasové ovládání a pokročilým sledováním prostředí, což umožňuje uživatelům interagovat s AR prostředím v komplexnějším rozsahu. Datové brýle jako Google Glass Enterprise, Monitorless od Samsungu, Vuzix M300 a Spectacles od společnosti Snap nabízejí specifické funkce pro aplikace AR. Tyto brýle jsou často zaměřeny na profesionální a podnikové nasazení a přinášejí různé možnosti pro práci s AR v různých odvětvích (AUGMENTED MINDS, 2024)

Mezi klíčové součásti hardwaru pro rozšířenou realitu patří procesory, senzory a displeje. Procesory slouží jako mozek zařízení, určují jeho rychlost a schopnost zvládat požadavky aplikací rozšířené reality. Senzory, jako jsou snímače hloubky, gyroskopy, akcelerometry, snímače přiblížení a světelné snímače, umožňují zařízení vnímat prostředí měřením hloubky, zjišťováním úhlů, polohy, pohybu a intenzity světla. Displeje jsou vizuální složkou hardwaru pro rozšířenou realitu, což mohou být obrazovky chytrých telefonů nebo už předem zmíněné specializované náhlavní soupravy pro rozšířenou realitu, které plynule prezentují rozšířený digitální obsah ve fyzickém světě. Tyto součásti spolupracují při vytváření pohlcujících zážitků AR zpracováním dat z prostředí a překrýváním digitálních informací do reálného prostředí.



Obrázek č. 3 – brýle HoloLens od společnosti Microsoft (ANANDTECH, 2016)

3.3. Softwary pro využití rozšířené reality

3.3.1 Wikitude

Wikitude, sídlící v rakouském Salcburku, je lídrem v oblasti mobilních technologií pro rozšířenou realitu. Od svého založení v roce 2008 se firma zaměřuje na poskytování zážitků v rozšířené realitě založených na polohových datech. Technologie rozšířené reality od společnosti Wikitude (WIKITUDE, 2024) transformuje digitální informace do reálného světa a vytváří tak nový, interaktivní zážitek pro aplikace pro iOS, Android a chytré brýle. Tento efekt je dosažen kombinací tří prvků, a to je sledování obrazů a objektů, okamžitého sledování (SLAM) a AR založené na zeměpisné poloze.

Sledování obrazu a objektu: Tato technologie umožňuje aplikaci AR rozpoznat a sledovat konkrétní obrázky nebo objekty v reálném světě. Pomocí vizuálních značek nebo vlastních algoritmů rozpoznávání obrazu může aplikace přesně umístit digitální obsah na rozpoznané objekty.

Okamžité sledování (SLAM): Simultánní lokalizace a mapování (SLAM) je technika, která umožňuje aplikaci AR sledovat polohu a orientaci uživatele v reálném čase. To umožňuje přirozenější a pohlcující interakci s digitálním obsahem, protože aplikace se může přizpůsobit pohybu uživatele.

Geo AR: Geo AR je funkce, která využívá GPS a kompas zařízení k poskytování zážitků AR na základě polohy uživatele. To lze využít při venkovních aktivitách, jako je hledání pokladů nebo historické prohlídky, kdy je digitální obsah umístěn na konkrétních místech v reálném světě.

Tato technologie umožňuje vývojářům, agenturám a podnikům vytvářet fascinující zážitky s rozšířenou realitou, které přinášejí hmatatelnou návratnost investic. Kromě toho Wikitude spolupracuje na inovativních projektech (YORDSTUDIO, 2024), jako je například "AR Tisk", který kombinuje technologii AR s tištěnými hracími kartami, aby vytvořil interaktivní zážitky pro děti. Na serveru GitHub je Wikitude GmbH uznávána jako vedoucí poskytovatel mobilní technologie rozšířené reality pro širokou škálu zařízení, včetně chytrých telefonů, tabletů a digitálních brýlí.

3.3.2 ARKit a ARcore

ARKit, vyvinutý společností Apple, je framework umožňující vývojářům snadno vytvářet sofistikované a realistické aplikace rozšířené reality (AR) pro iOS. S ARKit mohou vývojáři umísťovat 3D objekty do reálného světa pomocí funkce AR Quick Look, která je podporována i modely a scénami vytvořenými v aplikaci Reality Composer. ARKit 6 (APPLE, 2024) je nová verze frameworku vyvinutého společností Apple, který přináší několik vylepšení. Jedním z hlavních nových prvků je možnost zachytit 4K videa, což je ideální pro profesionální video editování a filmovou produkci. ARKit 6 umožňuje vývojářům snadno vytvářet sofistikované a realistické aplikace AR pro iOS, což otevírá nové možnosti pro práci v reálném světě.

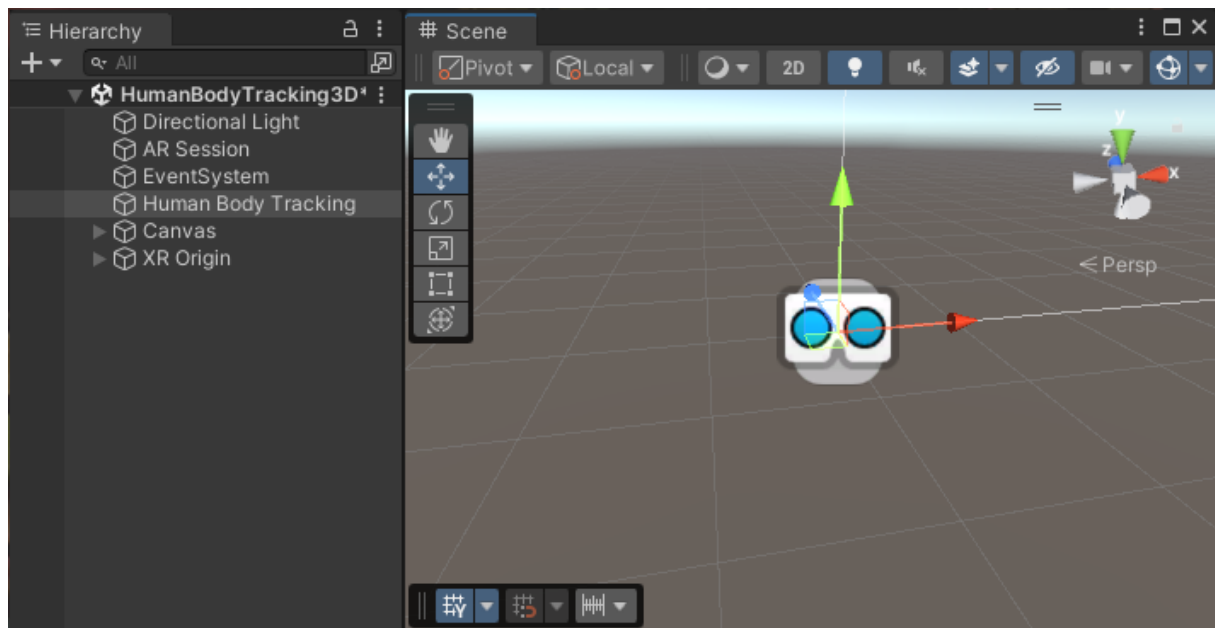
ARCore (GOOGLE, 2024) je multiplatformní sada pro vývoj softwaru pro rozšířenou realitu (AR) vytvořená společností Google, která poskytuje sadu rozhraní API pro vytváření pohlcujících zážitků v systémech Android, iOS, Unity a na webu. Umožňuje vývojářům vytvářet aplikace rozšířené reality, které lze používat na různých zařízeních, včetně chytrých telefonů a tabletů. ARCore nabízí řadu funkcí a možností, které mohou být přínosné pro vytváření a správu urbanistických projektů s prvky rozšířené reality. Využívá například sledování v reálném čase, kdy ARCore umožňuje sledování v reálném čase, což vývojáři používají k vytváření aplikací k interakci s reálným světem. Rozpoznávání 3D objektů je další funkce, kterou ARCore podporuje. Podle toho dokáží vývojáři dokáží identifikovat a umísťovat 3D objekty do reality. Největší výhodou ARCore je podpora napříč hodně platformami včetně Androidu, iOS, Unity a webu, což vývojářům usnadňuje přístup k vytváření aplikací na různých platformách.

Největší rozdíl mezi ARCore a ARKit je přístup k platformám a zařízením. Zatímco ARKit využívá pouze aplikace a zařízení od společnosti Apple, ARCore je navržen tak, aby fungoval na široké škále zařízení se systémem Android a Windows, takže je pro vývojáře univerzální volbou.

3.3.3 Unity

Unity je všestranný software, který se používá k vytváření 3D her, aplikací a zážitků v reálném čase v různých odvětvích, jako je zábava, film, automobilový průmysl a architektura. Jedná se o multiplatformní herní engine vyvinutý společností Unity Technologies v roce 2005. Engine Unity podporuje populární operační systémy, jako jsou Windows, MacOS a Linux.

Unity poskytuje robustní nástroje pro vytváření zážitků v rozšířené realitě (AR) prostřednictvím svého vlastního AR enginu a vývojové platformy nazvané AR Foundation (UNITYAR, 2024) Tato platforma umožňuje vývojářům efektivně navrhovat AR hry, aplikace a průmyslové aplikace. AR Foundation je multiplatformní, což znamená, že usnadňuje vývoj AR tým, že umožňuje vytvořit bohaté zážitky a nasadit je na různé mobilní a nositelné platformy. Díky poskytovaným výukovým programům a dokumentaci je tento framework přístupný i pro začátečníky, kteří se chtějí naučit vytvářet aplikace AR pomocí Unity. Na obrázku jde vidět, že Unity není vůbec náročný na pochopení pro začátečníky.



Obrázek č. 4 – Typická AR scéna v Unity editoru (UNITY, 2024)

Engine od Unity může být použit i s ARCore na vytvoření aplikací na Android, tak i s ARKit k vytvoření aplikací na iOS.

4. Územní plánování

Územní plánování je klíčový proces, během kterého veřejné orgány stanovují závazná pravidla pro využití a rozvoj daného území. Jeho cílem je efektivně a udržitelně řídit, jak bude území využíváno v budoucnosti. To zahrnuje rozhodnutí o tom, kde budou umístěny různé typy zástavby, jako jsou školy, parky, průmyslové zóny, a jakým způsobem budou navzájem propojeny infrastrukturní prvky, například silnice či obchvaty.

Územní plánování má za úkol brát v úvahu nejen ekonomické a sociální potřeby obyvatel, ale také ochranu životního prostředí, zachování krajinných hodnot a další důležité aspekty. Je základním nástrojem pro podporu udržitelného rozvoje území a zajištění kvality života pro současné i budoucí generace. Je prováděno ve spolupráci mezi státem, obcemi a kraji, kteří společně hledají optimální způsoby využití a ochrany území. Všechny prováděné činnosti a aktivity v daném prostoru obce, kraje či státu jsou ovlivňovány pravidly územního plánování a taktéž mají zpětný vliv na to, jakým způsobem bude územní plánování realizováno. Územní plánování (FANSTEIN, 2023) je komplexní postup, který se zaměřuje jak na rozvoj volných ploch (tzv. "greenfields"), tak na obnovu a revitalizaci existujících částí měst. Jeho hlavním cílem je stanovit jasná opatření a strategie pro efektivní řízení urbanizace. Tento proces zahrnuje definování cílů, sběr a analýzu relevantních dat, prognózy budoucího vývoje, tvorbu návrhů a strategického myšlení, a také zapojení veřejnosti prostřednictvím konzultací.

Technologie geografických informačních systémů (GIS) se stávají stále důležitější součástí urbanistického plánování. Pomáhají mapovat existující městské systémy a provádět analýzu dopadů navrhovaných změn. V průběhu 20. století začal koncept udržitelného rozvoje získávat na významu jako ideální výsledek, který spojuje a vyvažuje všechny cíle urbanistického plánování dohromady. K tomu abychom si to lépe spojili, nám pomůže náhled části města.



Obrázek č. 5 – Ukázka městského plánování (GRALBANIA, 2022)

4.1. Potenciál AR v územním plánování

Tradičně byly hlavním prostředkem vizualizace dat v územním plánování dvourozměrné mapy. Tato 2D zobrazení vyžadují více poznávacích schopností a jsou obtížněji pochopitelná ve srovnání s 3D prostorovými daty. Rozšířená realita je nastupující nová technologie schopná vizualizovat 3D prostorová data, a mohla by proto být potenciálním řešením. AR se začíná čím dál častěji používat v městském a územním plánování, aby byl proces navrhování a plánování poutavější, interaktivnější a dynamičtější. Umožňuje uživatelům vizualizovat budoucí vývoj, sdílet nápady a spolupracovat s urbanisty a městskými úředníky. Existují nástroje, které umožňují svým uživatelům navrhnout svoji vysněnou čtvrť, nový park nebo dokonce umělecké dílo, a to vše přímo před nimi pomocí AR (URBAN AR, 2023). Proces se tak stává zábavnějším a poutavějším, což povzbuzuje více lidí k účasti na městském navrhování a plánování. AR může přinést revoluci v plánování měst tím, že poskytne pohlcující, interaktivní a informativní zážitky, které překlenou propast mezi urbanisty, úředníky ve městech a městskými obyvateli. AR umožňuje urbanistům vytvářet interaktivní mapy územního plánování, které ožívají při prohlížení prostřednictvím kompatibilního zařízení, a občané mohou namířit svá zařízení na danou lokalitu a vidět, jak by navrhovaná výstavba vypadala v reálném světě. Může také vizualizovat nápady na zlepšení města, a to nejen ve virtuálních reprezentacích, ale také způsobem, který zahrnuje prostorovou zkušenost a kontextové informace (BRANT, 2023). Potenciál AR v územním plánování je značný, protože nabízí různé výhody a příležitosti pro zlepšení procesu plánování. AR prokázala svůj potenciál pro zapojení veřejnosti pomocí pohlcujících geovizualizací, což umožňuje vyšší zapojení uživatelů a jejich lepší porozumění plánovacím projektům. Mezi hlavní přednosti rozšířené reality v územním plánování patří větší zapojení, spolupráce a porozumění. AR může vytvářet prostorový vjem a ponoření, díky čemuž je užitečná v procesu navrhování a jako komunikační nástroj při společných sezeních. Technologie navíc nabízí motivační řešení a vytváří celkově vyšší míru přijetí a povědomí o plánu, díky čemuž jsou účastníci více zapojeni a zastoupeni v procesu plánování. Lze ji využít k zobrazení umístění podzemních inženýrských infrastruktur, zlepšení dostupných informací a pomoci při počátečním průzkumu nebo hodnocení plánovacího projektu. Kromě toho může rozšířená realita umožnit uživatelům, aby pomohli navrhnout své prostředí tím, že prostřednictvím mobilního telefonu položí virtuální objekty, což ukazuje její potenciál pro participativní snímání a koncepty chytrých měst. AR způsobuje revoluci v územním plánování tím, že poskytuje poutavější a kolaborativní platformu pro účast zúčastněných stran v procesu plánování, což vede k informovanějším rozhodnutím a lepším výsledkům (JANSEN a spol., 2023)



Obrázek č. 6 – Kreslení v reálném světě za pomoci aplikace UrbanAR (URBANAR, 2023)

Na obrázku jde vidět, jak efektivní AR ve vizualizaci a v představitivosti je. Díky tomu, že obyvatelé mají možnost poskytovat řešení problémů městského plánování s využitím vlastních poznatků a názorů, mohou obce a města na základě dat a poznatků z aplikace přesněji budovat nebo rekonstruovat vlastní oblast nebo místo, které chtějí vylepšit.

Technologie rozšířené reality hraje významnou roli při zvyšování účasti a komunikace v procesech územního plánování. Zvyšuje např. angažovanost, kdy technologie AR zvyšuje zapojení uživatelů tím, že poskytuje interaktivní a pohlcující zážitky. Toto zvýšené zapojení

podporuje aktivní účast na plánovacích činnostech a podporuje hlubší propojení mezi zúčastněnými stranami a plánovacím procesem. AR také usnadňuje lepší spolupráci mezi zúčastněnými stranami tím, že nabízí sdílenou platformu pro vizualizaci prostorových dat a návrhů. Tento kolaborativní aspekt AR zlepšuje komunikaci, sdílení nápadů a rozhodování, což vede k efektivnější spolupráci v projektech územního plánování. AR umožňuje i interaktivní komunikaci mezi uživateli a to tím, že uživatelům umožňuje vizualizovat prostorové informace a interagovat s nimi v reálném čase. Tato interaktivní komunikační platforma zlepšuje výměnu nápadů, zpětné vazby a názorů mezi účastníky, což vede k dynamičtější a poutavějším komunikačním procesům. Technologie AR podporuje i transparentnost a porozumění. Funguje to tak, že zpřístupňuje složitá prostorová data a činí je pro zúčastněné strany srozumitelnějšími. Vizualizací plánovacích informací interaktivním a intuitivním způsobem AR zvyšuje porozumění a informovanost účastníků a podporuje transparentní komunikaci v procesu plánování. Posiluje jejich postavení a rozhodování a to tak, že jim poskytuje nástroje pro interakci s prostorovými daty a návrhy, což umožňuje informované rozhodování. Toto posílení postavení zvyšuje roli zúčastněných stran v procesu plánování, čímž se aktivně podílejí na výsledcích rozhodování. AR podporuje i inkluzivní účast tím, že vytváří platformu, na níž mohou všechny zúčastněné strany pracovat s informacemi o plánování bez ohledu na své technické znalosti. Tato inkluzivita podporuje rozmanitější a reprezentativnější proces účasti a zajišťuje, že v projektech územního plánování jsou slyšet všechny hlasy. Přestože AR může mít určitá omezení v procesech účasti, jako je nestabilní sledování nebo hardwarová omezení, jsou tyto problémy zanedbatelné a mohou být vyřešeny v budoucím vývoji. Přínosy rozšířené reality při zlepšování všech aspektů, které tu byly zmíněny, převažují nad těmito omezeními (JANSEN, 2023).

Technologie rozšířené reality (AR) je výjimečně účinným nástrojem s obrovským potenciálem pro posílení participace a komunikace v procesech územního plánování. AR zvyšuje angažovanost, podporuje spolupráci a transparentnost a posiluje postavení a začlenění všech zúčastněných stran. Využitím AR mohou plánovači vytvořit prostředí, které je interaktivní, zajímavé a inkluzivní, což vede k efektivnější komunikaci a účasti ve všech fázích projektů územního plánování.

4.2. AR a GIS

Geografický informační systém (GIS) je systém určený ke shromažďování, ukládání, manipulaci, analýze, správě a prezentaci prostorových nebo geografických dat. Zjednodušeně řečeno, GIS je technologie, která umožňuje uživatelům vytvářet interaktivní mapy a analyzovat prostorové informace. Software GIS umožňuje uživatelům vizualizovat data ve formě map, grafů a zpráv, což jim pomáhá pochopit vzorce, vztahy a trendy v datech. GIS může integrovat různé typy dat, jako jsou satelitní snímky, topografie, demografické údaje o obyvatelstvu, využití půdy a infrastruktura, a vytvářet tak komplexní prostorová zobrazení. GIS se široce používá v různých oblastech, včetně městského plánování, správy životního prostředí, správy přírodních zdrojů, plánování dopravy, reakce na mimořádné události a veřejného zdraví. Pomáhá organizacím přijímat informovaná rozhodnutí tím, že poskytuje cenné poznatky o prostorových vztazích a vzorcích. GIS hraje klíčovou roli v procesech prostorové analýzy, rozhodování a plánování tím, že využívá geografická data k řešení složitých problémů a podporuje iniciativy udržitelného rozvoje (BAZARGANI, 2022).

Očekává se, že spojení rozšířené reality (AR) s geografickými informačními systémy (GIS) přinese nové inovativní možnosti pro venkovní aplikace, zahrnující mapování podzemních struktur, záchranné operace a městské plánování. Díky 3D GIS mohou uživatelé získat virtuální prostředí odpovídající jejich fyzickému umístění, což umožňuje lepší interakci s virtuálními objekty a informacemi v reálném světě, a tím, jak lidé interagují se svým prostředím.

Rozšířená realita přináší tři klíčové schopnosti: integruje reálné a virtuální objekty do reálného prostředí, umožňuje interaktivní práci v reálném čase a umožňuje přesné zarovnání reálných a virtuálních objektů. Spojení AR s GIS mění tradiční statický interaktivní model člověk-stroj na venkovní dynamický model, který propojuje tradiční virtuální svět GIS s reálným světem, vytvářející tak nový imaginárně-reálný svět. Potenciál spojení těchto technologií zahrnuje široké spektrum možností, jako je mapování přírodního a urbanizovaného prostředí pro globální přístup, 3D mapování pro detailní zobrazení různých lokalit a infrastruktury, a AR, která oživuje data prostřednictvím poutavé vizualizace. Kromě výše uvedeného nabízejí aplikace, které byly vytvořeny na základě integrace GIS-AR, obrovský potenciál; mohou vizualizovat neviditelné vlastnosti prostorových entit, zobrazovat pro ně historická data nebo mohou pomoci při vyhledávání míst. V některých oblastech aplikací má rozšířená realita funkci podobnou rentgenovým snímkům, které odhalují skrytou infrastrukturu objektů nebo lokalit, což je užitečné například v aplikacích pro modelování podzemních struktur. Údržbáři například mohou jednoduše použít svůj chytrý telefon nebo tablet k namíření na zem a zobrazení polohy podzemních potrubí a kabelů. Na rozdíl od tradičních 2D mapových snímků, které často vyžadují pokročilé technické znalosti k jejich interpretaci, 3D, VR a AR zobrazení umožňují i laickým uživatelům porozumět mapám a datům tím, že transformují komplexní informace do intuitivních vizuálních reprezentací (ABOZED, 2020)



Obrázek č. 7 – AR a GIS v praxi (CITYFRONT, 2024)

Možnosti spojení GIS a AR přinášejí mnoho výhod, zejména v oblasti stavebních projektů. V posledních letech se zaznamenal výrazný nárůst používání těchto technologií, které však stále procházejí výzkumným procesem a jejich plný potenciál zatím není plně využíván (ABOZED, 2023). Než se tyto technologie stanou dominantními v oblasti GIS, je třeba řešit určitá omezení, jako jsou problémy s hardwarem a softwarem, metody vizualizace geografických dat a interakce s hlavními zdroji dat, a to jak v průzkumné, tak v implementační fázi. Jedním z klíčových omezení je vysoká cena hardwaru, softwaru a vybavení. Kromě toho často chybí vyškolení koncových uživatelů a aktualizace dat. Pro budoucí aplikace je nezbytné založit se na cenově dostupnějším softwaru, který umožní vytvářet rozsáhlé 3D modely větších oblastí pomocí bezplatného softwaru s otevřeným zdrojovým kódem. Tento software by měl být schopen efektivně spravovat a integrovat snímky a datové soubory prostřednictvím mobilních zařízení a počítačů, což by umožnilo poskytnout realistický a detailní pohled na danou oblast. Současná řešení stále nedosahují plného potenciálu pokročilých systémů GIS v oblasti analytických schopností, zejména co se týče vizualizace, řešení běžných problémů spojených se softwarem a způsobu interakce s vizuálním obsahem.

4.3. PPGIS a PGIS

Geografické informační systémy s účastí veřejnosti (PPGIS) a participativní geografické informační systémy (PGIS) jsou inovativní přístupy, které zapojují členy komunity do územního plánování a rozhodovacích procesů prostřednictvím sdílení prostorových informací a map. Tyto systémy posilují postavení místních komunit tím, že jim umožňují spoluvytvářet, používat a sdílet geoprostorové informace. PPGIS klade důraz na společné rozhodování a jeho cílem je rozšířit zapojení veřejnosti do GIS a umožnit různým zúčastněným stranám podílet se na sběru a analýze prostorových dat. Tyto participativní přístupy GIS se prosadily po celém světě, zejména v rozvojových zemích, kde hrají klíčovou roli při posilování postavení komunit, snižování chudoby a udržitelném rozvoji. Zapojením místních komunit do mapování a výměny znalostí PPGIS nejen zvyšuje místní životní úroveň, ale také podporuje odolnost komunit a udržitelnost životního prostředí. Iniciativy PPGIS navíc často zahrnují crowdsourcing (PÁNEK, 2011), který využívá kolektivní inteligenci komunit ke sběru a analýze prostorových dat. Crowdsourcing může spolu s dalšími globálními iniciativami významně přispět k rozvojové spolupráci tím, že poskytne cenné poznatky, rozšíří místní znalosti a podpoří inkluzivní rozhodovací procesy. PPGIS v podstatě představuje změnu paradigmatu ve využívání technologií GIS a zdůrazňuje význam zapojení komunity, posílení jejího postavení a demokratizaci prostorových informací pro efektivnější a udržitelnější výsledky rozvoje.

Hlavní rozdíl mezi PGIS a PPGIS spočívá v jejich zaměření a přístupu. PGIS je participativní přístup k územnímu plánování, který kombinuje metody PLA s nástroji GIS a klade důraz na posílení postavení komunity prostřednictvím reprezentace prostorových znalostí. Na druhé straně PPGIS usiluje o rozšíření zapojení veřejnosti do GIS, zaměřuje se na základní skupiny a komunitní organizace, často v institucionálním rámci a s technologickým přístupem. Zatímco PGIS integruje různé nástroje a metody pro reprezentaci prostorových znalostí a posílení postavení komunit, PPGIS klade důraz na zapojení veřejnosti do rozhodovacích procesů a vytváření znalostí, často využívá digitální mapy a prostorové nástroje k zapojení okrajových skupin obyvatelstva a k podpoře vzdělávání a inkluze v oblasti geografických technologií.

4.3.1. Využití PPGIS v územním plánování

Využití PPGIS v územním plánování představuje významný pokrok v posilování účasti veřejnosti, rozhodovacích procesů a celkového řízení rozvoje měst. Nástroje PPGIS nabízejí digitální platformu, která umožňuje obyvatelům aktivně se zapojit do procesů územního plánování a poskytnout cenné poznatky, preference a zpětnou vazbu, jež mohou ovlivnit rozvoj měst a obcí. Jedním z klíčových přínosů využití PPGIS v územním plánování je větší zapojení veřejnosti. Tím, že PPGIS umožňuje snadnější přístup k plánovacímu procesu prostřednictvím online platform, podporuje účast širšího okruhu obyvatel na rozhodovacích procesech. Tato inkluzivita umožňuje, aby byly vyslyšeny rozmanitější hlasy, což zajišťuje, že v územních plánech jsou zohledněny potřeby a preference různých členů komunity. Kromě toho slouží PPGIS jako cenný nástroj pro rozhodovací orgány, protože jim poskytuje základní informace shromážděné prostřednictvím geo-dotazníků a dalších interaktivních funkcí (BAKOWSKA-WALDMANN, 2021) Tyto údaje lze využít k podpoře argumentů při jednáních se zúčastněnými stranami, investory a místními zastupitelstvy, což v konečném důsledku ovlivňuje rozhodovací

proces. Zapracováním podnětů a preferencí obyvatel získaných prostřednictvím PPGIS mohou úřady při územním plánování přijímat informovanější a komunitně orientovaná rozhodnutí. Kromě podpory rozhodování pomáhá PPGIS zvyšovat povědomí obyvatel o otázkách územního plánování a místních rozvojových trendech. Zapojením obyvatel do veřejných konzultací prostřednictvím digitálních nástrojů mohou místní orgány zvýšit transparentnost rozhodovacích procesů a zlepšit zájem veřejnosti o místní záležitosti. Tato transparentnost nejenže buduje důvěru mezi úřady a obyvateli, ale také zajišťuje, že rozhodnutí jsou v souladu s potřebami a očekáváními komunity.

Přestože PPGIS hraje zásadní roli při posilování účasti veřejnosti a rozhodování v územním plánování, existují problémy při jeho zavádění. Jednou z takových výzev je míra, do jaké mohou podněty obyvatel ovlivnit rozhodování, zejména v případech, kdy jejich vliv omezují právní, environmentální nebo vlastnické otázky. Navzdory těmto výzvám je využívání PPGIS v souladu s reformami správy věcí veřejných zaměřenými na podporu participativních a otevřených rozhodovacích procesů v územním plánování, zejména v zemích s podobnou vývojovou cestou (BAKOWSKA-WALDMANN, 2021)

4.4. Interaktivní mapování

Interaktivní mapování představuje dynamické využití map umožňující uživatelům přibližování, oddalování, posouvání a identifikaci prvků. Tato technologie integruje GIS, což umožňuje zobrazování přesných geografických dat a jejich překrývání. Oproti statickým mapám poskytují interaktivní mapy širokou škálu funkcí, jako je vytváření vrstev, zobrazování datových bodů, zoomování (přibližování) a rychlá aktualizace informací. Využití GIS a interaktivního mapování usnadňuje porozumění problémům a jejich dopadu na různé skupiny obyvatel, podporuje plánování a vyhodnocování intervencí, sleduje změny v čase a ovlivňuje politická rozhodnutí (MACFARLAN, 2024)

Interaktivní mapování pomocí technologie rozšířené reality (AR) nabízí dynamický a poutavý způsob vizualizace a interakce s geografickými informacemi. Překrýváním digitálního obsahu na fyzický svět prostřednictvím pohledu kamery zařízení zlepšuje AR uživatelský zážitek tím, že poskytuje informace v reálném čase a s ohledem na kontext.

Interaktivní mapové aplikace založené na AR lze využít v různých oblastech, jako je cestovní ruch, městské plánování, vzdělávání a navigace. Uživatelé mohou prozkoumávat a procházet virtuální mapy, získávat přístup k dalším informacím o bodech zájmu a dostávat pokyny v reálném čase.

Jedním z příkladů interaktivního mapování založeného na rozšířené realitě je vývoj ARMap (ROMLI a spol, 2020) na UNIMAP, jehož cílem je poskytnout studentům a návštěvníkům kampusu informativní a interaktivní mapu. Tento projekt využívá ARCore na chytrých telefonech k zobrazení vizuálních reprezentací budov a místností ve 2D a 3D spolu s dalšími informacemi prostřednictvím vyskakovacích textových oken.

5. Případová studie: Oslo, Norsko

Studie provedená v norském Oslu se zaměřila na využití rozšířené reality jako participativního nástroje pro mládež v procesech městského plánování. Studenti měli za úkol naplánovat rozmístění 100 000 nových stromů ve městě. Zjištění naznačují, že AR byla pro mladé účastníky vysoce intuitivní a napomáhala jejich porozumění participaci, městskému plánování, architektuře a designu. Zvýšila také jejich sebedůvěru a ovlivnila konečný návrh plánu. Zpráva dále ukázala využití chytrých telefonů a místního Wi-Fi uzlu k volnému plánování scénářů s mládeží v Johannesburgu v Jihoafrické republice pomocí hry Minecraft, ze kterých si studenti z Osla vzali příklad. Zjistili, že rozšířená realita (AR) má obrovský potenciál pro digitální vizualizace v reálném čase na různých úrovních, od úrovně ulic a čtvrtí až po celkové panorama města a městskou síť. MR vtáhla uživatele do procesu navrhování a posílila dlouhodobou životaschopnost a podporu městských projektů (NYBERG, 2019). Studie také zdůraznila potenciál AR prolomit bariéry mezi odborníky a běžnými občany tím, že jim poskytla specializované znalosti o rozhraní AR, například o umístění aktuálních plánů, typech plánů a předem schválených prvcích v rámci plánovacího schématu. To naznačuje úroveň intuitivních znalostí, které mohou mít místní občané o svém prostředí a jeho plánování. Z praxe se však zjistilo, že sledování polohy a určování polohy v rozšířené realitě je v současném stavu technologie nepřesné a často "chybné", což u uživatelů vyvolává podráždění. Navzdory vysokému stupni kontroly, který uživatelům AR poskytuje, byli stále zapotřebí odborníci, aby ověřili, které návrhy stromů jsou životaschopné, což nabízí důležité poznatky o tom, jak by AR mohla být v budoucnu navržena. Dále se studie zabývala problematikou implementace participativního plánování pomocí nástrojů AR do mapovacího systému GIS. Zdůraznila možnosti automatizace převodu návrhů AR do plánovacích nástrojů.

Studie využívala smíšený přístup, který kombinoval kvalitativní a kvantitativní metody sběru dat. Kvalitativní metody sběru dat zahrnovaly terénní poznámky, rozhovory a záznamy obrazovek, na nichž účastníci během plánovacích seminářů používali technologii AR. Kvantitativní metody sběru dat zahrnovaly průzkumy a dotazníky zadané účastníkům před workshopy a po nich s cílem posoudit jejich chápání participace, městského plánování, architektury a designu. Projekt rovněž využíval přístup participativního navrhování, který zapojil mladé účastníky do procesu plánování a umožnil jim kontrolu nad návrhy designu. Účastníci měli k dispozici chytré telefony a místní Wi-Fi uzel pro přístup k technologii rozšířené reality a mohli volně zkoumat virtuální objekty ve fyzickém prostoru a manipulovat s nimi. Rovněž studenti využívali design případové studie, který umožnil hloubkový průzkum využití AR jako participačního nástroje pro mládež v procesech městského plánování. Případová studie se zaměřila na plán Oslo Trees v Norsku, který se řídil cíli vyplývajícími z nedávných politických změn ve vládě v Oslu, právním rámcem participace v rámci zákona o plánování a výstavbě a politikou norské vlády, často navazující na OSN (REAVEN, 2023).

Zkušenosti mladých účastníků s rozšířenou realitou na workshopech přispěly k jejich porozumění a důvěře v účast a plánování několika způsoby:

Větší porozumění: Využití rozšířené reality pomohlo účastníkům vytvořit vlastní návrhy plánů v měřítku přímo na místě, což vedlo k lepšímu pochopení participace, městského plánování, architektury a designu.

Zvýšená důvěra: Mladí lidé pocítili větší sebedůvěru při zobrazování svých návrhových záměrů a ocenili, že jim byla svěřena kontrola nad plánovacím procesem.

Posílení postavení prostřednictvím rozhodování: Účastníci se vyjádřili, že je pro ně příjemnější činit vlastní rozhodnutí a ocenili možnost vyzkoušet si různé alternativy, což svědčí o pocitu zmocnění prostřednictvím rozhodovacího procesu.

Zkušenost s učením: Workshopy poskytly mladým lidem zkušenost s učením, umožnily jim získat představu o životě dospělých a ukázaly proces rozvoje/dospívání účastníků

Všechny tyto body ukazují potenciál pro AR jako participační nástroj pro všechny, kteří se pohybují v iniciativách městského plánování (REAYER, 2023). Na obrazovce jde vidět, jak by ulice vypadala se zasazenými stromy.



Obrázek č. 8 – Sázání stromů pomocí AR v praxi (REAYER, 2023)

Zahrnutí mládeže do procesu navrhování může představovat jedinečnou příležitost pro využití jejich kreativity a schopností řešení problémů. Tato aktivní účast může nejen přinést osobní uspokojení a pocit úspěchu, ale také sloužit jako prostředek k pozitivnímu ovlivnění a přispění k obecnému dobru. V nových technologických oblastech, jako je rozvoj rozšířené reality, spolupráce s mladými jednotlivci může být klíčovým krokem směrem k demokratičtějšímu a udržitelnějšímu přístupu k výzvám spojeným s urbanizací a digitalizací (REAYER, 2023).

6. Případová studie: Vídeň, Rakousko

Studie se zabývala integrací rozšířené reality (AR) na stavebních úřadech v Rakousku, konkrétně ve Vídni, s účelem vylepšení schvalovacího procesu stavebních projektů. Tradiční schvalovací postup ve Vídni je časově náročný a trvá až 18 měsíců kvůli různým problémům, včetně námitek neodborníků a obtíží s porozuměním projektů založených pouze na 2D plánech. Město Vídeň zahájilo výzkumný projekt BRISE-Vienna (GERGER a spol, 2023) který si klade za cíl transformovat procesy stavebních úřadů pomocí informačního modelování budov (BIM) a technologií rozšířené reality, aby tyto problémy řešil. Využitím aplikací AR chtějí stavební úřady digitalizovat proces kontroly plánů, zlepšit komunikaci se zúčastněnými stranami a urychlit rozhodování. Technologie AR nabízí výhody, jako je lepší prostorové porozumění, vizualizace stavebních projektů a lepší spolupráce mezi účastníky projektu. Studie zkoumá různé případy využití AR, včetně kontroly plánů na úrovni úřadů a kontrol na místě, s cílem zefektivnit procesy a zvýšit efektivitu ve stavebnictví. Cílem výzkumného projektu je dále standardizace procesů, zkrácení doby ověřování a zvýšení transparentnosti postupů při vydávání stavebních povolení. Využitím technologie rozšířené reality pro kontrolu plánů, vizualizaci projektů a zapojení zúčastněných stran mohou stavební úřady v Rakousku překonat problémy spojené s dlouhými časy zpracování, námitkami neodborníků a složitými kontrolními úkony ve fázi schvalování stavebních projektů. Studie v konečném důsledku zdůrazňuje potenciál technologie rozšířené reality pro revoluci tradičních procesů, zlepšení komunikace a podporu digitální transformace ve stavebnictví.

V rámci studie byly použity následující metody zkoumání využití technologie rozšířené reality (AR) na stavebních úřadech v Rakousku:

Procesní analýzy: Výzkumníci provedli procesní analýzy, aby porozuměli stávajícím postupům a identifikovali slabá místa v procesech stavebních úřadů. To zahrnovalo studium přehledů literatury, diskuse se zástupci úřadů a dokumentaci současných procesů s cílem určit oblasti, do kterých by bylo možné technologii AR integrovat.

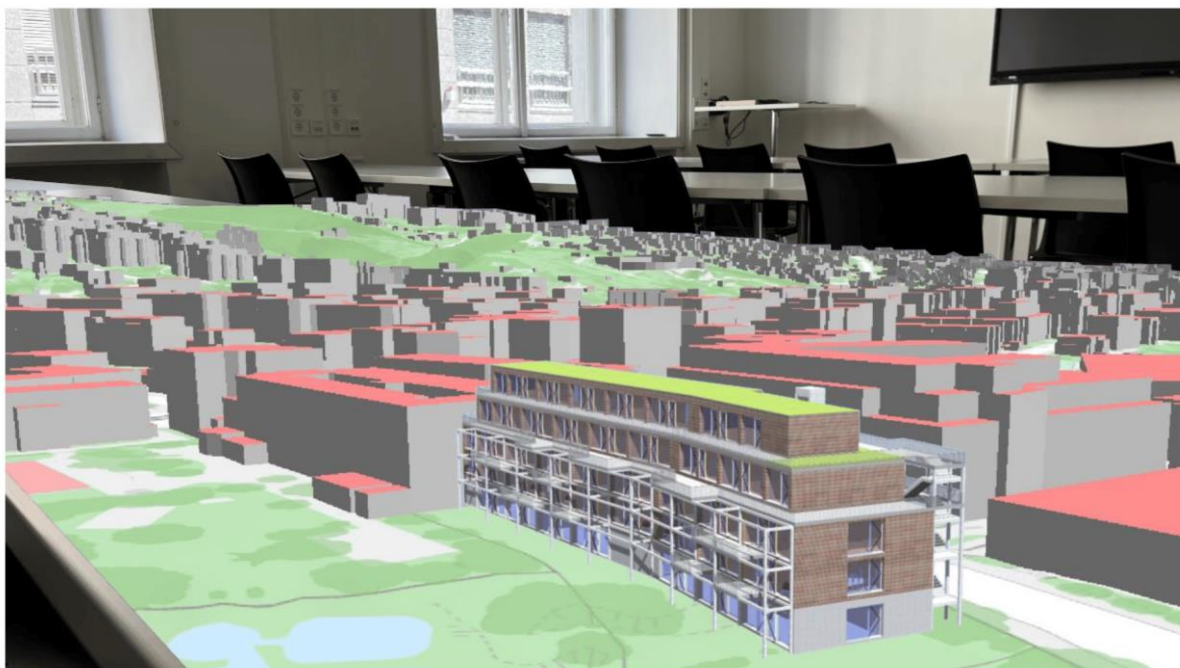
Rozhovory se zúčastněnými stranami: Studie zahrnovala rozhovory se zúčastněnými stranami se zástupci různých odvětví, včetně okresního plánování a územního plánování, architektury, stavebního úřadu, právníků a odborníků na inovace. Cílem těchto rozhovorů bylo shromáždit poznatky, zpětnou vazbu a názory na možné využití technologie AR na stavebních úřadech. Zúčastněné strany byly požádány, aby ohodnotily přidanou hodnotu různých případů využití AR na pětistupňové škále.

Vývoj případů užití: Na základě analýz procesů a zpětné vazby od zúčastněných stran formulovali výzkumní pracovníci počáteční případy použití AR a dále je rozvíjeli prostřednictvím diskusí se zúčastněnými stranami. Během rozhovorů byly definovány nové případy užití AR, které řešily konkrétní problémy ve fázi schvalování stavebních projektů.

Tematická analýza: Shromážděná data z procesních analýz, rozhovorů se zúčastněnými stranami a vývoje případů užití byla průběžně vyhodnocována pomocí principů tematické analýzy. Tento analytický přístup pomohl identifikovat vzorce, témata a poznatky týkající se potenciálních přínosů a výzev integrace technologie AR do stavebních úřadů (GERGER a spol, 2023)

Využití technologie rozšířené reality přináší stavebním úřadům v Rakousku několik výhod, jako je např. zrychlení procesů, lepší porozumění, lepší spolupráci nebo zvýšení efektivity. U zrychlení procesů AR může usnadnit lepší komunikaci mezi úřady a zúčastněnými stranami, což vede k rychlejšímu rozhodování a zefektivnění procesů. AR zlepšuje prostorové chápání a vizualizaci stavebních projektů, což odborníkům i neodborníkům usnadňuje pochopení složitých stavebních plánů. Aplikace AR mohou podpořit spolupráci, komunikaci a návrhové procesy mezi účastníky projektu, což vede k efektivnějšímu řízení projektu. Zvýšením efektivity lze dojít digitalizací stavebních informací a využitím rozšířené reality pro kontrolu plánů a vizualizaci projektů. Tím mohou stavební úřady zkrátit dobu ověřování a potenciálně zkrátit řízení o vydání stavebního povolení (GERGER a spol, 2023)

Integrace AR na stavebních úřadech nejen v Rakousku, ale i po celém světě, má potenciál revolučně změnit tradiční procesy, zlepšit zapojení zainteresovaných stran a také kompletně změnit stavebnictví. Na obrázku níže jde vidět zakomponování AR do plánů úřadu.



Obrázek č. 9 - Překrytí aplikačního modelu budovy 3D mapou města (GERGER, 2023)

7. Případová studie: Curych, Švýcarsko

Studie provedená ve švýcarském Curychu se zaměřila na hodnocení účinnosti technologie rozšířené reality (AR) při zvyšování účasti veřejnosti v procesech městského plánování. Cílem studie bylo porovnat využití aplikací AR s tradičními metodami, jako jsou stavební rozsahy, při předávání informací o projektech rozvoje měst občanům.

Zavedením aplikací AR do projektů rozvoje měst studie zdůraznila potenciál AR revolučně změnit způsob, jakým se občané zapojují do utváření svých měst a jak se na něm podílejí.

Studie zahrnovala nábor 30 účastníků prostřednictvím poštovních seznamů Curyšské univerzity a Švýcarského federálního technologického institutu v Curychu. Účastníci, kteří splňovali specifická kritéria pro zařazení do studie, byli provedeni různými studijními lokalitami na jihu Curychu, kde interagovali jak s tradičními stavebními rozpětími, tak s prototypem aplikace AR zobrazující stavební projekty. Aplikace AR byla vyvinuta pro vizualizaci projektu školní budovy ve třech různých úrovních podrobnosti LOD (Level of details), přičemž digitální výškový model, základní mapa, školní budova a okolní budovy byly promítnuty do souřadnicového systému WGS 84 a zabaleny do balíčku mobilní scény pro offline použití. Pomocí aplikace ArcGIS Survey123 byl vytvořen online dotazník, který shromažďoval kvalitativní zpětnou vazbu od účastníků, zahrnující různé aspekty, jako je obecná vizualizace, přesnost, porovnání AR a rozpětí stavby, AR účast a individuální názory na projekt. Studie se řídila designem mezi subjekty, kdy byli účastníci přiřazeni do různých skupin LOD, aby bylo možné měřit jejich výkonnost při odhadování úkolů, čas pro dokončení úkolů a jejich hodnocení a odpovědi na dotazník. Před zahájením studijního sezení účastníci poskytli digitální souhlas a byli seznámeni s cílem studie a základními informacemi o projektu výstavby školy.

Klíčová zjištění při této studii jsou následující:

Jedním z klíčových zjištění studie byla schopnost rozšířené reality poskytnout občanům pohlcující a interaktivní vizualizace navrhovaných městských projektů, které jim umožní zažít plánované změny v jejich reálném prostředí. Tato vylepšená vizualizace nejenže pomáhá občanům lépe pochopit rozsah, design a dopad budoucího rozvoje, ale také jim umožňuje činit informovanější rozhodnutí a poskytovat cennou zpětnou vazbu.

Zjištění, která vznikla díky zapojení účastníků v projektu:

Účinnost rozšířené reality: Bylo zjištěno, že účastníci jsou přesvědčeni o potenciálu technologie rozšířené reality při vizualizaci budoucích stavebních projektů. Aplikace AR byly vnímány jako vhodnější nástroj v porovnání s tradičními stavebními rozpětími pro zprostředkování informací o stavebních projektech veřejnosti.

Rozpoznatelnost velikostí budov: Účastníci hodnotili aplikaci AR lépe, pokud jde o rozpoznání skutečné velikosti budovy ve srovnání s rozpětím stavby. To naznačuje, že technologie AR může poskytnout přesnější reprezentaci rozměrů budovy, což zvyšuje porozumění uživatelů projektu.

Realismus a vhodnost: Studie ukázala, že účastníci hodnotili realističnost a vhodnost aplikací rozšířené reality pro vizualizaci stavebních projektů lépe než stavební rozpětí. Aplikace AR byly

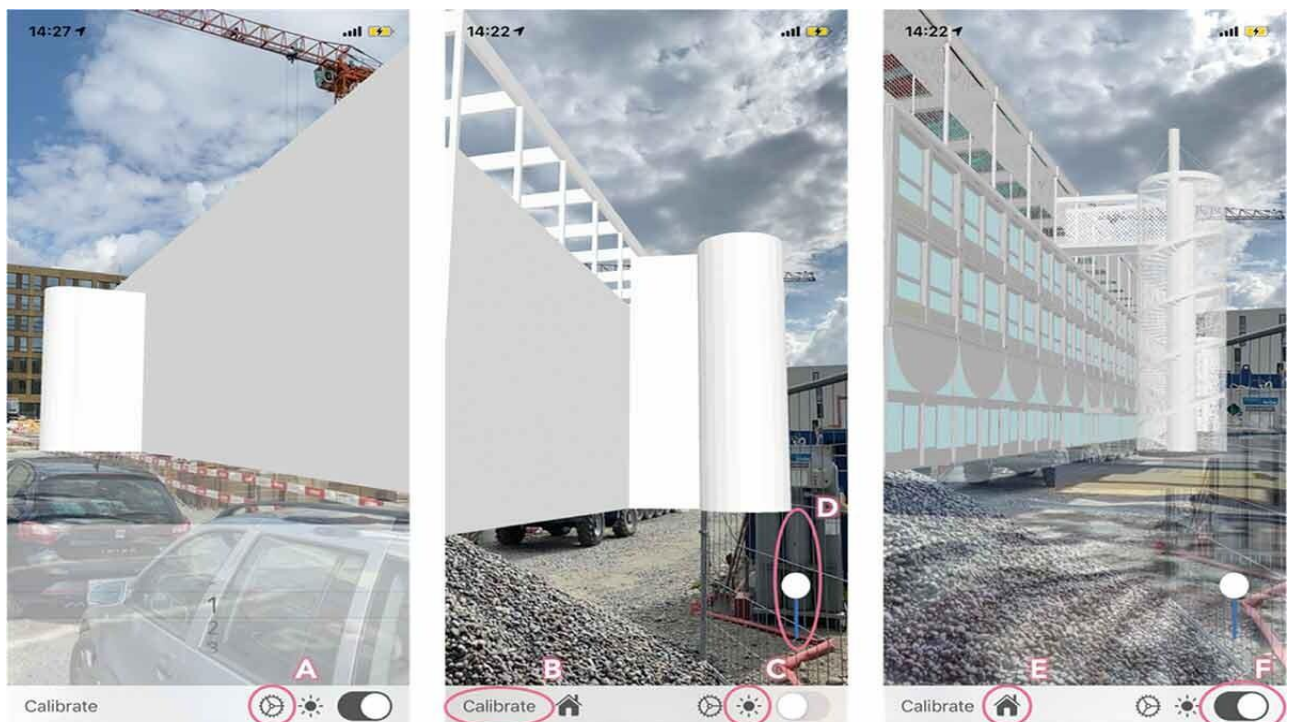
považovány za efektivnější při poskytování podrobných informací a zvyšování celkového zážitku z vizualizace

Stupeň abstrakce: Výzkum také zkoumal nejefektivnější stupeň abstrakce ve vizualizacích rozšířené reality. Ačkoli v subjektivním hodnocení nebyly zjištěny žádné významné rozdíly mezi různými úrovněmi detailu (LOD), účastníci obecně hodnotili potenciál aplikací AR pozitivně ve všech podmínkách LOD.

Výklad uživatele: Studie hodnotila, jak obtížné je pro uživatele správně interpretovat stavební projekty v aplikacích rozšířené reality. Výsledky naznačují, že účastníci s předchozími znalostmi, například v oblasti geografických informačních systémů (GIS), mohli dosahovat lepších výsledků v úlohách odhadu rozměrů, což naznačuje vliv předchozích zkušeností na uživatelskou interpretaci. (BOOS, 2022)

Studie navíc zdůraznila úlohu rozšířené reality při zvyšování dostupnosti procesů územního plánování. Tím, že AR umožňuje občanům přístup k projektům a interakci s nimi kdykoli a odkudkoli pomocí mobilních zařízení, odstraňuje překážky účasti a podporuje zapojení širšího okruhu osob do rozhodovacího procesu. Tato zvýšená dostupnost podporuje začleněnost a zajišťuje, že při plánování a navrhování městských prostorů jsou slyšet hlasy všech.

Závěrem studie zdůraznila transformační dopad rozšířené reality na účast veřejnosti v městském plánování a zdůraznila její schopnost učinit účast přístupnější, angažovanější, transparentnější a posilující postavení občanů. Využitím technologie AR mohou projekty městského rozvoje těžit z většího zapojení občanů, informovaného rozhodování a inkluzivních plánovacích procesů, což v konečném důsledku vede k udržitelnějším a živějším městům, která odrážejí potřeby a aspirace svých komunit (BOOS, 2022)



Obrázek č. 10 - Prototyp aplikace AR zobrazující LOD 1 (vlevo), LOD 2 (uprostřed) a LOD 3 (vpravo) a zobrazující všechny možné volby nabídky aplikace. (BOOS, 2022)

8. Závěr

Rozšířená realita proměňuje pohled uživatelů na okolní svět tím, že propojuje reálné prostředí s digitálními prvky, které zjemňují nové informace a dojmy. Použití AR otevírá dveře k novým zážitkům, jako je snazší navigace v novém prostředí, možnost spojení fyzických objektů s digitálními daty o nich a nový pohled na skryté nebo nepatrné aspekty. Tímto způsobem AR přináší uživatelům inovativní způsob interakce s okolním světem, který je bohatší a komplexnější než pouhá reálná zkušenost.

Cílem této bakalářské práce bylo vysvětlit význam pojmu rozšířená realita a jejího využití ve sféře územního plánování. Představeny byly technologie AR, a i jejich využití. Popsány byly i programovací jazyky, kterými se AR aplikace programují, a jejich funkce a využití. Hardwary, na kterých AR pracuje, byly představeny včetně jejich složení. Softwarové aplikace byly vypsány s jejich možnostmi a jejich praktickým využitím ve světě.

Druhá část se zabývala objasněním územního plánování spolu s využitím AR. Byl zde řešen potenciál AR v tomto kontextu, kdy jsme se ptali, co vše integrace těchto dvou složek dokázala, a je schopna díky vývoji technologií a postupů do budoucna dokázat. Dále práce směřovala implementací AR do složek geografických informačních systémů (GIS), kde se řešilo, jak moc dokáže AR vylepšit a usnadnit působení této technologie. Navazovala na geografické informační systémy s účastí veřejnosti (PPGIS) a na participativní geografické informační systémy (PGIS), kde se řešilo jejich využití a užitečnost v územním plánování s integrací AR. Na konci diplomové práce byly ukázány případové studie, kde AR bylo úspěšně integrováno do konceptů územního plánování. Byly zde vyznačeny výhody i nevýhody v praxi, metody použití a zpětný feedback od uživatelů.

Technologie AR od 60. let minulého století prošla za tu dobu výraznou změnou. Je očekáváno, že tato technologie bude začleněna do běžného života čím dál častěji. Budoucí vývoj technologií a jejich aplikace ve společnosti předpokládá, že technické nedostatky současných zařízení budou vylepšeny, což umožní využití rozšířené reality s větší podrobností a bez omezení. Hardwarové přístroje budou více přizpůsobené AR a lidé se s ní naučí lépe a více pracovat. V územním plánování je předpokládán velký pokrok, který kompletně změní vnímání tohoto procesu.

Jeden z cílů bakalářské práce bylo poukázat na současné problémy, které zatím brání využití AR na svůj plný potenciál. Do budoucna se předpokládá s odstraněním těchto problémů a úplnou implementací AR do běžného života.

9. Použité zdroje

1. ABOZED, Mohamed. LINDKEIN. *GIS, AR-VR applications trends and challenges* [online]. 2020 [cit. 2024-03-23]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/gis-ar-vr-applications-trends-challenges-mohamed-abozed>
2. ADAMSKA, Iwona. *Tracing back the origins: a history of augmented reality* [online]. 27. září n. l. 2023 [cit. 2023-12-12]. Dostupné z: <https://nsflow.com/blog/history-of-augmented-reality>
3. APPLE. *More to explore with ARKit 6* [online]. 2024 [cit. 2024-03-04]. Dostupné z: <https://developer.apple.com/augmented-reality/arkit/>
4. AR SDK. *Immersal SDK* [online]. 2023 [cit. 2024-03-01]. Dostupné z: <https://immersal.gitbook.io/sdk/about/getting-started>
5. ARBORXR. *Augmented reality in Healthcare* [online]. 30. března n. l. 2023 [cit. 2023-12-12]. Dostupné z: <https://arborxr.com/blog/augmented-reality-in-healthcare-the-future-of-medical-technology/>
6. AUGMENTED MINDS. *AR/MR Devices* [online]. 2024 [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://www.augmented-minds.com/en/augmented-reality/ar-hardware-devices/>
7. BAŃKOWSKA-WALDMANN, Edyta a Tomasz KACZMAREK. *The Use of PPGIS: Towards Reaching a Meaningful Public Participation in Spatial Planning* [online]. Faculty of Human Geography and Planning, Adam Mickiewicz University, Krygowskiego 10, 61-680 Poznań, Poland, 2021 [cit. 2024-03-25]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2220-9964/10/9/581>
8. BAZARGANI, Jalal Safari. *A Survey of GIS and AR Integration: Applications* [online]. 2022 [cit. 2024-03-23]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/16/10134>
9. BIBA, Jacob. *Mixed Reality* [online]. 2023 [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <https://builtin.com/media-gaming/mixed-reality>
10. BOOS, Ursina Christina a spol. *An augmented reality study for public participation in urban planning. Journal of location based services* [online]. 2022, 48-77 [cit. 2024-04-04]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17489725.2022.2086309>
11. BRANT, Jess. LINKEDIN. *Augmented Reality (AR) for Urban Design: Shaping the Future of Smart Cities* [online]. 2023 [cit. 2023-12-22]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/augmented-reality-ar-urban-design-shaping-future-smart-jess-brant>
12. CIRULIS, Arnis. *3D Outdoor Augmented Reality for Architecture and Urban Planning. Procedia Computer Science* [online]. 2013, 71-79 [cit. 2023-12-31]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050913012143#bib0040>
13. CURIOUS CORE. *UX Design Principles for Augmented Reality* [online]. 2024 [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: https://curiouscore.com/resource/ux-design-principles-for-augmented-reality/#block_3a7d5f9d63cce699387583bcf77232b1
14. DIGITAL PROMISE. *Types of AR* [online]. [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <https://digitalpromise.org/initiative/360-story-lab/360-production-guide/investigate/augmented-reality/getting-started-with-ar/types-of-ar/>
15. FANSTEIN, Susan S. BRITANNICA. *Urban planning* [online]. 2023 [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/topic/urban-planning>
16. GERGER, Alexander, Harald URBAN a Christian SCHRANZ. *Augmented Reality for Building Authorities: A Use Case Study in Austria* [online]. 2023 [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2075-5309/13/6/1462>
17. GEOGEEK-AR [online]. [cit. 2023-12-12]. Dostupné z: <http://geogeek-ar.com/>

18. GINTERS, Egils. Low Cost Augmented Reality and RFID Application for Logistics Items Visualization. *Procedia Computer Science* [online]. 2013, 3-13 [cit. 2023-12-31]. Dostupné z: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-0064-6_11
19. GOOGLE. ARCore [online]. 2024 [cit. 2024-03-04]. Dostupné z: <https://developers.google.com/ar>
20. HAILEMICHAEL, Aida. *Augmented reality using JavaScript* [online]. 2013 [cit. 2024-03-01]. Dostupné z: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/62377/Hailemicahel_Aida.pdf?sequence=1
21. HEJLSBERG, Anders. *The C# programming language* [online]. 2010 [cit. 2024-03-01]. ISBN 9780321741769. Dostupné z: https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=ICe7ea4RscUC&oi=fnd&pg=PT14&dq=c%23+programming+language&ots=YdISF-HggX&sig=N2UxaBPrIvf2aX_TXd7MJ6Ske8c&redir_esc=y#v=onepage&q=c%23%20programming%20language&f=false
22. HERLING, Jan a Wolfgang BROLL. *Markerless Tracking for Augmented Reality* [online]. In: . 2011, s. 255–272 [cit. 2023-12-31]. ISBN 978-1-4614-0063-9. Dostupné z: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-0064-6_11
23. INTEL. *Demystifying the Virtual Reality Landscape* [online]. [cit. 2023-12-22]. Dostupné z: <https://www.intel.com/content/www/us/en/tech-tips-and-tricks/virtual-reality-vs-augmented-reality.html>
24. ISMAL, Azif a Prof. Jayesh S. PILLAI. *Virtual Reality: Introduction* [online]. [cit. 2023-12-19]. Dostupné z: <https://www.dsource.in/course/virtual-reality-introduction/evolution-vr>
25. JANSEN A SPOL. Augmented reality for supporting geo-spatial planning. *Visual Informatics* [online]. Elsevier, 2023, 1-12 [cit. 2023-12-22]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468502X23000360>
26. JANSEN, Reint, Frida Ruiz MENDOZA a William HURST. Augmented reality for supporting geo-spatial planning: An open access review. *Virtual Informatics* [online]. 2023, 1-12 [cit. 2024-03-21]. ISSN 2468-502X. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468502X23000360>
27. KAN, Tai-Wei spol. *QR Code Based Augmented Reality Applications* [online]. In: . 2011, s. 339–354 [cit. 2023-12-31]. ISBN 978-1-4614-0063-9. Dostupné z: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-0064-6_16
28. MACFARLAN, Alice. BETTER EVALUATION. *Nteractive mapping* [online]. 2024 [cit. 2024-04-01]. Dostupné z: <https://www.betterevaluation.org/methods-approaches/methods/interactive-mapping>
29. PÁNEK, Jiří. *Participatory and Public Participation GIS: A Phenomenon of Neocartography with a High Potential in Developing Countries?* [online]. Univerzita Palackého v Olomouci 2011 [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: https://globalization.osu.cz/publ2011/235-243_Panek.pdf
30. PROVEN REALITY. *APPLICATIONS OF AUGMENTED REALITY: 8 KEY INDUSTRIES TO CONSIDER* [online]. 2022 [cit. 2023-12-22]. Dostupné z: <https://provenreality.com/augmented-reality/applications-of-augmented-reality-8-key-industries-to-consider/>
31. REAVER, Kai. *Supplementary material*. Dostupné také z: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2023.1055930/full#supplementary-material>

32. REAVER, Kai. Augmented reality as a participation tool for youth in urban planning processes: Case study in Oslo, Norway. *Augmenting Human Experience and Performance through Interaction Technologies* [online]. 2023, 1-14 [cit. 2023-12-28]. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2023.1055930/full>
33. ROMLI, Rusnida a spol. AR@UNIMAP: A Development of Interactive Map Using Augmented Reality. *Journal of Physics: Conference Series* [online]. Advanced Communication Engineering Centre (ACE), School Computer and Communication Engineering, Universiti Malaysia Perlis, Malaysia 2020 [cit. 2024-04-01]. Dostupné z: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1755/1/012052>
34. NYBERG, Marcus. *Mixed reality for public participation in urban and public space design* [online]. 1-76 [cit. 2023-12-28]. Dostupné z: https://unhabitat.org/sites/default/files/2019/06/mixed_reality_2019_0.pdf
35. SHELDON, Robert, ed. *Virtual reality* [online]. 2022 [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/virtual-reality>
36. SKARBEZ, Richard. *Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum* [online]. [cit. 2023-12-19]. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2021.647997/full>
37. THEMEWAVES. *Choosing the Best Programming Language for Augmented Reality: A Comprehensive Guide* [online]. 2024 [cit. 2024-03-01]. Dostupné z: <https://themewaves.com/choosing-the-best-programming-language-for-augmented-reality-a-comprehensive-guide/>
38. UNITY. *AR Foundation* [online]. 2024 [cit. 2024-03-05]. Dostupné z: <https://unity.com/unity/features/arfoundation>
39. URBANAR. *An Augmented Reality Design Tool for Urban Design and Planning* [online]. [cit. 2023-12-22]. Dostupné z: <https://urbanar.app/>
40. VOLIOTI, Christina. A spol. *Augmented Reality Applications for Learning Geography in Primary Education* [online]. 1. října n. l. 2022 [cit. 2023-12-12]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2571-5577/5/6/111>
41. WIKITUDE. *Accelerating the future of AR* [online]. 2024 [cit. 2024-03-04]. Dostupné z: <https://www.wikitude.com/external/doc/documentation/>
42. YORDSTUDIO. *AR Tisk Mainware* [online]. 2024 [cit. 2024-03-04]. Dostupné z: <https://yordstudio.com/project/ar-tisk-mainware/>
43. YUILL, Simon a Harry HALPIN. *Python* [online]. 2006 [cit. 2024-03-02]. Dostupné z: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=1f2ee3831eebfc97bfafd514ca2abb7e2c5c86bb>

Použité zdroje obrázků

1. ADAFRUIT. *Curriculum" for Using Javascript and HTML to Build AR/VR Experiences* [online]. [cit. 2024-03-02]. Dostupné z: <https://blog.adafruit.com/2018/06/29/curriculum-for-using-javascript-and-html-to-build-ar-vr-experiences-webxr-threejs/>
2. ANANDTECH. [online]. [cit. 2024-03-19]. Dostupné z: <https://www.anandtech.com/show/10115/microsoft-reveals-additional-details-about-hololens-and-begins-to-take-preorders>
3. BOOS, Ursina Christina a spol. An augmented reality study for public participation in urban planning. *Journal of location based services* [online]. 2022, 48-77 [cit. 2024-04-04]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17489725.2022.2086309>
4. CITYFRONT INNOVATIONS. *The Leading Augmented Reality/Virtual GIS Platform for vGIS and BIM* [online]. 2024 [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <https://cityfront.ai/augmented-reality-gis/>
5. GERGER, Alexander, Harald URBAN a Christian SCHRANZ. *Augmented Reality for Building Authorities: A Use Case Study in Austria* [online]. 2023 [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2075-5309/13/6/1462>
6. GR ALBANIA. *Urban planning* [online]. [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: <https://gralbania.com/service/urban-planning/>
7. INTERACTION DESIGN FOUNDATION. [online]. [cit. 2023-12-12]. Dostupné z: <https://www.interaction-design.org/literature/topics/mixed-reality-mr>
8. UNITY. *AR development in unity* [online]. 2024 [cit. 2024-03-05]. Dostupné z: <https://docs.unity3d.com/Manual/AROverview.html>
9. URBANAR. *Concept Development* [online]. [cit. 2023-12-22]. Dostupné z: https://urbanar.app/iteration_3/
10. REAVER, Kai. Augmented reality as a participation tool for youth in urban planning processes: Case study in Oslo, Norway. *Augmenting Human Experience and Performance through Interaction Technologies* [online]. 2023, 1-14 [cit. 2023-12-28]. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2023.1055930/full>