

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta stavební
Katedra mapování a kartografie**

Možnosti prezentace stavebních objektů

The possibilities of building presentation

DIPLOMOVÁ PRÁCE

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

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

Bc. Markéta Hyndráková

Praha 2013



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

studijní program: Geodézie a kartografie

studijní obor: Geodézie a kartografie

akademický rok: 2012/2013

Jméno a příjmení diplomanta: Bc. Markéta Hyndráková

Zadávající katedra: Katedra mapování a kartografie

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

Název diplomové práce: Možnosti prezentace stavebních objektů

Název diplomové práce
v anglickém jazyce The possibilities of building presentation

Rámcový obsah diplomové práce: Přehled moderních možností prezentace stavebních objektů.

Využití stavební dokumentace pro tvorbu prostorového modelu Trojského zámku. Tvorba fotodokumentace a její využití pro virtuální prohlídku zámku. Možnosti propojení dalších a obrazových informací s jednotlivými prvky modelu a prohlídky. Prezentace výsledků 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:

.....
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 předloženou diplomovou práci jsem vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré prameny, z nichž jsem pro svou práci čerpala v souladu s mezinárodními normami ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690-2.

Souhlasím s využitím tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze 21. prosince 2012

.....

Markéta Hydráková

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce Ing. Petru Soukupovi, PhD. za odborné vedení při zpracování této práce.

Dále chci poděkovat Ing. arch. Stanislavu Běhalovi za poskytnutí stavební dokumentace Zámku Troja a zpřístupnění jeho prostor k pořízení fotodokumentace.

Dále děkuji svým spolužákům a přátelům, kteří se mnou práci konzultovali za jejich užitečné rady a připomínky.

V neposlední řadě děkuji své rodině a příteli za trpělivost a podporu při tvorbě této práce i během celého studia.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce pojednává o tvorbě a prezentaci prostorového modelu Zámku Troja v Praze. První část je věnována stručnému přehledu moderních možností prezentace stavebních objektů. Druhá část popisuje shromažďování podkladů a tvorbu 3D modelu v programu Trimble SketchUp. Třetí část obsahuje prezentaci Zámku Troja prostřednictvím virtuální procházky a její propojení s modelem. K celkové prezentaci a vizualizaci výsledků byly vytvořeny webové stránky.

Klíčová slova:

3D vizualizace, prostorový model, virtuální procházka, panoramatická fotografie, Zámek Troja, Trimble SketchUp, Hugin, PTVIEWER, webové stránky

ABSTRACT

This diploma thesis, deals with the creation and presentation of spatial model Troja Chateau in Prague. The first part deals with summary of modern possibilities of building presentation. The second part describes the data collection and creation 3D model in Trimble SketchUp. The third part contains a presentation Troja Chateau through virtual tour and its integration with the model. For the presentation and visualization of results were created website.

Keywords:

3D visualization, spatial model, virtual tour, panoramic photography, Troja Chateau, Trimble SketchUp, Hugin, PTVIEWER, website

OBSAH

ÚVOD	9
1 MOŽNOSTI PREZENTACE STAVEBNÍCH OBJEKTŮ	10
1.1 3D VIZUALIZACE STAVEBNÍCH OBJEKTŮ	10
1.1.1 Prostorový model	11
1.1.1.1 Animace	12
1.1.1.2 Virtuální realita	13
1.1.2 3D půdorys	13
1.2 VIRTUÁLNÍ PROHLÍDKA	13
1.2.1 Panoramatická fotografie	14
1.2.2 Virtuální procházka	16
2 ZÁMEK TROJA	17
2.1 POLOHA ZÁMKU	17
2.2 HISTORIE A POPIS ZÁMKU	18
3 PROGRAM TRIMBLE SKETCHUP	22
3.1 PRINCIP TVORBY MODELŮ	22
3.2 POPIS VYBRANÝCH FUNKCÍ	22
3.3 GALERIE 3D OBJEKTŮ A GOOGLE EARTH	26
4 PROSTOROVÝ MODEL ZÁMKU TROJA	27
4.1 PODKLADOVÁ DATA	27
4.1.1 Stavební dokumentace	27
4.1.2 Fotodokumentace	28
4.2 TVORBA MODELU V TRIMBLE SKETCHUP	29
4.2.1 Příprava	29
4.2.2 Modelování	30
4.2.2.1 První etapa - zdivo, hrubý model	30
4.2.2.2 Druhá etapa - komponenty	31
4.2.2.3 Třetí etapa - liniové prvky	32
4.2.2.4 Čtvrtá etapa - střecha a věže	32
4.2.2.5 Pátá etapa - propojení částí	34
4.2.2.6 Šestá etapa - ozdobné prvky	34
4.2.2.7 Sedmá etapa - schodiště	35

4.2.3	Aplikace textur	35
4.2.3.1	Vlastní materiály	35
4.2.3.2	Textury na rovné ploše	36
4.2.3.3	Textury na zakřivené ploše	36
4.2.3.4	Textury transparentní	37
4.2.4	Problémy a jejich řešení	38
4.2.4.1	Nepravidelný objekt	38
4.2.4.2	Konstrukce složených říms	38
4.2.4.3	Konstrukce ozdob na sloupech	39
4.2.4.4	Konečná velikost modelu	39
5	VIRTUÁLNÍ PROCHÁZKA ZÁMKU TROJA	40
5.1	POŘÍZENÍ PODKLADOVÝCH SNÍMKŮ	41
5.1.1	Fotografické vybavení	41
5.1.1.1	Digitální zrcadlovka Canon EOS 550D	41
5.1.1.2	Panoramatická hlava GigaPan EPIC Pro	42
5.1.1.3	Stativ Manfrotto 075B	43
5.1.2	Paralaxa	43
5.1.3	Parametry fotografování	45
5.2	ÚPRAVA PODKLADOVÝCH SNÍMKŮ	49
5.2.1	Technologie HDR	49
5.2.2	Úprava spodních snímků	51
5.3	TVORBA PANORAMAT	51
5.3.1	Program Hugin	52
5.3.2	Tvorba panoramat v programu Hugin	53
5.3.3	Problémy a jejich řešení	59
5.3.3.1	Kontrolní body a přetočení snímku	59
5.3.3.2	Připojování spodních snímků	59
5.3.3.3	Nedokonalé prolnutí snímků	60
5.4	TVORBA VIRTUÁLNÍ PROCHÁZKY	60
5.4.1	PTViewer	61
5.4.2	Aktivní body	61
5.4.3	Možnosti nastavení virtuální prohlídky	61
6	PREZENTACE VÝSLEDKŮ	63
6.1	WEBOVÁ STRÁNKA	63

6.2	VLOŽENÍ 3D MODELU DO WEBOVÝCH STRÁNEK	63
	ZÁVĚR	64
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	65
	SEZNAM POUŽITÝCH PROGRAMŮ	68
	SEZNAM OBRÁZKŮ	69
	SEZNAM TABULEK	71
	SEZNAM ZKRATEK	72
	OBSAH DATOVÉHO DISKU	73
PŘÍLOHA I	Statické obrázky modelu	
PŘÍLOHA II	Vybrané panorama	
PŘÍLOHA III	Tabulka průběhu optimalizací	

ÚVOD

V dnešní počítačové době není problém vychutnat si procházku a prohlídku zajímavým míst kdekoliv na světě. Z pohodlí domova může uživatel internetu několika kliknutími myši objevovat historické, kulturní a přírodní památky, či se jen tak projít po ulici města na druhém konci světa. V naší zemi se tento typ turistiky také velice rozvíjí a tato já bych k tomuto rozvoji prostřednictvím mé diplomové práce ráda přispěla.

Cílem této práce je vytvoření celkové prezentace Zámku Troja v Praze. Důvodů k zvolení tohoto objektu bylo několik. Především nenalezneme publikaci, kde je kompletně popsán, vizualizován a představen Zámek Troja. Dalším důvodem je můj osobní vztah z objektu, nachází se v blízkosti mého bydliště.

Jako forma představení Zámku Troja byl zvolen prostorový model objektu a virtuální procházka jeho místností. Text práce je rozdělen do několika částí. V první části je uveden přehled moderních možností prezentace stavebních objektů. Druhá část pojednává o sběru podkladových dat, tvorbě 3D modelu a programu Trimble SketchUp. Ve třetí části je popisována tvorba virtuální procházky na základě vyhotovení panoramatických snímků, které byly pořízeny speciálně za tímto účelem. Zároveň je zde prostor pro uvedení způsobů propojení procházky s dalšími informacemi.

V závěru jsou popsány formy prezentace dosažených výsledků prostřednictvím tvorby webových stránek, které umožňují představení zpracovaných výsledků široké veřejnosti.

1 MOŽNOSTI PREZENTACE STAVEBNÍCH OBJEKTŮ

Tato kapitola pojednává o moderních možnostech prezentování stavebních objektů a byla zpracována pomocí těchto pramenů [1], [2], [3], [4] a [5]. Je rovněž pojata jako teoretický základ pro zpracováváný projekt této práce.

1.1 3D vizualizace stavebních objektů

Vizualizací se rozumí zobrazování skutečnosti, jejichž výsledky jsou vnímané prostřednictvím zrakových receptorů. Vizualizace úzce souvisí s uplatňováním zásady názornosti. Setkáváme se s ní v mnoha oblastech - stavebnictví, technice, strojírenství, geografii atd. Je při tom využíváno moderních metod – počítačového modelování. Citováno z [2].

Před několika lety si pod pojmem „trojrozměrný model objektu“ člověk představil pouze model hmatatelné konstrukce. Jednalo se o modely vytvořené z tvrdého papíru, dřeva, polystyrenu a dalších dobře tvarovatelných materiálů. I v dnešní době se této tvorby využívá.

S rozvojem počítačové grafiky si však velmi rychle vydobyl své místo na světě i digitální trojrozměrný model. V současné době je lidstvo doslova obklopeno těmito modely a jsou stále více propracovanější a atraktivnější.

3D vizualizace najdou uplatnění zejména v architektuře a stavebnictví. Počítačové 3D vizualizace umožňují nahlížet na reálnou podobu interiérů a exteriérů. Slouží k návrhu nově realizované stavby, designérům umožňují navrhnout vybavení interiéru, umožňují prezentaci kulturních a historických památek. Právě u kulturních a historických památek má 3D vizualizace neocenitelný význam. V budoucnu může posloužit jako podklad pro rekonstrukci objektu. Prezentováním vizualizace na internetu můžeme památky zpřístupnit lidem z celého světa.

První architektonické vizualizace se začaly v České republice využívat od roku 1994. V té době 3D vizualizace ještě nedosahovaly odpovídající fotorealistické kvality, ale získávaly velice rychle na své kvalitě a dostupnosti. Od roku 1997 už byly v České republice veškeré větší architektonické projekty pravidelně doplňovány 3D vizualizací. V současné době už je 3D vizualizace standardní součástí každého většího projektu pro prezentaci [2].

Existuje nepřeberné množství programů k jejich tvorbě, editaci a prezentaci. Nejvyužívanějším a nejrozšířenějším softwarem pro tvorbu 3D vizualizací je *3D Studio Max* a *Cinema 4D*.

Ve světě i u nás se stává nejrozšířenějším nástrojem pro 3D vizualizace *Trimble SketchUp*, který je vhodný jak pro tvorbu základních 3D skic, tak pro detailní modelování.

Mezi nejrozšířenější formy vizualizace stavebních objektů patří *prostorový model* a *3D půdorys*, které blíže rozebereme v následujících kapitolách.

1.1.1 Prostorový model

Základním typem vizualizace je tvorba přesného modelu objektu. Je to způsob jak veřejnosti umožnit prohlídku objektu a jeho prozkoumání z různých úhlů pohledu. V závislosti na zamýšleném využití se tvoří modely pouze exteriéru, nebo pouze interiéru a nebo kompletní model budovy.

Model by měl mít rozměry jako skutečný objekt, nebo být jeho zmenšeninou, či zvětšeninou. Z tohoto důvodu se při modelování budov vychází z projektové dokumentace, z historických map, fotodokumentace nebo přímo z geodetického měření.

Další důležitým hlediskem je vzhled modelu. Aby model vypadal co nejvíce realisticky je nezbytné použít alespoň *texturování*. Na profesionální úrovni modelování se běžně využívá *rendering*.

Texturování je technika, která určuje barvu povrchu a případně další optické vlastnosti (odrazivost, průhlednost, hrbolatost atd.) v určitém bodě v modelu. Z hlediska vytváření textur je dělíme do dvou kategorií. První kategorií je *textura rastrová*, kdy onou texturou je předem připravený obrázek ve vhodném grafickém formátu (např. fotografie - odtud fotorealistický vzhled). Druhou kategorií je *textura procedurální*, kdy jsou textury vytvářeny pomocí matematické funkce [2].

Rendering je proces, který převádí scény 3D objektu a světla do 2D obrazu. Rovinný obrázek, který se získává z rendering je vypočten na základě pozice a parametrů všech důležitých objektů ve scéně [5].

Vytvořenou scénu můžeme prezentovat buď jako statické obrázky (viz obr. č. 1), nebo jako animaci (viz kap. 1.1.1.1). V neposlední řadě existuje možnost celý model exportovat do formátu *VRML* (viz kap. 1.1.1.2).



Obr. 1: Statická scéna prostorového modelu, [3]

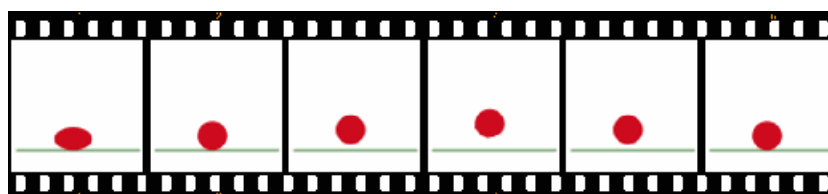
1.1.1.1 Animace

Animace je prostředkem k prezentování modelu objektu.

Principem animace je zaznamenání sekvence snímků, které jsou každý sám o sobě snímkem statickým a drobně se od sebe liší (viz obr. č. 2). Při rychlém zobrazování těchto snímků za sebou vzniká díky setrvačnosti lidského oka dojem pohybu. Snímky se však musí přehrávat takovou rychlostí, kterou už oko nepostřehne [2].

Animace přináší do statické vizualizace nový rozměr v podobě dynamiky a pohybu. Můžeme například volně procházet interiérem objektu, či ho obletět kolem dokola.

Animaci můžeme dle použitého software exportovat do různých formátů. Klasickým typem animace je video stopa. K tomuto účelu se nejčastěji využívá formátu *AVI*. Velmi rozšířeným pro prezentaci na internetu je 3D Animace Flash ve formátu *SWF*.



Obr. 2: Sekvence snímků animace, [2]

1.1.1.2 Virtuální realita

Virtuální realita je jakási napodobenina reálného prostoru a činností člověka v něm, pomocí počítačových zařízení. Je tvořena počítačovým modelem trojrozměrného prostředí, přičemž účastník virtuální reality se v tomto prostředí vlastně reálně pohybuje [6].

Mezi hlavní znaky virtuální reality patří, že scéna není statická, uživatel je jakoby součástí scény a děj se odehrává v reálném čase.

Pro popis trojrozměrného prostoru a přenos dat do internetu byl vytvořen speciální jazyk *VRML (Virtual Reality Modelling Language)*. 3D prostor tak lze prohlížet a zkoumat pomocí většiny internetových prohlížečů obohacených o příslušný přídatný modul (např. *Cortona 3D Viewer*).

1.1.2 3D půdorys

3D půdorys je nejnovějším typem prezentace stavebního objektu. Jedná se o realistický pohled na interiér i s vybavením shora. Jsou vhodné v případě, že nám záleží především na interpretaci dispozic interiéru a jeho vybavení. V současné době tento způsob prezentace využívají hlavně developerské kanceláře, avšak myslím, že 3D půdorys může být zajímavým doplňkem modelu stavebního objektu, který zachycuje pouze exteriér.



Obr. 3: 3D půdorys, [3]

1.2 Virtuální prohlídka

Virtuální prohlídka je interaktivní prezentace prostoru. Na rozdíl od simulované 3D vizualizace se jedná o prezentaci reálně nasnímaného interiéru nebo exteriéru.

Díky zornému úhlu až 360° horizontálně a 180° vertikálně lze pomocí virtuální prohlídky získat mnohem lepší představu o prezentovaném prostoru než nabízí běžná fotografie. Uživatel

sledující virtuální prohlídku na obrazovce nabývá dojem, že je fyzicky přítomen na prezentovaném místě a může interaktivně pomocí myši či klávesnice volit směr, kterým se chce podívat. Vidí tak prostor a objekty kolem sebe, nad i pod sebou. Přiblížením si může prohlédnout zajímavé detaily a naopak oddálením získá širokoúhlý pohled [2].

Základem virtuální prohlídky je panoramatická fotografie (viz kap. 1.2.1), proto se namísto pojmu *Virtuální prohlídka*, také někdy používá termínu *Panoramatická prohlídka*. Dle tělesa, na který je panoramatický snímek promítán, rozlišujeme typy panoramatických prohlídek. Nejrozšířenějším je prohlídka sférická, která zachycuje celý prostor v rozsahu 360° horizontálně a 180° vertikálně, promítaná na kouli. Dále je hojně rozšířena prohlídka cylindrická, kde tělesem na které promítáme panoramatický snímek je válec. Další možností je promítat panoramatickou fotografii na krychli. Tento typ prohlídky není tak rozšířen jako první dva. Jeho použití v interiéru je totiž zrádné. Aby prohlídka vypadala reálně a prostor nebyl příliš deformován, musí se zobrazovaná místnost přibližovat co nejvíce rozměrům krychle. Proto se mnohem častěji využije při prezentaci rozlehlého exteriéru.

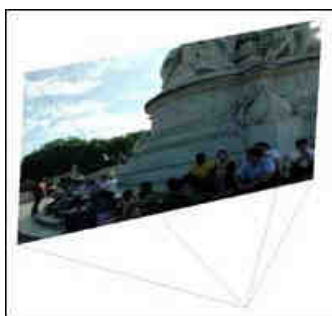
Spojením několika virtuálních prohlídek pomocí aktivních bodů lze vytvořit virtuální procházku budovou či jiným prostorem (viz kap. 1.2.2).

1.2.1 Panoramatická fotografie

Historie tvorby panoramatické fotografie sahá až k první polovině 19. století. Její kouzlo se v současné éře digitální fotografie využívá hlavně pro zachycení rozsáhlých krajinných celků. Jedná se totiž o typ fotografie, který zaznamenává neobvykle velký úhel záběru.

Je to obraz, který byl složen z několika snímků. Tyto dílčí snímky jsou lepeny k sobě tak, aby tvořily finální bezešvou fotografii.

Panoramatické fotografie lze rozdělit do 4 základních skupin:



Obr. 4: Rovinné panorama, [7]

- *rovinné (planární) panorama (obr. č. 4)*
 - základní panorama, na které je nahlíženo bez jakýchkoliv projekcí a zobrazuje se jako rovinná plocha
 - využívá se tam, kde není nutné pokrýt celý prostor



Obr. 5: Válcové panorama, [7]

- *válcové (cylindrické) panorama (obr. č. 5)*
- zachycuje celý prostor v rozsahu 360° horizontálně
- projekce na plášť válce
- lze lehce rozvinout do roviny
- může být různě široké



Obr. 6: Kulové panorama, [7]

- *kulové (sférické) panorama (obr. č. 6)*
- zobrazuje plný rozsah 360° horizontálně a 180° vertikálně
- projekce na plášť koule



Obr. 7: Krychlové panorama, [7]

- *krychlové (kubické) panorama (obr. č. 7)*
- zobrazuje plný rozsah 360° horizontálně a 180° vertikálně
- projekce na plášť krychle

Proces spojování panoramatu z omezeného množství snímků dnes zvládne i mnohý mobilní telefon. Pokud ovšem požadujeme panorama rozsáhlé a máme značné nároky na kvalitu, musíme k fotografování použít kvalitní vybavení a dodržet jisté zásady.

Tím nejzákladnějším požadavkem je překryt snímků. Bez dostatečné překrývající části sousedních snímků není možné sestrojít panoramatickou fotografii. Optimální hodnota pro překrývání fotografií je 30 - 50%. Platí že, čím větší překryt, tím větší prostor k nalezení kontrolních bodů.

Dalším důležitým faktorem je manuální nastavení expozice. Nastavíme-li fixní hodnotu expozice pro všechny fotografie v panoramatu, budou zachovány stejné jasové podmínky u všech snímků.

Téměř nezbytné je využití stativu s libelou, ten zajistí vodorovné umístění fotoaparátu bez jakéhokoliv náklonu.

K spojování výsledného panoramatu slouží specializované počítačové programy (viz kap. 5.3.1).

1.2.2 Virtuální procházka

Virtuální procházka je spojení několika virtuálních prohlídek. Problémem pak není projít z jedné místnosti do druhé, pouhým kliknutím myši.

Pro zlepšení uživateli orientace ji lze doplnit např. mapkou a dalšími obrazovými a textovými informacemi prostřednictvím aktivních bodů.

2 ZÁMEK TROJA

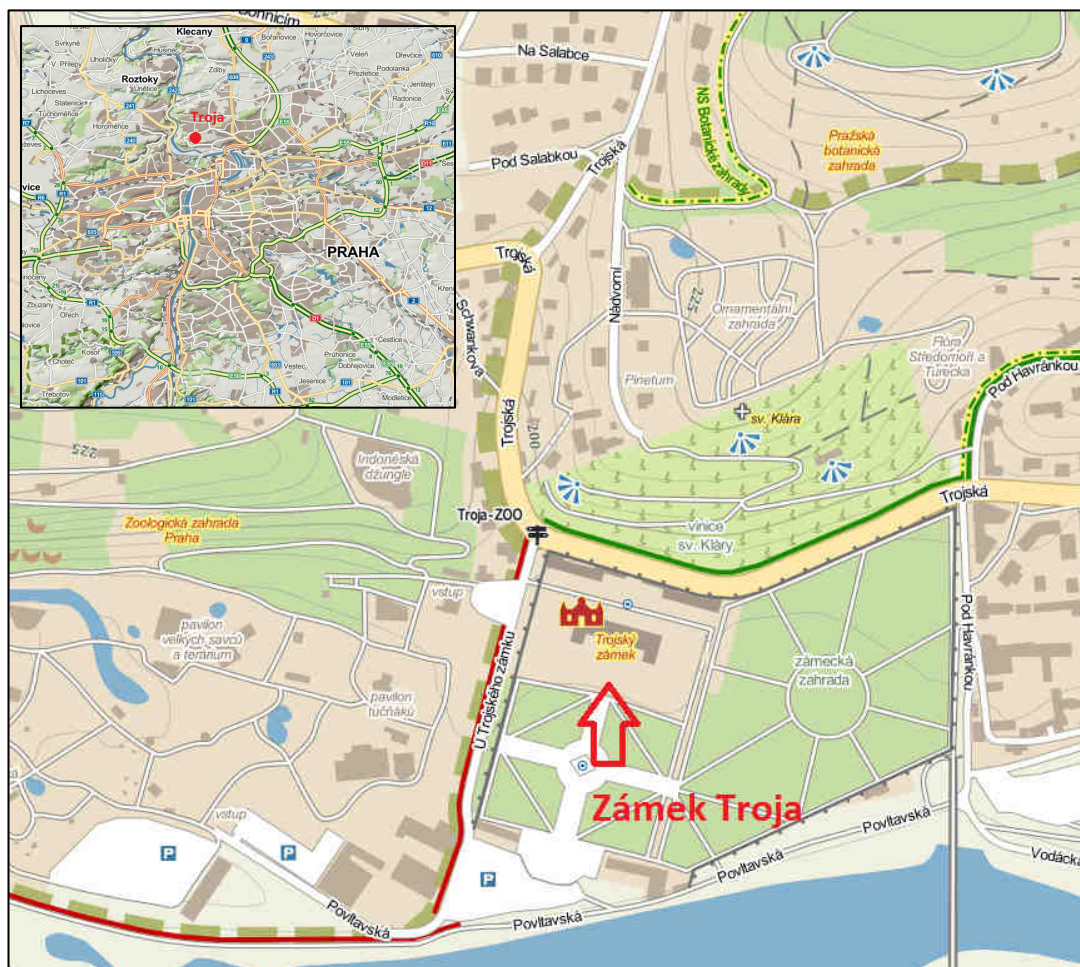
Jako praktická část této diplomové práce byl zpracován trojrozměrný prostorový model Zámku Troja. Model byl doplněn virtuální prohlídkou prvního podlaží, zpracovanou na základě nově pořízených panoramatických snímků.

Nyní věnujme prostor pro seznámení se Zámek Troja (známým též pod pojmenováním „Trojský zámek“), jeho historií, umístěním a stručným popisem.

2.1 Poloha zámku

Zámek Troja (dále jen „zámek“) se nachází v sedmém pražském obvodu, ve čtvrti Troja. Umístění naznačuje mapka na obrázku č. 8. a základní údaje o zámku jsou uvedeny v tabulce č. 1. Celý areál sestává z vlastní budovy zámku, několika hospodářských budov, terasy a rozlehlé francouzské zahrady. V minulosti zahrada pokračovala dále západním směrem do míst, kde se v dnešní době nachází zoologická zahrada. Zámek a přilehlé provozní budovy jsou založeny na částečně uměle vytvořené terénní terase pod úpatím vinice svaté Kláry, která dříve také k zámku náležela a nad úrovní říční nivy Vltavy. Tato vyvýšená situace byla podmíněna nutností ochránit stavbu před povodní a zároveň zajišťovala krásné výhledy směrem k jihu, kdy na protějším břehu Vltavy se terén zdvihá až k dominantě Hradčan.

V dnešní době, kdy je území Dejvic a Letné zastavěno, tato silueta ztrácí na pozoruhodnosti. Ani před povodní r. 2002 nebyl Zámek zcela uchráněn, došlo totiž k zaplavení sklepa a přilehlých zahrad.



Obr. 8: Umístění zámku, [8]

Tab. 1: Základní údaje o Zámku Troja

Kraj	<i>Praha</i>	Poloha	<i>50° 06' 58,89" N</i>
Okres	<i>Praha-město</i>		<i>14° 24' 46,49" E</i>
Obec	<i>Praha 7 - Troja</i>	Vlastník	<i>ČR</i>
Adresa	<i>U Trojského zámku 4/1</i>	Uživatel	<i>Galerie hlavního města Prahy</i>
	<i>Praha 7 - Troja</i>	Sloh	<i>Baroko (včetně rokoka)</i>
	<i>171 00</i>		

2.2 Historie a popis zámku

Trojský zámek má v kontextu českého barokního umění výsostné postavení. Při jeho vzniku se spojilo několik šťastných okolností: vzdělaný a uměnilovný stavebník, excelentní architekt, prvotřídní sochaři a malíři. Málokterá stavba ovlivnila zámeckou architekturu v Čechách v takové míře, jako právě Troja. Zámek není pozoruhodný jen svou architekturou, stojící na rozhraní italských a francouzských vlivů, ale oplývá i na svou dobu zcela mimořádným

uměleckým vybavením. Pod šťastnou osmicípou hvězdou rodu Šternberků se tak zrodilo dílo, bez kterého si lze další vývoj barokního umění v Čechách jen stěží představit.

Neobyčejně vzdělaný a ambiciózní hrabě Václav Vojtěch hrabě ze Šternberka (asi 1640-1708) v mládí po absolvování školy podnikl cestu po Evropě. Nejdéle se zdržel v italském hlavním městě Římě a jeho vzdáleném předměstí Frascati, kde mu učaroval půvab římských obytných staveb, které si šlechticové pořizovali za městem. Po svém návratu do Čech tedy přistupuje Václav Vojtěch k budování honosného sídla ve stylu římské předměstské vily pro příležitostný pobyt. Stavbu zahájil r. 1678 autor původní koncepce Giovanni Domenico Orsi. Brzy ho však střídá a vedení projektu se v letech 1679-1685 ujímá slavný francouzský architekt Jean Baptiste Mathey (zvaný též Matthaeus Burgundus, 1630-1696) a stavitelem byl Silvestro Carlone.

Třebaže je Mathey nucen respektovat již rozestavěný půdorys podle Orsiho plánu, mění původní pojetí na velmi pravidelnou dispozici s hlavním sálem uprostřed; z něj vede do zahrady dvouramenné oválné schodiště. Toto impozantní barokní dílo z let 1685-1703 uchvacuje mimořádně bohatou sochařskou výzdobou. Jejimi autory jsou významní umělci Paul a Johann Georg Heermannovi z Drážďan. Plastiky představují vítězný boj olympského božstva s Titány, který částečně zachycuje Homér v Iliadě a odtud patrně pochází i název zámku Troja, jenž se pak rozšířil na celou oblast, původně nesoucí jméno Zadní Ovenec. Druhá fáze výstavby již akcentovala podobu raně barokních interiérů, opět zkrášlovaných uměleckou elitou. K výzdobě hlavního sálu byli povoláni vlámské bratři Abraham a Isaac Godynové z Antverp, kteří vytvořili nádhernou a ohromující fresku, která zachycuje legendární výjevy z dějin rodu Habsburků a jejich vítězství nad Turky u Vídně. O skvostné malby v dalších prostorách zámku, tematicky čerpající především z antické mytologie, se zasloužili Italové Carpofo Tencalla, Francesco Marchetti a jeho syn Giovanni Francesco. Malířská výzdoba v trojské rezidenci údajně zaujímá plochu 4 000 m², z toho 1 400 m² připadá na hlavní sál, který je též využíván ke koncertům. Okouzující krásu zámeckého areálu podtrhuje malebná barokní zahrada francouzského typu, mistrovské dílo Jiřího Seemana z přelomu 17. a 18. století. Je protkaná hvězdicovitou osnovou cest s průhledy směřujícími k optickému cíli – ústředním partiím zámku. Geometricky členěná zahrada se prezentuje obrazci z živých plotů, nádvořím, květinovým parterem¹, fontánami, oranžerií², ba i bludištěm z habrového stromoví, terasy s bustami římských císařů a velkými vázami z pálené hlíny jen stvrzují její půvab.

¹ Část parku před průčelím budovy, která může být členěna na pravidelné záhony, jejichž výsadba tvoří ornamentální obrazce, [9].

² Druh skleníku nebo stavby, který je určen především k pěstování citrusů, [9].

Během 25 let (1678-1703) tak vznikl pro hraběte Václava Vojtěcha a jeho choť Kláru z Malzanu jeden z nejúžasnějších letních paláců v Praze. Jeho střed a dominantu tvoří hlavní sál, po stranách pak trojkřídlou stavbu vertikálně i horizontálně ukončují dvoupatrové věžovité belvedery. Areál zahrnuje i několik hospodářských budov včetně koníren a také vinotéku, inspirovanou přílehlou vinicí sv. Kláry.

Šternberské sídlo připadlo státu již r. 1922, v letech 1977-1989 bylo rozsáhle rekonstruováno a od r. 1989 je v držení Galerie hlavního města Prahy. Ta zde vystavuje sbírky českého malířství 19. století, doplněné sbírkou secesních plastik. Citováno z [10].



Obr. 9: Letecký pohled na Zámek Troja, [11]



Obr. 10: Letecký pohled na zámecké zahrady, [11]



Obr. 11: Pohled z Vinice sv. Kláry

3 PROGRAM TRIMBLE SKETCHUP

K tvorbě modelu Zámku Troja byl zvolen program Trimble SketchUp. Důvodů výběru tohoto programu je několik. Program je snadno ovladatelný. Doba pro zaučení v tomto programu je v porovnání s jinými CAD aplikacemi nesrovnatelně kratší. Naproti tomu poskytuje užitečné funkce a nepřehledné možnosti pro tvorbu 3D modelů. Velkým kladem je v neposlední řadě jeho dostupnost. Jedná se o volně stažitelný software, dostupný z webových stránek SketchUp [12].

Program Trimble SketchUp je spíše znám pod názvem Google SketchUp. Společnost Google program SketchUp vyvíjela několik let a v červnu roku 2012 ho prodala společnosti Trimble.

Trimble SketchUp (dále jen SketchUp) je CAD software pro tvorbu 3D modelů, který umožňuje texturovat jejich povrch, sdílet je v Galerii 3D objektů a také geograficky umístit kdekoli na Zemi prostřednictvím aplikace Google Earth (viz kap. 3.3). Díky jednoduchému intuitivnímu ovládání může sloužit široké řadě uživatelů.

3.1 Princip tvorby modelů

Program SketchUp mě zaujal svou jednoduchostí a intuitivním ovládáním. Naproti tomu v něm dokážeme vytvářet složité modely objektů. Do ovládání každý člověk pronikne velice rychle a na webových stránkách programu [12] je celá řada výukových videí, díky nimž člověk získá mnoho užitečných tipů na kombinování různých funkcí.

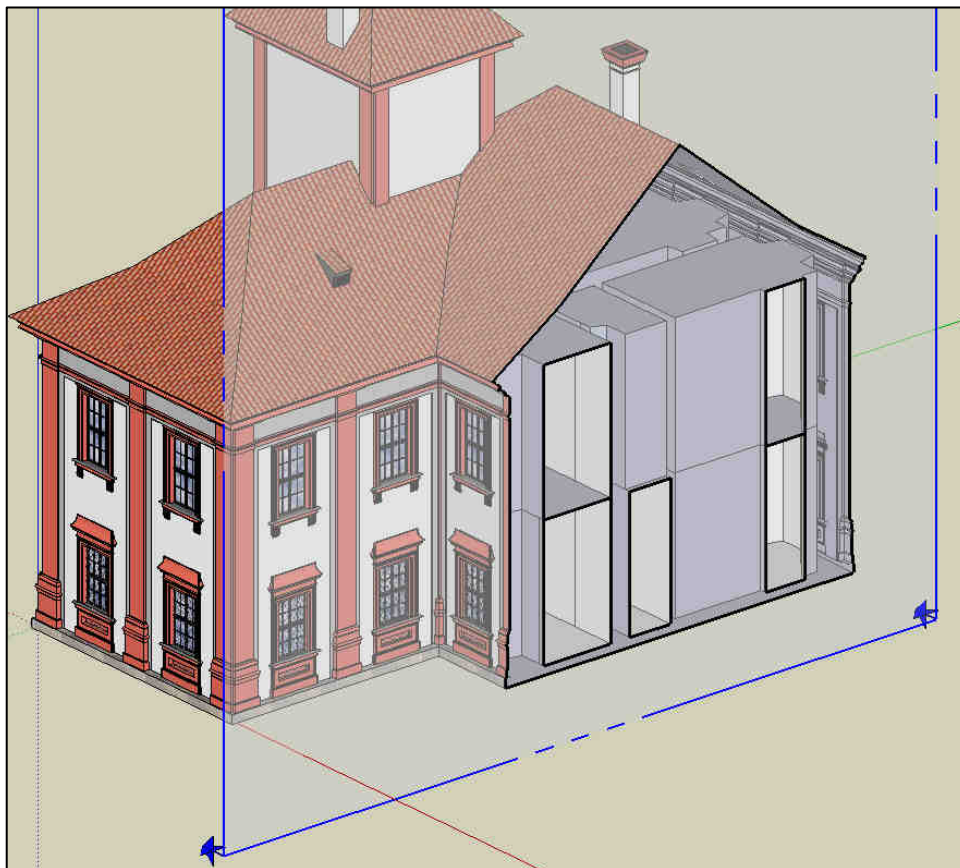
Principem tvorby modelu je skládání hran a ploch. Vytvořením uzavřeného pravidelného obrazce pomocí hran nám automaticky vznikne plocha. To jest základní myšlenka tohoto programu. Problém vznikne, nemáme-li útvar pravidelný, tedy tvořený z rovnoběžných a kolmých hran. Pak se plocha nevytvoří. Řešením je tedy takový útvar rozdělit na více menších, čímž ale narůstá objem dat. Proto, je-li to možné, je vhodné dílčí prvky generalizovat a z nepravidelných vytvořit pravidelné.

3.2 Popis vybraných funkcí

V této kapitole budou ve stručnosti popsány některé funkce, které byly nejčastěji využity při tvorbě modelu Trojského zámku.

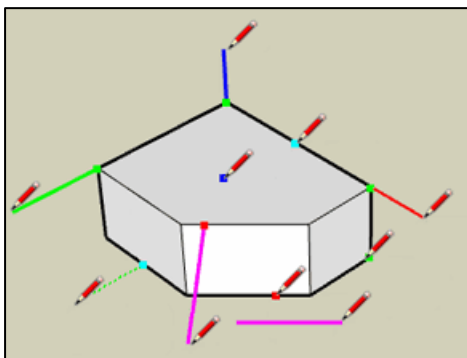
Jako snad každý CAD software umožňuje i SketchUp rozdělování prvků do *Vrstev*. To nám umožňuje zneviditelnit některé prvky s nimiž v danou chvíli nepracujeme a tím nám usnadní orientaci v modelu.

Efektivním nástrojem taktéž pro orientaci v modelu je *Řez*. Ten umožňuje „rozříznout“ model kdekoliv potřebujeme, ať už se jedná o řez ve vertikální, horizontální nebo i obecné rovině. Díky tomu se na model můžeme podívat zevnitř nebo z místa, kde nám dosud bránila část modelu (viz obr. č. 12)



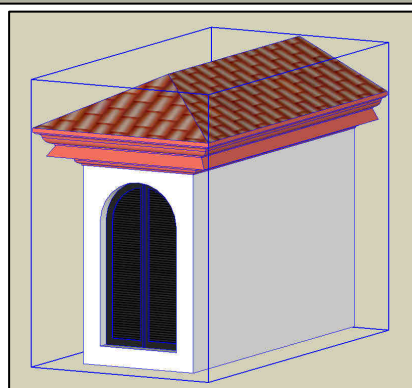
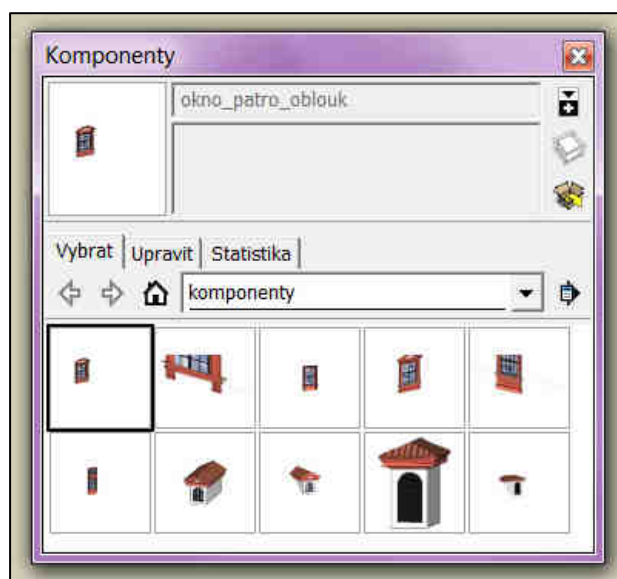
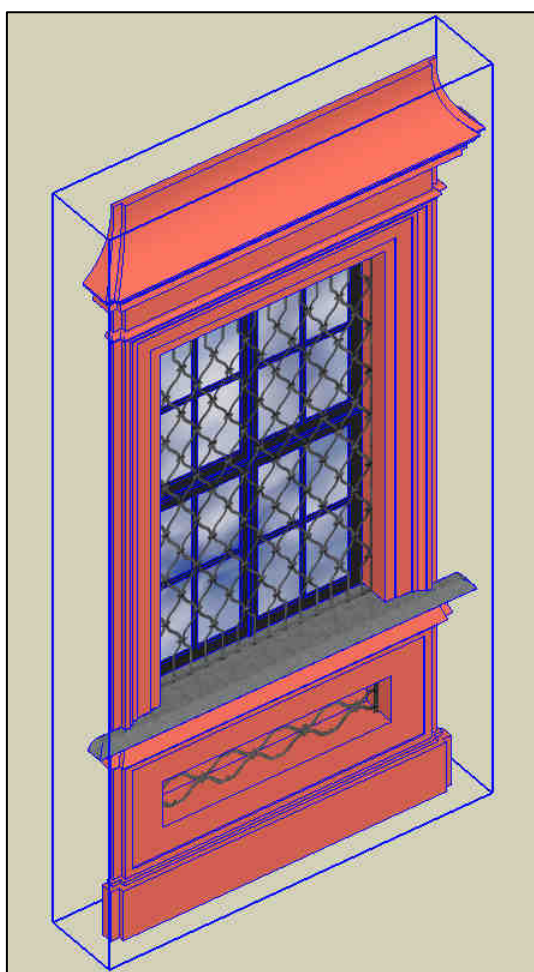
Obr. 12: Řez modelem

V průběhu modelování aplikace SketchUp poskytuje barevně kódovanou zpětnou informaci o tom, kde je přesně kurzor v rámci 3D prostoru. Zelené body = koncové body, červené body = na hraně, azurové body = střední body na hranách a modré body = na povrchu. Červené, modré a zelené čáry odpovídají směrům os. Purpurové čáry označují, že je něco paralelní nebo kolmé k určité hraně (viz obr. č. 13). Odstavec citován z [12].



Obr. 13: Přichytávání kurzoru

Velmi užitečným nástrojem jsou *Komponenty*. Komponenta již není samostatný prvek, ale prvky spojené do jednoho objektu (viz obr. č. 14). Využití najde především u předmětů, které se v modelu opakují. Komponenty nám umožňují zachovat soubory malé a efektivní. Snadno se upravují a pokud provedeme změnu jedné komponenty, změní se i ostatní a tím odpadá práce opravovat všechny samostatně.



Obr. 14: Ukázka komponent

Nad hotovým modelem je možné zpracovat *Animaci*. Vytvoříme ji pomocí scén, které sami definujeme a program je spojí do souvislého přeletu nad modelem, který lze exportovat do formátu AVI³.

Dalšími nástroji jako výběru pohledů na model, klávesovými zkratkami apod. není nutné se hlouběji zabývat a přejdeme k nástrojům sloužícím k modelování, jež shrnuje tab. č. 2.

Tab. 2: Nástroje k modelování

Nástroje pro kreslení:	
<i>Tužka</i>	základní kreslicí nástroj
<i>Obdélník, Kruh, Mnohouhelník</i>	vytvoří pravidelné tvary o zvolených parametrech
<i>Oblouk</i>	nakreslí oblouk, složený z úseček; můžeme volit poloměr
Nástroje pro úpravu:	
<i>Přesunout/zkopírovat, Otočit</i>	nástroje pro manipulaci s objekty
<i>Tlačit/táhnout</i>	pomocí této funkce vytvoříme dvěma kliknutími z dvourozměrného útvaru trojrozměrný; SketchUp má na tuto technologii dokonce patent
<i>Sledovat</i>	tento nástroj funguje podobně jako Tlačit/táhnout, ale dokáže dvourozměrnou plochu táhnout podél určené trajektorie
Nástroje pro měření:	
<i>Metr</i>	měří vzdálenost mezi dvěma body; s jeho pomocí můžeme vytvořit <i>Vodítka</i> , která budou sloužit pro přesné přichycení kurzoru
<i>Úhloměr</i>	měří úhly
Ostatní:	
<i>Plechovka barvy</i>	vyplní plochu předdefinovanými barvami nebo texturami, případně námi vytvořenými texturami
<i>Protnout</i>	tento nástroj protne dvě tělesa dohromady a na jejich stycích vytvoří nově vzniklé hrany

³ AVI (*Audio Video Interleave*) je video formát vyvinutý primárně pro platformu Windows. Jde o nejrozšířenější formát videa a je také často využíván digitálními fotoaparáty, [7].

3.3 Galerie 3D objektů a Google Earth

Galerie 3D objektů je služba aplikace SketchUp, která umožňuje vyhledávat, sdílet a ukládat 3D modely. Přispívat a stahovat modely zcela zdarma může kdokoliv na světě, kdo vlastní účet Google. V databázi jsou uloženy miliony modelů budov po celém světě a tyto modely si můžeme stáhnout a použít pro vlastní potřebu.

Galerie 3D objektů je úzce spjata s aplikací Google Earth. Abychom model mohli nahrát do aplikace Google Earth, kde bude součástí vrstvy *Prostorově zobrazené budovy*, musíme splnit několik kritérií. Většina těchto kritérií zajišťuje, aby byla vrstva prostorových modelů přesná a reprezentovala reálný svět, ve kterém žijeme. Zbývající kritéria zajišťují, aby prostorové modely nesnižovaly výkon aplikace Google Earth.

Mezi nejdůležitější kritéria patří:

- reprezentování reálných a trvalých staveb
- musí být texturován fotografiemi
- musí být v aplikaci Google Earth správně zarovnán se snímky
- musí mít správnou výšku a měřítko
- nesmí být příliš složitý

Všechna kritéria jsou uveřejněna na webových stránkách Google [13].

4 PROSTOROVÝ MODEL ZÁMKU TROJA

4.1 Podkladová data

Pro tvorbu trojrozměrného modelu zámku bylo nutné opatřit si podklady, na jejichž základě bylo možné vytvořit věrohodný model objektu, s centimetrovou přesností a se všemi detaily a zachovat tak typické architektonické rysy.

Nejprve jsem kontaktovala Městský úřad pro Prahu 7 oddělení archivu. Zde byla dohledána kompletní stavební dokumentace v analogové formě z 80. let 20. století. Tyto podklady nebylo možno si zapůjčit. Mohla jsem si pořídit pouze fotografie výkresů a přestože místní úřednice byly velice ochotné, pořídily mi pouze několik velice nekvalitních kopií výkresů. Proto jsem hledala dále a kontaktovala Ing. Arch. Stanislava Běhala z Galerie hlavního města Prahy, která zámek Troja spravuje. Ten mi tuto kompletní stavební dokumentaci zapůjčil.

Dále byla pořízena vlastní fotodokumentace zámku.

4.1.1 Stavební dokumentace

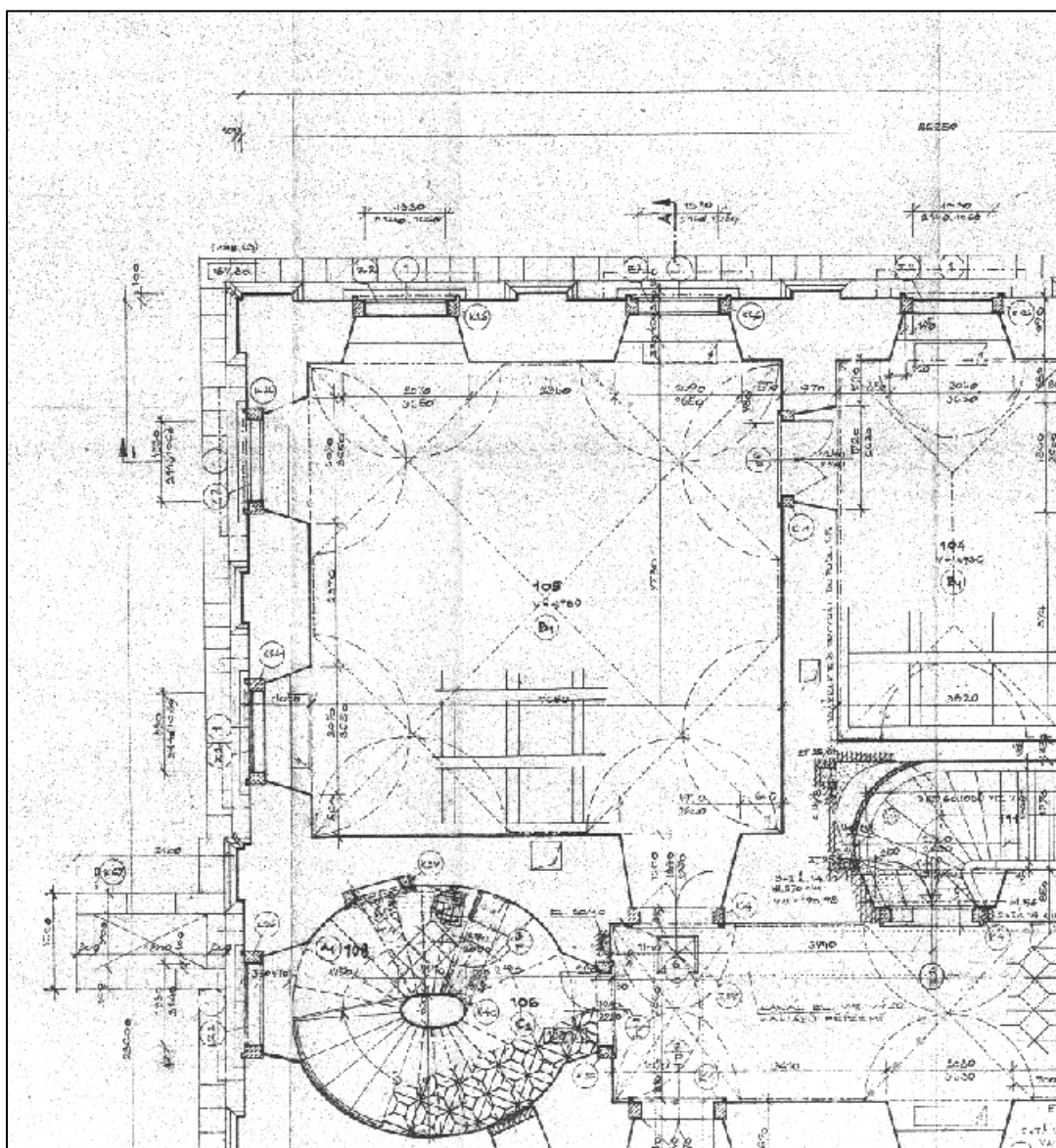
Jak již bylo výše zmíněno, získaná stavební dokumentace existuje pouze v analogové formě (viz obr. č. 15). Celá dokumentace týkající se zámku je tvořena 18 výkresy. Proto byly vybrány výkresy, které byly vektorizovány. Jedná se o tyto 4 výkresy: půdorys přízemí, půdorys prvního patra a dva řezy.

Naskenována byla pro účely archivace celá dokumentace. Skenování jsem provedla na velkoformátovém skeneru *Chameleon Tx 36* v učebně B866 Fakulty stavební ČVUT. Zvolené parametry skenování ukazuje tab. č. 3. Pro snadnější práci při vektorizaci byly výkresy převedeny do formátu JPEG a vlastní vektorizace byla provedena v software *Microstation V8i*. Tyto vektorové výkresy byly z důvodu dalšího použití v programu *Trimble SketchUp* uloženy ve formátu DXF.

Z připravených půdorysů a řezů byly tedy známy prostorové poměry zámku. Rozvržení a chybějící rozměry prvků na fasádě bylo zjištěno z pohledových výkresů a fotodokumentace, viz kap. 4.2.2.2.

Tab. 3: Parametry skenování stavební dokumentace

Skener	Contex Chameleon Tx 36
Rozlišení	400 DPI
Barvy	graytone
Formát výstupu	TIFF



Obr. 15: Ukázka stavebního výkresu - výřez půdorysu přízemí

4.1.2 Fotodokumentace

Fotografická dokumentace je velmi důležitou součástí podkladových dat. Pro zpracování trojrozměrného modelu zámku je dokonce nedílnou součástí, protože vyplňuje mezery v datech ze stavební dokumentace. Umožňuje nám vytvořit si ucelenou představu o objektu a především

zachycuje jeho stav v současné době, který může být oproti třicet let starým výkresům dosti odlišný.

Dalším důvodem pro fotografování objektu je fakt, že pro věrohodné zpracování modelu potřebujeme zapracovat i různé ozdobné prvky, které by se obtížně modelovaly a proto byly nahrazeny texturami (viz kap. 4.2.3).

Fotografování probíhalo o letních prázdninách a byly pořízeny snímky kolem dokola celého objektu. Jednalo se o celkové pohledy na fasádu zámku, dále detaily oken, dveří, schodiště, říms, vikýřů a spousty ozdobných prvků.

K fotografování byl použit ultrazoom *Panasonic Lumix DMC-FZ5* s maximálním rozlišením 2560 x 1920 pix, bez stativu.

4.2 Tvorba modelu v Trimble SketchUp

Vycházela jsem z opatřených podkladů, které jsem důkladně prostudovala a rozvrhla postup modelování. Stavební dokumentace umožňuje dodržet centimetrovou přesnost modelu, avšak některé ozdobné prvky, jako jsou např. římsy a hlavní schodiště, byly generalizovány. Přesnost celkového modelu byla tedy stanovena na 10 cm.

4.2.1 Příprava

Prvním krokem byla již zmíněná vektorizace vybraných výkresů stavební dokumentace, která probíhala v programu Microstation V8i. Jelikož vektorizace probíhala již s cílem importovat soubor do programu SketchUp, byl kladen důraz na pravoúhlost. V případě, že by objekt nebyl pravidelný, plochy by na sebe nebyly kolmé nebo rovnoběžné a způsobovalo by to lámání a rozdělování ploch. Docházelo by tak k deformaci pravidelných prvků na nepravidelném podkladě.

To znamenalo upravit některé rozměry budovy o několik jednotek cm. Samozřejmě tím došlo ke změně původních rozměrů zámku, avšak ve výsledku tím celková přesnost modelu nijak netrpěla.

Vektorizované výkresy byly obsáhlé, proto jsem vybrala vrstvy, které byly importovány do programu SketchUp. Jednalo se o vrstvy, které tvořili zdivo. Aby vůbec mohly být soubory CAD importovány do aplikace SketchUp, musí být topologicky čisté, to znamená, že linie se ve výkresu nesmí křížit a nesmí tam být žádné nepropojené linie. Dále nesmí být soubor CAD

seskupen, což by znamenalo, že nebudeme moci vytvořit plochy. Upravené vektorové výkresy byly uloženy ve formátu *DXF*.

4.2.2 Modelování

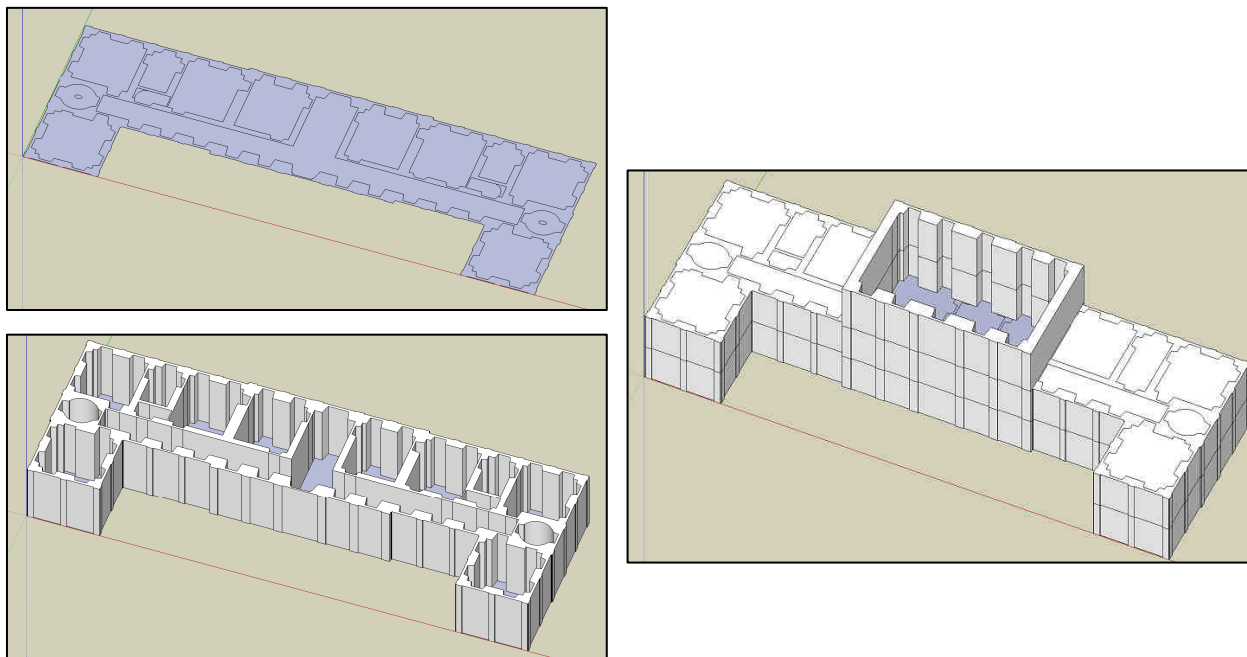
Protože tvoříme poměrně složitý model, musela být tvorba rozdělena na několik etap (viz tab. č. 4), které jsme nakonec spojili do jednoho výsledného modelu.

Tab. 4: Etapy modelování

1. etapa	zdivo, hrubý model
2. etapa	komponenty
3. etapa	liniové prvky
4. etapa	střecha a věže
5. etapa	propojení částí
6. etapa	ozdobné prvky
7. etapa	schodiště

4.2.2.1 První etapa - zdivo, hrubý model

Po importu upraveného CAD výkresu funkcí Tlačit/táhnout jsme vytvořili z dvourozměrného objektu trojrozměrný. Tato konstrukce byla rozdělena na přízemí a první podlaží zámku a dále byla vytažena ústřední místnost, tedy Císařský sál, který se rozkládá přes dvě podlaží (viz obr. č. 16).



Obr. 16: Vytažení z roviny do prostoru

4.2.2.2 Druhá etapa - komponenty

Dalším krokem byla příprava komponent. Jako komponenty byly konstruovány prvky, které se na budově opakují, především tedy okna a vikýře⁴.

Na celé budově se vyskytuje 7 typů oken a 3 různé vikýře. Celkově Zámek Troja oplývá 99 okny a 16 vikýři. Tvorba těchto prvků jako komponent byla tedy naprostou nutností.

Základní rozměry oken jsou uvedeny v půdorysu a řezu stavebních výkresů. Podrobné rozměry ozdob kolem oken byly získány z fotografické dokumentace, prostřednictvím programu SIMphoto.

Program SIMphoto je freeware, vyvinutý v rámci bakalářské práce *Tvorba jednoduchého software pro jednosnímkovou fotogrammetrii*, kterou na Fsv ČVUT v Praze zpracoval David Čížek a je dostupný z [14]. Je určen k tvorbě fotoplánu a jednou z variant je měření dvou samostatných délek, kdy za jednu se považuje svislice a za druhou vodorovná délka. Právě tohoto bylo využito při odměřování délek z fotodokumentace. Díky stavební dokumentaci vždy známe výšku a šířku okna, což je vstupem do programu SIMphoto. Po zadání známých délek proběhne transformace a vykreslí se výsledný snímek, na němž můžeme měřit skutečnou vzdálenost mezi dvěma body v rastru (viz obr. č. 17). Obdobným způsobem bylo odměřeno rozvržení oken na fasádě. Tento odstavec byl zpracován dle [14].

Přehled prvků, které byly konstruovány jako komponenty uvádí tab. č. 5.



Obr. 17: Odměřování délek z fotodokumentace

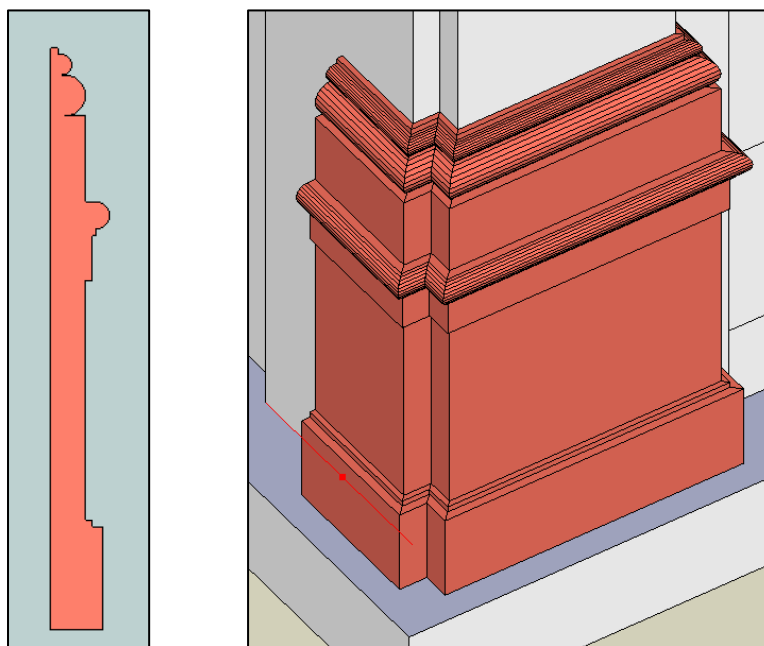
⁴ Otvor ve střeše, krytý vyběhající sedlovou nebo pultovou stříškou, často architektonicky upravovaný (např. v renesanci a baroku). Slouží k větrání a upravování půdních prostor a mansard, [9].

Tab. 5: Přehled konstruovaných komponent

Okno-patro-oblouk	Okno ve věži krátké
Okno-patro-trojúhelník	Okno ve věži dlouhé
Okno-patro-ozdoba	Vikýř velký
Okno-patro-ozdoba s deskou	Vikýř střední
Okno-přízemí	Vikýř malý

4.2.2.3 Třetí etapa - liniové prvky

Na objektu se vyskytuje velké množství říms a ozdobných sloupů. Pro jejich modelování byl použit nástroj *Sledovat*. Základem je plocha, kterou táhneme podél známé trajektorie. Pro tento účel byly nakresleny řezy říms a sloupů, které byly aplikovány na hrubý model zámku, viz obr. č. 18. Problém nastal u říms, které jsou umístěny pod střechou zámku, mají totiž složitější řez. Řešení tohoto problému je popsáno v kap. 4.2.4.



Obr. 18: Konstrukce říms

4.2.2.4 Čtvrtá etapa - střecha a věže

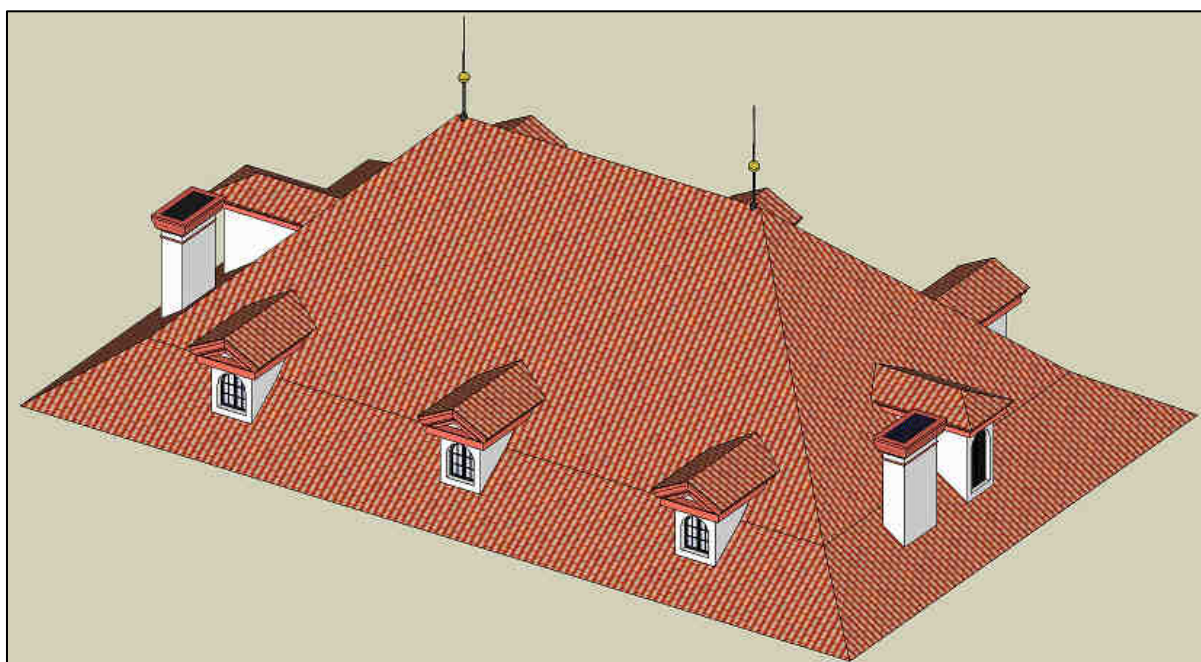
V další etapě byla konstruována střecha, věže a komíny. Na Trojském zámku se vyskytují dva typy střech. Nad Císařským sálem a nad oběma křídly se nachází střecha valbová⁵ a věže pak pokrývá střecha stanová⁶.

⁵ Střecha valbová má skosené všechny čtyři střešní plochy, [9].

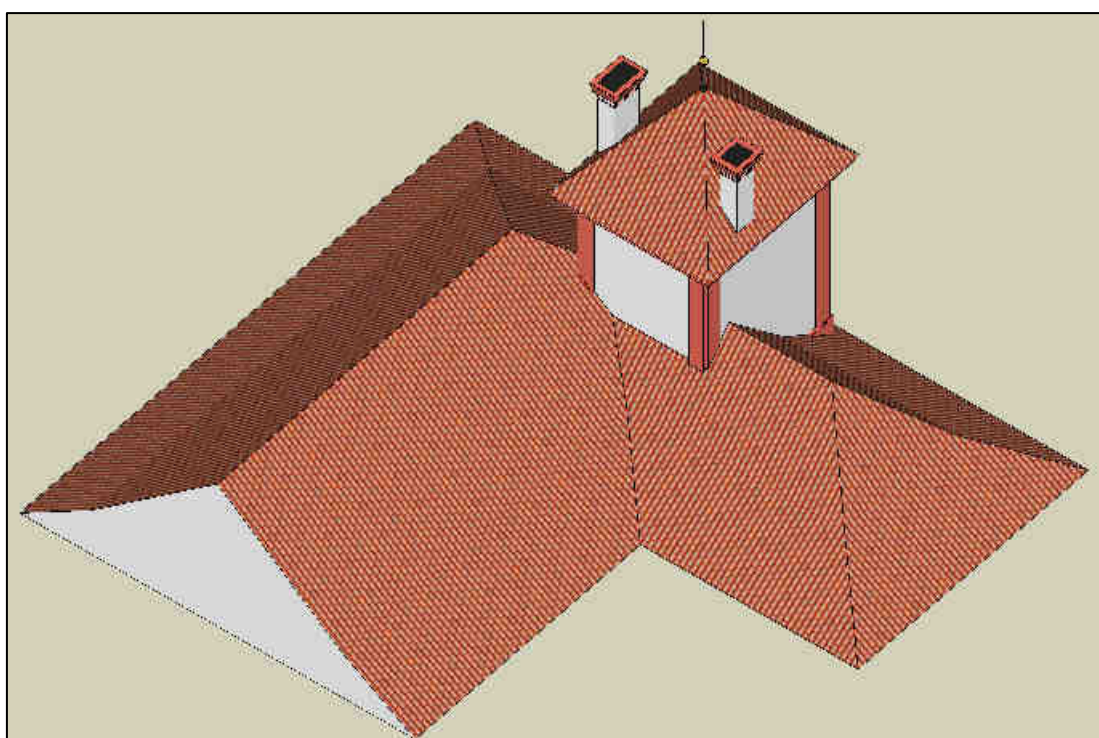
⁶ Střecha stanová má zpravidla čtyři střešní roviny, které se sbíhají do středového vrcholu a tvoří tak čtyřboký nebo i víceboký jehlan, [2].

Střecha valbová v celém svém rozsahu mění sklon asi ve $2/3$ od hřebene.

Konstrukce střechy a věží probíhala opět na základě stavební dokumentace, kdy řezy a pohledy obsahují výškové kóty a je z nich dobře patrný průběh střechy i již zmíněná změna sklonu. Do připravených střech byly zapuštěny komíny a vikýře a do střech pokrývajících boční křídla zámku pak ještě věže se stanovou střechou. Střešní části modelu jsou zobrazeny na obr. č. 19 a č. 20.



Obr. 19: Střecha Císařského sálu



Obr. 20: Střecha bočního křídla

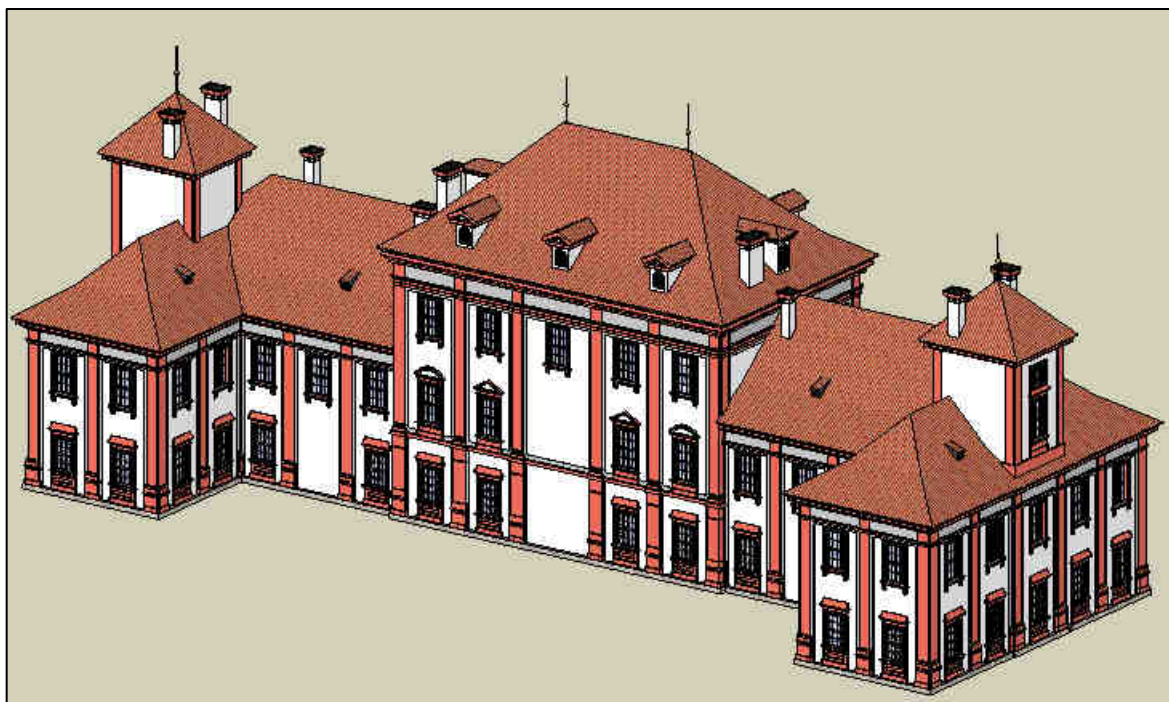
4.2.2.5 Pátá etapa - propojení částí

Nyní jsme měli hotový hrubý model zámku, na němž byly aplikovány liniové prvky. Dále jsme měli zkonstruovány komponenty oken a vikýřů a tři části střechy. Následovalo propojení těchto částí dohromady.

Nejprve byla na základní model umístěna střední část střechy, která již zahrnovala vikýře a komíny. Dále byly připojeny boční části střechy, které obsahovaly základní tvar věže se střechou a komíny. Na tyto boční střechy byly dodatečně umístěny malé vikýře.

Po napojení střech následovalo přidání oken na fasádu. Pro každé okno bylo připraveno *Vodítka* a na něj byla příslušná komponenta přichycena. Podmínkou bylo, aby okna v patrech lícovala přesně nad sebe a v horizontálním smyslu zároveň na střed mezi ozdobnými sloupy.

Po přidání těchto prvků byl celý model propojen pomocí nástroje *Protinout*, což vytvořilo nové hrany na stycích a umožnilo odmazat přebytečné hrany a plochy, které by model zbytečně zatěžovaly. Takto doplněný model se už začíná skutečnému Trojskému zámku podobat, jak je vidět na obr. č. 21.



Obr. 21: Propojený model

4.2.2.6 Šestá etapa - ozdobné prvky

Detailní ozdobné prvky, takové jako jsou např. na sloupech byly řešeny jednoduchým vymodelováním základu a doplněny texturou. Stejně tak vchod do zámku na severním i jižním

průčelí byl řešen kombinací modelování a doplněn texturami. Aplikaci textur je věnována celá kap. 4.2.3.

4.2.2.7 Sedmá etapa - schodiště

Skvostem Trojského zámku je dvojramenné schodiště na jižním průčelí, bohatě zdobené plastikami zápasících Olympanů a Titánů. Citováno z [15]. Model schodiště byl značně zjednodušen. Byl zkonstruován základní ovál, schody a zábradlí, avšak bez znázornění plastik. Celkem schodiště zahrnuje na 30 soch a bust, jejichž zapracování do modelu a vlastní detailní modelování schodiště by vydalo na samostatnou diplomovou práci.

4.2.3 Aplikace textur

Při tvorbě realistického modelu stavebního objektu jsou jeho nezbytnou součástí textury. Objekt může být dokonale vymodelován, ale bez doplnění barev, materiálů a textur člověk jeho kvality nedocení.

SketchUp pracuje buď s materiály předdefinovanými, ale zároveň umožňuje uživateli připravit textury vlastní na podkladě obrázků a fotografií. S jejich pomocí lze vytvořit vlastní materiál, který je založen na principu opakování vyříznutých čtverečků či obdélníčků na rovné ploše. Druhou možností je vložení celého obrázku nebo jeho výřezu a jeho aplikace na rovnou nebo zakřivenou plochu. Poslední formou je textura transparentní. Všechny tyto druhy budou blíže specifikovány v následujících kapitolách.

Důležitým aspektem je velikost použité fotografie. Její nesprávná volba může způsobit nárůst objemu dat, což negativně ovlivňuje schopnost prezentace modelu, a to především na internetu. Na webových stránkách programu Google [13], je doporučeno používat obrázky o šířce větší než 256 pixelů, ale menší než 512 pixelů. Je možné použít obrázky až do velikosti 1024 x 1024 pixelů. Podporovanými formáty jsou *JPEG*, *PNG* a *BMP*. Nejvhodnějším je využití formátu *JPEG*, protože produkuje nejmenší soubory. Pokud náš model zahrnuje textury transparentní, musíme využít formátu *PNG*.

4.2.3.1 Vlastní materiály

Materiálem rozumíme typ takové textury, která je tvořena opakováním malých plošek určitého materiálu vedle sebe, za účelem vyplnění celé plochy. V programu SketchUp existuje řada

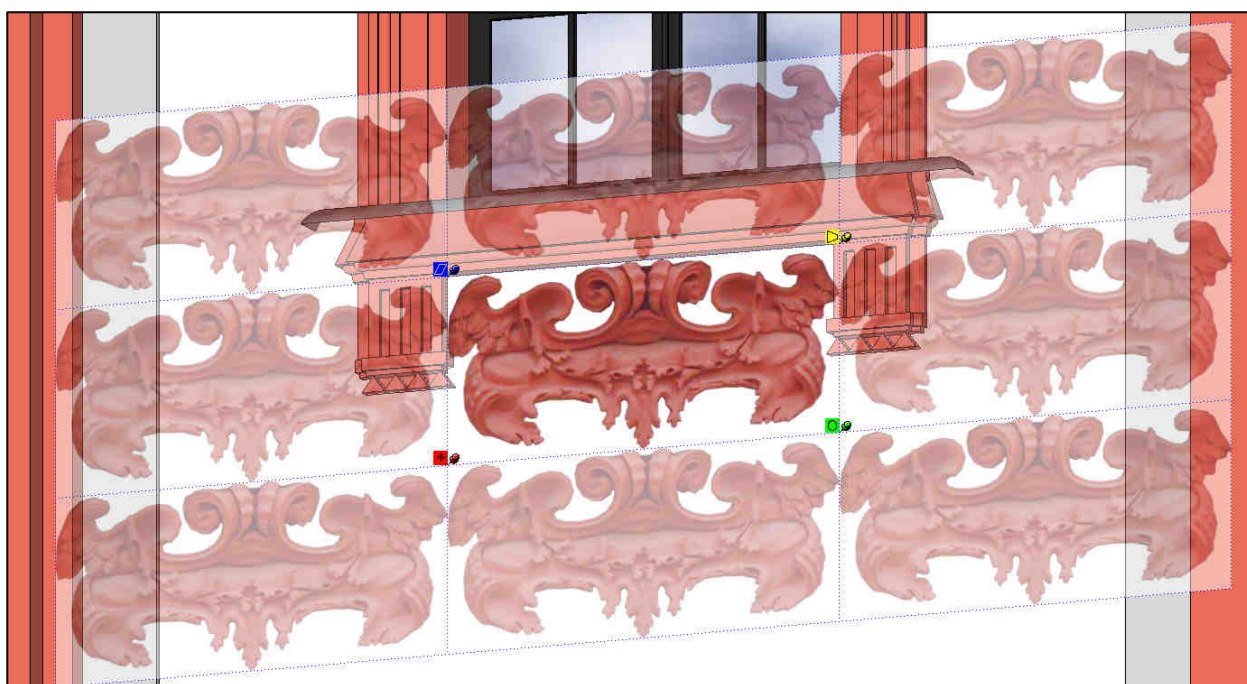
takovýchto předdefinovaných materiálů. Uživateli je ale také poskytnuta možnost si takovýto materiál vytvořit z vlastní fotografie a tím svému modelu dodat fotorealistický vzhled.

Při tvorbě materiálu je nezbytné z fotografie vyříznout malou část dotčeného materiálu tak, aby při svém opakování na velké ploše nevytvářela nevzhledné „mapy“. Výběru takové reprezentativní plošky musíme věnovat dostatečnou pozornost.

4.2.3.2 Textury na rovné ploše

Pro plochy, které nelze pokrýt určitým materiálem, ale jsou tvořeny např. malbou či jinou specifickou výzdobou, slouží aplikace celých fotografií jako textur na rovnou nebo i zakřivenou plochu.

Fotografii importujeme do výkresu a přichytíme ji na požadované místo. Manipulaci s fotografií provádíme pomocí špendlíků, které slouží k posunu, otočení, oříznutí a jiné deformaci fotografie (obr. č. 22). Samozřejmě se předpokládá import už částečně vyříznutého motivu, celá fotografie by opět velice zatěžovala celý model.



Obr. 22: Textury na rovné ploše

4.2.3.3 Textury na zakřivené ploše

Textury na ploše zakřivené jsou obdobou textur na ploše rovné s tím rozdílem, že je *promítáme* na nerovnou plochu. Od toho se odvíjí název této funkce v programu SketchUp, tedy *Textura promítaná*.

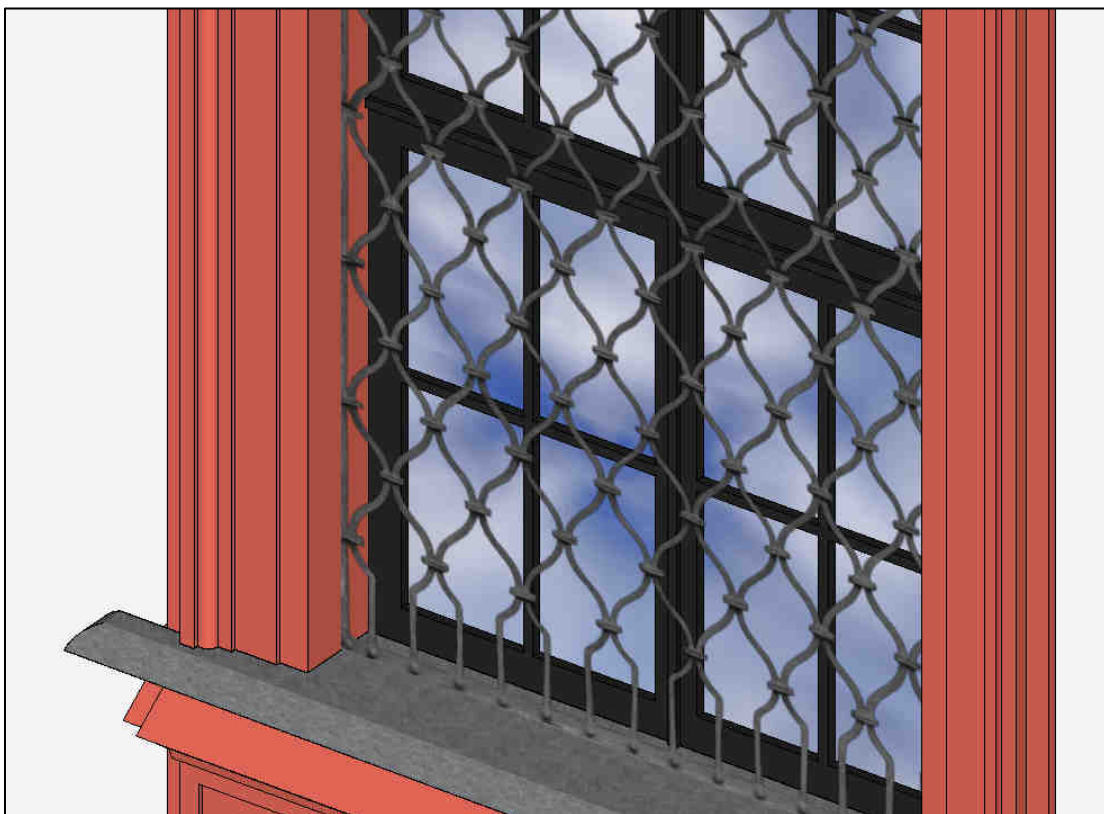
Aplikace promítané textury je založena na vytvoření kolmého průmětu plochy zakřivené, na kterou naneseme připravenou texturu a tu následně promítneme na plochu zakřivenou. Využití textury promítané najdeme i pro plochy rovné v případě, že se vyskytují ve více rovinách. V takovém případě je vhodné postupovat při aplikaci opačným způsobem, tedy nejprve texturu nanést na rovnou plochu a poté pomocí nástroje *Tlačit/táhnout* vytlačit tyto plochy do prostoru. Textura bude vytažena z původní plochy.

4.2.3.4 Textury transparentní

Zajímavou formou aplikace fotografie je textura transparentní. Jedná se o fotografii, která zahrnuje průhledné pozadí. Největšího využití asi najdeme při tvorbě různých mříží, které by se těžko modelovaly a způsobovaly nárůst dat.

Před samotnou aplikací této textury do modelu je nutná editace fotografie v nějakém fotoeditoru, kde je vyříznuta zájmová oblast a nastavena barva, která má být zprůhledněna.

Této formy textury bylo v modelu Zámku Troja využito při tvorbě mříží v oknech v přízemí budovy (obr. č. 23). K editaci fotografií byla použita zkušební verze programu Adobe Photoshop CS6, dostupná z [21].



Obr. 23: Využití transparentní textury

4.2.4 Problémy a jejich řešení

Během konstrukce modelu nastaly některé menší problémy, které zde budou popsány a vysvětleno jejich řešení.

4.2.4.1 Nepravidelný objekt

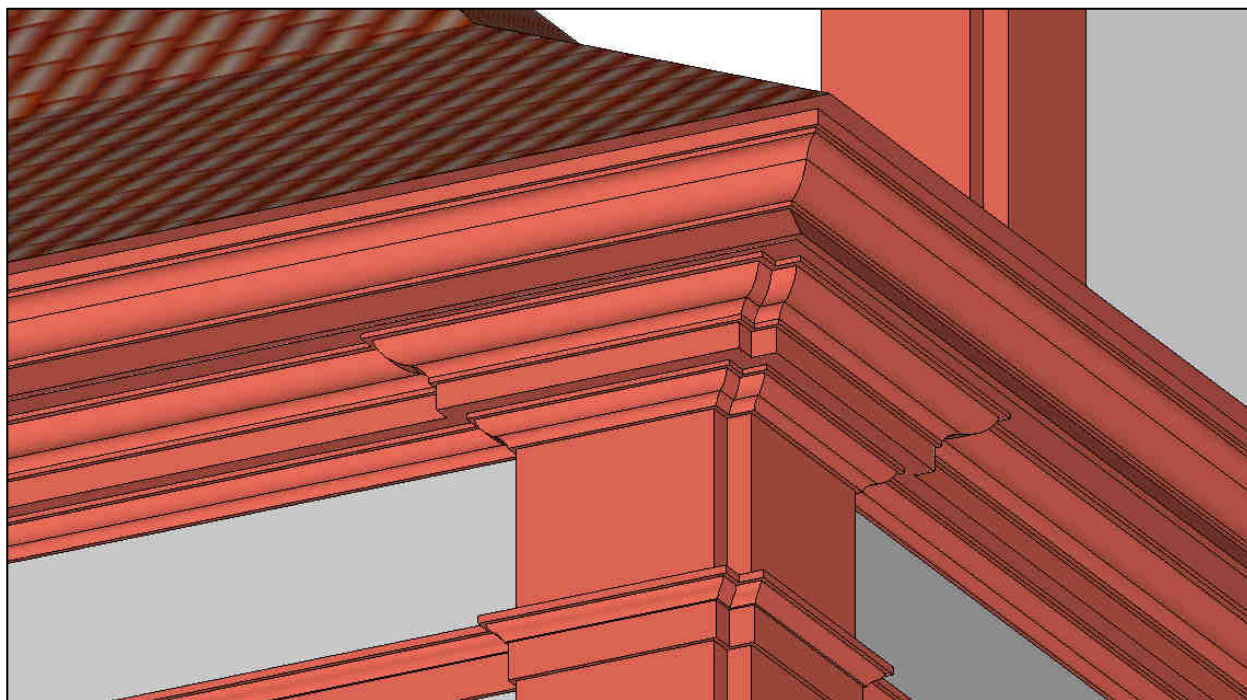
Jak jsem podotkla v kapitole 4.2.1, program SketchUp dokáže pracovat pouze s pravidelnými geometrickými tvary. V případě použití nepravidelných tvarů dochází k lámání ploch a hran, což zcela zbytečně rozděluje velké celky.

Protože jsem vycházela ze stavební dokumentace, která byla pořízena v době rekonstrukce zámku a obsahuje skutečně měřené hodnoty, bylo téměř nemožné najít v dokumentaci pravidelné tvary a pravé úhly. Z tohoto důvodu jsem byla nucena rozměry upravit takovým způsobem, aby bylo možné vytvořit pravidelný objekt. Zásah do rozměrů stavby nebyl nijak drastický, jednalo se o zaokrouhlení v řádu cm, celková přesnost modelu tedy nebyla znehodnocena.

4.2.4.2 Konstrukce složených říms

Při konstrukci říms pod střechou objektu se ukázalo, že původní záměr nakreslit řez celé římsy a tuto nechat následovat po trajektorii kolem střechy, neponese potřebné výsledky. Tvorbu komplikoval tvar římsy. Celá římsa je složena v podstatě ze dvou menších, přičemž každá z nich opisuje jinou trajektorii. Proto je nemožné vytvořit takovou římsu v jednom kroku.

Řešení bylo řez římsy rozložit na dvě části. Nejprve s pomocí jednou částí řezu vytvořit horní část římsy, která vede podél jednodušší trasy a teprve poté za použití druhého řezu vytvořit spodní část, která kopíruje trajektorii podél sloupů na fasádě. Výsledek je zobrazen na obr. č. 24.



Obr. 24: Složená římsa

4.2.4.3 Konstrukce ozdob na sloupech

Dalším úskalím byla konstrukce ozdob na sloupech kolem celého zámku. Jedná se o velice složité detailní prvky. Modelovat tyto prvky by bylo naprosto neúčelné a proto jsem od počátku počítala s tím, že v modelu budou realizovány kombinací modelování s fotografickou texturou. Plán byl takový, že základ těchto prvků bude zakřivená plocha, na kterou se aplikuje textura a to i po bočních stranách těchto výstupků. V počátku realizaci tímto způsobem bylo zjištěno, že takto propracovaná tvorba by vzhledem k množství zdob byla zdlouhavá a ani by nepřinesla zamýšlené výsledky. Proto jsem přistoupila k zjednodušené tvorbě ozdob. Vymodelovala jsem základní rovnou plochu, kam byla umístěna textura pouze z čelní strany. Tento způsob konstrukce ozdobných prvků je z estetického hlediska dostatečný.

4.2.4.4 Konečná velikost modelu

Původním záměrem, jakožto jednoho způsobu prezentace výsledného modelu bylo, umístit jej do Galerie 3D objektů a Google Earth. Toto bohužel nemůže být splněno z důvodu překračující velikosti modelu. Při dodržované přesnosti modelu, propracované tvorbě detailů a aplikaci textur bylo nemožné tento požadavek dodržet. Mým osobním cílem je v budoucnu model zjednodušit a v aplikaci Goggle Earth jej zveřejnit. Všechny ostatní požadavky pro přijetí do této aplikace byly splněny.

5 VIRTUÁLNÍ PROCHÁZKA ZÁMKU TROJA

Jak již bylo vysvětleno v kap. 1, virtuální procházka je propojení několika virtuálních prohlídek, vytvořených z panoramatické fotografie.

Na Zámku Troja byla vytvořena virtuální procházka prvního podlaží. Původní záměr této práce bylo vytvořit prohlídku všech místností. To nemohlo být splněno z důvodu probíhající výstavy děl Emila Filly a Vincence Vinglera, a to převážně v přízemních prostorách. Tato výstava probíhala od 4.4.2012 do 1.11.2012.

Místnosti v prvním podlaží jsem fotografovala v již v průběhu této výstavy, přičemž do třech pokojů západního křídla zámku tato výstava rovněž zasahovala. Ve dvou pokojích se jednalo pouze o obrazy umístěné přímo na stěnách pokoje, což nijak nezkruslovalo původní rysy pokojů. Ve třetí místnosti, stejně jako ve všech přízemních, byly kolem celého pokoje nainstalovány sádkartonové desky a teprve na nich byly vystaveny exponáty. Tento pokoj nebyl zahrnut do virtuální procházky, protože vlastní stěny a výzdoba pokoje byla zcela zastíněna expozicí.

Panem Ing. arch. Stanislavem Běhalem, se kterým jsem v této záležitosti jednala, jsem měla od září přislíbeno možnost fotografovat v přízemních prostorách zámku po uzavření a vyklizení výstavy. Asi týden po ukončení výstavy, došlo k nečekanému zvratu, kdy bylo Galerií hlavního města Prahy rozhodnuto, že exponáty sice budou vyklizeny, ale napevno nainstalované sádkartonové desky tam zůstanou pro přípravu výstavy v nadcházející sezoně. Tímto rozhodnutím se zcela rozplynuly mé plány na vytvoření kompletní virtuální procházky Zámku Troja.

Přehled místností zahrnutých do virtuální procházky je uveden v tab. č. 6.

Tab. 6: Místnosti ve virtuální procházce

<i>Západní křídlo</i>	<i>Centrum</i>	<i>Východní křídlo</i>
Mramorový pokoj	Císařský sál	Čínská komnata 1
Komnata 1		Čínská komnata 2
Komnata 2		Čínská komnata 3
Chodba záp. křídla		Kaple
		Chodba vých. křídla

5.1 Pořízení podkladových snímků

Pro vytvoření virtuální prohlídky potřebujeme buď válcové nebo sférické panorama. V našem případě bylo zvoleno panorama sférické, což nám umožní prohlídku celého pokoje v rozsahu 360° horizontálně a 180° vertikálně. V závislosti na tomto požadavku bylo zvoleno fotografické vybavení a další parametry fotografování, uvedené v kap. 5.1.3.

5.1.1 Fotografické vybavení

Aby byla výsledná panoramatická fotografie kvalitní je dobré použít kvalitní vybavení. Z tohoto důvodu jsem použila digitální zrcadlovku, která se hodí zvláště k fotografování ve špatných světelných podmínkách, panoramatickou hlavu, která eliminuje vznik paralaxy (viz. kap. 5.1.2) a pevný stativ.

5.1.1.1 Digitální zrcadlovka Canon EOS 550D

Pro účely této diplomové práce byla použita vysoce výkonná digitální zrcadlovka z dílny společnosti *Canon* model *EOS 550D* (obr. č. 25), která byla zapůjčena z katedry mapování a kartografie Fsv ČVUT v Praze. Fotoaparát byl doplněn objektivem *Tokina AT-X Pro*. Jedná se o zvlášť širokoúhlý objektiv, kdy při nastavení nejkratší ohniskové vzdálenosti 11 mm, dosahuje zorný úhel hodnoty 104°. Základní parametry fotoaparátu a objektivu jsou uvedeny v tab. č. 7.

Tab. 7: Základní parametry fotoaparátu a objektivu

<i>Fotoaparát Canon EOS 550D</i>	
Snímací prvek	CMOS, rozlišení 18 Mpx
Citlivost	ISO 100 - 6400
Displej	LCD, úhlopříčka 77 mm
Paměť	SD, SDHC, SDXC
Max. rozlišení snímku	5184 x 3456 pix
Formát snímku	JPEG, RAW
Hmotnost	0,53 kg
<i>Širokoúhlý objektiv Tokina AT-X Pro</i>	
Ohnisková vzdálenost	11 - 16 mm
Úhel záběru	104° - 82°
Manuální ostření	ano



Obr. 25: Fotoaparát Canon EOS 550D, [16]

5.1.1.2 Panoramatická hlava GigaPan EPIC Pro

Panoramatická hlava umožňuje přesné upevnění fotoaparátu v bodě s nulovou paralaxou (viz kap. 5.1.2), čímž tuto chybu odstraní. Další výhodou je možnost otáčet fotoaparátem o přesně stanovený úhel a to jak ve vertikálním tak horizontálním směru.

Pro tuto diplomovou práci byla použita panoramatická hlava od firmy GigaPan, model EPIC Pro (obr. č. 26), která byla opět zapůjčena z katedry mapování a kartografie Fsv ČVUT v Praze, konkrétně z laboratoře fotogrammetrie.

Jedná se motorizovanou panoramatickou hlavu. Motorická hlava oproti mechanické usnadňuje práci při pořizování jednotlivých snímků. Nahrazuje v podstatě lidský faktor během vlastního snímání. Fotograf nastaví veškeré parametry snímání předem a během fotografování už nemusí do ničeho zasahovat. Tím odpadá manipulace s hlavou, čímž eliminujeme náhodné chyby. Pro nasnímání panoramatických záběrů stačí nastavit okraje výsledného záběru pomocí LCD displeje. Zabudovaný firmware spočítá potřebný počet záběrů - klidně i stovky nebo tisíce a přístroj začne snímkovat a automaticky záběry posouvat s potřebným přesahem v řádcích a sloupcích zcela automaticky. Někdy se může stát, že fotoaparát nezaostří a tím dojde k vynechání snímku. Proto musí fotograf kontrolovat zda byly pořízeny všechny snímky a případné mezery doplnit na závěr sady. K tomu slouží funkce *Panorama Memory*. Pomocí ní lze opakovat celé panorama nebo vybrat určitou scénu, kterou potřebujeme opravit. Motorická hlava umožňuje pozastavit snímání pomocí funkce *Pause*. Toho bylo využito ve chvílích, kdy do fotografované scény vstupovali návštěvníci zámku.

Tato panoramatická hlava váží bez fotoaparátu přibližně 3,3 kg, což vyžaduje použití robustního stativu.



Obr. 26: Panoramatická hlava GigaPan EPIC Pro, [17]

5.1.1.3 Stativ Manfrotto 075B

Profesionální velice pevný stativ Manfrotto 075B byl opět zapůjčen z fotogrammetrické laboratoře. Tento stativ je vhodný i pro práce v terénu, je stabilní, těžký a dobře drží motorickou hlavu s fotoaparátem, jejichž váha spolu se širokoúhlým objektivem dosahuje ke 4 kg.

5.1.2 Paralaxa

Paralaxa je úhel, který svírají přímky vedené ze dvou různých míst v prostoru k pozorovanému bodu. Jako paralaxa se také označuje zdánlivý rozdíl polohy bodu vzhledem k pozadí při pozorování ze dvou různých míst. U fotoaparátu se paralaxou rozumí úhel mezi osou hledáčku a objektivu, též zvaný paralaktický úhel. Čím dále je pozorovaný předmět od pozorovacích míst, tím je paralaxa menší. Odstavec citován z [7].

Při tvorbě panoramatické fotografie je vliv paralaxy zcela nežádoucí. Snímky zatížené chybou paralaxy je totiž takřka nemožné slepit v dokonale bezešvou panoramatickou scénu, protože paralaxa se projevuje v celé ploše snímku a způsobí, že na každé další fotografii se stejný předmět v popředí, jeví v jiné poloze vůči pozadí. Chyba paralaxy se nejvíce projeví právě při dokumentování interiéru, kde jsou objekty v různých vzdálenostech od objektivu.

Proto bylo nezbytné vliv paralaxy odstranit. Nalezneme-li bod s nulovou paralaxou a ztotožníme-li jej se středem otáčení fotoaparátu, bude paralaxa eliminována. Toho lze dosáhnout díky použití panoramatické hlavy. Pokud bychom použili pouze stativ bez panoramatické hlavy, nikdy paralaxu zcela neodstraníme, protože fotoaparát se bude otáčet kolem bodu s nulovou paralaxou. Bude tedy opisovat kružnici, což znamená, že pokaždé bude fotografováno z jiného místa. Bod s nulovou paralaxou je pro různé nastavení ohniskové vzdálenosti vždy odlišný.

Nalezení bodu s nulovou paralaxou bylo provedeno ještě před vlastním snímkováním v terénu, a to v učebně C012 v budově Fsv ČVUT v Praze. Na fotoaparátu byla nastavena ohnisková vzdálenost, která byla následně použita při snímkování. Dále byla provedena pečlivá horizontace stativu s panoramatickou hlavou a fotoaparátem. Hledání bodu s nulovou paralaxou bylo provedeno pokusem tak, že v hledáčku porovnáваме vzájemnou pohodu nějakého blízkého svislého předmětu vůči jinému svislému vzdálenému a stejně tak polohu předmětu v horizontálním smyslu.

Jako pomůcka ve svislé blízké poloze posloužil věšák, který jsme porovnávali se zárubní dveří. Bylo zacíleno středem objektivu na věšák tak, aby přesně zakrýval zárubně. V dalším kroku bylo zacíleno tak, že se oba předměty nacházeli v hledáčku na okraji. Zde byl zřetelný posun mezi oběma objekty, což je právě úhel paralaxy, který potřebujeme odstranit. Chybu odstraníme posunem celého fotoaparátu na upevňovacím zařízení panoramatické hlavy ve směru horizontálním. Postup opakujeme do chvíle, kdy poloha blízkého a vzdáleného předmětu vůči sobě zůstane nezměněna.

Analogickým postupem byl řešen posun ve vertikálním směru, kdy jako pomůcka v horizontální blízké poloze posloužila násada od koštěte, porovnávaná s horní hranou nástěnné mapy.

Po nalezení vertikálního a horizontálního posunu na panoramatické hlavě byly hodnoty posunů zaznamenány a využity při snímkování v terénu (viz tab. č. 8).

Tab. 8: Posuny do bodu s nulovou paralaxou

Fotoaparát	Canon EOS 550D
Objektiv	Tokina AT-X Pro
Ohnisková vzdálenost	11 mm
Posun horizontální	105 mm
Posun vertikální	40 mm

5.1.3 Parametry fotografování

Při fotografování interiéru je nejvhodnější umístit stanovisko doprostřed místnosti, aby fotografovaná scéna působila svým rozložením atraktivně a aby se vzdálenost stanoviska od okolních předmětů příliš nelišila. Ve všech dokumentovaných zámeckých místnostech bylo toto dodrženo.

Obecně je fotografování interiéru náročnější než fotografování exteriéru. Proto nikdy nepoužíváme předdefinovaný panoramatický režim fotoaparátu, ale je nutné nastavit vše manuálně tak, aby všechny parametry dokonale korespondovaly s právě focenou scénou.

Největším úskalím při dokumentování interiéru bývají prostorové podmínky (vliv paralaxy) a světelné podmínky. Vliv paralaxy je eliminován využitím panoramatické hlavy, ale se špatnými světelnými podmínkami si musí fotograf poradit jiným způsobem, ať už se jedná o nastavení fotoaparátu nebo o metodu fotografování.

Všechny pokoje na Zámku Troja svou výzdobou působí poněkud tmavě, proto jsem zvolila fotografování s delšími expozicemi. Tím by ale došlo k přesevětlení oken a proto jsem přistoupila k metodě fotografování scény různými expozicemi. Tato technologie se nazývá *High Dynamic Range* a bude vysvětlena v kap. 5.2.

Nyní stručně popíšeme postup práce při fotografování. Po výběru stanoviska, které bylo zvoleno vždy uprostřed místnosti, tedy přímo pod lustrem, byla provedena montáž panoramatické hlavy na stativ a tato sestava byla pomocí libely zhorizontována. Dále byl pomocí upínacího šroubu k hlavě připevněn fotoaparát, který lze připevnit pouze směrem na šířku. Zde se vyskytl problém. Fotoaparát s nainstalovaným objektivem nelze připevnit k panelu panoramatické hlavy společně. Bylo tedy nutné nejdříve připevnit fotoaparát samotný a teprve poté nainstalovat objektiv k již přichycenému fotoaparátu. Takto upevněný fotoaparát s objektivem jsem pomocí posuvného panelu umístila do polohy s nulovou paralaxou díky předem určeným hodnotám horizontálního a vertikálního posunu. Před spuštěním panoramatické hlavy ji ještě propojíme s fotoaparátem pomocí přiloženého kabelu. Na takto připravené sestavě již můžeme provést nastavení a snímání scény.

Popis použitých parametrů panoramatické hlavy je uveden v tab. č. 9 a hodnoty těchto parametrů uvádí tab. č. 10. Na jejich základě si panoramatická hlava spočítá počet snímků pro vytvoření celého panoramatu a celkový čas pro snímání.

Vysvětlení fotografických pojmů uvádí tab. č. 11 a jejich používané hodnoty tab. č. 12.

Tab. 9: Popis použitých parametrů panoramatické hlavy, [7]

<i>Veličina</i>	<i>Popis</i>
<i>360° Panorama</i>	pro celokruhové panorama, nastavení horní a dolní hranice panoramatu
<i>Time/Exposure</i>	doba, po kterou panoramatická hlava snímá jednu polohu než se otočí do další polohy
<i>Pic Order</i>	pořadí snímků
<i>Shutter Mode</i>	nastavení vzdáleného nebo ručního stisknutí spouště
<i>Shutter Length</i>	doba pro zaostření a pořízení snímku
<i>Motor Speed</i>	rychlost otáčení
<i>Aspect Ratio</i>	poměr stran snímků
<i>Picture Overlap</i>	překryt snímků
<i>Panorama Memory</i>	pro opakování celého panoramatu nebo vybraných scén
<i>Camera Setup</i>	nastavení zorného pole objektivu
<i>Move Camera</i>	pohyb kamery nahoru a dolů, doprava a doleva

Tab. 10: Hodnoty použitých parametrů panoramatické hlavy

<i>Veličina</i>	<i>Nastavení</i>	
<i>360° Panorama</i>	<i>top</i>	20° od zenitu
	<i>bottom</i>	50° od nadiru
	=> 4 rows, 7 columns	
<i>Time/Exposure</i>	9 s	
<i>Pic Order</i>	row - down	
<i>Shutter Mode</i>	remote	
<i>Shutter Length</i>	6 - 8 s	
<i>Motor Speed</i>	slow	
<i>Aspect Ratio</i>	3 : 2	
<i>Picture Overlap</i>	40 %	
<i>Camera Setup</i>	63,1°	

Tab. 11: Popis fotografických pojmů, [7]

<i>Veličina</i>	<i>Popis</i>	<i>Jednotka</i>
<i>Ohnisková vzdálenost</i>	vzdálenost mezi středem čočky a rovinou, na kterou jsou zaostřeny objektivem soustředěné paprsky	milimetry (mm)
<i>Expozice</i>	množství světla dopadající na senzor	exposure value (EV)
<i>Expoziční čas</i>	doba, po kterou je senzor vystaven dopadu světla	sekunda (s)
<i>Clona</i>	reguluje množství světla procházejícího objektivem	clonové číslo (F)
<i>Citlivost</i>	citlivost senzoru na dopadající světlo; čím větší citlivost tím kratší doba expozice, ale tím větší šum	ISO
<i>Kompenzace expozice</i>	úprava expozice v krocích	exposure value (EV)
<i>Režim řízení: kontinuální</i>	opakovaná expozice při stále stisknuté spoušti	
<i>Vyvážení bílé</i>	přizpůsobení barevného podání snímku daným světelným podmínkám - barevné teplotě osvětlení	Kelvin (K)
<i>Blesk</i>	zábleskové zařízení sloužící k dočasnému osvětlení snímané scény	
<i>Ostření</i>	hranový kontrast obrazu	

Tab. 12: Nastavení fotoaparátu

<i>Veličina</i>	<i>Nastavení</i>
<i>Ohnisková vzdálenost</i>	11 mm
<i>Expoziční čas</i>	1/4 - 1 s
<i>Clona</i>	F 8,0
<i>Citlivost</i>	ISO 200
<i>Kompenzace expozice</i>	± 1 EV
<i>Režim řízení</i>	kontinuální
<i>Vyvážení bílé</i>	auto
<i>Blesk</i>	vypnutý
<i>Ostření</i>	one - shot autofocus
<i>Formát a kvalita snímku</i>	RAW + JPEG L (18 Mpix)
<i>Velikost snímku</i>	5184 x 3456 pix

Expoziční čas se lišil v závislosti na světelných podmínkách každého zámeckého pokoje, ale ostatní parametry zůstaly neměnné. Po vypnutí panoramatické hlavy zůstává nastavení v paměti, stejně tak u fotoaparátu. Jedinou výjimkou, kterou musíme znovu nastavit po každém zapnutí je kompenzace expozice.

Panorama těchto vlastností je snímáno asi 6 - 7 minut. Fotoaparát začíná snímat horní řadu snímků, vždy třikrát jednu scénu, a to v pořadí správně exponovaný snímek, dále přeexponovaný a na závěr podexponovaný. Až ukončí jednu řadu pokračuje stejným způsobem další řadou. Celkem snímá 4 řady a 7 sloupců, to je dohromady 28 scén po třech expozicích. Celkem tedy panoramatická hlava pro jedno sférické panorama snímá 84 fotografií.

Během fotografování je nutné, aby měřič a jeho pomůcky byly po celou dobu mimo záběr. Zároveň si měřič musí ohlídat zda se scéna nijak nemění např. pootevřením dveří nebo vstupem návštěvníků do snímání scény. Když bylo zřejmé, že návštěvníci zámku se chystají projít právě v místě záběru, byla použita funkce *Pause* pro pozastavení snímání panoramatu. Poté co návštěvníci opustili scénu, bylo opětovným stisknutím tlačítka *Pause*, uvedeno snímání opět do provozu. Někdy je změna scény zcela nečekaná a takto znehodnocené záběry byly po proběhnutí celého panoramatu opraveny díky funkci *Panorama Memory*.

Po kontrole zda jsou všechny snímky kompletní a kvalitní byly přístroje vypnuty a sestava přenesena na další stanoviště.

Závěrem fotografování byla soustava rozložena a přistoupili jsme k fotografování spodní části panoramatu. Při snímání pomocí panoramatické hlavy byly parametry zvoleny tak, aby byla zachycena horní část sféry. To bohužel není možné zajistit u spodní části sféry, kde zavazí nohy stativu. Z tohoto důvodu byla spodní část panoramatu snímána bez použití stativu. Byly pořízeny vždy dva snímky kolmo k podlaze, pokud možno ve stejném místě a výšce jako byl umístěn fotoaparát na stativu. Důvod pořizování dvou spodních snímků je ten, že na každém z nich byly zachyceny nohy měřiče a po jejich zamaskování v programu *Hugin* (viz kap. 5.3) by za použití pouze jednoho snímku zůstalo v panoramatu prázdné místo. Spodní snímky jsou vůči sobě otočeny o 180°. Další odlišností oproti snímání ze stativu je nastavení expozice. Ta musela být radikálně upravena pro fotografování z ruky, aby nedošlo k rozmazání snímku. Kratší doba expozice ale způsobila rozdíl v odstínu spodních snímků, což bylo následně upraveno v počítači.

5.2 Úprava podkladových snímků

Jak již bylo uvedeno výše, pořízené podkladové snímky byly před tvorbou panoramatických snímků upraveny. Byla využita technologie HDR a na spodní snímky panoramatu byla aplikována úprava jasu, kontrastu apod. Bližší popis úprav uvádějí následující kapitoly.

5.2.1 Technologie HDR

Technologie HDR slouží k zachycení vysokého dynamického rozsahu, z toho pochází i její zkratka: *HDR - High Dynamic Range* - vysoký dynamický rozsah. Citováno z [18].

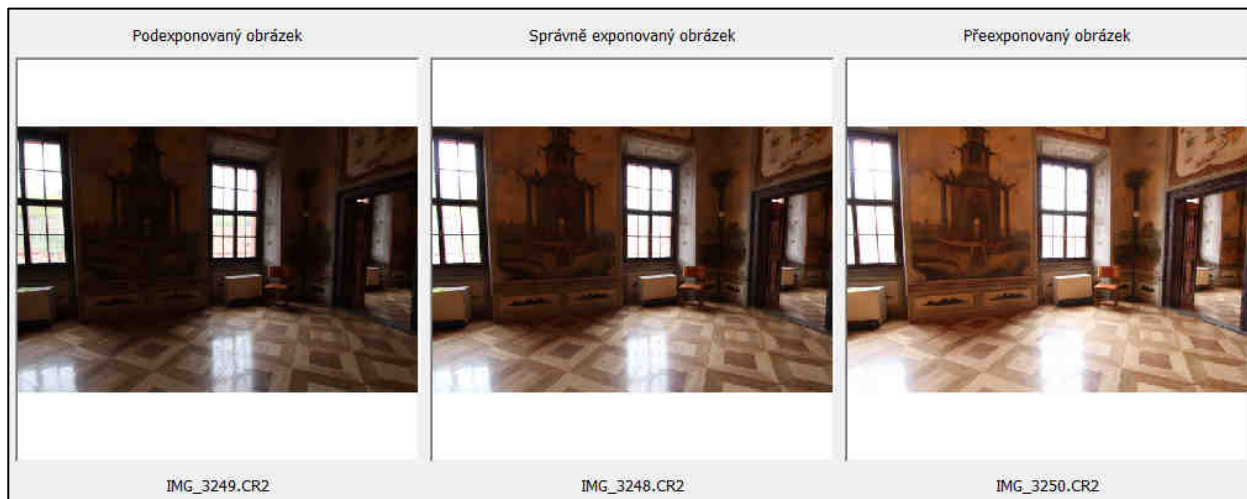
Jedná se techniku, při níž je vytvořen obraz s extrémně širokým rozsahem světla a stínů. Digitální fotoaparáty mají ve srovnání s filmovým materiálem menší expoziční pružnost a také menší dynamický rozsah. To je jeden z důvodů, proč tvořit HDR snímky, při běžném způsobu fotografování totiž nejsme schopni zachytit vše, co vidíme lidským okem. Druhým využitím HDR fotografie je tvorba snímků s velmi vysokým lokálním kontrastem, což z nich ve výsledku dělá obrazy s až snovou atmosférou a vcelku výraznou barevností. Proces tvorby HDR fotografie je vcelku jednoduchý. Vybranou scénu musíme vyfotografovat s různými expozičními hodnotami a posléze složit výsledný snímek z dílčích fotografií. Citováno z [19].

Existuje řada programů k tvorbě HDR snímků. Některé software jsou určeny výhradně k tomuto účelu (např. *Luminance HDR*), další početné zastoupení má technologie HDR v komplexních fotoeditorech jako je např. *Zoner Photo Studio*, *Adobe Photoshop*, *Corel Paint Shop Pro*, atd.

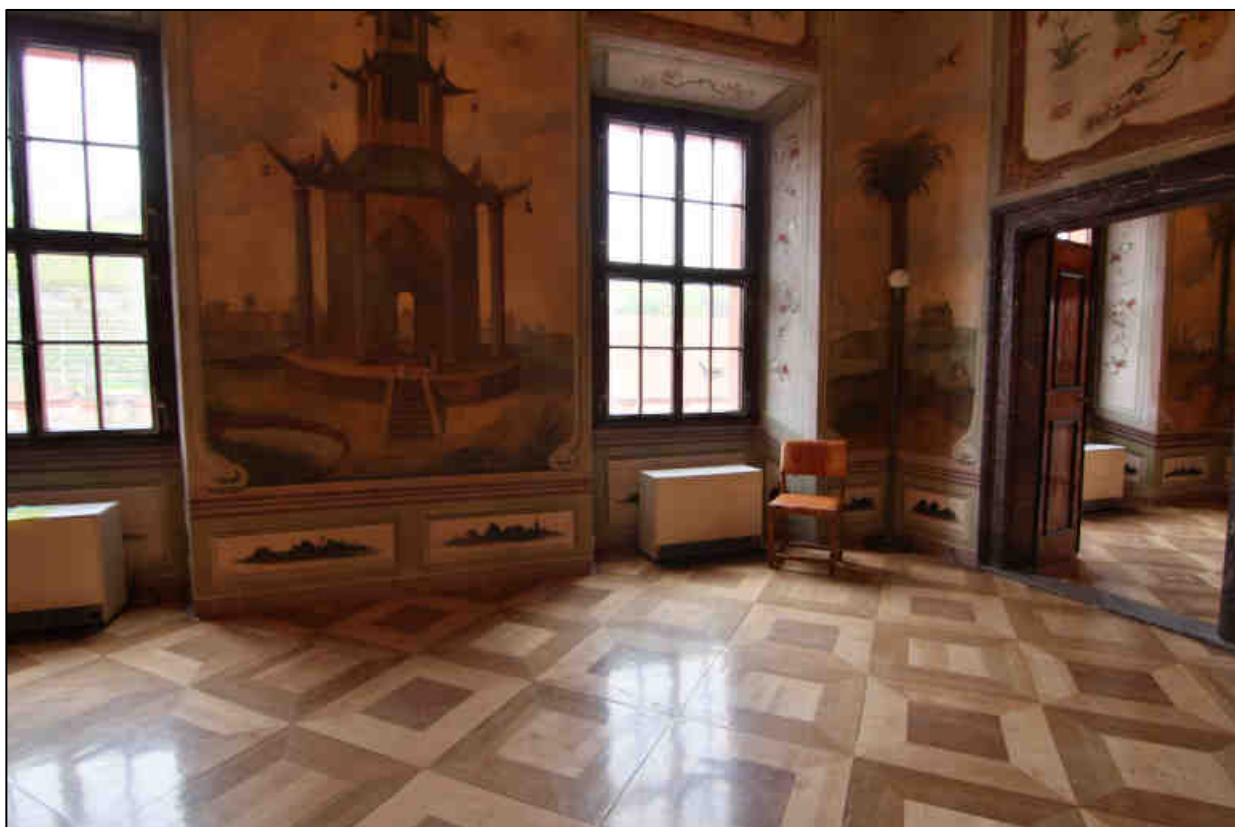
V této práci byla použita technologie HDR na všechny fotografované scény pomocí panoramatické hlavy. Největšího užítku HDR fotografií můžeme zaznamenat v těch částech místností, kde se nacházejí okna. To jsou právě místa s velmi vysokým lokálním kontrastem, kdy na výsledné HDR fotografii nenalezneme přexponovaná nebo podexponovaná místa.

Snímky HDR byly tvořeny ve zkušební verzi programu *Zoner Photo Studio 15*, který je dostupný na webových stránkách společnosti Zoner [20]. Postup tvorby HDR snímků je zde velmi snadný. Na hlavním panelu v záložce *Vytvořit* najdeme funkci *HDR prolínáním expozic*. V nově otevřeném okně vybereme 3 různě exponované snímky právě skládané scény. Dalším krokem je srovnání pořadí obrázků, které program seřadí v pořadí podexponovaný snímek, správně exponovaný snímek a přexponovaný snímek, viz obr. č 27. Dále provedeme zarovnání a ořez snímků, což v případě pořízení fotografií ze stativu není nutné. Posledním krokem je úprava *Tone mapping*, kde program nabízí úpravu světla, stínů a kontrastu. Na závěr výsledný HDR snímek uložíme ve vybraném formátu a kvalitě.

Pro opravdu kvalitní HDR snímky je dobré jako vstupní snímky použít ty ve formátu *RAW*⁷. Všechny HDR snímky byly tedy tvořeny z podkladových snímků ve formátu *RAW* a ukládány ve formátu *JPEG*, z důvodu dalšího zpracování v programu Hugin.



Obr. 27: Skládání HDR fotografie



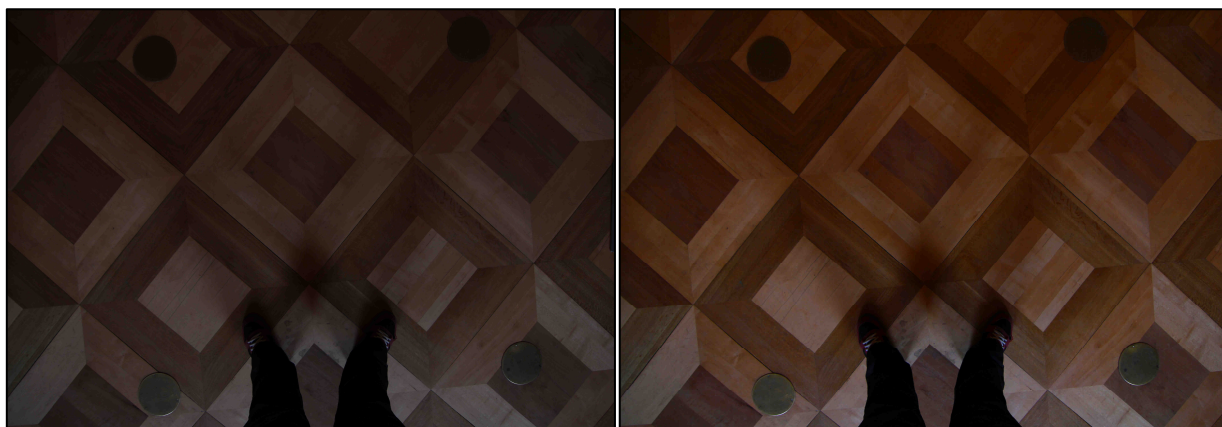
Obr. 28: Výsledná HDR fotografie

⁷ Datový formát RAW má bezztrátový způsob záznamu digitálních dat získaných snímačem fotoaparátu. Není skutečným grafickým formátem. K převodu na obrazový formát je nutné použít speciální software. Produkuje soubory relativně nenáročné na velikost a rychlost paměti, [7].

5.2.2 Úprava spodních snímků

Jak bylo uvedeno v kap. 5.1.3, spodní snímky panoramatu byly fotografovány bez stativu, s kratší expozicí. Tyto snímky se svou barevností odlišovaly od zbylé sady snímků a proto na ně byla aplikována úprava expozice, jasu, kontrastu a vyvážení barev tak, aby svou barevností co nejvíce ladily s ostatními snímky v panoramatu. Jako vstup byly opět použity snímky formátu RAW, po úpravě uložené ve formátu JPEG. Na obr. č. 29 je patrný rozdíl mezi původním a upraveným snímkem.

K editaci spodních snímků panoramatu byla využita zkušební verze software *Adobe Photoshop CS6*, dostupný na webových stránkách firmy Adobe [21].



Obr. 29: Úprava spodní fotografie

5.3 Tvorba panoramat

Z pořízených a upravených snímků můžeme tvořit panorama. Do připravované virtuální prohlídky jsem zvolili panorama sférické. V současnosti najdeme nepřeberné množství různých programů, které dávají prostor k tvorbě panoramatických snímků. Záleží však na zpracovateli a jeho požadavku na kvalitu výstupu, jaký software zvolí. Existuje řada základních aplikací kam zpracovatel nahraje podkladové snímky a aplikace sama vytvoří panorama bez možnosti jakéhokoliv zásahu do jeho tvorby. Pokud autor žádá výstup opravdu kvalitní, musí mít možnost zasáhnout do procesu tvorby. Takových programů, kde autor koriguje tvorbu od počátku do konce, je také celá řada, ale mnohdy se jedná o software komerční. Z volně dostupných aplikací, které uživatelům dovolují proces lepení fotografií editovat, jmenujme např. *Hugin*, *Panorama Perfect Lite*, *Panorama Factory*, *Autopano Pro*.

Pro zpracování panoramat do této práce byl zvolen program *Hugin*, protože s ním mám zkušenosti a vím, že dává velmi dobré výsledky. Také podporuje všechny běžné grafické formáty a potřebnou projekci pro virtuální prohlídku.

5.3.1 Program Hugin

Často je pod pojmem *Hugin* označován celý program - Hugin tvoří pouze grafické uživatelské rozhraní (GUI) pro tzv. *Panorama Tools*, což je balíček volně šiřitelných programů a knihoven pro slepování obrazů. Hlavní výhodou je, že ho můžeme používat zcela zdarma, jelikož je dostupný jako open-source⁸.

Hugin slouží jako uživatelsky přívětivé „klikací“ prostředí pro různé nástroje ovládané příkazovou řádkou. Mezi stěžejní bloky pro tvorbu panoramatického obrazu v prostředí Hugin patří zejména tyto nástroje:

- *autopano-sift*, *autopano-sift-C*, *panomatic*, *autopano*
 - pro nalezení kontrolních bodů a korespondence mezi nimi
 - detekce kontrolních bodů a navázání korespondence mezi nimi je klíčovou částí tvorby panoramatického obrazu, jelikož nám řekne, kde a jaké body se musí na dvou sousedních fotografiích překrývat
- *nona*
 - slouží k přemapování vstupních fotografií a vytvoření výstupních, které budou již pouze prolnuty
- *enblend*, *enfuse*
 - nástroje pro bezešvé (hladké) prolnutí přemapovaných obrazů

Výše uvedené odstavce zpracovány dle [22].

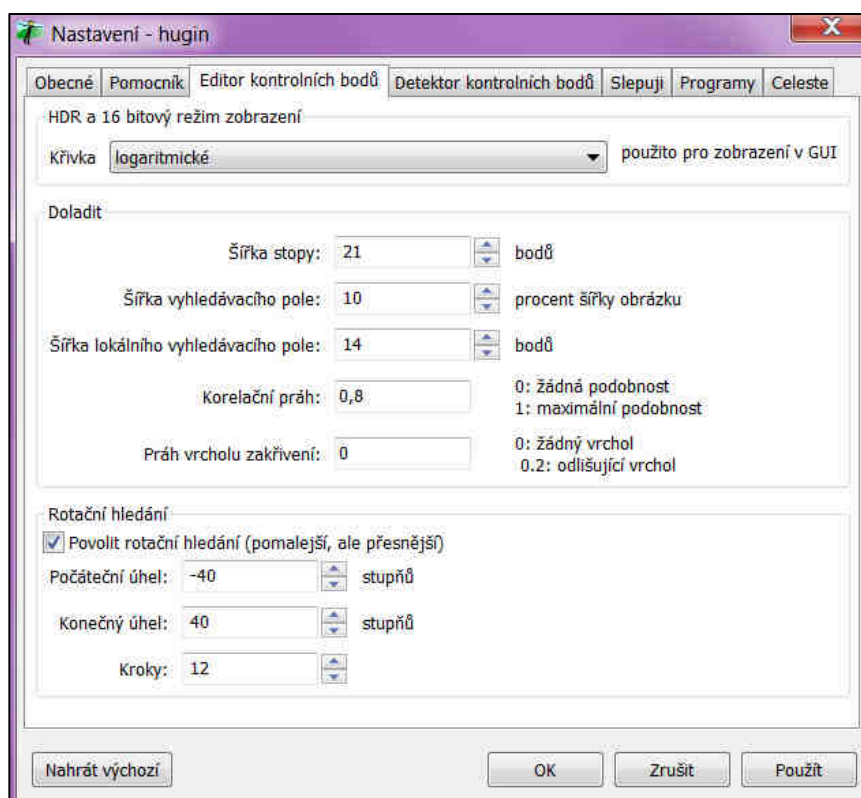
Aplikaci Hugin jsem stáhla z přímo z webových stránek [23]. Vlastní instalace je velice jednoduchá, avšak je potřeba doplnit o nástroj pro detekci kontrolních bodů *Autopano-sift-C*, který není součástí instalačního balíčku a který byl stažen z [22]. Soubor *autopano-sift-c.exe* stačí pouze nakopírovat do složky *Hugin\bin* a aplikace je připravena k použití.

⁸ Počítačový software s otevřeným zdrojovým kódem. Otevřenost zde znamená jak technickou dostupnost kódu, tak legální dostupnost - licenci software, která umožňuje, při dodržení jistých podmínek, uživatelům zdrojový kód využívat, například prohlížet a upravovat. [2].

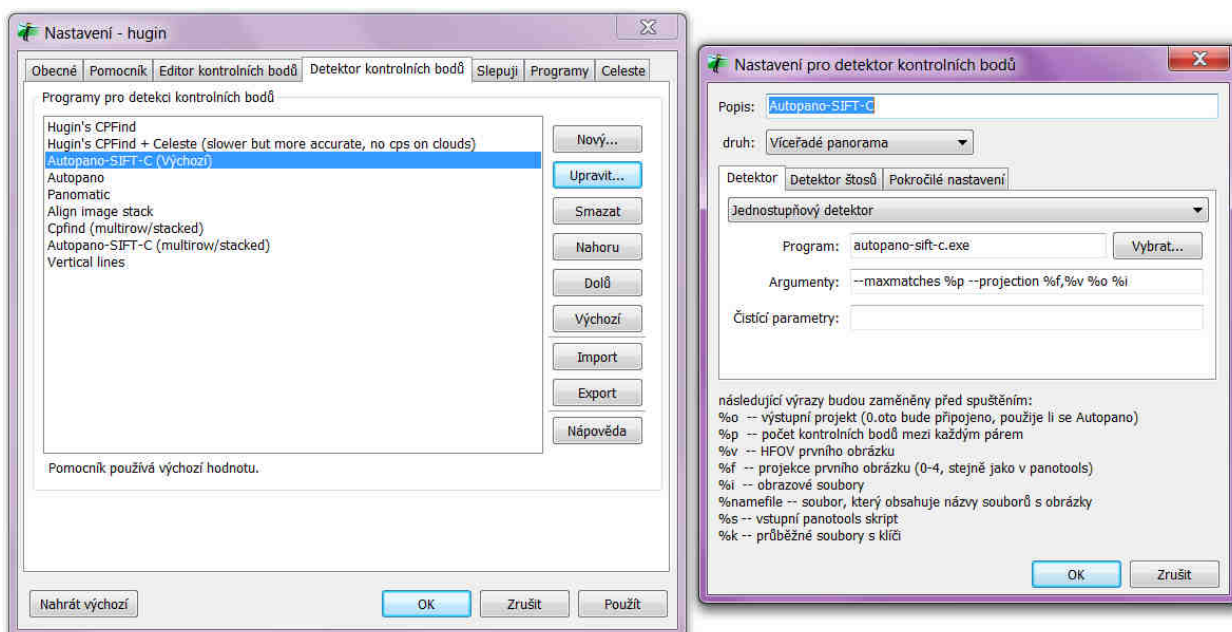
5.3.2 Tvorba panoramat v programu Hugin

Program Hugin nabízí buď plně automatickou tvorbu panoramatu, která někdy bez zásahu lidského faktoru nedává dobré výsledky a nebo tvorbu panoramatu poloautomatickou, kdy má uživatel možnost zasáhnout do procesu tvorby, panorama přizpůsobit svým požadavkům a opravit případné nesoulady. Proto byl pro účely této práce zvolen postup poloautomatické tvorby, která bude popsána níže.

Před započítáním vytváření panoramatu jsem provedla potřebné změny v nastavení programu. Na hlavním menu v záložce *Soubor* najdeme položku *Nastavení* (obr. č. 30). Zde na kartě *Editor kontrolních bodů* (obr. č. 31) povolíme funkci *Rotačního hledání* kontrolních bodů, které dává přesnější výsledky. Na další kartě *Detektor kontrolních bodů* nastavíme jako výchozí program pro jejich detekci program *Autopano-sift-C*. Tento nástroj poskytuje nejlepší výsledky při spojování snímků interiéru, proto se vyplatí jej do programu Hugin doplnit. Další úpravu nastavení provedeme ještě u toho nástroje, a to pomocí tlačítka *Upravit*, kde jako druh panoramatu vybereme *Víceřadé panorama*. To nám zaručí propojení snímků jak v řadách, tak ve sloupcích.



Obr. 30: Nastavení rotačního hledání kontrolních bodů



Obr. 31: Nastavení detektoru kontrolních bodů

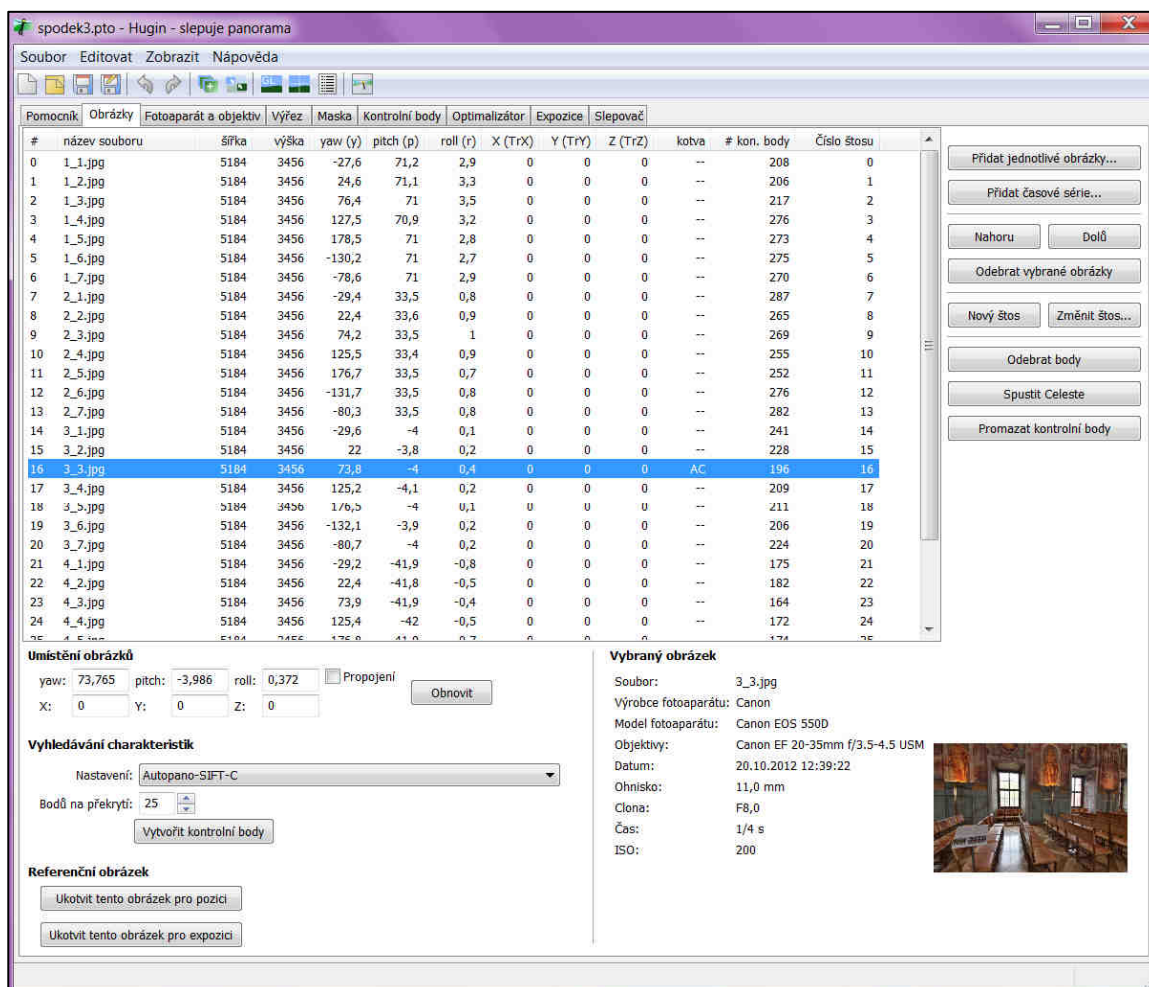
Nyní můžeme přistoupit k vlastní tvorbě panoramatického snímku. Program Hugin podporuje všechny základní formáty vstupních souborů jako je TIFF, JPEG atd. (RAW nepodporuje). Z tohoto důvodu byly složené HDR snímky ukládány ve formátu JPEG. Pro tento formát jsem oproti formátu *TIFF* rozhodla především kvůli menší velikosti souborů. Snímky formátu *JPEG* jsou v programu Hugin zpracovávány rychleji a s ohledem na prezentaci na webu jsou svou kvalitou dostačující.

Na první kartě *Pomocník*, pomocí tlačítka *Nahrát obrázky* do programu vložíme snímky pro jedno panorama. Je vhodné mít obrázky očíslované po řadách a sloupcích jednak z důvodu snadné orientace mezi obrázky a za druhé z důvodu načtení obrázků ve správném pořadí. Označují je systémem *A_B*, kde *A* značí číslo řady a *B* číslo sloupce. Pro první snímek v první řadě je tedy označení *1_1* a pro poslední snímek čtvrté řady je to *4_7*.

Po načtení snímků přejdeme na kartu *Obrázky* (obr. č. 32). Zde nastavíme počet bodů na překrytí. U sférického panoramatu se vyplatí zvolit počet bodů kolem 25. Takto velké množství bodů nám poskytuje rezervu a dovoluje mazat chybně spojené body. Dále zde můžeme určit, která fotografie bude umístěna uprostřed panoramatu a pomocí funkce *Ukotvit tento obrázek na pozici* ji na středu zafixujeme. Obdobně funguje nástroj *Ukotvit tento obrázek pro expozici*, která slouží k fixaci expozice. Těmto "kotvám" se budou ostatní snímky svou pozicí, resp. expozicí přizpůsobovat. Pro oba tyto parametry může být vybrána totožná fotografie nebo dvě různé. Snímek ukotvený na pozici je označen písmenem "A" a snímek ukotvený pro expozici písmenem "C". Pokud máme nastaveno, dáme Huginu pokyn k nalezení kontrolních bodů pomocí tlačítka

Vytvořit kontrolní body. Tento proces trvá několik minut a na závěr nám Hugin oznámí celkový počet nalezených kontrolních bodů mezi všemi snímky.

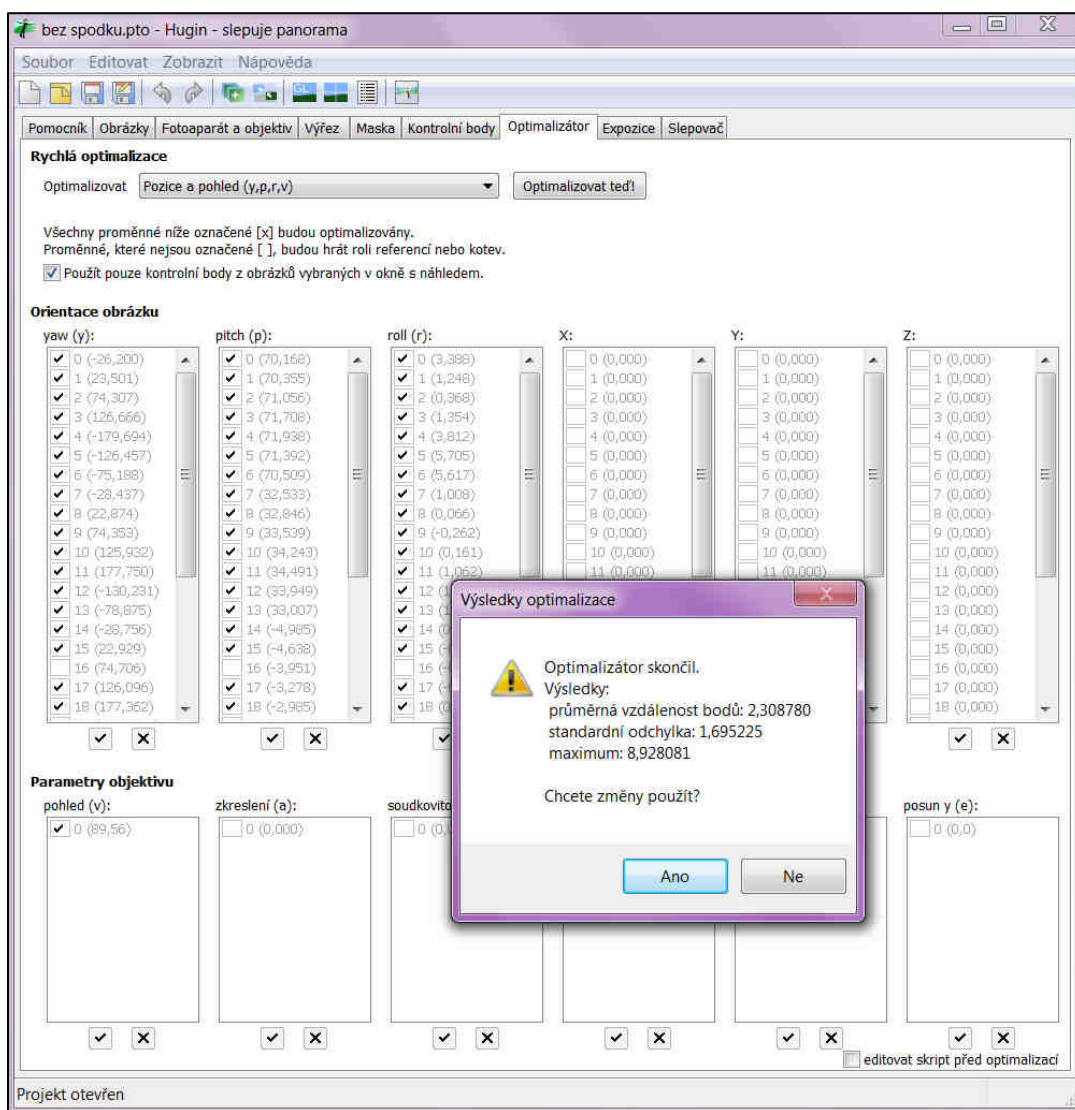
Další karta na pracovní ploše Huginu se nazývá *Fotoaparát a objektiv*. Zde je opět uveden výčet nahraných snímků a pokud tyto snímky obsahují EXIF informace, vidíme zde jejich přehled. Jsou to informace, které se ukládají při pořízení snímku jako např. ohnisková vzdálenost, expozice, typ objektivu apod.



Obr. 32: Načtené obrázky a vyhledávání bodů

Následujícím krokem po načtení snímků a vyhledání kontrolních bodů je *Optimalizace*, kterou najdeme v záložce *Optimalizátor*. Slouží k výpočtu geometrické transformace fotografií tak, aby na sebe plynule navazovaly. Velmi důležité je její nastavení. Lze obecně říci, že pro víceřadé panorama bychom měli používat typ *Pozice a pohled*, případně *Pozice, pohled a soudek*. Po proběhnutí výpočtu optimálních geometrických transformací se nám zobrazí výsledek optimalizace (obr. č. 33). Nejdůležitější veličinou je *Průměrná vzdálenost bodů*, která udává orientační přes-

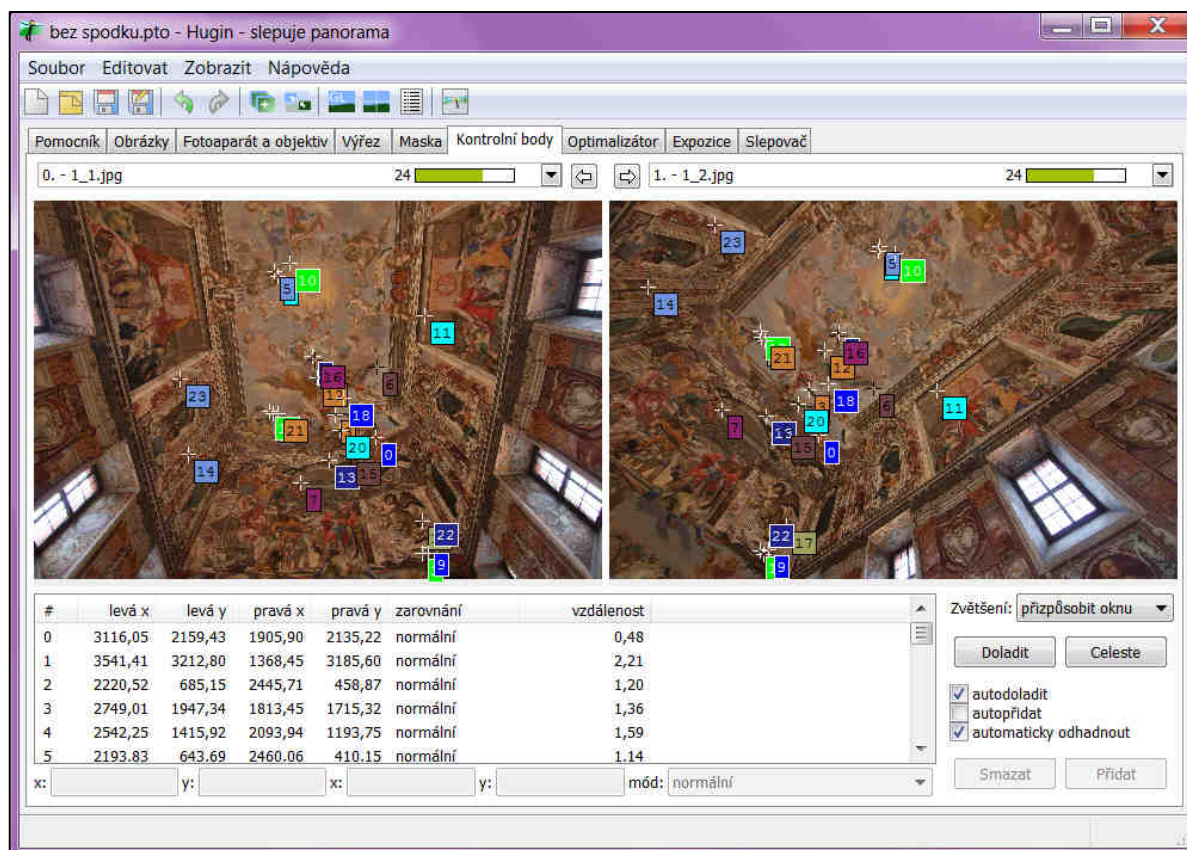
nost spasování snímků. Platí, že nižší hodnota je lepší, ale přesná hranice neexistuje. Ovšem pokud je tato hodnota v řádu stovek, není něco v pořádku.



Obr. 33: Výsledky optimalizace

V této fázi je vhodná doba na shlednutí náhledu panoramatu. Poslouží nám funkce *Rychlý náhled panoramatu*, která se nachází v hlavním menu v záložce *Zobrazit*. Náhled panoramatu se otevře v novém okně, avšak není spojeno bezešvým způsobem. K tomu dojde až při závěrečném slepování. V záložce *Přesunout/přetáhnout* můžeme provádět úpravu tvaru panoramatu tak, aby bylo rovně, nijak se neprohýbalo a nenaklánělo. Ke změně prohnutí slouží nástroj *Pitch*, k rotaci je určen nástroj *Roll* a pro horizontální posun je to *Yaw*. Na dalších záložkách v okně rychlého náhledu najdeme nastavení typu projekce, ořez celého panoramatu a v záložce *Rozvržení* je pomocí barevných čar znázorněno jak dobře jsou jednotlivé snímky propojeny. Šedá čára znázorňuje pár obrázků bez kontrolních bodů, který se překrývá. Zelené čáry ukazují dobré zarovnání,

žluté čáry průměrné zarovnání a červené čáry špatné zarovnání. Po kliknutí na čáru se otevře patřičný pár obrázků v pracovním okně v záložce *Kontrolní body*, kde můžeme provést ruční editaci (obr. č. 34).



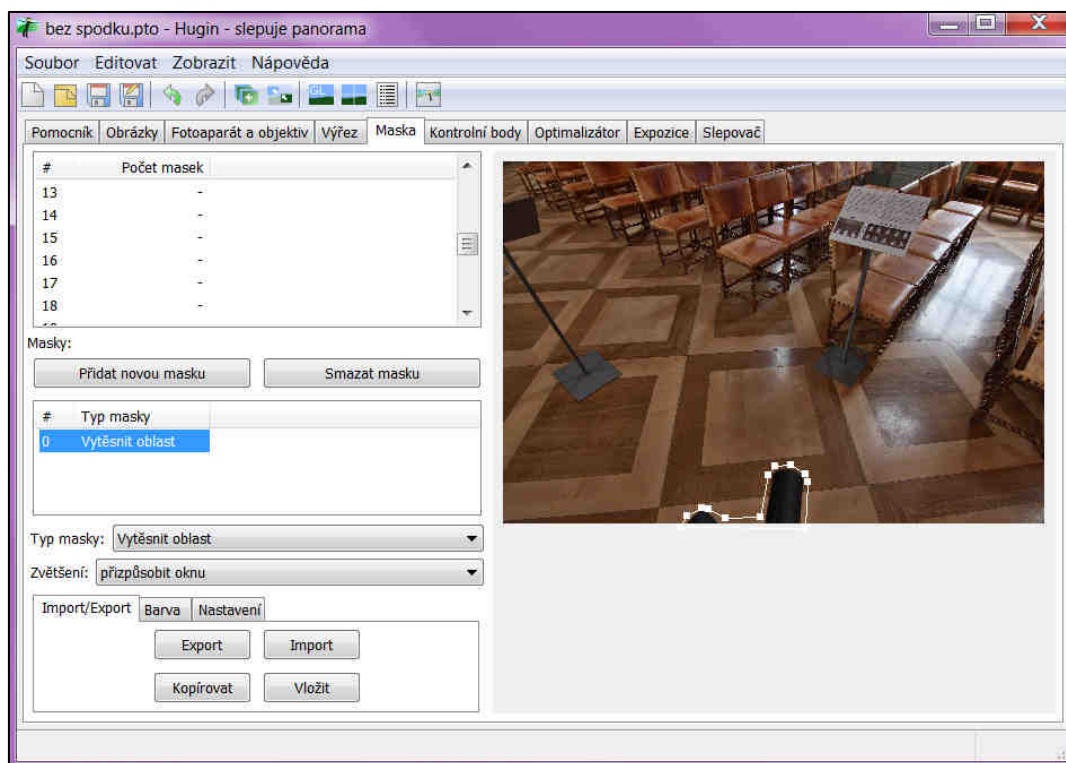
Obr. 34: Kontrolní body

Pokud výsledek optimalizace vykazuje vysokou hodnotu průměrné vzdálenosti bodů, musíme přikročit k ruční editaci kontrolních bodů. Je možné je mazat, přidávat nebo posouvat. Nej důležitější je po každém zásahu do kontrolních bodů provést novou optimalizaci a to do doby než se spasováním a tvarem panoramatu budeme spokojeni.

Před vlastním slepením panoramatu můžeme ještě provést editaci dílčích snímků v záložkách *Maska*, *Výřez* a *Expozice*. Velice užitečnou je záložka *Maska*, která nabízí výběr oblasti z fotografie, která se buď má vytěsnit anebo naopak určitě zahrnout do panoramatu. Této funkce bylo využito k vytěsnění části fotografií, na kterých jsou zachyceny nohy stativu (obr. č. 35).

V záložce *Výřez* můžeme určitou fotografii oříznout a tím zmenšit její překryt se sousedním snímkem. Poslední záložkou před slepováním je *Expozice*. Slouží k fotometrické optimalizaci. Tento nástroj najde uplatnění především u snímků, které se výrazně liší svou barevností a je potřeba provést optimalizaci expozice a vyvážení bílé. V našem případě toto nebylo nutné, protože

podkladové snímky byly pořízeny v manuálním režimu fotografování a nedošlo tak k velkým barevným rozdílům. U snímků, které byly pořízeny z ruky, byla tato úprava provedena předem.



Obr. 35: Využití funkce Maska

Na závěr, jsme-li spokojeni s výsledky optimalizace a celkovým vzhledem panoramatu, přistoupíme ke slepení snímků v záložce *Slepovač*. Zde provedeme několik posledních nastavení. Prvním z nich je volba Projekce. Hugin nabízí více než 20 druhů projekce. V našem případě, kdy z panoramatických snímků budeme tvořit virtuální procházku, musíme vybrat takovou projekci, která bude pro tento účel vhodná a zároveň bude podporována programem pro tvorbu virtuální prohlídky. K tomuto účelu byla využita aplikace *PTViewer* (viz kap. 5.4.1), která podporuje pouze typ projekce *Cylindrická* (pro válcové panorama) nebo *Equirectangulární* (pro sférické panorama). Jasnou volbou je tedy projekce *Equirectangulární*. Dalším parametrem je velikost plátna panoramatu v pixelech a především formát výstupu a komprese. Výsledné panoramatické fotografie byly uloženy ve formátu *TIFF* s *LZW* kompresí. Velikost výstupních fotografií se pohybuje kolem 350 Mb, proto pro další zpracování v aplikaci *PTViewer* byly převedeny do formátu *JPEG* s nižší kvalitou. Proces spojování panoramatu trvá několik desítek minut až hodin v závislosti na podkladových snímcích a na hardwaru počítače.

Hotové panorama bylo vždy důkladně prohlédnuto a byly posouzeny nedostatky. Když byly zjištěné nedostatky příliš viditelné bylo nutno proces opakovat, avšak ne vždy bylo docíleno absolutně bezešvého prolnutí (viz kap. 5.3.3). Ukázka výsledného panoramatu je v příloze II.

5.3.3 Problémy a jejich řešení

Jak jsem zmínila v předchozí kapitole, při slepování panoramat se vyskytly jisté potíže. Jejich popisu a řešení budou proto věnovány následující 3 kapitoly.

5.3.3.1 Kontrolní body a přetočení snímku

Na první problém jsem narazila hned z počátku tvorby panoramatu. Po vyhledání kontrolních bodů pomocí nástroje *Autopano-sift-C* a po provedení první optimalizace, se některé snímky nesmyslně přetočily. V některých případech se jednalo o přetočení až kolem hodnoty 180°. Při bližším zkoumání tohoto problému jsem zjistila, že k takto nesmyslnému přetočení snímku dochází v případě, když se program snaží spojit dva nepřekrývající se snímky. Řešením tedy je, kontrolní body nalezené na vzájemně nespojitelných snímcích smazat a provést novou optimalizaci. Tyto kontrolní body se hledají poměrně snadno, jelikož se vyznačují obrovskou vzdáleností mezi dvěma spojovanými snímky. K úplnému odstranění problému s přetočenými snímky jsem někdy musela provést několik úprav kontrolních bodů a několik optimalizací.

Při tvorbě několika panoramat se mi i po stovkách odebraných bodů a několikanásobné optimalizaci, nepodařilo problém vyřešit. Proto jsem vyzkoušela použít namísto nástroje *Autopano-sift-C* nástroj *CPFind*. Ten sice není vhodný pro vytváření takto velkého množství kontrolních bodů při spojování víceřadého panoramatu, ale v případech kde selhal nástroj *Autopano-sift-C* posloužil jako uspokojivá náhrada. Také po první optimalizaci propojil některé nespojitelné snímky, ale hned po smazání nekorektních kontrolních bodů, byly potíže s přetočenými snímky odstraněny a průměrná vzdálenost mezi body po optimalizaci byla výrazně nižší. Průběh optimalizací shrnuje tabulka v příloze III.

5.3.3.2 Připojování spodních snímků

Napojení spodních snímků vykazovalo vždy velké nesoulady. To je způsobeno tím, že tyto snímky byly pořízeny po odstranění stativu a tedy fotografovány z jiného místa (působí zde vliv paralaxy).

Osvědčilo se mi, tyto snímky přidat do panoramatu až na závěr. Pokud byly tyto snímky spojovány hned zpočátku spolu s ostatními, působily při tvorbě jako rušivý element. Kvůli nim vykazovaly ostatní snímky enormní chyby a celkově bylo panorama takřka nespojitelné. Z tohoto důvodu jsem nejprve provedla propojení a vyladění snímků, fotografovaných ze stativu za pomoci panoramatické hlavy. Teprve potom jsem jednotlivě připojila dva spodní snímky. Propojení s ostatními snímky pomocí kontrolních bodů jsem provedla ručně. I tak nebylo dosaženo dobrého napojení spodních snímků, čáry propojující spodní obrázky byly vyznačeny červenou barvou, ale alespoň nedošlo k rozladění celého panoramatu.

Přes veškerou snahu ve výsledných panoramatických snímcích zůstalo kostrbaté napojení spodních snímků.

5.3.3.3 Nedokonalé prolnutí snímků

Po spojení fotografií pořízených ze stativu, editaci kontrolních bodů a následné několikanásobné optimalizaci, bylo dosaženo uspokojivých výsledků v napojení. Průměrná vzdálenost kontrolních bodů se pohybovala v rozmezí 5 - 7. Připojením spodních snímků se tato hodnota vždy zhoršila.

Po zkušebním slepení takto připraveného panoramatu se vyskytly chyby v napojení snímků. Jednalo se o odskočení horizontálních nebo vertikálních linií. Přistoupila jsem tedy znovu k editaci kontrolních bodů a nyní jsem se zaměřila na vyvážení svislých a vodorovných čar. V některých případech došlo k úplnému odstranění zmíněných chyb, někdy se v daném místě chyba vyhladila a projevila se o kousek vedle.

Dalším podrobným zkoumáním jsem zjistila, že tyto odskoky se nacházejí v místech, kde je velké množství překrývajících snímků (v jejich rozích). Proto jsem potřebné snímky ořízla. K tomu slouží funkce na záložce *Výřez*.

Opět v některých případech došlo k vyhlazení napojení, ale někde problém zůstal. Přes veškerou snahu o nápravu, zdlouhavou ruční editaci bodů a další změny v nastavení jsem nedokázala panoramatické snímky zbavit všech nesouladů v napojení.

5.4 Tvorba virtuální procházky

Pro vytvoření virtuální procházky existuje velký výběr programů. Obdobně jako u programů pro vytváření panoramatických snímků je můžeme rozdělit do dvou skupin - placené komerční programy a volně dostupné. V první kategorii najdeme programy, které jsou pro uživatele atrak-

tivní, snadno se ovládají a mají grafické prostředí. Ve skupině volně dostupných programů už není ovládání tak snadné, jedná se totiž většinou o programy, které vytváření prohlídku přímou editací zdrojového kódu pomocí nějakého programovacího jazyka. Nejčastěji se jedná o programovací jazyk *Java*.

Virtuální procházka Zámku Troja byla zpracována pomocí programu *PTViewer* na podkladě panoramatických fotografií.

5.4.1 PTViewer

PTViewer je volně dostupná open-source aplikace pro prohlížení panoramatických scén. Je vytvořen v programovacím jazyku *Java* a je formou appletu, což je komponenta určitého software, která běží v kontextu jiného programu (např. webového prohlížeče). Program byl stažen z [25].

Pomocí aplikace *PTViewer* je možné vytvořit panoramatickou prohlídku v rozsahu 360° horizontálně a 0° - 180° vertikálně. Podmínkou je ovšem panoramatický snímek v equirectangulární projekci a v grafickém formátu *JPEG* nebo *GIF*. K ovládání prohlídky lze využít myš i klávesnici, pomocí nich můžeme panoramatem otáčet, posouvat a přibližovat. *PTViewer* podporuje tvorbu aktivních bodů, neboli *Hotspotů* (viz kap. 5.4.2). Velikost obrázku a prohlídkového okna není omezena, ale je doporučeno používat obrázky menší než 25kB z důvodu rychlého načítání.

5.4.2 Aktivní body

Aktivní body (*Hotspoty*) ve virtuální prohlídce slouží především k propojení více prohlídek, čímž vznikne virtuální procházka. Mimo to se dají využít k vložení doplňkových obrázků, textů, audio a video stop do prohlídky, aby tak učinily celou prohlídku pro uživatele zajímavější.

Po kliknutí na takový *Hotspot* se uživatel buď přesune na další scénu nebo se mu zobrazí či přehrají dodatečné informace k právě zobrazené scéně.

5.4.3 Možnosti nastavení virtuální prohlídky

Nastavení virtuální prohlídky provádíme na základě editace *HTML*⁹ kódu, k čemuž stačí běžný základní editor typu *Poznámkový blok*.

⁹ HyperText Markup Language je značkovací jazyk pro strukturování textu, [2].

Lze samozřejmě využít i sofistikovanějších editorů jako je např. *PSPad editor*, který byl využit pro účely této diplomové práce. Jedná se opět o volně dostupný program [26] pro práci s textem a vytváření webových stránek.

K vytvoření virtuální prohlídky potřebujeme kromě textového editoru a webového prohlížeče ještě aplikaci *ptviewer.jar* [25], panoramatický snímek ve formátu *JPEG* nebo *GIF* a soubor *HTML* se stejným pojmenováním jako panoramatickou fotografií. Tyto tři soubory je nezbytné mít uložené v jednom adresáři.

Základní applet se vkládá do těla stránky a jeho forma vypadá takto:

```
<APPLET archive=ptviewer.jar code=ptviewer.class width=320 height=200>  
<PARAM name=file value="pano.JPG">  
</APPLET>
```

Vlastní virtuální prohlídku vytváříme vkládáním dalších parametrů do základního appletu. Jde hlavně o nastavení velikosti zorného pole, počáteční úhel pohledu, rotaci, přiblížení, maximální a minimální hodnoty zorného úhlu a úhlu sklonu, nastavení ovládání a *Hotspotů* a mnoho dalších. Jejich syntaxe a bližší specifikace je popsána zde [25].

Program *PTViewer* poskytuje poměrně rozsáhlé možnosti a dává kvalitní výsledky, ale z důvodu omezených zdrojů literatury týkajících se tohoto programu je práce s ním pro nezkušené uživatele poněkud náročnější. Přes vynaloženou snahu dosáhnout co nejlepších výsledků, nebyly v této diplomové práci vyzkoušeny všechny možnosti, které *PTViewer* nabízí.

Jako možnost propojení prohlídky s dalšími informacemi slouží použité *Hotspoty*, dalším způsobem je klikací mapa.

6 PREZENTACE VÝSLEDKŮ

6.1 Webová stránka

Webová stránka je dokument, který je možné pomocí webového prohlížeče zobrazit na monitoru počítače či displeji mobilního telefonu. Informace jsou prezentovány ve formě hypertextového odkazu. Stránky se skládají z textu, obrázků, videa, zvuku a odkazů, které umožňují přechod na další webové stránky. Citováno z [2].

Pro prezentaci výsledků této práce byla vytvořena webová stránka ve formátu *HTML* dle návodů [27], která bude uveřejněna zde <http://geo3.fsv.cvut.cz/~soukup/peso/diplomky.html>.

6.2 Vložení 3D modelu do webových stránek

Pro vložení prostorového modelu na webové stránky v současné době existuje mnoho způsobů. Nejčastějším je vygenerování *HTML* souboru prostřednictvím nějaké aplikace či pluginu¹⁰.

Model Zámku Troja jsem se pokoušela vyexportovat pomocí dvou aplikací. První z nich je webová služba *Sketchfab*, která je dostupná zde [28]. Registrovanému uživateli poskytuje možnost vygenerování *HTML* souboru po načtení svého modelu do této služby.

Druhou obdobnou možností je nahrát model do programu *Spread3D*, jeho volná verze je dostupná z [29]. Obě tyto možnosti bohužel ztroskotaly na velikosti modelu. Volně dostupné programy určené k manipulaci s modelem podporují modely o velikosti pouze několika MB.

Dalším řešením bylo stáhnout plugin pro program SketchUp [12]. Pro umístění interaktivního modelu na vlastní webové stránky byl zvolen plugin *Google SketchUp Web Exporter*. Možnosti prohlížení modelu jsou však velice omezené, protože rotovat s modelem lze pouze kolem svislé osy.

¹⁰ Zásuvný modul; je to software, který nepracuje samostatně, ale jako doplněk jiné aplikace a rozšiřuje tak její funkčnost, [2].

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo vytvoření celkové prezentace Zámku Troja v Praze. Na základě uvedených podkladů byl zpracován prostorový model objektu. Zvolený postup a výběr programu k tvorbě se osvědčil, práce byla efektivní a bylo dosaženo zdařilého výsledku. Přesnost modelu je dána přesností podkladů, tedy především stavebních výkresů. Určitým omezením byla nezbytná úprava některých rozměrů budovy z důvodu pravidelného modelování. Celková přesnost modelu je charakterizována hodnotou do 10 cm.

Model je možné dále upravovat, existuje zde prostor pro doplnění hlavního schodiště o zobrazení soch, což nebylo možné v rámci této práce realizovat z důvodu přílišné časové náročnosti.

Pro prezentaci vnitřních prostor Zámku Troja byla zvolena virtuální procházka, zpracovaná na základě vlastnoručně pořízených podkladových panoramatických snímků. Procházka měla být zpracována jak pro přízemí tak pro první podlaží objektu. Změna sjednaných podmínek s Galerií hlavního města Prahy způsobila, že pro fotografování bylo dostupné pouze první patro budovy a zpracována mohla být tedy pouze tato část.

Množství času, který byl věnován vyhotovení 3D modelu a tvorbě virtuální procházky je značné. Galerie hlavního města Prahy, jež je správcem objektu, projevila zájem o výsledky mé práce, proto doufám, že mé úsilí poslouží návštěvníkům zámku a poskytne veřejnosti nový úhel pohledu na tuto historickou památku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Vizualizace staveb* [online]. 2012 [cit. 2012-11-03].
Dostupné z: <http://www.vizualizace-staveb.cz/cs/content/vizualizace-staveb-interieru/>
- [2] Wikipedie: Otevřená encyklopedie. In: *Wikipedie: Otevřená encyklopedie* [online]. 2012 [cit. 2012-11-03].
Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/>
- [3] *Artoo* [online]. 2009 [cit. 2012-11-05].
Dostupné z: <http://www.artoo.cz/architektura-design-vizualizace.html>
- [4] *CAD.cz* [online]. 2009 [cit. 2012-11-05].
Dostupné z: <http://www.cad.cz/stavebnictvi.html>
- [5] *Art od Illusion* [online]. 2008 [cit. 2012-11-05].
Dostupné z: <http://vasek.wu.cz/artilusion/AoIManual/rendering.html>
- [6] *Virtuální realita* [online]. 2009 [cit. 2012-11-05].
Dostupné z: <http://virtualni-realita.webovareseni.cz/>
- [7] *3Dpano: panoramatické prohlídky* [online]. 2006 [cit. 2012-11-10].
Dostupné z: <http://3dpano.cz/poradna/slovník>
- [8] *Mapy.cz* [online]. 2011 [cit. 2012-11-15].
Dostupné z: <http://www.mapy.cz/>
- [9] *UNIVERSUM: Všeobecná encyklopedie*. Praha: Odeon, 2001. ISBN 80-207-1060-4.
- [10] Turistický atlas. FUTURECOMPANY. *Turistický atlas* [online]. 2010 [cit. 2012-11-15].
Dostupné z: http://turistickyatlas.cz/vse/misto/6622_zamek-troja.html

- [11] *Rajče.net: místo pro vaše fotografie* [online]. 2012 [cit. 2012-11-15].
Dostupné z: http://leguan.rajce.idnes.cz/Zamek_Troja/
- [12] SketchUp. *SketchUp* [online]. 2012 [cit. 2012-11-23].
Dostupné z: <http://www.sketchup.com/intl/en/download/index.html>
- [13] Google: support. *Google: support* [online]. 2012 [cit. 2012-11-23].
Dostupné z: <http://support.google.com/sketchup/bin/answer.py?hl=cs&answer=1267260&topic=22510&ctx=topic>
- [14] *SIMphoto* [online]. 2008 [cit. 2012-12-04].
Dostupné z: <http://www.simphoto.wz.cz/>
- [15] *ITRAS: váš spolehlivý průvodce na cestách* [online]. 2012 [cit. 2012-12-04].
Dostupné z: <http://itras.cz/trojsky-zamek/>
- [16] *Ferra* [online]. 2012 [cit. 2012-12-08].
Dostupné z: <http://news.ferra.ru/hard/2010/02/09/95623/?from=rhead&rand=1&slot=2>
- [17] *GigaPan* [online]. 2012 [cit. 2012-12-08].
Dostupné z: <http://gigapan.com/>
- [18] *Flor: o fotografování a Photoshopu* [online]. 2009 [cit. 2012-12-10].
Dostupné z: <http://blog.flor.cz/hdr-fotografie/>
- [19] *Milujeme fotografii* [online]. 2011 [cit. 2012-12-10].
Dostupné z: <http://www.milujemefotografii.cz/vytvarime-hdr-fotografii>
- [20] *Zoner: Photo Studio* [online]. 2012 [cit. 2012-12-10].
Dostupné z: <http://www.zoner.cz/photo-studio/>

- [21] *Adobe* [online]. 2012 [cit. 2012-12-11].
Dostupné z: http://www.adobe.com/cfusion/tdrc/index.cfm?product=photoshop&loc=cs_cz
- [22] *Digimánie* [online]. 2010 [cit. 2012-12-11].
Dostupné z: http://www.digimanie.cz/art_doc-73055FE1D7A7796BC12577A10032B7CB.html
- [23] *Hugin: Panorama Photo Stitcher* [online]. 2012 [cit. 2012-12-12].
Dostupné z: <http://hugin.sourceforge.net/>
- [24] *Zámek Troja u Prahy: Dějiny, stavba, plastika a malba*. Praha: Paseka, 2000.
ISBN 80-7185-336-4.
- [25] *Prof. Dr. H. Dersch* [online]. 2011 [cit. 2012-12-14].
Dostupné z: <http://webuser.fh-furtwangen.de/~dersch/>
- [26] *Stahuj.cz: Svět software* [online]. 2012 [cit. 2012-12-14].
Dostupné z: http://www.stahuj.centrum.cz/vyvojove_nastroje/www-tvorba/ostatni_editory/pspad/
- [27] *Jak psát web: o tvorbě internetových stránek* [online]. 2012 [cit. 2012-12-14].
Dostupné z: <http://www.jakpsatweb.cz/>
- [28] *Sketchfab* [online]. 2012 [cit. 2012-12-15].
Dostupné z: <https://sketchfab.com/>
- [29] *Spread3D* [online]. 2012 [cit. 2012-12-15].
Dostupné z: <http://spread3d.com/products.html>

SEZNAM POUŽITÝCH PROGRAMŮ

Microstation PoweDraft V8i

CAD software, určen pro návrh v 2D i 3D, je vyvíjen firmou Bentley. *Komerční, využita akademická verze.*

Trimble SketchUp 6

CAD software, pro tvorbu 3D modelů, vyvíjen společností Trimble. *Volně dostupný.*

SIMPhoto

Určen k tvorbě fotoplánu, vyvinut Davidem Čížkem v rámci bakalářské práce na Fsv ČVUT v Praze. *Volně dostupný.*

Zoner Photo Studio 15

Pro správu, editaci a publikaci fotografií. *Komerční, využita zkušební verze.*

Photoshop CS6

Pro editaci fotografií. *Komerční, využita zkušební verze.*

Hugin 4.0

Program k vytváření panoramatických fotografií. *Open-source.*

IrfanView 4.2

Prohlížeč obrázků. *Volně dostupný.*

PTViewer 3.1.2

Aplikace pro vytváření virtuální prohlídky. *Open-source.*

PSPad 4.5.6

Textový editor pro psaní prostých textů a zdrojových kódů. *Volně dostupný.*

Spread3D 1.4

Program pro prezentaci 3D modelů. *Volně dostupný.*

Sketchfab

Služba pro prezentaci 3D modelů. *Volně dostupný.*

Mozilla Firefox 18

Webový prohlížeč. *Volně dostupný.*

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Statická scéna prostorového modelu, [3]	12
Obr. 2	Sekvence snímků animace, [2]	12
Obr. 3	3D půdorys, [3]	13
Obr. 4	Rovinné panorama, [7]	14
Obr. 5	Válcové panorama, [7]	15
Obr. 6	Kulové panorama, [7]	15
Obr. 7	Krychlové panorama, [7]	15
Obr. 8	Umístění zámku, [8]	18
Obr. 9	Letecký pohled na Zámek Troja, [11]	20
Obr. 10	Letecký pohled na zámecké zahrady, [11]	21
Obr. 11	Pohled z Vinice sv. Kláry	21
Obr. 12	Řez modelem	23
Obr. 13	Přichytávání kurzoru	24
Obr. 14	Ukázka komponent	24
Obr. 15	Ukázka stavebního výkresu - výřez půdorysu přízemí	28
Obr. 16	Vytažení z roviny do prostoru	30
Obr. 17	Odměrování délek z fotodokumentace	31
Obr. 18	Konstrukce říms	32
Obr. 19	Střecha Císařského sálu	33
Obr. 20	Střecha bočního křídla	33
Obr. 21	Propojený model	34
Obr. 22	Textury na rovné ploše	36
Obr. 23	Využití transparentní textury	37
Obr. 24	Složená římsa	39
Obr. 25	Fotoaparát Canon EOS 550D, [16]	42
Obr. 26	Panoramatická hlava GigaPan EPIC Pro, [17]	43
Obr. 27	Skládání HDR fotografie	50
Obr. 28	Výsledná HDR fotografie	50
Obr. 29	Úprava spodní fotografie	51
Obr. 30	Nastavení rotačního hledání kontrolních bodů	53
Obr. 31	Nastavení detektoru kontrolních bodů	54

Obr. 32	Načtené obrázky a vyhledávání bodů	55
Obr. 33	Výsledky optimalizace	56
Obr. 34	Kontrolní body	57
Obr. 35	Využití funkce Maska	58

SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Základní údaje o Zámku Troja	18
Tab. 2	Nástroje k modelování	25
Tab. 3	Parametry skenování stavební dokumentace	28
Tab. 4	Etapy modelování	30
Tab. 5	Přehled konstruovaných komponent	32
Tab. 6	Místnosti ve virtuální procházce	40
Tab. 7	Základní parametry fotoaparátu a objektivu	41
Tab. 8	Posuny do bodu s nulovou paralaxou	44
Tab. 9	Popis použitých parametrů panoramatické hlavy, [7]	46
Tab. 10	Hodnoty použitých parametrů panoramatické hlavy	46
Tab. 11	Popis fotografických pojmů, [7]	47
Tab. 12	Nastavení fotoaparátu	47

SEZNAM ZKRATEK

VRML	<i>Virtual Reality Modelling Language</i> - jazyk pro popis trojrozměrného prostoru
CAD	<i>Computer-aided design</i> - počítačem podporované projektování
AVI	<i>Audio Video Interleave</i> - video formát vyvinutý pro Windows
JPEG	<i>Joint Photographic Experts Group</i> - grafický formát obrázků, nejčastěji využívaný pro ukládání fotografií na webu
TIFF	<i>Tag Image File Format</i> - formát pro ukládání rastrové počítačové grafiky
DXF	<i>Drawing Exchange Format</i> - CAD formát vyvinutý firmou Autodesk umožňující výměnu dat mezi programem AutoCAD a dalšími programy
DPI	<i>Dots Per Inch</i> - údaj určující kolik obrazových bodů (pixelů) se vejde do jednoho palce
PNG	<i>Portable Network Graphics</i> - grafický formát určený pro bezztrátovou kompresi rastrové grafiky
BMP	<i>Windows BitMap</i> - grafický rastrový formát
CMOS	<i>Complementary Metal-Oxide-Semiconductor</i> - technologie používaná na výrobu čipů a obrazových senzorů
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> - Mezinárodní organizace pro normalizaci; parametr udávající citlivost ve fotografii
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i> - tenké a ploché zobrazovací zařízení, skládající se z pixelů
SD	<i>Secure Digital</i> - paměťová karta
SDHC	<i>Secure Digital High Capacity</i> - vysokokapacitní paměťová karta
SDXC	<i>Secure Digital eXtended Capacity</i> - vylepšená technologie vysokokapacitních paměťových karet
RAW	<i>z ang. raw = surový</i> - datový formát pro bezztrátový způsob záznamu digitálních dat
HDR	<i>High Dynamic Range</i> - technologie, která umožňuje velký dynamický rozsah expozice scény
LZW	<i>Lempel-Ziv-Welch</i> - bezztrátový kompresní algoritmus
EXIF	<i>Exchangeable Image File Format</i> - digitální aparát, který ukládá spolu s obrazovým souborem doplňkové informace o jeho pořízení
GIF	<i>Graphics Interchange Format</i> - grafický formát pro rastrovou grafiku
HTML	<i>HyperText Marker Language</i> - značkovací jazyk pro hypertext, využívaný pro tvorbu webu

OBSAH DATOVÉHO DISKU

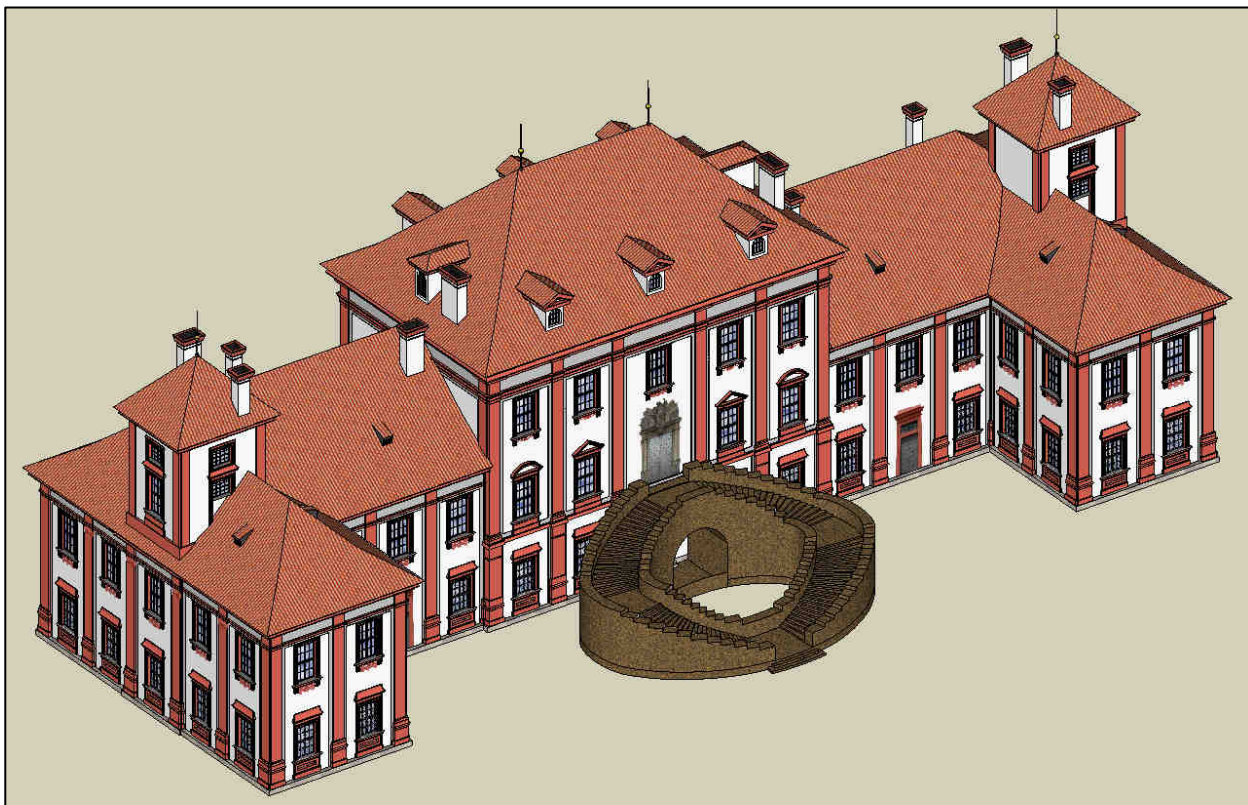
DISK 1

- Text diplomové práce ve formátu PDF
DP_Marketa_Hydrakova.pdf
- Naskenovaná stavební dokumentace ve formátu TIFF
st_dokumentace.zip
- Prostorový model Zámku Troja ve formátu SKP
model.skp

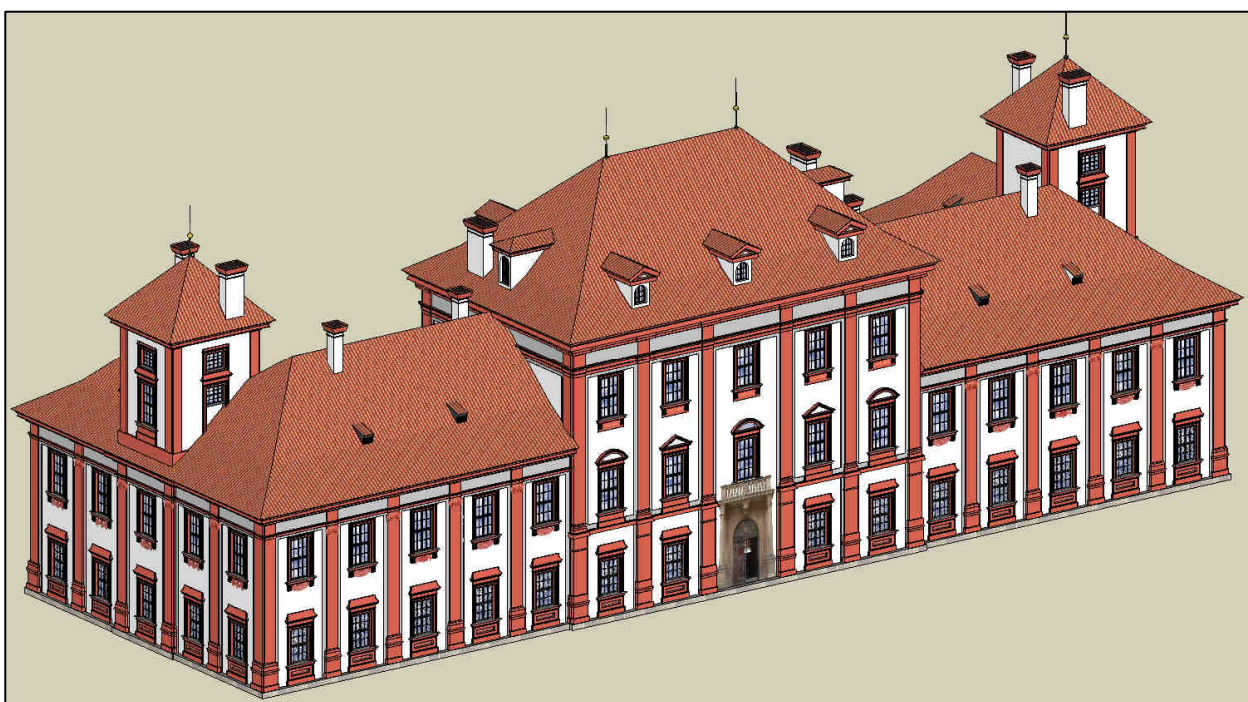
DISK 2

- Panoramatické fotografie ve formátu TIFF
panoramata.zip
- Virtuální prohlídka
prohlidka.zip

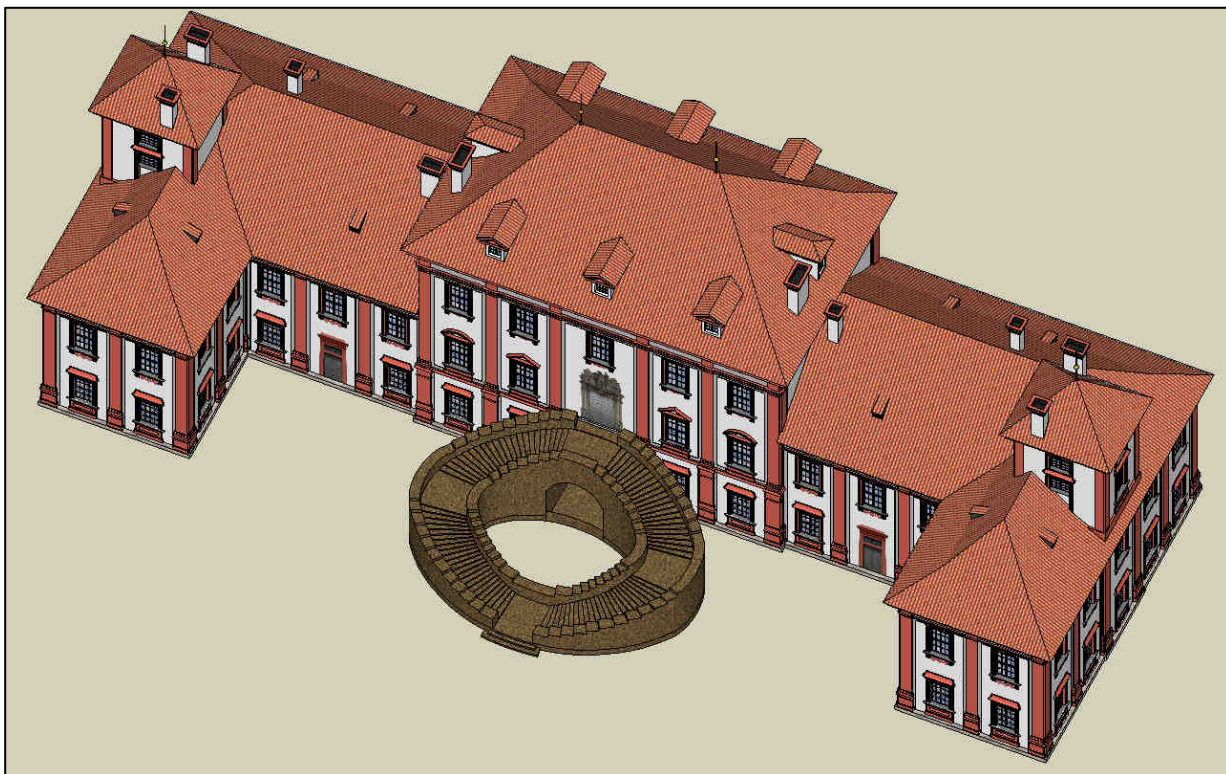
PŘÍLOHA I: STATICKÉ OBRÁZKY MODELU



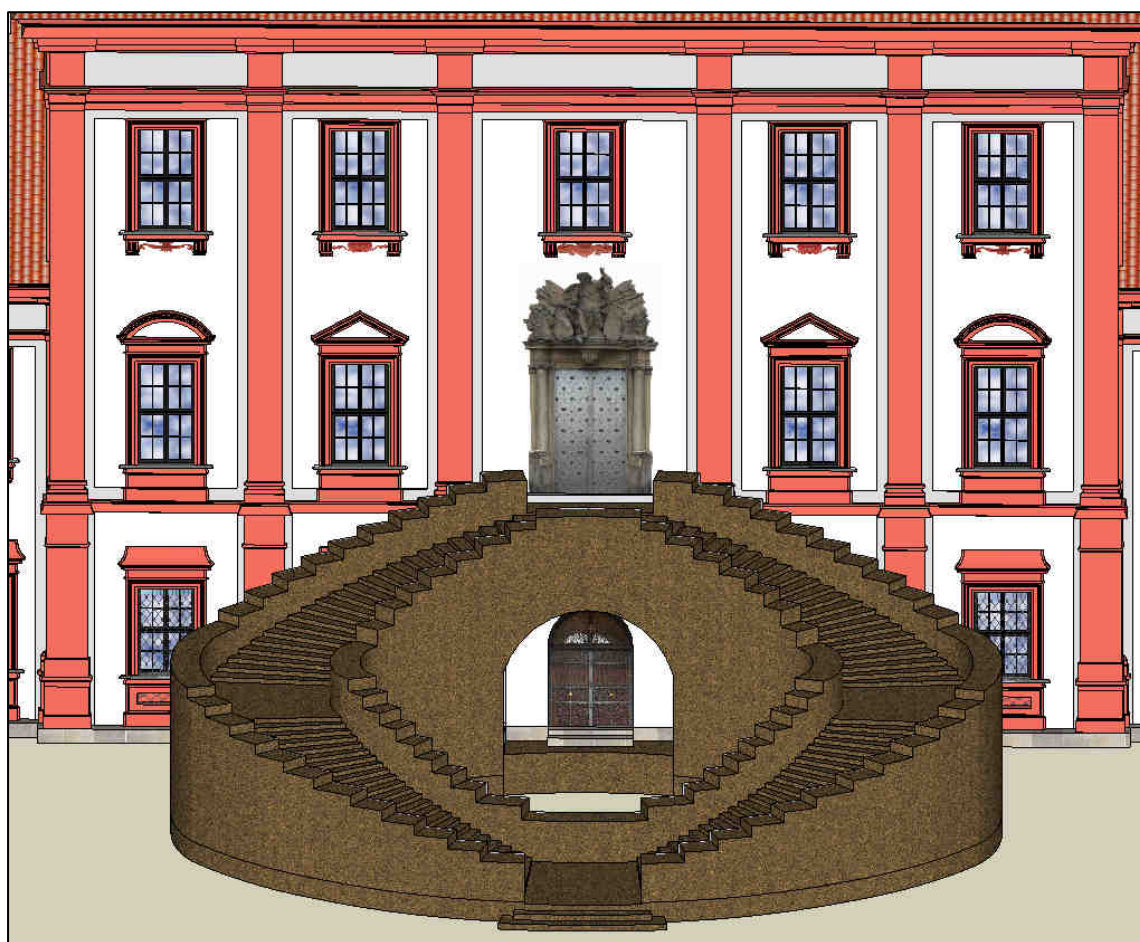
Zámek Troja od JZ



Zámek Troja od SV



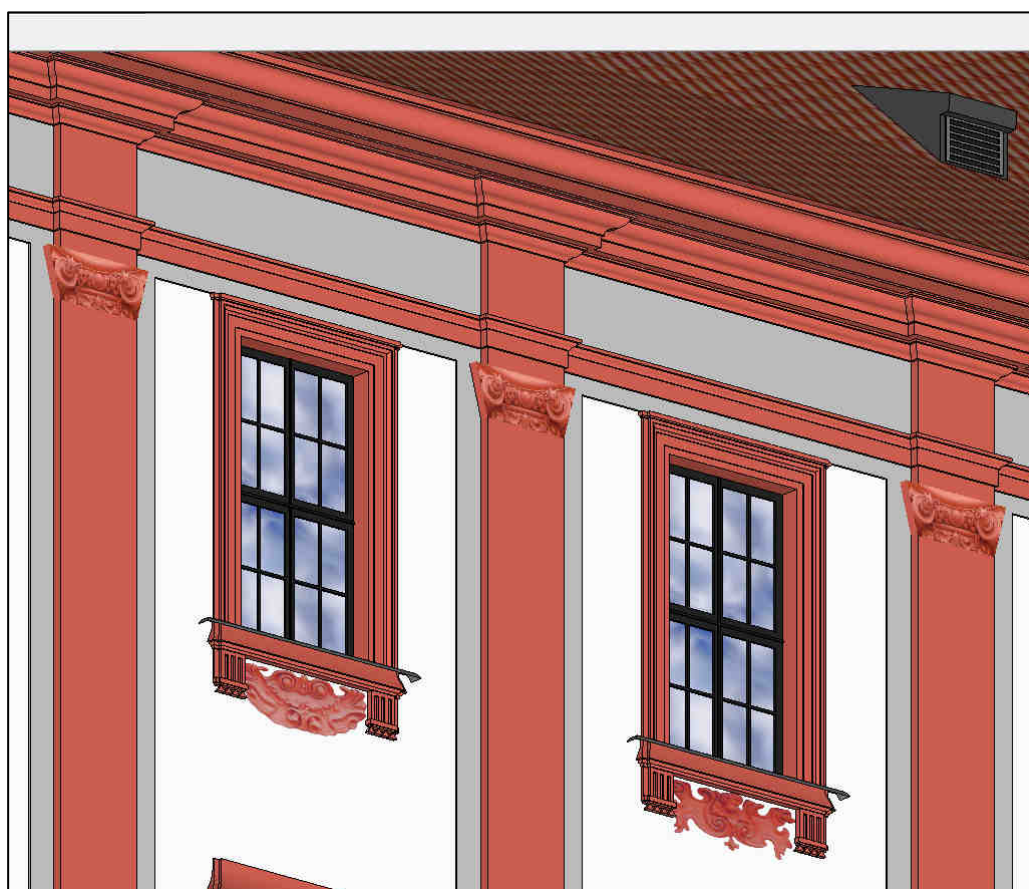
Zámek Troja z „ptačích“ perspektivy



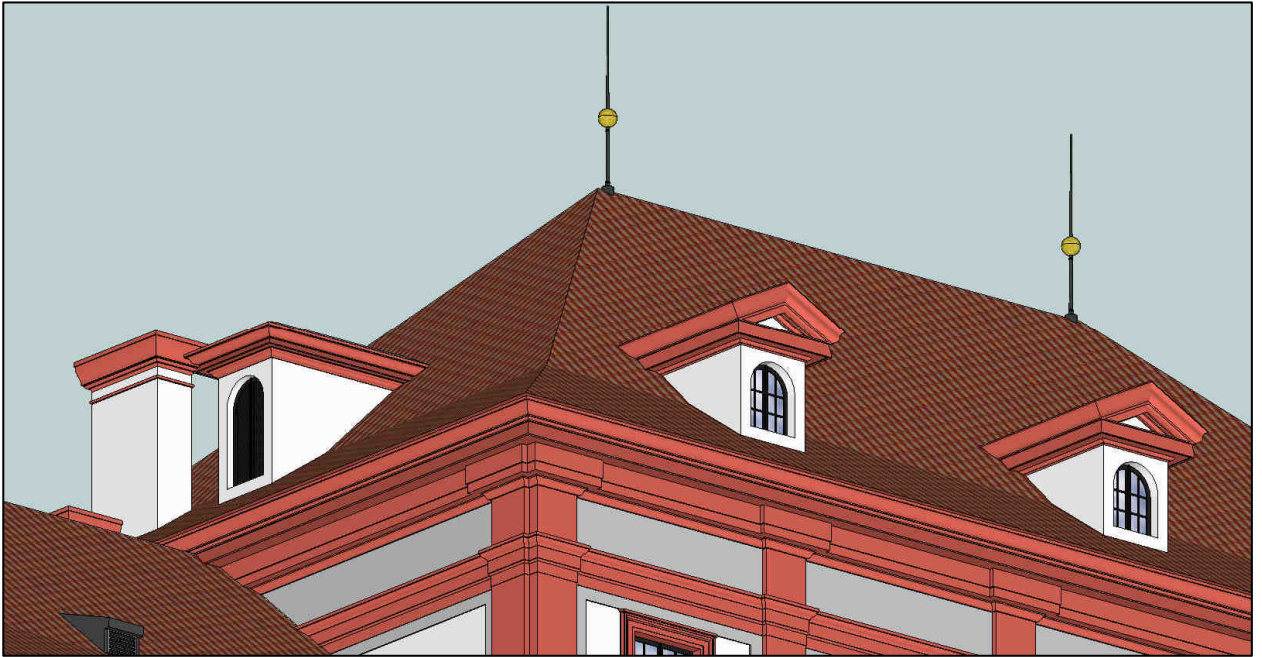
Pohled na vstupní schodiště



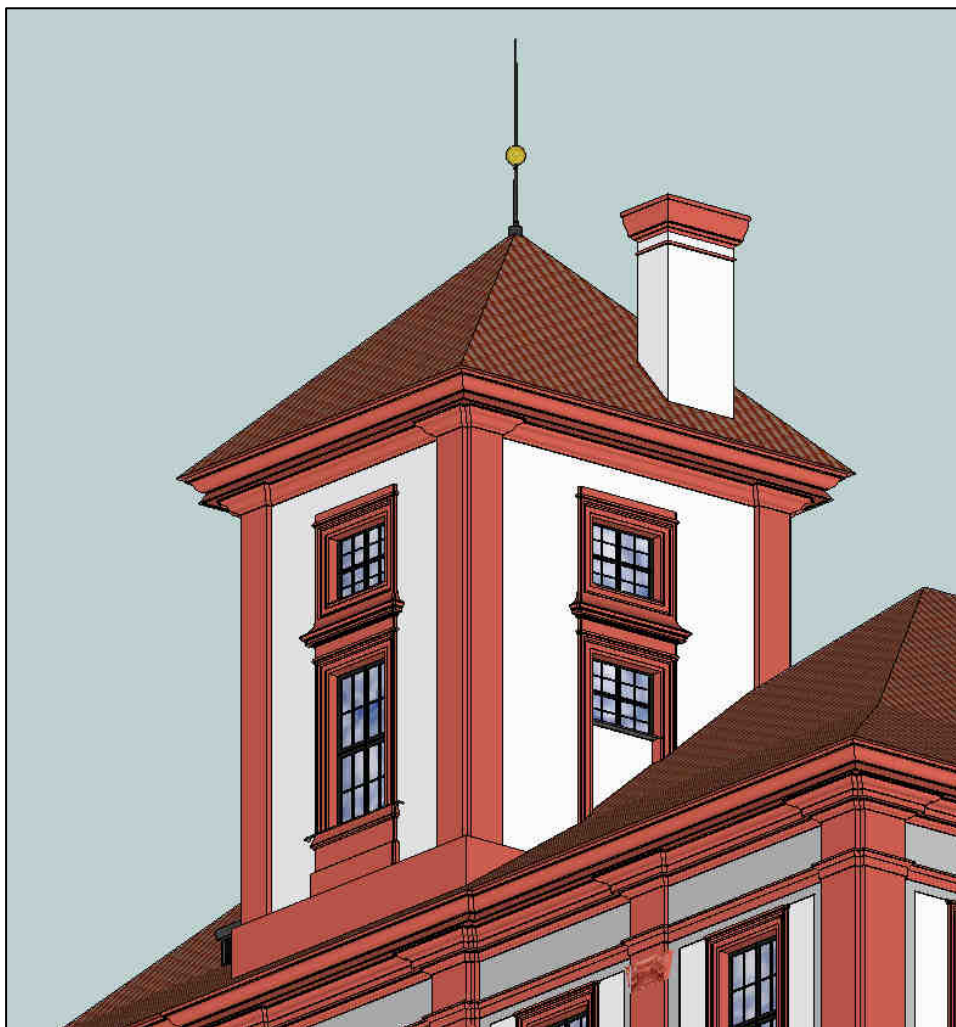
Detail vstupu do Císařského sálu



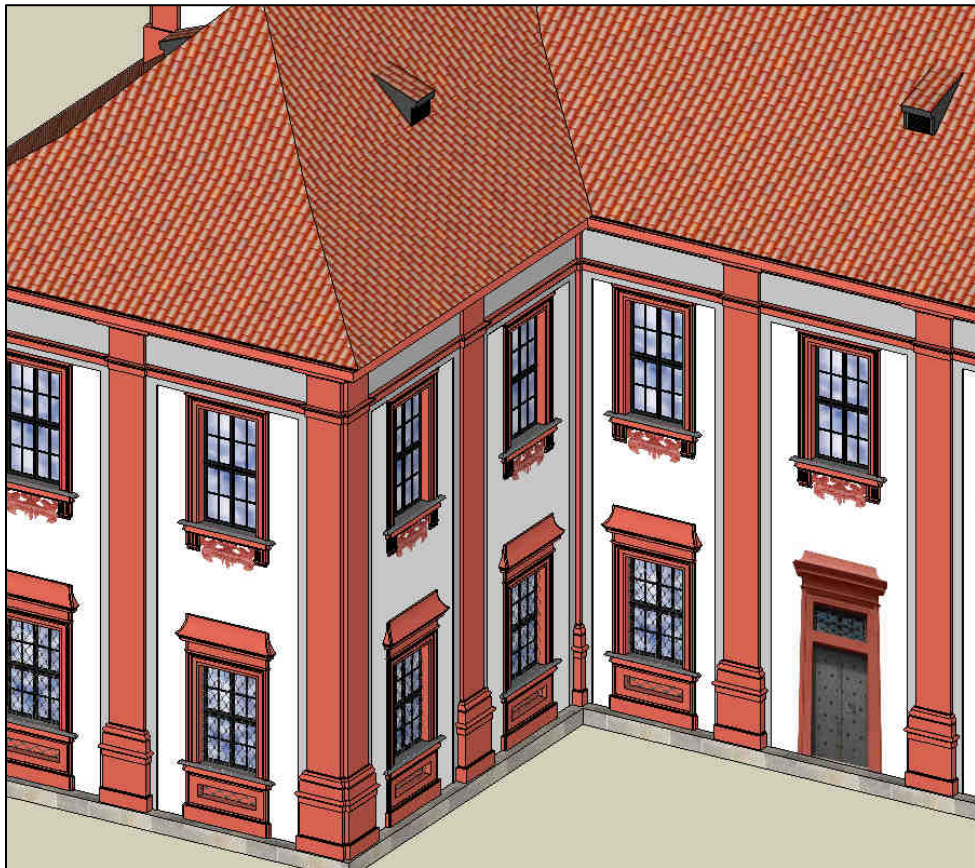
Náhled na ozdoby na sloupech a pod okny



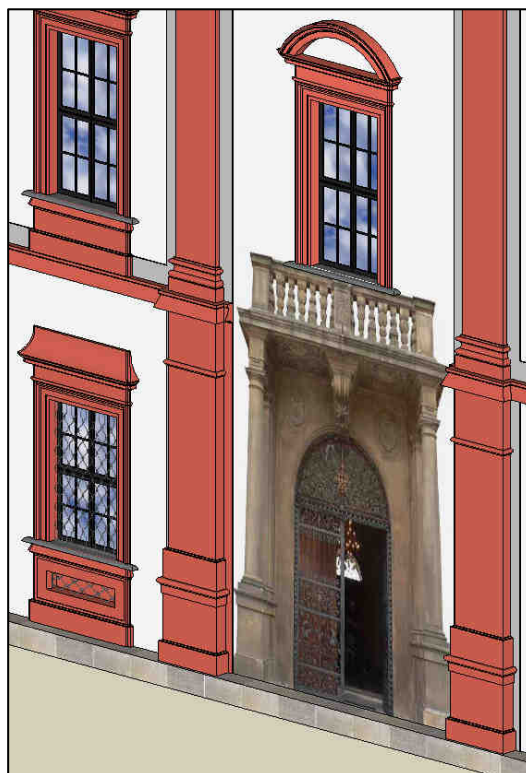
Pohled na římsy pod střechou



Věžička



Bližší pohled na pravé křídlo Zámku Troja



Zadní vchod



Ukázka zhotoveného panoramatického snímku - Císařský sál



Ukázka zhotoveného panoramatického snímku - Kaple

PŘÍLOHA III: TABULKA PRŮBĚHU OPTIMALIZACÍ

ZÁPADNÍ KŘÍDLO

MRAMOROVÝ POKOJ

nástroj hledání	autopano-sift-C		rotační hledání	-30°	
bodů na překrytí	25			30°	
pozice A	snímek 3_1			12 krok	
pozice C	snímek 3_1				
typ optimalizace	pozice a pohled	celkem nalezeno bodů		3347	
ZAROVNÁNÍ					
pořadí	spodek	bodů	pr. vzdál.	stand. odch.	max vzdál.
1	ne	3343	315,6	160,6	823,8
2	ne	2102	1,2	1,8	55,2
3	ne	2100	1,2	0,9	7,4
4	ano	2118	2,5	3,1	59,4
5	ano	2120	2,6	3,4	55,6

KOMNATA 1

nástroj hledání	autopano-sift-C		rotační hledání	-30°	
bodů na překrytí	25			30°	
pozice A	snímek 3_7			12 krok	
pozice C	snímek 3_7				
typ optimalizace	pozice a pohled	celkem nalezeno bodů		3261	
ZAROVNÁNÍ					
pořadí	spodek	bodů	pr. vzdál.	stand. odch.	max vzdál.
1	ne	3261	311,0	153,1	803,9
2	ne	3254	134,5	193,1	1112,4
3	ne	3126	1,4	2,1	54,7
4	ne	3122	1,4	1,0	6,7
5	ne	3114	1,4	0,9	6,0
6	ano	3120	2,8	2,9	44,2

KOMNATA 1					
nástroj hledání	autopano-sift-C		rotační hledání	-30°	
bodů na překrytí	25			30°	
pozice A	snímek 3_2			12 krok	
pozice C	snímek 3_2				
typ optimalizace	pozice a pohled	celkem nalezeno bodů		2998	
ZAROVNÁNÍ					
<i>pořadí</i>	<i>spodek</i>	<i>bodů</i>	<i>pr. vzdál.</i>	<i>stand. odch.</i>	<i>max vzdál.</i>
1	ne	2998	252,7	156,3	1126,7
2	ne	2990	199,0	153,4	1159,7
3	ne	2964	141,4	163,2	1183,4
4	ne	2941	21,0	112,2	1083,1
5	ne	2833	1,3	1,0	8,1
6	ne	2797	1,2	0,9	5,1
7	ne	2742	1,2	0,8	4,5
8	ne	2733	1,2	0,8	4,1
9	ano	2751	2,4	2,3	44,4

CHODBA ZÁP. KŘÍDLA					
nástroj hledání	autopano-sift-C		rotační hledání	-30°	
bodů na překrytí	25			30°	
pozice A	snímek 3_3			12 krok	
pozice C	snímek 3_3				
typ optimalizace	pozice a pohled	celkem nalezeno bodů		583	
ZAROVNÁNÍ					
<i>pořadí</i>	<i>spodek</i>	<i>bodů</i>	<i>pr. vzdál.</i>	<i>stand. odch.</i>	<i>max vzdál.</i>
1	ne	583	11,6	65,4	932,2
2	ne	582	1,5	0,5	4,0
3	ano	602	4,4	3,7	28,6

CENTRUM

CÍSAŘSKÝ SÁL					
nástroj hledání	autopano-sift-C		rotační hledání	-30°	
bodů na překrytí	25			30°	
pozice A	snímek 3_3			12 krok	
pozice C	snímek 3_3				
typ optimalizace	pozice a pohled	celkem nalezeno bodů		3384	
ZAROVNÁNÍ					
<i>pořadí</i>	<i>spodek</i>	<i>bodů</i>	<i>pr. vzdál.</i>	<i>stand. odch.</i>	<i>max vzdál.</i>
1	ne	3384	178,9	139,5	1093,3
2	ne	3351	24,6	150,4	1453,4
3	ne	3262	1,3	1,2	42,2
4	ne	3236	1,3	0,9	5,0
5	ne	3156	1,2	0,8	4,1
6	ano	3167	2,4	2,3	41,6

VÝCHODNÍ KŘÍDLO

ČÍNSKÁ KOMNATA 1					
nástroj hledání	cpfind		rotační hledání	-30°	
bodů na překrytí	25			30°	
pozice A	snímek 3_4			12 krok	
pozice C	snímek 3_4				
typ optimalizace	pozice a pohled	celkem nalezeno bodů		2880	
ZAROVNÁNÍ					
<i>pořadí</i>	<i>spodek</i>	<i>bodů</i>	<i>pr. vzdál.</i>	<i>stand. odch.</i>	<i>max vzdál.</i>
1	ne	2880	333,2	159,0	791,6
2	ne	1985	18,4	106,6	746,4
3	ne	1751	1,6	1,1	6,8
4	ano	1783	1,8	2,0	26,2
5	ano	1786	1,8	2,0	26,3

ČÍNSKÁ KOMNATA 2					
nástroj hledání	autopano-sift-C		rotační hledání	-30°	
bodů na překrytí	25			30°	
pozice A	snímek 3_1			12 krok	
pozice C	snímek 3_2				
typ optimalizace	pozice a pohled	celkem nalezeno bodů		2846	
ZAROVNÁNÍ					
<i>pořadí</i>	<i>spodek</i>	<i>bodů</i>	<i>pr. vzdál.</i>	<i>stand. odch.</i>	<i>max vzdál.</i>
1	ne	2846	97,5	195,3	1220,9
2	ne	2798	1,4	2,2	89,4
3	ne	2795	1,3	1,0	6,6
4	ne	2637	1,9	1,2	6,0
5	ano	2658	2,2	8,4	325,2
6	ano	2657	2,0	1,8	24,4

ČÍNSKÁ KOMNATA 3					
nástroj hledání	autopano-sift-C		rotační hledání	-30°	
bodů na překrytí	25			30°	
pozice A	snímek 3_7			12 krok	
pozice C	snímek 3_7				
typ optimalizace	pozice a pohled	celkem nalezeno bodů		3269	
ZAROVNÁNÍ					
<i>pořadí</i>	<i>spodek</i>	<i>bodů</i>	<i>pr. vzdál.</i>	<i>stand. odch.</i>	<i>max vzdál.</i>
1	ne	3269	18,0	113,4	1288,8
2	ne	3187	1,4	2,3	98,1
3	ne	3184	1,3	0,9	7,5
4	ne	3208	1,4	3,5	184,9
5	ano	3207	1,4	1,4	23,5
6	ano	3213	1,4	1,5	22,1

KAPLE					
nástroj hledání	cpfind		rotační hledání	-30°	
bodů na překrytí	25			30°	
pozice A	snímek 3_5			12 krok	
pozice C	snímek 3_5				
typ optimalizace	pozice a pohled	celkem nalezeno bodů		2818	
ZAROVNÁNÍ					
<i>pořadí</i>	<i>spodek</i>	<i>bodů</i>	<i>pr. vzdál.</i>	<i>stand. odch.</i>	<i>max vzdál.</i>
1	ne	2818	343,5	163,4	834,3
2	ne	2817	17,2	104,8	772,4
3	ne	2815	16,7	102,9	772,1
4	ano	2757	1,7	1,0	6,7
5	ano	2778	3,4	2,9	101,0
6	ano	2777	3,3	2,2	40,1
7	ano	2775	3,3	2,2	28,3
8	ano	2774	3,3	2,1	19,0

CHODBA VÝCH. KŘÍDLA					
nástroj hledání	autopano-sift-C		rotační hledání	-30°	
bodů na překrytí	25			30°	
pozice A	snímek 3_1			12 krok	
pozice C	snímek 3_1				
typ optimalizace	pozice a pohled	celkem nalezeno bodů		591	
ZAROVNÁNÍ					
<i>pořadí</i>	<i>spodek</i>	<i>bodů</i>	<i>pr. vzdál.</i>	<i>stand. odch.</i>	<i>max vzdál.</i>
1	ne	591	9,3	60,5	883,1
2	ne	582	0,9	0,6	3,7
3	ano	601	5,4	3,6	31,6