

UNIVERZITA KARLOVA

Přírodovědecká fakulta

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

Študijní program: Geografie

Študijní odbor: Geografie a kartografie



**REKONŠTRUKCIA MESTA PRIEVIDZA
ZO STARÝCH FOTOGRAFÍ**

RECONSTRUCTION OF PRIEVIDZA CITY FROM OLD PHOTOGRAPHS

Bakalárska práca

Patrik Hanzel

Vedúca práce: Ing. Eva Štefanová, Ph.D.

Praha 2020

Vysoká škola: Univerzita Karlova

Fakulta: Přírodovědecká

Katedra: Aplikované geoinformatiky a kartografie

Školní rok: 2019/2020

Zadání bakalářské práce

pro Patrika Hanzela

obor Geografie a kartografie

Název tématu:

Rekonstrukce města Prievidza ze starých fotografií

Zásady pro vypracování

Cílem bakalářské práce je tvorba 3D modelu města Prievidza ze starých fotografií a možnosti jeho prezentace na internetu. Součástí práce bude analýza možných webových aplikací pro prezentaci prostorových modelů. Na základě této analýzy budou vybrány 3 aplikace, které budou prakticky testovány.

Díličí cíle jsou následující:

1. Literární rešerše věnující se problematice prostorové rekonstrukce měst a možnosti prezentace modelů na internetu
2. Tvorba 3D modelu města a jeho vizualizace
3. Analýza aplikací pro prezentaci 3D modelů na internetu
4. Vizualizace výsledného 3D modelu na internetu ve vybraných aplikacích

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: cca 40 až 50 stran

Seznam odborné literatury:

GILL, L., LANGE, E. (2015): Getting virtual 3D landscapes out of the lab, Computers, Environment and Urban Systems, 54, 356-362, <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2015.09.012>

HANKE, K., MOSER, M., RAMPOLD, R.. (2015). Historic photos and TLS data fusion for the 3D reconstruction of a monastery altar ensemble. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. XL-5/W7. 201-206.

KALISPERAKIS, I, ROVA, M., PETSIA, E., KARRAS, G.E. (2003): On Multi-Image Reconstruction from Historic Photographs.. XIX CIPA Symposium, Antalya, Turkey, 30 September - 4 October 2003

ZLATANOVA, S., TEMPFLI, K. (2000): Modelling for 3D GIS: Spatial Analysis and Visualisation through the Web. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing Vol. XXXIII, XIXth Congress ISPRS, Amsterdam, 2000

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Eva Štefanová, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 8. 1. 2019

Termín odevzdání bakalářské práce: srpen 2020

.....

Vedoucí bakalářské práce

.....

Vedoucí katedry

V Praze dne

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 4. 8. 2020

.....

Patrik Hanzel

Podakovanie

Rád by som sa týmto poďakoval svojej školiteľke Ing. Eve Štefanovej, Ph.D. za cenné rady, pripomienky, trpezlivosť a čas venovaný pri spracovaní tejto bakalárskej práce. Ďalej by som sa chcel poďakovať inštitúciám, ktoré mi poskytli dáta potrebné pre spracovanie tejto práce. Moja osobitná vďaka patrí zamestnancom týchto inštitúcií za spoluprácu a pomoc pri hľadaní starých fotografií a ďalších archívnych materiálov. V neposlednom rade ďakujem mojej rodine a priateľom, za ich podporu počas tvorby tejto práce i počas celého môjho štúdia.

Abstrakt

Práca sa venuje tvorbe a vizualizácii digitálnej 3D rekonštrukcie historického jadra mesta Prievidza v podobe z roku 1929. Ako podklady pre tvorbu boli použité staré fotografie a ďalšie archívne materiály. V teoretickej časti je popísaná problematika tvorby 3D modelov miest a sú predstavené možnosti prezentácie 3D modelu na internete. Predovšetkým boli analyzované možnosti, ktoré ponúkajú programy na tvorbu virtuálnej prehliadky. V praktickej časti práce je priblížená tvorba 3D modelu v SketchUpe, vizualizácia tohto modelu v Lumione, tvorba výstupov a porovnanie troch voľne dostupných programov pre tvorbu virtuálnej prehliadky – Marzipano, Orbix360 a Kuula. Spomedzi týchto programov bol vybraný program Kuula v ktorom prebehla tvorba virtuálnej prehliadky. Výsledkami práce sú fotografie 3D modelu, preletové video zverejnené na YouTube a online virtuálna prehliadka.

Kľúčové slová: rekonštrukcia, vizualizácia, staré fotografie, mesto Prievidza, 3D model, virtuálna prehliadka, SketchUp, Lumion, Kuula

Abstract

The work focuses on creating and visualization of digital 3D reconstruction of the historic core of Prievidza as it looked in 1929. Old photographs and other archival materials were used as the basis for the work. The theoretical part describes the issue of creating a 3D model and presents the possibilities of presenting a 3D model on the Internet. In particular, the possibilities offered by programs for creating a virtual tour were analyzed. The practical part of the work focuses on the creating of a 3D model in SketchUp, visualization of this model in Lumion, the creation of outputs and a comparison of three freely available programs for creating a virtual tour - Marzipano, Orbix360 and Kuula. Kuula was chosen for creation of a virtual tour. The results of the work are photos of a 3D model, a flythrough video published on YouTube channel and an online virtual tour.

Keywords: reconstruction, visualization, old photographs, Prievidza city, 3D model, virtual tour, SketchUp, Lumion, Kuula

OBSAH

Zoznam obrázkov	9
Zoznam tabuliek	10
Zoznam príloh	10
Zoznam skratiek	11
1. ÚVOD	12
1.1. Ciele práce	12
2. SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY	13
2.1. Problematika 3D modelov	13
2.2. 3D modely miest	14
2.3. 3D modely historickej podoby miest	15
2.4. Vizualizácia na internete.....	17
2.4.1. Virtuálne prehliadky	18
2.4.2. Možnosti tvorby a prezentácie virtuálnych prehliadok	19
3. TEORETICKÝ KONCEPT	23
3.1. 3D model.....	23
3.2. Tvorba 3D modelu.....	23
3.3. Detailnosť 3D modelu.....	24
3.4. 3D model mesta	24
3.4.1. 3D budovy.....	24
3.4.2. 3D vegetácia	25
3.4.3. Digitálny model terénu a jeho druhy	26
3.5. Využitie 3D modelu	26
4. CHARAKTERISTIKA ZÁUMOVÉHO ÚZEMIA	28
5. VSTUPNÉ DÁTA	30
6. POUŽITÉ PROGRAMY	32
6.1. Programy použité pri tvorbe vizualizácie	32
6.1.1. ArcGIS	32
6.1.2. SketchUp.....	32
6.1.3. Gimp	33
6.1.4. Lumion	33
6.2. Programy testované pri tvorbe virtuálnej prehliadky.....	34
6.2.1. Marzipano.....	34
6.2.2. Orbix 360	34

6.2.3.	Kuula	34
7.	METODIKA	36
7.1.	Tvorba DMT	36
7.2.	Tvorba 3D objektov	36
7.2.1.	Tvorba 3D modelu budovy	36
7.2.2.	Tvorba problematických častí 3D objektov	38
7.2.3.	Tvorba ostatných 3D objektov	38
7.3.	Tvorba textúr	39
7.4.	Záverečné úpravy 3D modelu	40
7.5.	Vizualizácia	41
7.6.	Tvorba panorám	43
7.7.	Testovanie programov pre virtuálnu prehliadku	43
7.8.	Tvorba virtuálnej prehliadky	45
8.	VÝSLEDKY	46
8.1.	Digitálny 3D model námestia	46
8.2.	Vizualizácia historickej podoby námestia	48
8.3.	Fotografie	48
8.4.	Video	49
8.5.	Virtuálna prehliadka	49
9.	DISKUSIA	51
10.	ZÁVER	53
	POUŽITÁ LITERATÚRA A ZDROJE	54
	PRÍLOHY	61

Zoznam obrázkov

- Obrázok č. 1 - Digitálny 3D Model historickej podoby mesta
- Obrázok č. 2 - Digitalizované historické 3D modely miest
- Obrázok č. 3 - Virtuálna prehliadka kláštora na polostrove Athos
- Obrázok č. 4 - Mesto Slaný v roku 1602
- Obrázok č. 5 - 5 základných úrovní LOD
- Obrázok č. 6 - Metóda B-Rep – objekt definovaný povrchom
- Obrázok č. 7 - Metóda CSG – objekt zložený z jednoduchých telies
- Obrázok č. 8 - 3D model vegetácie
- Obrázok č. 9 - Záujmové územie v meste Prievidza
- Obrázok č. 10 - Časť prievidskeho námestia okolo roku 1929 na starej pohľadnici
- Obrázok č. 11 - Výstup v podobe planétky
- Obrázok č. 12 - Tvorba 3D modelu budovy
- Obrázok č. 13: - Detaily tvorby modelu
- Obrázok č. 14 - Model historického automobilu
- Obrázok č. 15 - Blok budov na západnej strane námestia
- Obrázok č. 16 - Postup pri tvorbe výsledného 3D modelu
- Obrázok č. 17 - Problematické zobrazenie nápisov v Lumione
- Obrázok č. 18 - Tvorba virtuálnej prehliadky
- Obrázok č. 19 - použitie farebného filtra pri tvorbe virtuálnej prehliadky
- Obrázok č. 20 - Digitálny 3D model námestia
- Obrázok č. 21 - Čiastkový 3D model sochy sv. Jána Nepomuckého
- Obrázok č. 22 - Pohľad na západnú stranu námestia
- Obrázok č. 23 - Farebná skica zachytávajúca južnú stranu námestia
- Obrázok č. 24 - Virtuálna prehliadka historickej podoby námestia v Prievidzi

Zoznam tabuliek

Tabuľka č. 1 - Cena vybraných programov určených na tvorbu virtuálnych prehliadok

Tabuľka č. 2 - Názvy hlavného prievidzského námestia

Zoznam príloh

Príloha č. 1: Modelované objekty

Príloha č. 2: Mestský dom

Príloha č. 3: DMT záujmového územia

Príloha č. 4: Detaily 3D modelu

Príloha č. 5: Malý štátny znak Československa

Príloha č. 6: Textúra dlažby na námestí

Príloha č. 7: Nastavenie polohy a intenzity slnka

Príloha č. 8: Použitie efektov zrážky a hmla

Príloha č. 9: Plán virtuálnej prehliadky

Príloha č. 10: Pohľad na Masarykovo námestie z veže farského kostola

Príloha č. 11: Masarykovo námestie – detail

Príloha č. 12: Severovýchodný kút Masarykovho námestia

Príloha č. 13: Južná strana Masarykovho námestia

Príloha č. 14: Kardošov dom (č. p. 428)

Príloha č. 15: Singerov dom (č. p. 324)

Príloha č. 16: Hotel Slávia (č. p. 322)

Príloha č. 17: Starý Mestský dom (č. p. 361)

Príloha č. 18: Stĺp najsvätejšej trojice

Príloha č. 19: Ceizelovský dom (č. p. 416)

Príloha č. 20: Budova Prievidzskej gazdovskej banky (č. p. 471)

Zoznam skratiek

2D	Dvojmerný (model)
2,5 D	Dvojmerný (model) s atribútom výšky
3D	Trojmerný (model)
4D	Štvormerný (model)
AV ČR	Akademie věd České republiky
B-rep	Boundary representation
CSG	Constructive solid geometry
č. p.	číslo parcely
DEM	Digital elevation model (digitálny výškový model)
DMP	Digitálny model povrchu
DMT	Digitálny model terénu
GB	Gigabite
GIS	Geografický informačný systém
GNSS	Global Navigation Satellite System (globálny navigačný polohový systém)
LIDAR	Light detection and ranging
LOD	Level of detail (úroveň detailnosti)
OS	Operačný systém
SW	Software
ŠÚ SR	Štatistický úrad Slovenskej republiky
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organizácia Spojených národov pre vzdelávanie, vedu a kultúru)
VÚGTK	Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický

1. ÚVOD

3D modelovanie zaznamenalo v nedávnej dobe dynamický rozvoj, súvisiaci so zdokonaľovaním softwarov špecializovaných na tvorbu samotných 3D modelov, ako i s vývojom softwarov či aplikácií podporujúcich zobrazovanie takýchto modelov a ich prezentovanie verejnosti. Dnes tvorba 3D modelov nachádza široké uplatnenie s presahom do rôznych oblastí života. Zobrazované pritom nie sú iba existujúce objekty, ale i zaniknuté objekty, či lokality, ktorých vzhľad sa výrazne zmenil. 3D vizualizácia je tak jedinečným spôsobom ako oživiť dnes už neexistujúcu podobu lokality, pričom existujú široké možnosti, ako výsledky takejto práce prezentovať, prípadne ďalej spracovávať – či už ide o online 3D modely, technológie 3D tlače alebo o virtuálnu realitu.

Hlavnou témou tejto bakalárskej práce je 3D rekonštrukcia časti historického jadra mesta Prievidza, v podobe, akú malo toto územie v roku 1929. Jedná sa o lokalitu, v ktorej došlo vplyvom viacerých faktorov k výrazným zmenám dotýkajúcim sa jej funkčného využitia i celkového vzhľadu. Keďže je pre dané územie dostupné pomerne široké množstvo materiálov (predovšetkým starých fotografií) vzťahujúcich sa k danému časovému obdobiu, bolo pre účely tejto práce zvolené ako modelové územie reprezentujúce ďalšie podobné lokality.

Okrem vyššie zmienených, je faktorom motivujúcim k tvorbe 3D rekonštrukcie práve tohto územia i autorov vzťah k lokalite a predovšetkým fakt, že napriek záujmu verejnosti o historickú podobu centra „starej Prievidze“ dosiaľ nebola vytvorená 3D rekonštrukcia tohto územia. Hlavným zámerom autora je preto vytvoriť na základe súčasných historických poznatkov s využitím dostupných dát a technológií čo najpresnejší ucelený obraz historickej podoby tejto lokality. Zároveň je cieľom autora zhodnotiť možnosti, ktoré v tomto smere ponúkajú súčasné technológie slúžiace na tvorbu, vizualizáciu a prezentáciu 3D modelov. Význam takejto práce bude spočívať vo vytvorení 3D rekonštrukcie zvoleného územia, ako dostupného a ľahko zrozumiteľného nástroja umožňujúceho rozvíjať súčasné historické povedomie širšej verejnosti.

1.1. Ciele práce

Snahou autora je dosiahnutie nasledujúcich čiastkových cieľov práce:

- I. Literárna rešerš venujúca sa problematike priestorovej rekonštrukcie miest a možnosti prezentácie modelov na internete
- II. Tvorba 3D modelu mesta a jeho vizualizácia
- III. Analýza aplikácií pre prezentáciu modelov na internete
- IV. Vizualizácia výsledného 3D modelu na internete vo vybraných aplikáciách

2. SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

2.1. Problematika 3D modelov

S rozvojom softwarov umožňujúcich tvorbu digitálnych 3D modelov objektov na prelome 20. a 21. storočia súvisí rastúci záujem o ich tvorbu. Do dnešnej doby tak vzniklo veľké množstvo digitálnych 3D modelov zachytávajúcich rôzne objekty a lokality. V tejto kapitole predstavíme problematiku súvisiacu s digitálnymi 3D modelmi, budeme sa venovať predovšetkým predstaveniu metód tvorby, vstupným podkladom pre túto tvorbu a tiež spôsobom ich prezentácie a využitia výsledného 3D modelu.

Rôznym spôsobom tvorby 3D modelov sa venuje mnoho odborných článkov. Cahyono a Hidayat (2017) napríklad pri tvorbe 3D dokumentácie kultúrneho dedičstva používajú pozemnú a leteckú fotogrametriu, zatiaľ čo Püschel, Sauerbier a Eisenbeiss (2008) kombinujú metódy pozemnej fotogrametrie a použitie dronu, pričom využívajú kontrolu na základe GNSS. Balsa-Barreiro a Fritsch (2018) sa venujú tvorbe detailných a vizuálne estetických modelov 3D budov miest, pričom navrhujú vlastnú pracovnú metodológiu zahŕňajúcu použitie laserového skenovania a digitálnej fotogrametrie.

Fritsch a Klein (2018) uvádzajú rôzne spôsoby tvorby 3D modelov a ako súčasť tvorby uvádzajú prácu so starými fotografiami. Tvorbe modelu zaniknutej budovy s pomocou jedinej starej fotografie sa venuje Styliadis (2008), ktorý sa zameriava na odhad parametrov skosenia takejto fotografie. Hanke, Moser a Rampold (2015) zas využívajú staré fotografie a 3D dokumentáciu z pozemského laserového skenovania pri tvorbe rekonštrukcie pôvodnej podoby interiéru. Vo svojej práci okrem iného načrtávajú možnosti približného určenia vnútornej a vonkajšej orientácie starej fotografie. Kalisperakis a kol. (2003) pri tvorbe modelu zaniknutej budovy zo starých fotografií kombinujú vlastný a komerčný software. Vizualizácii už vzniknutého modelu sa venujú Deggim a kol. (2017), ktorý približujú tvorbu vizualizácie hradu Siegesburg v severnom Nemecku pri ktorej použili software *Lumion*. Herman (2013) sa venuje adaptabilnosti vytvoreného modelu, pričom sa zaoberá napríklad osvetlením alebo skreslením.

Dôležitým aspektom 3D modelov je ich využitie. Zlatanova a Tempfi (2000) navrhujú integrovaný prístup tvorby dátového modelu pre 3D GIS, ktorý umožňuje vykonávať nad 3D modelom priestorovú analýzu. Gill a Lange (2015) popisujú softwary umožňujúce zdieľanie 3D modelov a ich zobrazovanie priamo na mieste ich skutočnej geografickej lokácie. Zameriavajú sa na možnosti, ktoré v tomto smere ponúkajú tablety a mobilné zariadenia a hodnotia pritom dostupnosť modelov i presnosť ich vizualizácie. Biljecki a kol. (2015) sa venujú rôznym možnostiam využitia 3D modelov miest. Celkovo uvádzajú 29 spôsobov využitia, medzi ktoré patrí napríklad klasifikácia typov budov, odhad spotreby energie, analýzy viditeľnosti, navigácia, 3D kataster a mnohé ďalšie. Rubinowicz a Czyńska (2015) využívajú 3D model mesta spoločne s LIDARovými dátami pri štúdiu a ochrane kultúrnej krajiny.

Na tvorbu 3D modelov sú tiež zamerané viaceré záverečné práce, ktoré túto problematiku skúmajú z rôznych pohľadov. Stručne preto priblížime aspoň niekoľko prác venujúcich sa špecificky 3D modelom zaniknutých budov, resp. lokalít.

Koucká (2011) sa zaoberá tvorbou 3D modelu zaniknutých častí mesta Dobříš, pričom výskum zameriava predovšetkým na porovnanie tvorby samotných objektov v dvoch rôznych

softwaroch, pričom jednotlivé objekty podrobne dokumentuje. Ako podklady pre modelovanie objektov využíva okrem iného staré fotografie a ďalšie archívne materiály. Vatalová (2017) sa venuje 3D vizualizácii hradu Brumov v rôznych časových obdobiach, pričom pozornosť tiež upriamuje predovšetkým na technickú stránku tvorby takejto vizualizácie. 3D model územia mesta Hradec Králové v 4 časových obdobiach je výsledkom práce Šrollerů (2019), ktorý sa primárne zameriava na možnosti využitia historických a geografických dát ako podkladov pre tvorbu. Častým predmetom výskumu sa stala taktiež rekonštrukcia zaniknutej vidieckej krajiny. Príkladom je práca Jelénka (2010), ktorý sa na príklade dvoch zaniknutých obcí okrem iného bližšie zameriava na polohové aspekty a tvorbu modelu terénu. Dědková (2012) vo svojej práci približuje nie len tvorbu modelov, ale tiež možnosti užívateľskej kognície vytvorenej vizualizácie. Možnosti prezentácie 3D modelu zaniknutej obce na webe analyzuje Polák (2019), ktorý berie ohľad taktiež na možnosti zobrazenia na mobilnom zariadení. Práve problematika prezentácie výsledkov sa v poslednej dobe dostáva na poli výskumu 3D modelovania do popredia. Príkladom môže byť práca Vavříka (2019), ktorý sa venuje prezentácii modelu historickej budovy v rozšírenej realite.

2.2. 3D modely miest

Spočiatku boli 3D modely tvorené za konkrétnym účelom častokrát na objednávku inštitúcií, firiem a súkromných osôb. Tvorba modelov miest ostávala doménou odbornej verejnosti, keďže neexistovala platforma v rámci ktorej by bolo možné vytvorené modely zdieľať a umiestňovať ich na základe geografickej lokácie. Takouto platformou sa stal napríklad virtuálny glóbus *Google Earth* umožňujúci zapojiť širokú verejnosť do tvorby 3D modelov miest (Limber a Simpson, 2009).

Pre väčšinu veľkomiest už dnes existuje digitálny 3D model zachytávajúci mesto, prípadne jeho časť. Niektoré modely sú súčasťou webových platforiem, ako je už spomínaný *Google Earth*, *Mapy.cz* či *OpenStreetMap*. My uvedieme niekoľko modelov, ktoré boli vytvorené samostatne nezávisle na týchto platformách.

V roku 2015 vznikol z iniciatívy miestnej samosprávy digitálny 3D model zachytávajúci mesto Helsínki. Tento model zachytávajúci plochu s rozlohou takmer 500 km² vznikol pomocou automatického generovania vyžadujúceho si minimum ľudského úsilia. Základným podkladom pre tvorbu boli dáta laserového skenovania územia z výšky 500 metrov. Textúrovanie modelu bolo následne možné uskutočniť pomocou leteckých snímok. Veľkou výhodou je, že model je voľne dostupný na webových stránkach mesta, čo umožňuje komukoľvek model skúmať. K základným funkciám v online prehliadači patrí možnosť vyhľadať budovu na základe jej adresy. Taktiež je možné nad modelom vykonávať najrôznejšie analýzy, ako sú napríklad hlukové modely využiteľné pri plánovaní koncertov a iných masových podujatí alebo analýza osvetlenia užitočná pri plánovaní inštalácie solárnych panelov. Taktiež je možné s pomocou špeciálneho nástroja vykonať povodňovú analýzu simulujúcu stúpanie hladiny oceánu a určiť tak lokality potencionálne najviac ohrozené týmto javom. 3D model Helsínk je tak konkrétnym príkladom toho, aké široké využitie môže 3D model mesta ponúkať. Uvádzaná presnosť modelu je 10 cm a v porovnaní s podobnými modelmi rovnakej lokality v aplikáciách *Google Earth* a

Apple Maps je nie len omnoho presnejší, ale po doplnení v roku 2017 aj aktuálnejší (City of Helsinki, 2019).

Ďalším príkladom otvoreného prístupu k užívateľom je model mesta Boston, ktorý vznikol v roku 2017 pod patronátom Bostonskej agentúry pre plánovanie a rozvoj. Jedná sa o inteligentný 3D model, ktorý bol vyvinutý v spolupráci s odborom inovácií a technológií mesta a spoločnosťou *ESRI*. Je zdarma k dispozícii verejnosti na webových stránkach agentúry a ako 3D mapu ho je možné stiahnuť a použiť s dizajnovo orientovaným softvérom ako napr. *AutoCAD* a *SketchUp* (Boston Planning and Development Agency, 2020).

Pre najväčšie švajčiarske mesto Zürich bol vytvorený 3D model takmer celého mesta obsahujúci približne 50 000 budov vymodelovaných v 3 úrovniach LOD. Model spravovaný spoločnosťou *Open Data Zürich* a je na základe licencie pre verejnosť voľne dostupný a zdieľateľný, a to dokonca aj komerčne. Okrem možnosti pozrieť si interaktívnu mapu je možné stiahnuť súbory údajov v rôznych formátoch z webovej stránky *Open Data Zürich*. (Stadt Zürich, 2020.)

Popri modeloch svetových metropol existuje viacero 3D modelov českých a slovenských miest. Najrozsiahljším je digitálny 3D model Prahy vytvorený mestským inštitútom plánovania a rozvoja. Tento model vznikol v rokoch 2000 až 2008 fotogrametrickým vyhodnotením leteckých snímok. Model bol viackrát aktualizovaný, pričom posledná aktualizácia dát zástavby prebehla v roku 2016. Presnosť tohto modelu je udávaná na 0,5 metra pre objekty a 1 m pre terén (Institút plánování a rozvoje hlavního města Prahy, 2020). Podobne, ako v prípade modelu Helsínk je možné aj model Prahy na príslušnej webovej stránke voľne prehliadať a vykonávať rozličné analýzy. Nevýhodou je, že model Prahy neobsahuje textúry a dá sa konštatovať, že ho v tomto smere zastupujú modely z webov *Google Earth* a *Mapy.cz*. Tieto spoločnosti stoja taktiež za tvorbou modelov väčšiny veľkých českých a slovenských miest. Okrem Prahy stojí za zmienku taktiež interaktívny 3D model Banskej Bystrice vytvorený v prostredí *ArcGIS* online. Model ktorý pokrýva územie celého mesta sa skladá z takmer 19 000 stavieb a jeho súčasťou sú aj textúry. (Banská Bystrica, 2020).

2.3. 3D modely historickej podoby miest

Existujú taktiež digitálne 3D modely miest, ktoré nezachytávajú ich súčasnú podobu, ale boli vytvorené v snahe o zachytenie podoby danej lokality v určitom časovom momente. Takéto modely sú tak účinným nástrojom oživujúcim minulosť, ich tvorba je však náročná, keďže je nutné nájsť čo najviac vstupných dát zodpovedajúcich danému obdobiu a neraz je tiež potrebná úzka spolupráca s odborníkmi na históriu modelovanej lokality.

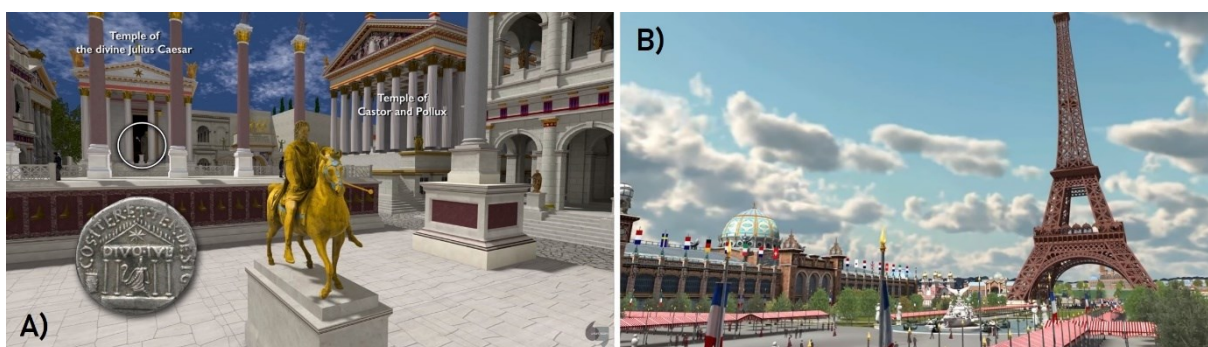
Najčastejšie sa s príkladmi takýchto modelov môžeme stretnúť v lokalitách významných pre pochopenie dejín oblasti, ako sú archeologické náleziská a mestá s bohatou históriou. Príkladom môže byť model mesta Ur v podobe spred približne 4000 rokov, modely starovekého Babylonu, Alexandrie, Atén, či Pompejí (Realm of History, 2017).

Spomedzi antických lokalít si zvláštnu pozornosť zaslúži digitálny 3D model mesta Rím. Model, ktorý zachytáva Rím v roku 320 n. l. bol vytvorený v rámci projektu *Rome Reborn* tímom 3D modelárov a vedcov z americkej spoločnosti *Flyover Zone*. Prvá verzia modelu vznikla v roku 2007, zatiaľ čo posledná pochádza z roku 2012. Hoci verejnosti voľne dostupná je len trial verzia

modelu zachytávajúca Rímske Fórum, na webových stránkach projektu je zverejnená séria videí, ktoré predstavujú prehliadky rôznych lokalít mesta ako napríklad Koloseum, cisárske fóra, cisársky palác, či Panteón. Tieto videá sú doplnené o odborný výklad a obsahujú informácie o jednotlivých objektoch (obrázok č. 1A). Autori osobitne mysleli na študentov, pre ktorých sú určené kvízy umožňujúce overiť si nadobudnuté znalosti o starovekom Ríme. Do mesta v jeho starovekej podobe je možné nahliadnuť taktiež pomocou virtuálnej reality (Rome Reborn, 2020).

Pre niektoré mestá bol vytvorený 3D model, ktorý ich približuje vo viacerých časových obdobiach. Príkladom takéhoto modelu je digitálny 3D model Paríža vytvorený spoločnosťou *Dassault Systèmes*. Model tvorený v spolupráci s odborníkmi z oblasti histórie, urbanizmu či architektúry zachytáva rozličné lokality mesta v rozličných časových obdobiach. Užívateľ si tak napríklad môže spraviť predstavu o tom, ako vyzerala výstavba katedrály Notre Dame v 12. až 14. storočí, okolie pevnosti Bastila v čase francúzskej revolúcie, či svetová výstava (obrázok č. 1B) z roku 1889. (Dassault Systèmes, 2020).

Obrázok č. 1: Digitálny 3D Model historickej podoby mesta – A) Rím v roku 320 B) Paríž v roku 1889



Zdroj: YouTube

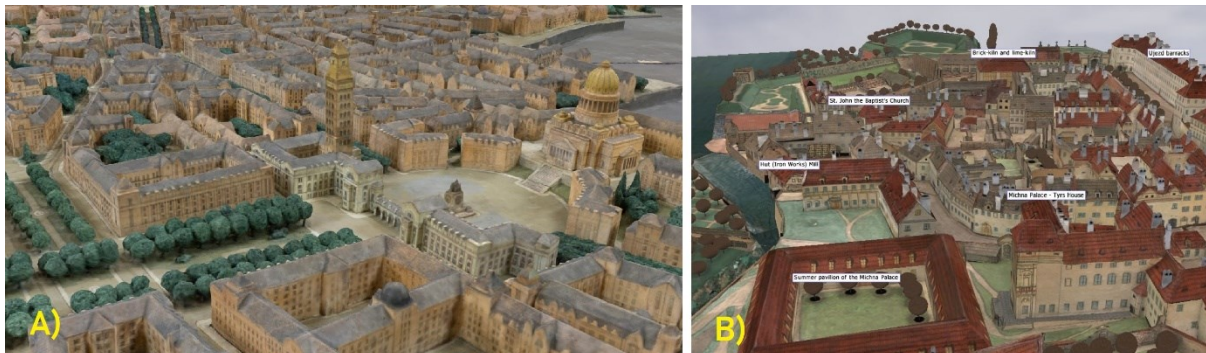
Súčasťou už spomínaného projektu digitálneho 3D modelu Helsínk je model zachytávajúci podobu tohto mesta v roku 1915 (obrázok č. 2A) vytvorený na základe historického mierkového modelu.

Z územia Česka je zaujímavým prípadom tvorby digitálneho 3D modelu historickej podoby mesta digitalizácia Langweilovho modelu Prahy. Antonín Langweil zhotovil tento unikátny model ručne z papierovej lepenky medzi rokmi 1826 až 1837. Podrobný model zachytávajúci historické jadro Prahy zhotovený v mierke 1:480 obsahuje viac ako 2000 budov a rozkladá sa na ploche približne 20 m². Po smrti autora sa dostal Langweilov model Prahy do vlastníctva mesta. V roku 2006 zahájil pražský magistrát v spolupráci s Múzeom hlavného mesta Prahy projekt digitalizácie Langweilovho modelu. Digitalizácia prebehla prostredníctvom skenovania povrchu a fotografovania textúr a jej výsledok (obrázok č. 2B) je dnes súčasťou expozície Muzea hlavného mesta Prahy (Jan Buriánek, 2009).

V rámci projektu *Internetová encyklopédia dejín Brna* vznikol digitálny 3D model zachytávajúci podobu mesta v troch časových obdobiach – na konci 14. storočia, v roku 1645 a v polovici 18. storočia. Model bol vytvorený kolektívom autorov v spoločnosti *Archaia Brno*, ktorí pri tvorbe vychádzali z historických plánov, vedút mesta ale tiež z novších plánov

Stabilného katastra. Model je možné na príslušnej webovej stránke stiahnuť a zobraziť pomocou aplikácie *Google Earth* (Archaia Brno, 2020).

Obrázok č. 2: Digitalizované historické 3D modely miest - A) Helsinky v roku 1915 B) Praha v roku 1837



Zdroj: *City of Helsinki; Jan Buriánek*

Viacero ďalších digitálnych 3D modelov zachytáva historickú podobu iných ako mestských lokalít. Príkladom môže byť model zaniknutého Ostrovského kláštora a obce Sekanka (2015), ktorý vznikol na katedre Aplikované geoinformatiky a kartografie prírodovedecké fakulty Univerzity Karlovy v Prahe. Tento model bol vytvorený v spolupráci s archeológmi na základe archeologických prieskumov, geodetických meraní, laserového merania a leteckého snímkovania. Model je originálny tým, že okrem exteriérov boli modelované interiéry (Laštovička, Štych, Palatý, 2019). Ďalší model ktorý vznikol na uvedenej katedre zachytáva Obec Dolní Vltavice, ktorá bola z časti zatopená pri stavbe Vodného diela Lipno. Podkladom pre tvorbu tohto modelu boli okrem iného historické snímky a pohľadnice (Štych, Kryshenyk, Laštovička, 2016). Príkladom praktického využitia je 3D model hradu Bouzov v podobe z roku 1895, ktorý vznikol na Univerzite Palckého v Olomouci. Tento model bol vytlačený na 3D tlačiarňi a stal sa súčasťou hradnej expozície (Univerzita Palackého v Olomouci, 2020).

2.4. Vizualizácia na internete

Existujú rôzne spôsoby, ako vizualizáciu lokality prezentovať v prostredí webu. Otvorené online knižnice 3D objektov alebo digitálne glóbusy sú v tomto prípade na rozdiel od prezentácie digitálnych 3D modelov samostatných objektov väčšinou nevhodné. Dôvodom je okrem veľkého dátového rozsahu predovšetkým fakt, že vizualizácie obsahujú pohyb a rôzne efekty, ktoré napríklad pri v digitálnom glóbuse nie je možné zobraziť. K najčastejším spôsobom ako vizualizáciu prezentovať tak patrí video. Jeho výhodou je predovšetkým pomerne nenáročná tvorba ale tiež fakt, že užívateľovi je poskytnutý pohľad na tie časti vizualizácie, ktoré zvolí jej autor. Na druhej strane však chýba možnosť priamej interakcie užívateľa. Ďalšou možnosťou je výstup vo forme virtuálnej prehliadky.

2.4.1. Virtuálne prehliadky

Virtuálna prehliadka je moderná forma prezentácie ktorej základom sú panoramatické snímky. Najčastejšie sa používajú panorámy s rozsahom 180/360°. Jednotlivé panorámy je možné prepojiť a vložiť do nich napríklad hudbu, fotografie, text alebo video. Užívateľ má tak možnosť nie len pohybovať sa ľubovoľne medzi vzájomne prepojenými panorámami, ale tiež môže nadobudnúť informácie vzťahujúce sa napríklad k objektom ktoré sú v rámci virtuálnej prehliadky zobrazené (Wikipedia, 2020). Virtuálnu prehliadku je potom možné pomocou využitia technológií založených na 3D vneme ponúknuť užívateľovi vo vyššej úrovni virtuálnej reality.

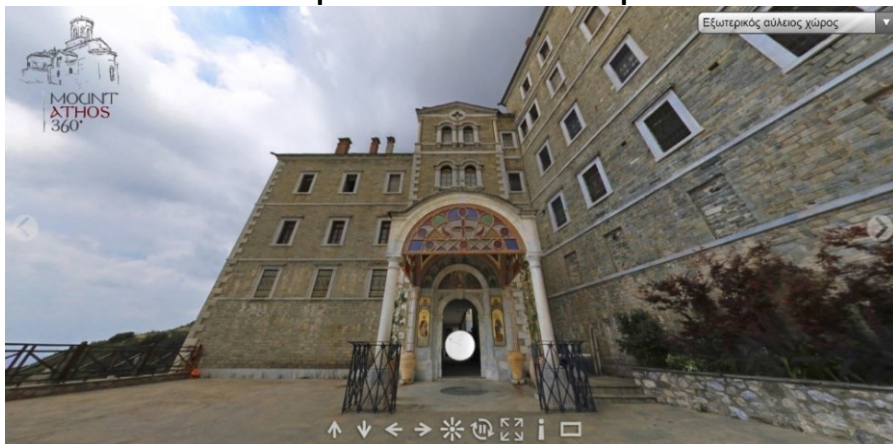
K najčastejšie používaným 3D prehliadkam patrí virtuálna prehliadka *Street View*, ktorá je súčasťou máp *Google* od roku 2007. Spočiatku bola služba *Street View* dostupná pre územie USA, no postupne sa rozšírila do ďalších častí sveta. Prvé virtuálne prehliadky vzťahujúce sa k územiu Česka boli zverejnené v roku 2009, v prípade Slovenska to bolo v roku 2012. V súčasnosti je *Street View* dostupný aj ako mobilná aplikácia pre OS *Android* a *iOS* (Wikipedia, 2020).

Virtuálne prehliadky sú dnes ako moderný propagačný nástroj často využívané napríklad v marketingu, cestovnom ruchu alebo pri predaji nehnuteľností. Nemusia však byť používané len podnikateľskými subjektami. Čoraz častejšie takýto spôsob prezentácie využívajú verejné inštitúcie, ako napríklad obce múzeá a galérie.

Zaujímavým príkladom je virtuálna prehliadka samosprávnej republiky Athos, ktorá je súčasťou Grécka. Polostrov Athos je územím, ktoré je pre návštevníkov veľmi ťažko prístupné. Jeho obyvateľmi sú prakticky výlučne pravoslávny mnísi obývajúci niekoľko kláštorov a pustovní. V záujme zachovania životného štýlu tamojších obyvateľov a v snahe ochrániť kultúrne dedičstvo je tak na Athos dlhodobo povolený vstup len malému počtu turistov, aj to iba dospelým mužom (UNESCO World Heritage Center, 2020).

Projekt bol dokončený v roku 2020 a prostredníctvom 204 panorám ponúka virtuálnu prehliadku 20 kláštorov a niekoľkých ďalších obydľí, ktoré sú zapísané na zozname UNESCO (obrázok č. 3). Virtuálna prehliadka sa tak v tomto prípade stáva jedinečným spôsobom, ako túto lokalitu priblížiť širokej verejnosti. (Mount Athos 360, 2020).

Obrázok č. 3: Virtuálna prehliadka kláštora na polostrove Athos



Zdroj: MountAthos360

Vyššie spomenuté virtuálne prehliadky sú tvorené panorámami, ktoré zachytávajú reálnu podobu lokality, avšak takouto formou je možné prezentovať aj vizualizácie založené na digitálnych 3D modeloch. Príkladom je virtuálna prehliadka mesta Chrudim, ktorá bola z iniciatívy mesta vytvorená súkromnou spoločnosťou. Jej základom je digitálny 3D model, ktorý zachytáva Chrudim v roku 2015. Model je graficky abstrahovaný a obsahuje minimum textúr, avšak jeho polohová presnosť údajne dosahuje 10 cm. Prístup k samotnej virtuálnej prehliadke skladajúcej sa z 20 panorám je na webovej stránke mesta. (Chrudim 2015, 2015).

Popri virtuálnym prehliadkam zachytávajúcej súčasnú realitu existuje viacero virtuálnych prehliadok zobrazujúcich zaniknutú podobu lokalít. Tie sú však často obmedzené napríklad na priestor múzea, kde sú súčasťou expozície a len časť z nich je dostupná na internete. Ako príklad voľne dostupnej virtuálnej prehliadky je možné uviesť mesto Slaný. Výsledkom projektu založeného na spolupráci Archeologického ústavu AV ČR, Vlastivedného múzea Slaný a mestského úradu Slaný je virtuálna prehliadka zachytávajúca podobu mesta s jeho opevnením v roku 1602 (obrázok č. 4). Prehliadka obsahuje celkovo 8 panorám. Dostupná je vo forme mobilnej aplikácie pre prístroje s OS *Android*, voľne stiahnuteľnej z online distribučnej platformy *Google Play*, z webových stránok vlastivedného múzea a archeologického ústavu a taktiež miestneho infocentra (Infocentrum Pod Velvarkou branou ve Slaném, 2019).

Obrázok č. 4: Mesto Slaný v roku 1602 – A) digitálny 3D model B) virtuálna prehliadka



Zdroj: Infocentrum Pod Velvarkou branou ve Slaném

2.4.2. Možnosti tvorby a prezentácie virtuálnych prehliadok

Spôsoby, ako virtuálne prehliadky vytvárať a následne ich vizualizovať sú rôzne. Mnoho súkromných firiem postavilo svoju existenciu práve na vytváraní virtuálnych prehliadok na objednávku. Takto doposiaľ vzniklo mnoho prehliadok hotelov, reštaurácií, múzeí či nehnuteľností.

Existujú však možnosti, ako bez potreby využitia služieb špecializovanej firmy vytvoriť vlastnú virtuálnu prehliadku s pomocou nástrojov dostupných na webe. Dnes je možné pre tvorbu virtuálnej prehliadky využiť niektorý z desiatok dostupných softwarov, aplikácií a platforiem. Na úvod je nutné uviesť, že v praxi môžu byť programy umožňujúce tvorbu virtuálnych prehliadok zamieňané s aplikáciami, ktoré slúžia na prehliadanie panorám a neumožňujú ich vzájomné prepájanie. Tento problém sa v praxi prejavuje tým, že niektoré programy slúžiace na tvorbu virtuálnych prehliadok (napríklad Marzipano) zvyknú byť

označované ako prehliadače panorám. Situáciu ešte viac komplikuje fakt, že napríklad Ocurus umožňuje tvorbu virtuálnych prehliadok len pri použití platenej verzie, zatiaľ čo zdarma ho je možné využiť prakticky len na zobrazenie panorám (Ocurus 2020). Vytvoriť kompletný zoznam programov umožňujúcich tvorbu virtuálnej prehliadky je tak prakticky nemožné a okrem vyššie zmienených faktorov je príčinou taktiež skutočnosť, že neustále vznikajú nové programy, resp. niektoré programy už časom zanikli.

Predstavíme preto stručný prehľad v súčasnosti existujúcich programov, ktoré vo verzii dostupnej zdarma umožňujú tvorbu virtuálnych prehliadok a neslúžia len ako prehliadače panorám, patrí sem:

- Google Tour Creator
- VeeR Experience
- Marzipano
- Orbix360
- Theasys
- Matterport
- CloudPano
- Kuula
- Cupix
- NockNock
- Panoskin
- My360
- Pano2VR
- 3DVista

Tieto programy je možné rozdeliť na základe niekoľko kritérií, a to:

- 1.) dostupnosť
- 2.) užívateľská náročnosť
- 3.) možnosti tvorby
- 4.) grafické rozhranie a požiadavky na hardware

Prvým dôležitým kritériom je dostupnosť. Je dôležité akým spôsobom a za akú cenu je možné daný program využívať. V zásade platí, že každá dostupná platforma má vlastnú webovú stránku umožňujúcu užívateľom jej využívanie. V niektorých prípadoch, ako je napríklad *Marzipano* nie je potrebné sa pre použitie programu prihlasovať, vo väčšine iných prípadov to však je nutnosťou. Cenová dostupnosť (Tabuľka č 1) býva obvykle komplexnejšou záležitosťou. Niektoré programy, ako napríklad *Google Tour Creator*, *Theasys* alebo o *Orbix360* sú zdarma, avšak častokrát bývajú dostupné rôzne verzie programu, ktoré sa cenovo líšia. Napríklad v prípade *PANO2VR* existuje verzia *LIGHT* v hodnote 149 € a verzia *PRO* v hodnote 349 €. Podobne napríklad *Cupix* ponúka 4 rôzne licencie líšiacie sa množstvom povolených vložených dát. Zatiaľ čo 3 nové virtuálne prehliadky mesačne s maximálnym rozsahom 3 GB je možné vytvárať prezentovať zdarma, za 190 \$ je možné tvoriť a prezentovať neobmedzené množstvo prehliadok s rozsahom väčším ako 30 GB. *3D Vista* zas umožňuje na 30 dní zdarma stiahnuť trial verziu, obsahujúcu rovnaké nástroje ako plná verzia, nie je však možné výsledky tvorby zdieľať.

Ďalším z kritérií je užívateľská náročnosť daného programu. Zatiaľ čo napríklad tvorba prostredníctvom programov *VeeR Experience* alebo *Marzipano* je pomerne jednoduchá, v prípade *PANO2VR* alebo *3DVista* e tvorba podstatne náročnejšia a užívateľ zvyčajne potrebuje viac času na zoznámenie sa s programom.

Dôležitým kritériom sú možnosti tvorby, ktoré daný program ponúka. Do virtuálnej prehliadky je možné vkladať rôzne vrstvy. Okrem samotných panorám sú to predovšetkým body záujmu (hotspots). Tieto body záujmu umožňujú prechod medzi jednotlivými panorámami

(travel hotspots), zobrazovanie informácií v podobe textu, obrázkov, videa alebo odkazu na webovú stránku (info hotspots). Niektoré programy umožňujú body záujmu graficky upravovať a meniť tak napríklad ich tvar, veľkosť sklon. Do virtuálnych prehliadok je tiež možné vložiť napríklad audio, mapy a plány zobrazujúce polohu jednotlivých panorám, prípadne ďalšie interaktívne prvky. V prípade niektorých programov je možné previesť virtuálnu prehliadku do rozšírenej reality. Okrem 360° panorám je možné podobným spôsobom upravovať aj 360° video.

Kritériom pri výbere najvhodnejšieho programu pre tvorbu panorám býva zvyčajne taktiež grafické rozhranie. Tu zvyčajne závisí od požiadaviek autora. Okrem spomenutých kritérií a úlohu pri výbere vhodného programu zohrávajú taktiež požiadavky na hardware. Na toto posledné dve uvedené kritériá je nutné hľadieť predovšetkým v prípade virtuálnych prehliadok zložených z panoramatických videí.

Niektoré programy sú špecializované na určitý spôsob prezentovania virtuálnych prehliadok. Napríklad *GoThru* umožňuje vkladať prehliadky do *Google maps*, *Roundme* sa zameriava na panorámy zachytávajúce rôzne turisticky zaujímavé miesta a ich prezentáciu a *Cupix* je vhodný na prezentáciu postupu výstavby alebo rekonštrukcie, keďže umožňuje zobrazíť viac virtuálnych prehliadok súčasne.

Tabuľka č. 1: Cena vybraných programov určených na tvorbu virtuálnych prehliadok

program	cena		
	trial verzia	základná verzia	rozšírené verzie
Google Tour Creator	-	ZDARMA	-
VeeR Experience	-	ZDARMA	-
Marzipano	-	ZDARMA	-
Orbix360	-	ZDARMA	-
Theasys	-	ZDARMA (na 1 mesiac)	20 \$ mesačne
Matterport	-	ZDARMA	9 – 275 € mesačne
CloudPano	-	ZDARMA (na 120 dní)	10 – 33 \$ mesačne
Kuula	-	ZDARMA	12 – 36 \$ mesačne
Cupix	ZDARMA	-	29 – 159 \$ mesačne
NockNock	ZDARMA	10 \$ mesačne	250 \$
Panoskin	-	ZDARMA	20 \$ mesačne
My360	ZDARMA	39 – 49 € mesačne (závisí na spôsobe použitia)	
Pano2VR	ZDARMA	149 €	349 €
3DVista	ZDARMA (na 30 dní)	499 €	

Zdroj: *Google Tour Creator, VeeR Experience, Marzipano, Orbix360, Theasys, Matterport, CloudPano, Kuula, Cupix, NockNock, Panoskin, My360, Pano2VR, 3DVista; vlastná tvorba*

Napriek tomu, že všetky programy fungujú na podobnom princípe a umožňujú tvorbu rovnakého typu výstupu – virtuálnej prehliadky, navzájom sa líšia grafickým rozhraním ako i možnosťami tvorby ktoré ponúkajú. Práve tieto možnosti tvorby budú v praktickej časti tejto bakalárskej práce porovnávané na príklade troch testovaných programov.

Pri výbere programov, ktoré budú testované boli zohľadnené vyššie uvedené kritériá. Prvým kritériom bola cena. Práve cena totiž zohrávala zásadnú úlohu pri voľbe programov, ktoré mohli byť testované. Výber sa tak zúžil na programy, ktorých základná verzia je dostupná zdarma. Nemohli preto byť použité programy ako *Cupix*, *My360* alebo *Pano2VR*, keďže tie ponúkajú len skúšobnú verziu ktorá neobsahuje všetky dostupné funkcie. Ďalším kritériom bolo, aby bol program užívateľsky zrozumiteľný aj pre začiatočníkov, keďže väčšinou nie je možné venovať zoznamovaniu sa užívateľa s daným programom viac ako niekoľko hodín.

Nakoniec boli zvolené programy *Marzipano*, *Orbix360* a *Kuula*. Jedná sa o programy, ktoré sú v základnej verzii dostupné zdarma a zároveň sú užívateľsky zrozumiteľné.

3. TEORETICKÝ KONCEPT

3.1. 3D model

Ústrednou témou tejto bakalárskej práce je 3D model. Jeho tvorbe, vizualizácii, špecifikám, ako i využitiu bola venovaná už predchádzajúca kapitola. Pre pochopenie problematiky 3D modelov je však nevyhnutné stručne priblížiť nedávny technologický vývoj v tejto oblasti a tiež vymedziť základné termíny úzko súvisiace s touto problematikou.

Spočiatku bola geoinformatika vedou založenou na princípe 2D reprezentácie. Prostredie 2D však bolo nepostačujúce pre plnohodnotné vyjadrenie reality v priestore, a tak vznikol 2,5D model u ktorého je tretí – spravidla výškový rozmer uložený ako atribút a nie ako priestorový údaj (Delaney, 1999). Pri reprezentácii konkrétnych objektov má však 2,5D zobrazenie viaceré nedostatky, ako napríklad chýbajúcu možnosť vyjadrenia textúr (Cambray, 1993). Tieto nedostatky prekonáva až 3D model, ktorý vyjadruje trojrozmernosť prostredníctvom troch priestorových súradníc (x , y , z). V súčasnosti je možné definovať taktiež 4D model. V takomto prípade je štvrtý – časový rozmer zastúpený údajmi o časových zmenách geometrie objektov v priestore (Cory, 2001).

V tejto bakalárskej práci sa budeme venovať primárne vizualizácii modelov v 3D priestore a v pevne stanovenom časovom momente.

3.2. Tvorba 3D modelu

Proces tvorby 3D modelu, ako tvorbu matematickej reprezentácie trojrozmerného povrchu objektu prostredníctvom špecializovaného softwaru nazývame 3D modelovanie (slovník VÚGTK). Remondino a El-Hakim (2006) považujú 3D modelovanie objektu za úplný proces, začínajúci zberom dát a končiaci vizuálne interaktívnym 3D modelom v počítači.

Existuje množstvo rôznych spôsobov tvorby a vizualizácie 3D modelov. Ako uvádza Tomášek (2011) svoju úlohu zohráva už to, aké dáta sú pre tvorbu 3D modelu použité, keďže rôzne druhy dát sa líšia kvalitou ako i spôsobom ich získania. Medzi bežne používané typy dát patria predovšetkým pozemné, panoramatické a letecké snímky, no nemožno zabúdať ani na dáta získaných s pomocou technológií využívajúcich laserové skenovanie, napríklad z LIDARu (Fritch a Klein, 2018). V praxi sa často rozličné typy vstupných dát kombinujú za účelom efektívneho dosiahnutia požadovaného výsledku.

Samotná tvorba 3D modelu potom môže prebiehať rôznymi metódami. Zatiaľ čo súčasťou počítačom podporovaného kreslenia (prostredí) je používanie mapových podkladov, pozemného snímkovania a geodetického merania, použitie video záznamu je založené na práci s nahrávkou získanou s pomocou videokamery umiestenej na vozidle alebo drone. Hoci techník tvorby 3D modelov existuje v súčasnosti veľké množstvo a stále dochádza k ich zdokonaľovaniu, princípy ostávajú v zásade nemenné.

3.3. Detailnosť 3D modelu

Faktorom ovplyvňujúcim tvorbu modelu je i požadovaná úroveň detailnosti, akú má výsledný model dosahovať. Táto úroveň detailnosti býva označovaná ako level of detail (LOD).

V prípade detailnosti budov existuje niekoľko stupňov LOD. Najčastejšie býva použité delenie vyvinuté Nemeckou špeciálnou záujmovou skupinou pre 3D (Albert a kol., 2003), ktoré obsahuje 5 úrovní LOD (obrázok č. 5). V prípade tejto klasifikácie do úrovne LOD0 spadá znázornenie stopy polygónov budovy na pomedzí 2D a 3D, zatiaľ čo do úrovne LOD4 môžeme zaradiť architektonicky podrobný model zahŕňajúci i vnútorné prvky budovy (Kolbe, 2009). Toto delenie je populárne a často používané, no má aj nedostatky. Napríklad rozdiely medzi jednotlivými úrovňami sú pomerne nedostatočne špecifikované. Preto Biljecki a kol. (2016) túto klasifikáciu vylepšili a predstavili množinu 16 LOD zameraných na stupeň vonkajšej geometrie budov.

LOD je jedným z parametrov, ktorými je možné jednoznačne charakterizovať detailnosť konkrétneho 3D modelu.

Obrázok č. 5: 5 základných úrovní LOD



zdroj: Biljecki a kol. (2016)

3.4. 3D model mesta

Mesto, ako častý predmet výskumu rozličných vedných odborov vrátane geografie, histórie, architektúry, či archeológie, sa prirodzene stalo jedným z najčastejších objektov záujmu rozvíjajúceho sa odboru 3D vizualizácie. Ako uvádzajú Hofierka a Kaňuk (2010) „Virtuálny 3D model mesta môžeme charakterizovať ako špecifický digitálny model urbanizovanej krajiny, ktorý využíva priestorovú reprezentáciu objektov, ich vlastností a priestorových vzťahov.“ Medzi takto zobrazované objekty patria predovšetkým budovy, prípadne objekty menších rozmerov – napríklad sochy či stĺpy. Častou súčasťou virtuálneho 3D modelu mesta sú však i reprezentácie vegetácie a vodných plôch. Menej často sú súčasťou takéhoto modelu staticky znázornené osoby, zvieratá, či dopravné prostriedky.

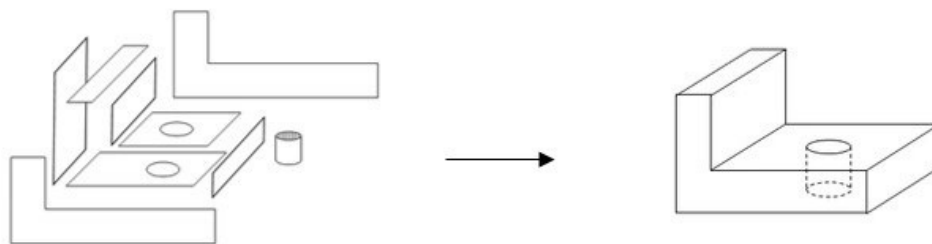
3.4.1. 3D budovy

Ako už bolo spomenuté v predchádzajúcej kapitole, 3D budovy tvoria základ virtuálnych 3D modelov miest. Metód, ako digitálne 3D reprezentácie budov vytvárať je niekoľko. Dvoma hlavnými metódami v súčasnosti používanými v softwaroch pri rekonštrukcii 3D budov sú Boundary Representations (B-Rep) a Constructive Solid Geometry (CSG) (Cambray, 1993).

Metóda B-Rep (obrázok č. 6) definuje objekty pomocou ich hraničných povrchov, pričom rozlišuje geometriu od topológie (Koussa, Koehl, 2009). Táto metóda je teda vhodná na konštrukciu zložitých objektov a jej výhodou je predovšetkým to, že povrchy objektov sú presne

definované. Medzi nevýhody patrí pomerne zdĺhavá konštrukcia a vzhľadom na vysoký objem dát i vyššie požiadavky na úložný priestor (Koussa, Koehl, 2009).

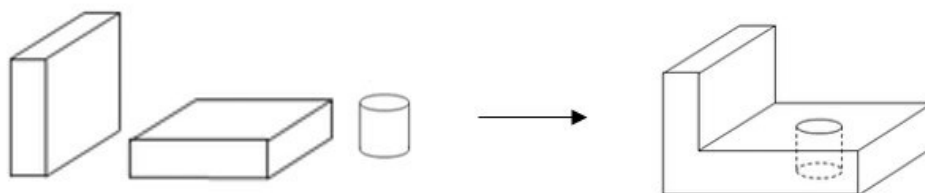
Obrázok č. 6: Metóda B-Rep – objekt definovaný povrchom



zdroj: Researchgate, vlastné spracovanie

V prípade metódy CSG (obrázok č. 7) sú objekty definované pomocou jednoduchých telies (kocka, kváder, valec atď.) (Napsiah, Nooh, 1997), ktoré sú na základe tejto metódy kombinované pomocou booleovských operácií (prienik, zjednotenie, rozdiel) (Koussa, Koehl, 2009). Ako uvádza Brenner (2004) výhodou tejto metódy je predovšetkým jednoduchšia tvorba. Naopak nevýhody predstavuje nižšia presnosť ako i to, že chýba formálny popis hraníc objektu (Koussa, Koehl, 2009).

Obrázok č. 7: Metóda CSG – objekt zložený z jednoduchých telies



zdroj: Researchgate, vlastné spracovanie

V praxi sa najčastejšie používa hybridný prístup (CSG-BRep) kombinujúci výhody oboch vyššie zmienených metód. Pri jeho použití je však potrebné zachovanie súladu medzi oboma metódami (Koussa, Koehl, 2009).

3.4.2. 3D vegetácia

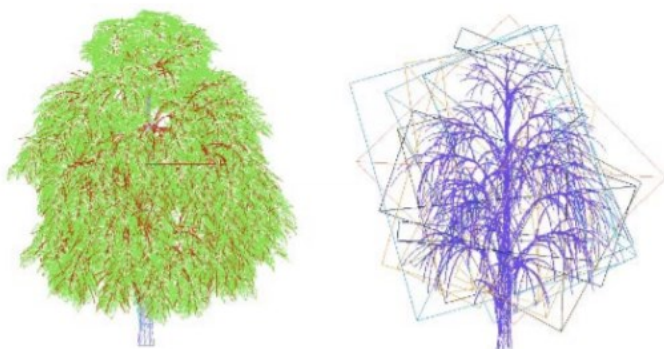
Možnosti vytvárania 3D modelov vegetácie je podobne ako v prípade budov niekoľko, avšak vzhľadom na zložitú štruktúru je tvorba čo najrealistickejších vizualizácií vegetácie výzvou (Pettit a kol., 2009). Problémy predstavuje predovšetkým časová náročnosť a dátový rozsah takejto tvorby. V takomto prípade je síce možné použiť metódy B-Rep a CSG, no aby si tvorba modelu nevyžadovala extrémne veľa času, ich použitie predpokladá značnú generalizáciu drobných prvkov, ako sú listy a kvety. Pettit a kol. (2009) uvádza medzi základnými spôsobmi na dosiahnutie uspokojivej vizualizácie vegetácie predovšetkým obrazové modely a billboardové mračná (mračná vrstiev).

Obrazový model spočíva v zjednodušení 3D modelu na množinu rovín s (lokálne priehľadnou) textúrou. Roviny sú zvyčajne zvislé a vzájomne kolmé. Jedná sa o metódu, ktorej nevýhodou je, že nedokáže poskytnúť presnú vizuálnu reprezentáciu zložitých objektov.

Niektoré programy v snahe prispôbiť model pohľadu užívateľa umožňujú automatické otáčanie rovín, čo ale spôsobuje, že model vyzerá zo všetkých strán rovnako (Pettit a kol., 2009).

Rozšírením obrazového modelu o ďalšie roviny vznikajú billboardové mračná (mračná vrstiev), umožňujúce detailnejšie zobrazenie reality. Takéto mračná je možné kombinovať s polygónovým modelom (obrázok č. 8), vďaka čomu je možné reprezentovať geometricky komplexné objekty nezávisle od ich zložitosti a zároveň zachovať jednotný charakter 3D objektu. Obdobou billboardových mračien sú volumetrické (objemové) billboardy, fungujúce na podobnom princípe. Rozdielom je, že takéto billboardy nemajú charakter roviny, ale jedná sa o objemové 3D bunky (Decaudin, Neyret, 2009).

Obrázok č. 8: 3D model vegetácie



zdroj: Pettit a kol., 2009

3.4.3. Digitálny model terénu a jeho druhy

Nevyhnutnou súčasťou tvorby 3D modelu určitej lokality je okrem reprezentácií jednotlivých objektov taktiež reprezentácia terénu. V tejto súvislosti existuje niekoľko druhov digitálnych modelov využívaných v prostredí GIS.

Digitálny model terénu (DMT) je podľa slovníka VÚGTK (2020) možné definovať ako digitálnu reprezentáciu zemského povrchu v pamäti počítača, zloženú z dát a interpolačného algoritmu, ktorý, okrem iného, umožňuje odvodzovať výšky medziľahlých bodov. Rovnaký slovník uvádza i definíciu digitálneho výškového modelu (DEM), ktorý definuje ako digitálny model reliéfu pracujúci výhradne s nadmorskými výškami, resp. ako dátovú sadu výškových hodnôt, ktoré sú algoritmicky priradené k dvojrozmerným súradniciam. Existuje i digitálny model povrchu (DMP). Jedná sa o zvláštny prípad DMT, ktorý zobrazuje povrch terénu a vrchné plochy objektov na ňom. Takýto model je spravidla konštruovaný s využitím automatických prostriedkov (slovník VÚGTK, 2020).

3.5. Využitie 3D modelu

Bez ohľadu na to, z akých dát a akým spôsobom 3D model vznikol, predpokladá sa jeho ďalšie využitie. Oblasť využitia 3D modelov delí Shiode (2000) do štyroch kategórií:

- 1.) plánovanie a projektovanie,
- 2.) infraštruktúra a služby,
- 3.) komerčný sektor a marketing
- 4.) propagácia a získavanie informácií

Ako uvádzajú Remondino a El-Hakim (2006), zásadný rozvoj vo využívaní 3D modelov nastal v oblasti digitálneho archivovania kultúrneho dedičstva, pričom uplatnenie spočíva napríklad v oblastiach ako sú virtuálny cestovný ruch, či vzdelávanie.

Spôsoby využitia môžeme rozdeliť na pasívne, aktívne a interaktívne (Tomášek, 2011). Zatiaľ čo pasívne aplikácie užívateľovi neumožňujú ľubovoľne sa pohybovať a pripomínajú film, s aktívnymi aplikáciami môžeme ľubovoľne skúmať prostredie a v prípade interaktívneho prístupu je možné 3D model nie len skúmať, ale i modifikovať a analyzovať. Gill a Lange (2015) očakávajú v budúcnosti ďalší nárast potenciálu 3D modelov predovšetkým v súvislosti s vývojom dostupnejších aplikácií umožňujúcich širšej verejnosti interaktívny prístup k čo najpresnejším 3D modelom. Súčasťou tohto interaktívneho prístupu by malo byť zapojenie všetkých zmyslov užívateľa (Tomášek, 2011), výsledkom čoho bude dosiahnutie virtuálnej reality na tej najvyššej úrovni.

4. CHARAKTERISTIKA ZÁUMOVÉHO ÚZEMIA

Prievidza je okresné mesto, nachádzajúce vo východnej časti Trenčianskeho kraja. Žije tu 45 876 obyvateľov (Štatistický úrad SR, 2020) a jedná tak o druhé najľudnatejšie mesto v kraji a zároveň 11. najľudnatejšie mesto na Slovensku. Prievidza, ktorá je prirodzeným centrom regiónu Horná Nitra, leží v Hornonitrianskej kotline na 48° 46' s. g. š. a 18° 36' v. g. d. v nadmorskej výške 280 m n. m. (Lukačka a kol. 2013).

Pre účely tejto práce bolo ako záujmové územie zvolené námestie štvorhranného pôdorysu budované od 14. storočia, na ktoré ďalej nadväzuje zástavba okolitých ulíc. Ako uvádza Dobiáš (2014) „od nepamäti nieslo toto námestie názov Hlavné“, no v priebehu storočia došlo až 7 krát k zmene jeho názvu (tabuľka č. 2).

Tabuľka č. 2: Názvy hlavného prievidzského námestia

obdobie	názov
do r. 1898	Hlavné námestie
1898 – 1918	Alžbetino námestie
1918 – 1938	Masarykovo námestie
1938 – 1945	Hlinkovo námestie
1945	Námestie slobody
1945 – 1964	Stalinovo námestie
1964 – 1989	Námestie 4. apríla
od r. 1989	Námestie slobody

Zdroj: Dobiáš, 2014; vlastné spracovanie

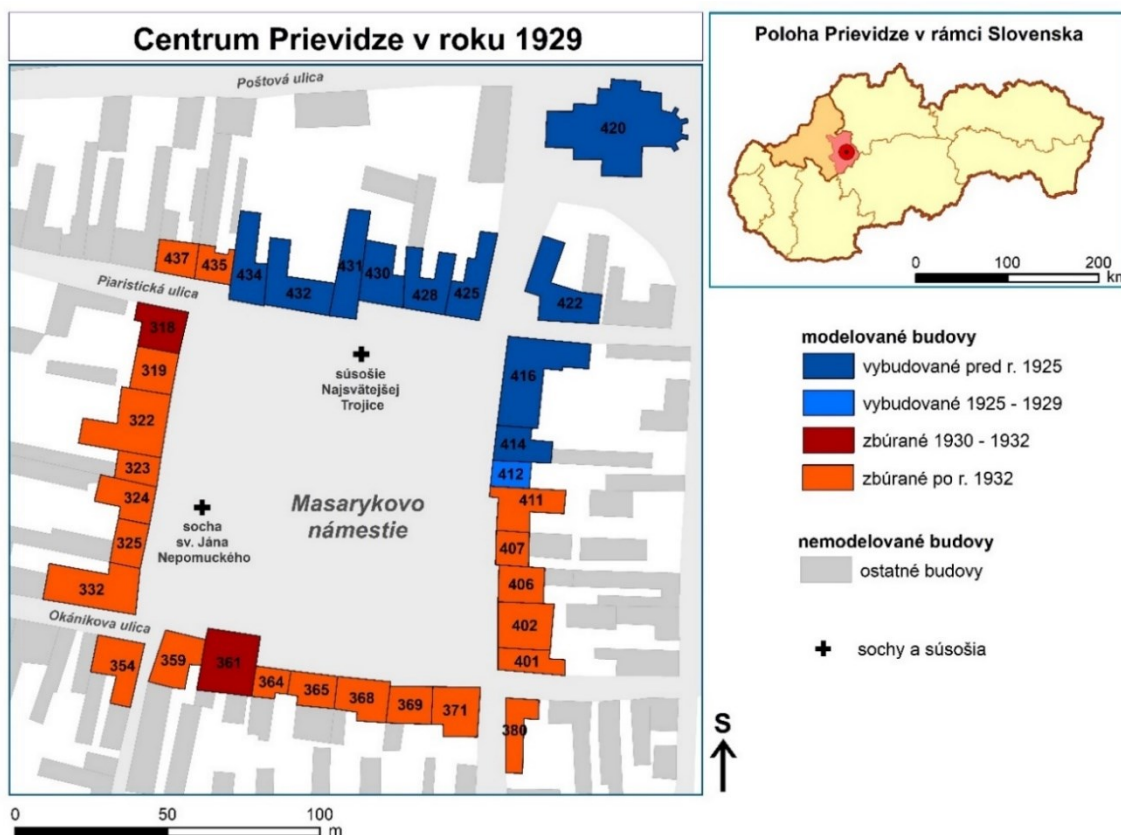
V tejto práci námestie ďalej uvádzame pod dobovým názvom Masarykovo námestie alebo skrátene len ako námestie. Podobne sú aj ulice priliehajúce k námestiu uvedené pod názvami z roku 1929 – napr. dnešná ulica Štefana Moyzesa ako Piaristická ulica.

Masarykovo námestie bolo centrom kultúrneho a spoločenského života mesta i regiónu – konali sa tu jarmoky, zhromaždenia, procesie na ktorých sa stretávali ľudia zo širokého okolia. Stál tu mestský dom, početné obchody, hostince, kaviarne, v jeho blízkosti sa nachádzalo gymnázium i dva najväčšie prievidzské kostoly, ktoré sú dodnes dominantami mesta. V priebehu 20. storočia – predovšetkým po II. svetovej vojne však došlo k výrazným zmenám podoby námestia, pod ktoré sa podpísala predovšetkým asanácia väčšiny historických budov súvisiaca s výstavbou nových obchodných domov (Prior, Vtáčnik). Zmenil sa však aj celkový vzhľad samotného námestia, ktoré bolo sčasti upravené na park.

Záujmové územie (obrázok č. 9) zahŕňa celkovo 36 objektov, z toho je 28 budov na Masarykovom námestí, 2 budovy nachádzajúce sa na priláhlej Piaristickej ulici, 3 budovy v rohoch námestia, farský kostol sv. Bartolomeja (ďalej uvádzaný ako „farský kostol“ resp. „kostol“) stojaci SV od námestia a nakoniec socha sv. Jána Nepomuckého a súsošie Najsvätejšej Trojice, ktoré ležia priamo na námestí. Z týchto objektov dodnes stojí na svojom pôvodnom mieste 11 budov, 2 objekty (socha sv. Jána Nepomuckého a súsošie Najsvätejšej Trojice) boli presunuté a zvyšných 23 budov dnes neexistuje. Zoznam modelovaných objektov obsahujúci podrobnejšie informácie je uvedený v tabuľke (príloha č 1). V tejto práci pre lepšiu orientáciu

pri budovách v zátvorke uvádzame číslo parcely, na ktorej budova stála, napríklad (č. p. 402). Číslo parcely bolo použité pretože pre dané obdobie nebolo možné zistiť popisné číslo budov.

Obrázok č. 9: Zájmové územie v meste Prievidza



zdroj: Geoportál; katastrálna mapa z r. 1909; vlastné spracovanie

Podoba vizualizácie zájmového územia vychádza z podoby lokality v lete roku 1929. Toto časové umiestnenie bolo zámerne zvolené z viacerých dôvodov. Zámerom pri tvorbe bolo ponúknuť ucelený pohľad na podobu Prievidze v období tzv. prvej republiky (1918 – 1938). Ďalej bolo cieľom oživiť podobu dnes už neexistujúcich budov na námestí. Väčšina z týchto budov bola zbúraná po skončení II. svetovej vojny, avšak Mestský dom (č. p. 361) stojaci na južnej strane námestia bol zbúraný už v roku 1932 (Dobiáš, 2014) a na jeho mieste bol v nasledujúcom roku vybudovaný dodnes stojaci nový Mestský dom (príloha č. 2). Podobne dodnes výrazná budova č. p. 318) v severozápadnej časti námestia bola postavená zrejme v roku 1930 na mieste staršej nízkej budovy. Vizualizácia zahŕňajúca pôvodnú budovu musela byť umiestnená najneskôr do obdobia roku 1929. Na druhej strane malo na výber obdobia vplyv aj množstvo dostupných materiálov – tie pochádzajú predovšetkým z obdobia rokov 1925 – 1935. Pre lepšie porovnanie týchto materiálov s výsledným modelom bola do vizualizácie zahrnutá aj budova na východnej strane námestia (č. p. 412) postavená v závere 20. rokov 20. storočia na mieste pôvodného nízkeho domca (Dobiáš, 2014).

Zo spomenutých dôvodov bol teda zvolený rok 1929. Keďže však nie je možné zistiť presný dátum zbúrania, resp. výstavby vyššie spomenutých stavieb a taktiež presnosť datovania podkladových materiálov je obmedzená, bol dátum stanovený s časovou rezervou ± 1 rok. Letné obdobie bolo zvolené z dôvodu lepších možností celkovej vizualizácie.

5. VSTUPNÉ DÁTA

Za účelom spracovania tejto práce bolo použitých niekoľko typov dát z rôznych zdrojov. Jedná sa predovšetkým o staré fotografie a pohľadnice, mapové a architektonické podklady, informácie z pamiatkového výskumu.

Hlavným podkladom pre tvorbu boli staré fotografie a pohľadnice. Dôležitým zdrojom informácií bola v tomto smere publikácia Michala Dobiáša (Dobiáš, 2014) približujúca podobu Prievidze zachytenú na starých pohľadniach vydaných pred rokom 1950. Táto publikácia obsahuje okrem samotných starých pohľadníc (obrázok č. 10) taktiež množstvo cenných informácií o histórii, účele či neskoršom osude objektoch zachytených na týchto pohľadniach. Tieto informácie boli doplnené ďalšími informáciami obsiahnutými v Monografii mesta Prievidza (Lukačka a kol. 2013), ktorá veľmi podrobne popisuje dejiny a vývoj predmetnej lokality.

Niekoľko starých fotografií bolo poskytnutých pracoviskom štátneho archívu v Bojniciach. Predovšetkým sa jedná o fotografie z osobného fondu M. Mišíka. (digitálna príloha č. 1) V archíve bol taktiež, s láskavým súhlasom autorky Mgr. Renáty Kollárovej, poskytnutý podrobný pamiatkový výskum venujúci sa meštianskemu domu na námestí (č. p. 416) obsahujúci mnohé cenné informácie (digitálna príloha č. 2).

Obrázok č. 10: Časť prievidzského námestia okolo roku 1929 na starej pohľadnici



Zdroj: Dobiáš, 2014

Veľmi významným zdrojom informácií bola taktiež katastrálna mapa z roku 1909 (ďalej len mapa), ktorú v elektronickej podobe (digitálna príloha č. 3) poskytol Katastrálny odbor okresného úradu v Prievidzi. Táto mapa ponúka podrobné informácie o polohe jednotlivých objektov nachádzajúcich sa v záujmovom území. Mapa bola vytvorená 20 rokov pred obdobím, ktoré zachytáva vizualizácia. Nepredstavuje to však zásadný problém, pretože v danom období došlo len k malému množstvu zmien, ktoré by mali vplyv na výpovednú hodnotu informácií obsiahnutých v mape.

Ďalšie podklady boli poskytnuté pamiatkovým úradom v Prievidzi. Jedná sa predovšetkým o architektonické plány niektorých (dodnes existujúcich) budov nachádzajúcich sa svojho času v záujmovom území (digitálna príloha č. 4). Takto boli získané informácie o farskom Kostole sv. Bartolomeja (č. p. 420) a budove v ktorej dnes sídlia rehoľné sestry (č. p. 432). Pamiatkový úrad taktiež poskytol fotodokumentáciu budov, ktoré sa nachádzali na Piaristickej ulici pochádzajúcu z doby krátko pred ich asanáciou v roku 1978 (digitálna príloha č. 5).

Podkladom pre tvorbu digitálneho modelu terénu boli výškopisné dáta získané z voľne dostupnej databázy *FreemapSlovakia*. Na tomto mieste je nutné dodať, že pre Slovensko neexistuje základná báza geografických dát, ktorá by voľne poskytovala výškopisné dáta dostatočne podrobné pre účely tejto práce.

6. POUŽITÉ PROGRAMY

V jednotlivých fázach tvorby praktickej časti práce bolo využitých niekoľko rôznych programov, resp. softwarov (SW). Pre spracovanie geografických dát (katastrálnej mapy) bol použitý SW *ArcGIS*. SW *SketchUp* slúžil na tvorbu modelov objektov a textúr. Pre prácu s textúrami bol využitý taktiež SW *Gimp*. Tvorba vizualizácie modelu bola vykonaná v SW *Lumion* a ako posledná prebehla tvorba výstupu v podobe virtuálnej prehliadky. Pri tvorbe virtuálnej prehliadky boli testované 3 programy, ktoré boli zvolené na základe kritérií uvedených v podkapitole venovanej možnostiam tvorby a prezentácie virtuálnych prehliadok. Jedná sa o programy – *Marzipano*, *Orbix 360* a *Kuula*. Uvedené programy budú bližšie predstavené.

6.1. Programy použité pri tvorbe vizualizácie

6.1.1. ArcGIS

Geografický informačný systém *ArcGIS* je produkt spoločnosti *ESRI* určený pre prácu s priestorovými dátami. Prvá verzia bola vydaná v roku 1999 a v súčasnosti najnovšia verzia 10.8 bola uvedená vo februári 2020. Zahŕňa nasledujúci SW pre OS *Windows*: *ArcReader* umožňujúci prehliadanie mapových výstupov vytvorených s pomocou ostatných produktov ktoré sú súčasťou *ArcGISu*. *ArcGIS Desktop*, ktorý je dlhodobo základnou časťou *ArcGISu*. Jeho súčasťou sú základné aplikácie: *ArcMap*, *ArcScene*, *ArcGlobe*, a *ArcCatalog*. *ArcGIS Pro* je integrovaná aplikácia GIS fungujúca od roku 2015, ktorej úlohou má byť postupné nahradenie *ArcMapu* a jeho sprievodných programov (ARCDATA PRAHA, 2020; Wikipédia, 2020).

V súčasnosti taktiež dochádza k prechodu od Desktop verzie *ArcGISu* do online prostredia a je tak napríklad možné využívať viaceré aplikácie určené pre mobilné zariadenia. Podpora produktov od spoločnosti *ESRI* je v Česku poskytovaná firmou *ARCDATA PRAHA* (ARCDATA PRAHA, 2020).

V tejto práci bol použitý program *ArcMap*, ktorý umožňuje tvorbu mapových výstupov, vykonávanie priestorových analýz a editáciu dát. Konkrétne sa jedná o verziu 10.4 získanú pod bezplatnou študentskou licenciou.

6.1.2. SketchUp

Jedná sa o SW slúžiaci umožňujúci 3D modelovanie, pôvodne vyvinutý spoločnosťou *Last Software*, prvýkrát uvedený na trh v roku 2000. Rýchlo si získal obľubu užívateľov predovšetkým vďaka jednoduchému a intuitívnemu ovládaniu. Nie len architekti, či designeri, ale i široká verejnosť používa *SketchUp* pri tvorbe viac či menej detailných 3D modelov objektov najrôznejšieho tvaru a veľkosti.

V roku 2006 bol *SketchUp* odkúpený spoločnosťou *Google*. V tom čase začal byť vyvíjaný Plugin pre *Google Earth*. V roku 2012 kúpila SW spoločnosť *Trimble*. Tá začala od roku 2013 poskytovať okrem platenej verzie *SketchUp Pro* taktiež voľne stiahnuteľnú verziu *SketchUp Make* určenú na nekomerčné účely. Táto verzia bola v roku 2017 nahradená verziou *SketchUp*

Free. Od roku 2014 existuje celosvetová knižnica prvkov *3D Warehouse*, kde je možné zdieľanie modelov vytvorených rôznymi užívateľmi (Wikipédia, 2020).

SW *SketchUp* umožňuje nie len tvorbu 3D objektov, ich posun, otáčanie, či zmenu mierky ale taktiež tvorbu a úpravu textúr, pričom je možné nahráť vlastné textúry vo formátoch JPG či PNG. Polohové informácie sú uložené vo formáte KMZ a samotné 3D objekty sú uložené vo formáte SKP.

V tejto práci bola pre tvorbu 3D objektov použitá verzia *SketchUp Make 2017*. Využitých bolo taktiež niekoľko objektov z *3D Warehouse*.

6.1.3. Gimp

Gimp je slobodný a otvorený rastrový grafický editor slúžiaci na úpravu obrázkov rôznych formátov (napr. GIF, JPG, PNG, JPEG, TIFF). Prvá verzia pochádza z roku 1996, aktuálna verzia 2.10.20 je dostupná od júna 2020. K výhodám *Gimpu* patrí predovšetkým veľká konfigurovateľnosť a skriptovateľnosť a taktiež nízka hardwarová náročnosť. Vďaka širokej ponuke nástrojov, umožňujúcich okrem iného taktiež prácu s kanálmi, vrstvami a cestami má *Gimp* mnoho možností využitia. Výhodné tiež je, že *Gimp* podporuje množstvo jazykov vrátane češtiny a slovenčiny (Wikipédia, 2020).

Pre potreby tejto práce bola použitá verzia *Gimp 2.10.18*.

6.1.4. Lumion

Jedná sa o program slúžiaci na vykresľovanie 3D počítačovej grafiky a animácií, ktorý je hojne využívaný predovšetkým v architektúre, stavebníctve, designe, krajinárskej tvorbe, či v záhradnej architektúre. Ponúka široké možnosti vizualizácie, vrátane možností úpravy textúr, množstva efektov, či filtrov. Poskytuje taktiež široké možnosti tvorby videa. K jeho výhodám patrí okrem iného jednoduché ovládanie, ako i pomerne rýchly proces renderu. *Lumion* síce kladie určité hardwarové nároky – predovšetkým na grafickú kartu, no v porovnaní s niektorými inými podobnými grafickými programami (napr. *Autodesk 3ds Max*) sú nižšie (Lumion 2020; Autodesk, 2020).

Program je poskytovaný užívateľom v podobe tzv. plávajúcej licencie, ktorá ho umožňuje nainštalovať na viacerých zariadeniach, avšak je možné používať ho len na jednom súčasne a jeho spustenie si vyžaduje pripojenie na internet. *Lumion* je poskytovaný tiež v bezplatnej študentskej licencií *EDU PRO* poskytovanej na 1 rok. Táto licencia sa od plnej verzie líši prakticky iba tým, že obsahuje vodoznak a nie je určená na komerčné účely (Lumion, 2020).

Pre túto prácu bola pod študentskou licenciou použitá v súčasnosti najnovšia verzia 10.3.2 dostupná od roku 2020.

6.2. Programy testované pri tvorbe virtuálnej prehliadky

6.2.1. Marzipano

Jedná sa o program umožňujúci tvorbu virtuálnych prehliadok, ktorý je možné používať online bez registrácie, či sťahovania.

Použitie nástroja je veľmi intuitívne. Základnými funkciami ktoré nástroj poskytuje je možnosť pomenovať projekt a jednotlivé panorámy, ďalej je možné panorámy pridávať, odoberať a meniť ich poradie. *Marzipano* umožňuje pre každú panorámu nastaviť základný pohľad a je tiež možné zapnúť automatickú rotáciu.

Do virtuálnej prehliadky je možné ľubovoľne umiestniť travel hotspots a prepojiť ho s vybranou panorámou. Ďalej je možné vložiť info hotspots v podobe textu. Nevýhodou je, že s výnimkou otáčania ikonky travel hotspot neexistujú ďalšie možnosti úpravy vizualizácie. *Marzipano* umožňuje exportovať výstup ako súbory v archíve ZIP.

Je možné konštatovať, že *Marzipano* je vhodný pre prvotné zoznámenie sa s tvorbou virtuálnej prehliadky, avšak možnosti editácie prehliadky sú veľmi obmedzené. Nevýhodou je tiež pomerne slabé grafické rozlíšenie.

6.2.2. Orbix 360

Tento editor virtuálnej reality a zároveň platformu pre publikovanie výstupov je možné zdarma používať, avšak najprv je nutné založiť si profil. Výhodou editoru je, že okrem panorám umožňuje taktiež úpravu videa a taktiež tvorbu ďalších výstupov vo virtuálnej realite.

V editore *Orbix 360* je podobne ako v *Marzipano* možné zvoliť názov projektu, organizovať jednotlivé panorámy a zapnúť automatickú rotáciu. Do virtuálnej prehliadky sa dajú vložiť body záujmu, ktorých ikonky však nie je možné ďalej editovať. Výhodou v porovnaní s nástrojom *Marzipano* sú možnosti meniť základnú orientáciu scény, vložiť hudbu, pridať do panorámy obrázkov a tiež sa dá vložiť do nadiru logo. Práca v Editore je pomerne nenáročná a uľahčujú ju videonávody umiestnené priamo v programe. Podstatne menej intuitívne je však vkladanie prvkov, ktoré tento editor údajne umožňuje. Pri testovaní editoru nastal problém so zobrazovaním diakritiky v textoch. Grafické rozlíšenie je v porovnaní s *Marzipano* vyššie.

6.2.3. Kuula

Tretím testovaným programom na tvorbu virtuálnych prehliadok je *Kuula*. Podobne ako v prípade *Orbix 360* aj v tomto prípade je nutné zaregistrovať sa a vytvoriť si profil. Takto má užívateľ prístup k základnej verzii. Okrem tejto verzie existuje aj je *PRO* verzia dostupná za cenu 12 \$ mesačne a *BUSINESS* verzia dostupná za cenu 36 \$ mesačne. Okrem iného základná verzia na rozdiel od *PRO* verzie neumožňuje nastaviť súkromný prístup k vytvoreným výstupom.

Po založení a pomenovaní projektu je možné zvoliť typ prechodu medzi snímkami, pričom na výber je napríklad prelínanie, prelet alebo radiálne vyblednutie. Nástroje v programe *Kuula* sú prehľadné a ľahko pochopiteľné, čo umožňuje intuitívnu tvorbu virtuálnej prehliadky. Medzi základnými možnosťami úpravy scény patrí možnosť nastaviť zoom, limit sklonu

pohľadu, farebný filter (vrátane jeho intenzity), či efekt slnečných lúčov. Priamo do scény je možné vkladať text, pričom je možné vykonávať základné úpravy textu, napríklad meniť font, veľkosť či farbu textu. Je tiež možné upravovať priehľadnosť alebo text umiestniť vodorovne na zem.

Podobne ako text je možné pridávať body záujmu. Na výber je v tomto prípade z približne 2 desiatok rozličných symbolov. V *PRO* verzii je možné pridávať vlastné symboly. Na rozdiel od *Marzipano* a *Orbix 360* ponúka *Kuula* nie len širšie možnosti výberu, ale tiež úpravy bodov záujmu. Dá sa nastaviť jednak ich funkcia, ale podobne ako v prípade textu je možné upravovať ich parametre. Text aj body záujmu je tiež možné ľubovoľne kopírovať a vkladať.

Kuula tiež umožňuje zobraziť panorámu v forme tzv. planétky (obrázok č. 11), ktorá môže byť použitá ako efektne pôsobiaci výstup. Virtuálna prehliadka je hneď po uložení prístupná na webovej stránke programu.

Obrázok č. 11: Výstup v podobe planétky



Zdroj: vlastná tvorba

7. METODIKA

7.1. Tvorba DMT

Súčasťou komplexnej vizualizácie je zvyčajne okrem objektov aj reprezentácia terénu, na ktorom sú tieto objekty umiestnené. V závislosti na členitosti terénu a prevýšení na danom území sú kladené rozdielne požiadavky na presnosť použitého digitálneho modelu terénu. V tejto práci bol DMT tvorený nasledovne:

Z portálu *FreemapSlovakia* boli získané vrstevnice pre územie celého Slovenska v intervale 5 metrov. V *ArcMape* bola táto vrstva vrstevníc orezaná záujmovým územím a následne bol pomocou nástroja *Topo to raster* vygenerovaná rastrová reprezentácia terénu (príloha č. 3). Na tomto modeli bola zobrazená polygónová vrstva zástavby v roku 1909, ktorá vznikla vektorizáciou záujmových objektov z katastrálnej mapy z roku 1909.

Takto bolo odhadnuté prevýšenie medzi JZ a SV časťou modelu, ktoré činí približne 12 metrov. Vzhľadom na veľkosť záujmového územia sa jedná o prevýšenie, ktoré je potrebné pre vernú vizualizáciu realizovať. Na druhej strane však treba mať na zreteli, že sa jedná o zastavané územie, kde terén nestúpa a neklesá plynule, ale vplyvom na ňom stojacich budov na ňom vznikajú terénne hrany.

Takto vzniknutý DMT by lokálne vykazoval odchýlky oproti realite a ak by bol vo vizualizácii použitý, modely objektov, predovšetkým budov by naň dobre nepriliehali. Z tohto dôvodu nakoniec nebol DMT priamo vo vizualizácii použitý, avšak poslúžil ako zdroj informácií o lokálnom prevýšení, ktoré bolo potom pre jednotlivé bloky budov prepočítané a bolo tak zistené prevýšenie v cm na 1 dĺžkový meter. Reprezentácia terénu, ktorá bola nakoniec použitá vo výslednom 3D modeli a jej tvorba je z dôvodu zachovania nadväznosti postupu bližšie popísaná v podkapitole venovanej záverečným úpravám 3D modelu.

7.2. Tvorba 3D objektov

Základ výslednej vizualizácie tvoria 3D modely objektov v LOD3. Ich tvorba bola časovo najnáročnejšou časťou celej práce. Vyžiadala si celkovo viac ako 200 hodín modelovania, z toho približne 50 hodín bolo potrebných na tvorbu modelu farského Kostola sv. Bartolomeja. Tvorba 3D modelov, jej špecifiká a niektoré problémy ktoré bolo pri tejto tvorbe potrebné riešiť bude teraz bližšie popísaný.

Modelované objekty je možné rozdeliť na 2 skupiny. Do prvej skupiny je možné zaradiť budovy – domy na námestí a kostol a do druhej skupiny patria ďalšie objekty ako sú sochy, stĺpy, či vozidlá. Pre obe skupiny sa proces tvorby mierne líšil.

7.2.1. Tvorba 3D modelu budovy

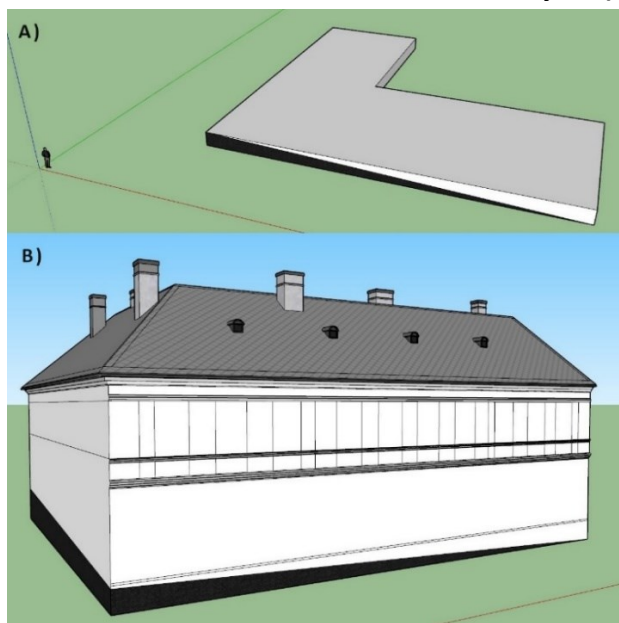
V prípade budov bolo najprv potrebné na základe dostupných materiálov zistiť ich rozmery. Ako prvé boli z plánov a zo starej katastrálnej mapy (použitý nástroj *meter* v *ArcMape*) zistené rozmery pôdorysu vybraných budov. Ak pre niektorú budovu neexistujú podrobné materiály, bola katastrálna mapa jediným zdrojom informácií o rozmeroch pôdorysu budovy. Hodnoty dĺžok jednotlivých strán danej budovy bolo možné získať len s obmedzenou presnosťou, ktorá bola daná rozlíšením starej mapy, ako i presnosťou jej priestorového

umiestnenia v *ArcMape*. Z tohto dôvodu boli niektoré dĺžky pôdorysu korigované na základe proporcionálneho prepočtu pomocou presne známych rozmerov okolitých budov. Svoju úlohu v tomto prípade zohralo predovšetkým meranie vzdialeností na starých fotografiách.

Keď už boli známe rozmery pôdorysu, bolo potrebné zistiť lokálne výškové rozdiely medzi jednotlivými hranami pôdorysu budovy. Tieto rozdiely boli prepočítané na základe vyššie uvedeného DMT. Po zistení týchto základných rozmerov mohol byť v *SketchUpe* vymodelovaný základ pre model budovy (obrázok č. 12A).

Ďalším krokom bolo zistenie dĺžkových a výškových rozmerov danej budovy. Tieto rozmery boli zistené pomocou vyššie zmieneného proporcionálneho prepočtu rozmerov na základe merania dĺžok na starých fotografiách. Takto bola zistená výška vonkajších stien, výška a šírka strechy, rozmery komínov, okien či dverí a mnohých ďalších komponentov. Po zistení hodnôt týchto rozmerov potom pokračovala tvorba 3D modelu. Najprv boli vytiahnuté vonkajšie múry (nástroj Push/Pull), potom bola vytvorená strecha, komíny vikiere a ďalšie prvky strechy a následne boli tvorené prvky fasády – rímsy, okná, dvere, balkóny a iné. Pri tvorbe prvkov boli využívané pomocné „nárysy“ vychádzajúce zo zistených rozmerov (obrázok č. 12B).

Obrázok č. 12: Tvorba 3D modelu budovy – A) základ pre model B) pomocné nárysy



Zdroj: vlastná tvorba

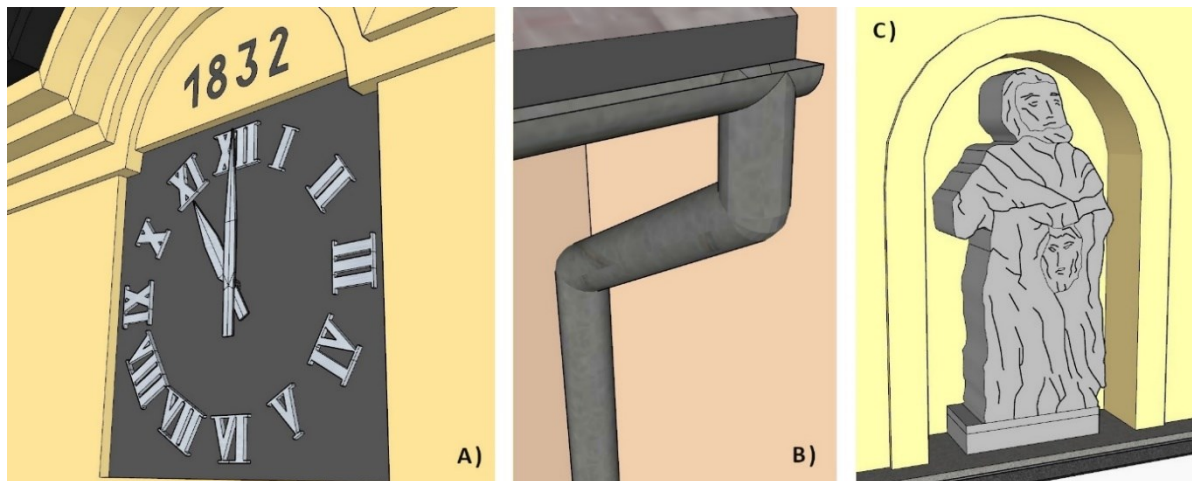
Pri tvorbe jednotlivých komponentov boli využité rozličné nástroje. Prevažná časť hrán bola nakreslená ako línie, len ojedinele (predovšetkým v prípade sôch) bolo použité kreslenie voľnou rukou. Niektoré prvky - najmä okná a dvere si vyžadovali tvorbu oblúkov a základných geometrických útvarov, ako je štvorec či kruh. Často využívaný bol nástroj Push/Pull umožňujúci efektívnu tvorbu kubických prvkov. Výhodou pri tvorbe bolo taktiež poloautomatizované navádzanie pri kreslení a možnosť kopírovať rôzne komponenty. Ďalším pozitívom je, že hrany a plochy je možné nezobraziť, čo však na rozdiel od ich odstránenia nemá vplyv na konštrukciu objektu.

7.2.2. Tvorba problematických častí 3D objektov

3D model obsahuje veľké množstvo detailov, ktorých tvorba si vyžadovala osobitný prístup. Napríklad pri modelovaní veže kostola sa bolo nutné potýkať s tvorbou zložitých zaoblených častí. Keďže *SketchUp* nedokáže pracovať so zaoblenými plochami, bolo potrebné prekladať jednotlivé oblúky (ako mnohouholníky) čo najväčším počtom hrán tak, aby bol dosiahnutý efekt zaoblenej plochy. Tiež bolo nutné dbať na to, aby nedošlo k odchýlkam v rozmeroch strán, pretože aj niekoľkokentimetrový rozdiel by značne skomplikoval tvorbu ďalších vyššie položených častí veže. Súčasťou veže sú tiež detailné prvky ako napríklad hodiny nachádzajúce sa na každej jej strane (obrázok č. 13A). Komplikovaná bola v prípade kostola taktiež tvorba striech, zaoblených častí budovy a sôch.

V prípade domov na námestí bolo nutné vymodelovať detaily ako sú niektoré rímsy, kľučky, výzdoba vstupných brán, či sklenená výplň dverí. Špecifická bola taktiež tvorba komínov, balkónov, výkladov a otvorených okien na niektorých budovách (príloha č. 4). Špecifická bola tvorba rín, u ktorých bolo nutné manuálne tvoriť predovšetkým ohyby (obrázok č. 13B). Pri tvorbe celého 3D modelu bol zvolený polomer ríny 7 cm. Zdĺhavé a detailné bolo modelovanie sôch – obzvlášť v prípade mariánskeho stípu a sochy sv. Jána Nepomuckého. Napriek tomu, že *SketchUp* nedokáže pracovať s krivkami a oblými plochami, ukázalo sa, že je v ňom možné vytvoriť pomerne vernú podobu sochy, čo si však vyžaduje citlivé trojrozmerné znázornenie jednotlivých jej častí. (obrázok č. 13C)

Obrázok č. 13: Detaily tvorby modelu – A) hodiny na veži farského kostola B) ríny C) socha z priečelia farského kostola



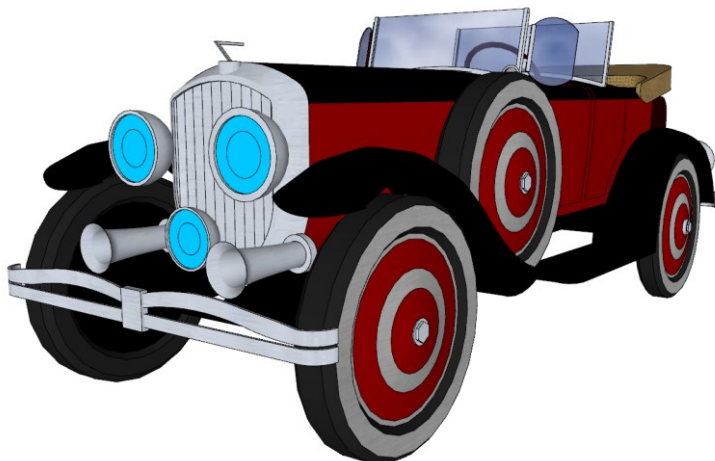
Zdroj: vlastná tvorba

7.2.3. Tvorba ostatných 3D objektov

Sochy a stĺpy boli tvorené obdobne ako budovy s tým rozdielom, že vôbec neboli známe ich rozmery. Tieto rozmery tak museli byť proporčne odhadnuté na základe porovnania rozmerov budov stojacich v ich blízkosti. Toto porovnanie prebehlo jednak pred samotným modelovaním, ale tiež počas práce, kedy bola do *SketchUpu* naimportovaná fotografia, čo umožnilo rýchlejšiu tvorbu modelu.

Do modelu námestia boli pridané aj menšie objekty dotvárajúce celkovú podobu lokality, ktorých tvorba by si vyžadovala príliš veľa času. Preto boli modely týchto objektov získané zo *SketchUp 3D Warehouse* (obrázok č. 14) mierne upravené a následne vložené do celkového 3D modelu. Jedná sa o modely historických automobilov a telegrafných stĺpov, ktoré sa podľa informácií obsiahnutých v podkladových materiáloch na záujmovom území nachádzali.

Obrázok č. 14: Model historického automobilu



Zdroj: *SketchUp 3D Warehouse*; upravené

7.3. Tvorba textúr

Neoddeliteľnou súčasťou plnohodnotného 3D modelu sú textúry. V prípade tejto práce boli textúry tvorené na základe starých fotografií a pohľadníc, čo však zo sebou prinášalo aj niektoré komplikácie. V prípade starých čiernobielych fotografií nebolo možné zistiť farbu danej textúry, len jej sýtosť. Farbu bolo možné zistiť zo starých kolorovaných pohľadníc, avšak tieto pohľadnice neposkytujú záruku, že verne zachytávajú farby. Dá sa predpokladať, že u väčšiny objektov je sfarbenie zhodné so skutočnosťou, avšak častokrát môže byť farba príliš jasná, prípadne príliš tmavá. V tomto zmysle sa kolorované staré pohľadnice a čiernobiele staré fotografie vhodne dopĺňajú, keďže jedny nesú informácie o farbe a druhé informácie jej sýtosti.

Model obsahuje veľké množstvo rozličných textúr – od strešných krytín cez drevo a sklo až po kovový vzhľad a zlatú farbu. Niektoré textúry imitujú začmudené vrcholy komínov, iné napríklad zvlhnutú fasádu. Ukážky použitých textúr sa nachádza v digitálnej prílohe č. 6.

Osobitým prípadom textúr v modeli sú nápisy. Ich tvorba bola z viacerých dôvodov náročná. Z dostupných materiálov boli často nápisy nečitateľné a preto na niektorých miestach vizualizácie chýbajú. Napriek tomu však model obsahuje viac ako 30 nápisov dotvárajúcich autentickú podobu objektov v danom období (digitálna príloha č. 7).

Keďže *SketchUp* prakticky neumožňuje tvorbu textu, bolo nutné pre tvorbu nápisov použiť iný SW. Bol teda zvolený *Gimp*, ktorý okrem širokej ponuky fontov a farieb písma umožňuje aj ďalšie pokročilé možnosti úpravy. Použitý bol napríklad nástroj, ktorý prevádza farbu do alfa kanála, čo umožňuje čiastočné alebo úplné zneviditeľnenie textúry. Taktiež boli využité nástroje na úpravu jasu a sýtosti farieb. Jednotlivé textúry boli exportované vo formáte *PNG* a následne importované do späť *Sketchupu*. Nápisy boli detailne tvorené tak, aby ich

umiestnenie, veľkosť, typ a farba písma zodpovedali podobe zachytenej na starých fotografiách a pohľadniciach.

Špecifickým prípadom textúry bol štátny znak Československa (príloha č. 5), ktorý bol umiestnený na Mestskom dome. Tento znak bol prevzatý z Wikipédie (2020), následne upravený v *Gimpe* podobne ako vyššie spomínané texty a vložený na príslúchajúce miesto v 3D modeli. Ďalšou komplikovanou textúrou bola maľba na Kardošovom dome (č. p. 428), ktorá bola v *Gimpe* vystrihnutá z podkladového materiálu, upravená a následne vložená do modelu v *SketchUp*e. Niektoré textúry vytvorené v *SketchUp*e boli následne upravené počas vizualizácie v *Lumione*.

7.4. Záverečné úpravy 3D modelu

Po dokončení jednotlivých 3D modelov objektov bolo nutné spojiť ich do jedného finálneho 3D modelu, ktorý bude následne vizualizovaný. Na tomto mieste je potrebné zdôrazniť, že vedľa seba stojace budovy boli tvorené v blokoch pre každú stranu námestia (obrázok č. 15) a len niekoľko budov bolo vytvorených samostatne. Po dokončení budov ako takých bol okolo každej budovy/bloku budov vytvorený chodník, zohľadňujúci sklon terénu.

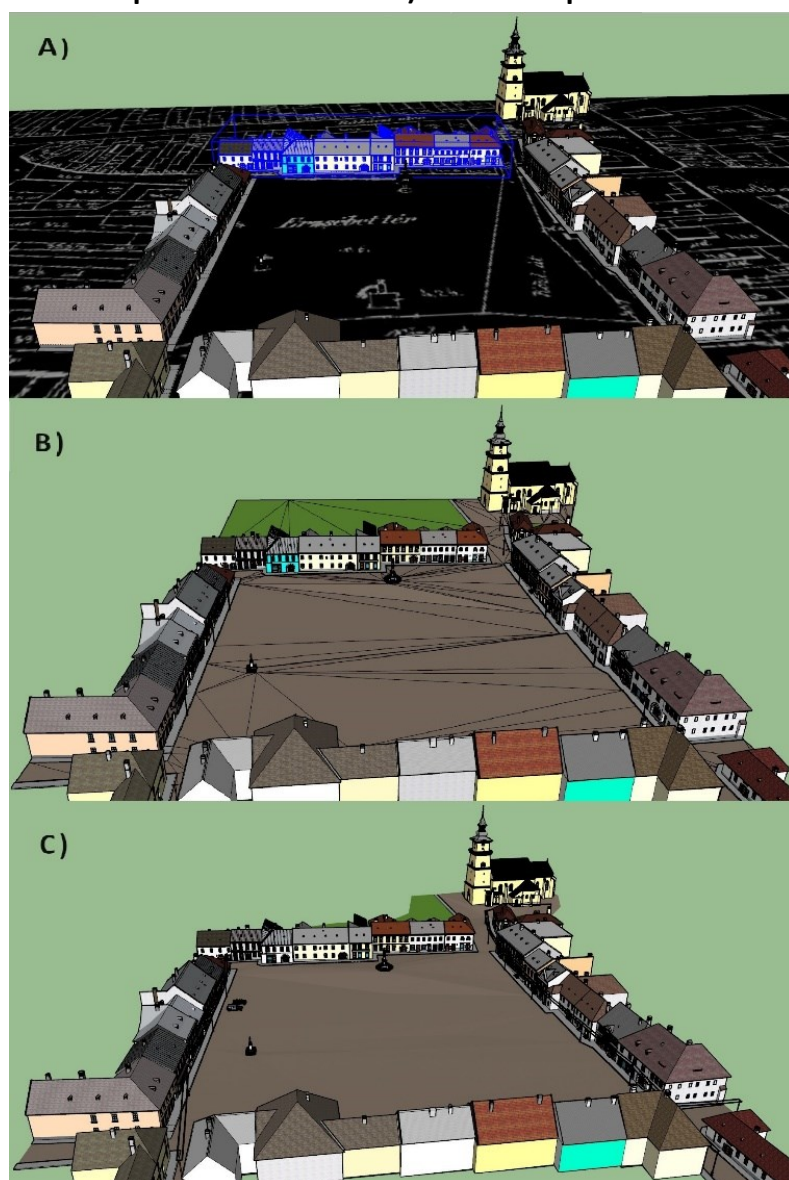
Obrázok č. 15: Blok budov na západnej strane námestia



Zdroj: vlastná tvorba

Záverečné spojenie blokov prebiehalo v 4 fázach. V prvej fáze bola do *SketchUp*u naimportovaná katastrálna mapa a 3D modely budov a sôch. V druhej fáze boli jednotlivé 3D modely objektov umiestnené nad katastrálnou mapou tak, aby ich poloha zodpovedala dobovej realite, pričom do úvahy bola braná aj výšková poloha objektov (obrázok č. 16A). V tretej fáze bola vytvorená reprezentácia terénu. Zvolená bola metóda manuálnej tvorby terénu v podobe trojuholníkových plôch spájajúcich jednotlivé 3D modely objektov (obrázok č. 16B). Takto vzniknutý DMT vhodne znázorňuje reálny terén námestia. Dôležitá je vhodná voľba bodov, ktoré majú tvoriť vrcholy jednotlivých trojuholníkov tak, aby model terénu pôsobil plynule. V záverečnej fáze dokončovania 3D modelu boli umiestnené modely starých automobilov a telegrafné stĺpy, medzi ktorými boli domodelované káble. Nakoniec bol celý model skontrolovaný a boli odstránené prípadné zistené nedostatky (obrázok č. 16C). Potom bol 3D model pripravený na vizualizáciu v *Lumione*.

Obrázok č. 16: Postup pri tvorbe výsledného 3D modelu – A) umiestnenie bloku budov B) tvorba reprezentácie terénu C) záverečná podoba 3D modelu územia



Zdroj: vlastná tvorba

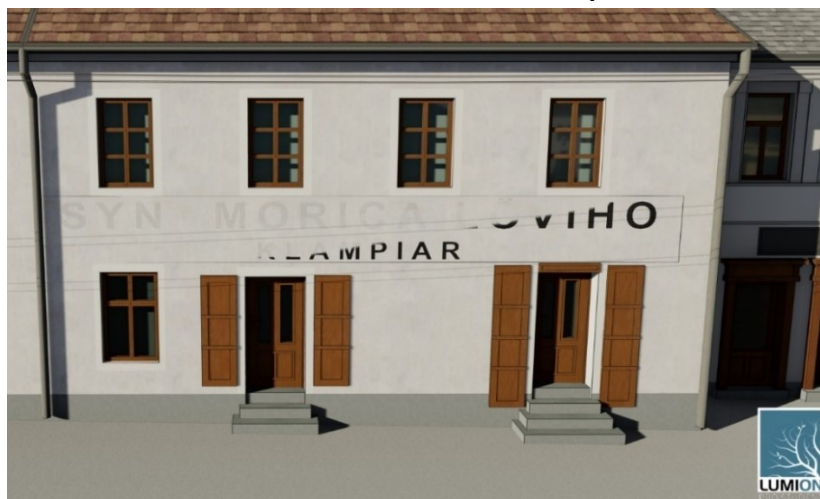
7.5. Vizualizácia

Pre 3D model bolo zapnuté vykresľovanie hrán a po vložení bola nastavená jeho orientácia a poloha v priestore, vrátane výškovej súradnice tak, aby nedošlo k zobrazeniu časti modelu pod úrovňou defaultne nastaveného terénu v *Lumione*.

Krátko po vložení modelu sa ako problematické ukázalo vykresľovanie niektorých textúr. Najväčší problém predstavovali nápisy na budovách, ktoré sa nezobrazovali správne. Bola síce zachovaná lokálna priehľadnosť textúr, samotné nápisy ale „preblikávali“, čo mohlo súvisieť so zhodným umiestnením 2 textúr. Okrem toho predstavoval problém tiež fakt, že u modelu s vykreslenými hrany boli tieto hrany viditeľné aj okolo nápisov, čo však nebolo žiadúce (obrázok č. 17). Tieto nedostatky boli riešené tak, že model bol zdublikovaný a oba nové modely boli otvorené v *SketchUpe*. V prvom modeli boli všetky nápisy posunuté 1 cm pred fasádu objektov a následne bola z modelu odstránené všetko, okrem týchto nadpisov. Z druhého modelu boli

naopak odstránené všetky nápisy. Potom boli oba modely nahrané do *Lumionu*. U modelu objektov bez nápisov boli vykreslené hrany, zatiaľ čo u modelu s nápismi nie. Bolo tiež nutné, aby boli oba tieto modely zhodne priestorovo umiestnené. Tento postup priniesol očakávaný výsledok a nápisy pôsobili ako integrálna súčasť 3D modelu.

Obrázok č. 17: Problematické zobrazenie nápisov v Lumione



Zdroj: vlastná tvorba

Ďalej sa ukázala nutnosť upraviť textúru skiel, hoci v *SketchUp*e pôsobila textúra zvolená pre všetky sklá v modeli ako vhodná. Pôvodná textúra pôsobila realisticky u okien, v prípade výkladov a niektorých dverí na prízemí budov však bolo nutné textúru zmeniť. Lumion umožňuje úpravy vložených textúr, avšak len pre všetky plochy s rovnakou textúrou v celom modeli. Preto boli popri riešení problému s nápismi v *SketchUp*e upravené aj textúry okien tak, aby model obsahoval 2 rôzne textúry – pre okná a dvere na poschodí a pre výklady a dvere na prízemí. V *Lumione* boli potom obe textúry upravené.

Lumion ponúka široké možnosti úpravy textúr. Napríklad v prípade skla je možné nastaviť jeho priehľadnosť, odrazivosť a sfarbenie. V ponuke sú tiež textúry ako 3D tráva, u ktorej je možné nastaviť dĺžku či sklon stebiel. U textúry použitej pre dlažbu na námestí (príloha č. 6) bolo okrem iného možné nastaviť mieru opotrebenia.

Po úprave textúr boli do modelu pridané prvky ako ploty, lavičky, či kvetináče. Proces pridávania plotov síce v programe *Lumion* prebieha pomerne intuitívne pričom je možné nastaviť počet objektov na zvolenom úseku a ich uhol, dosiahnuť výsledok, pri ktorom by plot pôsobil celistvo je však náročné. Tiež je treba zmieniť, že knižnica objektov v *Lumione* poskytuje pomerne malý výber typov plota. Naopak v prípade iných predmetov – napríklad vybavenia interiéru je knižnica pomerne bohatá a obsahuje širokú škálu objektov.

Dôležitou súčasťou vizualizácie je vegetácia, ktorej výber bol do značnej miery založený na informáciách z dostupných podkladov. Napríklad vieme, že uprostred námestia stáli 4 tzv. „lipy republiky“ vysadené pri príležitosti 1. výročia vzniku Československa (Dobiáš, 2014). Okrem toho po obvode námestia stáli nevysoké stromy zastrihnuté do guľovitého tvaru, ktoré Dobiáš (2014) identifikuje ako agáty. Keďže *Lumion* neposkytuje priamo agáty zastrihnuté do požadovaného tvaru, boli miesto nich použité iné stromy podobného vzhľadu. V prípade

všetkých stromov, ktoré boli umiestnené na námestie bol braný ohľad aj na ich rozmery a polohu zistené zo starých fotografií a pohľadníc. Väčšie množstvo vegetácie bolo umiestnené v okolí farského kostola a v záhradách budov na severnej strane námestia. Okrem stromov nechýba drobná vegetácia, ako kríky a kvety. Predovšetkým výber medzi druhmi kvetov je v knižnici objektov veľmi bohatý.

Do vizualizácie boli vložené tiež živočíchy a ľudia. V prípade živočíchov ponúka *Lumion* veľmi skromný výber – predovšetkým sa jedná o hospodárske zvieratá. Na druhej je ale pozitívom, že prvky nie sú statické, ale vykonávajú pohyb, pričom napríklad u holubov je možné nastaviť aj niektoré parametre letu. Pre účely našej práce boli do vizualizácie vložené živočíchy tak, aby vhodne dopĺňali prostredie záujmovej lokality.

Súčasťou vizualizácie zachytávajúcej zastavanú lokalitu by mali byť aj ľudia. V tomto prípade poskytuje knižnica prvkov pomerne široký výber ľudí rôzneho vzhľadu. Problémom však je, že pre časové umiestnenie vizualizácie tento výber nie práve najvhodnejší. Týka sa to predovšetkým moderného vzhľadu oblečenia a obuvi. Nakoniec bolo do našej vizualizácie vložených viac ako 30 osôb tak, aby v rámci možností čo najlepšie zapadali do vizualizovaného historického obdobia.

Okrem úpravy textúr a vkladania prvkov umožňuje *Lumion* taktiež úpravy prostredia. V našej vizualizácii bolo primerane nastavené napríklad množstvo oblačnosti. Ďalej bola nastavená výška slnka, jeho poloha vzhľadom na svetové strany a intenzita jasu (príloha č. 7) tak, aby tieto parametre zodpovedali letnému obdobiu do ktorého je vizualizácia umiestnená, ako i skutočnej zemepisnej šírke záujmového územia. Ďalšie *Lumionom* ponúkané efekty, ako napríklad oheň, dym či hmla neboli vo vizualizácii použité, resp. boli pridané len pri tvorbe výstupov (príloha č. 8).

7.6. Tvorba panorám

Pre účely prezentácie výsledkov na internete boli vytvorené 360 stupňové panorámy. Nastavené boli parametre ako rozlíšenie a kvalita výstupu. *Lumion* umožňuje taktiež tvorbu stereoskopických panorám. Ich tvorba si však vyžaduje podstatne viac času ako tvorba monoskopických panorám. Bolo vytvorených celkovo 14 monoskopických panorám rovnomerne rozmiestnených v záujmovom území (digitálna príloha č. 8). Z týchto panorám 11 zachytáva námestie z pohľadu človeka, ktorý na ňom stojí, 1 panoráma zachytáva pohľad na námestie z veže kostola a ďalšie 2 panorámy sú umiestnené vo výške 18 metrov nad terénom a ponúkajú pohľad na územie z vtáčej perspektívy. Tieto panorámy boli následne vizualizované v podobe virtuálnej prehliadky.

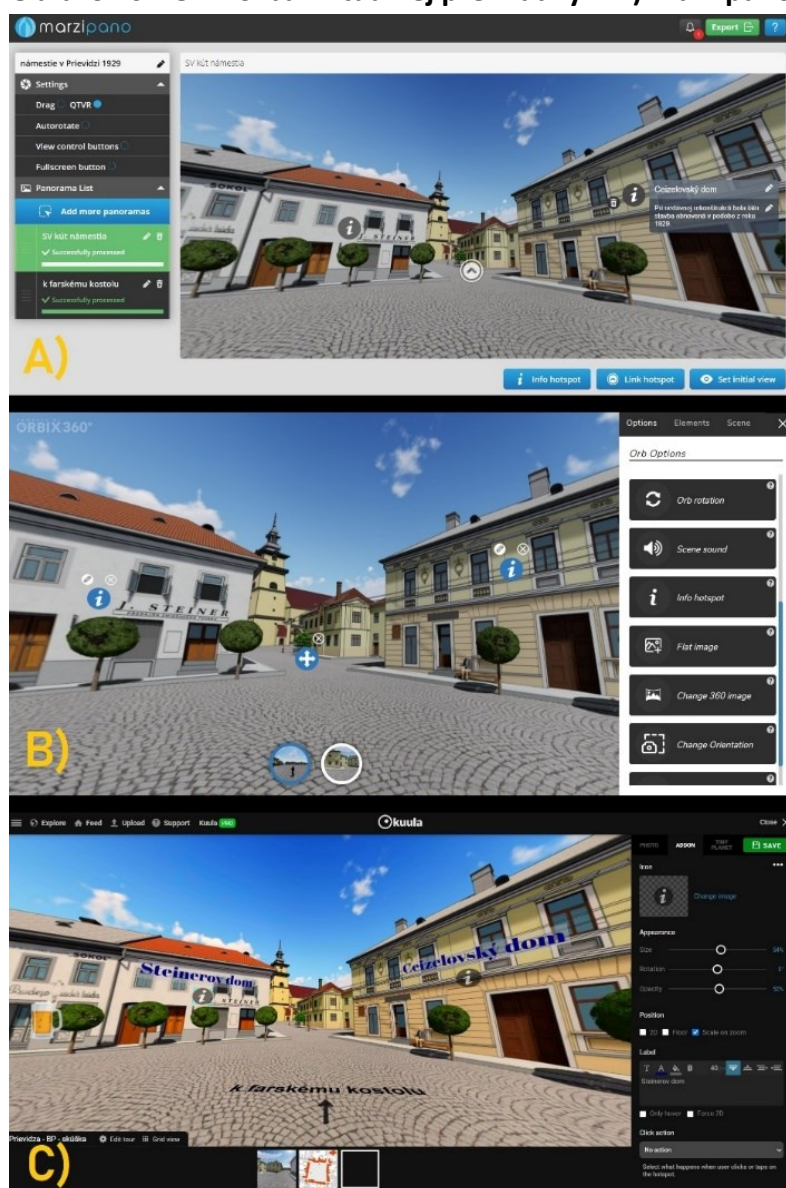
7.7. Testovanie programov pre virtuálnu prehliadku

Pri testovaní vybraných voľne dostupných programov umožňujúcich tvorbu virtuálnej prehliadky boli navzájom porovnávané možnosti úpravy a prezentácie, ktoré tieto programy ponúkajú s ohľadom na ich využitie pre túto bakalársku prácu (obrázok č. 18). Všetky tri testované programy umožňujú navzájom prepojiť jednotlivé panorámy a sú užívateľsky nenáročné.

Výhodou programu *Mazipano* (obrázok č. 18A) je jednoduchý prístup, ktorý si nevyžaduje registráciu, avšak veľkou nevýhodou je slabšie grafické rozhranie v porovnaní s dvoma ďalšími testovanými programami. *Marzipano* zároveň ponúka len základné možnosti úprav scény a bodov záujmu.

Výhodou programu *Orbix360* (obrázok č. 18B) je možnosť vkladania videa. Program taktiež umožňuje širšie možnosti úpravy virtuálnej. Najväčším problémom programu však bolo chybné zobrazenie diakritiky. Program *Kuula* (obrázok č. 18C) umožňuje spomedzi testovaných programov najširšie možnosti úprav, zároveň prekonáva problémy so zobrazovaním diakritiky v texte a taktiež jeho grafické rozhranie je možné považovať za postačujúce. Za nevýhodu programu *Kuula* je možné pokladať nedostupnosť niektorých funkcií v základnej verzii. Na druhej strane program obsahuje informácie o tom, že takéto funkcie existujú a tiež o tom ako fungujú.

Obrázok č. 18: Tvorba virtuálnej prehliadky – A) Marzipano B) Orbix 360 C) Kuula



Zdroj: vlastná tvorba

Vzhľadom na fakt, že najširšie možnosti úpravy spomedzi uvedených testovaných programov ponúka *Kuula*, bol práve tento program použitý pri tvorbe virtuálnej prehliadky, ako jedného z výstupov tejto bakalárskej práce.

7.8. Tvorba virtuálnej prehliadky

Po bezplatnom zaregistrovaní sa na príslušnej webovej stránke bol založený projekt do ktorého boli následne naimportované jednotlivé panorámy. Panorámy boli pomenované a bol nastavený spôsob prechodu medzi jednotlivými panorámami – v našom prípade prelínanie.

Následne boli upravované samotné panorámy. Bol nastavený základný zoom a limit sklonu kamery tak, aby bolo prehliadanie panorámy pre užívateľa čo najpohodlnejšie. Taktiež bol pre všetky panorámy nastavený základný filter *BLOOM* zvyrazňujúci farby (obrázok č. 19) čo zvýšilo vizuálnu atraktivitu virtuálnej prehliadky.

Obrázok č. 19: použitie farebného filtra pri tvorbe virtuálnej prehliadky



Zdroj: vlastná tvorba

Do virtuálnej prehliadky boli následne pridané body záujmu u ktorých bola nastavená ich funkcia a bol upravený ich vzhľad. V každej panoráme sa nachádzajú travel hotspots ktoré umožňujú presun do ďalšej panorámy. Nechýbajú ani info hotspots poskytujúce základné informácie o vybraných objektoch. Plánované bolo prepojiť s info hotspots taktiež s obrázkami, čo však v bezplatnej verzii programu nebolo možné. Okrem bodov záujmu boli do virtuálnej prehliadky pripojené taktiež symboly odkazujúce na umiestnenie obchodov, či stravovacích zariadení. Nakoniec bol do projektu vložený obrázok, ktorý bol použitý ako plán virtuálnej prehliadky (príloha č. 9). Pomocou tohto plánu je možné ľubovoľne sa presunúť na zvolenú panorámu.

8. VÝSLEDKY

Bol vytvorený digitálny 3D model námestia, vizualizácia historickej podoby námestia, fotografie, video a virtuálna prehliadka vytvorená z 360 stupňových panorám.

8.1. Digitálny 3D model námestia

Prvým z výsledkov, ktoré vzišli z tejto bakalárskej práce je digitálny 3D model zachytávajúci centrum mesta Prievidza v podobe z roku 1929 (obrázok č. 20). Model, ktorý vznikol v SW *SketchUp* zachytáva celkovo 36 hlavných objektov, ako sú budovy (v LOD3) a sochy a mnoho menších objektov ako napríklad telegrafné stĺpy a historické automobily, ktoré boli do modelu vložené na doplnenie celkovej podoby modelovaného územia. Neoddeliteľnou súčasťou modelu je taktiež reprezentácia terénu, ktorá vznikla manuálnou tvorbou na základe spracovania výškopisných dát.

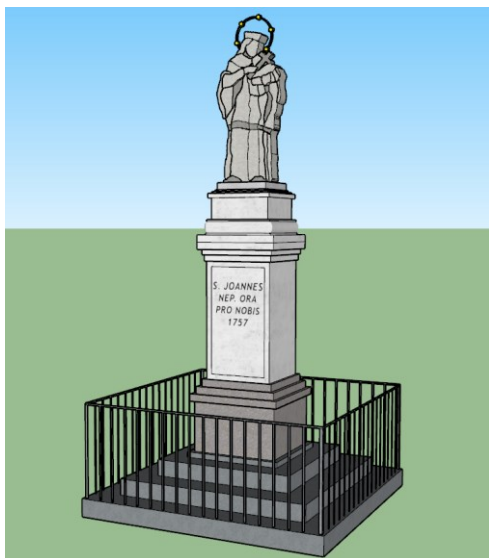
Obrázok č. 20: Digitálny 3D model námestia



Zdroj: vlastná tvorba

Celkový 3D model územia bol zostavený z desiatich čiastkových modelov, ktoré zachytávajú jednotlivé bloky budov na námestí, resp. niektoré samostatne stojace objekty, ako napríklad socha sv. Jána Nepomuckého. (obrázok č. 21). Všetky uvedené modely sú dostupné vo formáte SKP v digitálnej prílohe č. 9.

Obrázok č. 21: Čiastkový 3D model sochy sv. Jána Nepomuckého



Zdroj: vlastná tvorba

Modelované objekty boli tvorené s cieľom dosiahnutia čo najvyššej presnosti. Pre rôzne objekty však bolo dostupné odlišné množstvo zdrojov. Zatiaľ čo napríklad pre dodnes v takmer nezmenenej podobe stojaci farský kostol sv. Bartolomeja existuje plán pôdorysu i náčrty obsahujúce informácie s centimetrovou presnosťou, pre väčšinu budov na námestí boli jediným zdrojom informácií staré fotografie, resp. pohľadnice. Polohová presnosť 3D modelu je do značnej miery závislá práve od množstva a detailnosti dostupných informácií a u jednotlivých objektov je teda rôzna.

Určiť dosiahnutú presnosť modelov je náročné. V prípade dodnes existujúcich objektov by najrelevantnejším spôsobom bolo priame meranie rozmerov objektov, prípade použitie laserového skenovania. Tieto metódy však nebolo možné použiť predovšetkým z dôvodu nemožnosti priamo záujmovú lokalitu navštíviť, čo bolo zapríčinené pandémiou COVID-19 a s ňou súvisiacimi opatreniami v čase tvorby práce. V prípade dnes už neexistujúcich budov nie je možné zistiť ich skutočné rozmery vôbec. Pri určovaní presnosti je tak smerodajná presnosť použitých podkladov.

Najvyššiu presnosť dosahuje model budovy farského kostola ktorý bol tvorený s presnosťou dosahujúcou niekoľko centimetrov. Podobne presný je taktiež model Ceizelovského domu na námestí (č. p. 416) a model budovy v ktorej dnes sídli rehoľné sestry (č. p. 432). U ostatných objektov závisela presnosť predovšetkým od rozlíšenia použitých starých fotografií a starej katastrálnej mapy. Presnosť je však v rámci konkrétnych objektov variabilná a okrem iného závisela aj na uhle pod ktorým bola daná časť objektu odфотографovaná. V rámci budov tak bola vyššia presnosť (približne do 10 cm) dosiahnutá v prípade menších prvkov, ako sú napríklad okná a dvere. Naopak v prípade mier ako je napríklad dĺžka strany budovy, alebo výška strechy je dosiahnutá presnosť nižšia (približne do 50 cm). Presnosť priestorového umiestnenia budov ako i výšková presnosť DMT je odhadovaná na 1 meter. Je možné konštatovať, že v prípade dnes už neexistujúcich budov by jediným

spôsobom, ako presnosť ich 3D modelu zvýšiť bolo použitie ďalších podkladových materiálov, ak také materiály existujú.

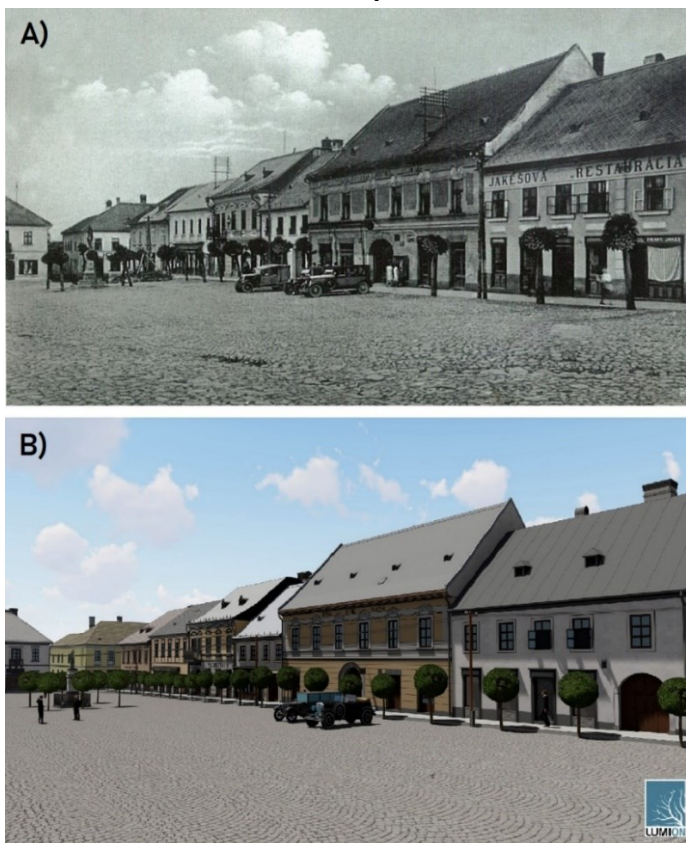
8.2. Vizualizácia historickej podoby námestia

Ďalším výsledkom je vizualizácia podoby námestia v roku 1929 vytvorená prostredníctvom *Lumionu*. V tomto prípade bol kladený dôraz na to, aby vizualizácia čo najvernejšie zachytávala historickú podobu lokality. Vizualizácia tak zahŕňa modelované objekty vrátane upravených textúr a nápisov ale taktiež vegetáciu, ľudí, zvieratá a rôzne efekty. Vizualizácia sa vo forme projektu, ktorý je možné otvoriť a ďalej upravovať v *Lumione* sa nachádza v digitálnej prílohe č. 10.

8.3. Fotografie

Prvým vytvoreným výstupom sú fotografie. Veľkou výhodou pri ich tvorbe v *Lumione* bolo, že render trvá len niekoľko sekúnd. Počas tvorby fotografií bolo možné nastaviť parametre ako ohnisková vzdialenosť, zaostrenie, kontrast, jas alebo saturácia. Vzniklo niekoľko fotografií, ktoré umožňujú porovnať výsledok tvorby so skutočnou podobou zachytenou na starých fotografiách a pohľadniciach (obrázok č. 22). Použité boli rozličné filtre, ako napríklad farebná skica, pastelová kresba, či vodové farby s ktorých pomocou je bolo možné vytvoriť vizuálne veľmi atraktívne výstupy (obrázok č. 23). Pri tvorbe vybraných fotografií boli pridané efekty, ako sú zrážky a hmla. Väčšie množstvo fotografií zachytávajúcich vizualizáciu je možné nájsť v prílohách č. 10 - 20.

Obrázok č. 22: Pohľad na západnú stranu námestia – A) stará fotografia B) vizualizácia



Zdroj: Dobiáš, 2014; vlastná tvorba

Obrázok č. 23: Farebná skica zachytávajúca južnú stranu námestia



Zdroj: vlastná tvorba

8.4. Video

Pri tvorbe videa bola nastavená kvalita výstupu, počet snímok za sekundu (v tomto prípade 30) a rozlíšenie (*Full HD*). Samotná tvorba klipu prebiehala tak, že najprv bola na základe jednotlivé snímky vytýčená trasa záberu a potom boli podobne ako v prípade fotografií pridané efekty. *Lumion* ponúka veľké množstvo efektov klipu. Okrem ďalších možností nastavenia oblohy či mrakov patrí medzi ne taktiež pohyb prvkov. Tento pohyb môže byť využitý v prípade ľudí ale napríklad i dopravných prostriedkov. Taktiež je možné pridanie efektov kamery – napríklad expozíciu, chromatickú odchýlku, alebo rybie oko. Na záver je možné nastaviť rýchlosť videa, pričom sú k dispozícii aj informácie o predpokladanej dĺžke trvania renderu. Render videa s dĺžkou 2 minúty a 24 sekúnd, skladajúceho sa z takmer 4350 snímok trval približne 5 hodín.

Vygenerované video bolo ešte upravené v aplikácii *Editor videa*. Úvodne titulky boli do videa pridané priamo v editore, zatiaľ čo záverečné titulky boli vložené ako video vygenerované z *Power Pointu*. Do videa bola taktiež vložená hudba získaná voľne dostupného internetového zdroja. Výsledné video (digitálna príloha č. 11) s dĺžkou trvania 2 minúty a 29 sekúnd bolo vložené na *YouTube* (<https://youtu.be/o3FE5FjQZL8>)

8.5. Virtuálna prehliadka

Výsledkom práce je taktiež virtuálna prehliadka zachytávajúca historickú podobu prievadzského námestia (ukážka na obrázku č. 24). Pre tvorbu tejto virtuálnej prehliadky boli použité 360 stupňové panorámy. Výslednú virtuálnu prehliadku je možné v plnom rozsahu vzhliadnuť po prihlásení sa na webe programu *Kuula* (<https://kuula.co/feed>). Je možný aj offline prístup, ten však nepodporuje zobrazenie bodov záujmu a užívateľ tak má prístup len k panorámam doplneným o vložené grafické symboly. Z tohto dôvodu boli vytvorené 2 verzie virtuálnej prehliadky – jedna obsahujúca výlučne panorámy (<https://kuula.co/post/7Dm7H/collection/7P4Vm>) a druhá doplnená o body záujmu, grafické symboly a plán (<https://kuula.co/post/7DLgd/collection/7ltjn>).

Obrázok č. 24: Virtuálna prehliadka historickej podoby námestia v Prievidzi



Zdroj: vlastná tvorba

9. DISKUSIA

Výsledky tejto bakalárskej práce boli ovplyvnené viacerými faktormi. Zásadnú úlohu zohrávali už použité zdroje. Získavanie podkladových materiálov pre tvorbu – napríklad starých fotografií pamiatkových výskumov a starej katastrálnej mapy bolo časovo náročné a vyžadovalo si súčinnosť príslušných inštitúcií, ktoré tieto materiály poskytli. Použité materiály poskytujú cenné, no obmedzené informácie. Polohová presnosť dosiahnutá u 3D modelov v tejto bakalárskej práci je podobne ako v prípade práce Vavříka (2019) limitovaná rozlíšením starých fotografií a množstvom informácií obsiahnutých v stavebných plánoch. Nevýhodou starých fotografií sú taktiež veľmi obmedzené informácie o farbe objektov. Dědková (2012) z tohto dôvodu vytvorila čiernobiely 3D model. Vďaka tomu, že v tejto bakalárskej práci boli ako podklad použité taktiež kolorované staré pohľadnice, mohol byť vytvorený farebný model, avšak reálne zobrazenie farieb objektov je stále limitované použitými informačnými zdrojmi. Je možné konštatovať, že napriek uvedenému nedostatku starých fotografií sa jedná o zdroj poskytujúci najväčšie množstvo informácií pre tvorbu 3D modelov zaniknutých objektov.

Tvorba 3D modelov zaniknutých objektov bola časovo najnáročnejšia časť práce a vyžadovala si manuálnu tvorbu mnohých detailov. Použitý bol SW SketchUp, ktorý pri tvorbe 3D modelov zaniknutých objektov využili viacerí autori napríklad Jelének (2010), Koucká (2011), Dědková (2012), Voříšek (2015), Šrollerů (2019) a Polák (2019). Koucká (2011) porovnávala SketchUp so SW MicroStation, ktorý považovala za vhodnejší, pričom ako dôvod uviedla rýchlejší priebeh práce ako i lepšie možnosti kopírovania a vkladania prvkov. V prípade tejto bakalárskej práce problémy s kopírovaním a vkladaním prvkov nenastali, čo je zrejme dané novšou verziou použitého programu. Časová náročnosť tvorby 3D modelov však pretrváva a podobne ako v prípade práce Poláka (2019) sa prejavili nedostatky SketchUpu pri tvorbe zaoblených plôch. Napriek tomu je možné konštatovať, že použitý program umožňuje vytvoriť 3D model prakticky akéhokoľvek objektu, avšak so zložitou tvaru objektu narastá čas potrebný pre jeho tvorbu. Ako užitočný zdroj pre doplnenie 3D modelu o menšie objekty sa ukázala knižnica prvkov *3D Warehouse*. Súčasťou vytvorených modelov sú textúry. Ich tvorba a úprava prebiehala postupne v troch programoch, pričom program *Gimp* sa osvedčil ako vhodný nástroj pre tvorbu nápisov, keďže umožňuje spriehľadnenie časti textúr.

Vizualizácia 3D modelu prebiehala v programe *Lumion*. Tento program umožňuje tvorbu realistickej vizualizácie, vrátane širokých možností vkladania vegetácie a efektov. Bolo však zistené, že pre účely tvorby vizualizácie historickej podoby lokality je ponuka vhodných prvkov, napr. ľudí a dopravných prostriedkov obmedzená. Ako výstup z *Lumionu* vznikli fotografie a video. Deggim a kol. (2017) taktiež použili pri vizualizácii 3D modelu program *Lumion*, pričom ako výstup vytvorili video zverejnené na *YouTube*, čo bol aj prípad tejto bakalárskej práce.

Autori prác venujúcich sa tvorbe 3D modelov zaniknutých objektov doposiaľ použili rozličné spôsoby zverejnenia výsledkov svojej práce. Zatiaľ čo práce Jelénka (2010) a Kouckej (2011) sú užívateľsky neprístupné Dědková (2012) použila aplikáciu Google Earth API. Vavřík (2019) vytvoril aplikáciu augmented reality prostredníctvom ktorej prezentoval výsledky vo forme fotografií a videa. Polák (2019) použil ako platformy pre užívateľskú interakciu Sketchfab a 3D Warehouse.

Existujú však aj ďalšie spôsoby, ako výsledok prezentovať. Jedným z nich je virtuálna prehliadka. Jedná sa o často používaný spôsob ako prezentovať panoramatické snímky. Voříšek (2015) vytvoril virtuálnu prehliadku ako súčasť informačného systému poskytujúceho informácie o dodnes existujúcej stavbe. Virtuálna prehliadka zachytávajúca dnes neexistujúcu podobu lokality je však ojedinelá, pričom jedným z mála existujúcich príkladov z územia Česka a Slovenska je virtuálna prehliadka mesta Slaný v podobe z roku 1602.

Polák (2019) uvádza, že výstupom z *Lumionu* je iba fotografia alebo video, čo však nie je úplne pravda. Je taktiež možné vytvoriť panoramatické snímky a tie je možné s použitím programov dostupných na webe prezentovať vo forme virtuálnej prehliadky. Práve tento postup bol zvolený v prípade tejto práce.

Existuje množstvo dostupných programov, prostredníctvom ktorých je možné vytvárať a prezentovať virtuálnu prehliadku. Ukázalo sa, že je náročné vymedziť ktoré programy sú určené na tvorbu virtuálnej prehliadky a ktoré len na prehliadanie panorám. Problémom tiež je, že chýba komplexný zdroj informácií, ktorý by všetky tieto programy stručne predstavil. Programy fungujú na rovnakom princípe avšak v zásade sa líšia dostupnosťou a množstvom nástrojov, ktoré je možné použiť. V tejto práci boli preto testované tri vybrané programy, ktoré umožňujú tvorbu virtuálnych prehliadok a následne bol vybraný jeden v ktorom bola vytvorená virtuálna prehliadka celého 3D modelu vizualizovaného v *Lumione*. Podobne ako v prípade Voříška (2015) aj tentokrát sa ukázali odlišnosti v ponuke nástrojov medzi jednotlivými verziami rovnakého programu. Môžeme konštatovať, že virtuálna prehliadka patrí vhodným spôsobom prezentácie 3D modelov avšak pre plnohodnotný prístup je väčšinou potrebné mať založený účet, čo mierne komplikuje užívateľskú dostupnosť. V tomto smere je preto vhodnejšie video, ktoré ale neposkytuje také široké možnosti užívateľskej interakcie.

10. ZÁVER

Práca sa zaoberala problematikou tvorby, vizualizácie a prezentácie digitálnej 3D rekonštrukcie časti historického jadra mesta Prievidza, v podobe z roku 1929. V teoretickej časti práce bola najprv predstavená problematika tvorby 3D modelov miest, pričom pozornosť bola venovaná predovšetkým tvorbe zaniknutých objektov. Nechýbajú konkrétne príklady takejto tvorby v regionálnom i celosvetovom meradle. Boli taktiež predstavené možnosti prezentácie 3D modelu na internete. Predovšetkým boli analyzované možnosti, ktoré v tomto smere ponúkajú programy na tvorbu virtuálnej prehliadky.

V praktickej časti práce bol na základe dostupných starých fotografií a ďalších archívnych materiálov v programe *SketchUp* vytvorený podrobný 3D model lokality zahŕňajúci reprezentáciu terénu, budovy a ďalšie objekty ako sú sochy a vozidlá. Pri práci boli využité aj ďalšie softwary použité pre spracovanie dát a úpravy textúr. V programe *Lumion* bol 3D model vizualizovaný v realistickej podobe. Následne boli vytvorené výstupy v podobe fotografií a videa ktoré bolo zverejnené na internete prostredníctvom *YouTube*. V rámci praktickej časti boli taktiež testované tri rôzne programy umožňujúce tvorbu virtuálnych prehliadok a ich prezentáciu na internete. Jednalo sa o programy *Marzipano*, *Orbix360* a *Kuula*. Spomedzi nich bol vybraný program *Kuula* v ktorom prebehla tvorba virtuálnej prehliadky zachytávajúcej historickú podobu hlavného prievidzského námestia. Táto virtuálna prehliadka je podobne ako video dostupná na príslušnej webovej stránke.

Hlavným zámerom autora bolo vytvoriť čo najpresnejší ucelený obraz historickej podoby vybranej lokality, čo sa s využitím dostupných dát a technológií podarilo. Zároveň boli zhodnotené možnosti, ktoré v tomto smere ponúkajú súčasné technológie slúžiace na tvorbu, vizualizáciu a prezentáciu 3D modelov. Medzi prínosy tejto práce tak patrí komplexné priblíženie postupu pri tvorbe 3D modelov zaniknutých lokalít a ich následnej vizualizácii a prezentácii prostredníctvom internetu.

Vzniknutá vizualizácia centra Prievidze jedinečným spôsobom verne predstavuje lokalitu v podobe z roku 1929 a to v rozsahu ojedinelom pre územie Slovenska. Verejnosť má tak prostredníctvom výstupov zverejnených na internete možnosť nahliadnúť do histórie tejto lokality. Okrem toho v blízkej dobe autor plánuje ponúknuť výsledky práce regionálnym inštitúciám v Prievidzi, ktoré v prípade záujmu umožnia ich prezentáciu napríklad v priestoroch regionálneho múzea. V budúcnosti bude taktiež možné rozšíriť vizualizáciu o ďalšie objekty.

Na záver je možné konštatovať, že s použitím voľne dostupných programov je dnes možné na základe vhodných archívnych materiálov vytvoriť vernú rekonštrukciu historickej podoby lokality. Existujú taktiež široké možnosti, ako výsledok prostredníctvom internetu prezentovať. Problematika tvorby virtuálnych prehliadok by si vyžadovala rozsiahlejší výskum prinášajúci obsiahlejšiu analýzu programov na ktorý v tejto práci nebol priestor. Ďalší priestor na rozšírenie poznania riešenej problematiky vidíme tiež v zameraní sa na možnosti tvorby virtuálnych videoprehliadok zaniknutej podoby lokalít, pričom sa bude možné zamerať na prezentovanie výsledkov priamo na mieste prostredníctvom rozšírenej reality.

POUŽITÁ LITERATÚRA A ZDROJE

3D VISTA (2020): 3DVista – Virtual Tours, 360° video and VR software, <https://www.3dvista.com/> (cit. 27.7.2020).

ALBERT, J., BACHMANN, M., HELLEMEIER, A. (2003): Zielgruppen und Anwendungen für Digitale Stadtmodelle und Digitale Geländemodelle. Erhebungen im Rahmen der Arbeitsgruppe „Anwendungen und Zielgruppen“ der SIG3D im Rahmen der Initiative GDI-NRW.

ARCDATA PRAHA (2020): ArcGIS, <https://www.arcdata.cz/produkty/arcgis> (cit. 27.7.2020).

ARCHAIA BRNO (2020): Model Brna roku 1645, <http://www.brno1645.cz/> (cit. 27.7.2020).

AUTODESK (2020): System requirements for Autodesk 3ds Max 2020, <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/troubleshooting/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/System-requirements-for-Autodesk-3ds-Max-2020.html> (cit. 27.7.2020).

BALSA-BARREIRO, J., FRITSCH, D. (2018): Generation of visually aesthetic and detailed 3D models of historical cities by using laser scanning and digital photogrammetry. *Digital Applications in Archeology and Cultural Heritage*, 8, 57 – 64.

BANSKÁ BYSTRICA (2020): 3D model mesta Banská Bystrica, <https://www.banskabystrica.sk/zivot-v-meste/3d-model-mesta-banska-bystrica/> (cit. 27.7.2020).

BILJECKI, F., LEDOUX, H., STOTER, J. (2016): An improved LOD specification for 3D building models. *Computers, Environment, and Urban Systems*, 59, 25-37.

BILJECKI, F., STOTER, J., LEDOUX, H., ZLATANOVA, S., ÇÖLTEKIN, A. (2015). Applications of 3D city models: State of the art review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4, 4, 2842-2889.

BOSTON PLANNING AND DEVELOPMENT AGENCY (2020): About 3D, <http://www.bostonplans.org/3d-data-maps/3d-smart-model/about-3d> (cit. 27.7.2020).

BRENNER, C. (2004). Modelling 3D objects using weak CSG primitives. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 35, B3, 1085-1090.

BURIÁNEK, J. (2009): Langweilův model Prahy, <http://www.langweil.cz/dmodel.php> (cit. 27.7.2020).

CAHYONO, A. B., HIDAYAT, H. (2016): Combined aerial and terrestrial images for complete 3D documentation of Singosari Temple based on Structure from Motion algorithm. 2ND International conference of Indonesian society for Remote Sensing (ICOIRS).

- CAMBRAY, DE B. (1993): Three-dimensional modeling in a geographical database. In: Proceedings of Auto-Carto'11: Bethesda, 1993, Maryland, 338-347.
- CITY OF HELSINKI (2019): Helsinki's 3D city models, <https://www.hel.fi/helsinki/en/administration/information/general/3d/> (cit. 27.7.2020).
- CLOUDPANO (2020): CloudPano – Tour Creator Software, <https://www.cloudpano.com/> (cit. 27.7.2020).
- CORY, C. A. (2001). Utilization of 2D, 3D, or 4D CAD in construction communication documentation. Fifth International Conference on Information Visualisation. 219-224. IEEE.
- CUPIX (2020): Cupix – Price, <https://www.cupix.com/pricing.html> (cit. 27.7.2020).
- DASSAULT SYSTÈMES (2020): Paris 3D, <https://www.3ds.com/stories/paris-3d/> (cit. 27.7.2020).
- DECAUDIN, P., NEYRET, F. (2009): Volumetric Billboards. Computer Graphics Forum, 28, 8, 2079 – 2089.
- DEGGIM, S., KERSTEN, T. P., LINDSTAEDT, M., HINRICHSEN, N. (2017): The return of the Siegesburg – 3D-reconstruction of a disappeared and forgotten monument. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W3.
- DELANEY, J. (1999): Geographical Information System: DELANEY, J. (1999): Geographical Information System: An Introduction. Oxford university press, Oxford.
- DĚDKOVÁ, P. (2012): 3D vizualizace zaniklé obce a její hodnocení z hlediska uživatelské kognice. Bakalárska práca, Katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci.
- DOBIÁŠ, M. (2014): Prievidza na starých pohľadniciach. Tlačiareň Patria, Prievidza.
- FREEMAP SLOVAKIA (2020): Mapové podklady na FreemapSlovakia. <http://wiki.freemap.sk/LayerAllInOne> (cit. 27.7.2020).
- FRITSCH, D., KLEIN, M. (2018): 3D preservation of buildings - Reconstructing the past. Multimedia tools and applications, 77, 7, 9153 – 917.
- GARDEN GNOME (2020): Pano2VR – Virtual Tour Software, <https://ggnome.com/pano2vr/> (cit. 27.7.2020).
- GEOPORTÁL (2020): Na stiahnutie. https://www.geoportal.sk/sk/zbgis_smd/na-stiahnutie/ (cit. 27.7.2020).
- GILL, L., LANGE, E. (2015). Getting virtual 3D landscapes out of the lab. Computers, Environment and Urban Systems, 54, 356-362

- GOOGLE AUGMENTED REALITY AND VIRTUAL REALITY (2020): Tour Creator, <https://arvr.google.com/tourcreator/> (cit. 27.7.2020).
- GOTHRU (2020): GoThru Street View Editor, <https://gothru.co/> (cit. 27.7.2020).
- HANKE, K., MOSER, M., RAMPOLD, R. (2015): Historic photos and tIs data fusion for the 3d reconstruction of a monastery altar ensemble. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5/W7, 201 – 206.
- HERMAN, L. (2013): Adaptivní 3D vizualizace měst. Konference GIS Ostrava 2013.
- HOFIERKA, J., KAŇUK, J. (2010): Aplikácie 3D modelov miest v geografickom výskume. Geographia Cassoviensis, 4, 1, 69 – 72.
- CHRUDEM 2015 (2015): Úvod, <http://www.chrudim2015.cz/> (cit. 27.7.2020).
- INFOCENTRUM POD VELVARSKOU BRANOU VE SLANÉM (2019): Virtuální průvodce po středověkém opevnění královského města Slaný, <https://www.infoslany.cz/virtualni-pruvodce-po-stredovekem-opevneni-kralovskeho-mesta-slany/d-1102> (cit. 27.7.2020).
- INSTITUT PLÁNOVÁNÍ A ROZVOJE HLAVNÍHO MĚSTA PRAHY (2020): 3D model Prahy, <https://www.iprpraha.cz/clanek/1308/3d-model-prahy> (cit. 27.7.2020).
- JELÉNEK, J. (2010): 3D rekonstrukce krajiny na příkladu zaniklých obcí v českém pohraničí a vojenských újezdech. Bakalárska práca, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha.
- KALISPERAKIS, I, ROVA, M., PETSAS, E., KARRAS, G.E. (2003): On Multi-Image Reconstruction from Historic Photographs.. XIX CIPA Symposium, Antalya, Turkey, 30 September - 4 October 2003
- KOLBE, T. H. (2009): Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML. In: Lee, J., Zlatanova, S. (ed.): 3D Geo-Information Sciences , Springer-Verlag, Heidelberg, 15 – 31.
- KOLLÁROVÁ, R. (2014): Prievidza, Dom meštiansky, nárožný. architektonicko-historický a umelecko-historický pamiatkový výskum, Štátny archív v Trenčíne, pracovisko Archív Bojnice.
- KOUCKÁ, L. (2011): 3D rekonstrukce zaniklých částí města Dobříš. Bakalárska práca, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha.
- KOUSSA, C., KOEHL, M. (2009): A simplified geometric and topological modelling of 3D buildings enriched by semantic data: combination of surface-based and solid-based representations. In: Advances in Geoinformation Technologies. 1st ed. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2009, 3, 25-41. ISBN 978-80-248-2145-0.
- KUULA (2020): Kuula plans and pricing, <https://kuula.co/page/pricing> (cit. 27.7.2020).

LAŠTOVIČKA, J., ŠTYCH, P., PALATÝ, T. (2019): Využití geoinformačních technologií a dat DPZ k tvorbě historického modelu území: 3D rekonstrukce Ostrovského kláštera v gotické a románské podobě. Konference GIS Ostrava 2019.

LIMBER, M., SIMPSON, M. (2009): Introducing Google Building Maker, <https://maps.googleblog.com/2009/10/introducing-google-building-maker.html> (cit. 27.7.2020).

LUKAČKA, J., KERATOVÁ, K., STRAKOVÁ-STRIEŠKOVÁ, M., TURČAN, V., MRVA, I., VIRŠINSKÁ, M., VAŠŠ, M., MATÁKOVÁ, B. (2013): Monografia mesta Prievidza. Štúdio HARMONY, Banská Bystrica.

LUMION (2020): Educational Licenses – Lumion, <https://lumion.com/educational-licenses.html> (cit. 27.7.2020).

MARZIPANO (2020): Marzipano - A 360° viewer for the modern web, <https://www.marzipano.net/> (cit. 27.7.2020).

MATTERPORT (2020): Matterport / 3D for the Real World, <https://buy.matterport.com/> (cit. 27.7.2020).

MOUNT ATHOS 360 (2020): The Project, <https://mountathos360.com/en/to-ergo/> (cit. 27.7.2020).

MY360 (2020): My360 Property Virtual Tours, <https://my360propertyvirtualtours.com/> (cit. 27.7.2020).

NAPSYAH, B. I., NOOH, B. A. B. (1997): Boundary representation-based feature recognition. Jurnal Teknologi, 26, 65-74.

NOCK NOCK (2020): Pricing, <https://nocknock.io/pricing.html> (cit. 27.7.2020).

OCURUS (2020): Build a Click, Modern Virtual Tour. <https://ocurus.com/pricing> (cit. 27.7.2020).

OSOBNÝ FOND M. MIŠÍKA: staré fotografie. Štátny archív v Trenčíne, pracovisko Archív Bojnice.

ORBIX360 (2020): Orbix 360° - Home, <https://www.orbix360.com/> (cit. 27.7.2020).

PANOSKIN (2020): Plans and Pricing, <https://www.panoskin.com/pricing> (cit. 27.7.2020).

PETTIT, C. J., SHETH, F., HARVEY, W., COX, M. (2009): Building a 3D Object Library for Visualising Landscape Futures. 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia.

POLÁK, M. (2019): Zaniklá krajina horského zemědělství na Šumavě: rekonstrukce, 3D modely krajiny a možnosti jejich prezentace v prostředí webu. Bakalárska práca, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha.

PÜSCHEL, H., SAUERBIER, M., EISENBEISS, H. (2008): A 3D model of castle landenberg (ch) from combined photogrammetric processing of terrestrial and uav-based images. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37, b6B.

REALM OF HISTORY (2017): 10 ancient cities presented via astounding animated digital reconstructions, <https://www.realmofhistory.com/2017/12/18/10-digital-reconstructions-ancient-cities/> (cit. 27.7.2020).

REMONDINO, F., EL-HAKIM, S. (2006): Image-based 3D modelling: a review. The photogrammetric record. 21, 115, 269-291.

ROME REBORN (2020): Home, <https://www.romereborn.org/content/home-0> (cit. 27.7.2020).

RUBINOWICZ, P., & CZYŃSKA, K. (2015). STUDY OF CITY LANDSCAPE HERITAGE USING LIDAR DATA AND 3D-CITY MODELS. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences Volume XL-7/W3.

SHIODE, N. (2000): 3D urban models: Recent developments in the digital modelling of urban environments in three-dimensions. GeoJournal, 52, 3, 263 – 269.

SKETCHUP 3D WAREHOUSE (2016): 1929 Duesenberg Model J dual cowl phaeton. <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/u26fc26eb-4ff4-4746-bf03-cec774a23ffa/1929-Duesenberg-Model-J-dual-cowl-phaeton> (cit. 27.7.2020).

STADT ZÜRICH (2020): Open Data Zürich, <https://data.stadt-zuerich.ch/dataset?q=3d-blockmodell> (cit. 27.7.2020).

STYLIADIS, A.D. (2008): Historical photography-based computer-aided architectural design: Demolished buildings information modeling with reverse engineering functionality. Automation in construction, 18, 1, 51 – 69.

ŠROLLERŮ, A. (2019): Využití současných a historických geografických dat pro tvorbu časového 3D modelu území Hradce Králové. Bakalárska práca, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha.

ŠTYCH, P., KRYSHENYK, P., LAŠTOVIČKA, J. (2016): Zmizelá místa ožívají ve 3D. Přírodovědci.cz, 2016, 2, 16 – 17.

ŠÚSR (2020): Prehľad pohybu obyvateľstva – obce (ročne). DATAcube, Štatistický úrad SR, Bratislava, http://datacube.statistics.sk/#!/view/sk/VBD_DEM/om7103rr/v_om7103rr_00_00_00_sk (cit. 27.7.2020).

THEASYS (2020): Theasysy – Pricing, <https://www.theasys.io/pricing/> (cit. 27.7.2020).

TOMÁŠEK, P. (2011): Úvod do 3D modelování v oblasti urbanismu. Urbanismus a územní rozvoj, 14, 6, 16–20.

UNESCO WORLD HERITAGE CENTER (2020): Mount Athos,
<https://whc.unesco.org/en/list/454/> (cit. 27.7.2020).

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI (2020): 3D výtisk modelu Bouzova ukazuje podobu hradu před přestavbou.
<https://www.upol.cz/nc/zpravy/zprava/clanek/3d-vytisk-modelu-bouzova-ukazuje-podobu-hradu-pred-prestavbou/> (cit. 27.7.2020).

ÚRAD GEODÉZIE, KARTOGRAFIE A KATASTRA SLOVENSKEJ REPUBLIKY (2019): Katastrálna mapa Prievidze z roku 1909. Ústredný archív geodézie a kartografie.

VATALOVÁ, M. (2017): 3D vizualizace hradu Brumov v různých časových obdobích. Bakalárska práca, Ústav počítačových a komunikačných systémů, Fakulta aplikované informatiky, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.

VAVRÍK, J. (2019): Model historickej budovy v rozšírenej realite. Bakalárska práca, Fakulta informatiky, Masarykova univerzita, Brno.

VEER (2020): Introducing VeeR Experience,
<https://veer.tv/landing/experience> (cit. 27.7.2020).

VOŘÍŠEK, J. (2015): Tvorba jednoduchého informačního systému kláštera sv. Anežky České v Praze. Diplomová práca, Katedra geomatiky, Fakulta stavební, České vysoké učení technické v Praze.

VÚGTK (2020a): Slovník VÚGTK,
https://www.vugtk.cz/slovník/termin.php?jazykova_verze=&tid=7522&l=3d-modelovanie (cit. 27.7.2020).

VÚGTK (2020b): Slovník VÚGTK,
[https://www.vugtk.cz/slovník/termin.php?jazykova_verze=&tid=1050&l=digitalny-model-georeliefu-\(dmg\)\]](https://www.vugtk.cz/slovník/termin.php?jazykova_verze=&tid=1050&l=digitalny-model-georeliefu-(dmg)]) (cit. 27.7.2020).

WIKIPEDIA (2020a): Virtual tour,
https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_tour (cit. 27.7.2020).

WIKIPEDIA (2020b): Coverage of Google Street View,
https://en.wikipedia.org/wiki/Coverage_of_Google_Street_View (cit. 27.7.2020).

WIKIPEDIA (2020c): ArcGIS,
<https://en.wikipedia.org/wiki/ArcGIS> (cit. 27.7.2020).

WIKIPEDIA (2020d): SketchUp,
<https://en.wikipedia.org/wiki/SketchUp> (cit. 27.7.2020).

WIKIPEDIA (2020e): GIMP,
<https://en.wikipedia.org/wiki/GIMP> (cit. 27.7.2020).

WIKIPEDIA (2020f): Malý znak republiky Československé,
https://cs.wikipedia.org/wiki/Mal%C3%BD_znak_republiky_%C4%8Ceskoslovensk%C3%A9
(cit. 27.7.2020).

YOUTUBE (2013): Paris 3D: Through the Ages - Dassault Systèmes.
<https://www.youtube.com/watch?v=-64kHmCJGMA> (cit. 27.7.2020).

YOUTUBE (2019): Ancient Rome — Reborn — thanks to virtual reality.
<https://www.youtube.com/watch?v=f8hqR2O8HiM> (cit. 27.7.2020).

ZLATANOVA, S., TEMPFLI, K. (2000): Modelling for 3D GIS: Spatial Analysis and Visualisation through the Web. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing Vol. XXXIII, XIXth Congress ISPRS, Amsterdam, 2000.

PRÍLOHY

Príloha č. 1: Modelované objekty

číslo parcely	budova / objekt (majiteľ/správca)	stav budovy (objektu) po roku 1929
318	mäsiarstvo a údenárstvo (akciová spoločnosť Carpathia)	zasanovaná asi v r. 1930
319	obchod (František Jakeš)	zasanovaná v r. 1945 - 1946
322	Hotel Slávia (Bernard Freiberg)	zasanovaná v r. 1945 - 1946
323	obchod (Ferdinand Kaloš)	zasanovaná zrejme po roku 1950
324	obchod so železom (Viliam Singer)	zasanovaná zrejme po roku 1950
325	obchod s textilom (Izidor Rosenthal)	zasanovaná zrejme po roku 1950
332	obchod (Ferdinand Kaloš)	zasanovaná zrejme po roku 1950
354	veľkoobchod so zmiešaným tovarom (Jozef Bienenstock)	zasanovaná zrejme po roku 1950
359	tzv. weissovský (nájomný) dom (-)	zasanovaná zrejme po roku 1950
361	Mestský dom (mesto Prievidza)	zasanovaná v r. 1932
364	obchod (-)	zasanovaná zrejme v r. 1946
365	obchod (-)	zasanovaná zrejme v r. 1946
368	hostinec (-)	zasanovaná zrejme po roku 1950
369	obchod (Felix Rosenthal)	zasanovaná zrejme po roku 1950
371	Prievidzská gazdovská banka (-)	Kompletne prestavaná v r. 1936
380	hostinec (-)	zasanovaná zrejme po roku 1940
401	tzv. weissovský (nájomný) dom (-)	zasanovaná v polovici 40. rokov 20. stor.
402	hostinec, mäsiarstvo a údenárstvo (R. Ďurčány)	zasanovaná v polovici 40. rokov 20. stor.
406	obchod (Ján Fogelton)	zasanovaná zrejme po roku 1950
407	Klampiarska dielňa (Ferdinand Lówy)	zasanovaná zrejme po roku 1950
411	obchod s textilom (manželia Löwingerovci)	zasanovaná zrejme po roku 1950
412	trafika (Jozef Uhliar)	na pôvodnom mieste
414	obchod (Ján Wunder)	na pôvodnom mieste

416	tzv. Ceizelovský dom – daňový úrad, fotoateliér (-)	na pôvodnom mieste
420	farský Kostol sv. Bartolomeja (<i>rímskokatolícka cirkev</i>)	na pôvodnom mieste
422	dom (<i>Jozef Werner</i>)	na pôvodnom mieste
425	predajňa zmiešaného tovaru (<i>Július Steiner</i>)	na pôvodnom mieste
428	spolková miestnosť, hostinec (<i>Urban Kardoš</i>)	na pôvodnom mieste
430	(-)	na pôvodnom mieste
431	(-)	na pôvodnom mieste
432	kláštor (<i>Kongregácia Dcér Božskej Lásky</i>)	na pôvodnom mieste
434	(-)	na pôvodnom mieste
435	obchod (<i>Vojtech Ujšági</i>)	zasanovaná v roku 1978
437	obchod (<i>Ján Khufbach</i>)	zasanovaná v roku 1978
-	socha sv. Jána Nepomuckého	v r. 1946 presunutá pred kláštor piaristov
-	súsošie Najsvätejšej Trojice	v r. 1945 - 1946 presunuté bližšie k SV rohu námestia

12. (-) chýbajú informácie

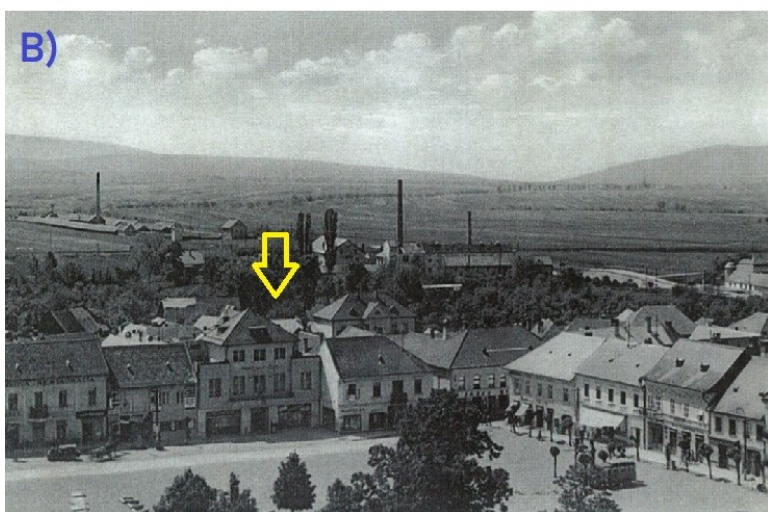
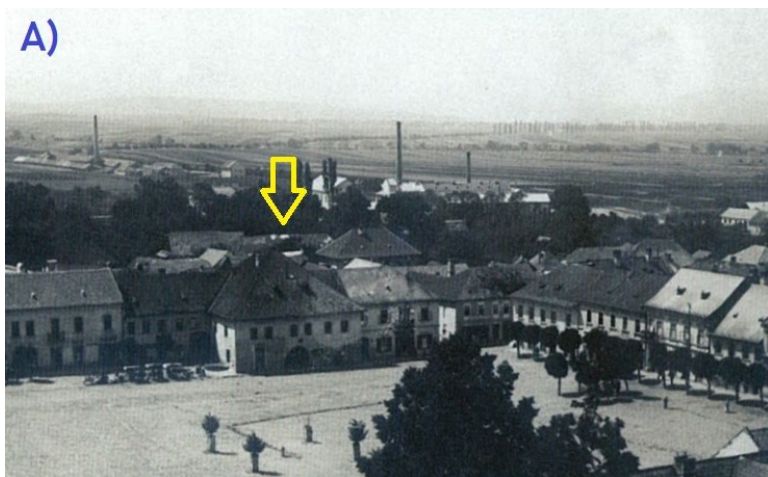
zasanovaná budova

presunutý objekt

dodnes stojaca budova

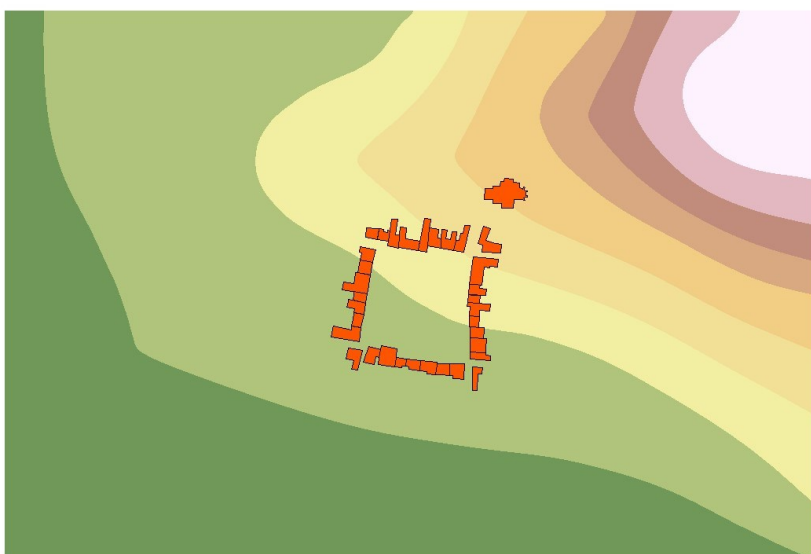
13. Zdroj: Dobiáš (2014), Kollárová (2014); vlastné spracovanie

Príloha č. 2: Mestský dom – A) starý mestský dom okolo roku 1930, B) nový mestský dom okolo roku 1945



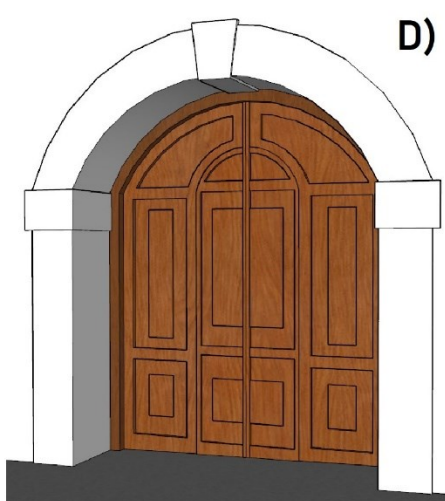
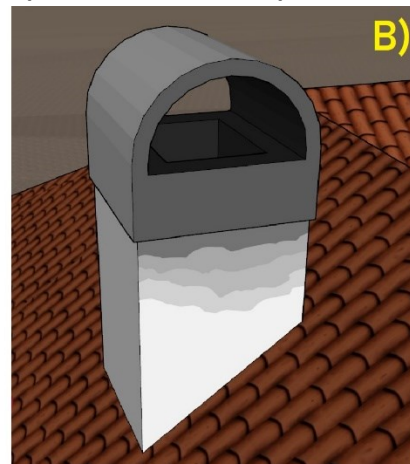
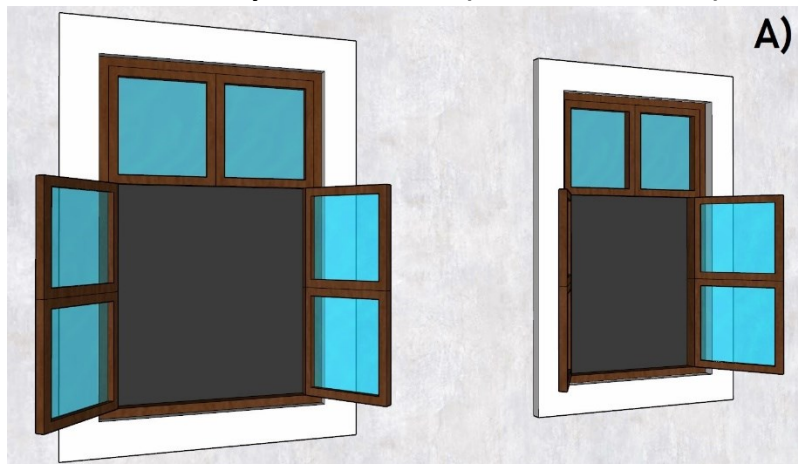
Zdroj: Dobiáš, 2014

Príloha č. 3: DMT záujmového územia



Zdroj: FreemapSlovakia; vlastná tvorba

Príloha č. 4: Detaily 3D modelu – A) otvorené okná, B) komín, C) balkón a dvere, D) brána



Zdroj: vlastná tvorba

Príloha č. 5: Malý štátny znak Československa



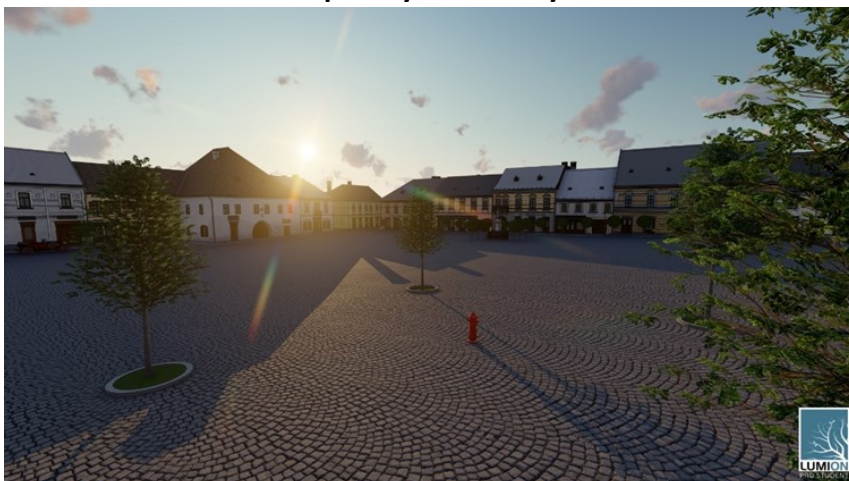
Zdroj: Wikipedia

Príloha č. 6: Textúra dlažby na námestí



Zdroj: vlastná tvorba

Príloha č. 7: Nastavenie polohy a intenzity slnka



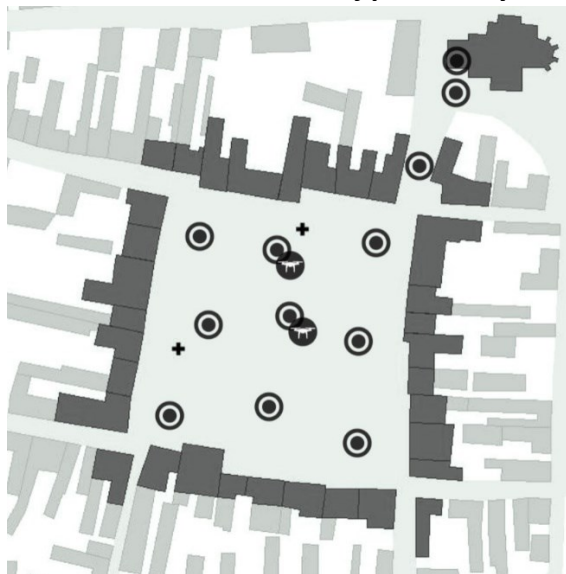
Zdroj: vlastná tvorba

Príloha č. 8: Použitie efektov zrážky a hmľa



Zdroj: vlastná tvorba

Príloha č. 9: Plán virtuálnej prehliadky



Zdroj: vlastná tvorba

Príloha č. 10: Pohľad na Masarykovo námestie z veže farského kostola – A) na starej pohľadnici z roku 1925, B) vizualizácia vytvorená v Lumione



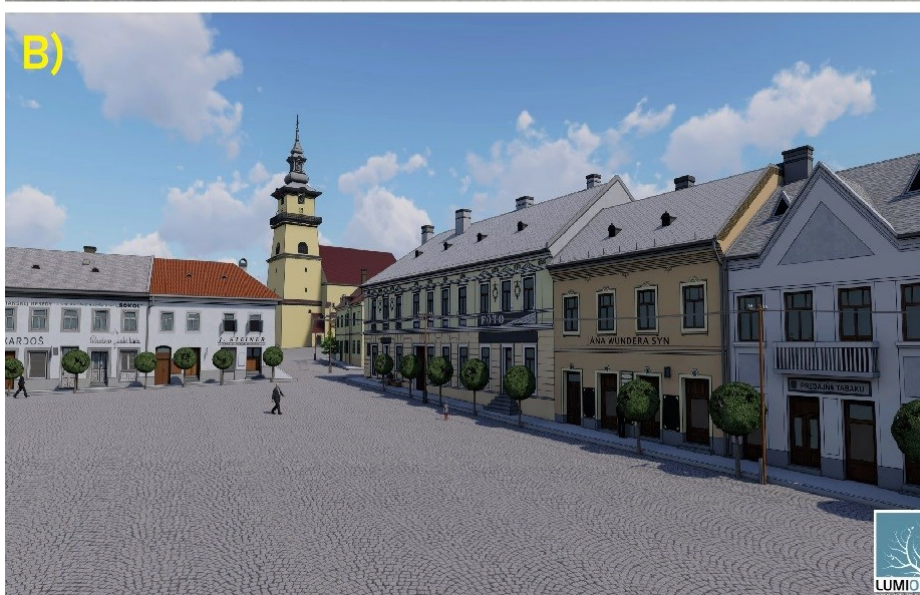
Zdroj: Dobiáš, 2014; vlastná tvorba

Príloha č. 11: Masarykovo námestie – detail – A) na starej fotografii z roku 1925,
B) vizualizácia vytvorená v Lumione



Zdroj: Dobiáš, 2014; vlastná tvorba

Príloha č. 12: Severovýchodný kút Masarykovho námestia– A) na starej fotografii z roku 1929, B) vizualizácia vytvorená v Lumione



Zdroj: Dobiáš, 2014; vlastná tvorba

Príloha č. 13: Južná strana Masarykovho námestia – A) na starej fotografii z roku 1925, B) vizualizácia vytvorená v Lumione

A)



B)



Zdroj: Dobiáš, 2014; vlastná tvorba

Príloha č. 14: Kardošov dom (č. p. 428)



Zdroj: vlastná tvorba

Príloha č. 15: Singerov dom (č. p. 324)



Zdroj: vlastná tvorba

Príloha č. 16: Hotel Slávia (č. p. 322)



Zdroj: vlastná tvorba

Príloha č. 17: Starý Mestský dom (č. p. 361)



Zdroj: vlastná tvorba

Príloha č. 18: Stĺp najsvätejšej trojice



Zdroj: vlastná tvorba

Príloha č. 19: Ceizelovský dom (č. p. 416) – použitie efektu farebná skica



Zdroj: vlastná tvorba

Príloha č. 20: Budova Prievidskej gazdovskej banky (č. p. 471) – použitie efektu farebná skica



Zdroj: vlastná tvorba