

Západočeská univerzita v Plzni  
Fakulta aplikovaných věd  
Katedra matematiky

# BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Prostorová vizualizace kostela sv. Václava v Radnicích

PLZEŇ, 2016

Lucie Jeřábková

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta aplikovaných věd  
Akademický rok: 2015/2016

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lucie JEŘÁBKOVÁ**  
Osobní číslo: **A13B0070P**  
Studijní program: **B3602 Geomatika**  
Studijní obor: **Geomatika**  
Název tématu: **Prostorová vizualizace kostela sv. Václava v Radnicích**  
Zadávací katedra: **Katedra matematiky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Rešerše dostupných zdrojů.
2. Geodetické zaměření kostela pro vizualizaci.
3. Zpracování naměřených dat.
4. Praktická realizace modelu kostela.

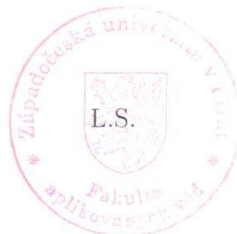
Rozsah grafických prací: dle potřeby  
Rozsah kvalifikační práce: cca 20 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná  
Seznam odborné literatury:


- PAVELKA, Karel, 2003. Fotogrammetrie. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni. ISBN 80-7082-972-9.
- JEDLIČKA, K., HÁJEK, P., ČERBA, O. Experience with methods of 3D cartography gained during visualization of detailed geographic data for purposes of documenting cultural heritage (case study at the castle Kozel). In GeoCart'2012 and ICA Regional Symposium on Cartography for Australasia and Oceania. Auckland: New Zealand Cartographic Society Inc., 2012. s. 89-100. ISBN: 978-0-473-22313-7.
- BRUS, Jan, VONDRAKOVA, Alena, VOZENILEK, Vit. Modern Trends in Cartography. Switzerland: Springer, 2015. ISBN 978-3-319-07925-7.
- STREJCOVÁ, Jana, 2010. Digitální 3D model zámku Nečtiny. Plzeň. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta aplikovaných věd.
- BELAI, Elena, 2015. Příprava geografických dat pro 3D tisk podrobného modelu budovy. Plzeň. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta aplikovaných věd.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radek Fiala, Ph.D.  
Katedra matematiky

Datum zadání bakalářské práce: 1. října 2015  
Termín odevzdání bakalářské práce: 31. května 2016

  
Doc. RNDr. Miroslav Lávička, Ph.D.  
děkan



  
Prof. RNDr. Pavel Drábek, DrSc.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 1. října 2015

**Prohlášení:**

Předkládám tímto k posouzení a následné obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr bakalářského studia na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, jejichž seznam je její součástí.

V Plzni dne 30. 5. 2016

.....

### **Poděkování:**

Ráda bych na tomto místě poděkovala svému vedoucímu práce Ing. Radku Fialovi, Ph.D., za ochotu, pomoc, toleranci a odborné vedení. Dále děkuji doc. Ing. Václavu Čadovi, CSc. a Ing. Pavlu Hájkovi za poskytnuté konzultace a Ing. Martině Vichrové, Ph.D. za pomoc při hledání tématu bakalářské práce. V neposlední řadě děkuji Ing. Petru Ráčkovi za poskytnutí cenných rad, podporu a trpělivost.

## **Abstrakt:**

Práce je zaměřena na tvorbu 3D modelu kostela sv. Václava v Radnicích a jeho následnou vizualizaci ve webovém prostředí. Vizualizace je zde myšlena ve smyslu zobrazení, nikoliv ve smyslu vizuálních prostředků. Tvorba modelu probíhá v prostředí programu Blender a v programu Agisoft PhotoScan. V případě druhého programu jsou popsány i jednotlivé kroky vedoucí k výslednému modelu. V práci jsou obsaženy postupy, jak za pomoci vybraných javaskriptových knihoven docílit interaktivního zobrazení modelu v prostředí internetu, a také různé problémy (i s jejich řešením), které při exportu vyvstávaly.

## **Klíčová slova:**

vizualizace, webové prostředí, 3D model, javaskriptová knihovna, x3dom, Blend4Web, Three.js, Agisoft PhotoScan, Blender, kostel, Radnice

## **Abstrakt:**

This thesis is focused on creating a 3D model of church saint Wenceslas in the Radnice and its subsequent visualization in a web. Visualization is meant in the sense of view, not in the sense of visual means. The model was created in an environment of Blender and in the program Agisoft PhotoScan. Visualization is described as individual steps leading to the final model in the Agisoft PhotoScan. There are detailed procedures how to use selected javascripts libraries for interactive display model on the Internet, and various problems (and their solutions), that was made during the export.

## **Keywords:**

vizualization, web environment, 3D model, javascripts libraries, x3dom, Blend4Web, Three.js, Agisoft PhotoScan, Blender, church, Radnice

# OBSAH

Seznam obrázků a tabulek.....	9
1. ÚVOD.....	10
2. MĚSTO RADNICE .....	11
2.1. Kostel sv. Václava.....	11
2.2. Historie města.....	12
3. FOTOGRAMMETRIE .....	13
3.1. Dělení fotogrammetrie .....	13
4. POUŽITÝ SOFTWARE.....	15
4.1. Kokeš.....	15
4.2. Microsoft Excel.....	15
4.3. CloudCompare .....	15
4.4. Blender .....	16
4.5. Agisoft.....	16
4.6. Blend4web.....	17
4.7. Total commander.....	17
4.8. PSPad .....	17
5. JAVASKRIPTOVÉ KNIHOVNY .....	18
5.1. x3dom.....	18
5.2. Three.js.....	18
5.3. Další knihovny .....	18
6. SBĚR DAT .....	19
6.1. Zaměření bodů kostela .....	19
6.2. Tvorba fotografií .....	21
7. ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT .....	22
7.1. Převod z geodetické do matematické souřadnicové soustavy.....	22
7.2. Import do Blenderu .....	23
8. TVORBA MODELU .....	24
8.1. Blender .....	24
8.2. Agisoft PhotoScan.....	25
9. VIZUALIZACE VE WEBOVÉM PROSTŘEDÍ.....	29
9.1. Knihovna x3dom.....	29

9.2.	Export pomocí pluginu Blend4Web.....	32
9.2.1.	Instalace pluginu.....	32
9.2.2.	Možné problémy při exportu .....	33
9.3.	Knihovna Three.js .....	37
9.4.	Webová prezentace modelu .....	38
10.	ZÁVĚR.....	39
	Seznam použité literatury .....	41
	Struktura DVD .....	43



## Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1: Kostel sv. Václava v Radnicích na náměstí Kašpara Šternberka.....	11
Obrázek 2: Rozložení stanovisek kolem kostela .....	19
Obrázek 3: Měření s GNSS .....	20
Obrázek 4: Průseková fotogrammetrie .....	21
Obrázek 5: Geodetická souřadnicová soustava .....	22
Obrázek 6: Matematická souřadnicová soustava .....	22
Obrázek 7: CloudCompare – větev databázového stromu .....	23
Obrázek 8: Agisoft – jednotlivé kroky výpočtu .....	25
Obrázek 9: Agisoft – vytvořená maska, umístění vlíčovacích bodů .....	26
Obrázek 10: Agisoft – prvotní mračno bodů .....	26
Obrázek 11: Agisoft – nedokonalý model .....	27
Obrázek 12: Agisoft – nastavení exportu .....	28
Obrázek 13: Blender – instalace pluginu .....	32
Obrázek 14: Chybové hlášení při exportu – ukládání na disk .....	33
Obrázek 15: Chybové hlášení při exportu – materiál .....	33
Obrázek 16: Okno "Outliner" – seznam objektů .....	34
Obrázek 17: Okno "material" .....	34
Obrázek 18: Okno "material" – prázdný materiál .....	34
Obrázek 19: Nastavení kamery – rozložení oken; poloha kamery: X=45,86, Y=-54,24, Z=32,54 .....	35
Obrázek 20: Poloha kamery: X=56,72, Y=-64,88, Z=36,13; End = 100 .....	36
Obrázek 21: Poloha kamery: X=69,76, Y=-77,65, Z=40,44 ; End = 100 .....	36
Obrázek 22: Poloha kamery: X=69,76, Y=-77,65, Z=40,44; End = 200 .....	36
Tabulka 1: Srovnání parametrů vyexportovaných souborů.....	38

## 1. ÚVOD

S rozvojem technologií se stále častěji setkáváme s 3D modely. Překvapilo mě, že všechny práce ve spojitosti s tímto tématem používaly program SketchUp a aplikaci GoogleEarth. Nedalo mi to a rozhodla jsem se, že to vyzkouším jinak! Protože jsem hrdým patriotem města Radnic, vybrala jsem si jako předlohu pro 3D model kostel sv. Václava na náměstí, který je dominantou města.

Aby byl 3D model přístupný co nejširšímu okruhu uživatelů, je pro publikování zřejmě nejvhodnější webové prostředí. Pro vizualizaci 3D modelů v tomto prostředí existuje celá řada nástrojů od již hotových prohlížečů, jako jsou např. Sketchfab nebo 3Dvia, až k softwarovým knihovnám. Manipulace s nimi není jednoduchá, zato ale nabízí mnohem širší možnosti použití, přizpůsobení i doplnění o další funkcionality. Cílem práce je prozkoumat možnosti tvorby 3D modelů a jejich zpřístupnění běžným uživatelům počítače, a to zejména s využitím volně šiřitelných softwarových nástrojů.

První čtyři kapitoly obsahují teoretickou část – od historie města Radnic, stručného rozdělení metod fotogrammetrie až po popis použitých programů a javaskriptových knihoven. Ve druhé, praktické části, je popsán sběr dat a jejich zpracování, tvorba modelu v nejednom programu a několik možností, jak výsledný model i s texturami zobrazit na internetu.

## 2. MĚSTO RADNICE

Radnice jsou město se 1700 obyvateli ležící na západním okraji Křivoklátské vrchoviny necelých 20 kilometrů severovýchodně od Plzně. Předmětem zájmu této práce je kostel sv. Václava, jenž tvoří dominantu náměstí tohoto města.

Texty této kapitoly vychází z oficiálních webových stránek města Radnic. [21]

### 2.1. Kostel sv. Václava

První zmínka o kostele sv. Václava v Radnicích (Obrázek 1), který je situován na náměstí Kašpara Štenberka, je datována již na konci 14. století. Tento kostel ovšem v 17. století vyhořel. Současný vzhled získal v roce 1720 na popud hraběte Kazimíra z Kupferwaldu. Jak již letopočet napovídá, jedná se o barokní stavbu, jejímž architektem byl Jakub Auguston – Čech původem z Itálie. Jedná se o jednolodní stavbu s obdélným presbytářem, se sakristií a kaplemi po obou stranách. U kostela stála i zvonice, ale ta byla požárem zcela zničena.



Obrázek 1: Kostel sv. Václava v Radnicích na náměstí Kašpara Štenberka

## 2.2. Historie města

Již v prvních dochovaných pramenech o Radnicích se můžeme dočíst, že se nazývaly městečkem. Avšak až v roce 1570 Radnice oficiálně získaly status města.

Do historie se ve vlastnictví města zapsalo nemálo rodů, které si nárokovaly právo na město. Od rodu Lucemburků, přes Rožmberky, díky kterým je znakem města pětilistá rožmberská růže na stříbrném štítu, až po Šternberky. Ti do města přivedli významné české osobnosti počínaje Antonínem Jaroslavem Puchmajerem, který zde působil jako farář, usiloval o prosazení českého jazyka. Do Radnic za ním přijížděli i Josef Jungmann a Josef Dobrovský, kteří podporovali jeho myšlenku. Nezůstalo jen u slov a roku 1818 pod protektorstvím Kašpara Šternberka vznikla první Čtenářská společnost. Jejím cílem bylo vybudování knihovny, jež měla obsahovat převážně české knihy. Již zmíněný Kašpar Šternberk byl přírodovědcem a jeden ze spoluzakladatelů Národního muzea. Jeho závěry z oboru botaniky a paleobotaniky jsou platné dodnes.

Mezi osobnosti, které se zapsaly do dějin města, patří operní pěvkyně Gabriela Roubalová (uměleckým jménem La Boema), cestovatel Josef Kořenský, spisovatel Petr Fingal nebo Božena Kamenická, známá pod přezdívkou „bába radnická“. Ta se proslavila v oboru léčitelství. Byla velmi uznávanou diagnostičkou, za kterou přijížděli lidé z celé republiky.

Na počest těchto osobností jsou na domech na náměstí pamětní desky.

Velkou raritou byla na Radnicku povrchová těžba černého uhlí. Uhlí se zde těžilo již od 16. století a těžba trvala až do roku 1986. Průmysl zde kvetl stejně jako chuť k pivu – mezi válkami byly v Radnicích dvě sklárny a dva pivovary.

V současnosti je město proslulé lokalitou Ovčín. Jedná se paleontologické naleziště, kde v posledních letech intenzivně probíhaly paleontologické výzkumy. Mezi objevy, které ve světě nemají obdoby, patří například nález největšího vzorku stromovité plavuně *Lpeidodendron lycopodioides* (1,3 m) nebo nález nejdelšího otisku větveného kmene *kordaitu* (4 m).

### 3. FOTOGRAMMETRIE

„Fotogrammetrie je věda, způsob a technologie, která se zabývá získáváním dále využitelných měření, map, digitálního modelu terénu a dalších produktů, které lze získat z obrazového záznamu.“ [15]

Jedná se o bezkontaktní metodu sběru primárních prostorových dat.

#### 3.1. Dělení fotogrammetrie

Metody a postupy ve fotogrammetrii můžeme rozdělit podle mnoha různých hledisek. Pro způsob zpracování mají základní význam následující kritéria (viz např. [15]).

Dělení podle polohy stanoviska, z něhož byl snímek pořízen:

**Pozemní** – v tomto případě je stanovisko většinou nepohyblivé a umístěné na zemi. Při fotografování jsme tedy schopni vypočítat souřadnice stanoviska, čímž je zpracování fotografických nebo digitálních snímků jednodušší. Nevýhodou je, že jsou jednotlivé objekty měření vzájemně překryty a snímek proto obsahuje oblasti, které se nedají vyhodnotit. Tento způsob se hodí pro předměty, které jsou přibližně ve stejné vzdálenosti, jelikož „přesnost měření v prostorové složce (vzdálenost k objektu) ubývá se čtvercem vzdálenosti.“ [15] Podle vzdálenosti komory od objektu (předmětové vzdálenosti) lze pozemní fotogrammetrii dělit na klasickou (až stovky metrů – cca 500m), blízkou (do 30m) a velmi blízkou (do 3m).

**Letecká** – stanovisko může být umístěno v letadle, vrtulníku nebo například v modelu. Na leteckých měřicích snímcích a obrazových záznamech je zobrazena mnohem větší plocha než v případě pozemní fotogrammetrie. Nevýhodou oproti výše zmíněné metodě je to, že nelze určit prostorovou polohu snímku v okamžiku jeho pořízení. To způsobuje složitější zpracování dat. Jelikož se pořizují přibližně kolmé snímky, je vzdálenost od místa fotografování předmětu téměř stejná. Proto je přesnost vyhodnocování také téměř stejná.

**Družicová** – tento typ fotogrammetrie se zabývá zjišťováním geometrických vlastností a polohy objektů z družicových snímků. V současné době je v civilní sféře dostupné rozlišení cca 1m.

### Dělení podle počtu vyhodnocovaných snímků

**Jednosnímková** – tato metoda využívá samostatné měřické snímky. Kvůli tomu, že na jednom snímku jsme schopni měřit pouze rovinné souřadnice, lze jednosnímkovou fotogrammetrii určit jen rovinné souřadnice objektu. Proto se používá v případech, kdy je předmět rovinný nebo blízky rovině.

**Vícesnímková** – tento způsob slouží pro zjištění 3D souřadnic za pomoci dvou a více snímků. Tyto snímky se vzájemně překrývají a na všech je zobrazen předmět měření.

Speciálními případy vícesnímkové fotogrammetrie jsou stereofotogrammetrie a průseková fotogrammetrie. V prvním případě se pracuje se dvěma snímky a osy záběru jsou přibližně rovnoběžné. Se dvěma a více snímky lze pracovat v případě druhém, kde se osy záběru měřických snímků protínají pod velkým konvergentním úhlem.

### Dělení podle způsobu zpracování snímků

**Metody analogové** – technologie, která vytváří analogický stav jako při vlastním snímkování a to mechanicky, opticky nebo kombinací obou možností. Je potřeba využít přesných jednoúčelových vyhodnocovacích strojů. Dnes je to ale již zastaralá metoda.

**Metody analytické** – pro zjištění snímkových souřadnic se využívá spojení stereokomparátoru a počítače. Matematické vztahy mezi snímkovými a geodetickými souřadnicemi se realizují pomocí výpočetní techniky. [21]

**Metody digitální** – tento způsob zpracování využívá digitálního obrazu. Snímkové souřadnice se určují rovnou z obrazovky počítače a do geodetického systému se převádí za pomoci prostorové transformace.

## **4. POUŽITÝ SOFTWARE**

Data, která byla pro tvorbu modelu nasbírána, (kap. 6) bylo nutné několika způsoby upravit a zpracovat. Byly provedeny výpočty, exporty do různých formátů a samotná tvorba modelu. Následující odstavce podávají stručný přehled programů, které byly při tvorbě této práce použity.

### **4.1. Kokeš**

„GEPRO spol. s r.o. je česká softwarová a obchodní společnost. Zaměřuje se na navrhování, vývoj, nasazování a údržbu softwarových aplikací včetně dodávek dat, komplexních služeb a systémové integrace zejména v oblasti geoinformatiky.“

Jedním z jejich produktů je Kokeš. „Systém KOKEŠ v sobě zahrnuje výkonný editor rozsáhlých geografických dat uložených souborově ve výkresech a nejrůznějších rastrových podkladech a geodetických údajů o bodech uložených v seznamech souřadnic. Dále obsahuje moduly pro zpracování měření z terénu, geodetické a konstrukční výpočty, nástroje na kontroly a topologické úpravy dat a další. Je vhodným nástrojem pro všechny běžné geodetické práce a pro tvorbu a údržbu mapových děl.“ [14]

Jako jeden ze dvou programů, které byly při tvorbě bakalářské práce použity, není zdarma. Nabízí však možnost bezplatné licence pro studenty.

### **4.2. Microsoft Excel**

Microsoft Excel (dále jen Excel) je tabulkový procesor, který je součástí balíku programů Microsoft Office. [18]

### **4.3. CloudCompare**

CloudCompare je open source software pro zpracování 3D mračna bodů. Je schopen zpracovat i trojúhelníkovou síť a kalibrované obrázky. [5]

## **4.4. Blender**

Blender Foundation je holandská nezávislá nezisková společnost, jejímž cílem je zlepšování a udržování výrobku Blender za pomoci veřejně přístupného zdrojového kódu. Jak již sami autoři deklarují, jedná se o open source software – k použití zdarma a pro jakékoliv účely.

Blender je multiplatformní, což znamená, že je možné ho stejně dobře používat na počítačích s operačním systémem Linux, Windows i Macintosh. Je využíván standard OpenGL (Open Graphic Language). [2]

Tento program se využívá pro tvorbu animací, počítačových her nebo prostředí do simulátorů.

## **4.5. Agisoft**

Druhým a posledním zpoplatněným programem, který byl při tvorbě modelu použit, je Agisoft PhotoScan (dále jen Agisoft). Je zde možnost vyzkoušení funkčností v podobě 30 denní bezplatné trial verze. [10] Mimo zpracování mračna bodů a tvorby 3D modelu program slouží i pro tvorbu digitálního modelu terénu, snímkové triangulace nebo například pro georeferencování.

Program je náročný na hardwarové zdroje, proto je potřeba mít alespoň minimální doporučenou konfiguraci. [17]



## **4.6. Blend4web**

Blend4Web (dále jen B4W) je nástroj pro interaktivní 3D vizualizaci na internetu. Jedná se o open source software. [1]

## **4.7. Total commander**

Total Commander je správce souborů určený pro OS Windows, který umožňuje pohodlnou práci se soubory lokálně i přes FTP a práci s komprimovanými soubory. Je dostupný jako shareware, jehož omezení nezasahuje do funkčnosti.[8]

## **4.8. PSPad**

„PSPad je volně šiřitelný univerzální editor pro MS Windows.“ [16] Využívá se pro práci s prostým textem nebo například při vytváření webových stránek či při programování.

## 5. JAVASKRIPTOVÉ KNIHOVNY

V prostředí informatiky je pojem knihovna chápán jako soubor funkcí a procedur, který může být používán více počítačovými programy. Volně přístupný souhrn skriptů, který je v knihovnách obsažen, usnadňuje tvůrci zdrojového kódu práci tím, že mu umožňuje již vytvořený kód použít. Knihovny jsou nezávislé na pluginech v prohlížečích i operačních systémech. [12]

Skripty jsou psány v multiplatformním skriptovacím jazyce Java, proto se knihovny souhrnně nazývají javaskriptové. [11]

### 5.1. x3dom

Knihovna x3dom (vyslovuje se X–Freedom) vkládá 3D obsahy do webového prostředí. Scéna je zapsána do HTML značky, není potřeba žádných pluginů. [23]

### 5.2. Three.js

Druhou knihovnou, které bylo v této práci využíváno, je Three.js. Ta podporuje vytváření a zobrazování 3D modelů a animací ve webovém prohlížeči. [19]

### 5.3. Další knihovny

V této podkapitole jsou uvedeny knihovny, na které jsem v průběhu psaní bakalářské práce narazila, ale pro vlastní práci je nevyužila.

#### Cesium

Cesium je open–source javaskriptová knihovna vhodná hlavně pro zobrazování modelů na mapovém podkladu nebo 3D glóbulů a nebo 3D modelů map. [4]

#### 3DHOP

Knihovna 3DHOP neboli „3D Heritage Online Presenter je softwarový balíček open – source pro tvorbu interaktivních webových prezentací s vysokým rozlišením 3D modelů.“ [9]

## 6. SBĚR DAT

Navzdory tomu, že jedním z cílů bylo vytvoření modelu, práce se primárně nezaměřuje na sběr dat a tvorbu modelu. Následující kapitola je proto pouze stručným popisem činností, které vzniku modelu předcházely. Podrobněji je sběr dat popsán například v bakalářské práci Bc. Marka Činčery. [6]

### 6.1. Zaměření bodů kostela

Před samotným procesem měření bylo zapotřebí na náměstí nejprve provést rekognoskaci stávající bodové pole. Bohužel všechny body, které jsem v databázi bodových polí našel [3], ve skutečnosti vůbec neexistovaly. Velmi pravděpodobně byly zničeny opravami silnic a chodníků kolem náměstí. Dalším krokem byla tvorba fotografií fasády kostela a detailů na ní. Práci při měření urychlila příprava spočívající v pořízení fotografií kostela a vyznačení měřených bodů do těchto fotografií.

Na náměstí bylo zvoleno bodové pole o šesti stanovištích (4001, 4002, 4003, 4004, 4005, 4006) tak, aby byla vždy zaručena viditelnost na sousední stanoviště (Obrázek 2). Jelikož se kostel nachází v centru města, byla jednotlivá stanoviště signalizována malými hřebíky ve spárách chodníku. Všechna stanoviště byla zaměřena



Obrázek 2: Rozložení stanoviště kolem kostela

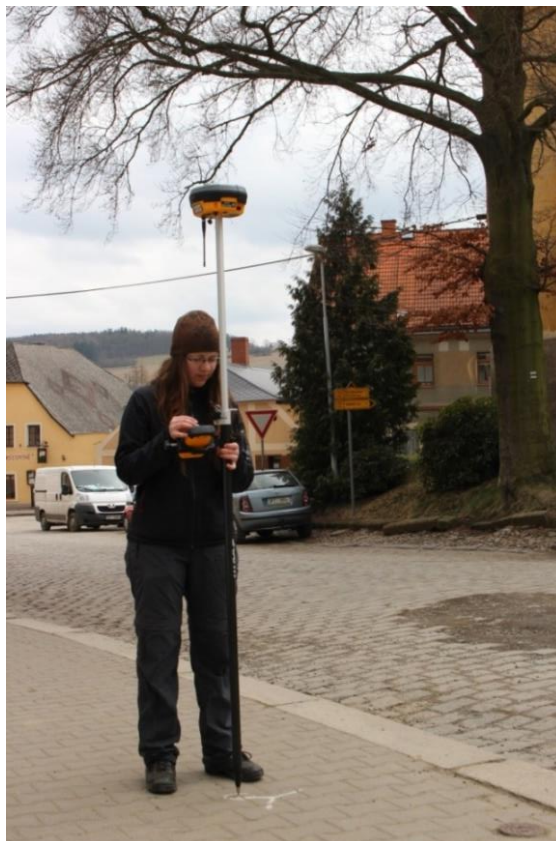
aparaturou South S82 GNSS1 Rover (výrobní číslo: S82348117115274GEM, inventární číslo: 52494) metodou RTK<sup>2</sup> (Obrázek 3). Měření bylo provedeno podle vyhlášky 357/2013 Sb. a jejích příloh 12.9 a 12.10. Kvůli zákrytům oblohy se na všech stanovištích bohužel nepodařilo splnit požadavky vyhlášky (měření se nepodařilo

<sup>1</sup> GNSS = globální navigační satelitní systém

<sup>2</sup> RTK (real time kinematic) – „kinematické měření prováděné v reálném čase. Mezi referenční stanicí a mobilním přijímačem GNSS musí existovat komunikační kanál, umožňující přenos potřebných dat“ [20]

zopakovat). Tento problém byl vyřešen následným doměřením jednotlivých stanovisek při měření podrobných bodů na fasádě. Toto měření proběhlo za pomoci totální stanice Topcon GPT 7001 (výrobní číslo: 1W0097, inventární číslo: 500047).

Celkem bylo zaměřeno 945 bodů. Jedná se o větší množství bodů, než kterých bylo pro tvorbu modelu v programu Blender zapotřebí. Některé z těchto bodů byly také využity jako body vřícovací při tvorbě modelu v Agisoftu.



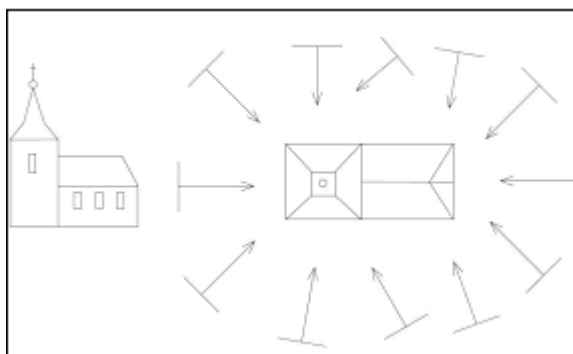
Obrázek 3: Měření s GNSS

## 6.2. Tvorba fotografií

Pořizování snímků bylo závislé na denní době a na počasí. Aby byly fotografie co nejkvalitnější, byly pořízeny kolem poledne, kdy je slunce nejvýše a nevrhá tolik stínů. Dalším požadavkem bylo rozptýlené světlo, které zajistilo rozostření stínů a měkký kontrast.

Snímky byly pořízeny v rozestupech 5 m ve vzdálenosti cca 14 m od kostela s minimálním překrytem 60 % tak, aby bylo možné je zpracovat metodou pozemní vícesnímkové (průsekové) digitální fotogrammetrie (Obrázek 4). Během pořizování snímků bylo nutné dodržet přibližně stejnou vzdálenost mezi snímaným objektem a fotoaparátem, aby bylo možné vypnout automatické zaostřování, které by vedlo k nestabilitě prvků vnitřní orientace fotoaparátu.

Snímky byly pořízeny fotoaparátem Canon EOS 100D s objektivem EF-S 18–55mm IS STM.



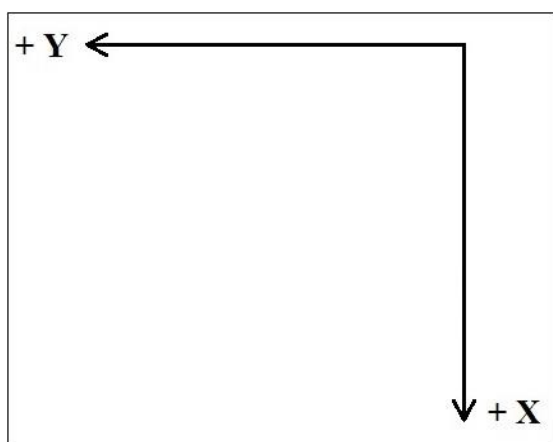
Obrázek 4: Průseková fotogrammetrie  
– schéma snímkování [16]

## 7. ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT

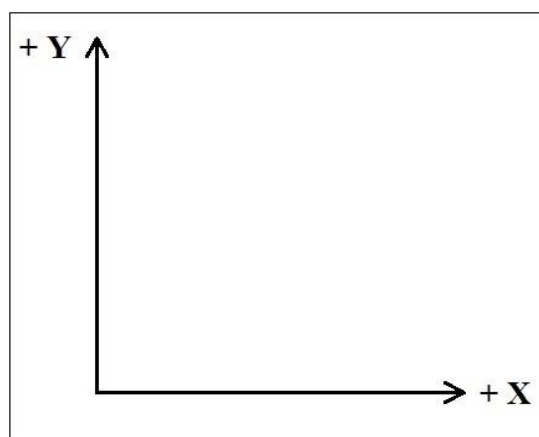
Pro výpočet souřadnic měřených bodů polární metodou byl použit SW Kokeš, (kap. 4.1) ve kterém byly všechny souřadnice bodů vypočteny pomocí funkce „dávka“.

Jak již bylo výše zmíněno, celkem bylo zaměřeno 945 bodů, z nich některé byly pro kontrolu měřeny i z více stanovisek. Tolik bodů bylo i po výpočtech vyexportováno z programu Kokeš a to ve formátu stx (viz DVD - body.stx). Pro další práci bylo však potřeba převést formát souboru stx do formátu txt. Je známo, že tyto dva formáty jsou totožné, je tedy pouze potřeba změnit příponu, což bylo také provedeno.

Jelikož jsou všechny programy, ve kterých byl model zpracován, situovány v matematické souřadnicové soustavě (Obrázek 6), bylo nutné je transformovat ze souřadnicové soustavy geodetické (Obrázek 5) a posunout počátek soustavy souřadnic.



Obrázek 5: Geodetická souřadnicová soustava



Obrázek 6: Matematická souřadnicová soustava

### 7.1. Převod z geodetické do matematické souřadnicové soustavy

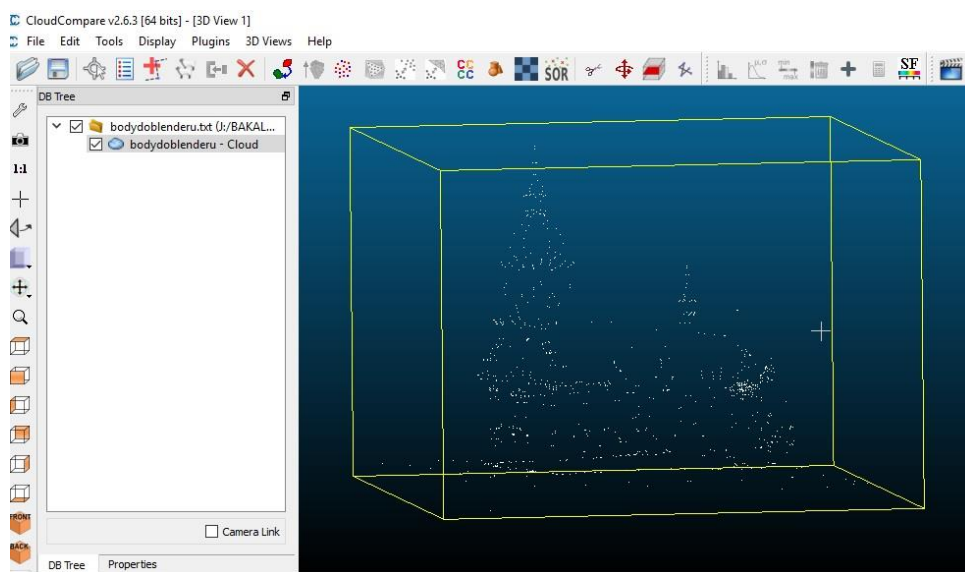
Do programu Excel byl naimportován soubor se seznamem souřadnic z programu Kokeš. Před importem bylo nutné tečky nahradit čárkami. Od hodnoty souřadnic Y (resp. X) bylo odečteno 804 210 m (resp. 1 060 060 m), což odpovídá průměrným hodnotám souřadnic. Hodnoty výšky byly obdobně zmenšeny o 400 m. Tento úkon, který body posunul blíž k počátku souřadnicové soustavy, bylo nutné provést kvůli prostředí programu Blender, jehož souřadnicové rozmezí se nachází na intervalu

<-10000,0; + 10000,0> m. Následně se X-ové a Y-ové souřadnice prohodily s opačným znaménkem.

Těmito kroky jsme dospěli z kladných souřadnic X (resp. Y) geodetické soustavy ke kladným souřadnicím Y (resp. X) matematické soustavy a posunuli hodnoty souřadnic blíže k nule. Takto upravený seznam bodů byl uložen do textového souboru.

## 7.2. Import do Blenderu

Pro import do programu Blenderu bylo potřeba nejdříve „bodydoblenderu.txt“ převést do souboru s příponou ply, který je tímto programem podporován. K tomuto účelu posloužil program CloudCompare (kap. 4.3). Aby bylo možné importovaný txt soubor exportovat z CloudCompare do „bodydoblenderu.ply“ (viz DVD), bylo potřeba označit větve databázového stromu (Obrázek 7). Až poté se zobrazila možnost uložení.



Obrázek 7: CloudCompare – větve databázového stromu

## 8. TVORBA MODELU

Jak již bylo výše naznačeno, tvorba modelu probíhala dvěma způsoby a to za pomoci programu Blender, kde byly využity naměřené body, a ve fotogrammetrickém programu Agisoft, kde se zpracovávaly fotografie kostela.

### 8.1. Blender

Na první pohled působí prostředí Blenderu velmi nepřehledně a chaoticky, ale po zhlédnutí několika tutoriálů je orientace snazší. Po zkušenostech je možné doporučit videa Michala Ahedova. [13]

Prostředí Blenderu nabízí volbu hned několika módů (Render Engine), ve kterých je možné pracovat. Jedná se o sadu kódů, které určují, jak se materiály používají a hlavně jak vypadají ve výsledném modelu. Při tvorbě modelu v programu Blender (dále jen model B) bylo zjištěno, že použití bezhranolového způsobu měření není zcela přesné – malé výčnělky charakterizující podstavu kostela nebyly správně zaměřeny – paprsek se odrazil od jiné části budovy – proto bylo nutné zpětně kontrolními oměrnými změřit půdorys kostela.

Z počátku byl model vytvářen v módu „Cycles render“, jelikož na všech tutoriálech pracovaly právě v něm, ale posléze bylo zjištěno, že pro export modelu a následnou vizualizaci je potřeba mód „Blender render“. Instalací pluginu (kap. 9.2.1) přibyl další mód „Blend4Web“. Ten se používá pro export do formátu JSON a přímo do formátu HTML. Více vlastností o jednotlivých módech a funkcích programu je možné se dočíst v jeho manuálu (<https://www.blender.org/manual/render/index.HTML>)

Importované body, které utvářely základní síť, byly spojeny do linií a ploch, čímž se postupně vytvořil celý model kostela. Ne všechny části kostela však byly vytvořeny jen na základě naměřených bodů. Například okna, dveře a výčnělky na fasádě byly vymodelovány za pomoci pořízených fotografií (program umožňuje vložení předlohy).

#### Textury

Aby se v souboru, ve kterém se model nachází, mohly textury zobrazit, je nutné, aby spolu s tímto souborem byla ve složce obsažena i fotografie použitá na texturu.



Při vkládání většího množství textur do modelu bylo zjištěno, že je nutné nedřívě fotografie oříznout jen na oblast, která byla v modelu využita. Velikost snímku se díky tomu zmenšila, čímž se snížila i velikost exportovaného souboru (bez ohledu na formát) a načítání na webu se výrazně zrychlilo! Dalším zjištěním bylo, že je velký rozdíl mezi materiálem prezentovaným fotografií a texturou prezentovanou fotografií. Pokud má mít exportovaný objekt texturu, je potřeba, aby ve vlastnostech objektu byla fotografie definovaná jako textura.

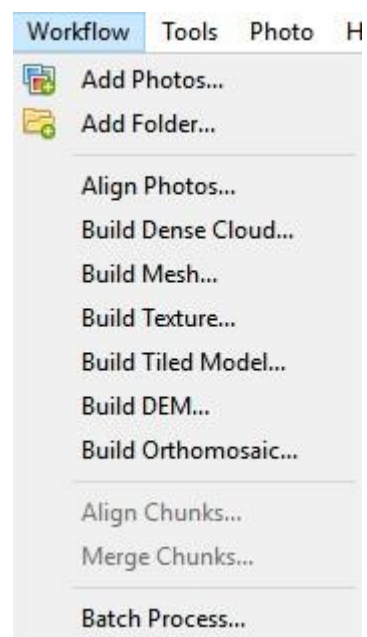
Textury pro tvorbu modelů je možné po registraci získat na serveru Textures.com (<http://www.textures.com>). Hotové 3D objekty pro program Blender je možné získat na příklad na <http://www.blendswap.com/>.

## 8.2. Agisoft PhotoScan

Konstrukčním způsobem vytvořené modely, jako je např. model popsany v textu výše, jsou tvořené zpravidla jednoduchými, často generalizovanými plochami. Automaticky či poloautomaticky vytvořené modely vycházející z měření reálných objektů bývají naopak velmi složité a jejich vizualizace je obvykle výrazně náročnější. Pro ověření možností a rychlosti použitých javaskriptových knihoven byl proto vytvořen další model kostela v Radnicích, získaný poloautomatickým vyhodnocením fotografií v programu Agisoft PhotoScan.

Při tvorbě modelu v programu Agisoft (dále jen model A) bylo použito 12 vlíčovacích a 12 kontrolních bodů. Jeden kontrolní bod byl kvůli chybnému měření vyloučen. K chybě došlo ze stejného důvodu, kvůli kterému bylo potřeba změřit kontrolní oměrné podstavy kostela – paprsek se odrazil od větví stromu, jenž se nacházel mezi strojem a cíleným bodem.

Vlíčovací body, podle kterých se počítaly souřadnice všech bodů na fasádě (v modelu), byly zvoleny tak, aby splňovaly podmínku minimálně dvou měření. Body kontrolní byly měřeny pouze z jednoho stanoviska. Souřadnice těchto bodů byly do programu nainportovány

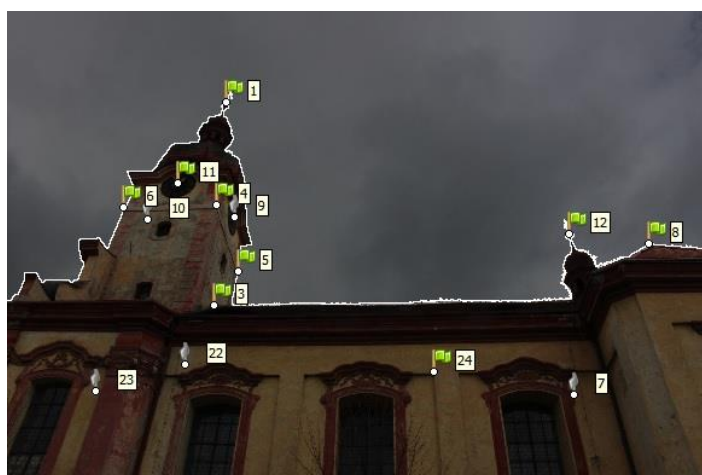


Obrázek 8: Agisoft – jednotlivé kroky výpočtu

ve formátu txt. Jelikož Agisoft také pracuje s matematickou souřadnicovou soustavou, je velmi důležitá jejich úprava! Společně s body bylo nahráno i 103 fotografií, ze kterých byl model vytvořen.

Tvorba modelu spočívala ve tvorbě masek, přiřazení polohy vřícovacích bodů a v samotných výpočtech (Obrázek 8):

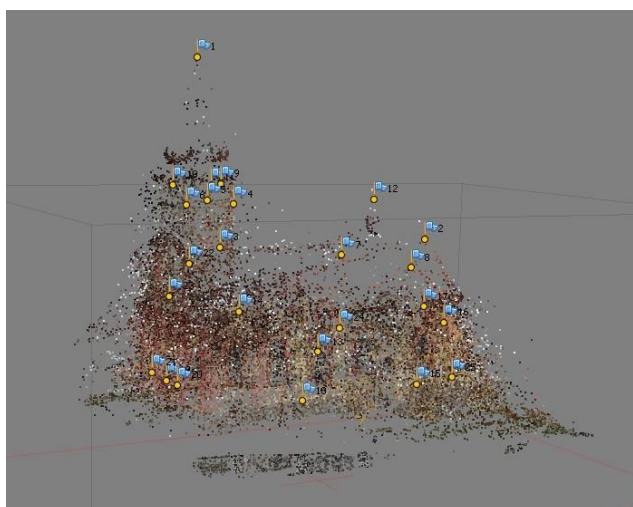
Masky byly vytvořeny pro odstranění domnělých bodů vzniklých automatickou korelací nebe a pro urychlení zpracování snímků (Obrázek 9).



Obrázek 9: Agisoft – vytvořená maska, umístění vřícovacích bodů

Dále byly jednotlivě vybrány vřícovací a kontrolní body (souhrnně „marks“) a určeny jejich snímkové souřadnice na fotografiích. Stejně body byly umístěny na všechny fotografie, kde se vizuálně nacházely (Obrázek 9).

Na základě vložených vřícovacích bodů se vypočítaly pomocí „Align Photos“ prvky vnější orientace<sup>3</sup>, čímž se pro každou fotografii určila pozice kamer, a vytvořilo se tak prvotní mračno bodů (Obrázek 10). Dalším krokem bylo vytvoření hustého mračna bodů (Build Dense Point Cloud). Následným výpočtem



Obrázek 10: Agisoft – prvotní mračno bodů

<sup>3</sup> Prvky vnější orientace = údaje, které definují polohu bodu, jenž je středem promítání při fotografickém způsobu snímání obrazu, a směr osy záběru [20]

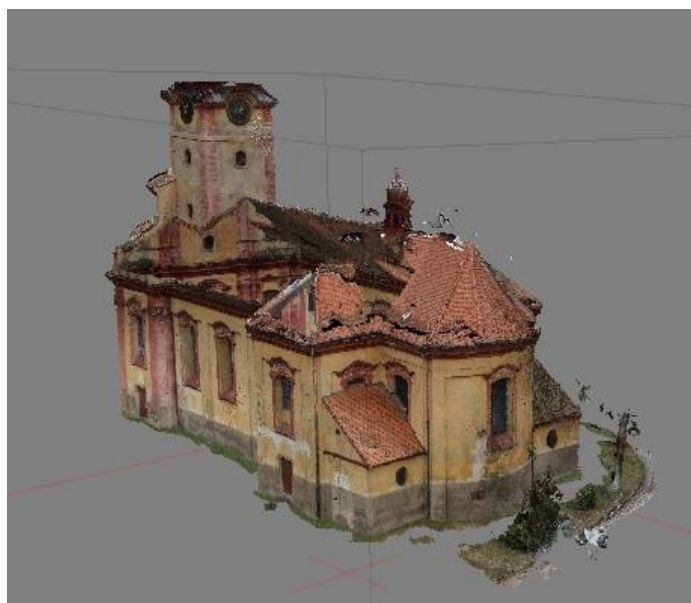
(Build Mesh) byla vygenerován trojúhelníková síť. Výslednému modelu pak již jen stačilo přidat textury. Celková doba výpočtů se pohybovala kolem 5h. Přesný popis správného nastavení parametrů je popsán v tutoriálu o tvorbě 3D modelů. (<http://www.agisoft.com/support/tutorials/beginner-level/>)

Program nabízí možnost vygenerování zprávy o vytvořeném modelu (viz DVD), ve kterém jsou mj. uvedeny střední souřadnicové chyby vřícovacích a kontrolních bodů (v metrech i pixelech). Velikost pixelů na snímcích je 4 cm (na částech kostela v popředí) a více.

### Nedokonalost modelu

Automaticky vytvořenému modelu chybí (Obrázek 11) některé důležité části. Jedná se hlavně o polovinu střechy na jižní straně kostela a o bání věže. Druhá část střechy (severní) sice nechybí, ale na první pohled je zřejmé, že je textura deformovaná. Zmíněné nedostatky byly způsobeny snímáním z úrovně terénu a omezeným prostorem kolem kostela. Právě proto není již zmíněná chybějící část střechy na snímcích viditelná. Pro kvalitní doplnění modelu by bylo nutné pořídit snímky z větší výšky (například z domů na okraji náměstí, nebo s využitím dronu).

Výše uvedené nedokonalosti modelu nebrání jeho využití pro ověření možnosti prezentovat i složitý model s využitím javascriptových knihoven.



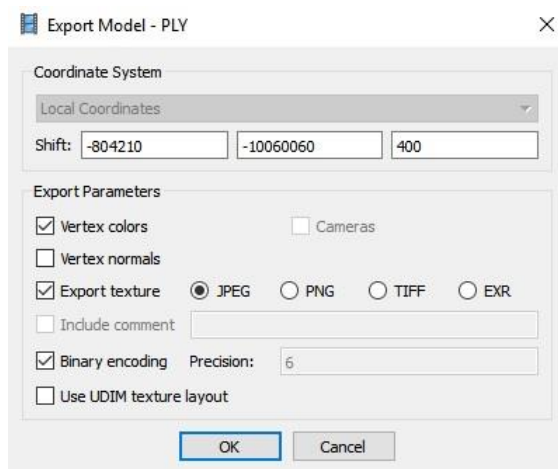
Obrázek 11: Agisoft – nedokonalý model

### Export do programu Blender

Aby bylo možné porovnávat vizualizaci obou modelů, byl takto vytvořený model vyexportován do formátu ply a posléze naimportován do programu Blender, odkud byl exportován stejným způsobem jako model vytvořený přímo v Blenderu.

Načtení modelu do programu Blender ve formátu ply, který byl bez úprav vyexportován z programu Agisoft, bohužel nefungovalo. Po několika pokusech se ukázalo, že problém je v použitých souřadnicích S-JTSK<sup>4</sup>, jejichž hodnota je pro Blender zřejmě neuchopitelná. Řešením je posun počátku souřadnic blíže k modelu, čímž dojde ke zmenšení hodnot souřadnic. Tento posun je možné provést přímo při nastavení exportu a to vyplněním části „Shift“ (Obrázek 12), kam byly zadány stejné hodnoty, které se odečítaly při posunu počátku soustavy souřadnic v kapitole 7.1.

Při exportu modelu do souboru ply bylo zjištěno, že lze model uložit i s příponou pdf. Po otevření tohoto souboru je možné s modelem otáčet a přibližovat (oddalovat). Posouvání modelu není umožněno.



Obrázek 12: Agisoft – nastavení exportu

---

<sup>4</sup> S-JTSK = Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální

## 9. VIZUALIZACE VE WEBOVÉM PROSTŘEDÍ

Následující text popisuje export vytvořeného modelu na web a problémy s tím spojené. Jsou zde vloženy obrázky chybných hlášení, které se objevovaly při snaze vyexportovat model do HTML, nebo fragmenty zdrojového kódu, které byly použity při práci s knihovnou x3dom.

### 9.1. Knihovna x3dom

Jednou z knihoven určených pro vizualizaci 3D objektů ve webovém prostředí je knihovna x3d. Výhodou této knihovny je, že export do ní je obsažen přímo v programu Blender. Není tedy třeba žádných přídavných rozšíření. Následující nastavení platí jak pro model B (model vytvořený v Blenderu), tak i pro model A (model vytvořený v Agisoftu).

X3d soubor je ve formátu XML („rozšiřitelný značkovací jazyk“), čitelný i editovatelný například v programu PSPad. Má poměrně jasnou strukturu a je možné ho editovat přímo. Jeho popis lze nalézt v oficiální dokumentaci ke knihovně x3dom.

Výsledný model vyexportujeme do formátu x3d. Pro naše účely není třeba měnit předdefinované nastavení exportu. Formát x3d, i když je to vlastně XML soubor, není přímo zobrazitelný v internetovém prohlížeči. Je proto nutné výsledný x3d soubor buď zkonvertovat, nebo připojit do HTML souboru pomocí tagu <INLINE>.

Pro konverzi je možné využít konvertor na stránkách instant labs. [22] Pro naše účely je však vhodnější způsob pomocí tagu <INLINE>, neboť x3d soubor po konverzi je velký a špatně se edituje. Výsledný HTML soubor s použitím <INLINE> vypadá následovně:

```
<HTML>
<head>
  <meta http-equiv='Content-Type'
    content='text/HTML;charset=utf-8'></meta>
  <link rel='stylesheet' type='text/css'
    href='http://www.x3dom.org/x3dom/release/x3dom.css'></link>
  <script type='text/javascript'
    src='http://www.x3dom.org/x3dom/release/x3dom.js'></script>
</head>
<body>
  <x3d id='kostel' showStat='false' showLog='true' x='00px' y='00px'
    width='1400px' height='1400px'>
  <Scene DEF='scene'>
```

```

    <Transform>
      <INLINE url="kostel.x3d"></INLINE>
    </Transform>
  </Scene>
</X3D>
</body>
</HTML>

```

Protože se v prvopočátcích nedařilo zobrazit textury při exportu do formátu x3d a zobrazoval se pouze tzv. solid model, bylo vyzkoušeno několik postupů.

Prvním pokusem o přidání textur bylo pouhé nahrání souborů s texturami na web. Toto jednoduché řešení nebylo funkční. Dalším pokusem bylo přidání XML tagu do x3d souboru s odkazem na texturu.

```

<ImageTexture DEF="IM_IMG_7583_JPG_001" url="'IMG_7583.JPG"
      "IMG_7583.JPG" ' />

```

Při pokusu přidat několik málo textur a jejich zobrazení se ukázalo, že ani toto řešení není správné. Textury totiž nebyly navázány na vrstvu textur, ale na vrstvu materiálů. Proto bylo potřeba změnit model v Blenderu tak, aby všechny textury byly umístěny ve vrstvě textur, nikoliv materiálů, i když vizuální výsledek by stejný. Všechny tyto úpravy je nutné provádět v režimu Blender Render. Po této úpravě se již podařilo exportovat x3d soubor se správně přiřazenými texturami a model se následně zobrazoval bezchybně.

Dále je vhodné nastavit počáteční pozici kamery tak, aby zobrazení modelu bylo uživatelsky příjemné. Do HTML souboru je proto přidán tag <VIEWPOINT> se souřadnicemi polohy kamery a vzdálenosti od modelu v X, Y a Z souřadnicích. Podrobněji na <http://doc.x3dom.org/tutorials/animationInteraction/viewpoint/index.html>

```

<VIEWPOINT id="front" position="-111.37260 18.04741 -114.56424"
      orientation="0.06088 0.98885 0.13590 3.97649"
      description="camera"></VIEWPOINT>

```

Je také nutné upravit osu otáčení modelu. Ta je totožná s osou Z v programu Blender, a proto je nutné nastavení provést ještě před exportem do souboru x3d. Následně se model chová tak, jak by mohl uživatel očekávat.

Při vizualizaci modelu vytvořeného v Agisoftu se objevil problém s nezobrazujícími se texturami. Příčinou byl špatně exportovaný soubor x3d, který bylo nutné v programu PSPad (kap. 4.8) změnit. V níže uvedené části zdrojového kódu bylo potřeba upravit URL adresu zdroje fotografie, tj. vymazat lokální adresu textury (v ukázce přeškrtnuto) a ponechat pouze její název.

```
<Appearance>
  <ImageTexture DEF="IM_kostel_konecna_posun_jpg"
    url=""modely_posun/kostel_konecna_posun.jpg"
      ""kostel_konecna_posun.jpg""
"J:/BAKALARKA/vse_k_BP/Agisoft/modely_posun/kostel_konecna_posun.jpg""
    />
  <TextureTransform
    translation="0.000000 0.000000"
    scale="1.000000 1.000000"
    rotation="0.000000"
  />
  <Material DEF="MA_material-0"
    diffuseColor="0.800 0.800 0.800"
    specularColor="0.000 0.000 0.000"
    emissiveColor="0.000 0.000 0.000"
    ambientIntensity="0.333"
    shininess="0.039"
    transparency="0.0"
  />
</Appearance>
```

## 9.2. Export pomocí pluginu Blend4Web

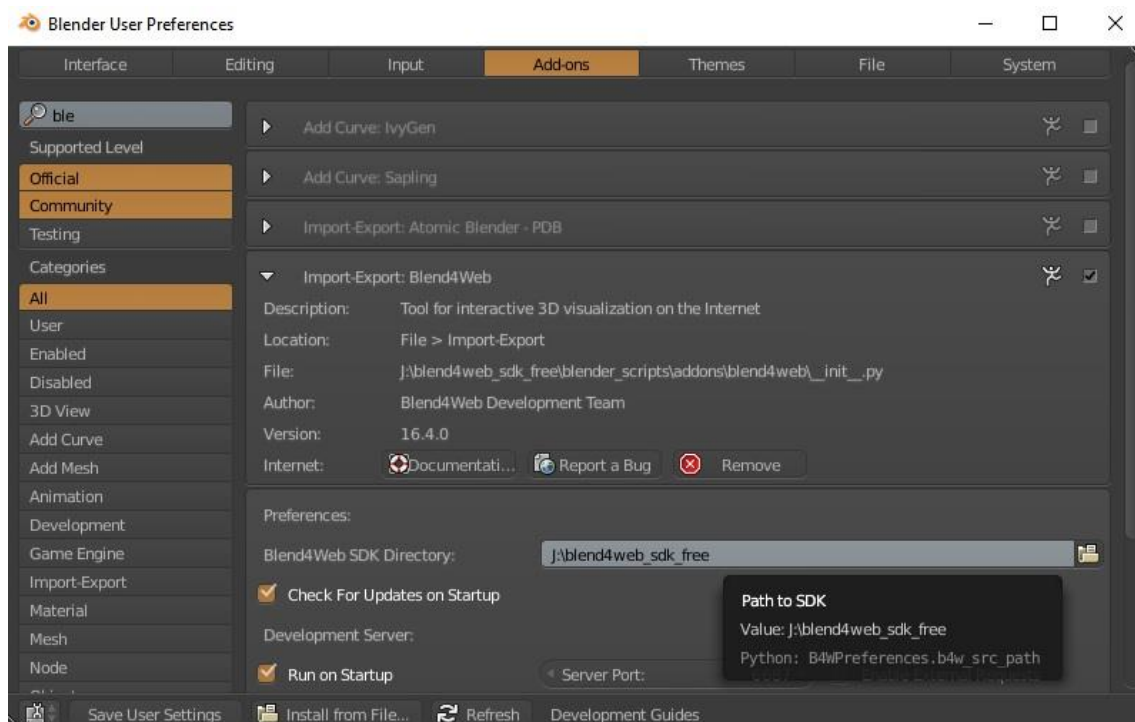
Instalace pluginu B4W nabízí další možnosti exportu z programu Blender a to ve formátu HTML a JSON. Přímý export do formátu HTML neumožňuje (na rozdíl od knihovny x3dom) tak jednoduché nastavení parametrů a drobné úpravy modelu. Avšak při samotné vizualizaci modelu je nabídnuta možnost přepnutí do režimu celé obrazovky nebo automatická rotace modelem.

### 9.2.1. Instalace pluginu

Z oficiálních stránek B4W [7] je potřeba si stáhnout 2 soubory a to Blend4Web SDK Free (dále jen SDK) a Blender Add-on. Oba soubory jsou zazipované, ale pro naše účely postačí rozbalit pouze SDK.

V programu Blender zvolíme „File“ – „User Preferences“ – „Add-on“ – „Install from File“ a vybereme druhý stažený (nerozbalený) soubor.

Aby rozšíření fungovalo, je nutné jej po instalaci také aktivovat. To provedeme zaškrtnutím „check boxu“. Dále musíme v jeho vlastnostech nastavit propojení na SDK server. Je třeba nastavit adresářovou cestu k tomu serveru. Při najetí kurzoru na volné pole se zobrazí pravděpodobná struktura cesty (Obrázek 13).



Obrázek 13: Blender – instalace pluginu

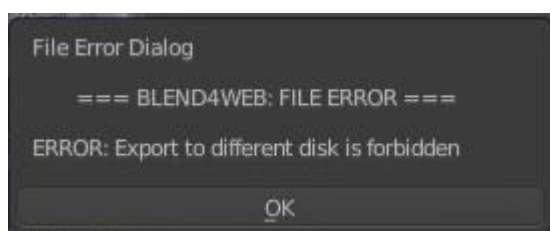


### 9.2.2. Možné problémy při exportu

V následující části textu jsou popsány problémy, které se vyskytly při exportu modelu B, a jejich řešení. Nejedná se o výčet všech možností, které by mohly nastat, ale pouze o situace, které vznikly v průběhu tvorby této práce.

#### Ukládání na disk

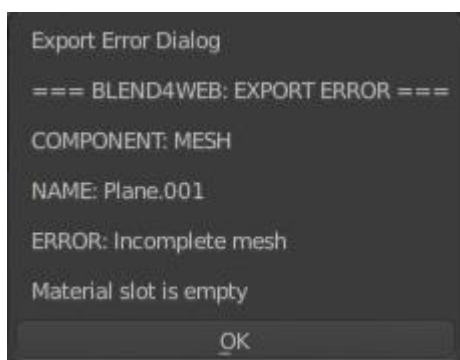
Jak je možné vyčíst z Obrázek 14, při exportu, ať už do HTML nebo do formátu JSON, je potřeba soubory ukládat na stejný disk, ve kterém je i složka se skripty stažená z B4W.



Obrázek 14: Chybové hlášení při exportu – ukládání na disk

#### Materiály objektů

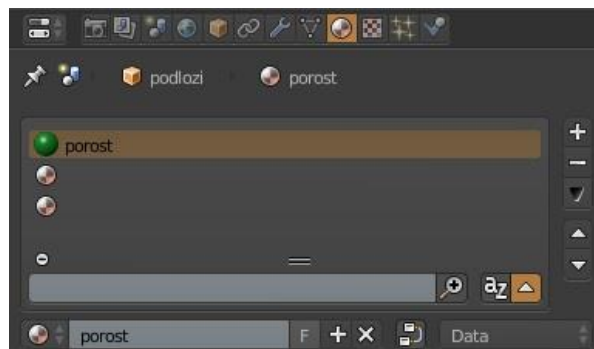
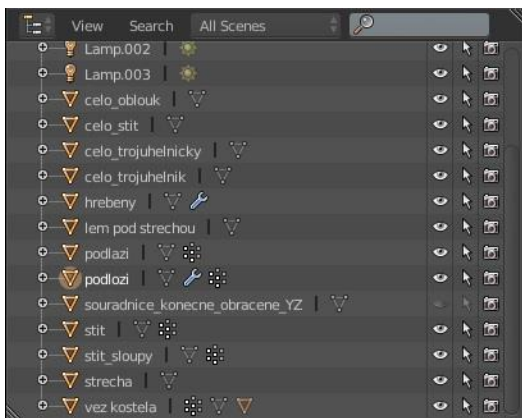
Dalším problémem, který při exportu modelu z Blenderu vyvstal, zobrazuje Obrázek 15.



Obrázek 15: Chybové hlášení při exportu – materiál

I když se na první pohled může zdát, že objektům nejsou přiřazeny žádné materiály, B4W to vidí jinak. Z tohoto důvodu je potřeba i prázdné materiály odstranit a to následujícím způsobem:

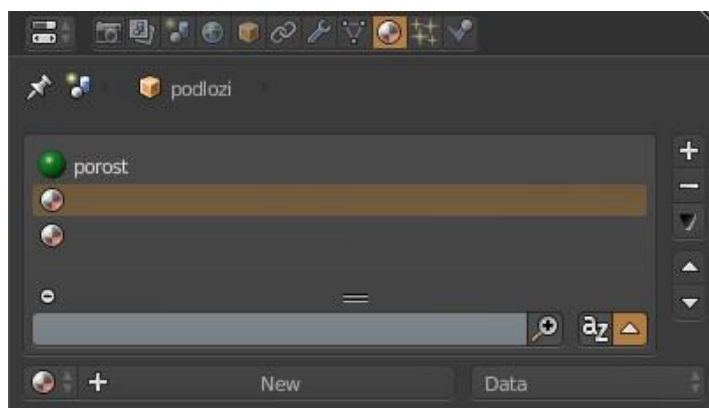
V seznamu objektů („Outliner“) (Obrázek 16: Okno "Outliner" – seznam objektů) jednotlivě všechny prvky označíme. V seznamu máme vybraný objekt „podlozi“. Ten má přiřazený materiál („Properties“ – „Material“), který nese barvu zelenou a má název „porost“ (Obrázek 17).



Obrázek 16: Okno "Outliner" – seznam objektů

Obrázek 17: Okno "material"

Pod materiálem „porost“ jsou další, avšak prázdné materiály (Obrázek 18), které při exportu způsobují chybové hlášení (Obrázek 15). Označíme-li prázdný materiál a stiskneme znaménko „mínus“, materiál se odstraní. Takto postupujeme u všech objektů.



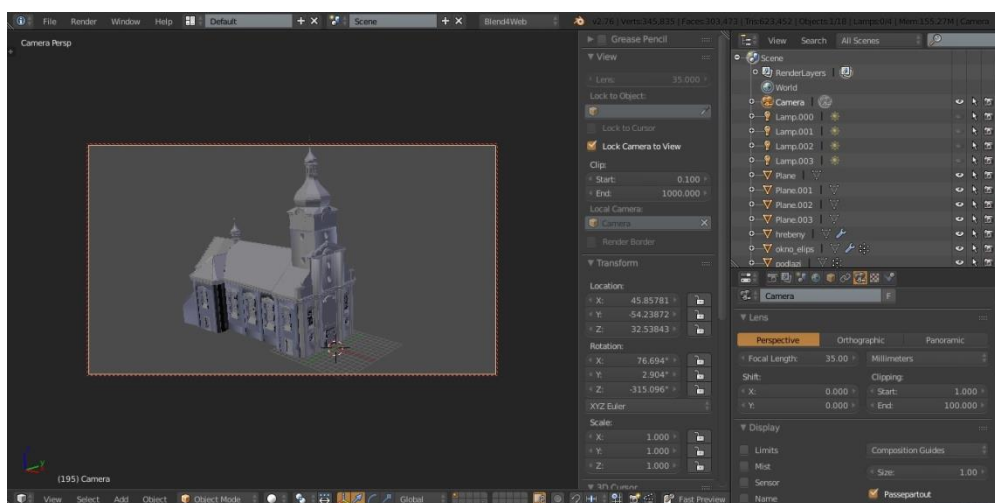
Obrázek 18: Okno "material" – prázdný materiál

## Nastavení kamery

Při zobrazení modelu na webu pomocí souboru HTML se při oddalování (zoom out) model „ztratil“ za pomyslnou stěnu. Příčinou bylo špatné nastavení kamery v programu Blender. Tento problém se jako jediný objevil i u exportu modelu A.

Řešení problému:

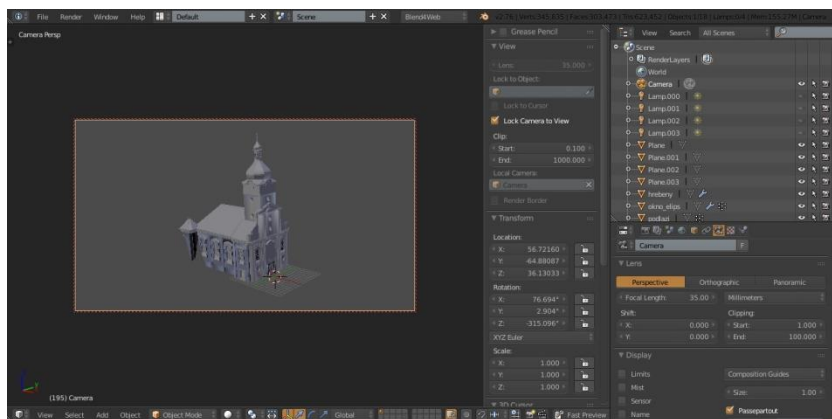
Zobrazíme si do jednoho pohledu okno s modelem (3D view), panel vlastností (zobrazení klávesou „N“), (dále jen „panel N“) a již zmíněná okna „Outliner“ a „Properties“. Klávesou „0“ přepneme do pohledu přes kameru a pohybem kamery (klávesa G) nastavíme žádaný pohled (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Pokud kameru ve scéně nemáme, vložíme ji klávesovou zkratkou „shift +A“.



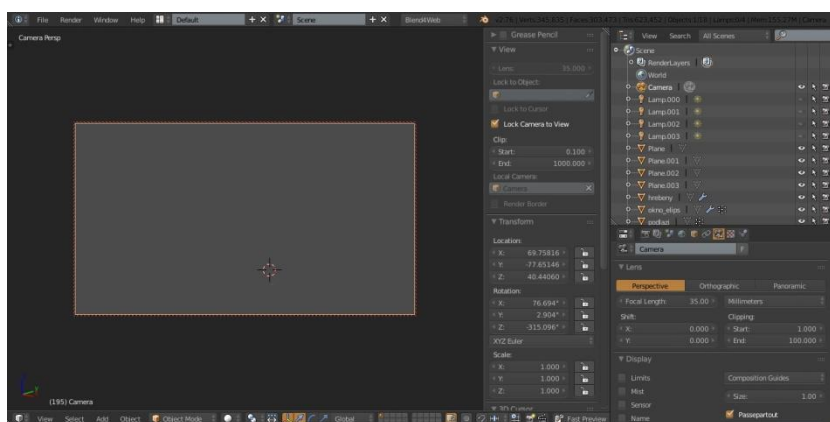
Obrázek 19: Nastavení kamery – rozložení oken; poloha kamery: X=45,86, Y=-54,24, Z=32,54

V „panelu N“ v sekci „View“ zaškrtneme „Lock Camera to View“. Tím se zablokuje poloha kamery, což zapříčiní, že modelem je možné stále rotovat a pohybovat. Kamera však zůstává na stejném místě – může se měnit jen její vzdálenost od počátku.

V okně „Outliner“ označíme objekt „Camera“ a v okně „Properties“ zvolíme „Data“ – „Lens“ – „Clipping“. Zde hlavně záleží na hodnotě „End“. Ta má ve výchozím nastavení hodnotu 100. Na následujících obrázcích (Obrázek 20, Obrázek 21) je vidět rozdíl ve viditelnosti modelu s nastavením hodnoty End =100 při změně vzdálenosti kamery od počátku.

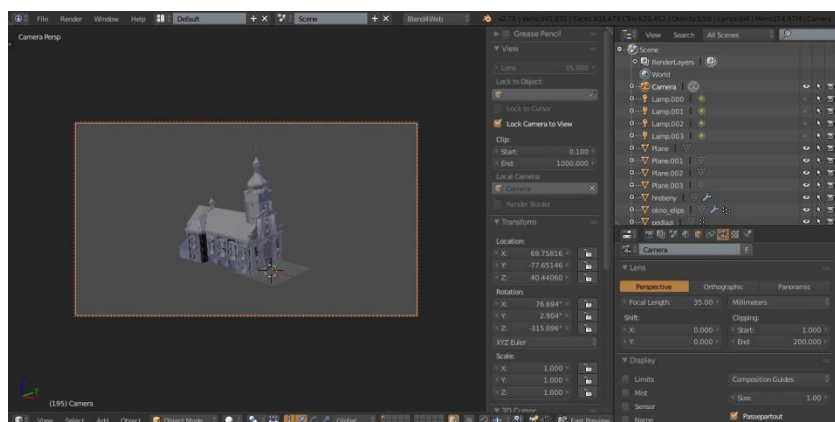


Obrázek 20: Poloha kamery:  $X=56,72$ ,  $Y=-64,88$ ,  $Z=36,13$ ;  
End = 100



Obrázek 21: Poloha kamery:  $X=69,76$ ,  $Y=-77,65$ ,  $Z=40,44$  ;  
End = 100

Při zachování polohy, která je znázorněna na Obrázek 21, a nastavení hodnoty End = 200 se opět model zobrazí v náhledu kamery (Obrázek 22). Takto si můžeme nastavit potřebnou vzdálenost kamery od objektu (tímto odstraníme pomyslnou stěnu při zobrazení na webu).



Obrázek 22: Poloha kamery:  $X=69,76$ ,  $Y=-77,65$ ,  $Z=40,44$ ;  
End = 200

### 9.3. Knihovna Three.js

Knihovna Three.js (kap. 5.2) je nejobsáhlejší a je to také knihovna, která poskytuje nejširší možnosti nastavení pro zobrazování 3D modelů na internetu. Jedná se o knihovnu napsanou v jazyce Javascript, je nezávislá na operačním systému a pluginech v prohlížečích. Využívá akceleraci využívající grafický procesor.

Zobrazení 3D modelu pomocí knihovny Three.js probíhá v několika fázích. Jako první je třeba vytvořit zobrazovací prostředí pomocí funkcí definovaných v knihovně. Je nutné vytvořit minimálně plochu, kde se bude model zobrazovat (Canvas), světlo (Light) a kameru (Camera), jako pohled uživatele a její umístění. Pro automatickou rotaci modelu je také nutný časovač (Clock), který řídí rychlost otáčení. Uživatelsky přívětivé je také přidání ukazatele průběhu nahrávání (Progress bar), neboť u větších souborů je doba načítání delší, než je u klasických stránek obvyklé a uživatel může mít pocit, že se model nenačítá.

Pro vlastní zobrazení modelu s texturami je potřeba využít speciální funkci Three.js (loader), která zajistí přidání daného souboru k zobrazení. Jako první byl zvolen formát souboru obj. Export do tohoto formátu je obsažen přímo v programu Blender a není k němu potřeba další rozšíření. Export vytvoří dva soubory, jeden s příponou obj (objekty) a druhý mtl (materiály). Oba se poté přidají přes výše popsanou funkci do skriptu HTML stránek.

I když se podařilo vytvořit zobrazovací prostředí, nepovedlo se již zobrazit nahraný model přes soubory ve formátu obj. Další možností bylo tedy použít formát souborů JSON. Tady je již třeba přidat rozšíření do Blenderu, které je dostupné na stránkách Threejs.org. (<https://github.com/mrdoob/three.js/tree/master/utils/exporters/blender>) Tímto se vytvoří možnost exportu do souboru ve formátu JSON, který je pro Three.js kompatibilní. Je třeba používat tento exportní modul, neboť ostatní exportní rozšíření do formátu JSON nemusí být kompatibilní s formátem JSON pro Three.js (například produkt B4W).

Bohužel ani v tomto případě nedochází ke správnému zobrazení modelu. Může to být způsobeno velikostí výsledného modelu, množstvím textur nebo špatným nastavením exportu z programu Blender. Nikde však neexistuje úplná dokumentace k řešení tohoto problému, proto se nepodařilo model přes knihovnu Three.js zobrazit.

## 9.4. Webová prezentace modelu

Pro účely prezentace výsledků této bakalářské práce byla zaregistrována doména [www.kostelradnice.cz](http://www.kostelradnice.cz), na které bude zveřejněný výsledný model ve 3D. K doméně byl zřízen i hosting s dostatečnou velikostí, neboť soubory s modelem jsou větší než je na klasické internetové stránky obvyklé.

Doména byla zaregistrována u registrátora Forpsi a stejně tak i hosting. Pro účely této práce nejsou u hostingu požadovány žádné zvláštní funkce (databáze, šifrování) jen důraz na prostor a případné množství přenášených dat (traffic). Hosting tedy stačí obvykle ten nejjednodušší, v našem případě Webhosting Easy s neomezenou velikostí, bez ohledu na množství přenášených dat a s účtem FTP. Pro přenos souborů byl využíván program Total Commander.

### Shrnutí:

Při tvorbě modelu v programu Agisoft se předpokládalo, že vyexportované soubory budou mít větší velikost (než soubory modelu zhotoveného v Blenderu) z důvodu složitějšího typu modelu. Jak je však patrné z Tabulka 1, tato domněnka se nepotvrdila. Důvodem je zejména velikost textur připojených k modelu v Blenderu. Pro reprezentaci kostela na webu byl vybrán model vytvořený v Blenderu, hlavně z důvodu jeho celistvosti. Při rozhodování, jakým způsobem jej zobrazit na internetu, byl brán v potaz čas načítání, který je přímo úměrný velikosti souboru, a uživatelské rozhraní. Jako nejlepší se jeví vizualizace pomocí exportu do HTML rozšířením B4W. Výsledný soubor je sice o něco větší, ale velikost je vynahrazena uživatelsky příjemnějším ovládáním. Při načítání modelu tímto způsobem, musí být okno webového prohlížeče aktivní, jinak se model nezobrazí.

Tabulka 1: Srovnání parametrů vyexportovaných souborů

Model	HTML		x3d	
	Čas načítání [s]	Velikost souboru [MB]	Čas načítání [s]	Velikost souboru [MB]
A	12	26	38	48
B	58	54	45	48

## 10. ZÁVĚR

V průběhu této práce byl v programu Blender za pomoci naměřených bodů vytvořen 3D model kostela pokrytý texturami. Tvorba modelu byla pro tuto práci velmi důležitá, avšak hlavním cílem bylo tento model vizualizovat v internetovém prostředí. Navzdory mnoha problémům, které vyvstaly při exportu do jednotlivých formátů a při samotném znázornění textur, je nyní možné si výsledný výtvar prohlédnout na nově vzniklé doméně, jež byla zaregistrována pro prezentaci dosažených výsledků (dosaženého výsledku).

Pro rozsáhlejší otestování knihoven byl vyroben druhý model a to v programu Agisoft PhotoScan. Model, jenž byl automaticky vytvořen z fotografií, sice není dokonalý, jelikož mu chybí podstatné části jako je polovina střechy či bání věže, ale ukazuje jednoduchost, se kterou mohou být 3D modely zhotoveny (i když za cenu koupě komerčního programu). Pro testování možností knihoven, kvůli kterému byl vytvořen, je ale i tento nedokonalý model zcela dostačující. Tento model umožnil ověřit funkčnost exportu a použitelnost knihoven pro složitější modely.

Sběr dat pomocí totální stanice proběhl dříve, než samotné učení v Blenderu. Kdyby tomu bylo naopak, na základě nabytých zkušeností by nebylo zaměřeno tolik podrobných bodů. Přebytek bodů byl sice při sestavování modelu příjemným bonusem, který ve většině případů urychlil rozhodování o správném tvaru a poloze vymodelovaného objektu, ale i přesto nemohou získaná pozitiva vyrovnat vysokou časovou náročnost sběru dat.

Exportované x3d soubory se podařilo vizualizovat přes připojení do HTML pomocí tagu <INLINE> i s texturami. Aby ovládání bylo uživatelsky příjemné, byla nastavena pozice kamery tak, aby se kostel při načtení zobrazil celý, a osa otáčení byla vložena do středu objektu. Při přímém exportu do HTML, jenž by možný díky instalaci pluginu Blend4Web, opět nastaly problémy s texturami. I zde byly však vyřešeny a díky nastavení kamery v programu Blender je oba modely možné prohlížet i při větším oddálení. I přes několik pokusů, nebylo dosaženo úspěchu při použití knihovny Three.js. Může to být způsobeno velikostí výsledného modelu, množstvím textur nebo nepatrně odlišným nastavením exportu z programu Blender.

Práce demonstruje dvě různé cesty, jak využít volně šiřitelné softwarové nástroje pro tvorbu a prezentaci 3D modelů ve webovém prostředí. Může tedy sloužit například jako návod k prezentaci 3D modelů na internetu, nebo jako podklad pro seznámení se s uvedenou problematikou. Cíle práce byly naplněny a to i přes dílčí neúspěchy, jejichž řešení zůstává otevřené. Během řešení práce se ukázalo, že je k dispozici ještě řada dalších knihoven, které jsou použitelné pro prezentaci 3D modelů. Prozkoumání jejich možností tak může být námětem pro další práci na dané téma. Výsledný model s texturou bude po domluvě se správcem sítě umístěn na oficiálních stránkách města, kde si ho návštěvníci budou moci prohlédnout.



## Seznam použité literatury

- [1] About. Blend4Web. [online]. 24.5.2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <https://www.blend4web.com/en/about/>
- [2] About. Blender.org. [online]. 24.5.2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <https://www.blender.org/about/>
- [3] Bodová pole. Geoportál ČÚZK. [online]. 8.2.2016 [cit. 2016-02-08]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?serverconf=bodpole>
- [4] Cesium. Cesium. [online]. 24.5.2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <https://cesiumjs.org/>
- [5] CloudCompare. CloudCompare. [online]. 24.5.2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.danielgm.net/cc/>
- [6] ČINČERA, Marek, 2015. Prostorová vizualizace zámku Hradiště v Blovicích. Plzeň. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta aplikovaných věd.
- [7] Downloads. Blend4Web. [online]. 24.5.2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <https://www.blend4web.com/en/downloads/>
- [8] Download. Total Commander. [online]. 27.5.2016 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://www.ghisler.com/>
- [9] Home. 3DHOP. [online]. 24.5.2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://3dhop.net/>
- [10] Installer. Agisoft. [online]. 24.5.2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.agisoft.com/downloads/installer/>
- [11] JavaScript. Wikipedia: the free encyclopedia. [online]. 2001- [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/JavaScript>
- [12] Knihovna (programování). Wikipedia: the free encyclopedia. [online]. 2001- [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Knihovna\\_%28programov%C3%A1n%C3%AD%29](https://cs.wikipedia.org/wiki/Knihovna_%28programov%C3%A1n%C3%AD%29)
- [13] michal aheadov. YouTube. [online]. 24.5.2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/results?search\\_query=michal+aheadov](https://www.youtube.com/results?search_query=michal+aheadov)

- [14] O společnosti. GEPRO spol. s r.o.. [online]. 24.5.2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.gepro.cz/o-spolecnosti/>
- [15] PAVELKA, Karel, 2003. Fotogrammetrie. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni. ISBN 80-7082-972-9.
- [16] PSPad. PSPad. [online]. 24.5.2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.pspad.com/cz/>
- [17] System Requirements. Agisoft. [online]. 24.5.2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.agisoft.com/downloads/system-requirements/>
- [18] Tabulkové softwarové programy. Microsoft. [online]. 27.5.2016 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <https://products.office.com/cs-cz/excel>
- [19] Three.js. Wikipedie. [online]. 24.5.2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Three.js>
- [20] VÚGTK. Slovník VÚGTK. [online]. 2005 – 2015 [cit. 2015-12-27]. Dostupné z: [http://www.vugtk.cz/slovník/termin.php?jazykova\\_verze=&tid=5315&l=normalizace](http://www.vugtk.cz/slovník/termin.php?jazykova_verze=&tid=5315&l=normalizace)
- [21] Významné památky. Město Radnice. [online]. 24.5.2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.mestoradnice.cz/mesto-radnice-1/vyznamne-pamatky/>
- [22] X3D encoding converter. Instantreality. [online]. 24.5.2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: [http://doc.instantreality.org/tools/x3d\\_encoding\\_converter/](http://doc.instantreality.org/tools/x3d_encoding_converter/)
- [23] x3dom. x3dom. [online]. 24.5.2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.x3dom.org>

## Struktura DVD

Adresáře na přiloženém DVD jsou pojmenovány stejně jako kapitoly, ke kterým se vztahuje jejich obsah. Pro případnou další práci se soubory jsou názvy na DVD uvedeny bez háčeků a čárek.

„**Bakalarska\_prace\_Jerabkova**“ - text bakalářské práce ve formátu pdf

## 6. SBĚR DAT

### 6.1. Zaměření bodů kostela

- „*zapisnikGTP7001*“ – originální zápisník vyexportovaný z totální stanice GPT 7001
- „*zapisnikGNSS*“ – originální zápisník vyexportovaný z GNSS
- „*stanoviska*“ – souřadnice všech šesti stanovisek

### 6.2. Tvorba fotografií

- složka „*fotografie\_Agisoft*“ – fotografie, ze kterých je vytvořen model A (103ks)

## 7. ZPRACOVÁNÍ

### 7.1. Převod

- „*body*“ – souřadnice všech zaměřených bodů (v S-JTSK)
- „*prepecetdoblenderu*“ – postup přepočtu do matematické souřadnicové soustavy
- „*bodydoblenderu*“ – soubor txt exportovaný z xlsx „*prepecetdoblenderu*“

### 7.2. Import do Blenderu

- „*bodydoblenderu*“ – soubor ply vyexportovaný z programu CloudCompare

## 8. TVORBA MODELU

### 8.1. Blender

- „*kostel\_Blender*“ – složka obsahuje výsledný „*model\_B.blend*“ i s použitými texturami

## 8.2. Agisoft

- „*marks*“ – soubor txt se souřadnicemi vlíčovacích a kontrolních bodů
- „*kostel\_Agisoft*“ – složka obsahující vytvořený model A
- „*zprava\_agisoft*“ – vyexportovaná zpráva ve formátu pdf
- „*model\_A*“ – výsledný model kostela ve formátu ply
- „*model\_A*“ – textura k „*model\_A.ply*“
- „*kostel*“ – export z Agisoftu do formátu pdf

## **9. VIZUALIZACE**

- „*threejs*“ – textový soubor, který obsahuje zdrojový kód pro pokus vizualizace pomocí knihovny Three.js