

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta Stavební
Katedra mapování a kartografie**

**Kompletace a prezentace prostorového
modelu Svaté Hory v Příbrami**

**Completion and presentation of three-
dimensional model of the Holy Mountain in
Příbram**

Diplomová práce

Studijní program: Geodézie a kartografie
Studijní obor: Geodézie a kartografie

Vedoucí práce: Ing. Petr Soukup, Ph.D.

Bc. Josef Beníšek

Praha 2013



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

studijní program: Geodézie a kartografie
studijní obor: Geodézie a kartografie
akademický rok: 2012/2013

Jméno a příjmení diplomanta: Bc. Josef Beníšek
Zadávací katedra: Katedra mapování a kartografie
Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Soukup, Ph.D.
Název diplomové práce: Kompletace a prezentace prostorového modelu Svaté Hory v Příbrami
Název diplomové práce v anglickém jazyce: Completion and presentation of Three-dimensional model of Svatá Hora in Příbram

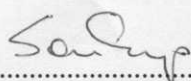
Rámcový obsah diplomové práce: Geodetické doměření a dokončení prostorového modelu areálu Svaté Hory v Příbrami. Integrace s výsledky předchozích etap zpracování. Tvorba digitálního modelu terénu a prezentace kompletního modelu na internetu.

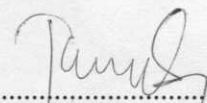
Datum zadání diplomové práce: 24.9.2012 Termín odevzdání: 21.12.2012
(vyplňte poslední den výuky přísl. semestru)

Diplomovou práci lze zapsat, kromě oboru A, v letním i zimním semestru.

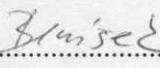
Pokud student neodevzdal diplomovou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání diplomové práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat diplomovou práci podruhé. Studentovi, který při opakovaném zápisu diplomovou práci neodevzdal v určeném termínu a tuto skutečnost řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, se ukončuje studium podle § 56 zákona o VŠ č.111/1998 (SZŘ ČVUT čl 21, odst. 4).

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.


.....
vedoucí diplomové práce


.....
vedoucí katedry

Zadání diplomové práce převzal dne: 24.9.2012


.....
diplomant

Formulář nutno vyhotovit ve 3 výtiscích – 1x katedra, 1x diplomant, 1x studijní odd. (zašle katedra)

Nejpozději do konce 2. týdne výuky v semestru odešle katedra 1 kopii zadání DP na studijní oddělení a provede zápis údajů týkajících se DP do databáze KOS.

DP zadává katedra nejpozději 1. týden semestru, v němž má student DP zapsanou.

(Směrnice děkana pro realizaci stud. programů a SZZ na FSv ČVUT čl. 5, odst. 7)

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně, a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 16.12.2012

Bc. Josef Beníšek

Abstrakt:

Diplomová práce je zaměřena na tvorbu a kompletaci prostorového modelu Svaté Hory v Příbrami na základě provedeného geodetického měření a poskytnutých podkladů. Výsledný model bude sloužit pro prezentaci celého objektu a bude dostupný na internetových stránkách, které vznikly v rámci této práce.

Klíčová slova:

Prostorový model, textura, digitální model terénu, geodetické měření, fotogrammetrie, prezentace.

Abstract:

The thesis is focused on the creation and completion of three-dimensional model of the Holy Mountain in Příbram, based on geodetic measurements and provided documentation. The resulting model will be used for presentation of the whole object and will be available on the website, which arose in the context of this work.

Key words:

Spatial model, texture, digital terrain model, geodetic measurements, photogrammetry, presentation.

Poděkování:

V této části bych rád poděkoval Ing. Petru Soukupovi, Ph.D. za vedení diplomové práce, čas strávený konzultacemi a pomoc při vlastním měření a Fakultě stavební ČVUT za zapůjčení měřického vybavení.

Dále bych rád poděkoval Ing. arch. Richardu Cibikovi a Českému úřadu zeměměřickému a katastrálnímu za poskytnuté podklady, které mi velice usnadnily práce při vlastní tvorbě prostorového modelu.

Na závěr bych rád poděkoval mé rodině za vytvoření příznivého pracovního prostředí a za editorské práce konečného textu.

1. Úvod.....	8
2. Svatá Hora v Příbrami.....	9
2.1 Lokalizace objektu	9
2.2 Historie objektu.....	10
2.3 Popis současného objektu	11
2.3.1 Ambity	11
2.3.2 Bazilika Nanebevzetí Panny Marie.....	12
2.3.3 Klášter	12
3. Podkladová data	13
3.1 Digitální model reliéfu 4. generace.....	13
3.2 ZABAGED®	15
3.3 Státní mapa 1 : 5 000 (SM 5).....	16
3.4 Stavební dokumentace	18
4. Vlastní měření.....	20
4.1 Volba měřické metody	20
4.1.1 Polární metoda	20
4.1.2 Jednosnímková fotogrammetrie.....	20
4.1.3 Průseková fotogrammetrie	21
4.2 Použité pomůcky.....	22
4.3 Doměření dat polární metodou	22
4.4 Sběr dat pro jednosnímkovou fotogrammetrii	24
4.5 Sběr dat pro průsekovou fotogrammetrii	24
5. Zpracování	25
5.1 Zpracování geodetického měření.....	25
5.2 Zpracování měřických snímků.....	26
5.2.1 Kalibrace komory	26
5.2.2 Vyhodnocení jednosnímkové fotogrammetrie.....	27
5.2.3 Vyhodnocení průsekové fotogrammetrie.....	28
6. Tvorba modelu	29
6.1 Popis základních funkcí	29
6.1.1 Propojení Google SketchUp, 3D Warehouse a Google Earth	32
6.2 Konstrukce modelu	33
6.3 Textury.....	41
6.3.1 Rovinné textury.....	41

6.3.2 Projektivní textury	42
6.3.3 Transparentní textury	43
6.3.4 Vlastní materiály	43
6.4 Tvorba digitálního modelu terénu	44
7. Řešení problémů	46
7.1 Nepřesnost při slučování modelů	46
7.2 Tvorba zadní části objektu	48
7.3 Tvorba modelu Mariánského sloupu	49
8. Prezentace výsledků	52
8.1 Prezentace na webových stránkách	52
8.2 Export výsledného modelu	52
8.3 Další možnosti prezentace	53
9. Závěr	54
Literatura	56
Seznam použitých zkratk	58
Seznam příloh	59

1. Úvod

V závislosti na technických podmínkách byla v každé době snaha prezentovat dosažené výsledky co nejlepším způsobem. Vzhledem k technické době je v současnosti kladen důraz na možnost prezentace formou prostorových modelů. Tato metoda je velice poutavá a pozorovateli umožňuje vytvořit si reálnou představu o určitém objektu. Prostorové modely však neslouží pouze pro prezentaci již existujících objektů, ale mají také široké zastoupení jako podklad při projektování stavebních činností.

Tato diplomová práce je rozdělena do dvou základních oddílů a to do teoretického a praktického.

V první části je podrobněji popsán zpracovávaný objekt včetně jeho dlouholeté historie. Dále práce pojednává o poskytnutých podkladových datech a v neposlední řadě je věnována pozornost zvoleným metodám, které byly využity jak pro měření tak i pro zpracování.

V praktické části je kladen důraz na popsání prací při sběru a zpracování podkladových dat a převážně na postup tvorby prostorového modelu. Samostatná kapitola byla věnována vzniklým problémům a jejich řešením a možnostem prezentování dosažených výsledků.

Cílem práce je dokončit prostorový model areálu Svaté Hory v Příbrami a následně jej sloučit s výstupy předchozích etap. Dále budou konečné výsledky celé diplomové práce uveřejněny na internetových stránkách.

2. Svatá Hora v Příbrami

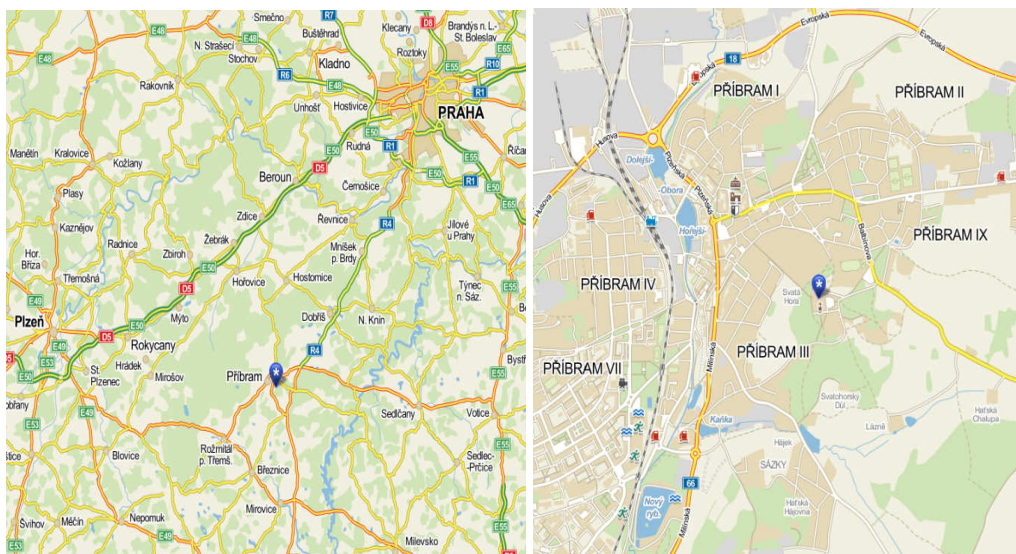
Svatá Hora je významný barokní areál s dlouholetou poutní tradicí, který byl v roce 1995 prohlášen za národní kulturní památku.



Obr. 2.1: Současný stav Svaté Hory [13]

2.1 Lokalizace objektu

Svatá Hora se nachází na stejnojmenném vrcholu kopce ve výšce 586 m n.m. Celý areál je na kraji města Příbram, což je asi 60 km jihozápadně od Prahy. Na obr. 2.2 je znázorněna poloha Svaté Hory.



Obr. 2.2: Poloha Svaté Hory [12]

2.2 Historie objektu

Svatá Hora je významný barokní areál s historickou poutní tradicí. Dodnes není přesně zjištěno období vzniku, ovšem existují dvě hypotézy. Podle pověsti ji dal postavit ve 13. století rytíř z rodu Malovců jako poděkování Panně Marii za ochranu před pronásledujícími loupežníky. Dle jiných pramenů se vznik datuje o století později. První dochované zmínky však pocházejí až ze 16. století.

O Svatou Horu se starali a spravovali ji nejrůznější poustevníci. Nejvýznamnější však byl Jan Procházka, díky němuž toto místo vstoupilo v širší známost. Jako měšťan a pláteník, žijící v Nymburku, přišel roku 1619 o zrak a od té doby přežíval jako žebrák. Na Svatou Horu přišel na pokyn starce, který mu pravil prostřednictvím snu, že pokud se chce uzdravit, ať odejde na Svatou Horu a uctívá Pannu Marii. Roku 1632 dorazil na toto mystické místo a po třech dnech se začal zázračně uzdravovat. Tato zpráva se rychle roznesla mezi obyvatele a tím se zvýšil příchod poutníků. Již roku 1634 navštívil Svatou Horu císař Ferdinand II., čímž věhlas tohoto místa ještě vzrostl.

Během třicetileté války docházel na Svatou Horu příbramský děkan pouze zřídka, neboť v této temné době byl nedostatek duchovních. Proto v roce 1647 byla dána do správy březnickým jezuitům. Slávu svatohorské Panny Marie šířili a zvyšovali duchovními slavnostmi, kázáními, knížečkami či obrázky. Zanedlouho stávající stav nedostačoval zvýšenému množství poutníků, a proto v období 1664 – 1707 došlo ke značné dostavbě podle projektu od architekta Carla Luraga včetně propojení města schodištěm.

Roku 1732 byla korunována soška svatohorské Panny Marie, a tím se celá Svata Hora zařadila mezi nejslavnější poutní místa. Od té doby se slavnostně připomíná výročí korunovace, které se účastní mnoho věřících z Česka i ze zahraničí.



Obr. 2.3: Soška Panny Marie Svatohorské [11]

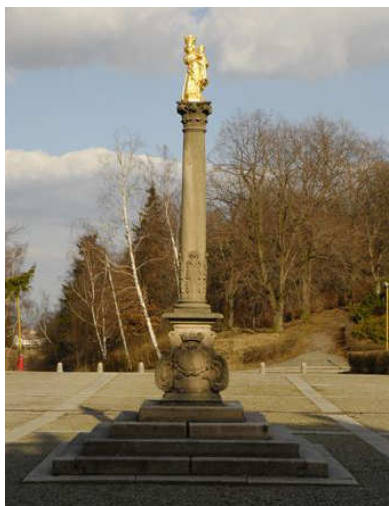
V letech 1745 – 1751 byla Svatá Hora přestavěna do dnešní podoby. Z důvodu dočasného zrušení jezuitského řádu převzali roku 1773 správu světsí administrátoři s titulem probošta a od roku 1861 přešla pod správu redemptoristů (Kongregace Nejsvětějšího Vykupitele). Kromě období vlády komunistů spravují svatohorský areál dodnes. Na požádání redemptoristů byl roku 1905 udělen papežem Piem X. zvláštní status „Bazilika menší“.

V roce 1978 vypukl na Svaté Hoře požár, který zničil střechu kláštera, proboštsví a severní části ambitů včetně věže s hodinami. Do čtyř let bylo téměř vše obnoveno. V roce 1993 došlo k rekonstrukci a zastřešení svatohorských schodů a o dva roky později byla Svatá Hora prohlášena za národní kulturní památku. [2, 3, 11, 20]

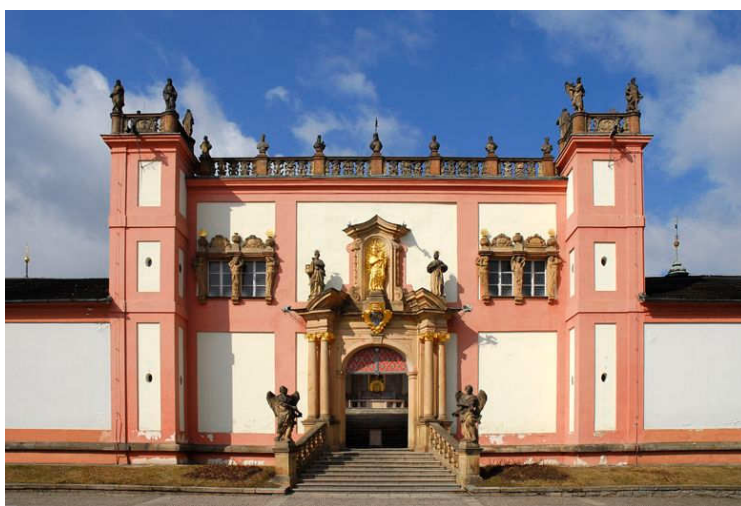
2.3 Popis současného objektu

Objekt, jak jej známe dnes, lze rozdělit na tři části. První je Bazilika Nanebevzetí Panny Marie, další částí jsou ambity a posledním celkem je klášter, který dnes slouží jako zázemí redemptoristů pro vykonávání duchovní správy.

Na východní straně se přes rozlehlé nádvoří s mariánským sloupem uprostřed (*obr.2.4*) dostaneme k hlavní Pražské bráně (*obr.2.5*). Druhý vstup je z jižní strany Březnickou branou.



Obr. 2.4: Mariánský sloup [11]

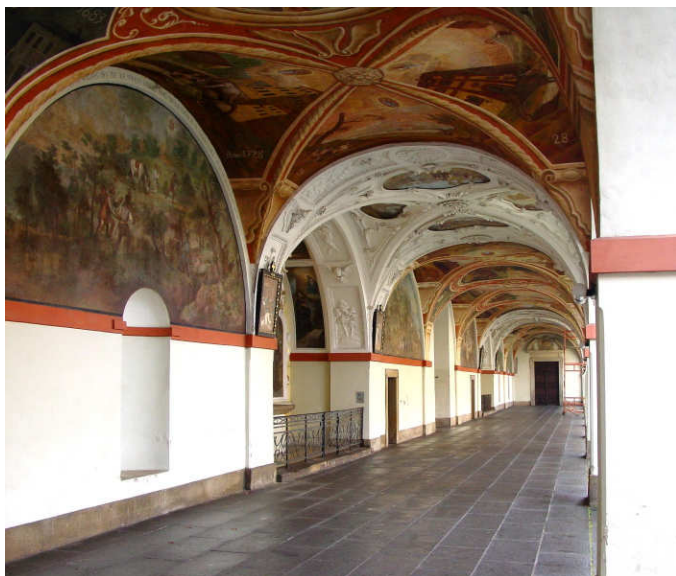


Obr. 2.5: Pražská brána [11]

2.3.1 Ambity

Půdorys ambitů tvoří obdélník o rozměrech 80 x 72 metrů. Jednotlivé strany jsou pojmenovány podle světových stran a v rozích jsou celkem čtyři osmiboké kaple. Celé architektonické dílo je vystavěno jako chodba s křížovými klenbami, která je otevřena do prostoru baziliky. Ze severní strany ambitů je možný vstup na zakryté svatohorské schody

vedoucí do centra Příbrami, nebo lze vstoupit do přilehlého kláštera. Po celém obvodu jsou chodby zdobeny nástěnnými i stropními malbami, které znázorňují nejvýznamnější svatohorské dějiny.



Obr. 2.6: Jižní Ambit [14]

2.3.2 Bazilika Nanebevzetí Panny Marie

Uvnitř ambitů se na kamenné terase s balustrádami nachází vlastní poutní chrám, ke kterému vedou dohromady čtyři schodiště. Původní kostelík ze 17. století byl postupně obestaven kaplemi. V původní podobě byla zachována pouze trojice otevřených kaplí na východní straně. Tato památka je považována za nejkrásnější ozdobu Svaté Hory.



Obr. 2.7: Bazilika Nanebevzetí Panny Marie [11]

2.3.3 Klášter

Na severní straně ambitů je připojena budova kláštera, která byla původně postavena jako rezidence jezuitů. V současnosti slouží jako provincialát redemptoristů, kteří se starají o duchovní správu v okolí včetně Svaté Hory.

3. Podkladová data

Na základě písemné žádosti o bezplatné poskytnutí dat pro tvorbu diplomové práce jsem získal od Českého úřadu zeměměřického a katastrálního data Digitálního modelu reliéfu 4. generace, katastrální a výškopisnou složku vektorové Státní mapy 1 : 5 000 a výškopisná data ZABAGED[®] ve formě 3D vrstevnic a pravidelné čtvercové sítě s rozestupem po 10 metrech. Dále jsem získal od pana Ing. arch. Richarda Cibika stavební dokumentaci ve formě 2D výkresů, konkrétně půdorysů, řezů a pohledů.

3.1 Digitální model reliéfu 4. generace

Tento projekt tvorby nového výškopisu České republiky vzniká součinností Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK), Ministerstva obrany (MO) a ministerstva zemědělství (MZe). Tento produkt je výsledkem zpracování výškopisných dat z leteckého laserového skenování. Pořizování dat pro celou republiku je rozděleno do tří pásů (*Střed, Východ a Západ*). V následujícím textu se pokusím objasnit vznik DMR od sběru dat, přes zpracování měřených hodnot až po distribuci produktu ke koncovým uživatelům. V následujícím textu bylo čerpáno ze zdroje [10].

Sběr dat

Laserové skenování probíhá ze speciálního letounu, který létá v průměrné výšce 1 200 až 1 400 metrů nad zemským povrchem. Určování polohy skeneru je zajištěno pomocí GPS (Global Positioning System) a IMU (Inertial Measurement Unit). Data se pořizují v jednotlivých blocích, které jsou vybírány tak, aby měly podobnou výškovou členitost. Šířka bloku je stanovena na 10 km, ale pokud je povrch podobný lze sloučit jednotlivé bloky do maximální šířky až 60 km.

Zpracování laserových dat

Pro zpracování surových dat byla využita robustní filtrace, která na základě automatických metod separuje body, ve kterých paprsek dopadl na terén, vegetaci nebo stavby, a přitom odhalil chybná data např. odražení paprsku od letícího ptáka atd. Tato metoda je přímo závislá na stavu vegetace resp. na ročním období. Pro data pořízená v době od března do května je úspěšnost klasifikace až 90 %, naopak v období od června do září je úspěšnost pouze mezi 30 – 40 %.

Po úspěšné identifikaci jednotlivých laserových odrazů se přistoupilo k přiřazení souřadnicového systému. Pro georeferencování se využívají data z referenčních stanic sítě CZEPOS, dále ze stanic spravovaných vědeckými a akademickými pracovišti v rámci sítě VESOG a částečně ze stanic POLOM, které spadají pod správu Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu (VGHMÚř). Výsledkem řešení jsou mračna výškových bodů v souřadnicovém referenčním systému UTM (Universal Transversal Mercator) a systému elipsoidických výšek vztažených k elipsoidu GRS 80. Po dohodě s Ministerstvem obrany se výsledky transformují do UTM na elipsoidu WGS 84 a do výškového systému Bpv. Pro transformaci souřadného systému jsou využity transformační klíče spravované VGHMÚř a pro transformaci výškového systému jsou využity údaje kvazigeoidu CZ-2005. Vzhledem k využívání produktu civilním sektorem byla užitá transformace do S-JTSK. Pro tuto transformaci se využily aplikace navržené Výzkumným ústavem geodetického, topografického a kartografického (VÚGTK).

Z takto upravených dat se dále vybírají reprezentativní uzlové výškové body v síti 5 x 5 metrů. Vzhledem k požadavku vytvoření modelu reliéfu je v každém čtverci vybrán bod s nejnižší výškou a ten je prohlášen za uzlový. Zároveň se však kontroluje, zda se výška enormně neodlišuje od ostatních. Pokud je zaznamenán velký rozdíl, jedná se o chybný bod, a proto se za uzlový vybere jiný bod. Z této nepravidelné sítě bodů se interpolačními metodami vytvoří výsledný digitální model reliéfu s pravidelným rozestupem bodů po pěti metrech.

Zhodnocení modelu 4. generace

Vzhledem k nutné generalizaci modelu metodou čtvercové sítě s rozestupem po pěti metrech, nelze vystihnout lokální výškové členění v podobě hran, strží nebo roklin. Dále nelze postihnout terénní tvary typu kupa či skalní věž s půdorysem menším než 5 metrů. V některých místech může mít model trhliny, což je v místech vodních ploch či toků o šířce větší než 200 metrů. Tato skutečnost je způsobena neodrazivostí paprsku od vodní hladiny, a tudíž nedojde k pořízení dat.

Pro správnost modelu se přistoupilo k jeho ověření, které bylo provedeno na komparačních základnách, na vybraných bodech základního geodetického bodového pole a kontrolním měřením v terénu. Na základě těchto ověřovacích zkoušek byla stanovena přesnost tohoto modelu s 95% pravděpodobností na 0,30 metru v terénu bez souvislé vegetace a na 1 metr v prostředí s hustým porostem.

Poskytování a struktura dat

Data je možné si objednat na stránkách geoportálu ČÚZK. Digitální model reliéfu je poskytován v rámci mapových listů odpovídajícím dělení SM 5, tzn. velikost území je 2,0 x 2,5 km. Data jsou ve formě textového souboru, který obsahuje pouze souřadnice Y,X,Z v systému JTSK. Cena za jedním mapový list je dle platného ceníku stanovena na 500,- Kč. [9]

```
-777490.0 -1082005.0 504.306
-777485.0 -1082005.0 504.471
-777480.0 -1082005.0 504.618
-777475.0 -1082005.0 504.746
-777470.0 -1082005.0 504.882
-777465.0 -1082005.0 505.009
-777460.0 -1082005.0 505.120
-777455.0 -1082005.0 505.216
-777450.0 -1082005.0 505.304
-777445.0 -1082005.0 505.387
-777440.0 -1082005.0 505.467
-777435.0 -1082005.0 505.550
-777430.0 -1082005.0 505.627
-777425.0 -1082005.0 505.696
-777420.0 -1082005.0 505.780
-777415.0 -1082005.0 505.886
-777410.0 -1082005.0 506.017
-777405.0 -1082005.0 506.136
```

Obr. 3.1: Ukázka dat DMR 4. generace ve formě pravidelné čtvercové sítě

3.2 ZABAGED[®]

ZABAGED[®] je digitální geografický model území České republiky, který svou přesností a podrobností zobrazení geografické reality odpovídá Základní mapě České republiky v měřítku 1 : 10 000 (ZM 10). Obsah ZABAGED[®] tvoří 106 typů geografických objektů zobrazených v databázi vektorovým polohopisem a příslušnými popisnými a kvalitativními atributy. ZABAGED[®] obsahuje informace o sídlech, komunikacích, rozvodných sítích a produktovodech, vodstvu, územních jednotkách a chráněných územích, vegetaci a povrchu a prvcích terénního reliéfu. Součástí ZABAGED[®] jsou i vybrané údaje o geodetických, výškových a tíhových bodech na území České republiky. Výškopis je reprezentovaný prostorovým souborem vrstevnic nebo v podobě pravidelné sítě bodů s rozstupem po deseti metrech.

Historie vzniku geografického modelu

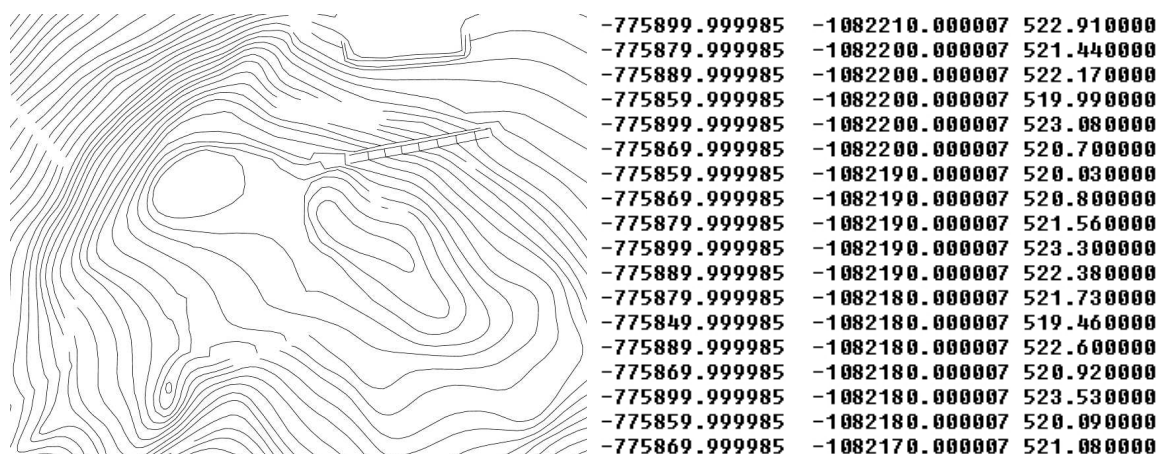
Prvotní naplnění ZABAGED[®] zahájil Zeměměřický úřad již v roce 1995 vektorovou digitalizací tiskových podkladů ZM 10. Tato základní digitalizace byla s výjimkou zástavby sídel dokončena v roce 2001. V období do konce 1. čtvrtletí roku 2004 byla

databáze ZABAGED[®] doplněna o geografické objekty zástavby sídel, dále byly do databáze přidány další popisné a kvalitativní atributy včetně vybraných druhů identifikátorů. Jednotlivé ukládací jednotky v kladu ZM 10 byly spojeny do „bezešvé“ databáze. Současně od roku 2001 probíhala první celoplošná aktualizace ZABAGED[®] s cílem zpřesnění a zaktualizování polohopisné složky a revize a doplnění atributové části databáze. Využívány byly zejména fotogrammetrické metody a topografické šetření přímo v terénu. Tato první aktualizace byla ukončena v roce 2005. Další periodická aktualizace ZABAGED[®] bude realizována ve tříletých cyklech s využitím vždy nově zpracovaných leteckých měřických snímků a barevných ortofot, které budou každoročně vytvářeny pro jednu třetinu území České republiky.

Poskytování a struktura dat

Data je možné si objednat na stránkách geoportálu ČÚZK. Data ZABAGED[®] se v současné době poskytují po mapových listech v kladu ZM 10, dále v rozsahu krajů, případně jako ucelená bezešvá databáze z celého území České republiky.

Vektorové soubory výškopisu ve formě 3D vrstevnic jsou poskytovány ve formátu *dgn7*, dále ve formátu *shp* nebo *dxf* a to v souřadnicových systémech JTSK, WGS84/UTM, a výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání. Výškopisná data ve formě pravidelné čtvercové sítě jsou vydávána ve formátu *txt* nebo *shp* v souřadnicových systémech S-JTSK nebo WGS84/UTM, a výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání. Cena za jeden mapový list je dle platného ceníku stanovena na 244,- Kč. [9]



Obr. 3.2: Ukázka dat ZABAGED[®] ve formě 3D vrstevnic a ve formě pravidelné čtvercové sítě

3.3 Státní mapa 1 : 5 000 (SM 5)

Státní mapa 1 : 5 000 je základním státním mapovým dílem velkého měřítká. Zobrazuje celé území České republiky v souvislém kladu mapových listů. Území České republiky je zobrazeno na 16 301 mapových listech znázorňujících území 2 x 2,5 km.

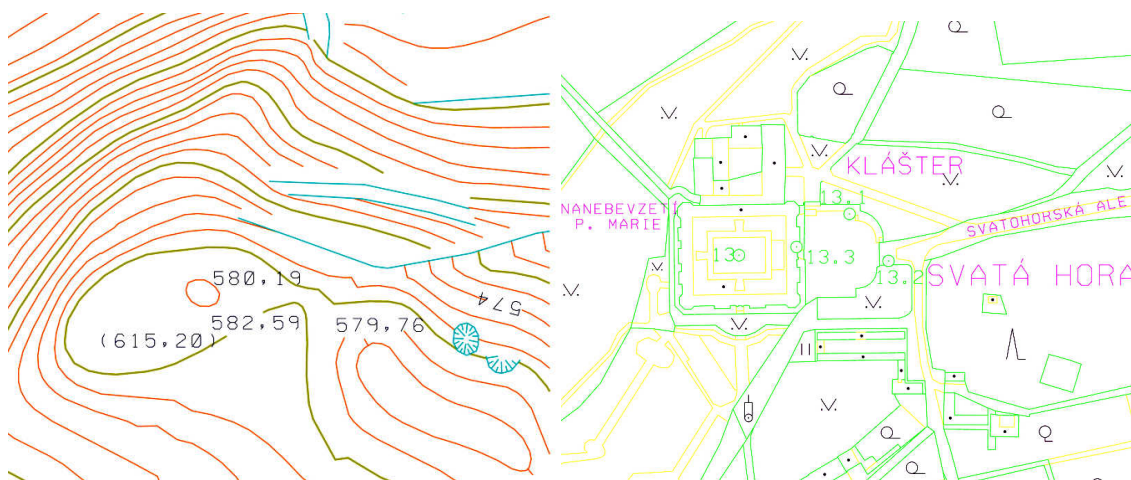
Obsah mapy

Státní mapa 1 : 5 000 obsahuje polohopis, výškopis a popis. Je státním mapovým dílem největšího měřítka, které zobrazuje výškopis. Základním polohopisným grafickým podkladem jsou katastrální mapy, výškopisným podkladem Základní mapa České republiky 1 : 10 000 nebo ZABAGED®. Zdrojem popisu je jednak katastrální mapa a jednak databáze geografických jmen České republiky Geonames.

Podkladem pro tvorbu vektorové katastrální složky SM 5 je digitální katastrální mapa (DKM) nebo katastrální mapa digitalizovaná (KMD). Katastrální složka však neobsahuje parcelní čísla. Vektorová výškopisná složka SM 5 vychází z vektorového souboru vrstevnic ZABAGED®. Od roku 2007 však již, na rozdíl od tohoto produktu, nebyla aktualizována.

Poskytování a struktura dat

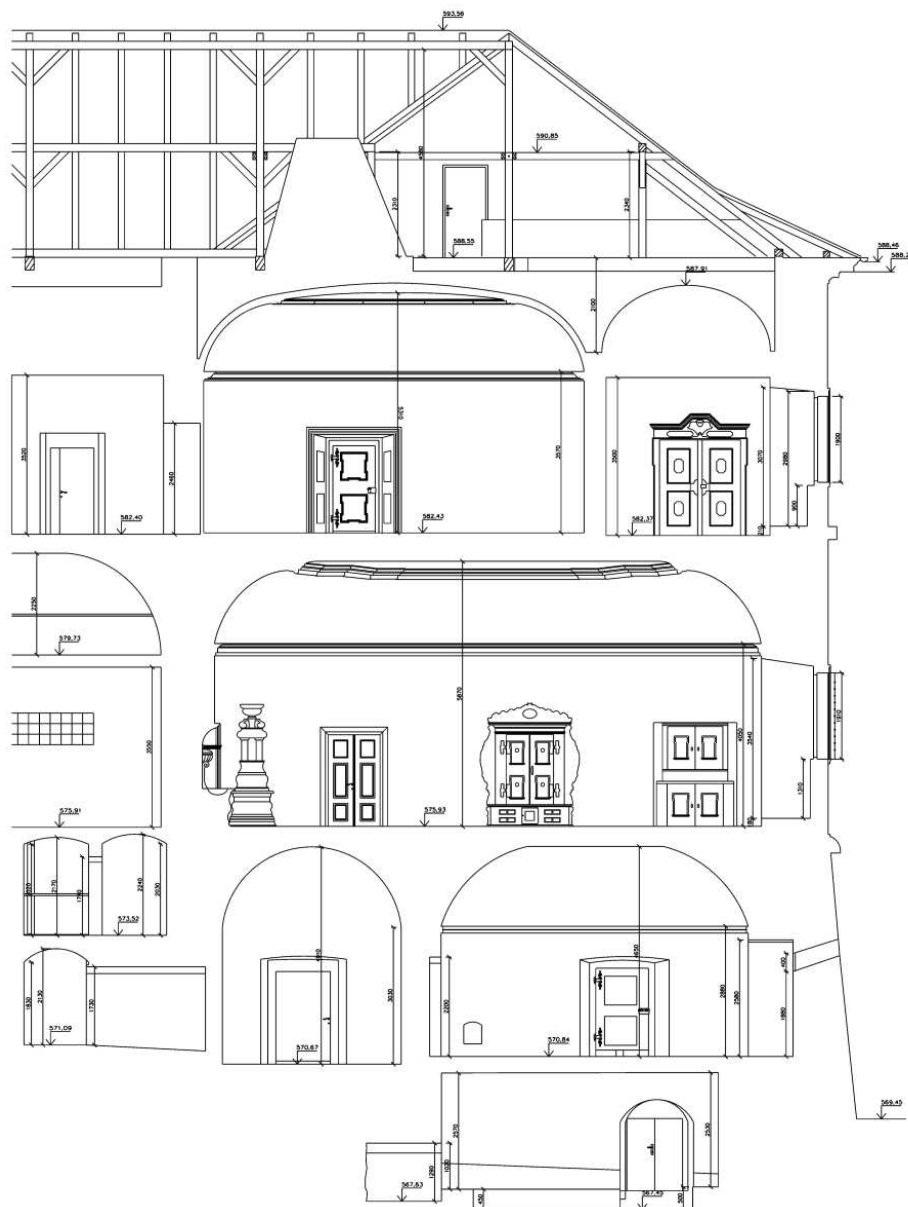
Data je možné si objednat na stránkách geoportálu organizace ČÚZK. Výdejní formáty SM 5 jsou pro oba typy totožné a to *dgn7* nebo *dxg* v systému JTSK a Bpv. Cena za jeden mapový list vektorové katastrální složky je dle platného ceníku stanovena na hodnotu 250,- Kč, zatímco jeden mapový list vektorové výškopisné složky stojí 62,- Kč. [9]



Obr. 3.3: Ukázka dat vektorové výškopisné a katastrální složky SM 5

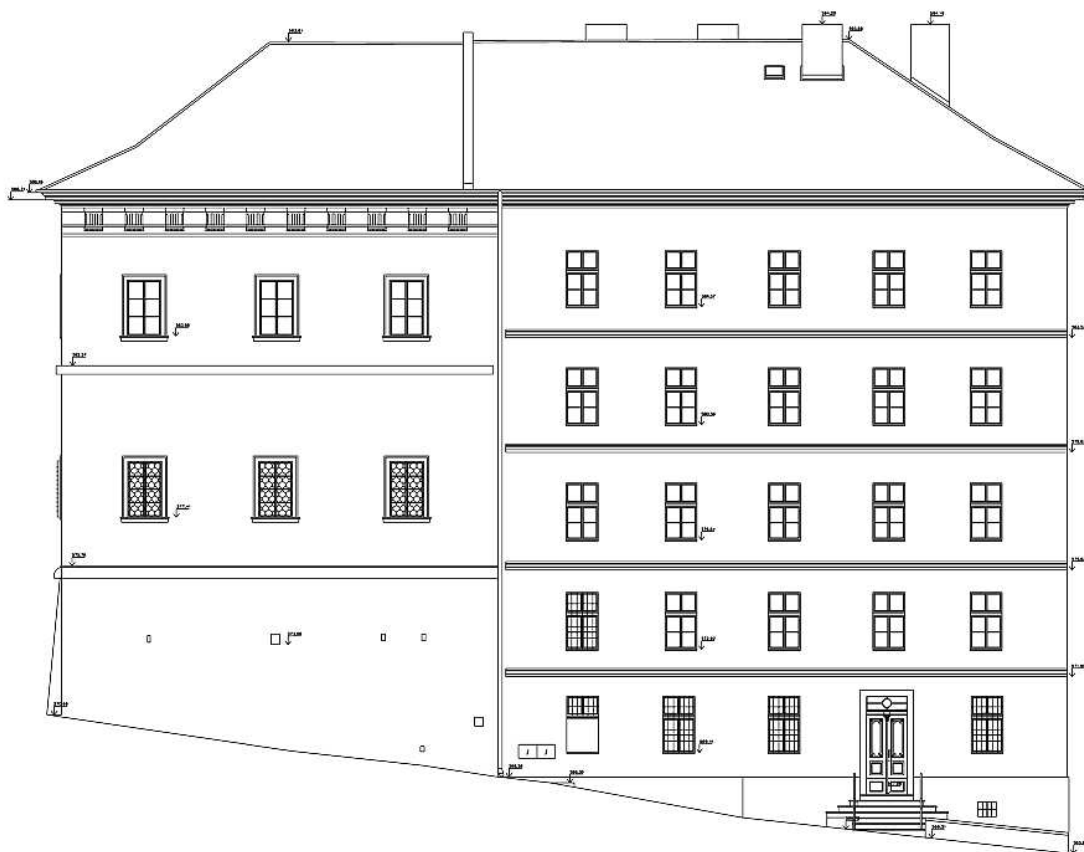
3.4 Stavební dokumentace

Stavební dokumentace mi byla poskytnuta od pana Ing. arch. Richarda Cibika ve formě 2D výkresů. Celkem mi bylo poskytnuto 11 výkresů ve formátu *dwg*. Ve výkresu *rezy.dwg* byly obsaženy dva základní řezy objektem, a to severní a východní stranou kláštera (viz obr. 3.4).



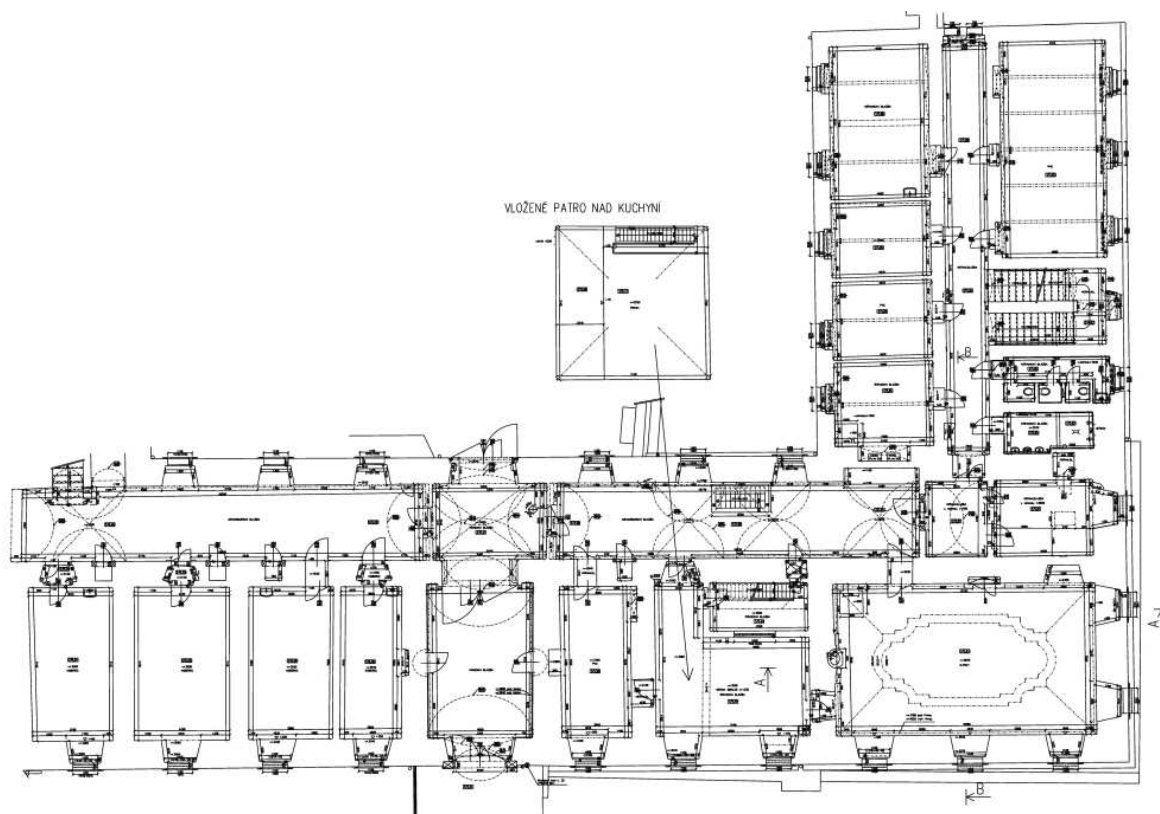
Obr. 3.4: Ukázka výkresu řezu severní stranou kláštera

Dále ve výkresech *pohl_sev.dwg* a *pohl_vych.dwg* byly zobrazeny pohledy na severní resp. východní stranu kláštera (viz obr 3.5).



Obr. 3.5: Ukázka výkresu pohledu na severní stranu kláštera

Ostatní výkresy zobrazovaly informace půdorysného charakteru. Ukázka obsahu těchto výkresů je znázorněna na obr. 3.6.



Obr. 3.6: Ukázka půdorysného výkresu 1. nadzemního podlaží kláštera

4. Vlastní měření

Obsahem této kapitoly bude podrobněji pojednáno o volbě měřické metody, použitých pomůckách a způsobu doměření podkladových dat.

4.1 Volba měřické metody

Vzhledem k vysoké kvalitě a podrobnosti podkladových dat, bylo nutno doměřit pouze specifické detaily. Pro tyto účely byla vybrána kombinace geodetické a fotogrammetrické metody. Pro doměření drobných objektů byl využit svinovací metr. V následujících odstavcích se zaměřím na podrobnosti použitých postupů.

4.1.1 Polární metoda

Polární metoda je nejrozšířenější v oblasti geodetického měření. Principem metody je získání rovinných resp. prostorových souřadnic na základě měřených vodorovných a zenitových úhlů a vodorovné resp. šikmé vzdálenosti mezi stanoviskem a určovaným bodem. Pro tuto úlohu je nutné měřit na stanovisku o známých souřadnicích a mít alespoň jeden orientační bod se známou polohou. Pokud chceme získat body s prostorovou informací, tzn. určuji výšku podrobného bodu, musím znát výšku alespoň jednoho bodu. V praxi je snaha mít více připojovacích bodů, a to z důvodů kontroly polohy resp. výšky. Pro měření se používá totální stanice a odrazný hranol, případně u novějších přístrojů je možno měřit bezhranolovým systémem. V dřívějších dobách byl pro měření úhlů užíván teodolit a pro měření délek kalibrované pásmo.

4.1.2 Jednosnímková fotogrammetrie

Principem této metody je vztah mezi rovinou snímku a rovinou snímaného objektu, který je matematicky popsán kolineární transformací.

$$X = \frac{a_1 \cdot x' + a_2 \cdot y' + a_3}{c_1 \cdot x' + c_2 \cdot y' + 1} \qquad Y = \frac{b_1 \cdot x' + b_2 \cdot y' + b_3}{c_1 \cdot x' + c_2 \cdot y' + 1}$$

Kde: X, Y jsou souřadnice bodu v cílové soustavě

x', y' jsou souřadnice bodu ve výchozí soustavě

a_i, b_i, c_i jsou neznámé koeficienty

Jak již z názvu vyplývá, pro zpracování dat se využívá samostatného měřického snímku s kolmou osou záběru k vyhodnocovanému objektu. Tato metoda umožňuje na snímku definovat pouze rovinné souřadnice, proto výsledkem vyhodnocení jsou pouze informace

o poloze bodu v dané rovině. Tato metoda je vhodná při zaměřování nepříliš hloubkově členitých objektů např. fasády budov, archeologických nalezišť atd.

Pro řešení kolineární transformace je třeba určení čtyř vlíčovacích bodů, které lze zaměřit geodeticky nebo se mezi body určí jednotlivé vzdálenosti.

Pro pořizování snímků je nutno použít kalibrovanou měřickou komoru z důvodu zavedení oprav měřických snímků o prvky vnitřní orientace (konstantu komory, polohu hlavního bodu a průběh radiální distorze).

Přesnost jednosnímkové metody se uvádí v řádech centimetrů, ovšem dále je závislá na měřítku snímku, hloubkové členitosti objektu a volbě vlíčovacích bodů. Tato metoda byla použita pro vyhodnocení stavby viz *obr. 4.1.* [1]



Obr. 4.1: Objekt vyhodnocovaný jednosnímkovou fotogrammetrií

4.1.3 Průseková fotogrammetrie

Průseková fotogrammetrie je jednou z nejstarších metod pro určení prostorové polohy bodu. Princip metody spočívá v protínání vpřed řešené pomocí měřických snímků. Pro vyhodnocení musí být pořízeny alespoň dva snímky s dostatečným překrytím a s konvergentními osami záběru. Na objektu se zaměří vlíčovací body, které mohou být signalizovány uměle tzn. měřickými štítky, nebo se využijí dobře identifikovatelné body na objektu. Pro výpočet je nutno zvolit alespoň 3 vlíčovací body, ovšem pro zpřesnění výsledků se volí nadbytečný počet těchto bodů (6 – 8). Pokud tyto body nejsou zaměřeny geodeticky je nutno pro nastavení měřítku modelu zadat vodorovnou a svislou vzdálenost.

Pro pořizování snímků je nutno, stejně jako u jednosnímkové fotogrammetrie, použít kalibrovanou měřickou komoru.

Přesnost průsekové metody se uvádí v řádech centimetrů, ovšem dále je závislá na počtu a volbě vlíčovacích bodů a na počtu a kvalitě pořízených měřických snímků. [1, 2]

Základní princip této metody byl použit při tvorbě modelu Mariánského sloupu na nádvoří (obr. 2.4).

4.2 Použité pomůcky

Pro měření polární metodou byla využita totální stanice Leica TS02 FlexLine, která umožňuje bezhranlové měření délek. Přesnost měření délek na hranol je výrobcem stanovena na hodnotu 1,5mm + 2ppm. Pro délky měřené bezhranlovým způsobem je uváděna hodnota 2mm + 2ppm. Úhly jsou měřeny s přesností 0,7 mgon. Pro měření orientací byl použit odrazný hranol značky Leica. [18]

Pro fotodokumentaci a pořízení měřických snímků byl použit fotoaparát značky Panasonic DMC - FZ30, který disponuje vysoce kvalitním objektivem značky Leica s dvanáctinásobným optickým zoomem. Aparát je osazen čipem 8,3 Mpix s maximálním rozlišením 3264 x 2448 pix. Ohnisková vzdálenost objektivu je v rozmezí 35 – 420mm. [17]

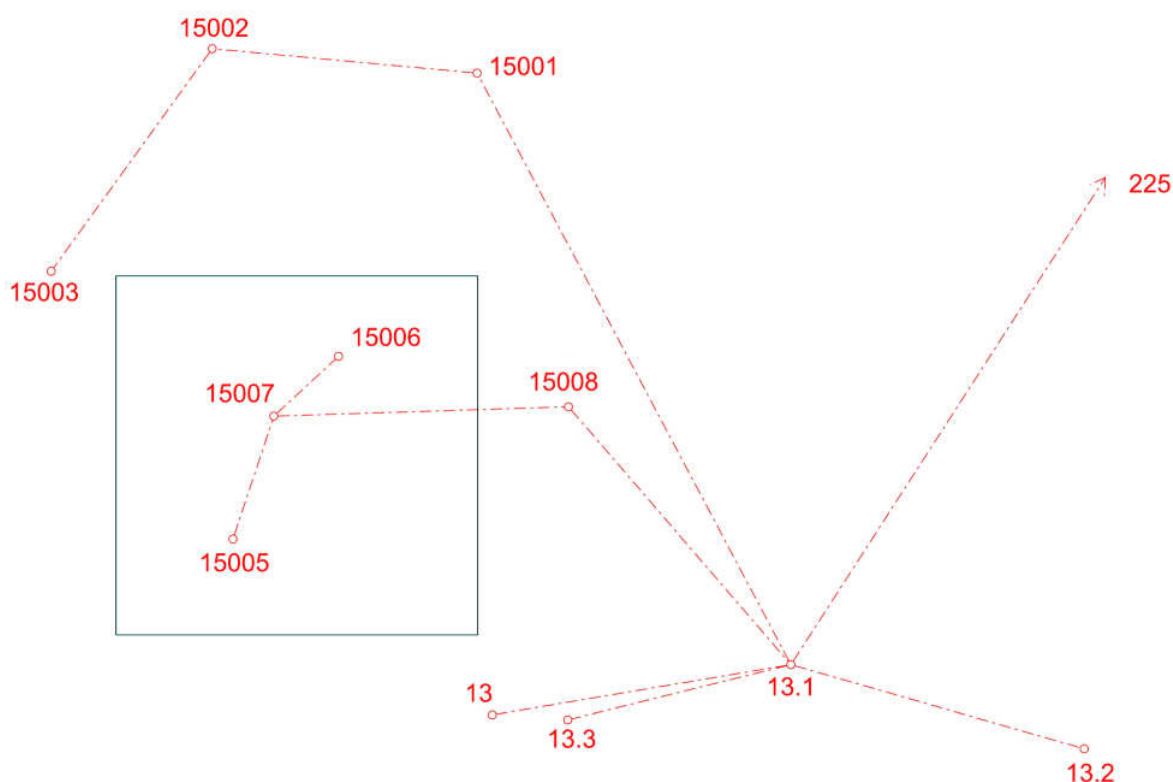


Obr. 4.2: Totální stanice značky Leica TS02 FlexLine a fotoaparát Panasonic DMC – FZ30 [15, 16]

4.3 Doměření dat polární metodou

Před vlastním měřením byla provedena rekognoskace terénu. Dle místopisů uvedených na stránkách ČÚZK byly vyhledány tři zajišťovací body trigonometrického bodu číslo 13 vztaheného ke středu makovice hlavní věže Baziliky Nanebevzetí Panny Marie. Dále byl nalezen nivelační bod u hlavního vstupu do kláštera. Při výpočtu však nebyl použit, protože uvedená výška neodpovídala skutečnosti.

Doměření polární metodou bylo rozděleno do dvou měřických dnů. V první etapě byly zaměřeny okrasné římsy na fasádě, a dále prostor mezi klášterem a svatohorskými schody. V druhé etapě byl zaměřen vnitřek dvora. V obou případech byl pro podrobné zaměření použit jednostranně připojený a jednostranně orientovaný polygonový pořad. Tyto pořady byly vedeny ze zajišťovacího bodu 13.1 s orientacemi na trigonometrický bod číslo 13, na zbývající zajišťovací body 13.2 a 13.3 a na zhušťovací bod 225 signalizovaný věží kostela v obci Hluboš. Schematický náčrt měřické sítě je uveden na *obr. 4.3*. Pro stabilizaci nově vzniklých stanovisek byl použit nastřelovací hřeb nebo železná tyč.



Obr. 4.3: Náčrt měřické sítě

Pro každý doměřovaný prvek byl veden náčrt, který obsahoval schematický zakres situace a číslo bodu, pod kterým byl fyzicky změřen. Bez tohoto grafického přehledu by bylo prakticky nemožné naměřená data jakkoliv zpracovat. V případě opakování jednoho prvku např. okna nebo okrasné římsy, byl detailně změřen pouze jednou a u ostatních byl doměřen pouze jeden nebo dva body pro zachycení polohy celého dílčího objektu.

Pro doměření drobných a dobře přístupných objektů např. okrasná zeď kolem nádvoří nebo schody, byl použit svinovací metr. Tohoto způsobu bylo použito z důvodu časové úspory, neboť z měření byly zjištěny skutečné rozměry objektu.

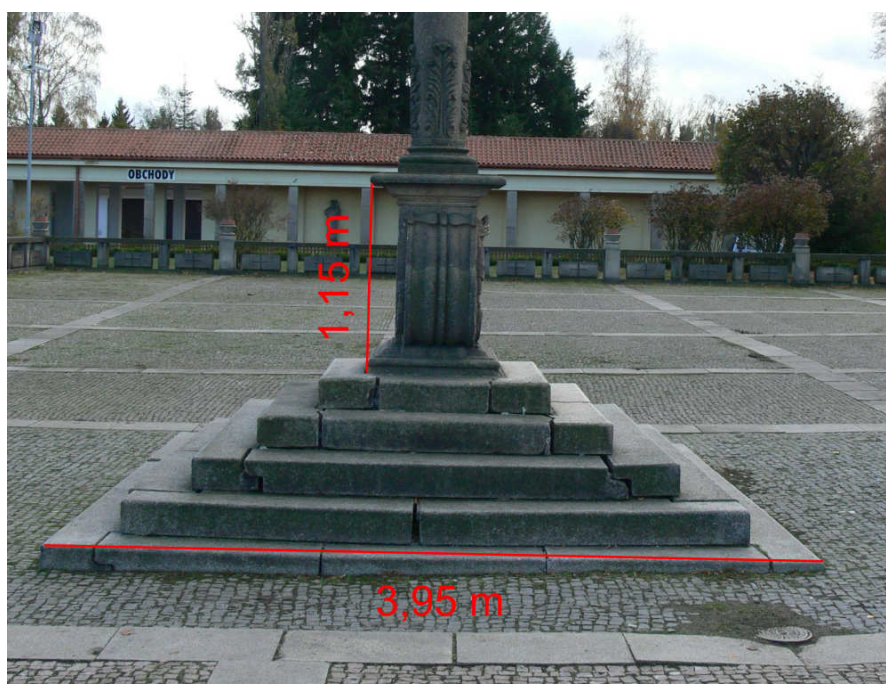
4.4 Sběr dat pro jednosnímkovou fotogrammetrii

Měřický snímek byl pořízen ze vzdálenosti asi 10 metrů s osou záběru téměř kolmou k vyhodnocovanému objektu. Poté byly zaměřeny vzdálenosti mezi čtyřmi vybranými body pro správnou definici rovinného systému. Na objektu byly dále určeny kontrolní délky, pro porovnání se vzdálenostmi z vyhodnocení. Tímto byla práce v terénu ukončena.

4.5 Sběr dat pro průsekovou fotogrammetrii

Vzhledem ke způsobu zpracování automatickým vyhodnocením v programu 123D Catch od firmy Autodesk, byl upraven systém pořizování dat. V teoretické části o průsekové fotogrammetrii bylo zmíněno, že ideální úhel protnutí konvergentních os záběru je 60° . Při automatickém zpracování je však požadavek na pořízení co největšího počtu snímků. Pro tvorbu modelu kolem dokola je ideální počet snímků v rozmezí 40 až 45, což odpovídá úhlu protnutí 8° resp. 9° . Počet snímků také závisí na členitosti vyhodnocovaného objektu. Pro složitější modely je samozřejmě možno pořídit více snímků. Výše uvedená rozmezí jsou minimální hodnoty, při kterých je dosahováno nejkvalitnějších výstupů.

Pro vytvoření prostorového modelu Mariánského sloupu bylo nutno pořídit snímky kolem celého objektu. Celkem bylo pořízeno 75 snímků ze vzdálenosti asi 8 metrů s orientací komory na výšku. Pro určení rozměru sloupu byla změřena vodorovná a svislá vzdálenost viz *obr. 4.4*.



Obr. 4.4: Náčrt měřených vzdáleností

5. Zpracování

V následující kapitole se zaměřím na popis zpracování naměřených dat jednotlivými metodami.

5.1 Zpracování geodetického měření

Z totální stanice byl vyexportován zápisník měření v textovém formátu *gsi*. Tento soubor obsahuje registrované hodnoty pro každý bod v podobě čísla bodu, vodorovného a zenitového úhlu, šikmé délky a výšky stroje resp. cíle. Před načtením naměřených hodnot do programu Groma ver. 9, byl nastaven měřítkový koeficient. Toto číslo zahrnuje opravu z kartografického zkreslení a opravu z nadmořské výšky. Poté se polární metodou dávkou vypočetly souřadnice podrobných bodů, které byly následně nahrány do programu MicroStation ver.8 XM Edition. V tomto programu se dle náčrtů vytvořil pracovní model, který sloužil pro zjištění rozměrů dílčích prvků. Tento způsob byl poněkud zdlouhavý, a proto byla využita funkce programu Groma ver. 9, ve které se ze souřadnic vypočetla vodorovná resp. šikmá vzdálenost a převýšení viz *obr.5.1*. Z těchto hodnot se již přímo konstruoval prostorový model Svaté Hory.

Stanovisko:		Orientace:	
Předč.:		Předč.:	
Číslo:	1	Číslo:	2
Y:	777720.717	Y:	777720.692
X:	1083263.188	X:	1083264.298
Z:	576.666	Z:	576.641
Směrník a délka:			
Směrník:	398.5664	Vod. délka:	1.110
Převýšení:	-0.025	Šik. délka:	1.111
Sklon (úhel):	-1.4332	Spád [%]:	-2.252

Obr. 5.1: Prostorové výpočetní funkce programu Groma ver. 9

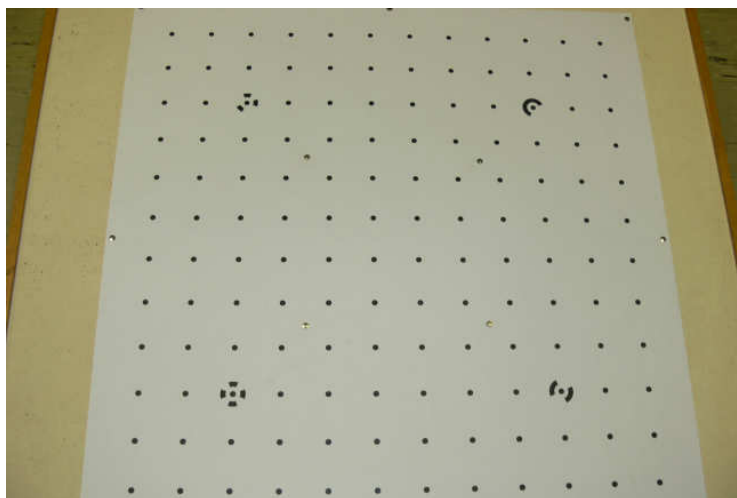
5.2 Zpracování měřických snímků

V následujících odstavcích se zaměřím na vyhodnocení dat pro jednosnímkovou a průsekovou fotogrammetrii. Před podrobným vyhodnocením se nejprve zmíním o kalibraci použité neměřické komory.

5.2.1 Kalibrace komory

Pokud pro pořizování měřických snímků použijeme obyčejný fotoaparát, musíme provést kalibraci komory pomocí kalibračního pole. Touto operací zjistíme číselné hodnoty prvků vnitřních orientací, které slouží k odstranění chyb obrazu.

Kalibrace použitého aparátu byla provedena na kalibračním poli dodávaným k softwaru PhotoModeler ver.6 viz *obr. 5.2*. Při snímání musí být nastavena stejná ohnisková vzdálenost, která byla použita při pořizování měřických snímků. Z každé strany se pořídí celkem tři sady snímků v různých polohách kalibrované komory s osou záběru skloněnou o 45° . V první sadě je aparát v normální poloze, v ostatních je kamera otočena o 90° vpravo resp. vlevo.



Obr. 5.2: Ukázka kalibračního pole

Výpočet kalibrace proběhl v softwaru PhotoModeler ver.6, kam byly nahrány snímky kalibračního pole. Poté se automatickým označením referencovaly jednotlivé body a vypočetly se hodnoty prvků vnitřních orientací. Po vizuální kontrole a odstranění chybně označených bodů byla kalibrace provedena znovu. Výsledkem jsou číselné hodnoty konstanty komory, polohy hlavního bodu a koeficienty charakterizující radiální distorzi. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v příložené tabulce a výsledný kalibrační protokol pro použitý fotoaparát Panasonic DMC FZ-30 je obsahem přílohy č.1.

Výsledné hodnoty prvků vnitřních orientací		
Veličina		Hodnota
Konstanta komory	f [mm]	7,4944
Poloha hlavního bodu	X_p [mm]	3,5550
	Y_p [mm]	2,4142
Koeficienty radiální distorze	K_1	$3,898^{-3}$
	K_2	$-6,926^{-5}$
Koeficienty tangenciální distorze	P_1	$5,204^{-5}$
	P_2	$-3,484^{-5}$

Tab. 5.1: Výsledné hodnoty kalibračních veličin

5.2.2 Vyhodnocení jednosnímkové fotogrammetrie

Podrobné vyhodnocení proběhlo ve volně stažitelném programu SIMphoto, který v rámci diplomové práce vytvořil, dnes již absolvent ČVUT, Ing. David Čížek. Tento program je určen výhradně na zpracování jednosnímkové fotogrammetrie. Mezi základní funkce patří eliminace distorze objektivu, zadání rovinného systému třemi různými způsoby (zaměření vlíčovacích bodů, zaměření sítě vzdáleností a zadáním svislé resp. vodorovné vzdálenosti) a měření vzdáleností mezi dvěma body. Více informací o programu naleznete na internetových stránkách dostupných na [4].

Po načtení vybraného měřického snímku do prostředí softwaru SIMphoto se nejprve zadaly výsledné hodnoty kalibračních veličin a snímek se o tyto chyby opravil. Poté se přistoupilo k zadání rovinného systému pomocí čtyř délek a jedné úhlopříčky viz obr. 5.3. Po zadání číselných hodnot vzdáleností a přiřazení polohy bodů v rastru se celý snímek transformoval do definovaného rovinného systému. Pro kontrolu se navíc změřily vybrané vzdálenosti a byly porovnány s hodnotami získanými v terénu. Po splnění tohoto požadavku se přistoupilo k podrobnému vyhodnocení.



Obr. 5.3: Náčrt délkové sítě

5.2.3 Vyhodnocení průsekové fotogrammetrie

Pro vyhodnocení byl použit volně stažitelný program 123D Catch od firmy Autodesk, který pro tvorbu prostorových modelů využívá základů průsekové fotogrammetrie na bázi autokorelační technologie. Pro využívání tohoto programu je nutno mít založený účet vázaný na e-mailovou adresu. Tento program je unikátní v tom, že stačí dle návodů nasnímkovat zájmový objekt a tím prakticky končí práce uživatele. Poté se snímky posílají na server, kde je složen a následně poslán zpět uživateli hotový prostorový model. Tento postup je velice lákavý, ovšem jen do té doby, dokud se nevyskytne nějaký problém. V programu je možné ručně zadávat čtyři referenční body, ovšem pro zadání bodů na dalším snímku je nutno celý model přepočítat, což je velice časově náročné. Proto lze tvrdit, že vlastní proces skládání modelu je prakticky nemožné ovlivnit, což dělá z celého programu tzv. černou skříňku.

Bohužel vytvoření prostorového modelu Mariánského sloupu se v tomto programu nezdařilo, jak je vidět na následujícím obrázku. Podrobněji se této problematice věnuji v kapitole 7 *Řešení problémů*.



Obr. 5.4: Ukázka výsledného modelu z programu 123D Catch

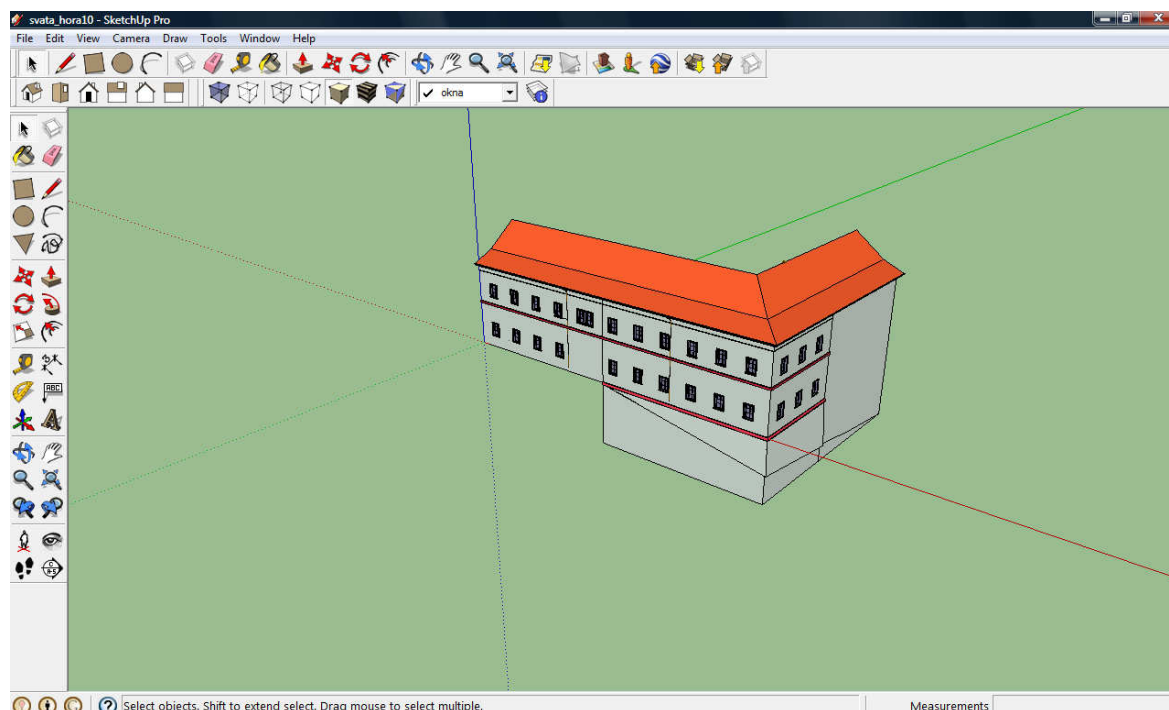
6. Tvorba modelu

Pro vytvoření prostorového modelu Svaté Hory v Příbrami byl použit software Google SketchUp ver.8. V současnosti tento program spravuje organizace Trimble. Program je vydáván v základní (bezplatné) nebo profesionální (zpoplatněné) verzi. Volně stažitelná licence postačuje pro vytvoření modelu, v placené verzi jsou navíc složitější funkce a možnost importovat nebo exportovat do více druhů formátů.

V této kapitole se zaměřím na popis základních funkcí tohoto programu, na vyhotovení celého modelu a na problémy, které při tvorbě nastaly. V následujícím textu bylo čerpáno ze zdrojů. [2, 6, 7]

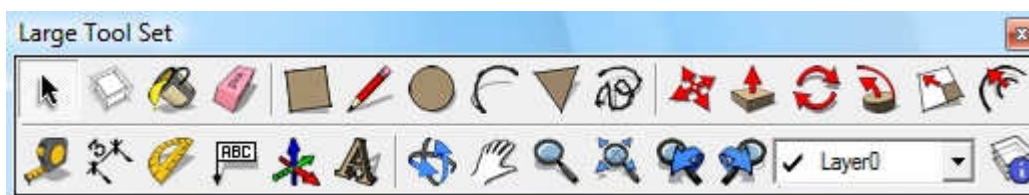
6.1 Popis základních funkcí

Po spuštění a nastavení jednotek se objeví pracovní plocha, ve které jsou zobrazeny prostorové osy souřadnicového systému. V pracovním okně je zobrazen v horní části základní a postranně je umístěn rozšířený panel nástrojů, který obsahuje základní funkce pro ovládání programu. Tyto nástrojové lišty lze upravit dle vlastního uvážení a obohatit o další funkce. Na *obr. 6.1* je zobrazena úvodní plocha.



Obr. 6.1: Ukázka pracovního okna programu Google SketchUp

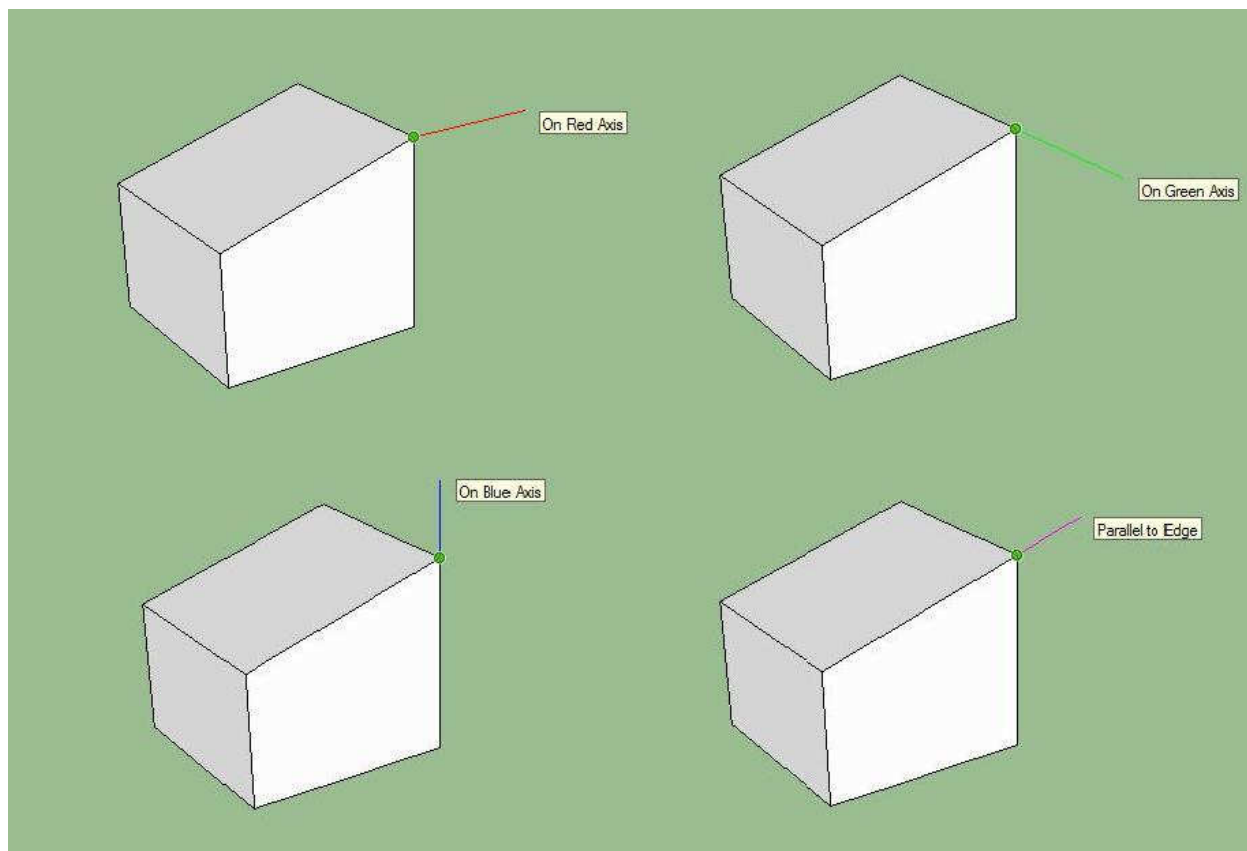
Na obr. 6.2 je zobrazen rozšířený panel nástrojů, který obsahuje nejčastěji používané funkce pro tvorbu modelu.



Obr. 6.2: Ukázka rozšířeného panelu nástrojů programu Google SketchUp

Pro tvorbu modelu program Google SketchUp využívá ortogonálních prvků tzn. staničení a kolmice (resp. převýšení). Při kreslení hran program automaticky nabízí základní směry os definovaného souřadnicového systému. Dále umožňuje kreslit rovnoběžně nebo kolmo na danou hranu. Příklad znázornění je uveden na obr. 6.3. Další velice užitečnou pomůckou je schopnost detekovat koncový nebo středový bod, průsečík nebo bod na ploše. Tyto funkce značně usnadňují práci při tvorbě modelu, protože zaručují kreslení v určité rovině resp. z požadovaného bodu.

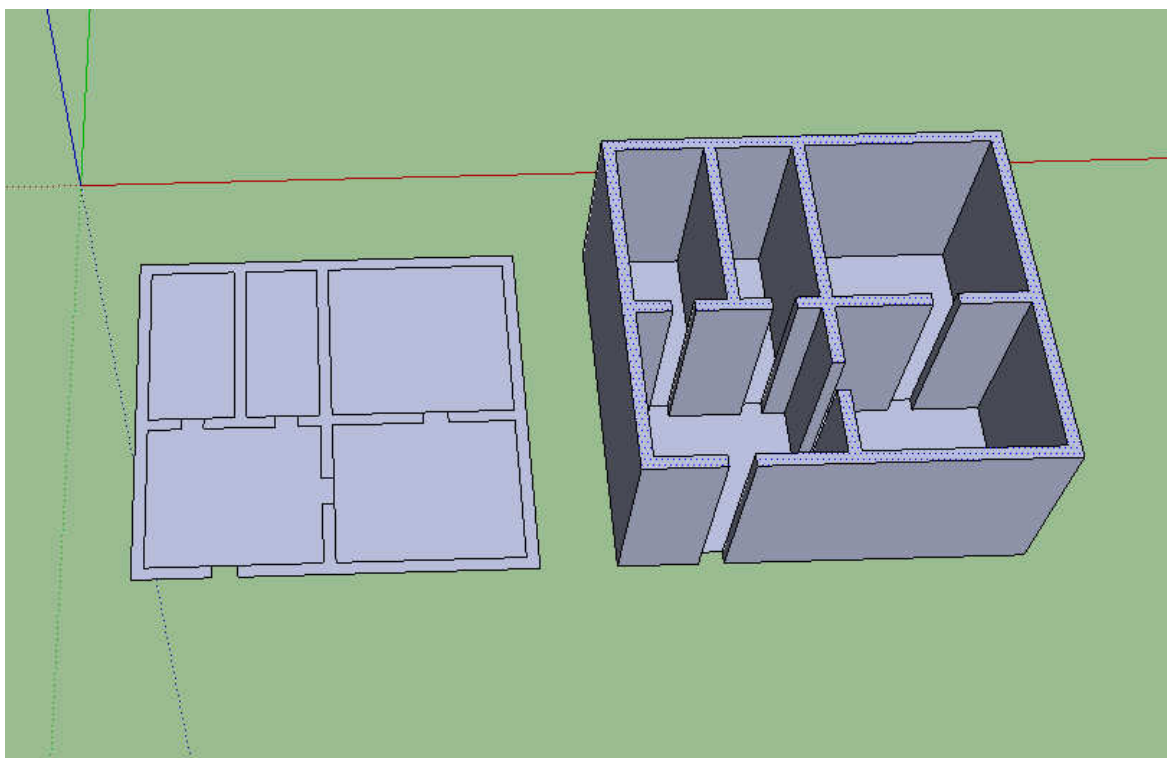
V následujících odstavcích se zaměřím na popis vybraných funkcí a na praktické využití při tvorbě modelu.



Obr. 6.3: Ukázka nabídky základních směrů os souřadnicového systému

1. Zatlačit / Vytáhnout (Push / Pull)

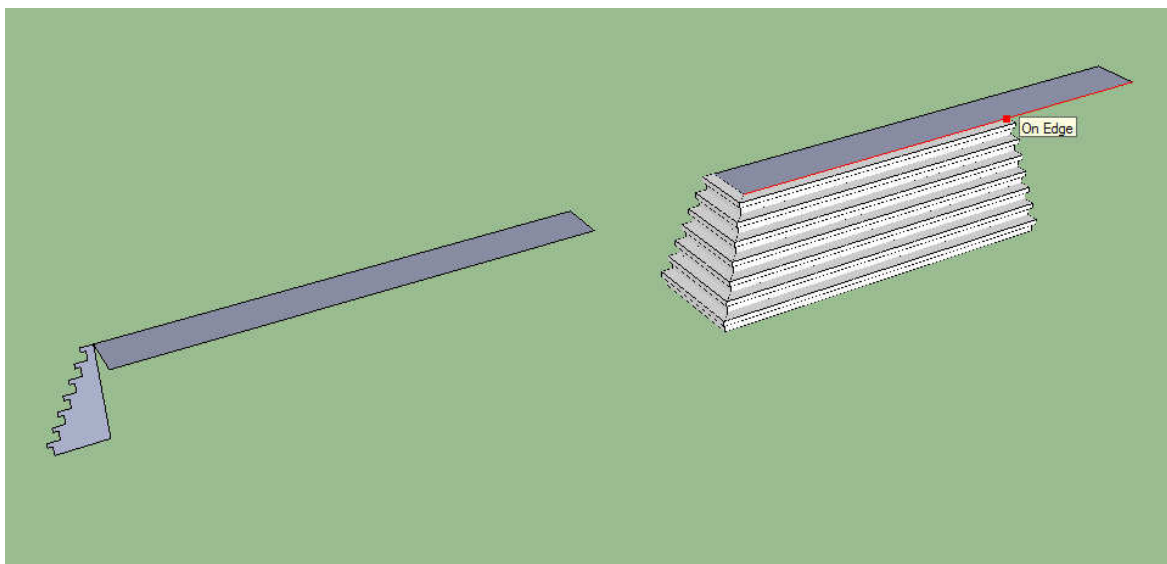
Tato funkce slouží pro vytvoření prostorového tělesa z rovinné plochy. Na tuto technologii má Google SketchUp dokonce patent. Díky tomuto nástroji lze vytvořit z rovinné dokumentace prostorový model. Jako příklad uvedu tvorbu jednoduchého prostorového modelu rodinného domu. V programu stačí nakreslit půdorys daného objektu (nebo importovat půdorys ve formátu *dwg*, *dxf*) a poté pomocí funkce *Zatlačit / Vytáhnout* vytvořit odpovídající prostorový model. Následující obrázek znázorňuje využití výše popisované funkce.



Obr. 6.4: Ukázka funkce Zatlačit / Vytáhnout

2. Následuj mě (Follow me)

Tato funkce slouží opět pro vytvoření prostorového modelu z rovinné plochy. Oproti předchozí však umožňuje vytažení podél jakékoliv křivky. Při použití tohoto nástroje musíme znát průřez vytahovaného objektu a trajektorii, podle které těleso vytváříme. Tuto funkci je výhodné využít např. pro tvorbu okrasných říms podél nepravidelného obvodu objektu, zábradlí nebo schodiště. Na *obr. 6.5* je ukázka použití tohoto nástroje.



Obr. 6.5: Ukázka funkce Následuj mě

3. Skupina / Komponenta

Pomocí funkce *Skupina* lze sloučit více hran nebo ploch v jeden objekt. Po vybrání jedné dílčí hrany (plochy) se označí celý prvek, což je výhoda při přesunu nebo kopírování daného objektu. Objekt tvořící skupinu lze samostatně editovat, případně lze zpětně rozložit na samostatné prvky. Při používání tohoto nástroje lze provádět rozšířenější úpravy v podobě průniků, sjednocování nebo odečítání dvou skupin, což usnadňuje práci při modelování.

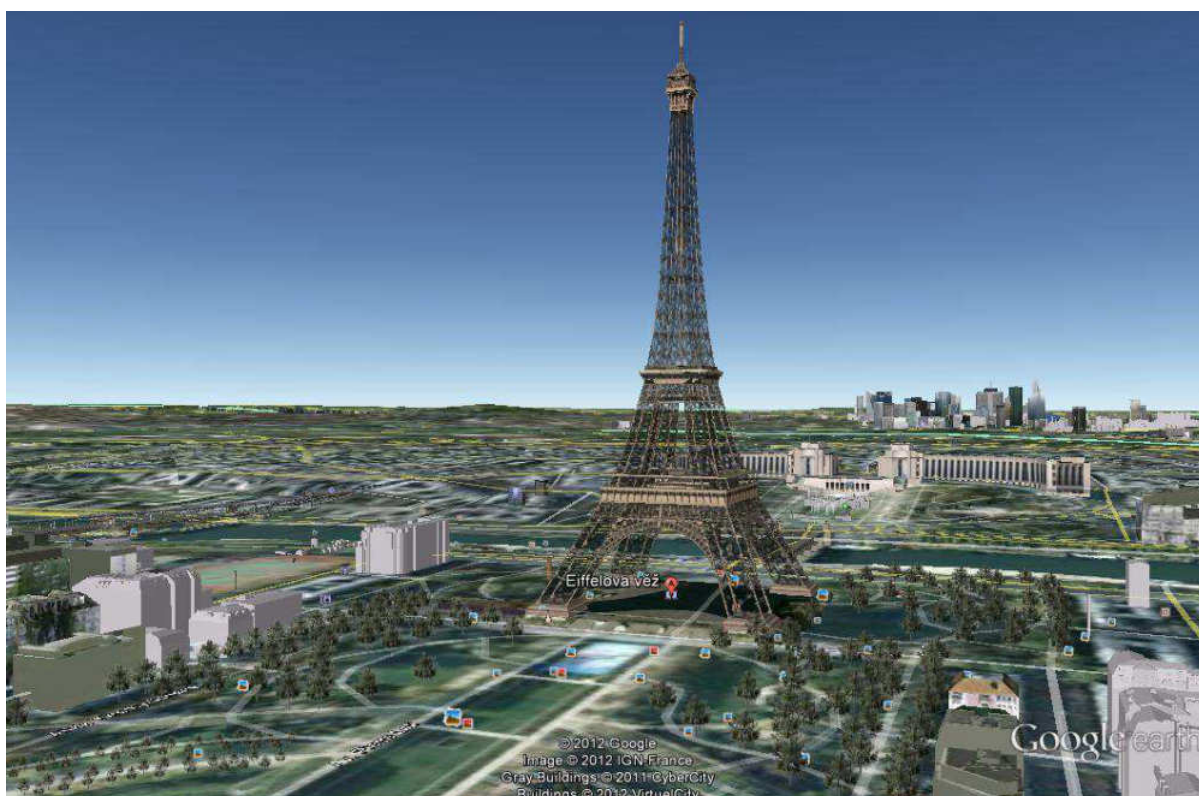
Funkce *Komponenta* je speciální případ výše uvedeného nástroje. Tento nástroj je vhodné využít, pokud v modelu existuje určitý prvek vícekrát např. okna nebo dveře. Hlavní přednost je však v tom, že všechny komponenty daného prvku jsou mezi sebou vzájemně propojeny, tzn. pokud změním nějaký prvek na jednom místě, pak se automaticky změní ve všech případech.

Další výhodou obou popsaných funkcí je úspora kapacity celkového modelu. Při kopírování objektu tvořící skupinu resp. komponentu zabírá méně místa než při kopírování stejného objektu rozloženého na jednotlivé části.

6.1.1 Propojení Google SketchUp, 3D Warehouse a Google Earth

Propojením těchto programů vznikla velice efektní možnost prezentace vytvořených prostorových modelů. Podmínkou vystavení objektu je uložení do databáze *3D Warehouse*, která obsahuje jak modely celých budov tak i modely dílčích objektů např. dveře, okna, židle atd.. Tato databáze je vytvářena lidmi z celého světa, kteří dávají zdarma k dispozici své výtvořky. Pro přispívání do této databáze musí mít každý autor založen vlastní účet

u společnosti Google. Pro prezentaci modelu v Google Earth je nutno splnit několik podmínek. Nejprve je nutno modelu přiřadit přesné geografické určení. Dále je kladena podmínka na velikost objemu dat. V současnosti je stanovena na 10 MB na jeden prostorový model. Na závěr je model kontrolován správcem databáze a po přijetí modelu je automaticky zobrazován v Google Earth, což je program umožňující prohlížení zemského povrchu pomocí satelitních snímků. S přidáním prostorovými budovami vzniká naprosto věrný pohled na místo, které může být vzdáleno stovky kilometrů. Na obr. 6.6 je zobrazena Eiffelova věž v Paříži. [8]

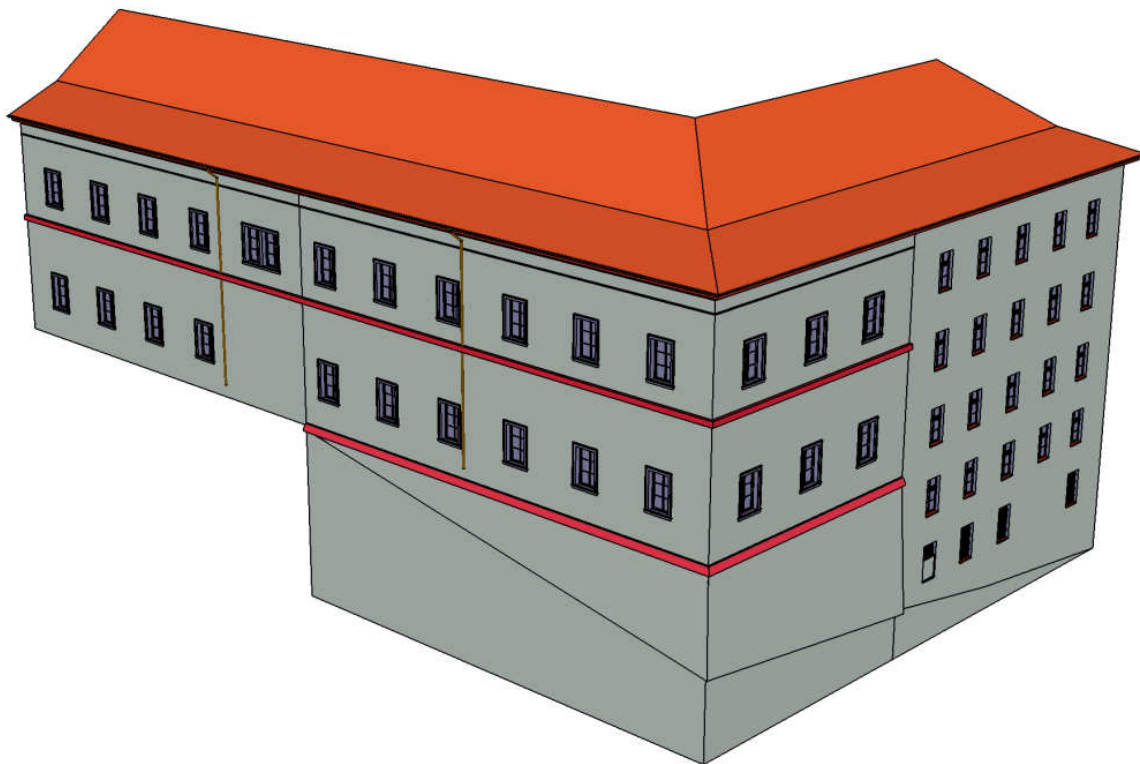


Obr. 6.6: Ukázka prezentace prostorového modelu v aplikaci Google Earth

6.2 Konstrukce modelu

V následující podkapitole se zaměřím na vlastní konstrukci prostorového modelu Svate Hory. Vzhledem k účelu vyhotovení celého modelu byl uvažován objekt jako pravoúhlý, což značně usnadnilo celou tvorbu. Při modelování bylo nejvíce využito funkcí *Push / Pull* a *Follow me* a samozřejmě čárové kresby viz kapitola 6.1. Program Google SketchUp umožňuje používat rozvrstvení modelu. Každá vrstva zahrnuje určitou specifickou část zpracovávaného objektu. Výhodou práce s vrstvami je možnost vypínání viditelnosti určitých celků, čímž se nejen zpřehlední, ale i zrychlí manipulace s modelem. Práce při tvorbě modelu lze rozdělit do tří částí.

Nejprve byl vytvořen samostatný model z podkladových výkresů stavební dokumentace. V této etapě vznikl základní model kláštera opatřený ozdobnými římsami, okny a střechou. Výsledný model vyhotovený na podkladě stavebních výkresů je uveden na *obr. 6.7*.



Obr. 6.7: Ukázka základního modelu

Ve druhé fázi tvorby modelu byly zpracovány hodnoty získané z podrobného doměření. Před vlastním modelováním byla provedena integrace s modelem ambitů vytvořeným Ing. Michalem Šatavou. Při sloučení byla zjištěna nenávaznost mezi modely, a proto musel být model ambitů upraven (viz kapitola 7 *Problémy a řešení*). Po úspěšné integraci obou modelů byl dotvořen celý model včetně vnitřního dvora. Dále byl vymodelován prostor nádvoří před hlavním vstupem a nově zbudovaný bezbariérový přístup. Pro napojení celého modelu na digitální model terénu byly ještě vymodelované opěrné zídky kolem celého objektu. Na závěr se přiřadily textury, které celému modelu dávají realističtější podobu.

V poslední etapě zpracování byl importován digitální model terénu, do kterého se celý objekt umístil. Výsledný model je zobrazen na *obr. 6.8*. V následujícím textu se zaměřím na porovnání dílčích objektů, které tvoří celý model.



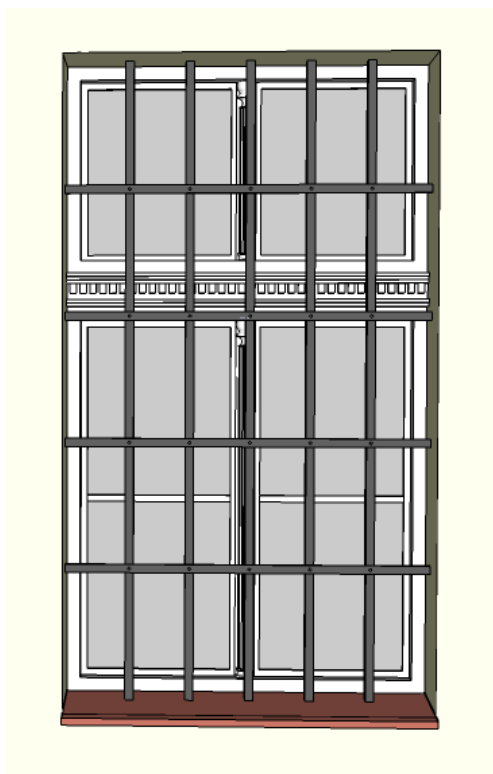
Obr. 6.8: Ukázka výsledného modelu Svaté Hory v Příbrami

Okna

Většina oken na objektu je podrobně modelována na základě známých rozměrů, ať už ze stavební dokumentace nebo z podrobného doměření. V prostoru uzavřeného dvora se však u některých oken přistoupilo k aplikaci textur, neboť okna nejsou výrazně prostorově členitá a při použití textur vypadají lépe. Na následujících obrázcích je zobrazeno porovnání dvou prostorově modelovaných typů oken se skutečností.



Obr. 6.9: Porovnání prostorově modelovaného okna se skutečností



Obr. 6.10: Porovnání prostorově modelovaného okna se skutečností

Hlavní vstup na východní straně

Pro tvorbu hlavního vstupu bylo podrobně vymodelováno ozdobné zdivo. Pro znázornění okrasného erbu a plochy vrat byla užita textura. Při tvorbě textury erbu bylo nutno z fotografie vyříznout obrys tohoto objektu a uložit s barvou průhlednosti. Tím bylo zajištěno, že model za touto plochou bude viditelný. Na *obr. 6.11* je porovnání mezi modelem a skutečností.



Obr. 6.11: Porovnání prostorově modelovaného hlavního vstupu se skutečností

Vstup na severní straně

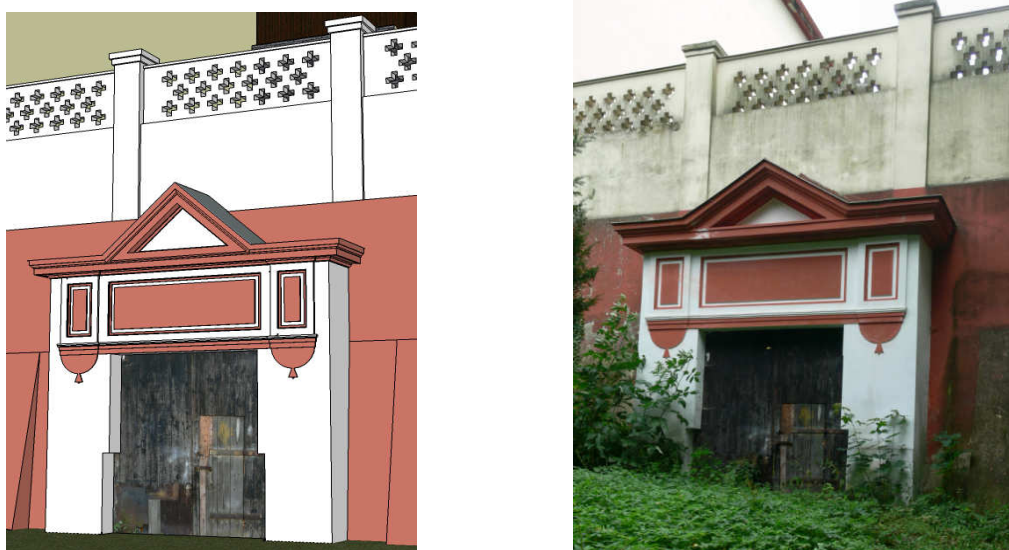
Při tvorbě vstupu na severní straně byla užita textura samotných dveří, ostatní prvky byly vymodelovány. Na následujícím obrázku je opět uvedeno porovnání mezi modelem a skutečností.



Obr. 6.12: Porovnání prostorově modelovaného vstupu na severní straně se skutečností

Kaplička

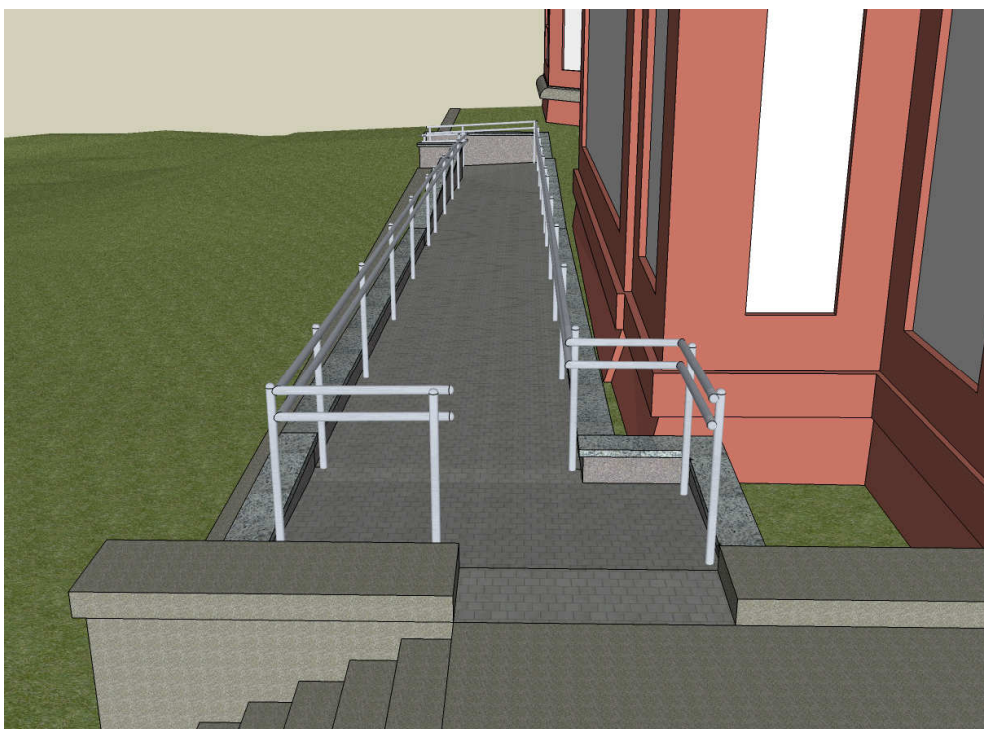
Prostorový model byl vytvořen na podkladě vyhodnocení jednosnímkovou fotogrammetrií. Na plochu dveří byla opět aplikovaná textura.



Obr. 6.13: Porovnání prostorově modelované kapličky se skutečností

Bezbariérový přístup

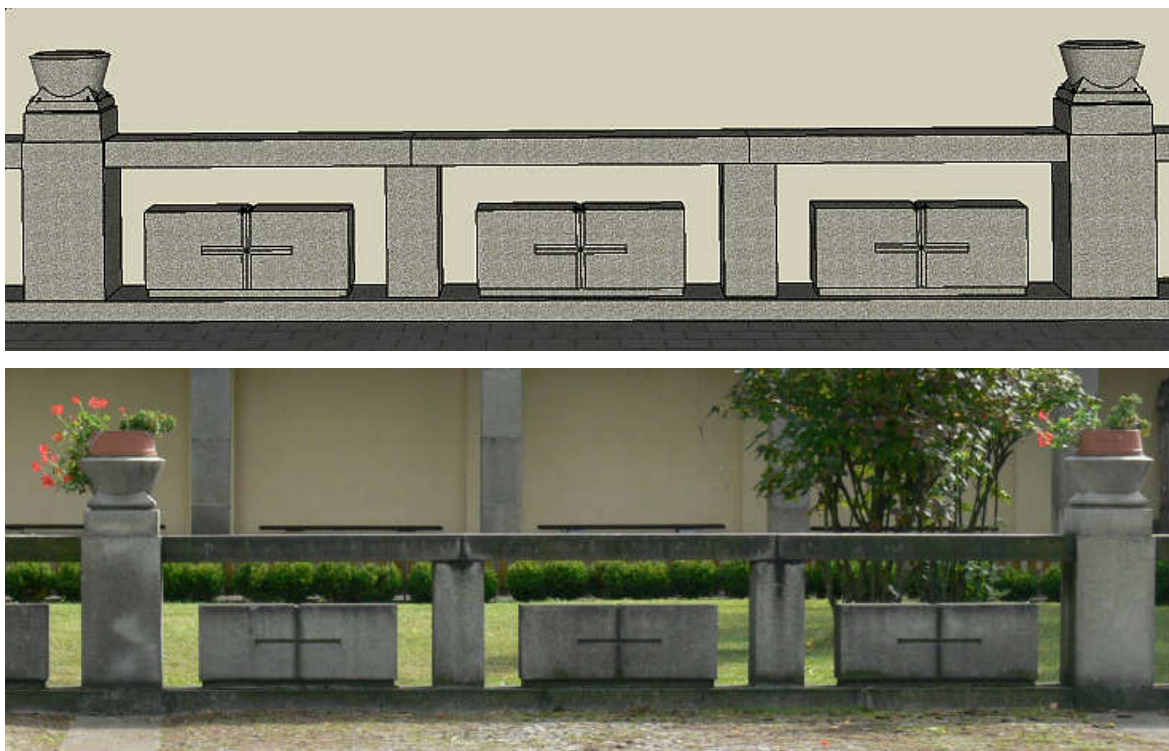
V jižní části objektu byl nově vybudován vstup pro tělesně postižené. V době měření tato rampa nebyla ještě zcela dokončena, ovšem pro zjištění základních rozměrů to stačilo. Vzhledem k tomu, že rampa je v části již existujícího modelu, musel být pro správné napojení upraven. Konkrétně byla umazána část zdi schodiště tak, aby vznikl průjezdný prostor. Na *obr. 6.14* je ukázka bezbariérového přístupu v modelu a ve skutečnosti.



Obr. 6.14: Porovnání prostorově modelovaného bezbariérového přístupu se skutečností

Nádvoří

Nádvoří se nachází před hlavním vstupem a zabírá plochu asi 2 000 m². V pravé části jsou tři schodiště, která vedou na pochozí terasu pod nádvořím, ze kterého se dále dostaneme na příjezdovou cestu ke klášteru. Kolem nádvoří je ozdobné zábradlí. Vzhledem k opakování jednotlivých částí zábradlí bylo využito tzv. komponent, které byly pak dále kopírovány. Takto byly vytvořeny přímé i zaoblené části zábradlí kolem nádvoří. Na následujícím obrázku je porovnání části vymodelovaného zábradlí se skutečností.



Obr. 6.15: Porovnání prostorově modelovaného okrasného zábradlí se skutečností

Kašny

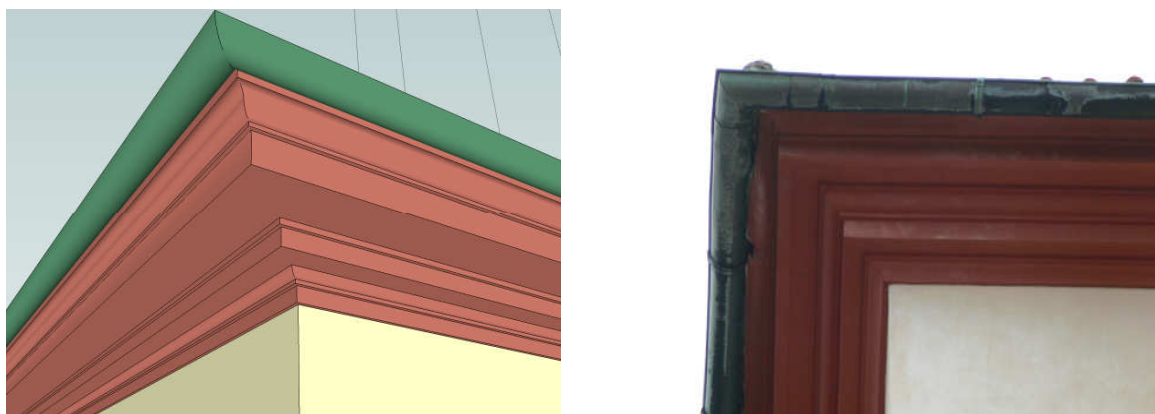
Na pochozí terase pod nádvořím je umístěno šest malých kašen. Prostorový model vznikl na základě hodnot získaných odměřením pásmem v terénu. Vzhledem k opakování bylo opět využito funkce komponenty. Na *obr. 6.16* je porovnání se skutečností.



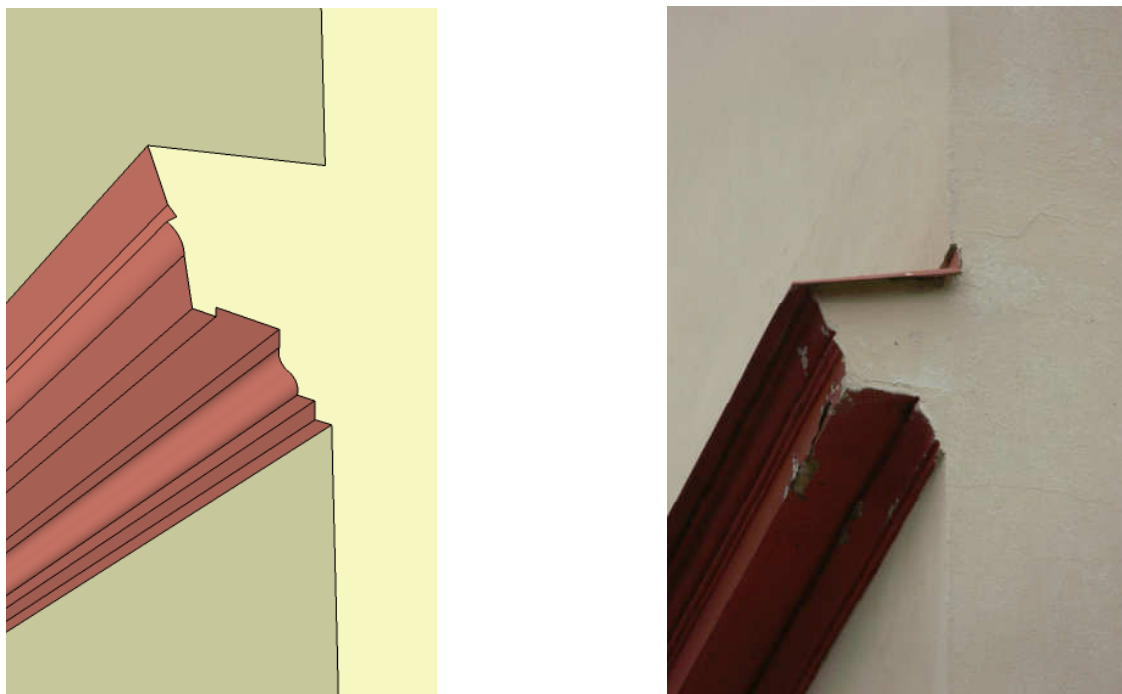
Obr. 6.16: Porovnání prostorově modelované kašny se skutečností

Římsy

Na celém objektu je velký počet okrasných říms. Některé jsou jen rovinné, jiné mají zakomponovány zaoblené prvky. V případě zaoblených částí bylo nutno získat vzepětí a ortogonální hodnoty, podle kterých byl vytvořen oblouk. Průřez jednotlivými římsami byl získán jak z výkresů stavební dokumentace tak z dat podrobného měření. Při modelování bylo výhradně využito funkce *Follow me*, která je pro tyto účely nenahraditelnou. Na následujících obrázcích je porovnání vymodelovaných říms se skutečností.



Obr. 6.17: Porovnání prostorově modelované římsy pod střechou se skutečností



Obr. 6.18: Porovnání prostorově modelované římsy na severní straně mezi okny se skutečností

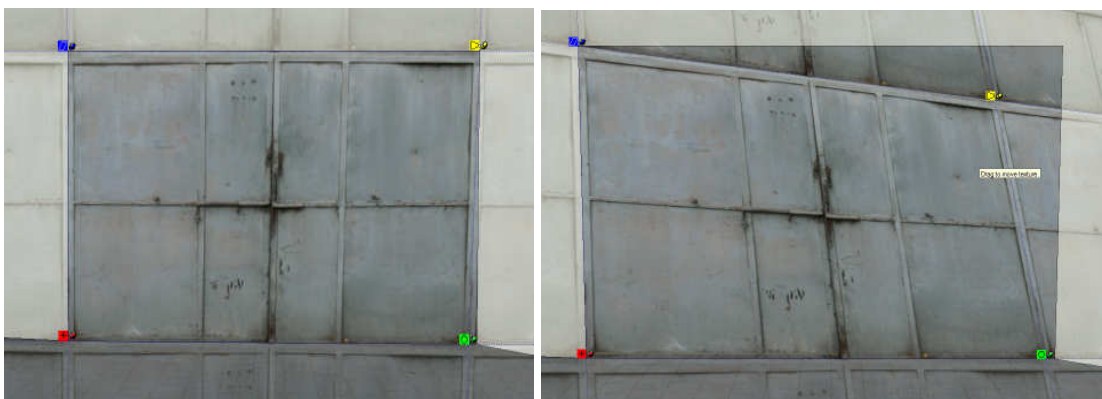
6.3 Textury

V počítačové grafice se pod tímto slovem označuje technika, která umožňuje dodat realistický vzhled povrchu virtuálního trojrozměrného objektu. V dnešní době je na internetu k dispozici velké množství nejrůznějších druhů textur charakterizující určité materiály. Pokud je nutno aplikovat na daný model specifickou texturu, lze si ji vyrobit z pořízené fotografie. V programu Google SketchUp lze vytvářet rovinné, projektivní nebo transparentní textury a to pomocí nástroje *Paint Bucket* (plechovka barvy). V modelu Sváté Hory byly použity všechny tři druhy.

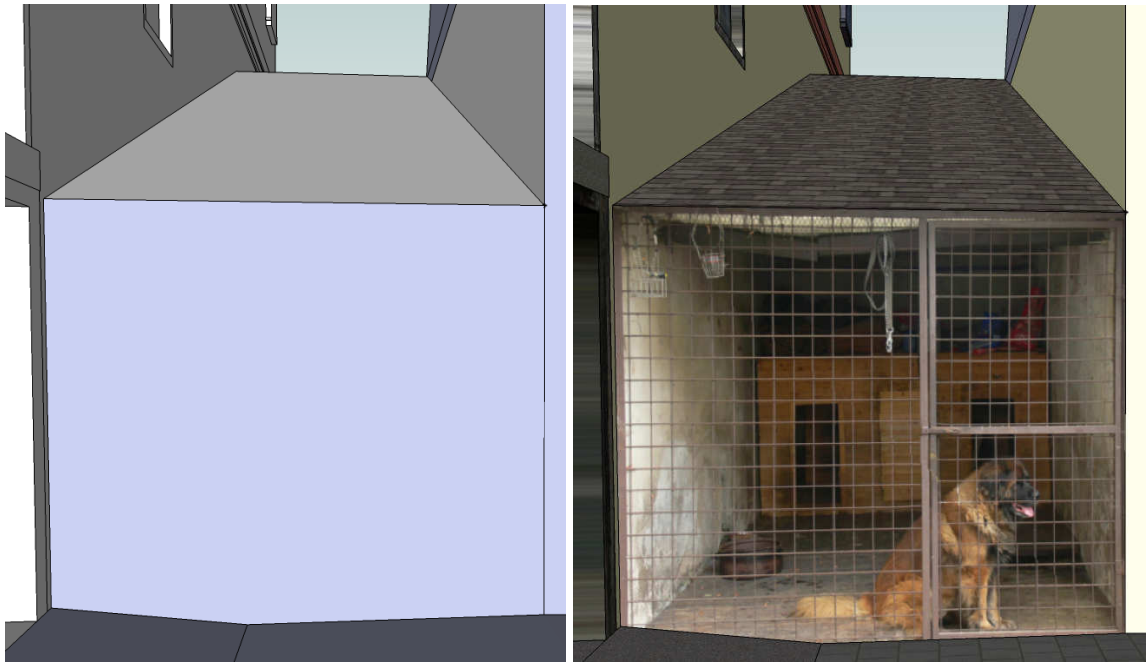
V případě tvorby vlastních materiálů bylo nutno nejprve upravit zdrojové fotografie. Nejprve byla v programu SIMphoto odstraněna distorze objektivu, poté se definoval rovinný systém zájmové části. Podrobnější postup práce v prostředí SIMphoto je uveden v kapitole 5.2.2 *Vyhodnocení jednosnímkové fotogrammetrie*. Při nanášení textur je důležité dbát na velikost obrázků. Dle doporučení na internetových stránkách je vhodné použít obrázky o šířce větší než 256 pixelů a menší než 512 pixelů ve formátu JPEG. Při používání větších obrázků se zpomalí další práce a manipulace s celým modelem. Při prezentování výsledného modelu v aplikaci Google Earth je nutno splnit požadavek velikosti modelu do 10 MB, což s použitím větších obrázků je prakticky nemožné.

6.3.1 Rovinné textury

Tento druh patří mezi základní a nejjednodušší. Jak již z názvu vyplývá jedná se o nanášení na rovinnou plochu. Textura se importuje do modelu a přiřadí se jí velikost, která je získána odměřením z objektu. Po nanesení na požadovanou plochu lze s texturou pohybovat, měnit velikost, stočení nebo redukovat perspektivu. Vzhledem k úpravě zdrojových fotografií v programu SIMphoto nebyla možnost úpravy perspektivy využita. Na následujících obrázcích je uvedena manipulace s texturou a výsledek použití rovinné textury.



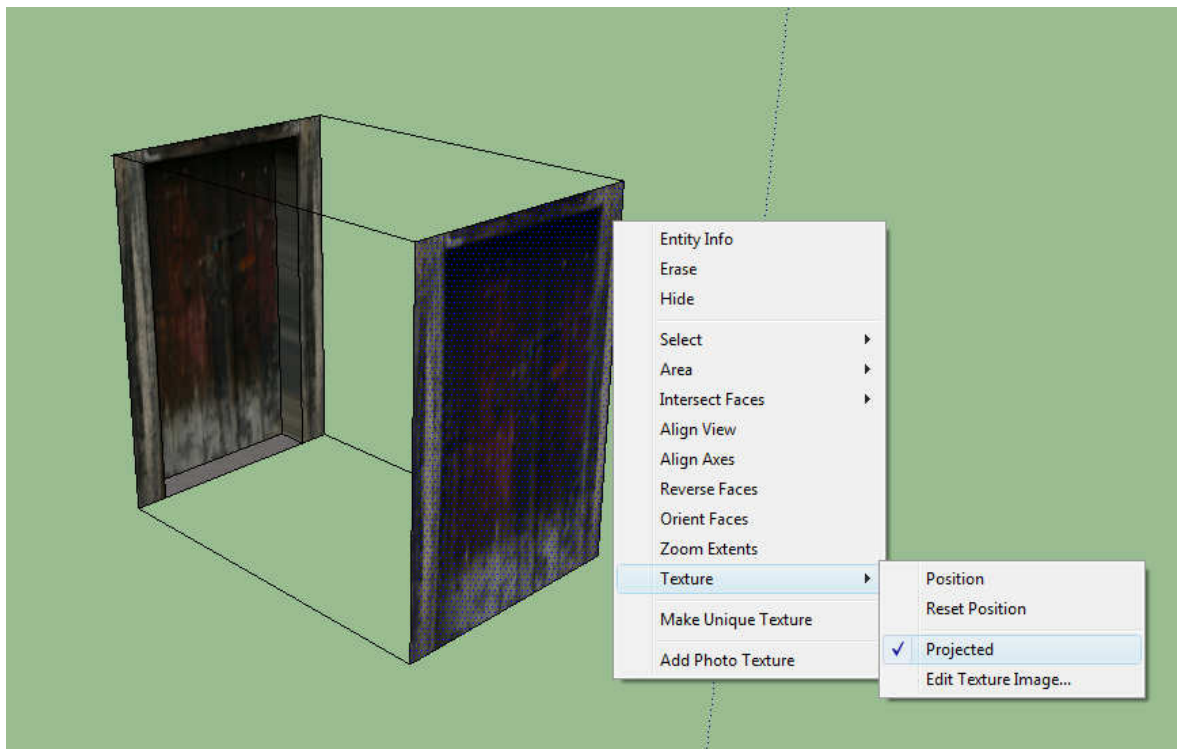
Obr. 6.19: Ukázka manipulace s texturou



Obr. 6.20: Ukázka rovinné textury

6.3.2 Projektivní textury

Tento druh textur je vhodné použít pro oblé plochy nebo pro plochy ležící ve více hloubkových rovinách. Pro vytvoření projektivní textury je nutno ji nejprve nanést na rovinný průmět daného objektu a v možnostech zaškrtnout, že se jedná o projektivní. Poté se již kapátkem přenese na zvolený hloubkový objekt. Postup vytvoření projektivní textury je uveden na následujícím obrázku včetně výsledné podoby aplikované textury.



Obr. 6.21: Ukázka projektivní textury

6.3.3 Transparentní textury

Tento druh je vhodné využít, pokud potřebujeme nanést texturu na určitou plochu tak, aby byla částečně průhledná. V modelu byla tato textura využita při vytváření ozdobného erbu nad hlavním vstupem do kláštera. Z použité fotografie byl nejprve vyříznut ozdobný erb a poté byla přiřazena průhlednost zbylé plochy. Výsledný obrázek se uložil ve formátu PNG. Tím bylo zaručeno, že po nalepení textury obdélníkového tvaru bude viditelný pouze ozdobný prvek. Na *obr. 6.22* je znázorněna použitá transparentní textura.



Obr. 6.22: Ukázka tvorby transparentní textury a) původní snímek b) upravený snímek c) použitá textura

6.3.4 Vlastní materiály

Vzhledem k návaznosti na již existující model bylo velké množství materiálů převzato od mých předchůdců, případně byly užity materiály uvedené v nabídce programu SketchUp. Jedním z důvodů byla časová úspora pořizování totožných materiálů a druhým důvodem bylo zachování stejného vizuálního vjemu celého modelu. I přes tuto skutečnost byla nutnost vytvořit některé nové materiály, které se zatím v modelu neobjevily.

Materiály se na dané plochy nanášejí ve formě obdélníků, které na sebe neustále navazují, dokud nepokryjí celou požadovanou oblast. Proto je nutné zabezpečit u nově vzniklých materiálů nenásilný přechod mezi jednotlivými dlaždicemi. Nově vzniklé materiály lze rozdělit na dvě skupiny a to na materiál o jedné barvě a na materiál s určitým vzorem. V následujícím přehledu jsou uvedeny grafické příklady materiálu a způsobu využití v modelu.

	dřevěné obložení kůlny		žulový obklad bezbariérového přístupu
	ohradní zdivo nádvoří a tarasů		střešní krytina na budově kláštera
	barva fasády		barva zábradlí
	barva okapů		barva mříží

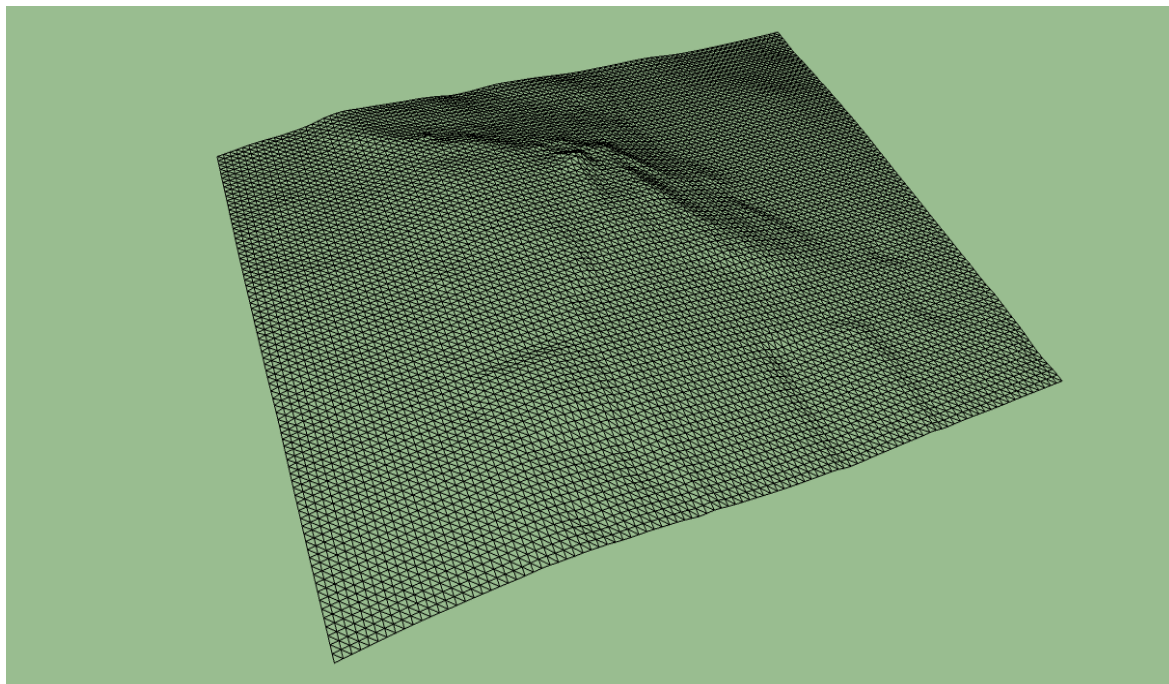
6.4 Tvorba digitálního modelu terénu

Po bližším prostudování všech produktů pro tvorbu digitálního modelu terénu, konkrétně DMR 4. generace, vektorové výškopisné složky SM 5 a výškopisných dat ZABAGED[®] ve formě 3D vrstevnic a pravidelné čtvercové sítě s rozestupem po 10 metrech, byla vybrána data DMR 4. generace. Výškopisná složka Státní mapy 1 : 5 000 vychází z dat ZABAGED[®] ovšem od roku 2007 již neaktualizovaných. V obou případech se jedná o vyjádření výškopisu formou vrstevnic. Při vytváření digitálního modelu terénu je nutno zadat povinné hrany, které zaručí správné zalomení dané vrstevnice. V celkovém rozsahu zpracovávaného území by bylo velice obtížné tyto hrany definovat. Proto byla pozornost soustředěna na data poskytnuta ve formě čtvercové sítě. Varianta produktu ZABAGED[®] byla zavrhnuta, neboť rozestup jednotlivých bodů je po 10 metrech, zatímco u produktu DMR 4. generace je po 5 metrech. Podrobnější popis poskytnutých dat je uveden v kapitole 3 *Podkladová data*.

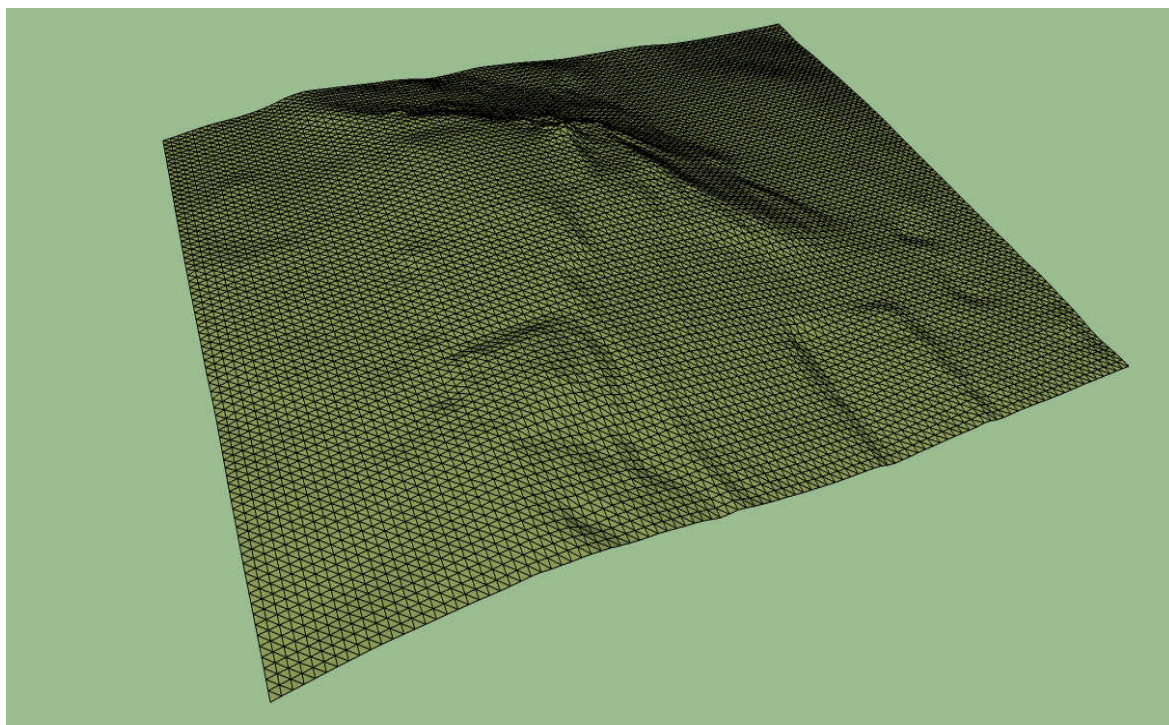
Pro vytvoření digitálního modelu terénu z vybraných podkladových dat byl vybrán komerční software Atlas DMT 5.7. Licence na tento program mi byla poskytnuta od Fakulty stavební ČVUT. Vzhledem k tomu, že data jsou poskytována v rámci celého mapového listu, textový soubor obsahuje celkem 200 000 výškových bodů. Proto byl vstupní soubor pro vytvoření digitálního modelu omezen na výběr území o přibližné ploše 400 x 500 metrů, což odpovídá 8 000 bodů. Před načtením do programu Atlas DMT byly body doplněny o číslo a souřadnice změněny na kladné hodnoty. Po těchto úpravách se vytvořila pravidelná trojúhelníková síť a výsledný drátový model byl vyexportován do formátu *dxf*, který lze načíst v programu Google SketchUp.

Při načtení vytvořeného modelu byl dle souřadnic dvou rohů objektu na přední straně umístěn na správnou polohu. Vzhledem k tomu, že výsledek z programu Atlas DMT byl pouze drátový model, bylo nutno celou síť pokrýt dílčími plochami. Zdánilivě jednoduchá operace se nakonec proměnila v drobný problém. Žádná základní funkce programu Google SketchUp nebyla schopna vyřešit tento požadavek. Proto bylo vyzkoušeno vytvořit plochy v programu MicroStation, bohužel ani zde se tato úprava nepodařila. Nakonec se podařilo nalézt plugin (Make Faces 1.4) neboli dodatkovou funkci pro Google SketchUp, která byla vytvořena pro vyřešení této problematiky. Po stažení a instalaci balíčku byl již celý drátový model pokryt dílčími plochami. Celý tento proces trval přibližně 15 minut, při kterém vzniklo přes 15 000 trojúhelníkových ploch. Pro napojení na celý model objektu musely být plochy v blízkosti obvodu stavby umazány a ručně vytvořeny nové tak, aby

navazovaly na linie definující průnik zdiva s terénem. Na následujících obrázcích je ukázka postupných prací s modelem terénu v programu Google SketchUp.



Obr. 6.23: Ukázka drátového modelu terénu



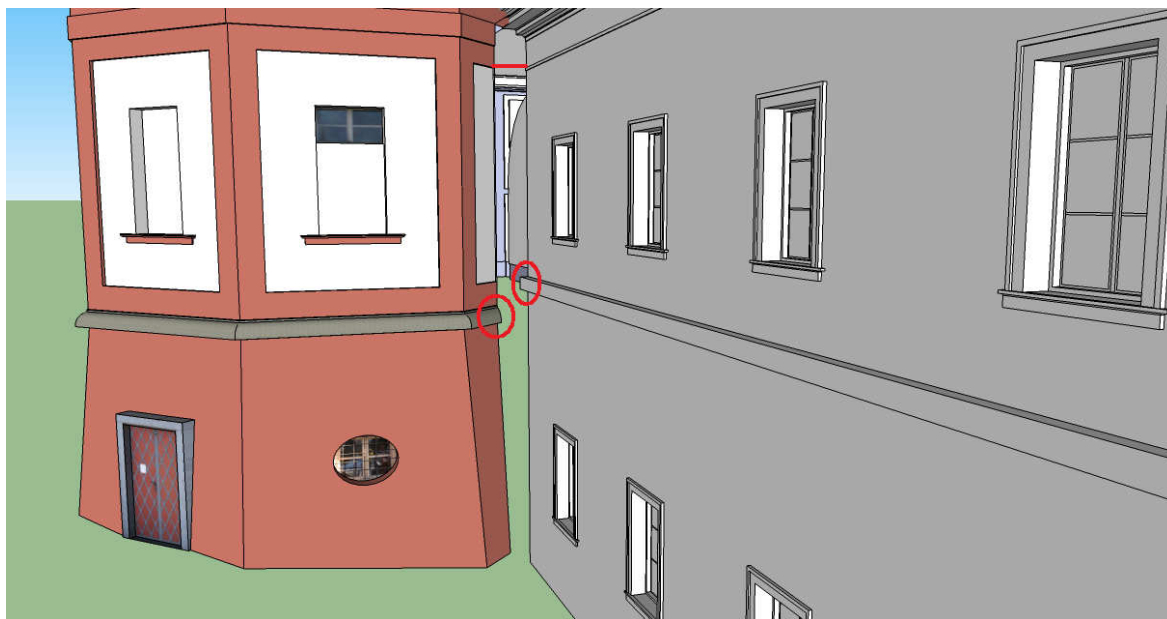
Obr. 6.24: Ukázka modelu terénu pokrytého jednotlivými plochami

7. Řešení problémů

V následující kapitole se zaměřím na řešení problémů, které se objevily při tvorbě prostorového modelu.

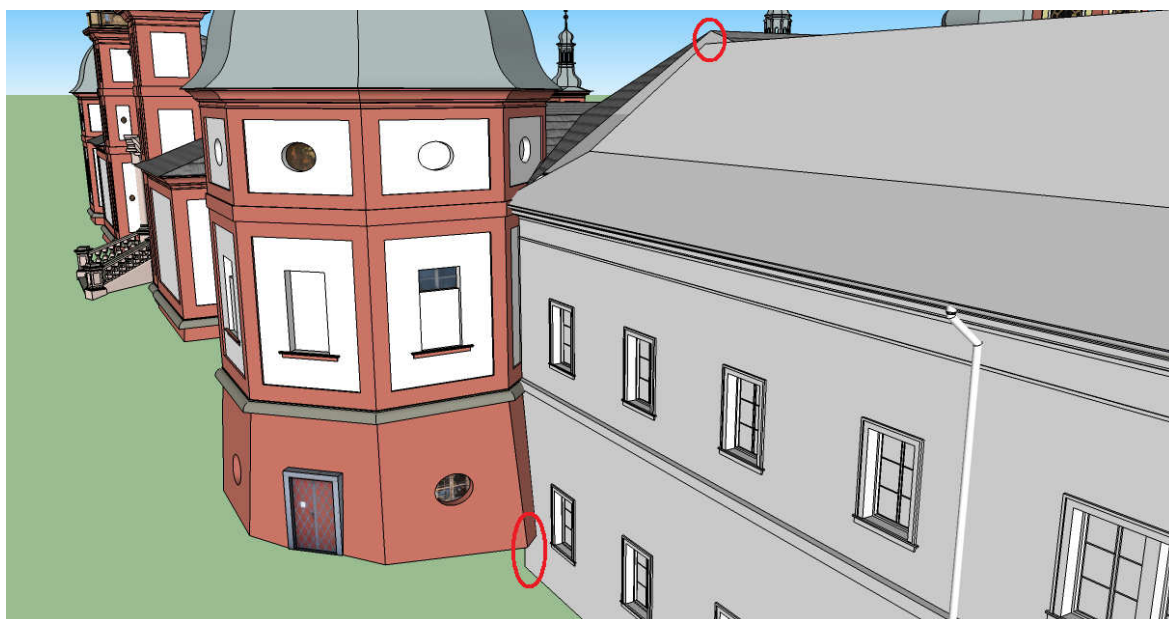
7.1 Nepřesnost při slučování modelů

V první fázi zpracování byl model vytvářen v samostatném souboru. Po vymodelování základních prvků zpracovávané části bylo provedeno sloučení s modelem ambitů, který vytvářel dnes již Ing. Michal Šatava. Při integraci obou modelů však došlo k zásadnímu nesouladu v napojované části. Konkrétně byl zjištěn rozdíl jak ve výškové tak i v polohové složce. Na *obr. 7.1* je znázorněna chyba vzniklá při spojení modelů, pokud byl jako spojovací bod zvolen vrchol střechy.



Obr. 7.1: Ukázka nepřesnosti napojení modelů pokud byl zvolen jako spojovacího bod vrchol střechy
Červené elipsy vyznačují místo napojení obou říms. Z obrázku je patrna chyba ve výškové složce. Naopak červená čára nám reprezentuje nepřesnost v poloze mezi modely. Při druhém pokusu napojení byl zvolen jako spojovací bod průsečík již zmíněných říms. Toto řešení bylo vyhodnoceno jako nejlepší, neboť římsa představuje v obou modelech vodorovnou linii, proto lze předpokládat správnou polohu prvků. Vzhledem k faktu, že tato část v modelu ambitů byla považována spíše za doplňkovou, byla za správnou uvažována část vytvořená v rámci této diplomové práce. Tato domněnka byla potvrzena po prostudování podkladových dat mého předchůdce, ve kterých tato zadní část byla zobrazena pouze v podobě půdorysných výkresů. Výkresy řezu resp. pohledu nebyly

součástí těchto podkladových dat. Tímto lze vysvětlit neshodu ve výškové složce, která činila téměř dva metry. Konkrétně 0,5 metru v horní části modelu a 1,5 metru ve spodní části. Tyto neshody jsou patrné z *obr. 7.2*.



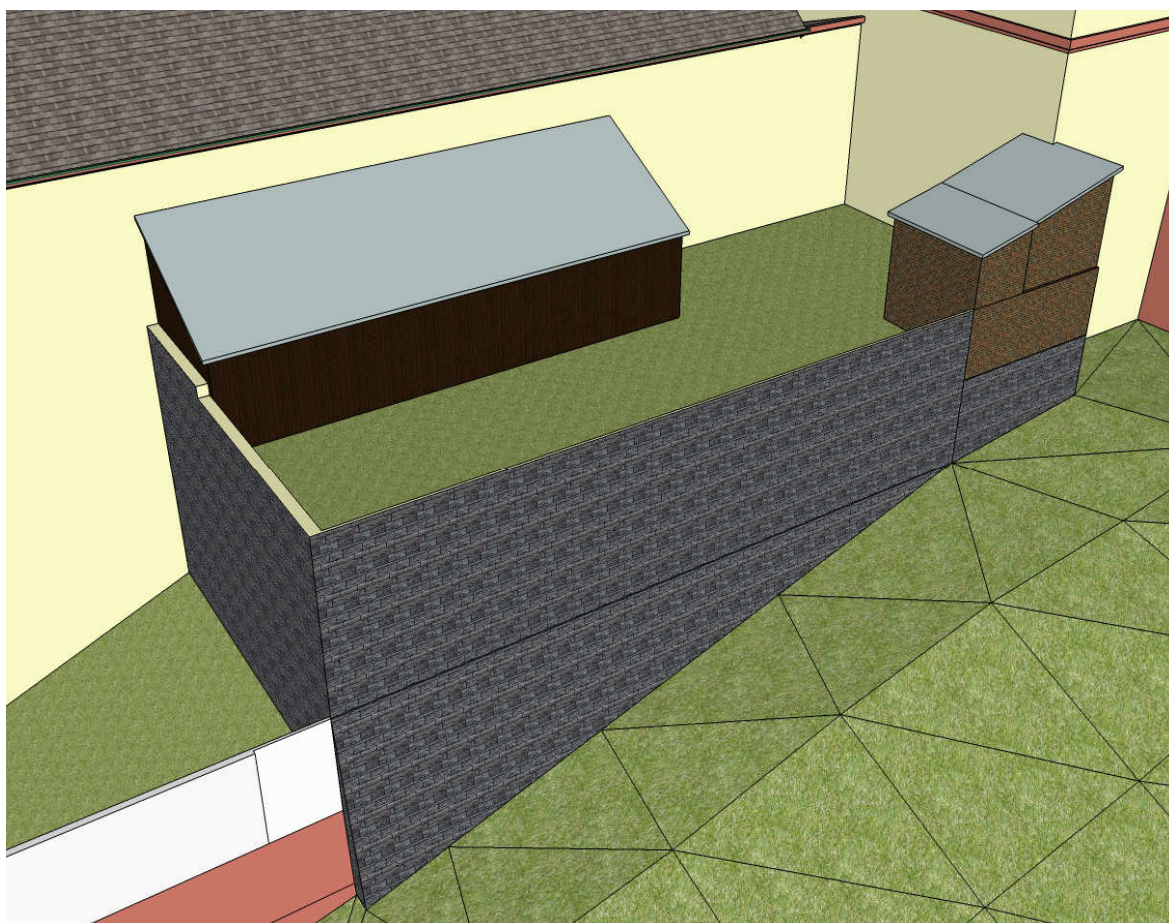
Obr. 7.2: Ukázka nepřesnosti napojení modelů pokud byl zvolen jako spojovací bod průsečík říms

Polohová odchylka dosahovala různých hodnot pohybujících se v rozmezí od 1 do 2 metrů. Tyto nepřesnosti lze přisoudit faktu, že tato část modelu byla vytvářena spíše orientačním modelováním než na podkladě skutečných dat. Určitou roli mohl způsobit fakt, že model ambitů byl tvořen přesným dodržáním stavební dokumentace tzn. byla zachována nekolmost jednotlivých prvků, zatímco model vytvořený pro tuto diplomovou práci byl idealizován a při tvorbě považován za pravoúhlý.

Řešením tohoto problému proběhla editace modelu ambitů tak, aby byla zaručena dokonalá návaznost mezi modely. V rámci těchto prací došlo ke změně polohy a tudíž i sklonu střechy. Touto operací vznikla mezera mezi střechou a věží s hodinami, tudíž věž musela být dotažena na průsečík s novou střechou. Dále byla opravena poslední část podstavy kaple tak, aby byla zajištěna návaznost na obvodové zdivo budovy kláštera. V poslední fázi změn byla zrušena a nově vymodelována strana ambitu tvořící uzavřené prostranství dvora. Těmito opravami byla zajištěna bezproblémová integrace obou modelů dohromady. Následující práce při tvorbě byly již vytvářeny do spojeného modelu.

7.2 Tvorba zadní části objektu

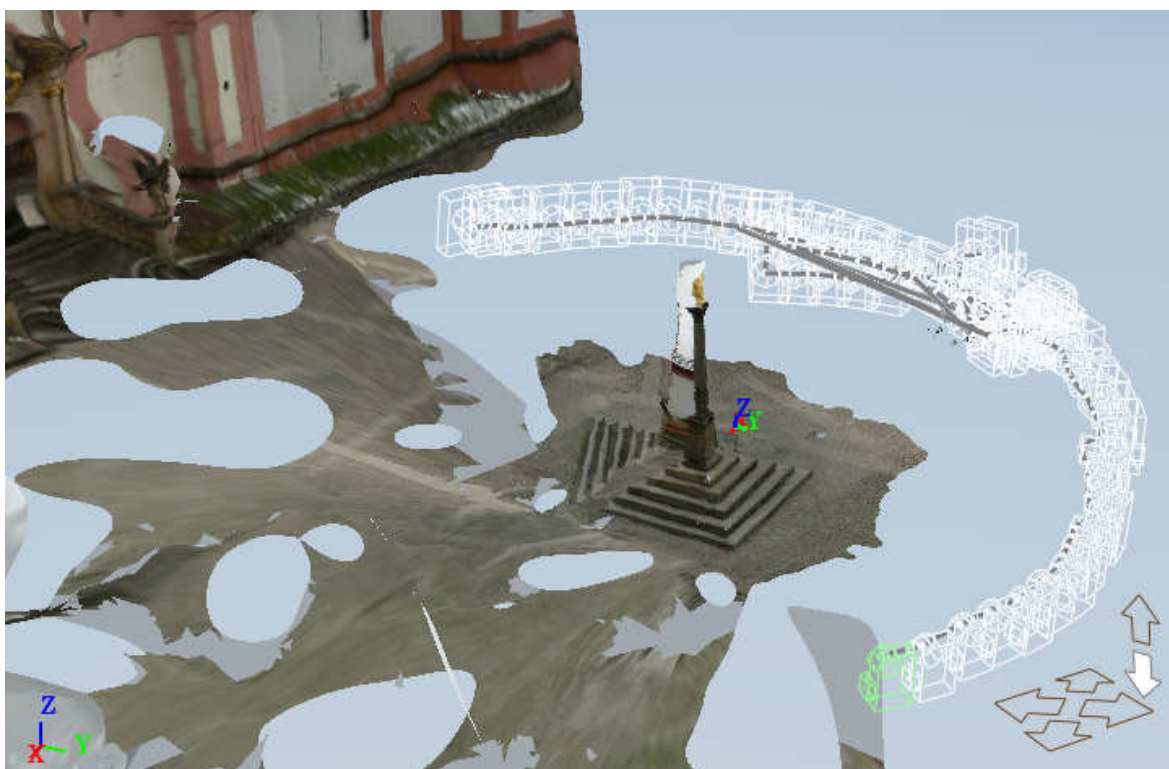
Při tvorbě modelu vnitřku zadní části objektu nastal problém v podobě nedostatku informací, podle kterých by se mohl model vytvořit. Tato část nebyla obsahem stavební dokumentace a při vlastním měření v terénu nebyla možnost se dostat na toto místo. Pokus zaměření alespoň části zájmového území z venku se nakonec ukázal jako nemožný, protože kolem celé terasy je postavena asi pětimetrová ohradní zeď. Proto bylo přistoupeno k vyhotovení pouze orientačního modelu tzn. byly zaznamenány přibližné polohy a výšky budov. Základní informace o poloze byly převzaty z internetových map portálu Seznam.cz a výšky budov byly získány obhlídkou v terénu. Takto vytvořený model samozřejmě nedosahuje takové přesnosti jako ostatní části objektu modelované na základě skutečných hodnot. Tento prostor slouží spíše jako doplňkový k vytvoření uceleného dojmu na celý objekt. Na *obr. 7.3* je ukázka výsledného modelu.



Obr. 7.3: Ukázka prostoru zadní části terasy

7.3 Tvorba modelu Mariánského sloupu

Při tvorbě prostorového modelu v programu 123D Catch vznikl problém při výpočtu prostorového modelu. V první fázi zpracování byl vytvořen model pouze z poloviny pořízených snímků. Ostatní snímky se programu nepodařilo spasovat, a proto se při výpočtu modelu vůbec nepoužily. Tato skutečnost měla za následek vytvoření pouze jedné poloviny sloupu. Tato chyba byla nejprve přisuzována malému počtu pořízených snímků, kterých bylo celkem 26. Proto byla pořízena nová sada s větším počtem snímků konkrétně 75. Při zpracování nově pořízených dat však tato chyba nastala opět viz *obr 7.4*. Tímto se vyloučil vliv nedostatečného počtu snímků. Proto byla vyzkoušena možnost zadání čtyř referenčních bodů na třech a více sousedních snímcích. Po této úpravě se nově vypočtený model prakticky nezměnil, a proto od tohoto způsobu bylo upuštěno.



Obr. 7.4: Ukázka chybného spasování snímků

Další možnost zanesení chyby byla objevena v nehomogenním okolním prostředí. Snímkování Mariánského sloupu začalo naproti hlavnímu vstupu, což znamená, že východní část ambitů tvořila na snímku blízké pozadí. Naopak v druhé polovině sady snímků bylo otevřené prostranství a až ve velké vzdálenosti byl zaznamenán vegetační porost. Na *obr. 7.5* je porovnání rozdílného charakteru okolí.



Obr. 7.5: Porovnání rozdílného charakteru okolí Mariánského sloupu

Na základě těchto zjištění se přistoupilo k možnosti, že při spojování snímků s blízkým pozadím, program nedokáže určit předmět vytvářeného modelu. To znamená, že neví, zda se vytváří model sloupu nebo model pozadí. Proto bylo vyzkoušeno nahrát do programu snímky v opačném pořadí tzn. nejprve ty se vzdáleným pozadím. Tímto způsobem se model opravdu spočetl celý, ovšem ani při nastavení největších detailů výsledek nedosahoval předpokládaného očekávání. Proto bylo od vytvoření prostorového modelu v programu 123D Catch upuštěno a bylo hledáno alternativní řešení zobrazení objektu ve výsledném modelu. [5]

Pro náhradní řešení zobrazení bylo použito transparentních textur, které byly aplikovány na dvě navzájem kolmé roviny. Pro vytvoření těchto textur byly použity frontální snímky (přední, zadní a boční pohled), které byly oříznuty dle obrysu zájmového objektu, konkrétně tedy Mariánského sloupu. Takto upravené fotografie byly uloženy ve formátu *png* včetně informace o zachování průhlednosti pozadí. Tímto způsobem samozřejmě nevznikl prostorový model, ale při prohlížení kolmo na dané roviny vzniká naprosto věrohodný obraz. Při natočení do obecné polohy pozorovatele je patrné, že se jedná o vyjádření pomocí transparentních textur. Na následujících obrázcích je uvedeno porovnání mezi pohledem kolmým a obecným na danou rovinu.



Obr. 7.6: Ukázka Mariánského sloupu při kolmém pohledu



Obr. 7.7: Ukázka Mariánského sloupu při pozorování pod obecným úhlem natočení

8. Prezentace výsledků

Výsledný model obsahuje sloučení všech tří částí tzn. baziliky od Ing. Marie Rajdlové, ambitů od Ing. Michala Šatavy a kláštera, který byl vytvořen v rámci této diplomové práce. V současné době je model vystaven na webových stránkách a dle dohody byl poskytnut vedení Svaté Hory v Příbrami za možnost volného pohybu v areálu a Ing. arch. Richardu Cibikovi za poskytnutí stavební dokumentace ve formě 2D výkresů.

8.1 Prezentace na webových stránkách

Pro prezentaci výsledků celé diplomové práce bylo využito internetových stránek dostupných na adrese <http://geo3.fsv.cvut.cz/sh/index.html>. Tyto stránky byly vytvořeny v rámci diplomových prací Ing. Marie Rajdlové a Ing. Michala Šatavy. Grafickou podobu stránek navrhla a vytvořila Lucie Pilsová. Pro prezentování výsledků této práce byly výše uvedené stránky pouze editovány a doplněny o nové výstupy. Internetové stránky jsou věnovány základním informacím o areálu Svaté Hory, jednotlivých autorech a pracovních postupech při tvorbě dílčích částí modelu. Samostatná záložka je věnována sekci, ze které lze jednotlivé modely nebo jejich části stáhnout a podrobněji si je prohlédnout.

8.2 Export výsledného modelu

Vzhledem k tomu, že většina lidí nemá na svých počítačích nainstalovaný program SketchUp, byla snaha výsledný model exportovat do jiných formátů, které jsou širokou veřejností používány častěji. Při převodu do různých formátů však nastaly komplikace a nakonec byl model vyexportován do prostorového *pdf* a pro prezentaci na webových stránkách do *html* kódu.

V programu SketchUp nelze vytvořit prostorové *pdf*, proto bylo nutno stáhnout rozšiřující funkci, která tuto úlohu umožňuje. Na stránkách programu jsou v současné době nabízeny dvě aplikace a to RPS 3D PDF Exporter a Simlab 3D PDF Exporter. Vzhledem k velké velikosti souboru první zmíněný program nebyl schopen dokončit celý proces a vždy byla jeho činnost předčasně ukončena. Program Simlab si s touto problematikou dokázal poradit a výsledný soubor byl vytvořen. Výsledný soubor má však velkou velikost, a proto je časově náročné celý soubor načíst, dále tato skutečnost má vliv na prohlížení celého modelu. Vytvořené *pdf* je umístěno na webových stránkách v sekci „Ke stažení“.

Druhým způsobem prezentace prostorových dat byla zvolena možnost online zobrazení modelu na webových stránkách. Pro tuto možnost bylo nutno exportovat model do *html*

kódu. Pro převod do tohoto formátu bylo nutno opět stáhnout plugin. Výše jmenovaný program RPS 3D PDF Exporter umožňuje vytvářet *html* soubor, ovšem opět byl problém s nadměrnou velikostí modelu. Stejný problém nastal při použití programu SketchUp Web Exporter. Po dlouhém hledání byl nalezena aplikace Spread 3D, která úzce spolupracuje s programem Google SketchUp. Při zpracování celého modelu však nastala chyba při načítání. Nejprve tato skutečnost byla přisuzována velikosti modelu, ovšem poté byl proveden pokus. Do programu byl načten model Svaté Hory bez části baziliky. Takto upravený model byl bez jakéhokoli problému načten a exportován do *html* kódu. Poté byl načten pouze model baziliky, ovšem zde se opět projevila chyba. Vzhledem k tomu, že model samotné baziliky je dvakrát menší než předchozí model, byla vzniklá chyba způsobena jiným důvodem. Bohužel tato příčina nebyla zjištěna, a proto byl na webové stránky umístěn pouze model bez části baziliky.

8.3 Další možnosti prezentace

Mezi další možnost prezentace vzniklého modelu patří aplikace Google Earth, která umožňuje zobrazování prostorových modelů vzniklých v programu Google SketchUp. Tato forma prezentace byla velice lákavá, ovšem limit pro nahrání modelu do databáze Google Earth je stanoven na 10 MB, což bylo v tomto případě překročeno téměř sedmkrát. Z tohoto důvodu výsledný model nesplňuje toto kritérium, a proto nemohl být prezentován tímto způsobem.

V dnešní technologicky moderní době vznikla možnost prezentace prostorových modelů v podobě prostorové tiskárny. Tato metoda má své počátky již v 90. letech minulého století, ale k vysokému rozmachu a začlenění do soukromého sektoru dochází od roku 2003. Tato prezentace je velice působivá, ovšem je nutno brát ohled na složitost tisknutých modelů. Vzhledem k cenovým nákladům na tisk a vysoké podrobnosti celého modelu tato možnost nakonec nebyla využita.

9. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo dokončit prostorový model areálu Svaté Hory v Příbrami a následně jej sloučit s výstupy předchozích etap. V celé práci je nastíněn postup tvorby od sběru dat až po konečnou prezentaci dosažených výsledků.

Pro tvorbu prostorového modelu byl použit volně stažitelný program Google SketchUp. Používání tohoto programu je velice intuitivní a umožňuje modelovat objekty na základě vytahování rovinných obrazců do prostoru. Tato metoda je hlavní předností celého programu, kterou mají jeho tvůrci dokonce patentovanou. Práce v tomto programu mě velice příjemně překvapila, ať už z důvodu široké nabídky výukových materiálů tak i svou stabilitou. I přes velký datový obsah celý program pracoval velice spolehlivě a bez jakéhokoliv náhlého ukončení pracovního procesu. Jediný problém nastal při exportování výsledků do jiných formátů, kdy si některé rozšiřující funkce nedokázaly poradit s nadměrnou velikostí výsledného modelu.

Pro sběr dat nutných při tvorbě prostorového modelu byly využity geodetické a fotogrammetrické metody. Pro zpracování těchto dat byl použit program Groma ver.9, ve kterém byly vypočteny jak souřadnice podrobných bodů tak i relativní rozměry daných objektů. Pro využití dat poskytnuté stavební dokumentace byl použit program MicroStation XM Edition a pro tvorbu digitálního modelu terénu software Atlas DMT 5.7. Při výpočtu kalibrace neměřické komory byl použit program PhotoModeler Scanner ver.6 a pro úpravu a vyhodnocení měřických snímků byl zvolen program SIMphoto.

Vzhledem k navázání prací na předchozí etapy, byla dodržena míra generalizace a přesnost celého modelu. Na základě poskytnutých dat a na přesnosti použitých metod při vlastním měření lze říci, že prostorový model je vyhotoven s přesností na 10 cm. Pro digitální model je tato přesnost snížena, neboť přesnost dat DMR 4. generace je uváděna na 30 cm v přehledném terénu a na 1 m v terénu nepřehledném. Další výjimku tvoří vnitřní prostor zadní části objektu, který byl vymodelován podle přibližných hodnot zjištěných na internetových mapách. Proto lze tvrdit, že tato část má metrovou přesnost.

Výsledkem této diplomové práce je sloučený prostorový model Svaté Hory v Příbrami včetně napojení na digitální model terénu. Dílčí výsledky jsou prezentovány formou webových stránek dostupných na adrese <http://geo3.fsv.cvut.cz/sh/index.html>. Tyto stránky byly vytvořeny v rámci diplomových prací mých předchůdců. Pro prezentování této diplomové práce byly pouze editovány a doplněny o nové výstupy. Na stránkách je ke

stažení celý text práce, prostorové pdf, online zobrazení modelu bez části Baziliky a výsledný model z programu SketchUp opět bez vnitřní části Baziliky.

V blízké budoucnosti je možnost spolupráce na vytvoření kalendáře se svatohorskou tematikou. Využitím snímků z výsledného modelu lze představit objekt v netradičních pohledech. Věřím, že výsledek tohoto projektu poslouží k prezentaci celého objektu a motivuje širokou veřejnost k návštěvě této národní kulturní památky.

Literatura

- [1] PAVELKA, Karel. *Fotogrammetrie 1*. únor 2009, ČVUT Praha, 200 s.
- [2] MARIE, Rajdlová. *Tvorba a prezentace prostorového modelu stavebního objektu* [online]. Praha, 2011 [cit. 2012-11-08]. Diplomová práce. ČVUT. Dostupné z: <http://gama.fsv.cvut.cz/~cepek/proj/dp/2011/marie-rajdlova-dp-2011.pdf>
- [3] MELICHAROVÁ, Jana. *Fotografické dokumentace nástěnných maleb ambitů Svaté Hory v Příbrami I* [online]. Praha, 2012 [cit. 2012-11-08]. Diplomová práce. ČVUT. Dostupné z: <http://gama.fsv.cvut.cz/~cepek/proj/dp/2012/jana-melicharova-dp-2012.pdf>
- [4] ČÍŽEK, David. SIMphoto - jednoduchá jednosnímková fotogrammetrie. [online]. 2012 [cit. 2012-12-08]. Dostupné z: <http://lfgm.fsv.cvut.cz/~hodac/simphoto/>
- [5] BOHÁČ, Ondřej. *123D Catch - testování nástroje pro tvorbu detailních 3D modelů* [online]. 2012 [cit. 2012-12-08]. Bakalářská práce. ČVUT. Dostupné z: <http://gama.fsv.cvut.cz/~cepek/proj/bp/2012/ondrej-bohac-bp-2012.pdf>
- [6] Google sketchup - výuková videa. [online], [cit. 2012-12-08]. Dostupné z: <http://www.sketchup.com/training/videos.html>
- [7] Google sketchup. [online], [cit. 2012-12-08]. Dostupné z: <http://www.sketchup.com/>
- [8] Google earth. [online], [cit. 2012-12-08]. Dostupné z: <http://www.google.com/earth/index.html>
- [9] ČÚZK: Geoportál. [online]. 2010 [cit. 2012-10-08]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz>
- [10] Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 4. generace (DMR 4G). [online]. 2010, s. 10 [cit. 2012-11-04]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz>
- [11] Svatá Hora [online]. 2009 [cit. 2012-10-30]. Dostupné z: <http://svata-hora.cz/>
- [12] Mapy.cz [online]. [cit. 2012-10-26]. Dostupné z: <http://mapy.cz/>
- [13] Fotokouba [online]. [cit. 2012-10-26]. Dostupné z: <http://www.fotokouba.cz/fotoalbum/ceska-republika---letecke-fotografie/ceska-republika---letecky-6/svata-hora-02.jpg.html>
- [14] Kostel panny Marie s klášterem - Svata hora [online]. 2009 [cit. 2012-11-03]. Dostupné z: <http://www.kr-stredocesky.cz/portal/odbory/volny-cas/historie/verejne-pristupne-pamatky/kostel-panny-marie-s-klasterem-svata-hora.htm>

- [15] Leica FlexLine TS02. [online]. 2012 [cit. 2012-12-08]. Dostupné z:
<http://www.surveyequipment.com/total-stations/flexline-total-stations/flexline-ts02/leica-flexline-ts02-7-total-station>
- [16] Panasonic Lumix DMC FZ30 Digital Camera Preview. [online]. [cit. 2012-12-08].
Dostupné z:
http://www.letsgodigital.org/html/review/panasonic/lumix_dmc/fz30_EN1.html
- [17] Panasonic Lumix DMC-FZ30 - popis a ceník. [online]. 2012 [cit. 2012-12-08].
Dostupné z: <http://www.azfoto.cz/fotoaparaty/panasonic-lumix-dmc-fz30>
- [18] GeoServer.cz. [online]. 2012 [cit. 2012-12-08]. Dostupné z:
http://www.geoserver.cz/totalni-stance-modely-2012/totalni_stance_leica_flexline_ts02-357
- [19] Citace.com. [online]. [cit. 2012-12-08]. Dostupné z: <http://generator.citace.com>
- [20] Svatá Hora. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA):
Wikimedia Foundation, 2012 [cit. 2012-10-29]. Dostupné z:
http://cs.wikipedia.org/wiki/Svat%C3%A1_Hora
- [21] HODAČ, Jindřich. Formulář kalibračního protokolu.

Seznam použitých zkratek

ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DMR	Digitální model reliéfu
ZABAGED	Základní báze geografických dat
MO	Ministerstvo obrany
MZe	Ministerstvo zemědělství
GPS	Global Positioning System
IMU	Inertial Measurement Unit
GNSS	Globální navigační satelitní systém
CZEPOS	Česká síť permanentních stanic GNSS
VESOG	Výzkumná a experimentální síť pro observace GNSS
POLOM	Název permanentní GNSS stanice VESOG
VGHMÚř	Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad
UTM	Universal transversal mercator
GRS 80	Geodetic reference system 1980
WGS 84	World geodetic system 1984
Bpv	výškový systém Balt po vyrovnání
S-JTSK	Souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
VÚGTK	Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický
ZM 10	Základní mapa 1 : 10 000
DKM	Digitální katastrální mapa
KMD	Katastrální mapa digitalizovaná
SM 5	Státní mapa 1 : 5 000
ČVUT	České vysoké učení technické
JPEG	Joint photographic exports group
PNG	Portable network graphic
PDF	Portable document format
HTML	Hyper text markup language

Seznam příloh

Vázané přílohy:

Příloha č.1 – Kalibrační protokol

Příloha č.2 – Grafické znázornění výsledného modelu v pohledu:

- a) jihovýchodní
- b) severovýchodní
- c) severozápadní
- d) jihozápadní

Příloha č.3 – Umělecké znázornění výsledného modelu stylem uhlokresby

DVD:

Výsledný model *SvataHora_celek.skp*

Text diplomové práce *DP_Benisek.pdf*

Výsledný model v 3D pdf *SvataHora_celek.pdf*

Zpracování měření:

- 20.09.2012 – protokol o výpočtu *protokol.txt*
– výsledné souřadnice *souradnice.crd, souradnice.txt*
– zápisník měřených hodnot SVATA1.GSI
- 27.09.2012 – protokol o výpočtu *protokol.txt*
– výsledné souřadnice *souradnice.crd, souradnice.txt*
– zápisník měřených hodnot SVATA2.GSI

Fotoplán:

- výsledný snímek *fotoplán.jpg*
- výsledný snímek načtený v MicroStationu *fotoplán.dgn*
- tabulka lícovacích bodů *tabulka.txt*

Webové stránky

Fotodokumentace

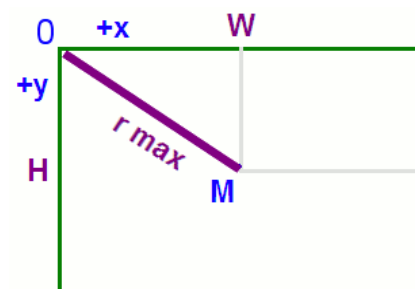
kamera - typ	Panasonic - DMC-FZ30
objektiv - typ	LEICA DC VARIO-ELMARIT
konstanta komory (mm)	7,4
kalibrační pole	rovinné
konfigurace	12 snímků

pozn.: image quality - JPG normal; fixovaná hodnota - H

kalibraci provedl	Josef Beníšek
dne	6.10.2012

PhotoModeler - výsledky

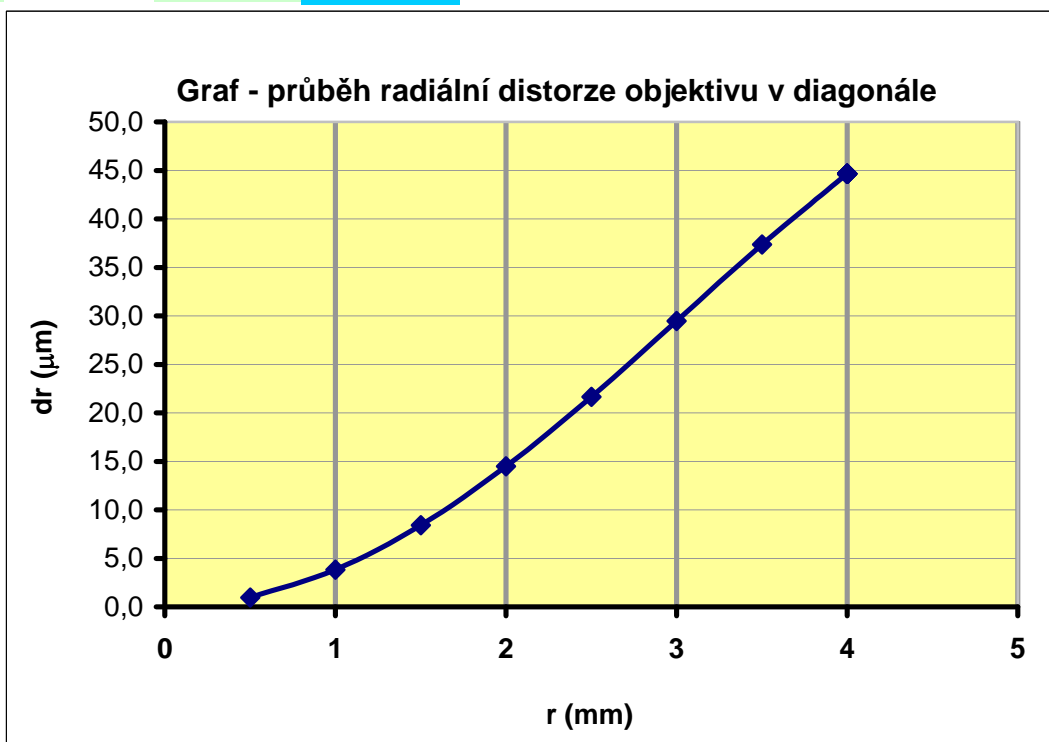
f /mm/	7,4944	velikost čipu /palce/	1,8''		
W /mm/	7,1866	Crop faktor	1,5		
H /mm/	4,7882	f ekvivaletní KF /mm/	11,2		
pp x /mm/	3,5550	posun hlavního bodu	-0,038	-17,3	
pp y /mm/	2,4142		-0,020	-9,1	
K1	0,00389800	úhel záběru	/mm/	/pixely/	
K2	-0,00006926	horizontální /stupně/	51,2		
P1	0,00005204	vertikální /stupně/	35,4	W /pixely/	3248
P2	-0,00003484	velikost pixelu /mm/	0,0022	H /pixely/	2160
				poměr čipu (W : H)	
				z pixelů	1,5037037
				z vyrovnání	1,5009



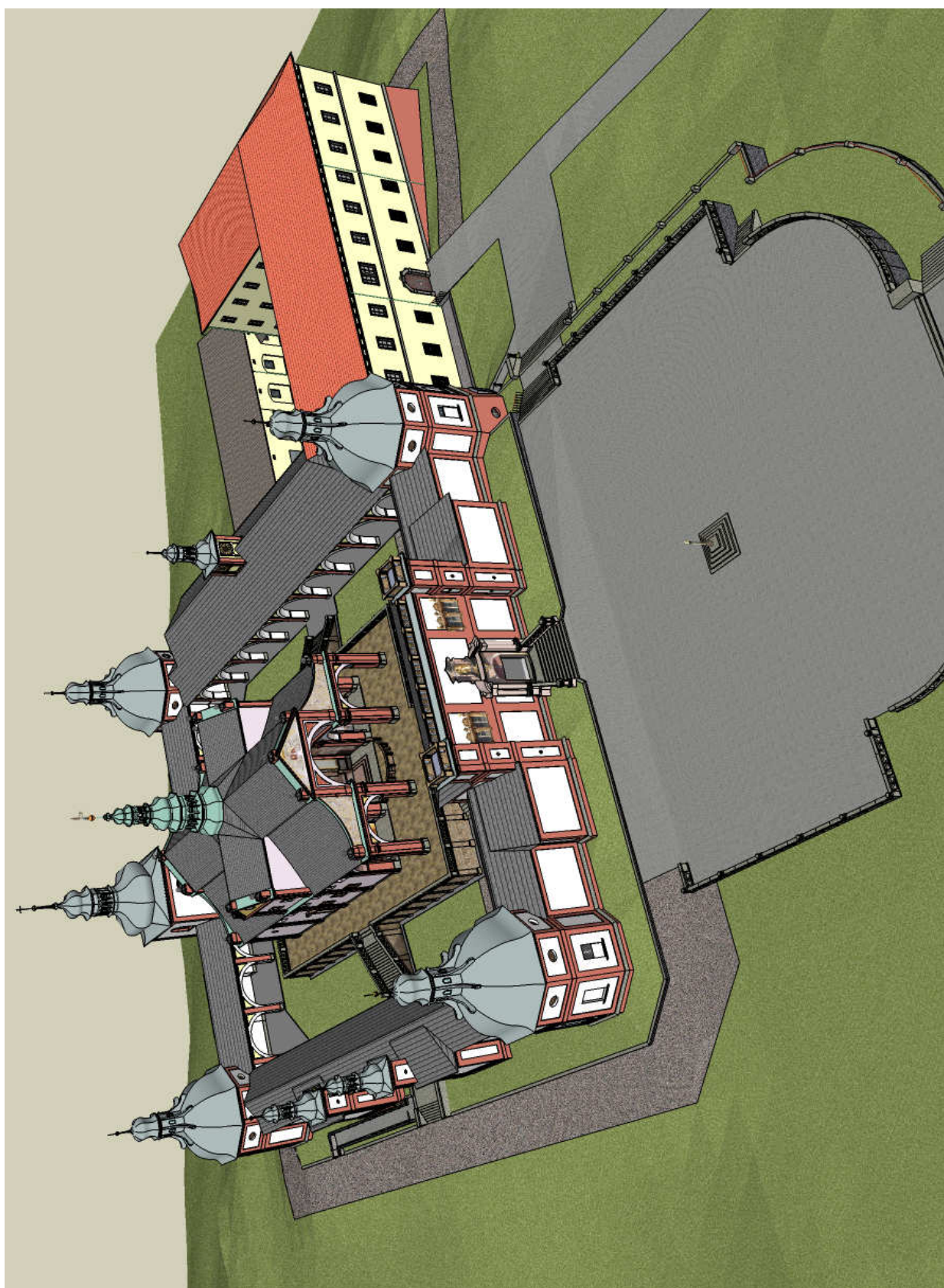
r max /mm/ 4,318

r /mm/	dr /μm/	dr max /μm/	44,64	/pixely/	20,2
---------------	----------------	--------------------	-------	-----------------	------

0	0,00
0,5	0,97
1	3,83
1,5	8,42
2	14,48
2,5	21,66
3	29,47
3,5	37,36
4	44,64
4	44,64
4	44,64
4	44,64
4	44,64
4	44,64
4	44,64
4	44,64
4	44,64
4	44,64
4	44,64



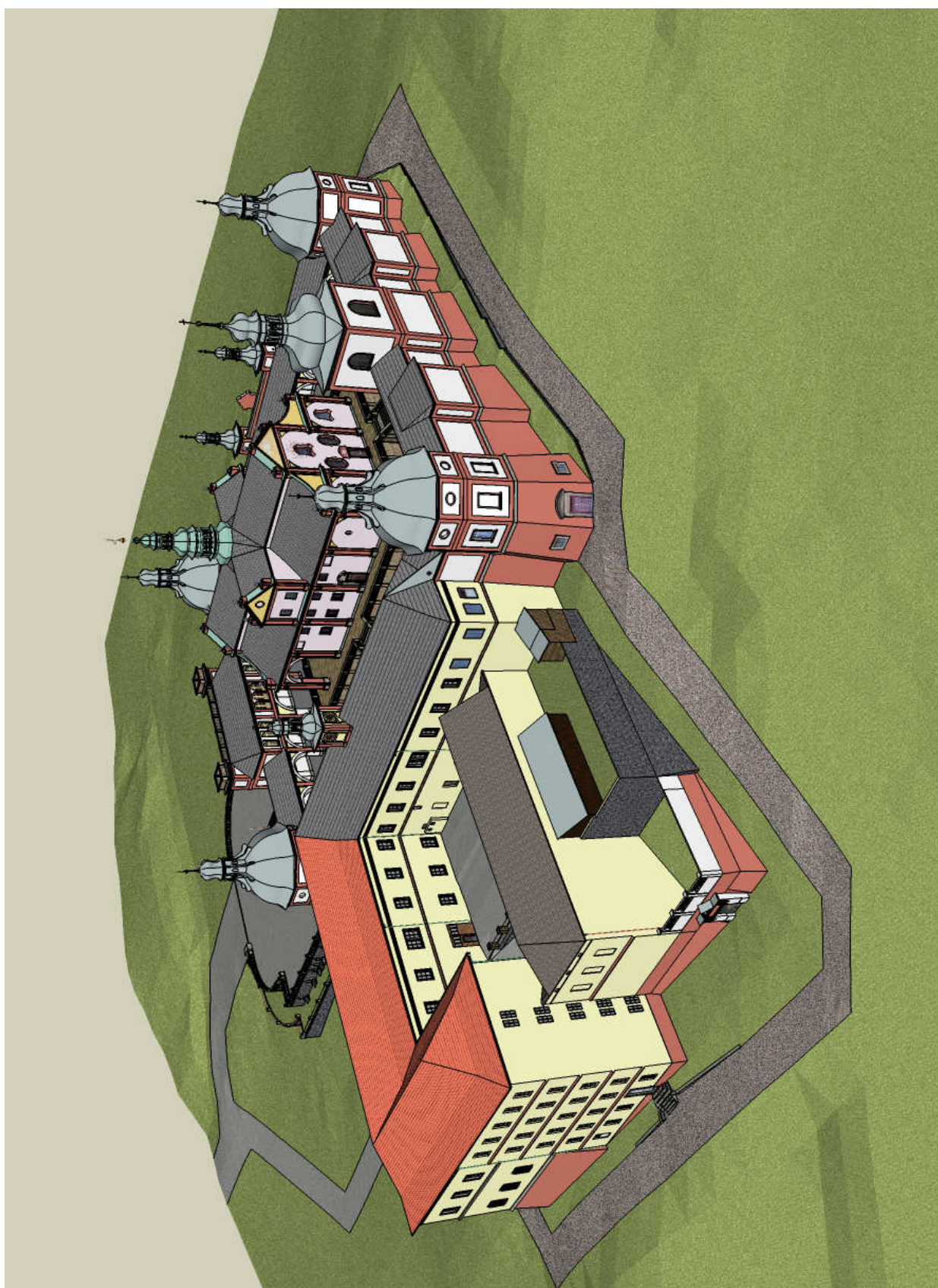
Příloha č.2 a: Grafické znázornění výsledného modelu – jihovýchodní pohled



Příloha č.2 b: Grafické znázornění výsledného modelu – severovýchodní pohled



Příloha č.2 c: Grafické znázornění výsledného modelu – severozápadní pohled



Příloha č.2 d: Grafické znázornění výsledného modelu – jihozápadní pohled



Příloha č.3: Umělecké znázornění výsledného modelu stylem uhlokresby

