



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta stavební  
Katedra geomatiky**

**Tvorba a vizualizace 3D modelů vybraných pramenů  
ve Františkových Lázních**

**Creation and visualization of 3D models of selected springs in Franz' s  
spa**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Studijní program: Geodézie a kartografie  
Studijní obor: Geodézie a kartografie  
Vedoucí práce: Ing. Petr Soukup, Ph. D.

**Bc. Zdeněk Lavička**

**Praha 2015**

---



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

studijní program: Geodézie a kartografie  
studijní obor: Geodézie a kartografie  
akademický rok: 2014/2015

Jméno a příjmení diplomanta: Bc. Zdeněk Lavička

Zadávací katedra: Katedra geomatiky

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

Název diplomové práce: Tvorba a vizualizace 3D modelů vybraných pramenů ve Františkových Lázních

Název diplomové práce  
v anglickém jazyce: Creation and Visualization of 3D Models of Selected Springs in Františkovy Lázně


Rámcový obsah diplomové práce: Pokročilé způsoby modelování stavebních objektů v programu SketchUp. Tvorba reálných vizualizací a animací modelů. Možnosti prezentace modelů v prostředí webu. Virtuální procházka. 3D tisk vybraného modelu. Publikování výsledků práce na webu.


Datum zadání diplomové práce: 22. 9. 2014 Termín odevzdání: 19. 12. 2014  
(vyplňte poslední den výuky přísl. semestru)

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

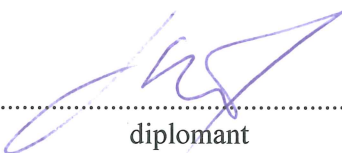
Pokud student neodevzdal diplomovou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání diplomové práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat diplomovou 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: 9. 10. 2014

  
.....  
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)



## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá tvorbou 3D modelů, jejich vizualizací a animací, možnostmi prezentace 3D modelů v prostředí internetu a tvorbou vlastních www stránek s prezentováním výsledků. Výsledky celé práce budou dále využity pro potřeby města Františkovy Lázně. Část práce je věnována pokročilým principům modelování v programu SketchUp se zaměřením na rozšíření pracovního prostředí o nadstavbové moduly (pluginy).

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Františkovy Lázně, prameny, 3D modelování, vizualizace, animace, SketchUp, pluginy, 3D tisk, www stránky

## **ABSTRACT**

This thesis deals with the creation of 3D models, their visualization and animation, possibility of presentation 3D models on the internet and creation of the own web with presentaion of the results. The results of thesis are going to be used for the needs of the city Franz's spa. The part of thesis is devoted to advanced principles of 3D modelling in SketchUp in focusing to using plugins.

## **KEY WORDS**

Franz's spa, springs, 3D modelling, visualization, animation, SketchUp, plugins, 3D print, www pages



## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma „Tvorba a vizualizace 3D modelů vybraných pramenů ve Františkových Lázních“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce za použití v práci uvedených pramenů a literatury.

V Praze dne .....

.....  
Bc. Zdeněk Lavička



## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval těm, kteří se podíleli na této diplomové práci a těm, kteří mě podporovali po celou dobu mého bakalářského a magisterského studia. Především bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Soukupovi, Ph.D. za pomoc při zpracování této diplomové práce a za jeho odborné poznámky k textu a výsledkům práce. V neposlední řadě děkuji své rodině za podporu během celého studia.



## Obsah

Úvod .....	10
<b>1 Historie Františkových Lázní .....</b>	<b>13</b>
<b>2 Prameny Františkových Lázní .....</b>	<b>17</b>
2.1 Františkův pramen.....	17
2.2 Luisin pramen.....	19
2.3 Dvorana Glauberových pramenů.....	21
2.4 Nový pramen .....	23
2.5 Základní vlastnosti a složení pramenů .....	24
<b>3 Základy počítačové 3D grafiky.....</b>	<b>25</b>
3.1 Reprezentace těles v prostoru .....	25
3.1.1 Reprezentace těles pomocí sítě trojúhelníků.....	26
3.1.2 Hraniční reprezentace těles.....	28
3.1.3 Konstruktivní geometrie těles.....	31
3.1.4 Objemová reprezentace těles.....	32
3.2 Zobrazování prostorových dat.....	34
3.2.1 Aplikace světla .....	35
3.2.1.1 Odraz světla.....	36
3.2.1.2 Zdroje světla.....	37
3.2.2 Stínování .....	38
3.2.2.1 Konstantní stínování .....	39
3.2.2.2 Gouraudovo stínování.....	39
3.2.2.3 Phongovo stínování.....	40
3.2.3 Řešení viditelnosti.....	40
3.2.3.1 Z – Buffer .....	41
3.2.3.2 Malířův algoritmus.....	41
3.2.4 Stíny .....	42
3.2.5 Textury.....	43
3.2.5.1 Mapování textur .....	43



<b>4</b>	<b>Software pro 3D modelování</b>	47
4.1	Autodesk	47
4.2	Cinema 4D	48
4.3	Blender	49
4.4	123D	49
4.5	Další programy	51
<b>5</b>	<b>Trimble SketchUp</b>	52
5.1	Historie	52
5.2	Nabízené specifikace programu	52
5.3	Nastavení výkresu, základní nástroje	53
5.3.1	Kreslicí nástroje	55
5.3.1.1	Odkazový systém	55
5.3.2	Editační a manipulační nástroje	57
5.3.2.1	Funkce Push/Pull	57
5.3.2.2	Funkce Follow Me	58
5.3.2.3	Funkce Offset	60
5.3.2.4	Funkce rotace, přesunutí, kopírování, změna měřítka	61
5.3.3	Další významné nástroje programu SketchUp	63
5.3.3.1	Funkce Make Group	63
5.3.3.2	Funkce Make Component	64
5.3.3.3	Funkce Tape Measure Tool	65
<b>6</b>	<b>Moduly (Plugins)</b>	67
6.1	SketchUp Ruby API	67
6.2	Knihovna Pluginů	67
6.3	Seznam použitých pluginů	68
6.3.1	Modul SketchUcation	68
6.3.2	Modul Tools on surface	69
6.3.3	Modul Joint Push/Pull	70
6.3.4	Modul Weld	71



6.3.5	Modul Curviloft.....	72
<b>7</b>	<b>Tvorba prostorových modelů .....</b>	<b>74</b>
7.1	Předchozí práce podobného zaměření.....	74
7.1.1	Projekt PhotoPa .....	74
7.1.2	Předmět Vizualizace a distribuce prostorových dat .....	75
7.2	Sběr dat .....	76
7.2.1	Měřicí systém Vertex Laser 400.....	78
7.3	Prostorový model Františkova pramene.....	80
7.3.1	Doplnění modelu o 123D Catch model interiéru .....	84
7.4	Prostorový model pramene Luisa.....	87
7.4.1	Tvorba půdorysu, sloupů a římsy .....	87
7.4.2	Model arkády a střechy.....	90
7.4.3	Interiér a exteriér pramene .....	91
7.5	Prostorový model Nového pramene.....	93
7.6	Prostorový model Dvorany Glauberových pramenů.....	95
7.6.1	Model hlavní budovy .....	96
7.6.2	Model tamburu .....	99
7.6.3	Model přístavby hlavní budovy.....	100
7.6.4	Kompletace modelu, doplnění okolního prostředí .....	101
7.7	Pár závěrečných tipů a triků pro práci v programu SketchUp .....	103
<b>8</b>	<b>Možnosti prezentace 3D modelů .....</b>	<b>105</b>
8.1	Vytvoření vlastních WWW stránek .....	105
8.2	Sdílení modelu do 3D Warehouse.....	108
8.3	Prezentace na serveru Spread3D .....	110
8.4	Prezentace na serveru CI3VER.....	110
8.5	Export modelu do formátu HTML5 .....	111
8.6	Vytvoření virtuální procházky v programu WalkAbout3d .....	112
8.7	Vytvoření animace .....	114
8.8	3D tisk vybraných objektů.....	114





8.9 2D výstupy pomocí stylů a renderingu .....	115
<b>Závěr</b> .....	119
<b>Literatura</b> .....	121
<b>Seznam obrázků</b> .....	128
<b>Seznam příloh na DVD</b> .....	132
<b>Seznam tištěných příloh</b> .....	134
<b>Tištěné přílohy</b> .....	I
P.1 Františkův pramen zobrazen pomocí stylů .....	I
P.2 Luisin pramen zobrazen pomocí stylů .....	II
P.3 Nový pramen zobrazen pomocí stylů .....	III
P.4 Dvorana Glauberových pramenů zobrazena pomocí stylů .....	IV
P.5 Porovnání modelu Františkova pramene se skutečností .....	V
P.6 Porovnání modelu Luisina pramene se skutečností .....	VI
P.7 Porovnání modelu Nového pramene se skutečností .....	IX
P.8 Porovnání modelu Dvorany Glauberových pramenů se skutečností .....	XI



## Úvod

Vše, co nás obklopuje, se nachází v prostoru. Samotný prostor kolem nás je složen z několika dimenzí a jeho polohu lze popsat trojicí souřadnic X, Y, Z. Právě proto lze tedy tvrdit, že jedinou možností reálné vizualizace okolního prostředí je vytváření modelů s prostorovou skladbou (3D modelů).

Rozvoj této možnosti začal již v 60. letech 20. století ve Spojených státech amerických na univerzitě v Utahu. Většího rozšíření se 3D modelování a obecně práce s prostorovými daty dočkaly v době zavádění výpočetní techniky na takovou úroveň, která umožňovala práci s těmito daty. V současné době je kvalita výpočetní techniky, dostupné běžným lidem, na takové úrovni, že si může v podstatě každý vytvářet virtuální realitu prostřednictvím 3D modelů, vymodelovat si své oblíbené auto, svoji oblíbenou památku.

S úspěchem lze využít výsledky 3D modelování v turistice, kdy si města prostřednictvím 3D modelů mohou vytvořit pro své návštěvníky prezentace významných objektů, míst nebo symbolů. Díky internetu, který je dnes zcela běžnou a dostupnou praxí, si tak uživatel prohlédne určité město, památku a naplánuje si cíleně návštěvu. Jinou možností je využití aplikace Google Street View<sup>1</sup>, která nabízí panoramatické pohledy míst v mnoha městech a státech, v podstatě v různých částech světa, snímáné z výšky 2,5 m každých 10 m. Snímání je prováděno pomocí flotily automobilů, a tak je logické, že si lze tímto způsobem prohlédnout pouze místa, která jsou těmto vozidlům přístupná. Možnost prohlížení je tedy značně omezena a ochuzena.

Tak je tomu i u většiny turisticky nejzajímavějších částí města Františkovy Lázně. Zobrazení v *Google Street View* i další podobné způsoby prezentace jsou neúplné, i když se jedná o lázeňské město světového významu. Dle autora této diplomové práce je možné tuto oblast směrem k turistům stále zdokonalovat, a proto zvolil téma této práce. Tvorby 3D modelů se zaměřením na prezentaci města Františkovy Lázně. Inspirací se stal projekt města Český Krumlov, kde skupina nadšenců vytváří počítačovou hru odehrávající se v tomto měs-

---

<sup>1</sup> Street View je aplikace firmy Google nabízená v aplikacích Google Maps a Google Earth. Služba byla zprovozněna 25. května 2007 v několika městech USA a postupně se rozšířila do celého světa. V současné době se nachází ve své 132. etapě.



tě tak, aby bylo město propagováno možným návštěvníkům atraktivně a moderním způsobem. Tak jako je tomu i u jiných počítačových her, základem tohoto projektu je vytvoření 3D modelů.

Tato diplomová práce nabízí spojení možností 3D modelování, tvorby animací, prezentací modelů v prostředí webu a vytvoření vlastních www stránek, které by se měly stát dalším zdrojem prezentace města Františkovy Lázně. Aby měla tato práce skutečně praktický rozměr, proběhlo několik vstřícných konzultací s představiteli stavebního odboru Městského úřadu Františkovy Lázně. Předmětem zpracování se tak staly vybrané prameny Františkových Lázní, místa, která jsou dominantou tohoto lázeňského města a která patří k nejvyhledávanějším objektům nejen turisty, ale zejména pacienty.

Přidanou hodnotou tohoto projektu je možnost uzavření spolupráce města Františkovy Lázně s katedrou geomatiky, Stavební fakulty ČVUT v Praze, na dalších projektech podobného typu. Vznikající spolupráce otevírá možnost společné žádosti těchto dvou organizací o grant, který by mohl v budoucnu financovat podobné práce se zaměřením na prezentaci Františkových Lázní. Tím by se mimo jiné otevřelo budoucím studentům této katedry nové prostředí, které lze označit jako “nepopsaný list“ v oblasti distribuce a vizualizace prostorových dat. Mohli by prezentovat a ověřovat své znalosti z oblasti 3D modelování na projektech iniciovaných ze strany vedení města nebo přímo z řad studentů či vedoucích prací tohoto zaměření.

Tato diplomová práce je rozdělena do několika na sebe navazujících kapitol. Obecně ji lze rozdělit na část teoretickou, která vykládá teorii dále aplikovanou v části druhé, praktické. Pro úplnost a návaznost práce je v první kapitole stručně popsána jinak velmi obsáhlá a velice zajímavá historie Františkových Lázní. Plynule navazuje kapitola druhá, zaměřující se na předem prodiskutované objekty. Uvádí jejich stručnou historii a informace o samotných stavbách. Třetí kapitola již přechází k teorii řešené problematiky a nabízí nejdříve krátký úvodní vhled do teorie počítačové 3D grafiky, poté, jakým způsobem se vytváří stínování, jak se na objekty umísťují textury, jakými metodami dochází ve virtuálním prostoru ke zhmotnění geometrického obsahu. Kapitola čtvrtá uvádí programy komerční a nekomerční využitelné pro tvorbu 3D modelů. Navazuje kapitola pátá věnující se programu Trimble



SketchUp, který byl použit při tvorbě modelů pro potřeby této diplomové práce. Obsahuje také autorem navržené ukázky využití základních funkcí. Kapitola šestá se zabývá rozšířením programu SketchUp o nadstavbové funkce (Pluginy). Autor zde uvádí jím použité funkce v rámci této diplomové práce. V sedmé kapitole jsou popsány postupy tvorby jednotlivých modelů vyhotovených pro tuto práci. Poslední osmá kapitola rozebírá možnosti, kterými lze vytvořené prostorové modely prezentovat. Popsané možnosti dále aplikuje na vytvořené modely.

## Cíle práce

- Opatření potřebné stavební dokumentace objektů
- Vytvoření 3D modelů zvolených objektů
- Popis modelování v programu SketchUp, doplnění programu o pluginy
- Vytvoření reálné vizualizace a animace
- Prezentace modelů v prostředí webu
- Tisk vybraného modelu na 3D tiskárně
- Vytvoření www stránek prezentujících zvolenou problematiku



# 1 Historie Františkových Lázní

Lázně světového významu, perla Západních Čech. Tyto přívlastky charakterizují město Františkovy Lázně. Ačkoliv se oficiální založení Františkových Lázní datuje do roku 1793, sahá historie města mnohem hlouběji do dob dřívějších. Každé lázně mají svoje předhistorické období, které je svázáno s historií jejich pramenů, a Františkovy Lázně nejsou výjimkou. Historie tohoto města je spojena s dějinami Františkova pramene, dříve nazývaného Slatinná kyselka. Tento název byl odvozen od názvu obce Slatina, která je dnes částí Františkových Lázní [3]. Podle nepřímých důkazů byl pramen znám již v 10. století. Některé zdroje uvádí, že se u Františkova pramene v roce 1196 léčil i kníže Břetislav. Přímé doložení těchto informací není možné, protože v roce 1270 byly při požáru Chebu zničeny veškeré historické prameny z této doby.



Obrázek 1 – Nabírání kyselky – výřez z veduty<sup>2</sup> Chebu [3]

<sup>2</sup> Veduta je věcný, topograficky přesný malířský nebo grafický záznam například výseku krajiny používaný často na starých mapách [5].



S názvem kyselka je úzce spjat pojem nosič vody. Jednalo se především o ženy, které donášely kyselku do města Chebu, kde ji následně prodávaly. Kyselka byla v této době třetí nejžádanější nápoj po medovině a pivu. Již v 10. století lidé objevili blahodárné účinky této vody, zejména v prevenci proti nemocem. Léčivý pramen využívali nejen obyčejní lidé, ale také významné osobnosti té doby, které přijížděli do blízkého Chebu. A právě ve městě Cheb se začala psát historie Františkových Lázní. Historicky byl Cheb bohaté město. Od středověku byl centrem města hrad s černou věží, románskou kaplí a obytnými prostorami postaven v ohbí řeky Ohře [4]. Cheb vzkvétal, město se rozrůstalo a patřily k němu pozemky sahající několik kilometrů od hranic města, včetně pozemků, na kterých ležela Slatinná kyselka. Protože kolem kyselky stále neexistovalo žádné zázemí pro tehdejší návštěvníky, mezi které stále častěji patřila šlechta, byli ubytováni v Chebu a kyselka byla, jak již bylo řečeno, přenášena nosičkami a přelévána do kameninových lahví. Takto připravenou minerálku pak popíjeli například císař Matyáš, Ferdinand II., Albrecht z Valdštejna nebo král Zikmund. Kyselku si nechávala do Prahy zasílat i císařovna Anna<sup>3</sup> [6].

Cheb byl v té době s nadsázkou řečeno pseudolázněmi – lázně bez pramene. Na přelomu 17. a 18. století chebští zajistili u kyselky prozatím základní zázemí pro hosty. Roku 1664 byla postavena stáčírna kyselky a v roce 1704 pak hostinec s malými lázněmi. Tím byla vytvořena jakási kulisa lázní, avšak Cheb těžší nadále z ubytování lázeňských hostů. V té době sloužila kyselka zejména jako byznys chebských hoteliérů, což dokazuje i fakt, že hostinskému nově postaveného hostince u kyselky bylo zakázáno ubytovat hosty. Lázeňství bylo v absolutním úpadku.

K oživení došlo až koncem 18. století a významnou roli v tom sehrála osoba chebského rodáka Dr. Bernharda Vincenta Adlera, který se v té době vrací ze studií ve Vídni [3]. O Slatinnou kyselku se zabýval již při svých studiích a tomuto tématu se věnoval i ve své disertační práci. Po návratu žádá v roce 1783 chebské radní o udělení místa městského lékaře. Jeho žádosti je vyhověno, ovšem až o dva roky později v roce 1785 [4].

---

<sup>3</sup> Anna Tyrolská byla rakouská arcivévodkyně, manželka Matyáše Habsburského, římskoněmecká císařovna a královna česká, uherská a chorvatská [7].



Ve stejném období nechává hrabě Kolovrat postavit pavilón nad Slatinnou kyselkou. S velice konkrétním návrhem přichází v roce 1790 budoucí místodržící v Čechách hrabě Cavriani, který má ideu o vytvoření malých venkovských lázní [6]. Chebští reagují a zavazují se ke stavbě společenského domu. Na zvelebení Slatinné kyselky a jejího okolí pracuje i sám Dr. Adler. Jeho snahou bylo vyčištění pramene a odvedení do jímky pomocí dvou odtokových rour, ze kterých by byl pramen nabírán nosičkami. Tato opatření byla ryze z hygienických důvodů [3]. Při realizaci těchto záměrů a zákazu nabírání kyselky přímo z pramene došlo k památnému střetu s chebskými nosičkami vody, které tento zásah považovaly za porušení svých odvěkých privilegií [6]. Vše vyvrcholilo 18. 8. 1791, kdy se chebské nosičky vody srotily, v té době byl jejich počet kolem stovky žen, ozbrojeny pilami a sekerami táhly ke kyselce a zničily nad ní nově postavený pavilón. Tento čin rozrušil Dr. Adlera. Vydal se do Prahy a právě korunovanému císaři Leopoldu II. zaslal dopis s prosbou, aby vzal pramen pod svojí ochranu [4]. Císař zaslal na místo vyšetřovací komisi a sama chebská rada ze strachu přichází s návrhem založení lázeňské obce kolem Slatinné kyselky.



Obrázek 2 – Okolí Františkova pramene v roce 1808, Karel Postl [4]



Návrh na založení lázní rozpracoval Tobiáš Gruber. Připravil půdorysný plán nových lázní, Ing. Stürmer zaměřil devatenáct parcel, které byly na náklad města zplanýrovány. 27. dubna 1793 byly všechny návrhy schváleny dvorním dekretem podepsaným následníkem císaře Leopolda, císařem Františkem I. Právě toto datum vystavení dekretu je považováno za den, kdy byly založeny Františkovy Lázně. Pavilón nad Slatinnou kyselkou a laťová kolonáda byly dokončeny již během roku 1793. O rok později byly lázně rozšířeny o slibovaný společenský dům [3]. Roku 1795 byly lázně pojmenovány jako Osada císaře Františka [4]. V roce 1807 bylo městu za patřičný úplatek dovoleno používat název Lázně císaře Františka – Františkovy Lázně. Město se v průběhu 19. století rozrůstalo na podkladě plánů Tobiáše Grubera. Pramen, kterým vše začalo, byl nazván Františkův [6]. Rozrůstávající se obec začala být nezávislá na Chebu a žila vlastním lázeňským životem. Toto osamostatnění bylo stvrzeno v roce 1865, kdy Františkovy Lázně získaly status města.



Obrázek 3 – Císařská ulice (národní třída) v roce 1822 [3]





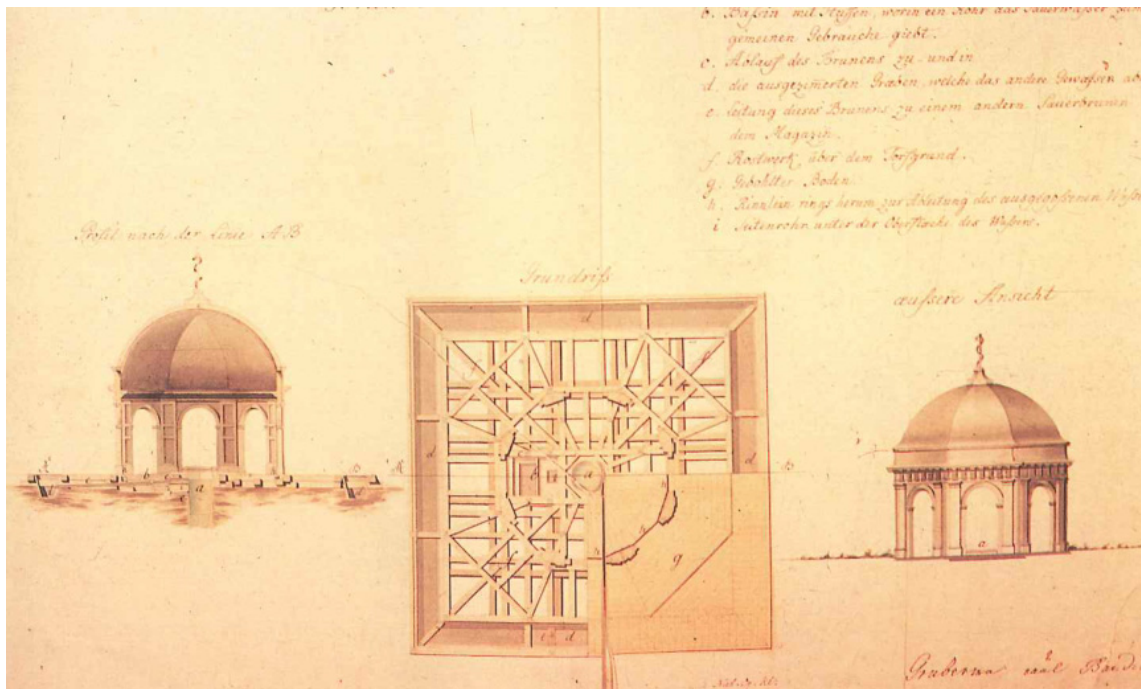
## 2 **Prameny Františkových Lázní**

Jak vyplývá z předchozího textu, právě prameny jsou těmi objekty, které píší historii lázeňských měst. Pro zpracování této diplomové práce byly po konzultaci se stavebním odborem Městského úřadu ve Františkových Lázních zvoleny čtyři prameny na základě historické významnosti nebo architektonického významu pro město. Právě těmto pramenům a základním informacím o nich samotných a o objektech stojících nad nimi se věnují následující podkapitoly.

### 2.1 **Františkův pramen**

Františkův pramen – symbol města, pramen, který psal historii Františkových Lázní již v době o 800 let dříve, než byly Františkovy Lázně založeny. Jeho historie byla z velké části popsána již v první kapitole věnované historii Františkových Lázní. Jeho doložená historie sahá až do středověku, kdy byl nosičkami nošen do Chebu jako stolní voda. Sled událostí, které vedly k založení Františkových Lázní, začíná koncem 16. století, kdy chebští lékaři objevili léčivé účinky Chebské kyselky (později Slatinné kyselky). Pramen tak získal po celé Evropě pověst nejléčivějšího pramene a byl exportován v keramických lahvích do většiny větších měst [8].

Současná stavba, která nad Františkovým pramenem stojí, měla řadu předchůdců. První stavbou nad pramenem byl drobný dřevěný altán postaven v roce 1789. Tato stavba byla o pár let později nahrazena oktogonálním pavilonem s kopulí dle návrhu inženýra Rothhesela (obrázek 5). V roce 1832 byl na podkladě plánu Josefa Eshe z roku 1831 postaven objekt, který stojí nad pramenem dodnes (obrázek 7). Jedná se o klasicistní stavbu kruhového půdorysu vycházející z antických chrámových tradic. Stavba je tvořena dvanácti sloupy s dórskými hlavicemi vynášející hledí. Takto postavená konstrukce je zakryta nízkou kopulovitou střechou. Prostor mezi sloupy je vyplněn pravoúhlými, rastrovanými okny. Bezespornu se jedná o jeden z největších symbolů Františkových Lázní [4].



Obrázek 4– Projekt pavilónu Františkova pramene, lavírovaná perokresba z roku 1792 [3]



Obrázek 5 – Františkův pramen zachycen na malbě Jana Spáčilů [4]



Obrázek 6 – Stavba nad Františkovým pramenem z roku 1832 [48]

## 2.2 Luisin pramen



Obrázek 7 – Luisin pramen zachycen na malbě Jana Spáčila [4]



Druhým nejstarším pramenem Františkových Lázní je Luisin pramen, který byl nalezen krátce po založení města. Historie pramenu je poměrně složitější. Pramen vyvěral na pozemku Johanna Böhma, který měl přezdívku Setník. Podle této přezdívky se říkalo také prameni. Město Cheb mělo zájem pozemek spolu s pramenem zakoupit. Cena byla ovšem nasazena tak vysoko, že se koupí nepodařilo uskutečnit. Stalo se tak až v roce 1806. Pramen byl důkladněji zachycen a se svolením Jeho Veličenstva Františka I. pojmenován po císařovně Luise [3].

Nad pramenem nebyla dlouhou dobu postavena žádná stavba. V roce 1819 bylo z bezpečnostních důvodů postaveno kolem vývěru pramene kovové zábradlí. Až v letech 1826 – 1827 byl nad pramenem postaven empírový pavilon, který se nad pramenem nachází ve své původní podobě až do současnosti a je nestarší a nejzajímavější pavilónovou stavbou ve městě. Díky své architektuře se zároveň jedná o jednu z nejkrásnějších staveb Františkových Lázní. Návrh, podle kterého byl pavilon postaven, vypracoval inženýr Wenzel Stöhr. Stavba má podobu centrály nad elipsovitém půdorysem. Konstrukce je tvořena otevřenými arkádami s pilastry nesoucími římsu. Okenní výplně jsou členěny oblíbeným empírovým motivem slunce.

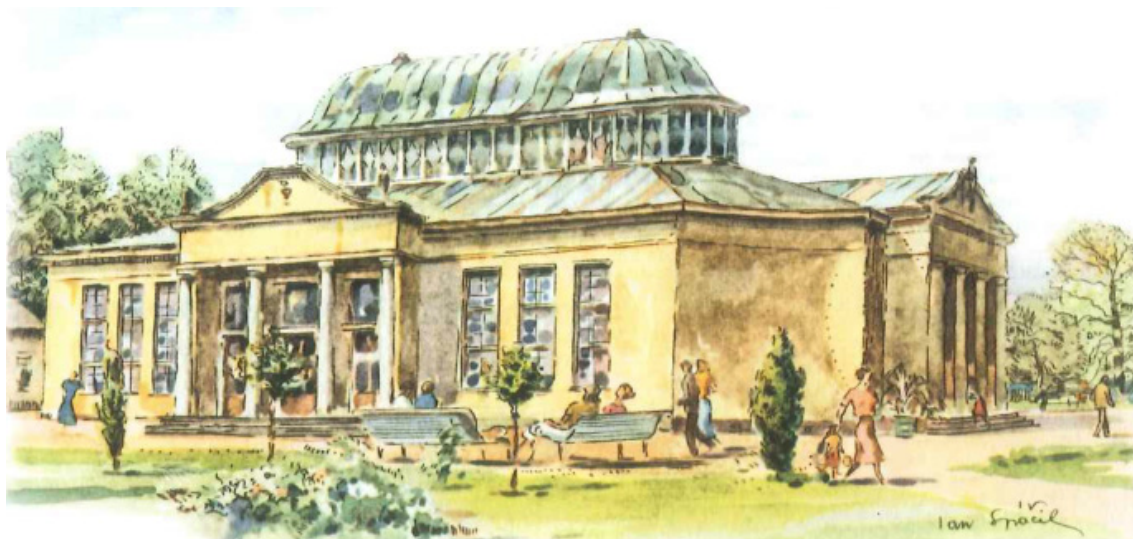


Obrázek 8 – Luisin pramen zachycen na malbě z 30. let 19. Století [49]



### 2.3 Dvorana Glauberových pramenů

Krátce po válce v roce 1919 začala nová kapitola pramenů v dějinách Františkových Lázní. Městská rada se snažila o oživení návštěvnosti a hledala možnosti rozšíření léčebných indikací [6]. Z podnětu prvního lázeňského inspektora Knetta byly provedeny první zkušební vrty s cílem nalézt hlouběji položené prameny s vysokým obsahem oxidu uhličitého k rozšíření koupelové kapacity lázní [9]. Již první vrty byly úspěšné. V hloubce 92 metrů byl nalezen pramen, jehož obsah Glauberovy soli<sup>4</sup> vysoko převyšoval podobné známé prameny. Jednalo se o pramen s názvem Glauber IV. Ve stejných místech byly objeveny také další dva prameny, pramen Glauber III a pramen Kostelní. Objevy těchto pramenů posunuly možnosti Františkových Lázní opět dopředu. S tímto objevem byla spojena i následná architektonická činnost. Stavěly se pavilony a dvorany. Největší stavbou se pak stala stavba dvorany Glauberových pramenů. Již po objevení těchto tří pramenů bylo jejich okolí upraveno a doplněno o malý pavilón ve švýcarském stylu. Význam pramenů si však žádal krytou dvoranu. 8. listopadu 1928 bylo rozhodnuto, že stavba bude realizována podle návrhu františkolázeňského stavitele Ernsta Engelhardta [6].



Obrázek 9 – Dvorana Glauberových pramenů zachycena na malbě Jana Spáčila [4]

<sup>4</sup> Glauberova sůl (mirabilit) je chemický dekahydrát síranu sodného, který je známý od 17. století, kdy ho reakcí chloridu sodného a kyseliny sírové připravil německý chemik a lékař J. R. Glauber [10].



Stavba byla koncipována jako přízemní budova s dominantním proskleným tamburem završeným kopulí, který osvětluje interiér pitné haly. Budova má tři hlavní průčelí řešená stejným způsobem. Dominují jim středové rizality<sup>5</sup> se sloupovým portikem<sup>6</sup> zakončeným nízkým štítem, tvořící reprezentativní vstup [4]. Dvorana je slohově velice zajímavou stavbou dokreslující klasicistní charakter lázeňské architektury. Interiér budovy má téměř duchovní rozměr [6].



Obrázek 10 – Dvorana Glauberových pramenů a její současný vzhled [50]

---

<sup>5</sup> Rizalit je označení pro středovou nebo postranní část průčelí vystupující ze stavby po celé své délce [11].

<sup>6</sup> Portikus je otevřená sloupová hala předložená hlavnímu vstupu budovy [12].



## 2.4 Nový pramen

Objevení Nového pramene bylo v roce 1877 stručně popsáno Vincencem Pröklem v publikaci *Cheb a Chebsko*. „V listopadu 1849 zpozoroval lázeňský inspektor při těžbě slatiny pro Chebské městské lázně ve vzdálenosti 29 sáhů od Františkova pramene v hloubce 10 stop hlučně se prodírající pramen minerální vody a informoval o tom lázeňského ředitele. Ten podnítil u chebského občanského výboru rozhodnutí o jeho zachycení a analýze. Lékařská fakulta v Praze uznala pramen jako samostatný.“ [6]

Nový pramen se stal součástí lázeňského středu. Po svém objevení byl zakryt pavilónem na osmi usazených sloupech. V současné době nad ním stojí funkcionalistický, prosklený pavilónek [13]. Porovnání původního altánu s dnešním pavilónem je zobrazeno na obrázku 11.

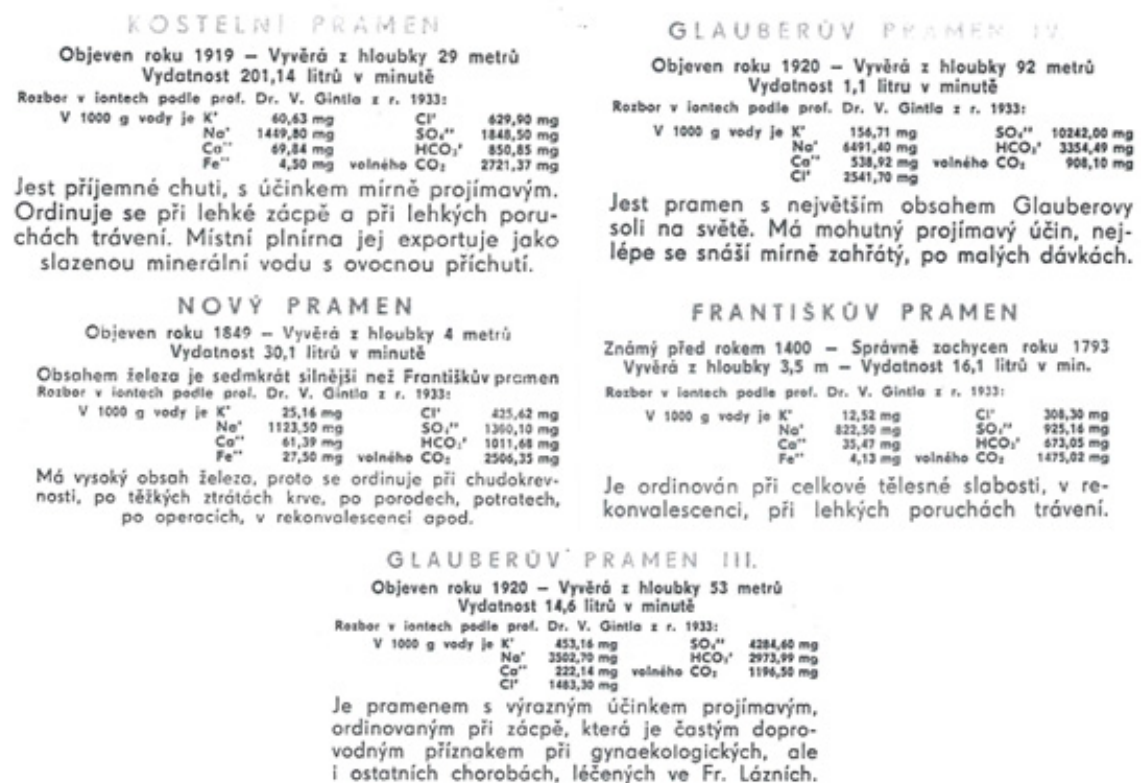


Obrázek 11 – Nový pramen – porovnání původní a současné stavby [6]



## 2.5 Základní vlastnosti a složení pramenů

Pro úplnost této kapitoly jsou na následujících obrázcích uvedeny základní vlastnosti týkající se složení pramene a jeho léčivých účinků. Údaje byly přebrány z informačního letáku Františkových Lázní.



Obrázek 12 – Vlastnosti vybraných pitných pramenů Františkových Lázní [14]





## 3 Základy počítačové 3D grafiky

Rozvoj 3D modelování způsobil revoluci v řadě technických i humanitních oborů. V dnešní době, kdy není 3D modelování již tolik nákladnou záležitostí jako tomu v minulosti bylo, našel uplatnění v architektuře, urbanismu a územním plánování, cestovním ruchu, vojenství, dopravě nebo medicíně. Hlavní výhodou 3D zobrazení oproti 2D zobrazení je ta skutečnost, že v prostoru získáváme úplně jiný pohled na řešený problém a získáváme více informací o prostoru kolem nás.

Základním problémem při tvorbě 3D modelů je dosažení geometrické i vizuální přesnosti. Nejeftivnější metodou, jak tohoto dosáhnout, je tvorba modelu pomocí Computer – Aided Drafting (CAD). Kroků, kterými vytváříme 3D vzhled na 2D displeji počítače, je několik. Mezi tyto kroky patří algoritmy a techniky renderování, mapování textur, algoritmy pro stínování těles a metody osvětlení. Většina z těchto procesů byla vyřešena v rámci programu Univerzity v Utahu, která s výzkumem v oblasti počítačové 3D grafiky začala již v roce 1968 a v průběhu let se jí podařilo dosáhnout těchto významných výsledků. Následující podkapitoly se stručně věnují reprezentaci těles v prostoru a základům jednotlivých kroků, které vedou k vytvoření reálné vizualizace objektu. Podrobně je celá tato problematika popsána v [15].

### 3.1 Reprezentace těles v prostoru

Většina počítačových objektů ve 3D prostoru má charakter objemného tělesa, které je obdobou skutečného tělesa. Způsob, jakým můžeme nahlížet na definici takového tělesa, je například jeho rozložení na množinu bodů v prostoru o souřadnicích  $X, Y, Z$  [15]. Základem pro tuto 3D geometrii je kartézská soustava souřadnic<sup>7</sup> definující rozměry tělesa, tedy šířku, výšku, hloubku pomocí os, které se konvenčně označují  $x, y, z$ . Každá dvojice os tvoří rovinu ortogonální (kolmá) na zbývajících dvě roviny. Bod, v počítačovém zpracování 3D prostoru základní jednotka, je pak definován již zmíněnými souřadnicemi  $X, Y, Z$  [16].

---

<sup>7</sup> Kartézskou soustavu souřadnic formuloval v 17. století francouzský filosof a matematik René Descartes a propojil tak eukleidovskou geometrii a algebru.

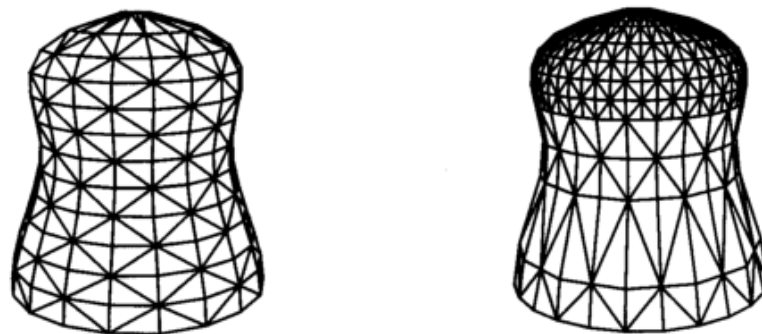


Kromě kartézských souřadnic se pro popis 3D objektů používají také tzv. homogenní souřadnice. Tyto souřadnice obsahují kromě prvků  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  ještě čtvrtou hodnotu  $W$ . Tato hodnota je nulová pro vektory (směry) na neulová pro body trojrozměrného prostoru. Takováto definice má pak význam při použití s transformačními maticemi  $4 \times 4$  kdy nám umožňuje reprezentovat rotace, protažení, zkosení, posunutí apod [18].

Pomocí kartézských souřadnic řešil svůj problém i člen výzkumné skupiny z univerzity Utah zabývající se 3D počítačovou grafikou Martin Newell. Ten potřeboval pro výzkum počítačový model, avšak žádný z doposud vytvořených mu v té době nevyhovoval. Proto mu jeho žena navrhl, aby vytvořil model čajového servisu. Martin Newell nejprve vytvořil skicu na papír a v laboratoři přepočítal výkres na souřadnice. Vykreslením bodů vznikl model dnes již legendární Konvice z Utahu [17]. Souřadnice určené trojicí číselných hodnot jsou tedy základem virtuálního zhmotnění geometrického obsahu ve 3D prostoru. Reprezentací tohoto obsahu ovšem existuje více. Těmi základními jsou reprezentace pomocí trojúhelníků, hraniční, konstruktivní geometrie těles a objemová reprezentace těles.

#### 3.1.1 Reprezentace těles pomocí sítě trojúhelníků

Jedním ze základních prvků prostorové prezentace těles je trojúhelník (obrázek 13), a to především díky své geometrické jednoduchosti.



Obrázek 13 – Pokrytí tělesa trojúhelníkovou sítí (vlevo pravidelně, vpravo jemněji podle křivosti plochy) [15]



Hlavní výhodou trojúhelníku z hlediska počítačové grafiky je rychlost algoritmů na jeho vyplnění plochou a možnost optimalizace výpočtů nad trojúhelníkem jako je například výpočet průsečíku paprsku s trojúhelníkem namísto výpočtu průsečíku paprsku se složitým objektem. Celé těleso lze tedy aproximovat sítí trojúhelníků. Datový popis takovéto struktury lze rozdělit na část geometrickou a topologickou. Geometrická část obsahuje souřadnice vrcholů trojúhelníků a část topologická nese údaje o tom, které vrcholy tvoří trojúhelník, případně které trojúhelníky spolu sousedí. Datová struktura má zcela praktické výhody v operacích se sítí. Například při geometrické transformaci se vypočítávají nové souřadnice vrcholů trojúhelníků, které jsou umístěny v geometrické části. Při nahrazení tělesa trojúhelníkovou sítí je kladen důraz na přesné vyjádření tvaru za co nejmenšího počtu trojúhelníků (obrázek 13) a na vhodné uspořádání sítě pro další zpracování. První kritérium se týká geometrie sítě. Trojúhelník není příliš výhodný pro modelování tvaru těles a často se využívá jiné možnosti např. NURBS (viz dále). Druhé kritérium se týká topologie sítě. Tvorba sítě je prováděna tak, aby byl minimalizován počet operací s jednotlivými vrcholy sítě. Tento bod je splněn výběrem trojúhelníků v pruhu nebo ve vějíři (obrázek 14). V případě pruhu je každý vrchol zpracován právě jednou.



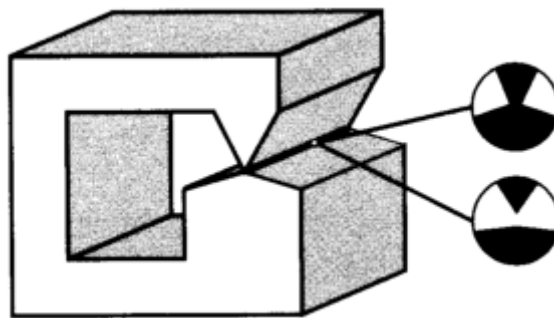
Obrázek 14 – Struktura sítě trojúhelníků – pruh a vějíř [16]



Získání optimální množiny pruhů nebo vějířů se odvíjí od charakteru zpracovávané sítě na vstupu výpočtu a od požadavků kladených na výstup (počet pruhů, počet trojúhelníků v pruzích atd.). Tento princip modelování tělesa lze přirovnat ke tvorbě modelu terénu pomocí tzv. TIN (Triangulated Irregular Network – nepravidelná trojúhelníková síť) [16].

#### 3.1.2 Hraniční reprezentace těles

Hraniční reprezentace tvaru tělesa je asi nejobvyklejším způsobem využívaným téměř ve všech počítačových modelech použitých ve filmech a hrách. Těleso je v tomto případě popsáno jako mnohostěn jednoznačně určený svými hranicemi (stěnami, hranami a vrcholy) [1]. Tato definice tělesa je vhodná i pro geometrické výpočty při modelování tělesa v systémech CAD. Teorie takového popisu tělesa je tak obecná, že dokáže popsat i tělesa, která nelze člověkem vyrobit a vzniká tak určitá forma geometrické abstrakce. Z tohoto důvodu se zavádí termín manifold pro modely těles, které jsou obrazem skutečného tělesa. Nevýrobitelné těleso se nazývá nonmanifold (obrázek 15).



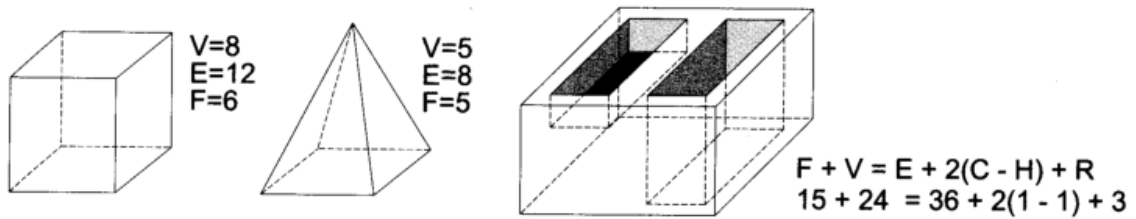
Obrázek 15 – Nonmanifold a zobrazení možností jeho transformace na manifold [15]

Zvýrazněná hrana v obrázku značí nekonečně tenké vlákno, které je ve skutečnosti nevyrobitelné. Ve skutečnosti v tomto místě musejí vzniknout dvě hrany a těleso je tak buď propojené, nebo rozpojené.

Značnou část těles tvoří mnohostěny. Tato tělesa jsou ohraničena množinou mnohoúhelníkových stěn. Hraniční popis jednoduchého mnohostěnu splňuje Eulerovu nerovnost,

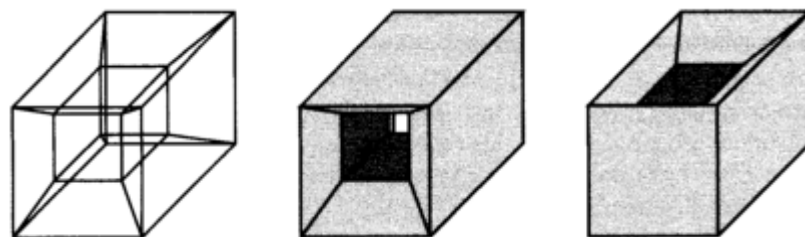


kteřá definuje vztah mezi počtem vrcholů  $V$ , hran  $E$  a stěn  $F$  (obrázek 16). Ve vzorci se dále vyskytují proměnné  $C$  (počet samostatných komponent tělesa),  $H$  (počet otvorů procházejících tělesem) a  $R$  (počet vnitřních smyček a hran).



Obrázek 16 – Ukázky mnohostěnů splňující Eulerovu nerovnost [15]

Popis hranice tělesa je zprostředkován pomocí bodů, úseček a částí rovinných ploch. Nejstarší a nejjednodušší metoda popisu povrchu tělesa je založena na zápisu hran a vrcholů. Tuto hranovou reprezentaci tělesa si lze představit jako drátový model. Při implementaci hranového popisu tělesa jsou vytvořeny dva seznamy. V jednom seznamu jsou zapsány vrcholy a v tom druhém hrany. Každá položka ze seznamu hran tak odkazuje dvěma ukazateli do seznamu vrcholů. Tím je sice docíleno úsporné datové struktury modelu, výsledkem je ale nejednoznačnost v definici tělesa. Jeden objekt pak lze charakterizovat několika odlišnými způsoby (viz obrázek 17).



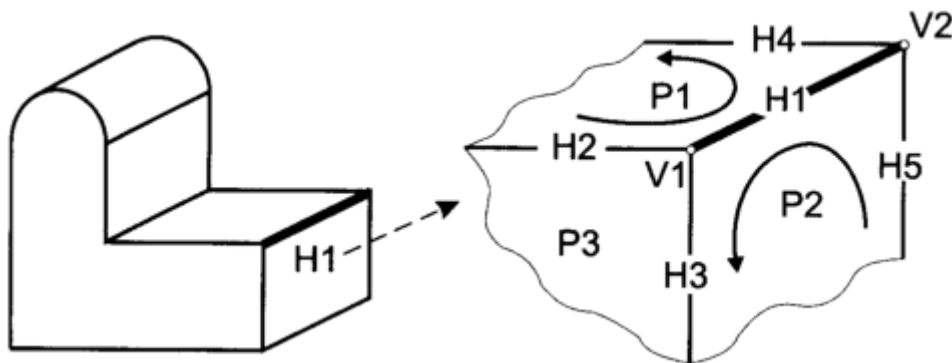
Obrázek 17 – Nejednoznačnost hranové reprezentace tělesa [15]

Další možností jak popsat těleso v prostoru je tzv. plošková reprezentace, v rámci které je hranice tvořena plochami. Tento model vznikne rozšířením modelu hranového



o datovou vrstvu ploch. Plochy mohou být síť trojúhelníků nebo obecné polygony. Z hlediska implementačního je výhodnější použít strukturu sítě trojúhelníků. Důvodem je snadný záznam topologie sítě např. do pole o pevné délce, kdy každá položka pole obsahuje právě tři ukazatele do seznamu vrcholů. V případě polygonů je délka záznamu proměnná, a datový zápis je tak dynamický. Vhodné je pro prezentaci polygonů použít jednorozměrné pole stejně, jako v případě sítě trojúhelníků. Každé pole pak obsahuje nejprve počet vrcholů polygonu a následně odkazy do seznamu vrcholů na jednotlivá pořadová čísla vrcholů daného polygonu [15].

Nejkomplexnější možností hraničního popisu tělesa v prostoru je tzv. okřídlená hrana. Název vyplývá z toho, že zobrazení hrany a sousedních prvků připomíná křídélka (obrázek 18).



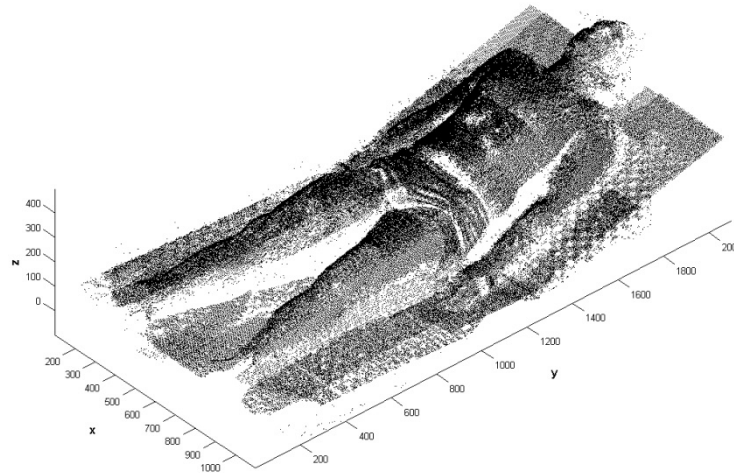
Obrázek 18 – Datový záznam okřídlená hrana [15]

Každé těleso je tvořeno datovou strukturou tří seznamů. V nejnižší úrovni je seznam vrcholů. Nad ním je přehled okřídlených hran a celá struktura je zakončena seznamem ploch daného tělesa. Každá hrana tak obsahuje informaci o koncových bodech hrany (V1 a V2) a o sousedních plochách (P1 a P2). Navíc obsahuje informace o dalších čtyřech hranách.

Speciálním případem hraniční definice tělesa v prostoru je definice bodová. Povrch tělesa je pak definovaný množinou povrchových bodů. Ty lze získat digitálním snímáním reálných objektů, případně mohou být výsledkem nějakého algoritmu. Tento typ definice



tělesa si lze představit jako mračno bodů získané laserovým skenováním<sup>8</sup> objektu (obrázek 19).



Obrázek 19 – Příklad mračna bodů – bodová definice tělesa [51]

#### 3.1.3 Konstruktivní geometrie těles

Metoda konstruktivní geometrie těles, nebo - li CSG (Constructive Solid Geometry), aplikuje postupy používané při navrhování tvaru tělesa konstruktérem. Základem tohoto datového typu popisu tělesa v prostoru je stromová struktura tzv. CSG strom, který v sobě nese historii jednotlivých kroků provedených v rámci tvorby tělesa. Základem tvorby tvaru, jsou CSG primitiva (kvádr, koule, válec, kužel, jehlan, toroid<sup>9</sup>), ze kterých je použitím množinových operací<sup>10</sup> a transformací v prostoru vytvořen výsledný objekt. Pro lepší představu lze říci, že práce s CSG primitivy představuje slepování dílčích prvků do výsledného objektu. Příklad CSG stromu je zobrazen na obrázku 20.

<sup>8</sup> Laserové skenování je metoda bezkontaktního určování prostorových souřadnic.

<sup>9</sup> Toroid je těleso v prostoru získané rotací uzavřené rovinné křivky okolo osy ležící v rovině křivky a neprotínající tuto křivku [19].

<sup>10</sup> Mezi množinové operace patří sjednocení, rozdíl, průnik a doplněk.

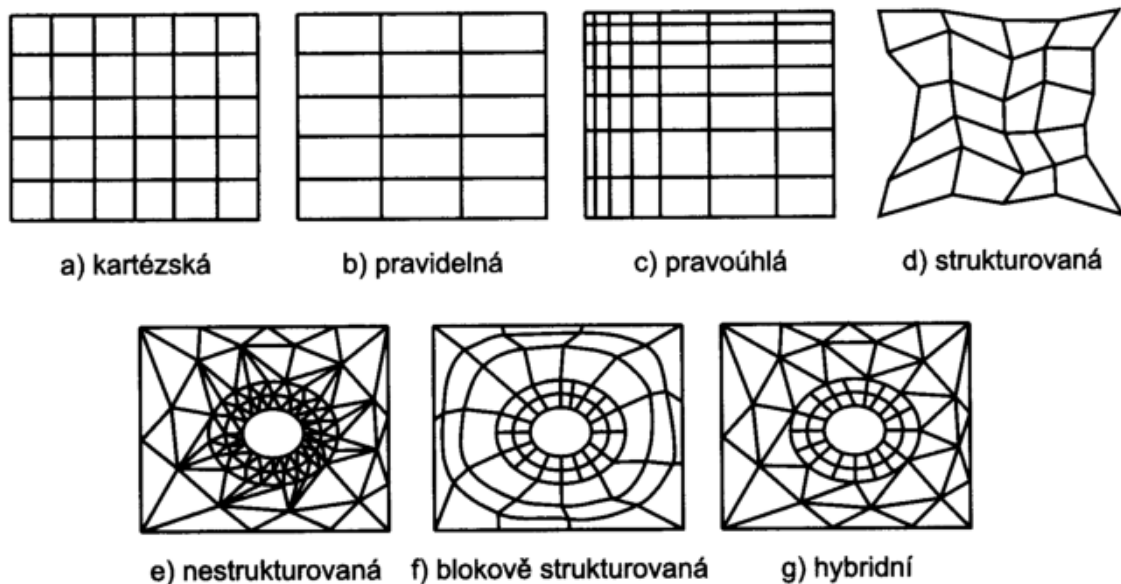






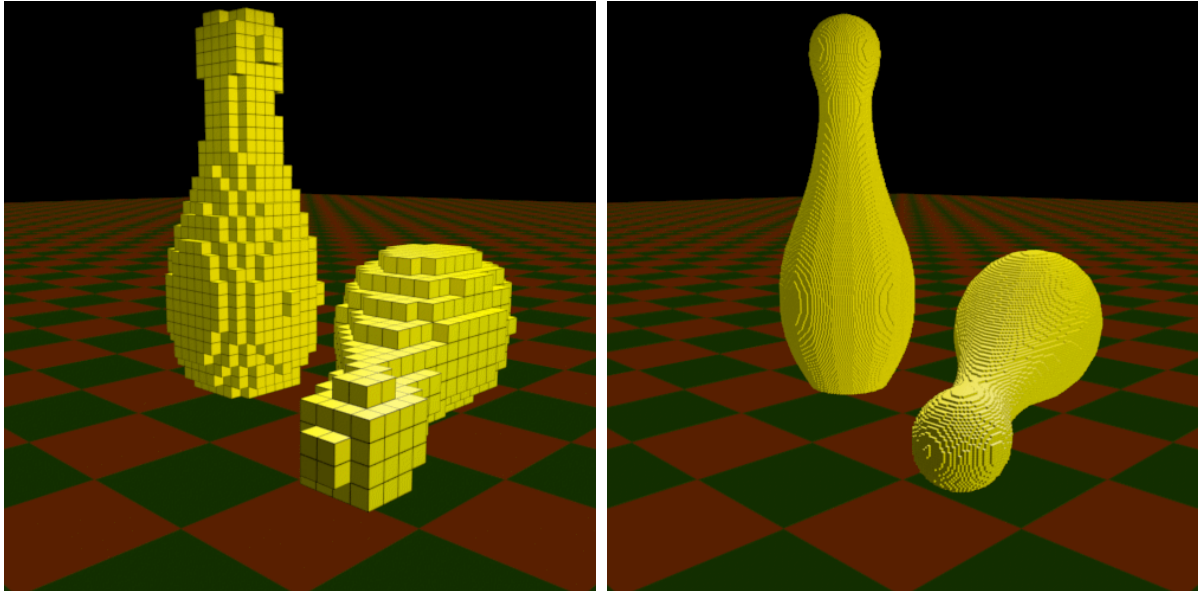
Existuje pouze jeho plášť. Prezentace, která definuje i vnitřek tělesa, se nazývá objemová prezentace tělesa. Ta pracuje s informací o tom, zda je určitý bod 3D prostoru součástí daného prostoru či nikoliv [16]. Tuto prezentaci tělesa v prostoru je vhodné aplikovat v případě, kdy simulujeme nějaký proces, ve kterém je důležité celé těleso včetně svého objemu. Příkladem může být simulace průchodu tepelné energie zahříváním kovovým blokem o tloušťce 1 cm.

Reprezentaci tělesa tímto způsobem si můžeme představit jako existující mřížku, která je následně vyskládána základními elementy tzv. voxely představující to stejné, co pixely ve 2D prostoru. Typy mřížek jsou zobrazeny na obrázku 21.



Obrázek 21 – Typy mřížek v objemové reprezentaci tělesa [15]

Nevýhodami takto definovaného modelu jsou vysoké nároky na kapacitu paměti a na výkon procesoru počítače. Proto není tato metoda příliš využívána a objemové modely jsou často nahrazeny sítí trojúhelníků, která předpokládá nalezení povrchu obalujícího těleso vytvořené množinou voxelů.



Obrázek 22 – Příklad uspořádání voxelů do dvou mřížek s různým rozlišením [16]

### 3.2 Zobrazování prostorových dat

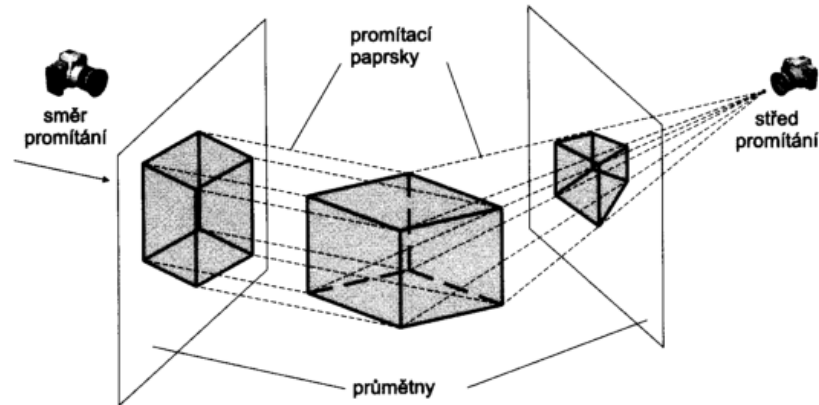
V kapitole 3.1 byly definovány možnosti, kterými lze ve 3D grafice vytvořit tvar tělesa. Pomocí těchto datových modelů je těleso uloženo v paměti počítače. Tato část diplomové práce se zabývá možnostmi zobrazení prostorového tělesa do dvourozměrné obrazové podoby.

V anglické literatuře se proces převedení 3D tělesa do 2D obrazu nazývá rendering. Postup zobrazení tělesa lze rozdělit do několika na sebe navazujících kroků: osvětlení, nastavení kamery, řešení viditelnosti, výpočet stínů a doplnění textur. Vstupním souborem do tohoto řetězce jednotlivých kroků je geometrie objektů typicky vyjádřena sítí trojúhelníků.

Trojrozměrné objekty jsou převedeny do dvojrozměrného obrazu promítáním. Tímto oborem se zabývá deskriptivní geometrie, která rozlišuje celou řadu postupů, jak z rovinného obrazu vytvořeného promítáním zpětně můžeme získat různé prostorové vztahy. Důležitými pojmy se tak při promítání stávají paprsek a průmětna. Paprsek je polopřímka vycházející z promítaného bodu směrem definovaným promítací metodou. Průmětna je plocha, na kte-



rou dopadají promítací paprsky a vytvářejí průmět tělesa. Příklad promítání je patrný z obrázku 23. Program SketchUp využívá středové promítání ve třibodové perspektivě.



Obrázek 23 – Objekt a jeho průmět vzniklý rovnoběžným a středovým promítáním [15]

Základem promítací úlohy je formulace geometrické situace, nebo - li určení místa, kde stojí pozorovatel, vymezení pozice a orientace průmětny a stanovení směru a cíle pozorování [15].

#### 3.2.1 Aplikace světla

Pro dosažení plasticity trojrozměrných těles se používají v počítačové grafice osvětlovací modely. V té nejjednodušší formě se jedná o vzorečky popisující odraz světla na povrchu tělesa v závislosti na orientaci plošky vzhledem ke světelnému zdroji. Na základě této informace je počítán barevný odstín a je tak dosaženo lepší představy o prostoru [18].

Základem pro tvorbu vizuálních scén je nutné porozumění interakci světla s materiály a jeho putování prostorem. Jedná se o netriviální algoritmy, které jsou založeny na komplikovaných fyzikálních jevech. Pro popis světla v počítačové grafice se využívá výhradně geometrické optiky. Ta je ve svém popisu výrazně snazší než optika vlnová. Pro simulaci světla jsou zavedeny následující předpoklady a zjednodušení:

- 1) Světlo se šíří přímočaře
- 2) Rychlost světla je nekonečná

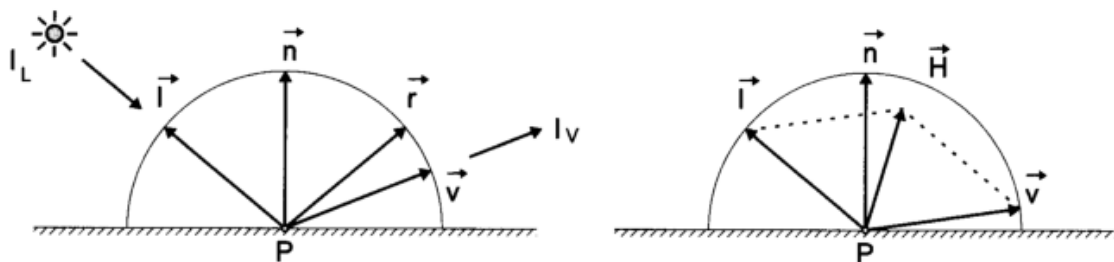


## 3) Světlo není ovlivněno gravitací

V osvětlovacích algoritmech hrají zcela zásadní roli prostorové úhly. Výpočet osvětlení bodu je pak definován jako světlo přicházející skrz polokouli, která tento bod obklopuje. Výpočet je prováděn aplikací sférických integrálů, kde jsou směry vyjádřeny pomocí jednotkových vektorů na povrchu koule. Prostorové úhly jsou orientovány tak, aby vedly směrem od povrchu. Pak i dopadající světlo na bod je definované, i když nelogicky, vektorem, který směřuje směrem ke světelnému zdroji. Podrobně jsou tyto algoritmy popsány v [15].

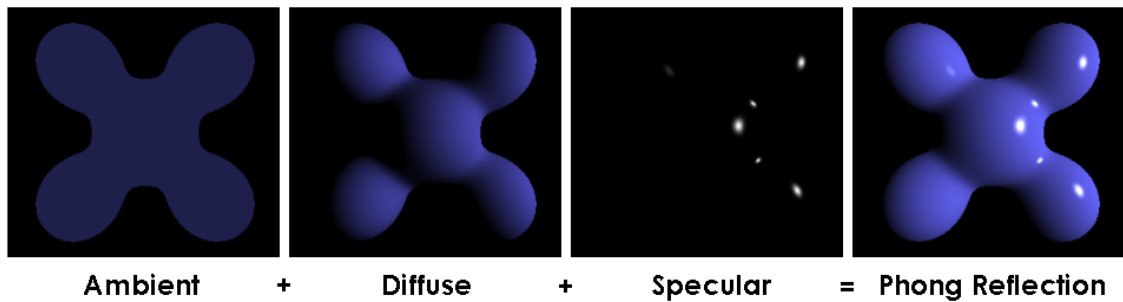
## 3.2.1.1 Odraz světla

Většina světla, které vnímáme, je světlo odražené od povrchů objektů. Barva povrchů je určena spektrální charakteristikou světla, které na ně dopadá, ale zejména vlnovou délkou a směrem odražení povrchu. Výpočet odraženého světla definuje celá řada osvětlovacích modelů. Empirický model pro výpočet odraženého světla navrhl v roce 1977 Bui – Tuong – Phong. Podle tohoto modelu je odraz světla určen směrem dopadajícího světla  $\vec{l}$ , směrem k pozorovateli bodem na povrchu  $P$ , normálovým vektorem v místě dopadu  $\vec{n}$  a zrcadlově odraženým paprskem  $\vec{r}$ . Situaci popisuje obrázek 24.



Obrázek 24 – Geometrie Phongova odrazu [15]

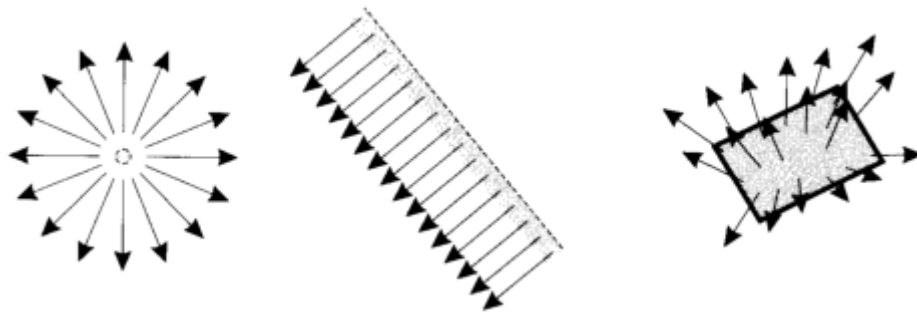
Odražející světlo se pak skládá ze tří složek: zrcadlový odraz (spekulární), difúzní a ambientní. Složení těchto tří odrazů do odrazu výsledného je patrné z obrázku 25.



Obrázek 25 – Phongův odraz složený ze svých tří složek [20]

### 3.2.1.2 Zdroje světla

Světelným zdrojem je obecně jakýkoli objekt. Světelný zdroj je charakterizován emisním spektrem, funkcí, která udává světelný výkon pro každou vlnovou délku viditelného spektra. Tato funkce udává barvu zdroje světla a směr vyzařování pro každou vlnovou délku definovaný vektorem. Nejjednodušším příkladem zdroje světla je bodový zdroj. Svítí izotropně<sup>11</sup> stejnou barvou a intenzitou do všech stran. Dalšími zdroji světla jsou např. rovnoběžný (využívá např. SketchUp), plošný a reflektor. Některé z nich jsou znázorněny na obrázku 26.



Obrázek 26 – Základní typy zdrojů světla (zleva: bodový, rovnoběžný, plošný) [15]

Ravnoběžný zdroj světla lze chápat jako bodový zdroj umístěný v nekonečnu, jehož paprsky dopadají na povrch rovnoběžně. Jsou jím obvykle reprezentována vzdálená světla

<sup>11</sup> Izotropie vyjadřuje nezávislost dané vlastnosti na směru.

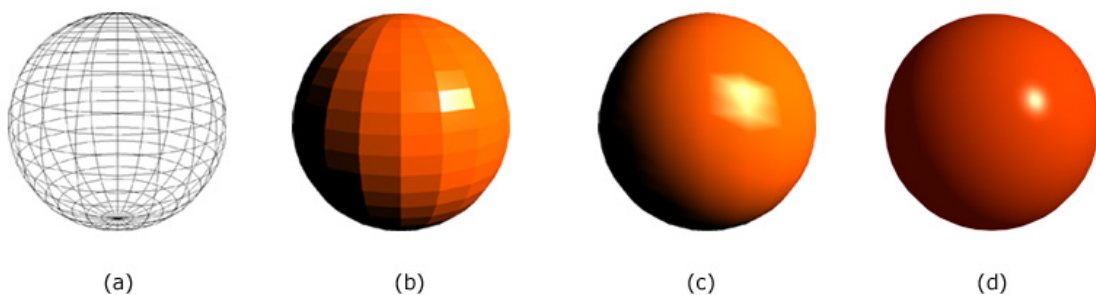


(např. sluneční svit). Plošný zdroj má konečnou plochu a vyzařuje paprsky do předního poloprostoru všemi směry. Zdroje tohoto typu často způsobují tzv. polostíny (stíny s neostrou hranicí). Reflektor je zdroj definovaný polohou a směrem, kterým září. Největší intenzita vyzářeného světla je ve směru osy reflektoru. Intenzita se zmenšuje exponenciálně ve směru kolmém na osu reflektoru. Z geometrického hlediska můžeme reflektor popsat jako kužel.

Další možností popisu zdroje světla je definice tabulkou nebo grafem. Tímto způsobem se popisuje např. bodový směrový zdroj. Následným zápisem definuje množství světla v závislosti na úhlu a vzdálenosti od světelného zdroje.

#### 3.2.2 Stínování

Stínování zahrnuje metody, kdy je proveden výpočet osvětlovacího modelu jen pro několik bodů povrchu a na základě toho, jsou odvozeny hodnoty barevných odstínů ve zbývajících bodech. Tato metoda byla vyvinuta z důvodu zdlouhavosti výpočtu osvětlovacího modelu ve všech bodech obrazu. Stínováním lze v modelu docílit přirozeného vzhledu prostorových objektů i přes snížení náročnosti na výpočet osvětlovacího modelu. Mezi nejpoužívanější algoritmy stínování patří stínování konstantní, Gouradovo a Phongovo. Výsledek každého z těchto druhů je patrný z obrázku 27.



Obrázek 27 – Porovnání různých druhů stínování, zleva: drátový model stínovaného tělesa, konstantní stínování, Gouradovo a Phongovo stínování [53]



#### 3.2.2.1 Konstantní stínování

Jedná se o rychlou a velmi jednoduchou metodu aplikovanou většinou pro stínování rovných ploch. Ty mají jednu normálu, na základě které je vypočítána jedna barva a ta je při rasterizaci plochy přiřazena všem jejím pixelům. Tento druh stínování lze s úspěchem použít i pro mnohostěny. Tady pro znázornění stačí umístění tělesa a jeho natočení v prostoru. Pro obecná tělesa je model stejného odstínu plošek nepostačující, protože oblý povrch je aproximován řadou plošek o konstantní barvě. Pro složitá tělesa tak byly vyvíjeny modely spojitého barevného stínování, kdy je odstín barvy bodu v ploše určen na základě znalosti hodnoty ve vrcholech této plochy. Ze znalosti odstínu či normály ve vrcholových bodech plochy se bilineární interpolací vypočte odstín barvy v ostatních bodech plochy. Cyklus, který takto prochází danou ploškou a interpoluje hodnotu odstínu bodu, probíhá po řádcích [15].

#### 3.2.2.2 Gouraudovo stínování

Metoda Gouraudovo stínování byla navržena H. Gouraudem<sup>12</sup>. Je založena na vytvoření iluze zaoblenosti interpolováním barvy podél povrchu. Henri Gouraud poprvé prezentoval efekt svého modelu stínování na tvář své ženy Sylvi Gouraud (obrázek 28).



Obrázek 28 – První model, na kterém bylo prezentováno Gouraudovo stínování [54]

Stínování tímto způsobem je vhodné pro povrchy aproximované množinou rovinných plošek. Výpočetní algoritmus funguje na základě znalosti odstínu barev ve vrcholových bodech plošky, ze kterých interpoluje odstíny zbývajících bodů plošek. Barvy vrcholů jsou

<sup>12</sup> Henri Gouraud je francouzský vědec, který získal titul Ph. D. na Univerzitě v Utahu [21].



vypočteny na základě osvětlovacího modelu. Barva modu v podobě *RGB* kódu je interpolována pro každou složku *R*, *G*, *B* zvlášť. I když tato metoda stínuje křivé povrchy tak, že aproximace ploškami není zřetelná, stále není obraz s tímto stínováním zcela věrný.

#### 3.2.2.3 Phongovo stínování

Gouraudovo stínování počítá s jednou normálou pro celou plošku. Phongův model interpoluje kromě barvy mezi vrcholy plošky také normály jednotlivých bodů, čímž je docíleno vizuální hladkosti plochy. Phongovo stínování je tedy založeno na bilineární interpolaci normálových vektorů. Ve srovnání s Gouraudovým modelem výpočtu je Phongovo stínování časově mnohem náročnější. To je způsobeno právě tím, že je osvětlovací model vyhodnocován v každém bodě plošky a do výpočtu jsou zahrnuty všechny složky světla modelu.

#### 3.2.3 Řešení viditelnosti

Jednou z posledních fází grafického zobrazení tělesa jsou algoritmy, které určují vzhled výsledného obrazu. Důležitou částí tohoto výpočtu jsou algoritmy řešící viditelnost. Cílem těchto algoritmů je nalezení objektů viditelných z určitého místa. Výpočet je vždy vázán na druh reprezentace tělesa v prostoru. Pro určení viditelnosti je vhodná hraniční plošková reprezentace tělesa, a to z toho důvodu, že algoritmy určující viditelnost pracují většinou právě s rovinnými ploškami. Pokud je těleso definované jiným způsobem, je nutné použít složitější algoritmy [15]. Algoritmy viditelnosti se dělí do dvou skupin: vektorové a rastrové.

Vektorové algoritmy (liniové) mají jako výstup např. soubor úseček, které představují viditelné části zobrazovaných objektů. Dalším výstupem těchto algoritmů jsou zakryté části objektů. Algoritmy vracející jako výsledek pouze úsečky se nazývají HLE (Hidden Line Elimination). Algoritmy, jejichž výstupem jsou i plochy se označují HSE (Hidden Surface Elimination).

Rastrové algoritmy pracují s rastrovým souborem. Výsledkem výpočtu je obraz, v němž jednotlivé pixely obsahují odpovídající barvu viditelné plochy. Do této kategorie patří většina v současnosti používaných algoritmů [15].





#### 3.2.3.1 Z – Buffer

Nejefektivnějším algoritmem výpočtu viditelnosti je rastrový algoritmus z – buffer. Základem metody je použití paměti hloubky. Hlavní ideou je to, že se obraz rozdělí na jednotlivé pixely a algoritmus určuje viditelnost každého pixelu samostatně. Z toho vyplývá vysoká náročnost na kapacitu paměti počítače, ale zároveň i to, že z – buffer dosahuje vysoké rychlosti zpracování. Pro každý pixel obrazu si algoritmus pamatuje vzdálenost bodu scény, který je v daném pixelu zobrazen. Doposud nepokreslené části obrazovky mají v poli uloženou hodnotu mínus nekonečno, kterým se všechna pole na začátku algoritmu inicializují. Algoritmus tedy prochází rastr, a pokud je na nějaké pozici  $X, Y$  větší hodnota  $Z$  než doposud uložené, je pixel obarven danou barvou a hodnota  $Z$  je aktualizována na tuto novou hodnotu. Takové zpracování viditelnosti je výhodné zejména proto, že každá ploška obrazu je zpracována pouze jednou.

#### 3.2.3.2 Malířův algoritmus

Malířův algoritmus je založen na myšlence vykreslování všech ploch postupně odzadu dopředu. Přes objekty v pozadí se kreslí objekty v popředí (obrázek 29).



Obrázek 29 – Princip malířova algoritmu [38]

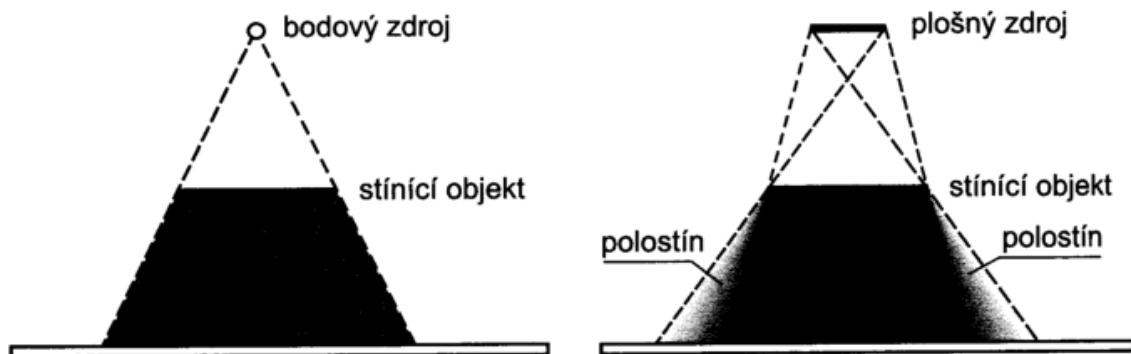
Nejprve je pro každou plochu nalezena její nejmenší hodnota souřadnice  $Z$ . Podle této hodnoty jsou plochy uspořádány a zapsány do seznamu. Následně pak algoritmus pracuje právě s tímto seznamem. První položka seznamu je označena jako aktivní a je podrobena několika testům, které řeší překrývání s ostatními plochami seznamu. Pokud je výpočtem



dokázáno, že aktivní ploška leží za všemi ostatními, je vykreslena a smazána ze seznamu ploch. Takto se pokračuje s dalšími položkami seznamu.

#### 3.2.4 Stíny

Dalším krokem pro vytvoření věrohodné vizualizace tělesa je doplnění stínů, které hrají v prostorovém vnímání člověka důležitou roli. Jejich hlavní úlohou je pochopení tvarů a rozměrů tělesa a dále získávání informací o poloze zdrojů světla. Metody, které zobrazují scénu společně s jejími stíny, jsou výpočetně značně náročné (metoda sledování paprsku, radiační metoda), což znemožňuje interaktivnost modelu. Proto se tyto algoritmy nahrazují algoritmy jednoduššími, které umožňují práci v modelu v reálném čase. Tyto výpočty jsou často převedeny z cíle nalezení stínů na problém geometrický, řešení viditelnosti. Charakter zdroje světla a jeho poloha ovlivňují výsledný stín. Bodové zdroje, oblíbené pro svoji jednoduchost, vytvářejí ostré stíny, ale protože se v reálném světě nenacházejí, nepůsobí jimi vytvořené stíny příliš věrohodně. Věrohodnější vzhled mají tzv. měkké stíny, které jsou vytvořeny plošným světelným zdrojem. Plošné zdroje vytváří kromě stínu hlavního také polostín, který vzniká v přechodu mezi stínem a úplně osvětlenou částí. Porovnání stínů vytvořeného bodovým a plošným zdrojem je na obrázku 30.

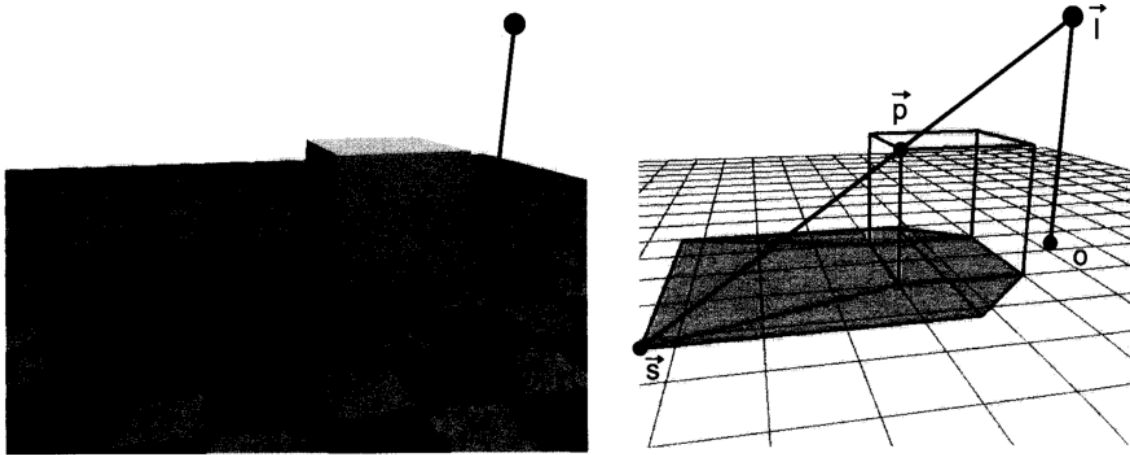


Obrázek 30 – Porovnání stínu z bodového a plošného světelného zdroje [15]

Generování stínů neprůhledných těles je v počítačové grafice dobře vyřešenou oblastí. Stín se vypočítá ze vhodně zvoleného zobrazení. Podle polohy světelného zdroje je



pro každou plochu nalezena transformace zobrazující do roviny této plochy libovolný objekt jako 2D polygon. Princip projekce stínu bodového zdroje je uveden na obrázku 31.



Obrázek 31 – Projekce stínu bodového zdroje (vlevo bez osvětlení, vpravo osvětlení s vypočteným stínem) [15]

#### 3.2.5 Textury

Poslední z řady uvedených kroků, které vedou k vytvoření reálně vypadajícího modelu objektu, je jeho doplnění o textury. Aplikace textury vede ke zvýšení vizuální kvality objektu. Často je efektivnější využít jednoduché geometrie a doplnit ji o složitou texturu než vykreslovat složité detaily, jejichž geometrie zvyšuje datovou objemnost modelu. Aplikace textury na objekt probíhá ve dvou krocích. V prvním kroku je textura definována a následně je v kroku druhém přesně definováno, na jaký objekt a do jaké jeho části má být aplikována. Druhý krok se často označuje jako texture mapping (mapování textur).

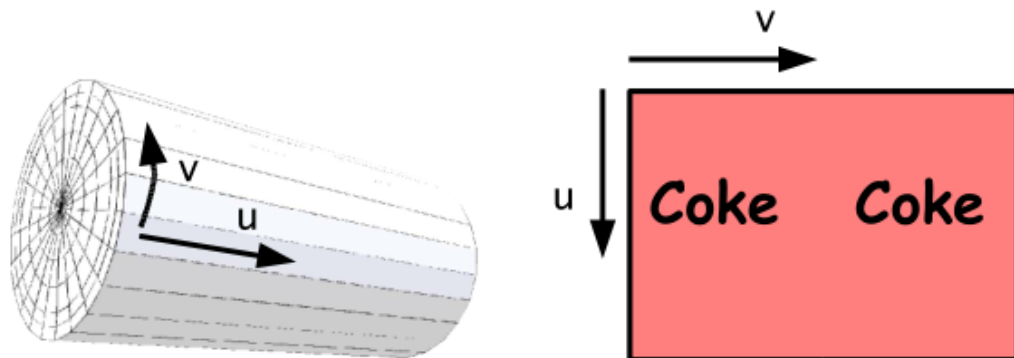
##### 3.2.5.1 Mapování textur

Mapování textury je pojem pro proces nanášení textury na povrch tělesa. Celý proces je závislý na třech faktorech. Prvním je definice textury, tedy jedná – li se o definici tabulkou nebo definici procedurální a kolika rozměrná textura je. Dalším faktorem je tvar tělesa, na který má být textura nanášena a tím posledním je mapovaná veličina. Nejjednodušším přípa-



dem mapování textury je aplikace rovinné textury. Rovinou texturu lze definovat funkcí  $T(u,v)$ , která přiřazuje bodům  $[u,v]$  v rovině hodnoty mapované veličiny. Aby byla textura nanesena na dané těleso, musí být definována funkce  $M(x,y,z)$ , která každému bodu povrchu tělesa přiřazuje bod z oboru textury  $T$ . Funkce  $M$  je v počítačové grafice označována jako inverzní mapování. Proces rovinného mapování probíhá tedy tak, že pro bod tělesa  $[x,y,z]$  je hledána informace o mapované textuře.

Druhým příkladem může být mapování textury na válcovou plochu (obrázek 32).



Obrázek 32 – Příklad mapování válcové plochy [18]

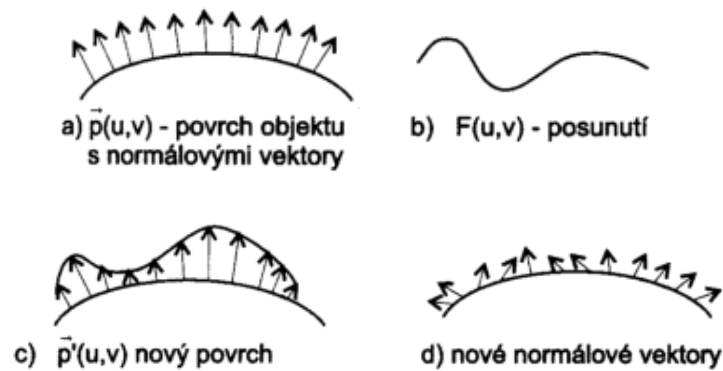
Pro určení mapovací funkce  $M$  je válec umístěn tak, aby jeho osa byla rovnoběžná s osou  $z$  a střed dolní podstavy ležel v počátku souřadnicového systému. Textura je mapována takovou funkcí, aby byl potažen celý povrch válce. Do výpočtu je tak zahrnuta výška válce  $h$  a poloměr podstavy válce  $r$ . mapovací funkce má pak tvar:

$$u = \frac{1}{2\pi} \arccos \frac{x}{r}, \text{ pro } y \leq 0$$
$$u = 1 - \frac{1}{2\pi} \arccos \frac{x}{r}, \text{ pro } y > 0$$
$$v = \frac{z}{h}.$$



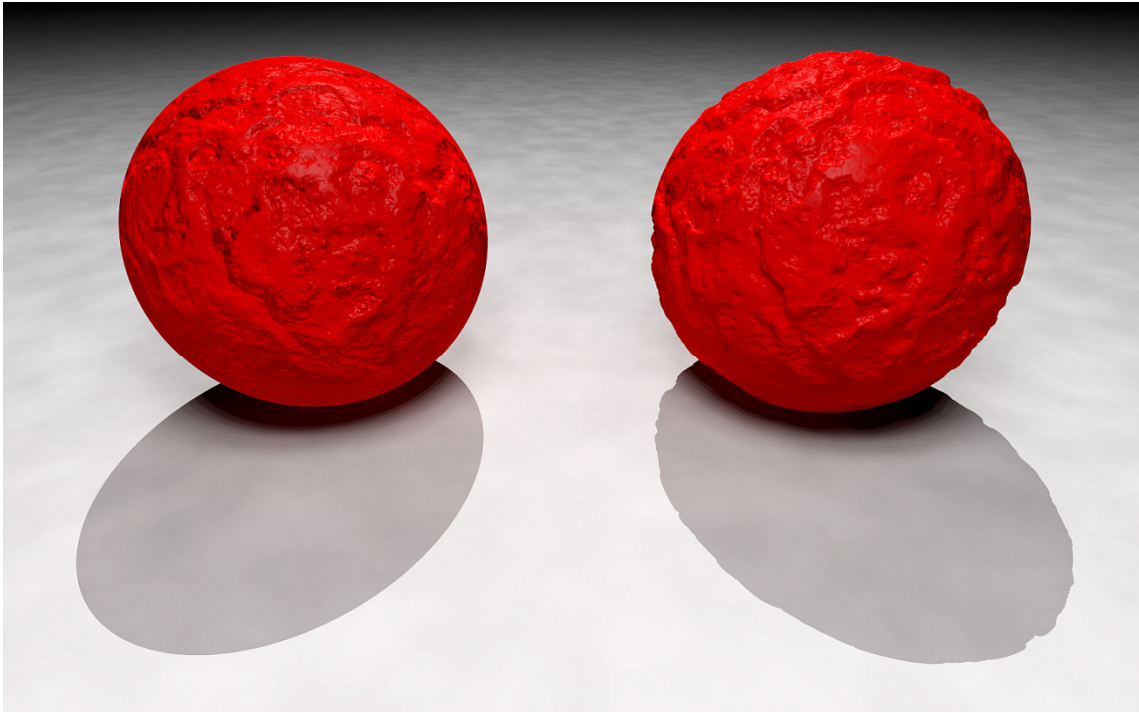
Po rozvinutí válce do roviny dochází ke změně měřítka textury ve vodorovné i svislé ose. Tento problém je vyřešen vynásobením uvedených funkcí příslušnými měřítka. Tím je zkreslení textury odstraněno.

Zvláštním druhem textur jsou tzv. hrbolaté textury (bump texture). Ty na tělese vytvářejí dojem hrbolatého povrchu. Iluze nerovnosti povrchu se dosahuje úpravou normály v každém pixelu plochy. Změnou směru normály je změněn směr odrazu odpovídající lokálnímu zvrásnění hrbolatého tělesa. Pro uložení informace o hrbolatosti povrchu se používá tzv. bump mapa. Postup změny normál je patrný z obrázku 33.



Obrázek 33 – Postup změny normálových vektorů plochy [15]

Aplikace hrbolaté textury je založena na nalezení tečných vektorů k funkci určující posunutí (hrbolatost) a k původnímu povrchu a na výpočtu nového normálového vektoru. Výsledek bump mapování je ukázán na obrázku 34 [15].



Obrázek 34 – Vlevo normální mapování, vpravo bump mapování [55]



## 4 Software pro 3D modelování

Předchozí kapitola se věnovala principu tvorby 3D modelů těles v oblasti počítačové grafiky. Tato kapitola se věnuje softwarům, které aplikují tato pravidla a umožňují vytváření 3D modelů. Programů, v nichž lze vytvářet 3D modely, existuje celá řada. Obecně lze tyto programy rozdělit na komerční (placené) a na free software (volně šiřitelný program). Vždy bude platit to, že program komerční předčí program volně šiřitelný. Takové programy se ovšem často prodávají za astronomické částky a běžný uživatel s nimi legálně nepříjde do styku. Na druhé straně existuje řada volně šiřitelných programů, které uživatelům nabízejí přívětivé prostředí, intuitivní ovládání a kvalitní výsledky za nulovou částku. V následujícím textu je vybráno pár zástupců z řad placených i neplacených programů, ve kterých lze vytvářet 3D modely.

### 4.1 Autodesk

Autodesk je nadnárodní firma vyvíjející software v oblasti 3D grafiky. Jejím nejznámějším programem je *AutoCAD*, který je průmyslovým standardem v oblasti CAD (Computer Aided Design). Firma byla založena v Kalifornii v roce 1982.

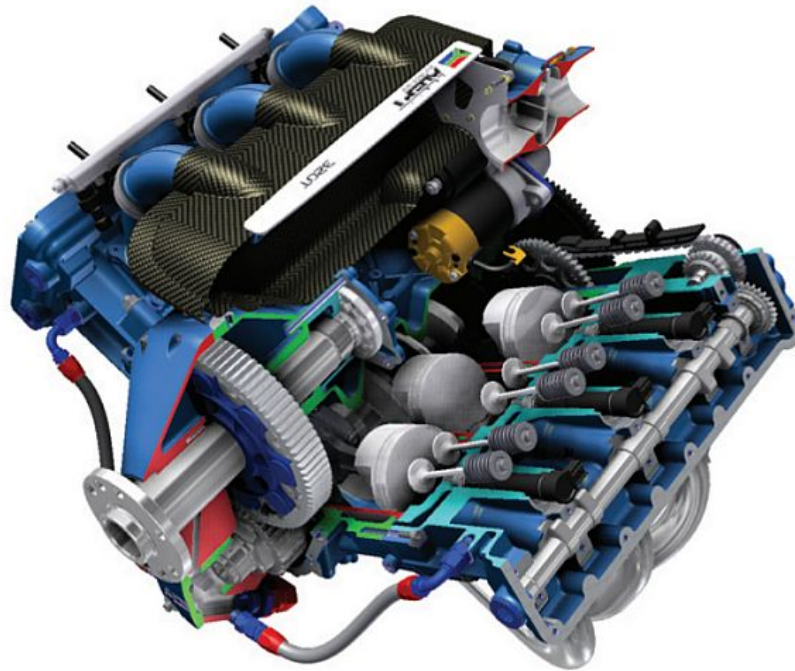
Firma Autodesk poskytuje celou řadu komerčně vydávaného softwaru pro 3D modelování. Tím nejznámějším je *AutoCAD*, který se nejčastěji používá pro 2D i 3D projektování v oblasti architektury, strojírenství a inženýrské výstavby. Samotný *AutoCAD* se dále rozděluje do dalších odnoží, jako je například *AutoCAD Civil 3D* nebo *AutoCAD Map 3d*.

Jedním z dalších známých produktů této firmy je *3D Studio MAX*, nebo - li zkráceně *3ds MAX*. Jedná se o profesionální program pro 3D grafiku, vizualizaci a animaci. Narozdíl od *AutoCADu* se používá zejména v oblasti tvorby filmů, reklam a počítačových her.

Dalším softwarem vyvíjeným firmou Autodesk je *Autodesk Maya*. Jedná se o profesionální program pro tvorbu počítačové 3D grafiky původně vyvíjený firmou Alias Systems. Stejně jako v případě *3ds MAX* je i *Maya* nejčastěji aplikována v oblasti tvorby filmů a počítačových her.



Jedním z nejprodávanějších CAD softwarů je *Autodesk Inventor*. Jedná se o software, který je již 10 let špičkou v oblasti modelování v oblasti strojírenství. Příklad modelu vytvořeného v Inventoru je na obrázku 35 [22].



Obrázek 35 – Model motoru vytvořený v Autodesk Inventor [56]

### 4.2 Cinema 4D

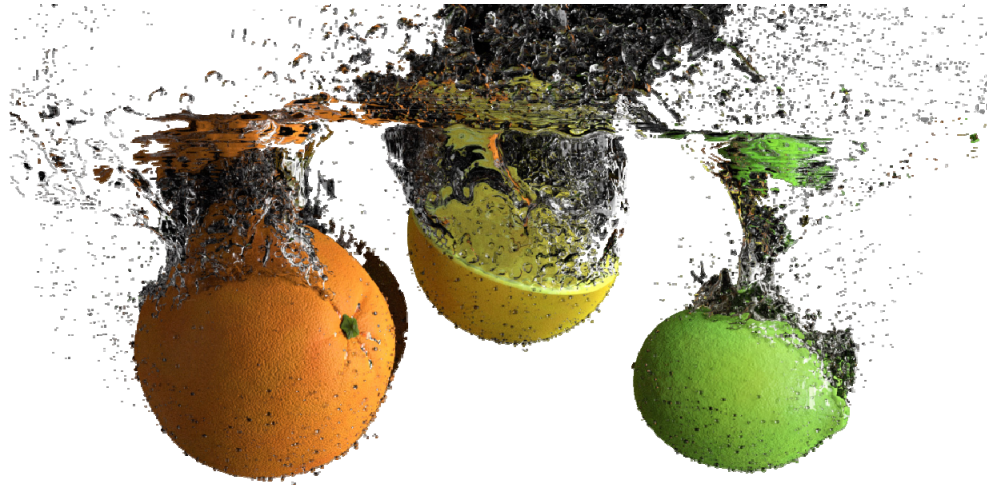
Dalším ze zástupců komerčních 3D programů je *Cinema 4D*. Jedná se o program, který uživateli nabízí komplexní řešení v oblasti 3D modelování od tvorby základního modelu přes texturování, nasvícení, animaci až po rendering. *Cinema 4D* byla vytvořena německou firmou MAXON Computer. Díky svému poměrně snadnému ovládání je velmi oblíbeným programem v oblasti 3D počítačové grafiky. V posledních letech se stala preferovaným nástrojem v oblasti tvorby TV znělek, programových upoutávek, videoklipů a reklam. Dalším širokým využitím je tvorba animací v celovečerních filmech např. IRON MAN 2, Pacific Rim, Zataženo občas trakaře a v řadě dalších.





### 4.3 Blender

Prvním zástupcem free softwaru je *Blender*. Jedná se o open source aplikaci pro vytváření 3D modelů, animací a interaktivních aplikací, vyvíjenou pod operačním systémem Linux. Program je zcela zdarma pro každého, tedy i pro komerční využití. *Blender* v sobě obsahuje i GameEngine, ve kterém je možné vytvářet interaktivní prezentace a počítačové hry. Pracovní prostředí lze doplnit o celou řadu Python<sup>13</sup> skriptů. Bezsporně se jedná o pravděpodobně nejkompaktnější 3D grafický software šířený zdarma [25].



Obrázek 36 – Příklad renderingu v programu Blender [57]

### 4.4 123D

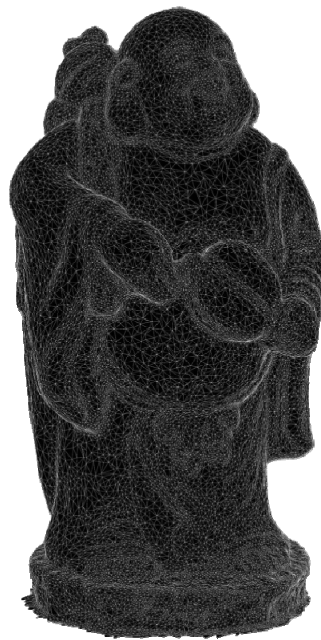
Kromě komerčních programů, které Autodesk vyvíjí, poskytuje uživatelům i poměrně obsáhlou sadu 3D CAD programů nabízených zdarma. Skrývají se pod souhrnnou zkratkou *123D*. Rodina programů *123D* v současnosti obsahuje aplikace *Design*, *Make*, *Catch*,

---

<sup>13</sup> Python je dynamický objektově orientovaný programovací jazyk.



*Sculpt*, *Creature* a *Circuits*. Podrobně jsou tyto aplikace popsány v [26]. Z hlediska možného využití v této práci je nejzajímavější aplikace *123D Catch*. Ta umožňuje vytvořit realistický 3D model ze série fotografií. Uživatelem pořízené fotografie jsou nahrány na cloud server Autodesk, kde je vytvořen 3D model a následně uložen a poslán zpět klientovi do desktopové aplikace, kde si jej lze dále upravovat. Celý proces výpočtu je založen na hledání totožných bodů na jednotlivých snímcích mezi sebou tzv. autokorelace, kdy je vytvořeno 3D bodové mračno a z něj následně zasítování modelu nepravidelnou trojúhelníkovou sítí. Aplikace je dostupná také v podobě web aplikace nebo jako aplikace pro mobilní operační systémy IOS nebo Android. Aplikaci *123D Catch* a jejímu využití je věnována část v kapitoly 7.



Obrázek 37 – Příklad modelu vytvořeného v programu 123D catch (bez textury) [58]



## 4.5 Další programy

Předcházející odstavce vyjmenovaly pravděpodobně nejpoužívanější zástupce programů pro 3D modelování, jak z řad programů komerčních, tak z programů volně šiřitelných. Samozřejmě existuje řada dalších programů např. *DAZ studio*, *Wings 3D* nebo *Bryce*. Ve výčtu všech předchozích odstavců chybí asi ten nejrozšířenější: *Trimble Sketchup*. Právě tento program byl použit pro tvorbu modelů v rámci této diplomové práce, a proto se mu podrobněji věnuje následující kapitola.



## 5 Trimble SketchUp

*Trimble SketchUp* je další ze sady CAD software, který umožňuje tvorbu 3D modelů. Jeho předností oproti předchozím zmíněným programům je jeho poměrně jednoduché rozhraní, které umožňuje i nezkušeným uživatelům s CAD programy vytvářet vlastní 3D modely. Jeho hlavní zaměření je tvorba modelů v oblasti architektury, stavebnictví a strojírenství.

### 5.1 Historie

Historie programu SketchUp se začala psát v roce 1999 ve státě Colorado, kde jej začala vyvíjet firma @Last Software založena Bradem Schellem a Joem Eschem. První verze program byla představena v roce 2000. Program byl prezentován již od svého počátku jako snadný nástroj pro 3D modelování s uživatelsky přívětivým pracovním prostředím. Do podvědomí široké veřejnosti se program dostal ve stejném roce, kdy vyhrál *Community Choice Award*. V roce 2006 přilákala oblíbenost programu SketchUp u uživatelů firmu Google, která @Last Software koupila a začala ho vyvíjet jako plug-in pro Google Earth. Toto spojení vyvrcholilo v roce 2010, kdy Google představil ve verzi programu SketchUp 8 možnost georeferencování modelu pomocí Google Maps. V roce 2012 byl SketchUp prodán společnosti Trimble [28][29].

### 5.2 Nabízené specifikace programu

Program je nabízen ve dvou možných variantách. Verze Trimble SketchUp Make je šířená jako free software. Verze programu Google SketchUp Pro je verzí placenou. Lze říci, že z uživatelského hlediska se obě verze programu v oblasti tvorby 3D modelů neliší až na několik funkcí, které senacházejí pouze ve verzi Pro. Tím hlavním rozdílem je sada formátů, které uživatel může z programu exportovat. Zatímco volně dostupná verze provede export do formátů *dae*, *kmz*, verze Pro nabízí export do *3ds*, *dwg*, *dxf*, *fbx*, *obj*, *xsi* a *wrl*. Verze Pro tedy poskytuje o poznání větší rozmanitost exportu modelů. Absence exportu do některých formátů, které chybí v neplacené verzi, se dá nahradit stažením nějakého plug-inu, který



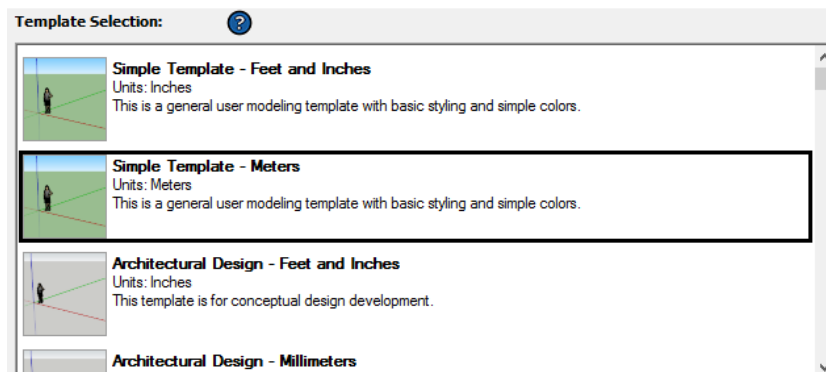
daný export ovládá. Dalším rozdílem dvou nabízených specifikací je zákaz využití volně šiřitelné verze pro komerční účely [28] [30].



Obrázek 38 – Ikony programů SketchUp, Layout a Style Builder [59]

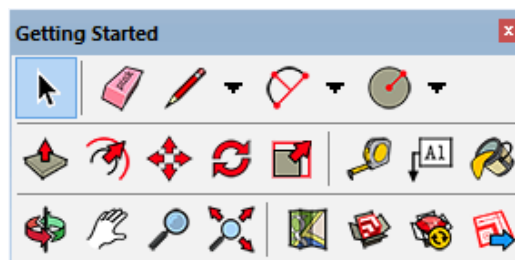
### 5.3 Nastavení výkresu, základní nástroje

Při spuštění Trimble Sketchup program uživateli nabídne okno pro výběr šablony nově zakládaného výkresu. Na výběr je celá řada předdefinovaných stylů např. Simple Template nebo Architectural Design (obrázek 39), které se od sebe liší vzhledem pracovního prostředí a ikonovou lištou spuštěnou při otevření výkresu. Dalším elementem, který je při výběru šablony výkresu volen, jsou jednotky, v nichž chceme pracovat. Nabídka pracuje s možnostmi meters, feet and inches a millimeters. Některým uživatelům nemusí vyhovovat ani jedna z předdefinovaných šablon. V takovém případě si lze nastavit vlastní šablonu podle svých představ v menu *Window – Model info*, kde si v jednotlivých záložkách lze nastavit vše potřebné.



Obrázek 39 – Výběr šablony výkresu

Při prvním spuštění programu se v pracovním prostředí objeví panel nástrojů *Getting Started* obsahující veškeré podstatné funkce, se kterými si uživatel pro základní modelování vystačí (obrázek 40).



Obrázek 40 – Panel nástrojů Getting started

Jednotlivé panely nástrojů lze zapínat a vypínat podle potřeby v menu *View – Toolbars*. V podstatě lze říci, že základní nástroje programu Sketchup můžeme rozdělit do tří skupin: kreslicí, editační a manipulační.



### 5.3.1 Kreslicí nástroje



Základním kreslicím nástrojem programu SketchUp je čára (line). Jedná se o pravděpodobně nejpoužívanější nástroj ve SketchUpu, kterým lze kreslit ve všech směrech a rovinách. Na tomto nástroji si lze ukázat základní principy programu, které platí i u dalších nástrojů. Nástroj se spustí levým kliknutím myši a pohybem tím směrem, kterým bude linie vedena. Linii lze kreslit bezrozměrnou nebo s určitou délkou. Bezrozměrná linie se ukončí opětovným kliknutím levého tlačítka myši. Při kreslení linie v přesném rozměru se postupuje tak, že se klikne na počáteční bod linie, myši se ukáže směr, ve kterém má být linie kreslena, vše se pustí a napíše se rozměr v jednotkách zvolené šablony. Ten se potvrdí tlačítkem enter. Zadávaný rozměr se ukazuje vpravo dole v okénku *Measurements*. Tímto způsobem zadávání fungují i další kreslicí funkce. V případě obdélníka či čtverce, tedy těles, u kterých je nutno zadat dva rozměry, jsou tyto rozměry zadány stejným způsobem, ale jsou od sebe odděleny středníkem.

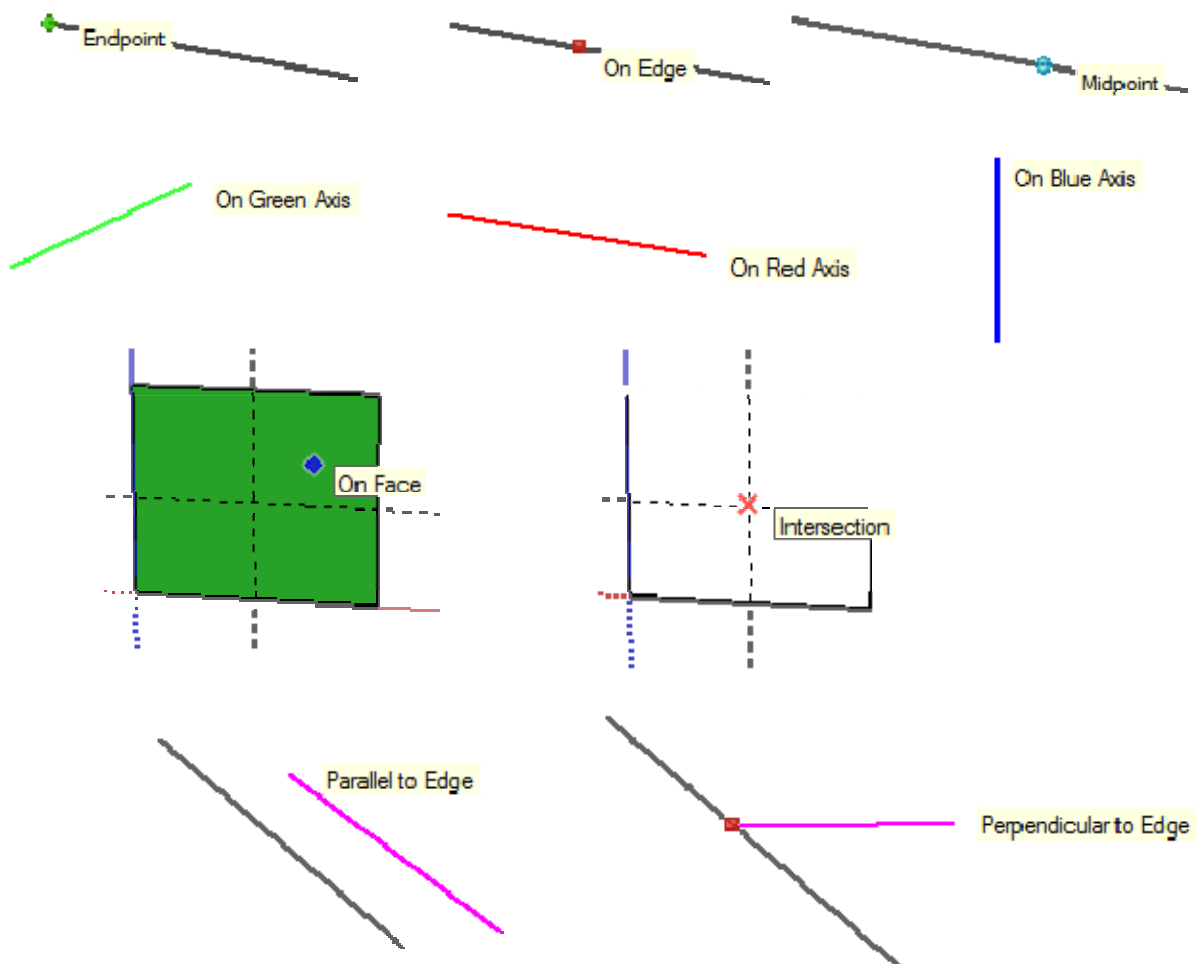
Dalšími základními kreslicími nástroji jsou čtyřúhelník, kružnice, oblouk, n-úhelník a volné kreslení. Oblouk je definován svými krajními body a vzepětím mezi těmito body, které lze opět zadat číselnou hodnotou nebo přichycením vrcholového bodu oblouku k danému bodu. Kružnice je definována středovým bodem a poloměrem. Pro kreslení obdélníka a čtverce existuje jedna funkce *Rectangle* (obdelník). Rozměry je možné zadat opět číselně oddělenými rozměry středníkem nebo tažením myši. Při tažení myši nás SketchUp upozorní na kreslení čtverce tím, že zvýrazní úhlopříčku přerušovanou čarou.

#### 5.3.1.1 Odkazový systém

V této části diplomové práce je zapotřebí poukázat na další princip fungování programu SketchUp. Ten totiž dokazuje jeho intuitivnost a zároveň inteligenci, která uživateli značně ulehčuje práci. Jedná se o tzv. inteligentní odkazový systém, jenž se opět prolíná všemi funkcemi programu. Odkazový systém při najetí myši zvýrazňuje jednotlivé významné body a odlišuje je barvou. Stejně je tomu tak i při kreslení čar ve významných směrech definovaných směrem os. Barva linie vedené ve směru osy pak barevně odpovídá barvě osy



osového kříže zobrazeného v počátku souřadnicového systému výkresu. Dále se jedná o kreslení kolmic a rovnoběžek s danými liniemi. Tento chytrý odkazový systém najdete u všech kreslicích funkcí, které SketchUp nabízí. Některé příklady jsou uvedeny na obrázku 41.



Obrázek 41 – Příklady odkazového systému pro různé kreslicí funkce





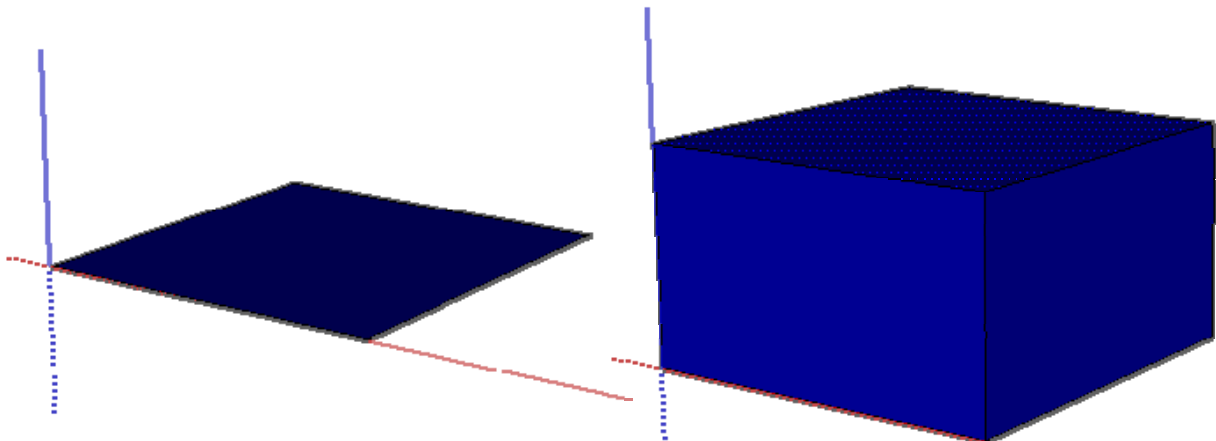
### 5.3.2 Editační a manipulační nástroje



Editační nástroje slouží k úpravě nakreslených prvků. Nalezneme je v panelu nástrojů *Edit*. Toto menu obsahuje nástroje *Push/Pull* (tlačit/táhnout), *Follow me* (následuj mě), *Offset* (odsazení) a dále tři manipulační nástroje *Move/Copy* (posun/kopírování), *Rotate* (otáčení) a *Scale* (měřítko). V této skupině funkcí se nachází sada nástrojů, díky nimž se ze SketchUpu stal tolik oblíbený program pro 3D modelování napříč celým spektrem uživatelů.

#### 5.3.2.1 Funkce *Push/Pull*

*Push/Pull* je nástroj, který vytváří z nakresleného půdorysu prostorové těleso tažením plochy do prostoru. Tuto technologii tvorby prostorového tělesa má SketchUp patentovanou v USA. Metoda umožňuje uživateli načrtnout hlavní rysy a hranice objektů ve 2D zobrazení a následně ho snadno přeměnit na 3D objekt (obrázek 42). Velikost vytažené plochy lze zadat stejným způsobem, který byl popsán při kreslení linie. Buď je zadána určitá hodnota v jednotkách šablony výkresu, nebo se plocha vytáhne manuálně do požadované polohy.

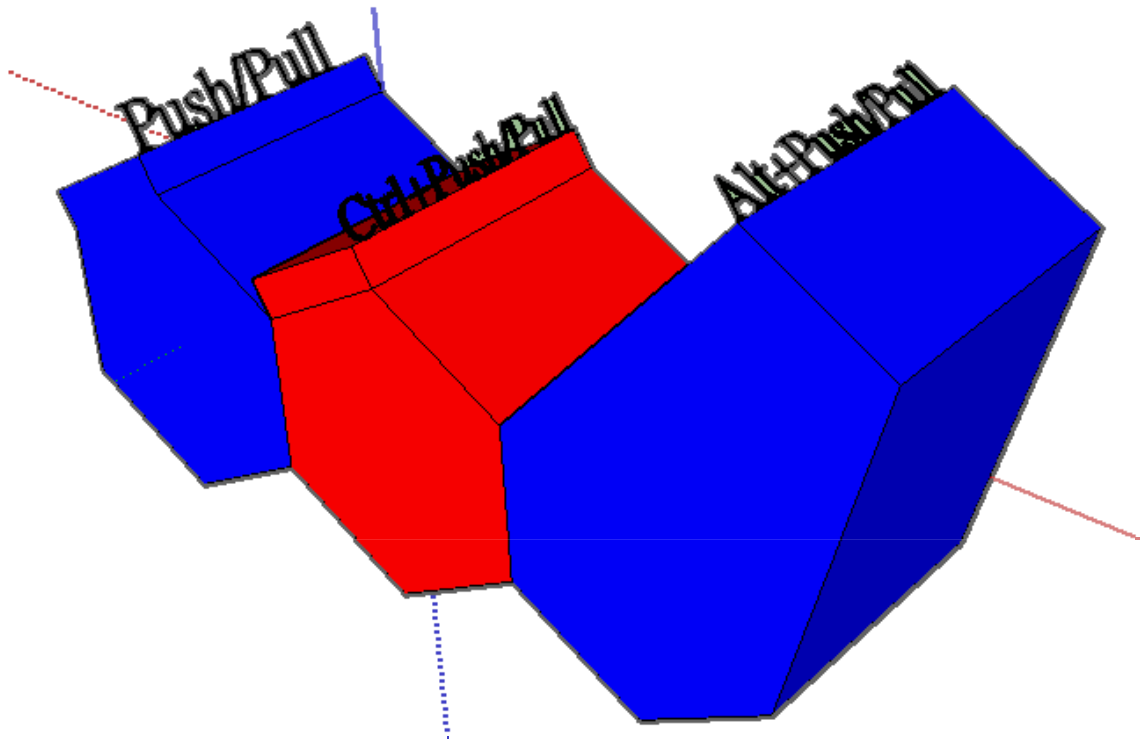


Obrázek 42 – Aplikace nástroje *Push/Pull*

Používání nástroje lze doplnit využitím některé z klávesových zkratk, které upravují funkci této funkce. Klávesová zkratka *Ctrl+Push/Pull* vloží mezi původní a vytaženou část



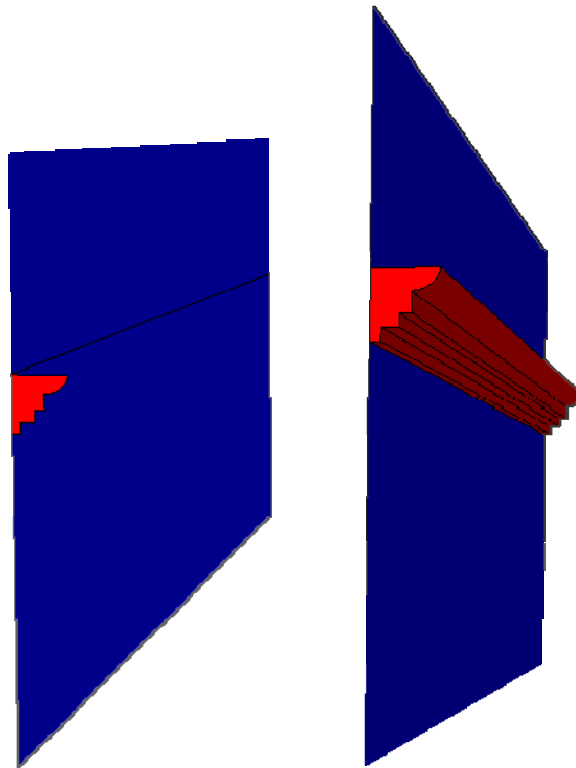
tělesa plochu, která se projeví viditelnou linií na styku těchto ploch. Další variací je užití zkratky *Alt+Push/Pull*, která vytáhne kromě označené plochy i plochy sousední. Jak lze jednotlivé možnosti tohoto nástroje použít, je uvedeno na obrázku 43.



Obrázek 43 – Variace použití nástroje Push/Pull

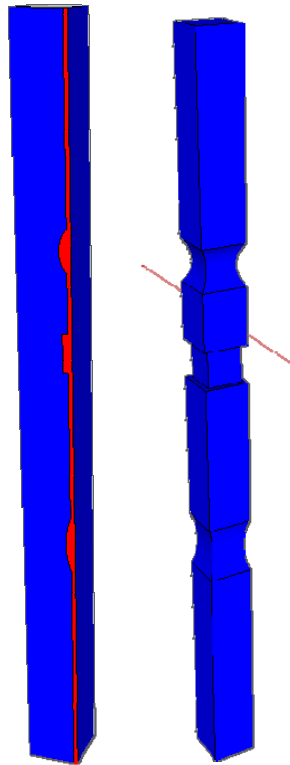
### 5.3.2.2 Funkce Follow Me

Funkce *Follow Me* je spolu s *Push/Pull* a *Line* tou pravděpodobně nejpoužívanější funkcí. Při jeho správném použití lze tímto nástrojem vytvořit mnoho zajímavých tvarů. Typickým příkladem využití toho nástroje je tvorba říms. Důležité je mít nakreslenou linii, kterou má nástroj *Follow Me* sledovat. Pak již stačí vytvořit svislý řez římsou a ten po vytvořené linii protáhnout (obrázek 44). Profil lze protáhnout po linii dvěma způsoby. Buď klasicky, tedy tažením profilu myší po vytvořené linii nebo vybráním linie, následně spuštěním funkce *Follow Me* a kliknutím na profil. Takto se profil protáhne po linii sám.



Obrázek 44 – Použití nástroje Follow Me (přidání materiálu)

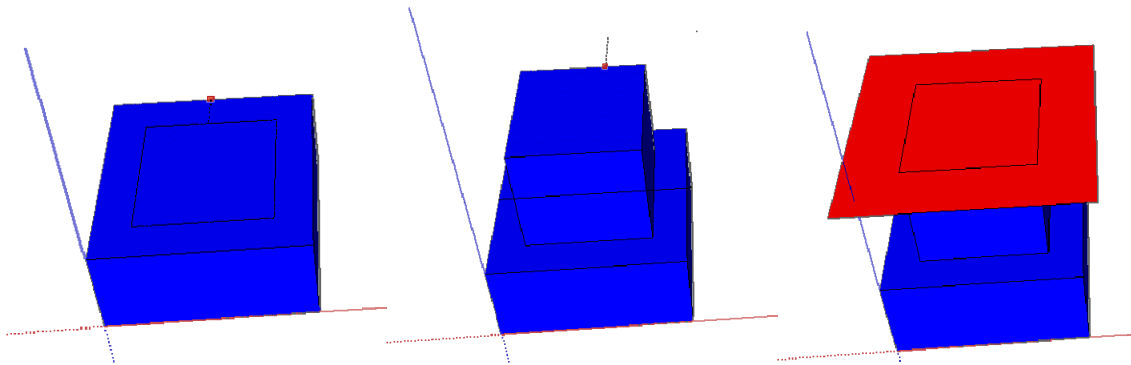
Tímto způsobem je tedy přilepena plocha k ploše dosavadní. Druhým možným využitím je naopak redukce dosavadního tvaru na tvar požadovaný. Příkladem může být vytvoření nohy židle (obrázek 45). Funkce má samozřejmě řadu dalších využití a záleží pouze na uživateli a jeho představivosti, jak tento velmi šikovný nástroj programu SketchUp použije.



Obrázek 45 – Použití funkce Follow Me (odebrání materiálu)

### 5.3.2.3 Funkce Offset

Funkce *Offset* slouží pro vykreslování ekvidistant, tedy rovnoběžných čar se zvolenou křivkou. *Offset* funguje na stejném principu jako předcházející popisované funkce. Zvolí se křivka (případně celá plocha), ke které má být vytvořena ekvidistanta, ukáže se směr, kam má být ekvidistanta vedena a určí se vzdálenost buď tažením myši, nebo napsáním číselné hodnoty. Aplikace této funkce je ukázána na obrázku 46.



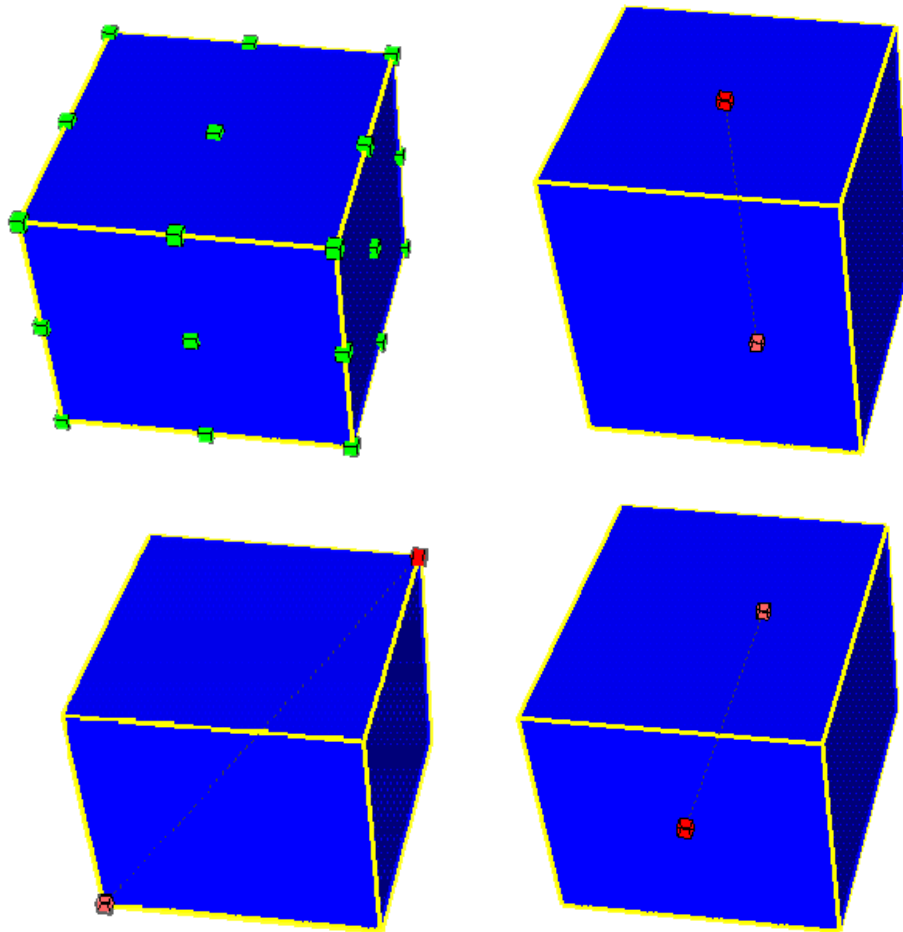
Obrázek 46 – Použití funkce Offset

#### 5.3.2.4 Funkce rotace, přesunutí, kopírování, změna měřítka

Další sadou důležitých funkcí programu SketchUp jsou tzv. funkce manipulační, jejichž název napovídá, že se využívají při manipulaci s vytvořenými tělesy. První je *Move/Copy* (přesunout/kopírovat). Používá se tehdy, když chceme některý prvek použít vícekrát, případně pokud chceme již vytvořený prvek přesunout na jiné místo. Volbou tělesa tažením myši stačí vybrat funkci *Move/Copy*, určit definiční bod, za který bude těleso chyčeno, a tažením ho přesunout na požadované místo. Kopírování prvku se provádí obdobným způsobem s tím rozdílem, že při vybrání nástroje *Move/Copy* je nutno stisknout (ne držet) tlačítko *Ctrl*, které značí kopírování označeného tělesa. Fakt, že těleso je kopírováno a ne přesouváno, se projeví znaménkem plus u ikony pro výběr definičního bodu. Kopírování lze provést také známým *Ctrl + C/Ctrl + V*. Rotace slouží pro otáčení zvoleného prvku o určitý úhel v dané rovině. Stačí opět pouze vybrat těleso, které má být otočeno, zvolit rovinu, ve které bude těleso otáčeno, střed otáčení a zadat úhel, o který má být otočeno. Zvolená rovina je definována barvou úhломěru. Zbarvuje se podle toho, ve kterém směru se nachází (barva podle osy příslušného směru souřadnicového kříže, případně černá pro ostatní směry). Zadání úhlu se provádí opět tažením myši nebo zadáním číselné hodnoty. Často využívanou modifikací této funkce je otočení při ponechání rotovaného prvku. Toho lze docílit tak, že při výběru funkce *Rotate* stiskneme tlačítko *Ctrl* značící kopírování a nikoliv přesun vybraného tělesa. *Ctrl + Rotate* se projeví stejně jako v předchozím případě malým znaménkem plus u ikony pro výběr definičního bodu, kolem něhož se bude těleso otáčet.



Poslední ze série modifikačních funkcí je funkce *Scale*. Ta se aplikuje v případě potřeby zmenšení či zvětšení zvoleného tělesa ve směru horizontálním, vertikálním nebo v obou směrech najednou. Volba směru, v němž bude tělesu měněn rozměr, se provádí tažením jednoho z definičních bodů, které funkce nabídne (obrázek 47). Velikost změny měřítka je opět zadána tažením myši nebo zadání měřítkového koeficientu (větší než 1 pro zvětšení, menší než jedna pro zmenšení tělesa).



Obrázek 47 – Funkce Scale



### 5.3.3 Další významné nástroje programu SketchUp

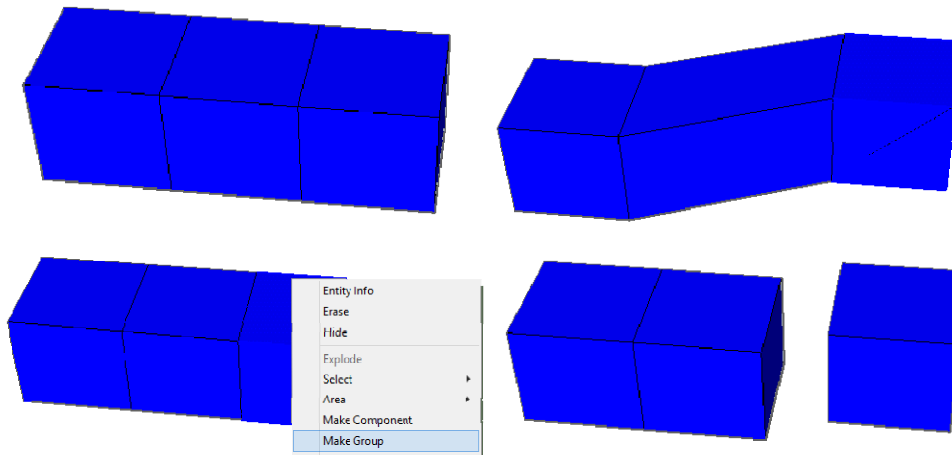
SketchUp obsahuje řadu dalších funkcí. Některé z nich budou popsány v kapitole 7. Následující podkapitoly stručně popisují další vybrané funkce programu.

#### 5.3.3.1 Funkce *Make Group*

Vytváření modelů ve SketchUpu si lze představit jako vytváření modelu slepováním jednotlivých papírových částí k sobě. Dvě k sobě slepené plochy mají stykovou plochu to- tožnou (na styku neexistují dvě plochy). Tato skutečnost může být v určitých situacích pro- blém, a to v okamžiku, kdy chceme od sebe oddělit dvě tělesa se stykovou plochou. V takovém případě se použije nástroj *Make Group* (vytvoř skupinu), který seskupí vybrané prvky do jednoho. Příkladem může být situace znázorněná na obrázku 48. V řadě tří kostek chceme přesunout krajní kostku na jiné místo. Použitím nástroje *Move* se při tažení vybra- né<sup>14</sup> pravé krajní kostky posouvá celá geometrie, včetně kostky prostřední, která s ní má společnou plochu. Tento problém vyřešíme vytvořením skupiny z krajní kostky, a to kliknu- tím levým tlačítkem myši na zvolenou krychli a z kontextového menu výběrem položky *Make Group*. Poté již můžeme krychli přesunout, aniž by byla porušena geometrie sused- ního tělesa. Vytvořená skupina nemá žádné další speciální vlastnosti. Jedná se pouze o se- skupení hmoty za účelem jejího oddělení od tělesa, ke kterému přiléhá. Jedinou výhodou vytvořené skupiny je možnost jejího vybarvení jedním kliknutím do jakékoliv plochy skupi- ny. Tato skutečnost může v řadě případů, kdy se jedná o složité plochy stejné barvy ušetřit poměrně dost pracovního času.

---

<sup>14</sup> Výběr prvku se provádí nástrojem *Select* (šipka). Výběr lze provést tažením myši zeshora dolů, kdy jsou vybrány pouze linie a plochy ležící celé ve vybrané oblasti, nebo tažením zezdola nahoru, kdy je vybráno vše, co leží alespoň svou částí ve zvolené oblasti.



Obrázek 48 – Funkce Make Group

### 5.3.3.2 Funkce Make Component

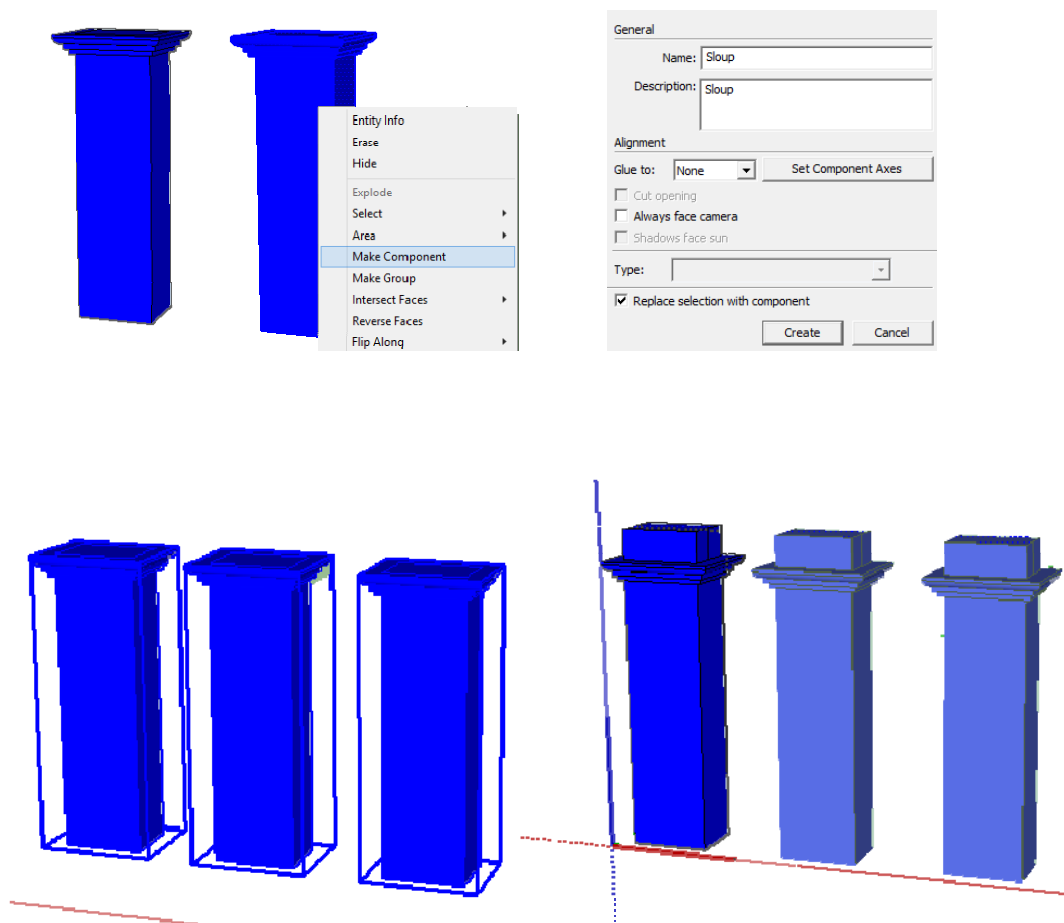
Ze všeho, co ve SketchUpu vymodelujete, je možné vytvořit komponent (knihovní prvek). Ve své podstatě se jedná o stejný princip, na jakém funguje vytvoření skupiny, jen s tím rozdílem, že komponent je uložen v knihovně a v dalších výkresech ho lze použít. Knihovnu s komponenty si lze vytvořit vlastní nebo využít knihovnu Googlu 3D Warehouse [31], která obsahuje komponenty již zde sdílejících uživatelů. V takovém případě si je můžete stáhnout a přidat si je do své vlastní knihovny. Existuje také česká knihovna, postupně doplňovaná reálnými výrobci svými výrobky [32]. Komponenta se zpravidla vytváří pro prvky, které se ve výkresu vícekrát opakují, a jsou shodné. Výhodou je lepší manipulovatelnost, zejména při výběru, kdy stačí do komponenty pouze klepnout myší a tím je vybrána celá komponenta. Představme si objekt, ve kterém se několikrát opakuje stejný sloup. Typ sloupu stačí jednou nakreslit, poté vybrat v kontextovém menu možnost *Make Component*<sup>15</sup>, vyplnit tabulku s údaji o prvku a vytvořit. Pak můžeme komponentu neomezeně kopírovat. Další unikátní vlastností této funkce je hromadná úprava jednoho typu komponenty. Pokud budeme mít ve výkresu těchto sloupů např. 20, pak stačí vybrat jeden a z kontextového menu vybrat položku *Edit Component*. Veškeré tyto úpravy se projeví na všech prvcích jedné

<sup>15</sup> Důležité je zaškrtnout možnost *Replace selection with component* (viz obrázek 49).





komponenty. Samozřejmě může nastat situace, že chceme provést změny pouze na jedné z nich. Jejím označením a vybráním možnosti *Make Unique* z kontextového menu je následně možné komponentu upravovat tak, aby se provedené změny neprojevíly na ostatních komponentách stejného typu. Vytvořenou komponentu můžeme následně snadno sdílet do knihovny *3D Warehouse* výběrem možnosti *Share Component* z kontextového menu. Všechnu tuto práci při tvorbě komponent shrnuje obrázek 49.



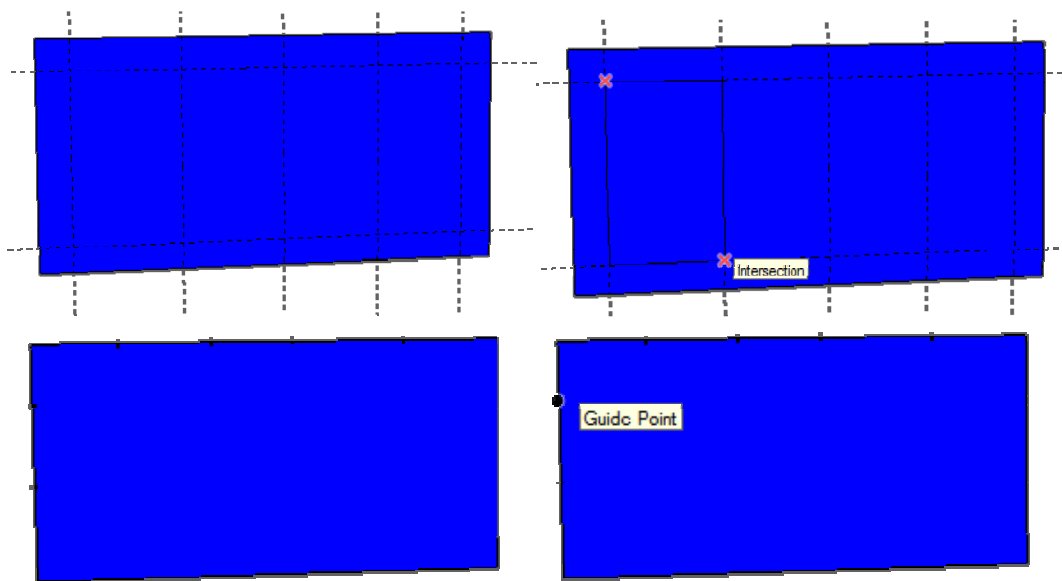
Obrázek 49 – Práce s komponentou

### 5.3.3.3 Funkce *Tape Measure Tool*

Užitečnou je i funkce nástroje *Tape Measure Tool* (metr). Ten nám umožňuje rozměření výkresu. Jako příklad může posloužit případ rozmístění oken po stěně. Nástrojem metr si rozměříme polohy jednotlivých rohů a poté do nich okna umístíme. Nástroj odměřuje linie



(odměření od linie), popřípadě vodící body (odměření od bodu). Po kliknutí nástrojem *Tape Measure Tool* stačí opět jako v předchozích funkcích jedním ze dvou způsobů zadat hodnotu, o kterou má být vodící linie posunuta od linie zvolené (popřípadě bod). Po použití vytvořených vodících linií nebo bodů je lze hromadně smazat v menu *Edit – Delete Guides* nebo pouze vypnout jejich zobrazení v menu *View – Guides*. Aplikaci této funkce ukazuje obrázek 50.



Obrázek 50 – Práce s metrem (horní řada linie, spodní řada vodící body)



## 6 Moduly (Plugins)

Program SketchUp si lze představit jako případ, kdy si jde zákazník koupit auto. Vše, co chcete navíc, si musíte přikoupit. Tak je tomu i se SketchUpem. Jediný rozdíl je v tom, že za drtivou většinu nadstavbových funkcí nemusíte platit. Tyto nadstavbové funkce nad primární nástroje programu SketchUp se nazývají pluginy. Tímto pojmem se rozumí zásuvný modul (z anglického plug in – zasunout), tedy rozšiřující aplikace, která nemůže fungovat samostatně bez programu, jenž rozšiřuje. Autor v této kapitole představuje pluginy, které pro účely této diplomové práce vyhledal a použil, a bez kterých by nebylo možné řadu prvků modelů vytvořit.

### 6.1 SketchUp Ruby API

Rozhraní, které umožňuje vytvářet pluginy pro SketchUp se, nazývá *SketchUp Ruby API* aplikující programovací jazyk *Ruby*. Jedná se o interpretovaný skriptovací jazyk, který je díky své jednoduché syntaxi poměrně snadný pro naučení. I přes svoji jednoduchost je ovšem dostatečně výkonný, aby konkuroval např. *Pythonu* nebo *Perlu*. Tvůrcem tohoto jazyka je Yukihiro Matsumoto. Více informací o tomto programovacím jazyku se lze dočíst v [33].

### 6.2 Knihovna Pluginů

Stejně jako existuje knihovna objektů (3D Warehouse), tak existuje i knihovna pluginů pro SketchUp nazvaná *Extensions Warehouse* [34]. Tuto knihovnu lze spustit přímo z pracovního prostředí programu SketchUp: *Window – Extensions Warehouse*. Poté stačí najít plugin, který chceme instalovat, a v pravé části obrazovky stisknout *install*. Tím se plugin sám nainstaluje. Jeho přítomnost v programu SketchUp se často projeví až po restartování programu. Druhou možností instalace je stažení pluginu na webu (soubor *rbz*) a jeho instalace v menu *Window – Preferences – Extensions – Install Extensions*.

Druhým, a dle názoru autora kvalitnějším serverem, který poskytuje knihovnu pluginů, je server *SketchUcation* [35]. Jedná se o stránky SketchUp komunity nabízející mimo



jiné PluginStore. Obsahuje kolem tisíce pluginů. Stránky požadují registraci uživatele a jejich cena je dobrovolná (může být i bezplatná). Důležitým poznatkem je fakt, že většina Pluginů na těchto stránkách není ke stažení na serveru *Extensions Warehouse*.

### 6.3 Seznam použitých pluginů

Následující podkapitoly uvádějí výběr pluginů, které byly autorem využity v rámci této diplomové práce, a kterými lze vhodně doplnit pracovní prostředí programu SketchUp.

#### 6.3.1 Modul SketchUcation

Stahování pluginů probíhá tak, že si uživatel stáhne *rbz* soubor a ten podle již uvedeného postupu nainstaluje. Řada pluginů od jednoho autora potřebuje pro svoji funkčnost knihovnu, ze které následně všechny jeho pluginy získávají např. ikony funkcí atd. Právě při takovéto instalaci často nastávají problémy, kdy plugin nefunguje správně z důvodu chybného umístění potřebné knihovny. Jedná se tedy o chybnou složkovou strukturu, která je poměrně obtížně vyřešitelná. Tento problém řeší plugin SketchUcation. Ten řídí instalaci veškerých pluginů ze serveru SketchUcation. Plugin se stáhne na stránkách [35] v záložce *Resources – Plugin Store Download*. Po provedení instalace se v prostředí SketchUp objeví lišta, pomocí níž se instalují další pluginy z těchto stránek, aniž by musel uživatel hlídat umístění knihoven a pluginů tak, aby správně fungovaly. Plugin Store se spouští první ikonou lišty (obrázek 51). Jedná se o plugin, který ušetří spoustu problémů a času.



Obrázek 51 – Plugin SketchUcation



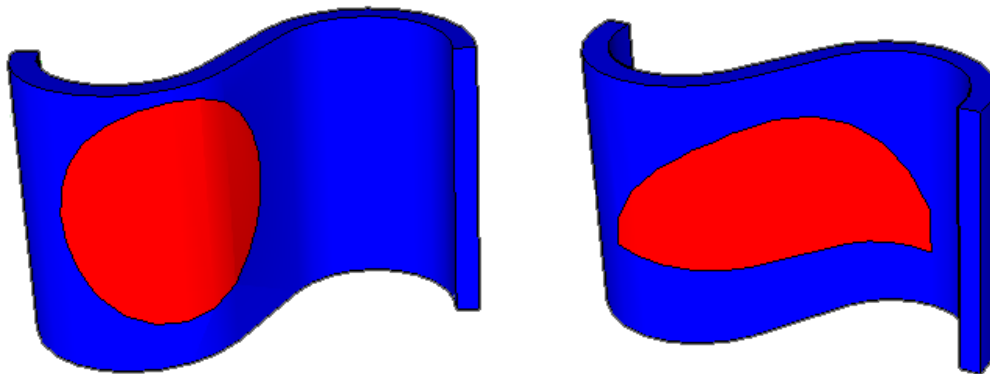
### 6.3.2 Modul Tools on surface

Program SketchUp je bezesporu výborným nástrojem pro 3D modelování a se svými nástroji si uživatel vystačí ve většině případů. Problémem, který nelze základními funkcemi SketchUpu vyřešit, je kreslení linií, oblouků a dalších tvarů na plochách libovolně zakřivených. Právě tento problém řeší plugin *Tools on surface*. Plugin potřebuje pro svoji správnou funkčnost knihovnu *LibFredo6*, která je spolu s pluginem dostupná na serveru *SketchUcation*. Autor doporučuje instalovat tento plugin včetně knihovny pomocí předcházejícího pluginu, protože právě při uživatelské instalaci tohoto pluginu nastaly problémy, které znemožnily funkčnost této funkce, a byly vyřešeny až instalací pluginu *SketchUcation*. Plugin nabízí kreslení všech základních linií a tvarů, které jsou ve SketchUpu běžné pro kreslení v rovné ploše (obrázek 52).



Obrázek 52 – Lišta pluginu Tools on surface

Použití funkce je obdobné jako použití kreslicích funkcí programu SketchUp. Příklad práce s tímto nástrojem je ukázán na obrázku 53. Nevýhodou práce na obecně zakřivené ploše je nemožnost rozvržení si plochy, protože nástroj *Tape Measure* nefunguje pro měření na obecné ploše. Další nevýhodou kreslení na obecné ploše je fakt, že shodné prvky se nedají po zakřivené ploše kopírovat, ale musí se kreslit samostatně. To je způsobeno tím, že obecné plochy mají zpravidla v každém bodě plochy různé křivosti. Jinak řečeno, co v určité části plochy leží na této ploše, nebude ležet na té samé ploše v jiné oblasti. S nadsázkou lze tedy říci, že modelování prvků na obecně zakřivené ploše není rýsování, kde si můžeme vše rozvrhnout, ale doslova kreslení od ruky. Proto je práce s tímto nástrojem poměrně zdlouhavá a prvky se musí často několikrát překreslovat, dokud výsledek splňuje představy uživatele.



Obrázek 53 – Příklady použití funkce Tools on surface

### 6.3.3 Modul Joint Push/Pull

Na nástroj *Tools on surface* navazuje plugin *Joint Push/Pull*. SketchUp je založen na principu kreslení ploch v půdorysu a jejich následném vytažení do prostoru pomocí nástroje *Push/Pull*. Pokud bychom chtěli vytáhnout do prostoru červeně zvýrazněné plochy z obrázku 53, pak by nástroj *Push/Pull* selhal a vypsal by hlášku: *Cannot Push/Pull curved surfaces* – Nelze vytáhnout zakřivené povrchy. Tento další nedostatek programu SketchUp pro kreslení po obecně zakřivených plochách řeší právě plugin *Joint Push/Pull*. Tento nástroj pochází z dílny stejného autora jako nástroj *Tools on surface* a pro správné fungování vyžaduje opět knihovnu *LibFredo6*. Jeho použití je obdobné jako použití nástroje *Push/Pull*. Nástroj *Joint Push/Pull* nabízí několik možností vytažení (obrázek 54).

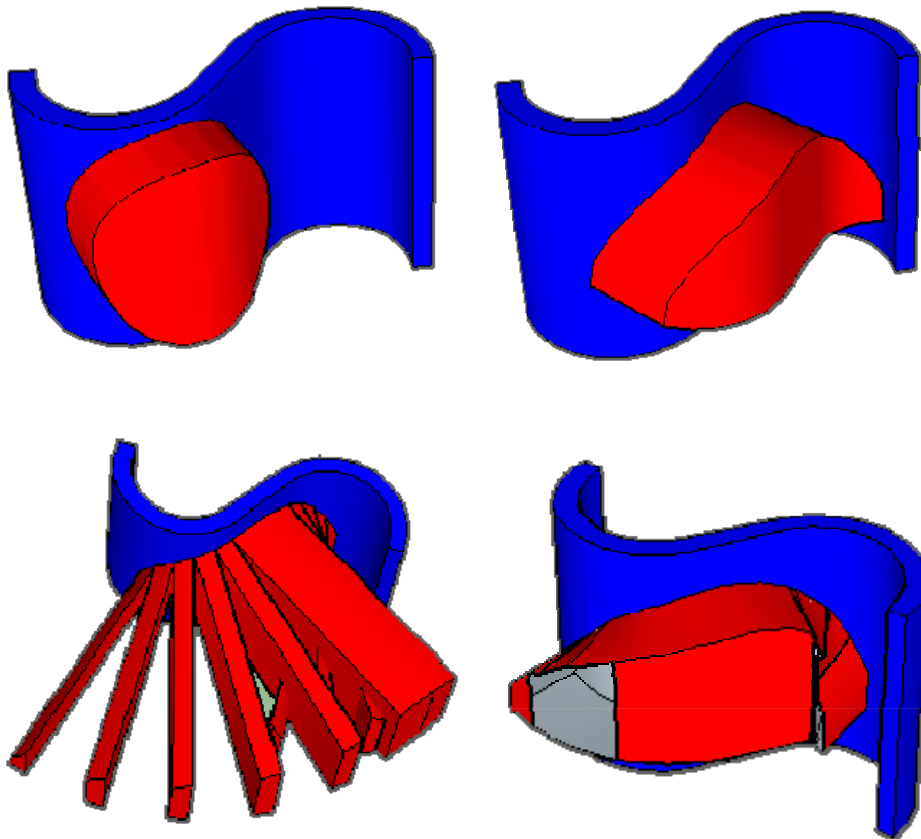


Obrázek 54 – Lišta pluginu Joint Push/Pull

Po vyzkoušení tohoto pluginu je nutné konstatovat, že možností, která je ze všech nejstabilnější a pracuje tak, jak má, je možnost *Joint Push/Pull Extrude* (ikona s X u šipky). Další občas využitelnou možností je *Joint Push/Pull Vector* (V), který protáhne plochu ve



směru zadaného vektoru. Ostatní možnosti jsou poměrně nestabilní a poskytují nepředvídatelné výsledky, jak je patrné z obrázku 55.



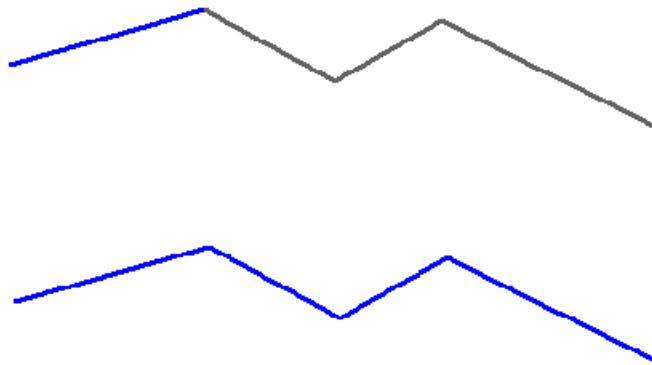
Obrázek 55 – Požití různých metod funkce Joint Push/Pull (horní řada možnost extrude, vector, spodní řada možnost normal a joint)

### 6.3.4 Modul Weld

Užitečným nástrojem je také plugin *Weld*. Pokud nakreslíme libovolnou křivku složenou z několika částí, je při následné manipulaci s touto křivkou problém s jejím výběrem. To řeší právě tento malý plugin, který spojí do jedné křivky její dílčí sekce. Typickým případem může být aplikace tohoto nástroje spolu s použitím funkce *Divide*. Ta bude vysvětlena dále v textu. Použití nástroje je snadné. Stačí vybrat křivky, které mají být spojeny do jedné



(výběr šipkou spolu s držením Ctrl) a poté spustit funkci *Weld*.<sup>16</sup> Práci s touto funkcí ukazuje obrázek 56. Opět se jedná o plugin, který uživateli ušetří spoustu práce a času. Jeho praktické využití bude dále ukázáno v kapitole 7.



Obrázek 56 – Výběr prvku před a po použití funkce Weld

### 6.3.5 Modul Curviloft

Dalším problémem SketchUpu je absence funkce, která by vykreslovala plochu mezi v prostoru libovolně umístěnými křivkami např. plocha mezi dvěma oblouky. Tuto absenci řeší modul *Curviloft*. Plugin opět pochází ze serveru SketchUcation. Práce s ním je opět snadná. Stačí vybrat křivky tvořící spojitý obrazec a použít funkci *Curviloft*, která má v pracovním prostředí programu SketchUp po své instalaci pracovní lištu (obrázek 57).



Obrázek 57 – Pracovní lišta pluginu Curviloft

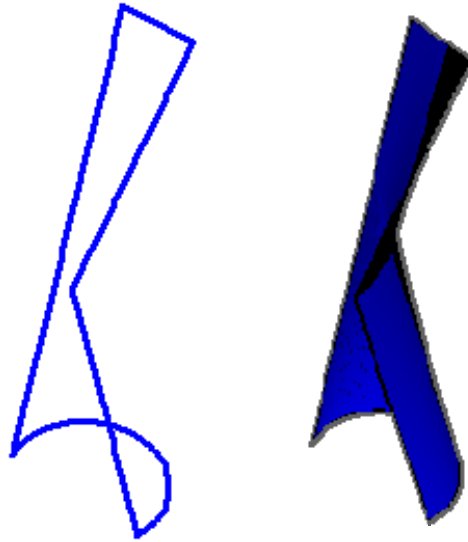
---

<sup>16</sup> Pozor na umístění funkce *Weld* v pracovním okně programu SketchUp. Tato funkce nemá panel nástrojů tak, jak tomu bylo u předcházejících pluginů, ale nachází se v liště Tools.





Práci s tímto pluginem, který je nepostradatelným pomocníkem při modelování ve SketchUpu ukazuje obrázek 58.



Obrázek 58 – Funkce Curviloft



## 7 Tvorba prostorových modelů

Předmětem této diplomové práce jsou objekty, jejichž prostorové modely jsou zde vypracovány a dále prezentovány. Jedná se o objekty vybraných pramenů ve Františkových Lázních. Aspektů, které ovlivnily tuto volbu, je hned několik. Tím prvním byl fakt, že autor pochází z města Františkovy Lázně a chtěl s tímto městem propojit téma své diplomové práce. Druhou skutečností byl zájem vedení města Františkovy Lázně nejen o projekt, kterým jim byl autorem předložen, ale i o možnost navázání dlouhodobější spolupráce na projektech podobného zaměření. Posledním impulsem pro zpracování tohoto tématu byla snaha obohatit a upevnit vlastní znalosti i dovednosti z oblasti tvorby a prezentace prostorových modelů, jejichž základy byly získány v předmětu *Vizualizace a distribuce prostorových dat*. Z i tohoto důvodu byly vybrány objekty se složitými tvary a prvky, aby bylo nutné se dál vzdělávat, vyhledávat nové informace, dovednosti a propojovat je s již nabytými. Na předchozí kapitoly 5 a 6, kde jsou prezentovány autorovy poznatky a doporučení týkající se programu SketchUp, navazuje tato kapitola nabízející aplikaci poznatků.

### 7.1 Předchozí práce podobného zaměření

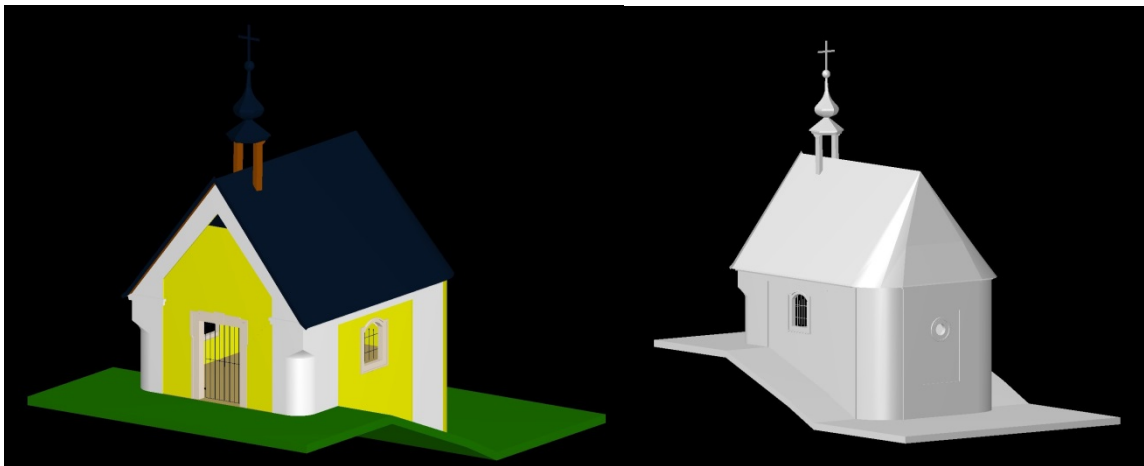
Prostorové modely lze vytvářet z různých důvodů, v různých programech a s různou přesností. Rozdílnost přístupu ke tvorbě prostorových modelů lze ukázat na předchozích autorových pracích, které vznikly během studia na FSv ČVUT.

#### 7.1.1 Projekt PhotoPa

Tento projekt vznikl v Laboratoři fotogrammetrie na katedře geomatiky Fakulty stavební ČVUT. Jedná se o databázi památek ČR tvořenou měřickou fotodokumentací památkových objektů [36]. V rámci předmětů Fotogrammetrie 1 a 2 byl zvolen objekt a byla vytvořena jeho fotogrammetrická dokumentace stávající se ze sady měřických snímků a dalších doplňujících informací. Takto vytvořená dokumentace objektu může být v budoucnu využita pro navrácení poničeného objektu do svého původního vzhledu.



Fotogrammetrická dokumentace následně posloužila ve volitelném předmětu Fotogrammetrie 30 pro vytvoření prostorového modelu tohoto objektu metodou průsekové fotogrammetrie<sup>17</sup>. Měřické snímky byly vyhodnoceny v programu *PhotoModeler*. Vyhodnocené body a linie byly následně exportovány do formátu *dgn*, otevřeny v programu *Microstation* a domodelovány. Jednalo se tedy o poměrně přesné (přesnost cca 5-10cm) zpracování modelu vycházející z přesné fotogrammetrické dokumentace objektu. Výsledky zpracování jsou ukázány na obrázku 59.



Obrázek 59 – Model kaple Panny Marie vytvořený v rámci předmětu Fotogrammetrie 3

### 7.1.2 Předmět Vizualizace a distribuce prostorových dat

Druhý projekt podobného zaměření vytvořený jiným způsobem, než projekt předchozí, byl zpracován jako semestrální práce v předmětu Vizualizace a distribuce prostorových dat. Jednalo se o tvorbu 3D modelu v programu SketchUp. Protože k objektu neexistovala stavební dokumentace (stavební výkresy), byla jako podklad pro 3D model vytvořena dokumentace vlastní obsahující oměření půdorysu pomocí pásma a výšek pomocí výškoměru. Značným zdrojem vizuálních dat byla sada fotografií zachycující objekt a jeho jednotlivé

---

<sup>17</sup> Část fotogrammetrie, zabývající se zjišťováním geometrických vlastností objektů technologií průseku promítacích paprsků fotografických nebo digitálních snímků pořízených s konvergentními osami záběru [37].



zdobné prvky. Jedná se tedy o odlišný přístup k tvorbě prostorového modelu, než v případě fotogrammetrického zpracování. Přesnost takto vytvořeného modelu lze definovat hodnotami 10 – 20 cm. Výsledek projektu je zobrazen na obrázku 60.



Obrázek 60 – Kostel sv. Petra a Pavla zpracovaný v programu SketchUp

### 7.2 Sběr dat

Z hlediska získávání dat pro tvorbu 3D modelu je z uvedených možností jednoznačně složitější a zdouhavější přístup první, tedy metoda fotogrammetrického zpracování objektu. Jinou možností je sběr dat 3D skenování objektu, kde se dále pracuje s tzv. mračnem bodů, nebo zaměření význačných bodů objektu prostorovou polární metodou z vytvořené měřické sítě pomocí totální stanice, které následně slouží jako základ pro vytvoření 3D modelu.

V rámci této diplomové práce byly tvořeny modely, u nichž byl kladen důraz na vizuální shodnost s objektem, který byl modelován. Požadavky na přesnost tak nebyly tím primárním faktorem při volbě metody získání podkladových dat. Proto byl použit postup sběru dat uvedený v kapitole 7.1.2. Protože k ani jednomu vizualizovanému objektu neexistovala stavební dokumentace, byla vytvořena dokumentace vlastní. Ta vznikala oměřením



půdorysu distančním měřidlem, výšek pomocí laserového výškoměru a oměřením ostatních prvků (okna, dveře, zdobné části) pomocí pásma, popřípadě metru. Rozměry prvků nacházejících se na objektu byly měřeny pouze ve výškách dostupných ze země. Pro prvky nacházející se v nedostupné výšce, byl z rozdílu výšek určen vertikální rozměr prvku (např. výška okna). Rozměr horizontální byl odhadnut, nebo byl použit rozměr stejných prvků, které bylo možné oměřit. Protože byly všechny objekty značně hloubkově členité a nepravidelné, nebylo možné využít fotoplánů<sup>18</sup> a míry nedostupných prvků následně měřit v nich. Členitostí objektů, by byly míry v určitých částech fotoplánu značně zkresleny.

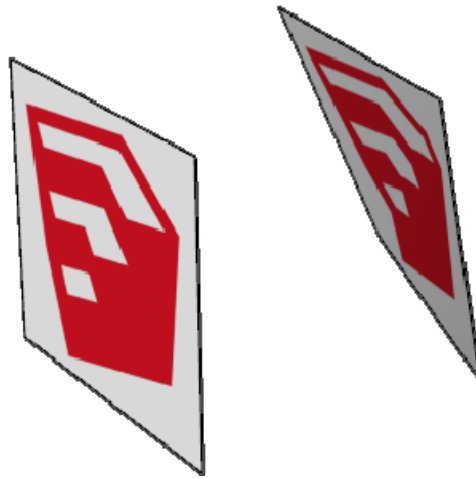
Pro dosažení co největší vizuální shodnosti modelu a modelovaného objektu byla pro každý objekt pořízena sada dokumentačních fotografií zachycujících objekt jako celek a zachycující jednotlivé zdobné prvky (římasy, sloupy, okna, dveře atd.). Protože se jednalo pouze o snímky dokumentačního charakteru, které nebyly využity např. pro fotogrammetrické vyhodnocení, byl pro pořízení snímků použit fotoaparát mobilního telefonu Sony Xperia Z Ultra, který svojí kvalitou postačuje pro využití fotografií pouze jako dokumentačního materiálu.

V případě existence projektové dokumentace, ideálně v digitální podobě, je vhodné importovat do pracovního prostředí programu SketchUp půdorys (import např. formátu *png*), následně pomocí několika změřených délek importovaný půdorys roztáhnout do měřítka výkresu a výkres obkreslit. To samé lze provést v případě svislých konstrukcí (obvodového zdiva), jejichž prvky jsou zachyceny na výkresech pohledů. Výkres stačí opět upravit do správného měřítka a stěnu výkresem potáhnout. Tohoto postupu lze využít i v případě zakřivených povrchů, kdy je výkres na stěnu aplikován jako projektovaná textura<sup>19</sup>. Příklad projektované textury na obecně zakřivenou plochu je uveden na obrázku 61.

---

<sup>18</sup> Překreslený fotografický snímek (popř. montáž více snímků) rovinného objektu v požadovaném měřítku.

<sup>19</sup> Projektovanou texturu si lze představit jako promítání data projektoru na zakřivený povrch. Textura je nejprve aplikována na rovný povrch stejného rozměru a následně promítnuta na povrch zakřivený.



Obrázek 61 – Příklad projektované textury (promítnutí z plochy rovné vlevo na plochu zakřivenou vpravo)

Pro měření délek a výšek byl použit přístroj Vertex Laser 400 primárně vyvinutý pro aplikaci v lesnictví. Krátká specifikace tohoto produktu je uvedena v následující podkapitole.

### 7.2.1 Měřicí systém Vertex Laser 400

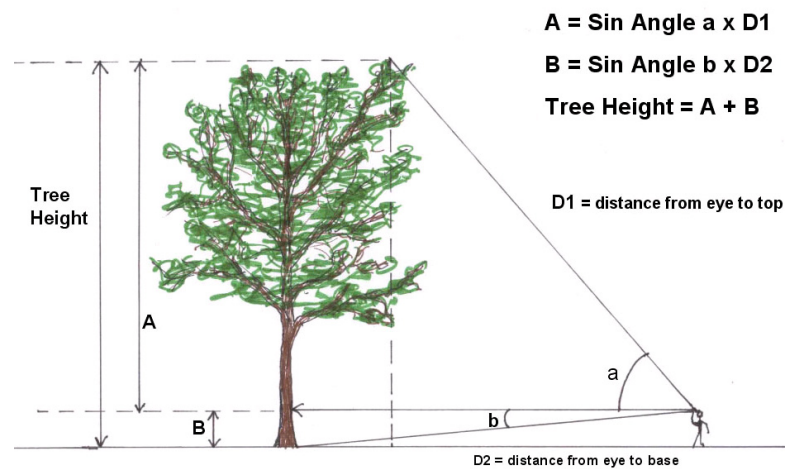
Vertex Laser 400 je moderní měřicí přístroj od švédské firmy Haglof primárně vyráběný pro lesnické využití a určený k rychlému a přesnému měření vzdálenosti, výšek a vertikálních úhlů. Jedná se o nejmodernější spojení ultrazvukového a laserového dálkoměru s přesným elektronickým výškoměrem a sklonoměrem. Právě možnost volby typu dálkoměru je unikátní vlastností tohoto přístroje. Obecně platí, že ultrazvukový dálkoměr nabízí přesnější výsledky při měření krátkých vzdáleností v řádu desítek metrů (přesnost v řádu centimetrů). Největší výhodou měření délek pomocí ultrazvukového dálkoměru je možnost změřit tzv. neviditelný cíl. Tedy cíl, který překrývá jiný objekt (zídka, strom atd.). Pro měření tímto způsobem je pak nutné použít aktivní elektronickou odrazku (obrázek 62) umístěnou v bodě, jehož vzdálenost od místa pozorovatele má být určena. Laserový dálkoměr naopak umožňuje rychlé a jednoduché měření vzdáleností v řádu desítek až stovek metrů bez nutnosti odrazového zařízení (tzv. bezodraz). Přesnost tohoto laseru na větší vzdálenosti je v řádu decimetrů. Výška prvku je pak určena z měření délky a výškového úhlu na spodní a



vrchní bod spojnice, jejíž výšku určíme, přičemž je nutné provést první záměr na bod ve výšce 1,3 m od země (tato hodnota je v systému přístroje implicitně nastavena). Princip určení výšky tímto přístrojem je uveden na obrázku 63. Jedná se o velmi šikvné zařízení, bez kterého by v rámci této práce bylo značně složité získávat informace o vertikálním členění modelovaných objektů (*informace přebrány z návodu k zařízení*). Cena přístroje je cca 60 000 Kč.



Obrázek 62 – Měřicí systém Vertex Laser 400 včetně aktivního odražeče [40]

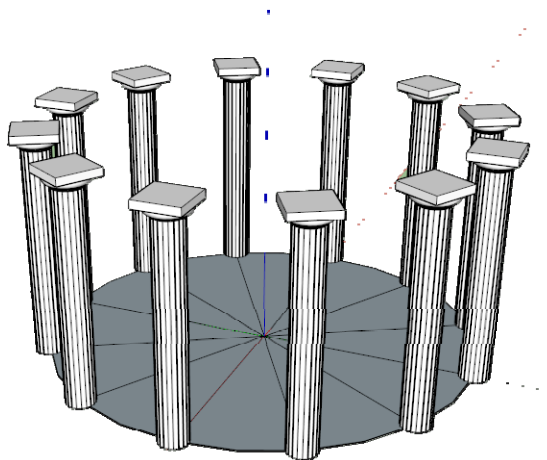


Obrázek 63 – Princip určení výšky pomocí Vertex Laser 400 [41]



### 7.3 Prostorový model Františkova pramene

Prvním zpracovaným modelem v rámci této práce byl objekt Františkova pramene. Základem objektu je 12 sloupů rovnoměrně rozmístěných po kružnici daného rozměru. Půdorys s lomovými body, ve kterých se nacházel sloup, byl vytvořen funkcí *Polygon* s atributem počtu vrcholových bodů a poloměrem kružnice opsané těmito vrcholům. Následně byla vytvořena komponenta sloupu, který byl umístěn do lomových bodů (obrázek 64).



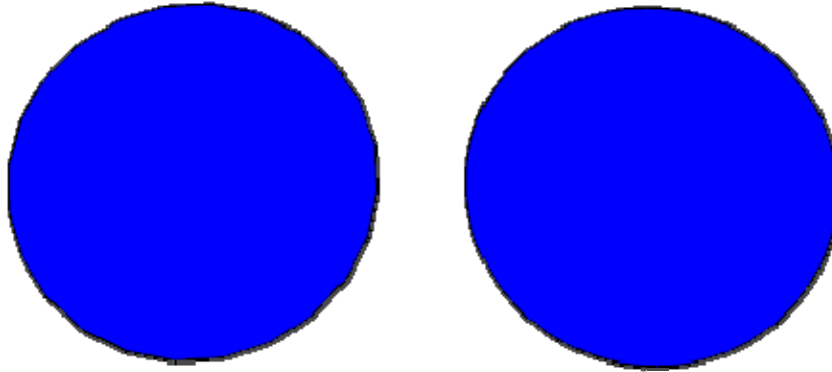
Obrázek 64 – Půdorys Františkova pramene s umístěnými sloupy

Na takto umístěné sloupy byla následně vymodelována střecha. Ta byla složena ze dvou částí. První část byla tvořena límcem a druhá samotnou kopulí. V tomto momentě se nabízí vysvětlení významu funkce *Divide* (rozdělit). Poprvé byla celá střecha kreslena bez použití této funkce, což se velmi negativně projevilo na vizuální kvalitě výsledku. Funkce *Divide* pracuje tak, že vybraný prvek, v tomto případě kružnici, rozdělí na zadaný počet jednotlivých segmentů. Funkce se vyvolá výběrem v kontextovém menu při kliknutí pravým tlačítkem myši na zvolenou linii. Použití *Divide* je vhodné spojit s použitím funkce *Weld* (viz odstavec 6.2.4). Postup je tedy takový. Vybraná linie se rozdělí funkcí *Divide* na potřebný počet segmentů (zaručení hladkosti zvolené křivky) a následně se spojí funkcí *Weld* tak, aby se při výběru této křivky nemusel vybírat každý segment, ale křivka mohla být vybrána jedním kliknutím myši. Spojení funkcí *Weld* zároveň snižuje objem dat, takže aplikace této



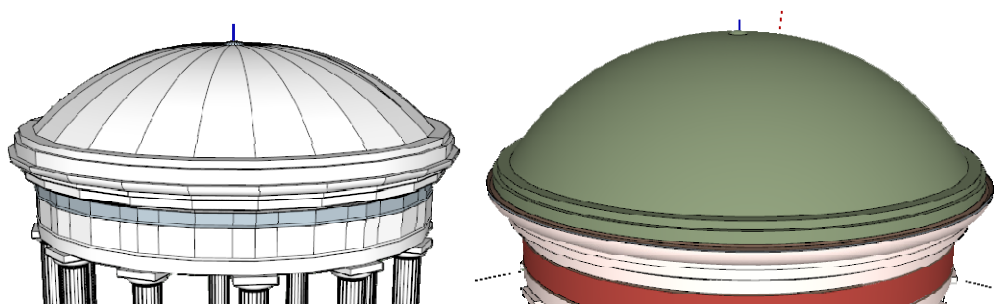


funkce má dvojitý efekt. Rozdíl ve vzhledu kružnic při použití funkce *Divide* je patrný z obrázku 65.

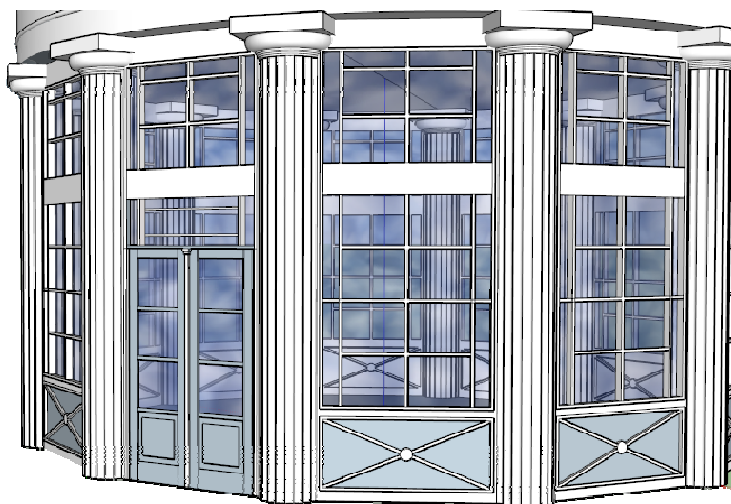


Obrázek 65 – Vlevo implicitní vzhled kružnice, vpravo po použití funkce *Divide* (rozdělení na 50 segmentů)

Nerozdělení kružnice se výrazně projevilo při jejím vytažení funkcí *Push/Pull* a následně při vytváření římsy kolem této kružnice funkcí *Follow Me*. Všechny prvky vytvořené na podkladě chybně nakreslené kružnice vypadaly příliš zakřiveně, jinak řečeno nebyly hladké. Proto byla celá část střechy ležící na sloupech překreslena s použitím funkce *Divide*. Porovnání výsledku před a po použití této funkce je uvedeno na obrázku 66. Dalším prvkem byla okna. Ta byla mezi všemi sloupy stejná. Mezi jednou dvojicí sloupů byla nakreslena rovina a do ní byly rozvrženy funkcí *Tape Measure Tool* jednotlivé tabule skla. Ty byly následně zatlačeny tak, aby vznikl prostorový efekt. Takto vytvořené jedno okno bylo následně rotováno s klávesovou zkratkou *Ctrl* (rotace, kdy je prvek kopírován). Tím byla mezi sloupy doplněna okna. Obdobným způsobem byly vytvořeny dveře (obrázek 67).



Obrázek 66 – Porovnání tvaru střechy před (vlevo) a po použití funkce Divide (vpravo)

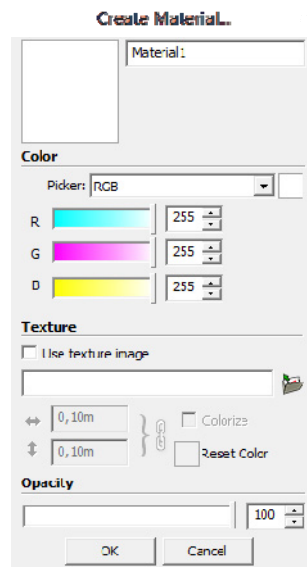


Obrázek 67 – Doplnění oken a dveří

Celý model byl následně obarven. Byly použity obyčejné *RGB* barvy sejmuté nástrojem *kapátko* v malování z dokumentačních fotografií tohoto objektu. Obarvení prvku se provádí funkcí *Paint Bucket* (nádoba s barvou). Po otevření funkce stačí vybrat z předdefinované kategorie a v rámci kategorie zvolit barvu nebo texturu. Pro dotvoření vizuální shodnosti se skutečným objektem, byl model doplněn o část prostranství kolem něho. Na vybarvení těchto ploch byly již použity textury. Texturu si samozřejmě lze vytvořit vlastní z pořízených fotografií. To je z hlediska výsledného vzhledu poměrně složitá záležitost. Snímek musí mít po celé ploše relativně shodnou barvu tak, aby nebyl ve výsledném modelu patrné přechody mezi jednotlivými dlaždicemi použité textury. Z tohoto hlediska je vhodné

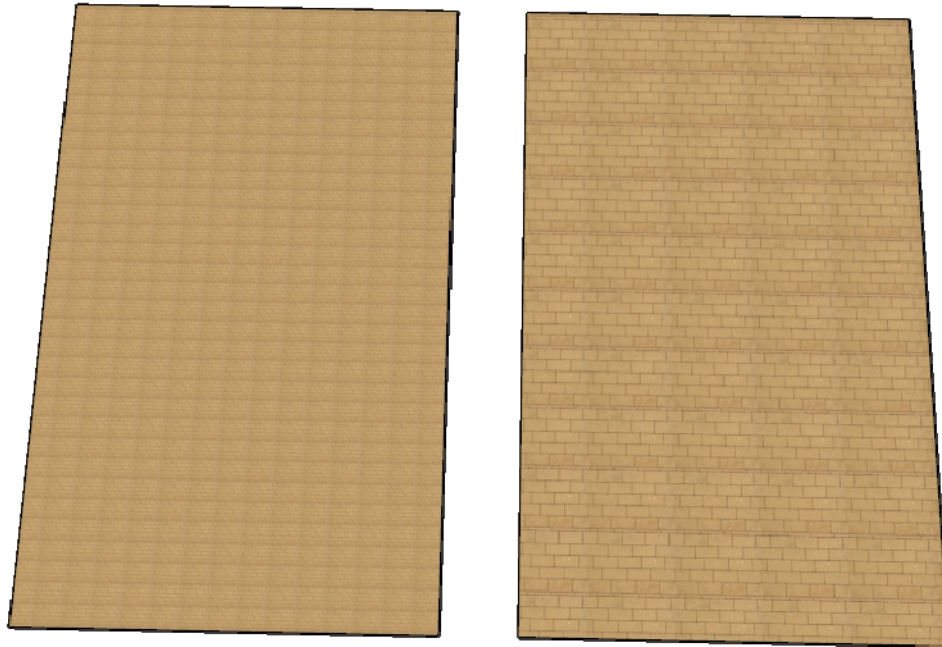


si stáhnout texturu, kterou někdo vytvořil a vložil jí na nějaký server. Takových serverů poskytujících knihovny textur existuje celá řada. Po dlouhém hledání byla nalezena ta pravděpodobně nejobjemnější s názvem CG Textures [42]. Stránka požaduje registraci uživatele a nabízí bezplatné stažení 15MB dat za den. Po stažení textury je nutné ji přidat do knihovny programu SketchUp. To se provede tak, že se otevře funkce *Paint Bucket* a ikonou plus (*Create Material*) se vytvoří nový materiál (obrázek 68). Textura se materiálu přidá ikonou *Browse For Material Image File* (ikona v podobě složky).



Obrázek 68 – Vytvoření materiálu

Nanesení textury na plochu se provádí tak, že se ve zvolené velikosti na plochu rozmístí jednotlivé dlaždice této textury. Právě v místech styku často vznikají ostré přechody, které jsou poměrně hodně viditelné a kazí tak výsledný dojem z modelu. Problém se dá z části vyřešit tak, že se dlaždice textury zvětší (možnost *Edit Material*). Tím vznikne méně přechodů mezi dlaždicemi textury a obraz pak působí vizuálně přívětivěji (obrázek 69). Roztažení textury musí být provedeno v takové maximální míře, aby velikost např. dlažební kostky nebyla větší než okno objektu, tedy aby byly rozměry co nejvčetnější blížíící se reálnému rozměru.



Obrázek 69 – Příklad použití různých rozměrů textury a vliv na výsledný vzhled

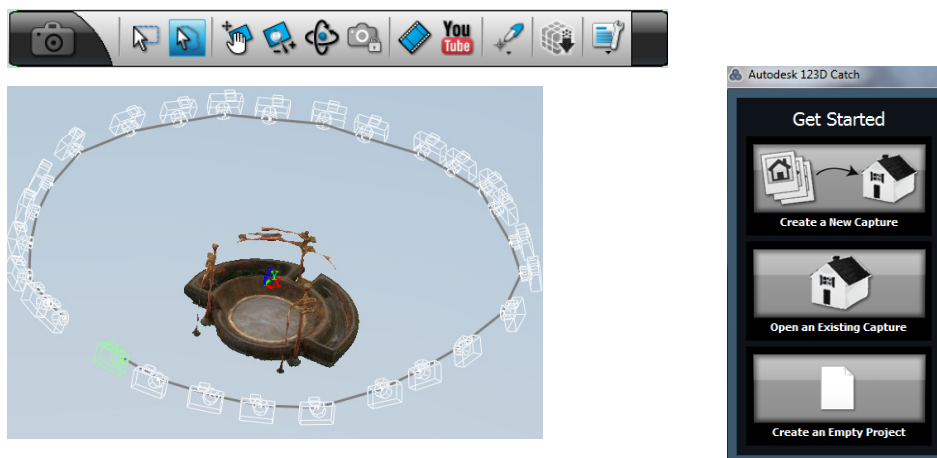
### 7.3.1 Doplnění modelu o 123D Catch model interiéru

Aby byl model co nejvěrnějším obrazem objektu, byla snaha o vytvoření vnitřního prostoru, tvořený zejména samotným prostorem, ze kterého vytéká pramen. Tento prvek byl vytvořen v programu *123D Catch* (viz odstavec 4.4) a to ze dvou důvodů. Tím prvním byla složitost tohoto prvku. Zároveň tu byl záměr autora tento program částečně otestovat. Pro vytvoření modelu byla využita desktopová aplikace. Na vytvoření modelu bylo použito 28 snímků rovnoměrně rozmístěných kolem objektu (pokrývající 360 ° prostoru kolem objektu). Aplikace *123D Catch* byla použita na vytvoření tohoto prvku také proto, aby byly ukázány hranice její využitelnosti, které se na tomto modelovaném prvku plně projeví.

Po spuštění aplikace se vybere možnost *Create a New Capture*. Poté se načtou pořízené snímky a spustí se tvorba modelu. Výpočet modelu je časově značně náročný. To je způsobena tím, že načtené snímky jsou posílány na cloud server aplikace, kde je proveden výpočet, a výsledek je posléze poslán zpět do aplikace v počítači. S vytvořeným modelem je



možné provádět řadu úprav pomocí ikon funkcí v liště programu. Při výpočtu modelu je kromě zájmové části vytvořeno i okolí, to, co je zobrazeno na více fotkách. Proto je nutné vše nežádoucí oříznout. Ořez se provádí výběrem části, kterou v modelu nechceme, pomocí výběrového okna nebo výřezem podél linie nakreslené volnou rukou. Po vybrání stačí stisknout tlačítko *Delete*. Dalšími operacemi je možnost smazání některého snímku případně ruční volba identických bodů mezi jednotlivými snímky. Pozice všech použitých snímků jsou zobrazeny ve vypočteném modelu (obrázek 70).



Obrázek 70 – Tvorba modelu v programu 123D Catch

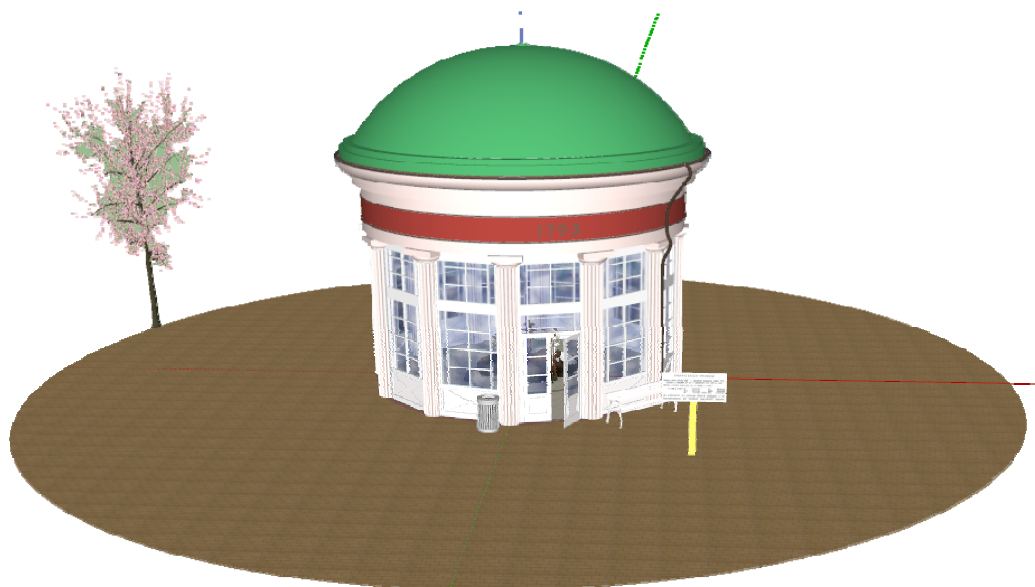
Ve druhé fázi doplnění modelu ve SketchUpu je nutné model z *123D Catch* importovat do prostředí programu SketchUp. Možností výstupu z *123D Catch* je několik. Tím nejvhodnějším je export modelu do souboru s příponou *obj*. Import souboru *obj* do SketchUpu není primárně možný. Proto je nutné opět využít některý z modulů, které tento export umožňují, včetně textur. Nejstabilnějším pluginem s touto funkcí byl po několika pokusech s jinými pluginy určen *SimLab OBJ importer*. Jedná se o placený modul (cena 79 dolarů), který nabízí zkušební verzi na 15 importů. Plugin stačí nainstalovat a pomocí něj importovat vytvořený model. Takto importovaný model se otevře v měřítku neodpovídajícím skutečné velikosti prvku. Je tedy nutné si v terénu změřit alespoň jednu míru ve směru horizontálním a jednu ve směru vertikálním a pomocí těch aplikací funkce *Scale* model



upravit a přesunout na své místo. Při tvorbě části interiéru v programu *123D Catch* se plně projevila omezení použití tohoto jinak velmi praktického programu. Část tvořeného modelu byla tvořena mosaznými trubkami, které byly značně lesklé, a část žlabu byla zaplněna vodou. V těchto částech modelu je výpočtem autokorelace složité nalézt na snímcích identické body. Proto je vytvořený model v těchto částech často nespojený a takové plochy jsou při importu do SketchUpu vybarveny bílou barvou (obrázek 71). Jedná se o omezení, které nelze nijak obejít. I přes pár nespojených ploch vybarvených bílou barvou, byl tento prvek z *123D Catch* v modelu ponechán. Jedná se pouze o doplnění vizuální shodnosti s objektem. Výsledný model Františkova pramene doplněný o interiér i exteriér je ukázán na obrázku 72.



Obrázek 71 – Výsledný model vývěru Františkova pramene vytvořený v programu 123D Catch



Obrázek 72 – Výsledný model Františkova pramene včetně interiéru a exteriéru

## 7.4 Prostorový model pramene Luisa

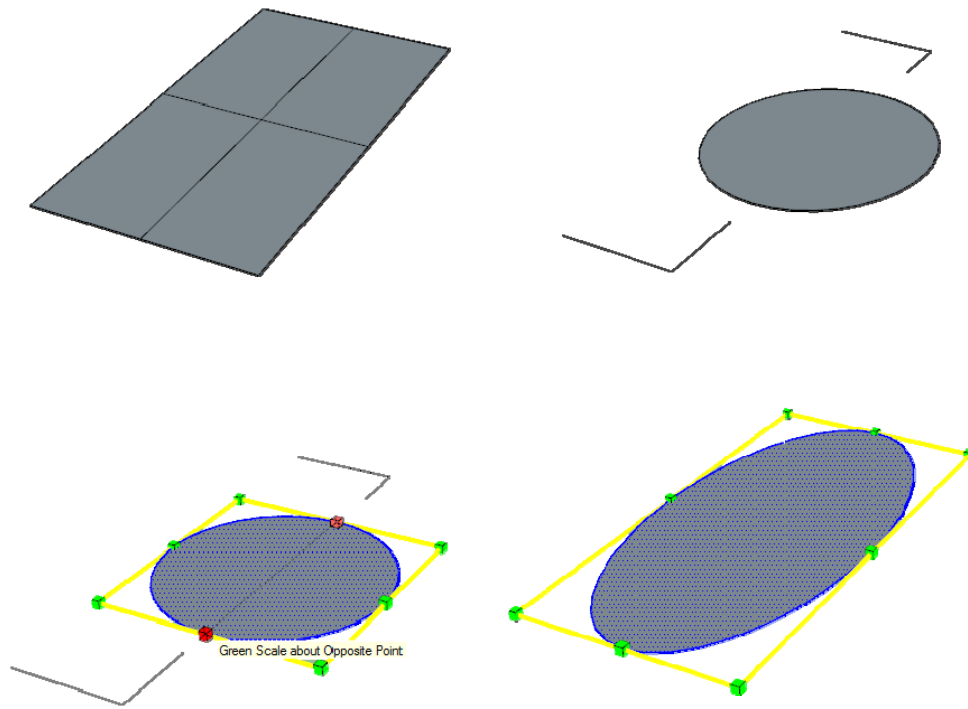
Objekt nad pramenem Luisa je postaven ve stylu empírového dřevěného altánu. Základem stavby je půdorys elipsovitého tvaru s rovnoměrně rozmístěnými sloupy, kterých je po obvodu 24. Mezi sloupy se nacházejí arkády. Na základu stavby tvořeném sloupy je položena konstrukce střechy doplněna tamburem s okny ve tvaru oblouku. Pod touto stavbou se nachází jímka Luisina pramene, která byla také předmětem tvorby tohoto modelu. Právě při tvorbě modelu Luisina pramene se nejvíce projevila absence funkcí SketchUpu pro tvorbu nepravidelných modelů. Bez funkcí uvedených v kapitole 6, by nebylo tento model možné vytvořit. Kritickými body v průběhu tvorby modelu bylo vytvoření arkád a celé části střechy včetně tamburu, který má elipsovitý tvar a na této ploše se vyskytuje osm obloukovitých oken. Jednotlivé kroky modelování popisují následující pododstavce.

### 7.4.1 Tvorba půdorysu, sloupů a římsy

Půdorys celého objektu je tvořen elipsou, pro kterou byly v terénu změřeny oba její základní rozměry, tedy parametr hlavní poloosy  $a$  a vedlejší poloosy  $b$ . Nástroj pro kreslení elipsy se ve SketchUpu primárně nenachází. Tuto absenci lze vyřešit dvěma způsoby. Tím



prvním je instalace jednoho z řady pluginů, které umějí elipsu kreslit (např. český plugin kuželosečky). V tomto případě byl ale využit postup druhý, kdy je tvořena elipsa z nakreslené kružnice s poloměrem o stejné velikosti, jako je velikost vedlejší poloosy požadované elipsy. V prvním kroku byl vytvořen obdélník s rozměry obou os elipsy. Do jeho středu byla nakreslena již zmíněná kružnice. Tuto kružnici je vhodné rozdělit funkcí *Divide* a ihned spojit zpět do jedné křivky modulem *Weld* tak, jak bylo popsáno v kapitole 7.3. Následně si stačí z vytvořeného obdélníku ponechat pouze krajní body na hlavní ose tvořené elipsy. Poté se jen vybere funkce *Scale* a body kružnice ležící na průsečíku s hlavní osou elipsy se roztáhnou do požadované polohy. Tímto způsobem je možné pomocí základních funkcí programu SketchUp nakreslit elipsu. Celý postup je znázorněn na obrázku 73.



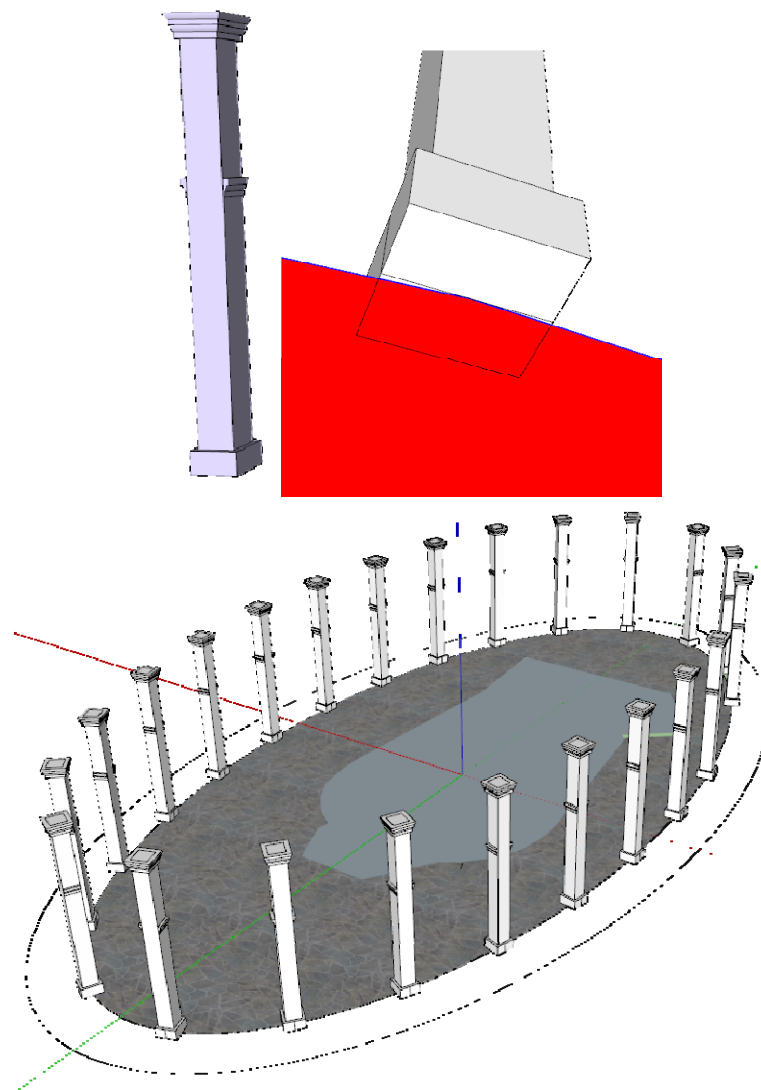
Obrázek 73 – Postup kreslení elipsy

Sloup byl nakreslen použitím základních funkcí a následně byl uložen jako komponent. Jednotlivé pozice sloupů byly určeny ze změřené vzdálenosti mezi sloupy v terénu.





Protože ve SketchUpu není funkce pro měření vzdálenosti po křivce, byla vzdálenost měřena úsečkou, která byla poměrně prodloužena tak, aby simulovala délku měřenou po elipse. Dalším problémem bylo správné natočení sloupů. To bylo nakonec vyřešeno tak, že na spodní podstavu sloupu byla nakreslena linie vedená středem protějších stran. Sloup byl vždy umístěn do určité polohy a natočen tak, že tato nakreslená linie byla v daném místě elipsy tečnou k této křivce. Tím bylo docíleno správného natočení všech sloupů (obrázek 74). Římsa obíhající elipsu přímo nad rovinou sloupů byla vytvořena nástrojem *Follow Me*.

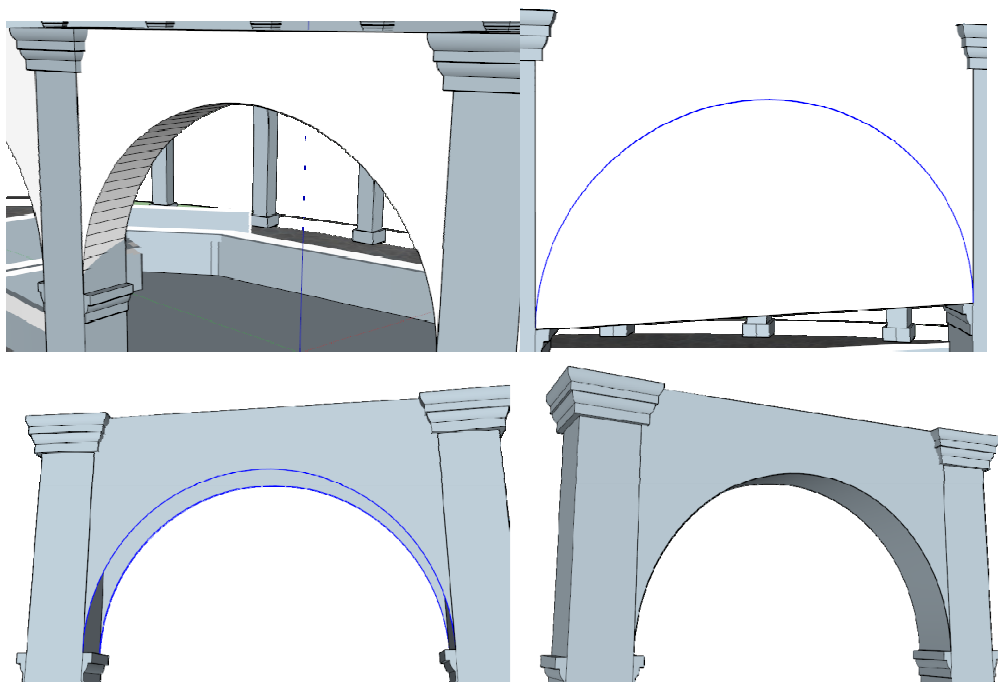


Obrázek 74 – Sloup a jeho umístění na elipsu (horní obrázek vpravo)



#### 7.4.2 Model arkády a střechy

Dalším poměrně složitým prvkem byly arkády mezi sloupy. V prvním kroku byla mezi každými sousedními sloupy nakreslena rovina v přední hraně sloupu, do které byl nakreslen oblouk. Původní záměr byl takto vytvořenou rovinu nástrojem *Push/Pull* zatlačit na zadní hranu sloupů. Protože boční strany vedlejších sloupů nejsou rovnoběžné, zatlačená rovina sloupy řezala. Tento problém byl vyřešen tak, že byla rovina nakreslena i na zadní hraně sloupů a prázdná plocha mezi oblouky byla vyplněna modulem *Curviloft* (obrázek 75).



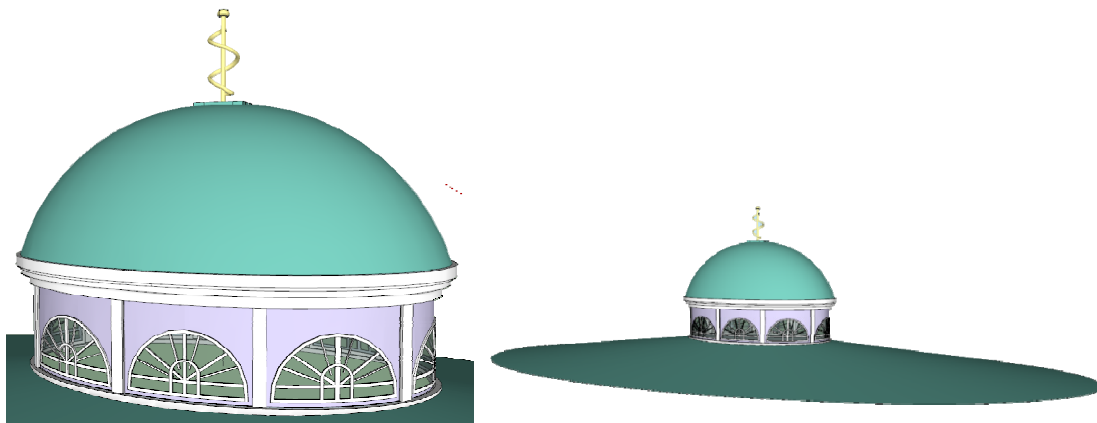
Obrázek 75 – Tvorba arkád (první obrázek ukazuje zářez roviny do sloupu při jejím zatlačení nástrojem *Push/Pull*)

Výrazným prvkem celé stavby je její střecha a zejména její vrchní část tvořená tamburem. Střecha a tambur byly kresleny odděleně a následně spojeny do výsledného modelu. Střecha byla nakreslena podobným postupem jako elipsa. Nejprve byla nakreslena kružnice, nad níž byla vytvořena polokoule (nástroj *Follow Me*). Takto vytvořená polokoule byla funkcí *Scale* roztažena do tvaru příslušné elipsy. Vrchní tambur měl opět půdorys elipsy. Po jejím nakreslení byl vytažen do příslušné výšky a doplněn římsou na vrchní hraně tamburu



(funkce *Follow Me*). Střecha tamburu byla nakreslena obdobně jako celá střecha, tedy roztažením polokoule do požadovaných rozměrů. Nejobtížnějším prvkem byla okna na tamburu. Protože byl tambur těleso elipsovitého průřezu, nebylo možné okna kreslit základními funkcemi programu. Byl tedy nalezen a nainstalován plugin *Tools On Surface* (viz kapitola 6.2.2), jehož funkce umožňují kreslení po obecně zakřivené ploše. Jedná se o poměrně složitou věc, protože pro kreslení na zakřivené ploše nelze použít rozvržení pomocí funkce *Tape Measure* ani kopírování jednou vytvořeného okna do dalších pozic. Proto je kreslení na křivé ploše doslova malováním od ruky každého okna zvlášť. Kreslení je poměrně zdlouhavé a je složité dosáhnout stejného vzhledu a rozměru všech oken, která mají být shodná. Proto byla okna několikrát překreslována tak, aby výsledek co nejvíce odpovídal skutečnosti.

Po vytvoření tamburu byly obě části střechy spojeny dohromady. Vzniklý prostor mezi střechou a tamburem byl odstraněn pomocí funkce *Intersect*. Po označení tamburu a plochy střechy byla vybrána z kontextového menu možnost *Intersect – With model*. Tím byla vytvořena křivka průniku těchto dvou ploch ohraničující plochu, která byla následně smazána. Výsledný vzhled střechy je na obrázku 76.



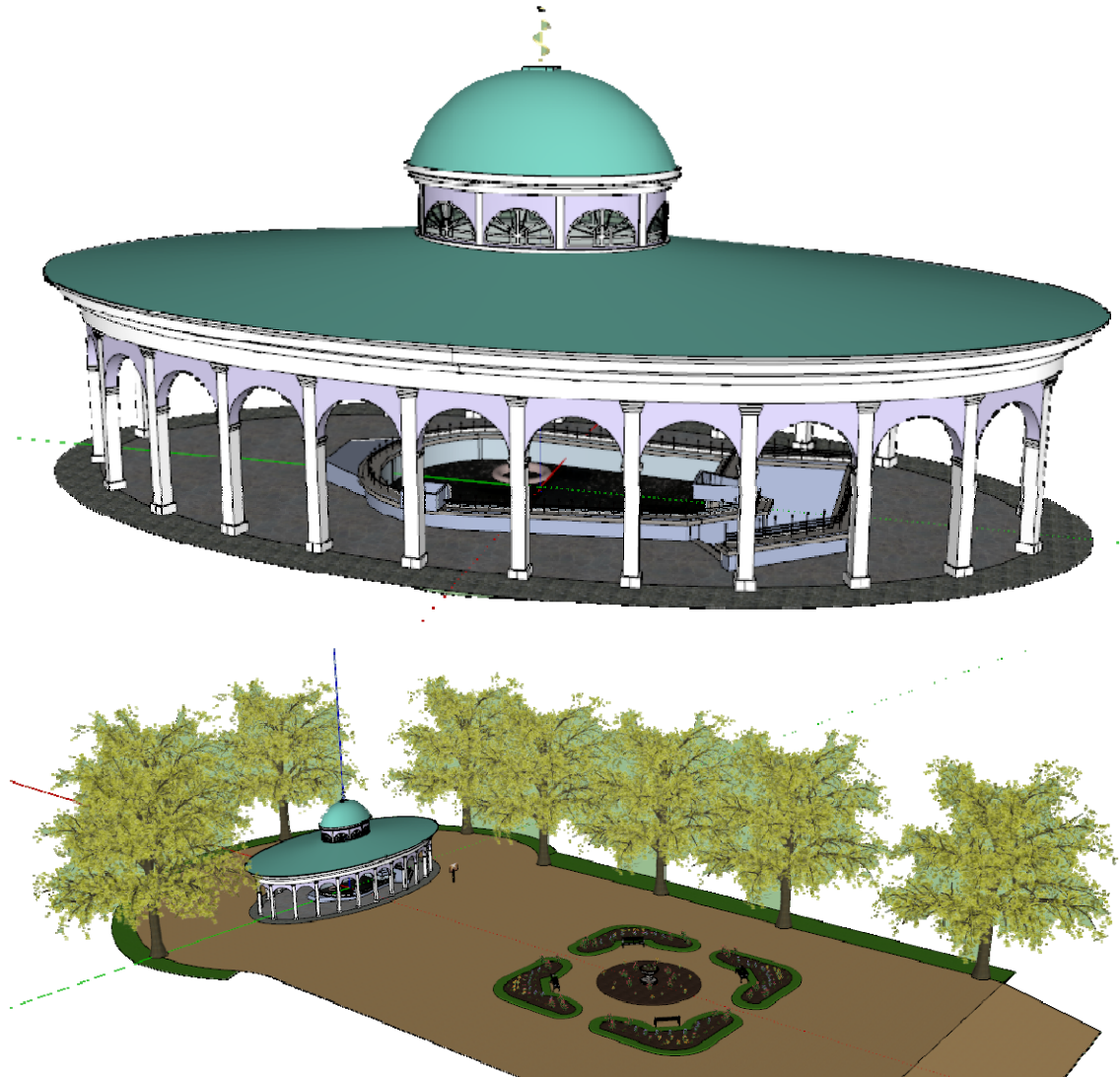
Obrázek 76 – Výsledný model střechy

### 7.4.3 Interiér a exteriér pramene

Interiér pramene byl v případě tohoto modelu vymodelován pomocí základních funkcí programu SketchUp. Pro dotvoření vizuální shodnosti modelu s objektem bylo kolem



objektu vytvořeno i blízké okolí tvořené parkem. Pro vložení stromů a květin byl použit modul *3DArcStudio 3D Tree* obsahující knihovnu základních dřevin a květin. Výsledný model je zobrazen na obrázku 77.

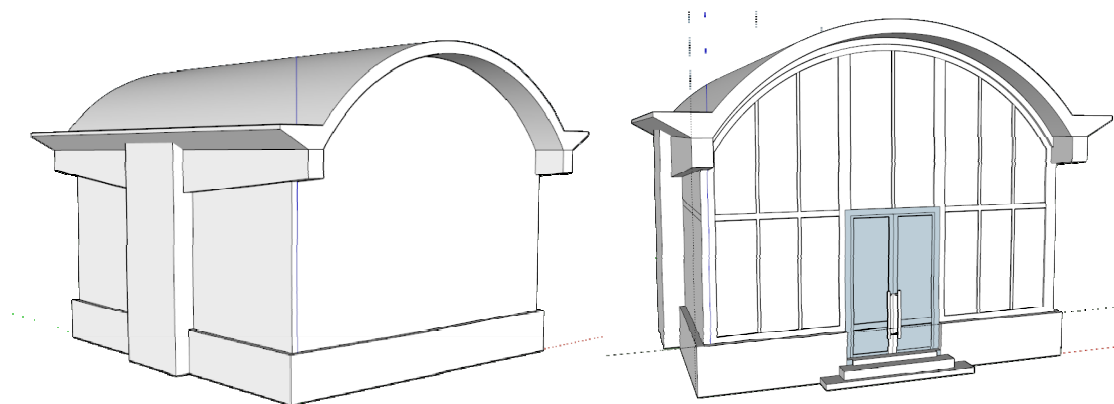


Obrázek 77 – Výsledný model Luisina pramene



## 7.5 Prostorový model Nového pramene

Pravděpodobně nejsnazším modelem ze všech tvořených byl model Nového pramene. Jedná se o tvarově poměrně snadnou stavbu postavenou ve funkcionalistickém stylu. Pro tvorbu tohoto modelu byly použity pouze základní funkce programu SketchUp. Snímky z průběhu tvorby modelu jsou na obrázku 78. Záměrem bylo model opět doplnit o 3D model prvku interiéru tvořeného vývěrem pramene. V první fázi byla snaha o vytvoření této části modelu pomocí programu *123D Catch*. Tento záměr byl opět přerušen stejným problémem jako v případě interiéru Františkova pramene. Na vývěru pramene se nachází řada lesklých povrchů, na kterých je při výpočtu modelu pomocí autokorelace obtížné nalézt identické body. Model je pak nespojitý a plochy jsou při importu do SketchUpu vybarveny bílou barvou. Proto byl nakonec tento prvek vytvořen pomocí základních kreslicích funkcí programu SketchUp. Porovnání modelu vývěru pramene v *123D Catch* a ve SketchUpu je na obrázku 79.

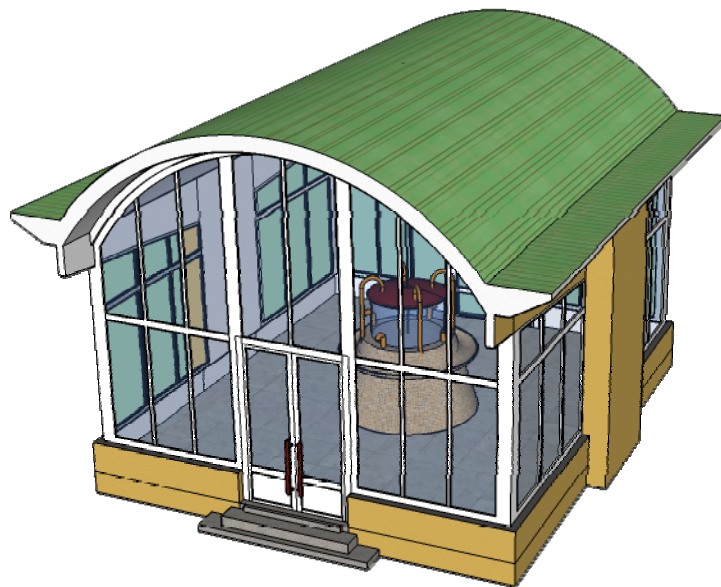


Obrázek 78 – Průběh tvorby modelu Nového pramene

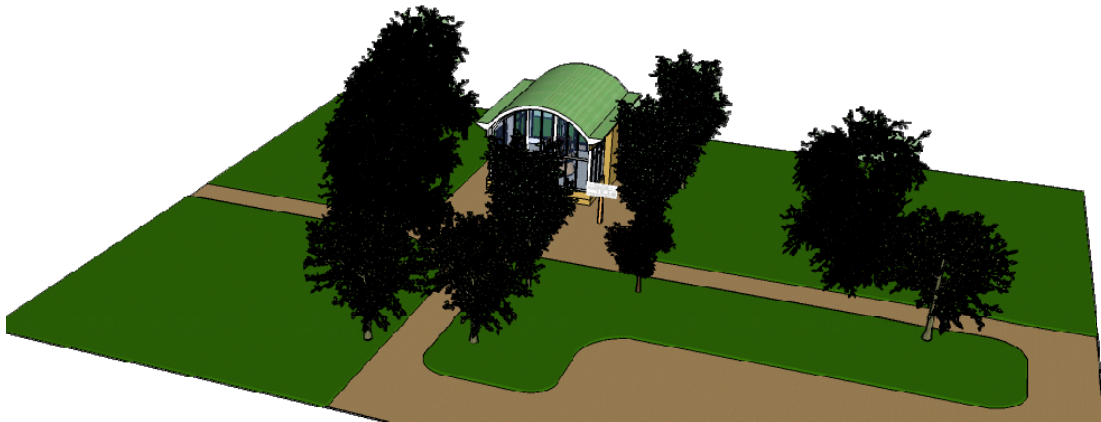
Pro dotvoření shodnosti modelu se skutečností byla kolem objektu vytvořena i část přilehlého parku. Opět byla využita knihovna dřevin a květin *3DArcStudio 3D Tree*. Výsledný obarvený model a model doplněný o exteriér objektu jsou zobrazeny na obrázku 80 a 81.



Obrázek 79 – Porovnání modelu vývěru pramene (vlevo 123D Catch model, vpravo SketchUp model)



Obrázek 80 – Model Nového pramene včetně textur



Obrázek 81 – Model Nového pramene doplněný o část okolního prostředí

## 7.6 Prostorový model Dvorany Glauberových pramenů

Nejobtížnějším a největším tvořeným modelem ze všech, byl model Dvorany Glauberových pramenů. Z důvodu jeho velikosti a náročnosti byla tvorba tohoto modelu rozložena na tři části: hlavní budova, střecha hlavní budovy (tambur) a přístavba budovy hlavní. Prostorový model každé z těchto tří částí byl tvořen samostatně a na závěr byly všechny tři části spojeny do jednoho kompletního modelu. Následující podkapitoly stručně popisují postup při tvorbě těchto tří částí celého objektu.



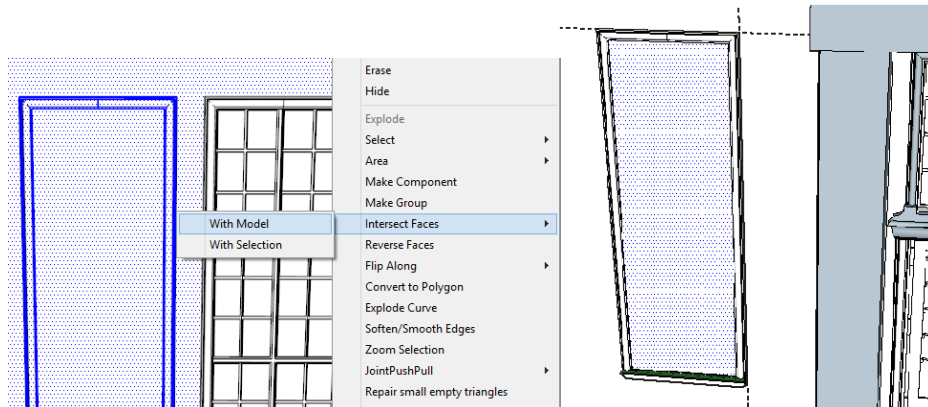
Obrázek 82 – Rozdělení modelu Dvorany Glauberových pramenů na jednotlivé části



### 7.6.1 Model hlavní budovy

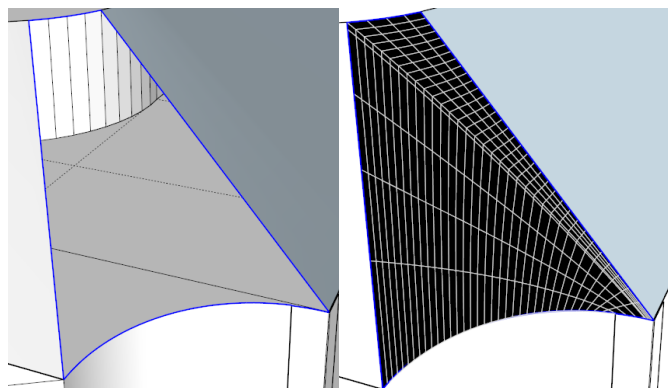
Základem celého modelu Dvorany Glauberových pramenů bylo vytvoření části hlavní budovy. Půdorysně se jedná o obdélník o rozměrech cca 25x35m se zařízlými rohy do tvaru oblouku. Prvním krokem tvorby tohoto modelu bylo vytvoření základního půdorysu a jeho vytažení do úrovně začátku střechy. Výrazným prvkem celé stavby je vstupní rizalit se sloupovým portikem (viz kapitola 2.3), který se opakuje na obou bočních stěnách hlavní budovy i na stěně přední (severní strana). Jedná se o poměrně náročnou část celého modelu. Rizalit byl nakreslen na západní straně a po jeho obarvení byl nakopírován na stranu západní i severní. Celý přesun byl uskutečněn až po obarvení celého rizalitu tak, aby se následně nemusel tři shodné části obarvovat každá samostatně. Celý rizalit byl ve svém výsledku složen z cca 100 000 entit (prvků – linie a plochy) a manipulace s ním byl velmi zdoluhavá. Pro představu, označení celé této části, její otočení a přesunutí na požadované místo trvalo při prvním pokusu asi dvacet minut. Proto byla z celého rizalitu vytvořena skupina (*Make Group*) a veškeré manipulace byly prováděny až s vytvořenou skupinou. Čas celého uvedení procesu přesunu se tak zkrátil z uvedeného času na přibližně dvě minuty. Poté co byly umístěny rizality na severní západní a východní stranu, byl model doplněn o okna. Na všech stranách hlavní budovy se nacházelo celkem 18 shodných oken. Proto bylo nakresleno jedno okno, které bylo následně obarveno, a byla z něj vytvořena komponenta. Ta byla následně přesunuta definičním bodem jednoho z horních rohů na předem připravená místa vytvořená nástrojem *Tape Measure* pomocí údajů z měření v terénu. Při tomto postupu tvorby oken, kdy je komponent přesunut na plochu zdi, vzniká problém s překryvem plochy okna a plochy zdi. Ten se projevuje tak, že výplně oken nejsou vidět, protože jsou překryty stěnou. Toto lze vyřešit dvěma způsoby. Tím prvním je předkreslení rozměru okna na stěnu a vyříznutí otvoru, do kterého je okno následně přesunuto. Tím druhým a efektivnějším způsobem je využití funkce *Intersect*. Okno se přesune na požadované místo v prostoru stěny. Poté stačí označit okno a zeď, ve které leží, a použít funkci *Intersect Faces – With model*. Tato funkce ořízne plochu zdi obrysem okna a umožní tak smazání části zdi ležící v okně. Celý takto použitý postup je doložen obrázkem 83.





Obrázek 83 – Použití funkce Intersect při tvorbě oken (vpravo je vidět označená část zdi ležící uvnitř okna)

Další etapou tvorby hlavní části budovy bylo vytvoření části střechy bez tamburu. Problém při tvorbě střechy nastal v oblasti zaoblených rohů (směrem dovnitř). Opět se jednalo o vytvoření obecně zakřivené plochy ohraničené dvěma úsečkami a dvěma oblouky (tvar prohlé roviny). Problém byl vyřešen použitím modulu *Curviloft* (viz kapitola 6.2.4). Části oblouků byly rozděleny funkcí *Divide* a ihned spojeny zpět do jedné křivky modulem *Weld* (viz kapitola 6.2.5) pro následný usnadněný výběr rozděleného oblouku. Poté byly vybrány křivky ohraničující oblast požadované plochy a modulem *Curviloft* byla vypočtena plocha tuto oblast pokrývající. Opět se jedná o problém při modelování, který by bez použití tohoto modulu nebylo možné vyřešit.



Obrázek 84 – Vyplnění části střechy použitím modulu Curviloft

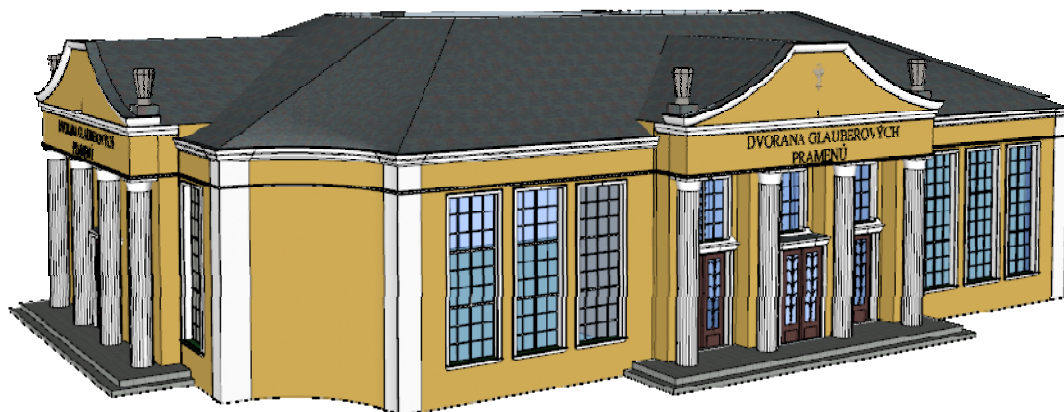


Na závěr byl model doplněn o sochu umístěnou v horní části vstupního portálu severní strany budovy. Původně byl záměr sochu vytvořit jako 3D model v programu *123D Catch*. Protože se socha nachází ve výšce cca 10 metrů, nebylo možné její kvalitní nasnímání a vytvořený model byl značně deformovaný. Aby bylo možné kvalitní spojení modelu, musela by být socha vyfocena z výškové úrovně, ve které leží (z plošiny). Proto byl 3D model nahrazen čelním snímkem plochy ořízlym v programu *Adobe Photoshop*. Porovnání modelu z programu *123D Catch* a použitého snímku je na obrázku 85.



Obrázek 85 - Porovnání modelu sochy (vlevo) a použitého snímku (vpravo)

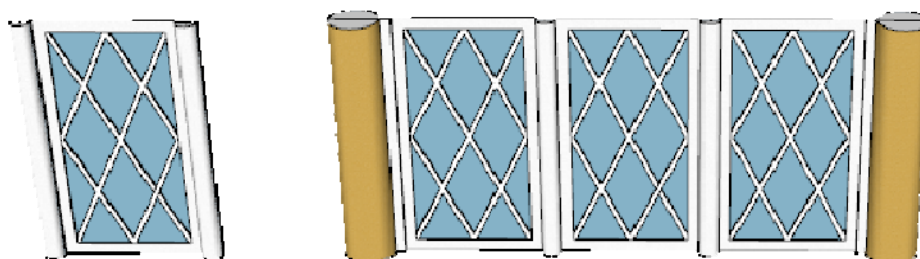
Z modelu sochy je patrné, že je výrazně poznamenán snímkováním z podhledu, které model výrazně deformuje zejména v části hlavy. Proto byl použit snímek, který sice není příliš kvalitní, ale rozhodně se jedná o kvalitnější zobrazení požadované sochy.



Obrázek 86 - Výsledný model hlavní budovy Dvorany Glauberových pramenů

### 7.6.2 Model tamburu

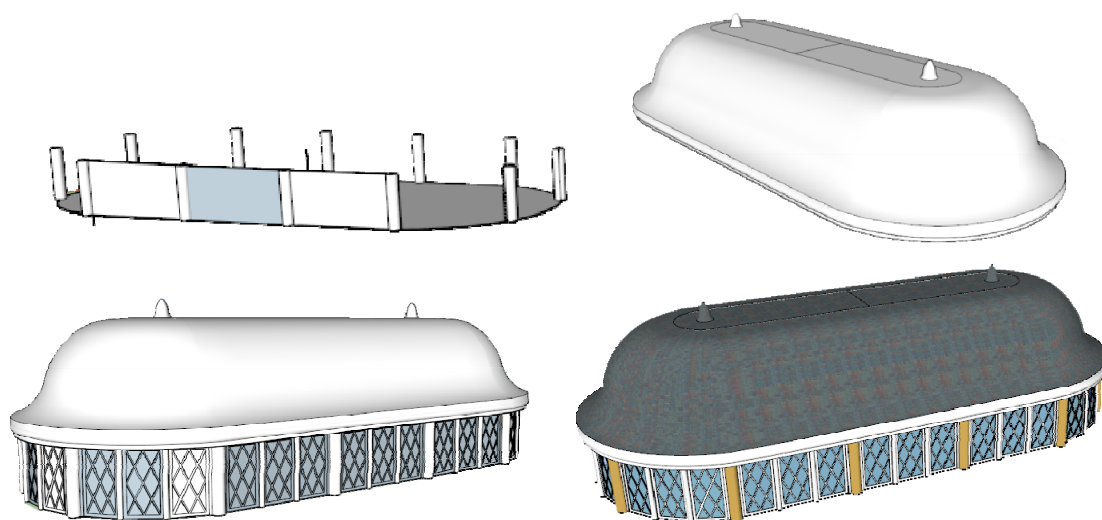
Tambur byl vytvořen užitím základních funkcí programu SketchUp. Tambur ze střechy vystupuje z elipsoidního tvaru. Ten byl vytvořen stejným postupem, jaký byl popsán pro tvorbu elipsy v kapitole 7.4.1. Z tohoto půdorysu vystupují po jeho obvodu sloupky, mezi nimiž se nacházejí okna složená ze tří stejných částí vedle sebe. Protože okna lemují půdorys elipsy, nebylo možné je kopírovat a natáčet celá. Byla nakreslena pouze jedna ze tří shodných částí okna (obrázek 87). Ta byla uložena jako skupina a poté kopírována do jednotlivých pozic a natáčena do tvaru půdorysu v daném místě.



Obrázek 87 – Okno tamburu (vlevo nakreslená část okna, vpravo její složení do celku)



Dalším řešeným problémem byl specifický tvar kopule tamburu. Ten byl vytvořen funkcí *Follow Me*. Správný tvar průřezu, který byl následně protažen po elipse, byl nakreslen až po několikátém pokusu. Tambur byl následně obarven a importován k modelu hlavní budovy. Import se provádí v modelu, do kterého chceme importovat v záložce *File – Import* výběrem souboru *skp*. Importovaná část modelu je otevřena jako skupina (celý objekt jako jeden prvek) a umístěna v libovolném místě pracovního prostředí. Proto musí být po importu přesunuta na své místo v modelu. Pokud by bylo nutné s importovanou částí provádět nějaké změny, je možné importovaný objekt jako skupinu rozbít zpět na jednotlivé prvky výběrem možnost *Explode* v kontextovém menu při označení prvku, který chceme rozdělit na jednotlivé entity. Postup tvorby modelu tamburu je stručně ukázán na obrázku 88.



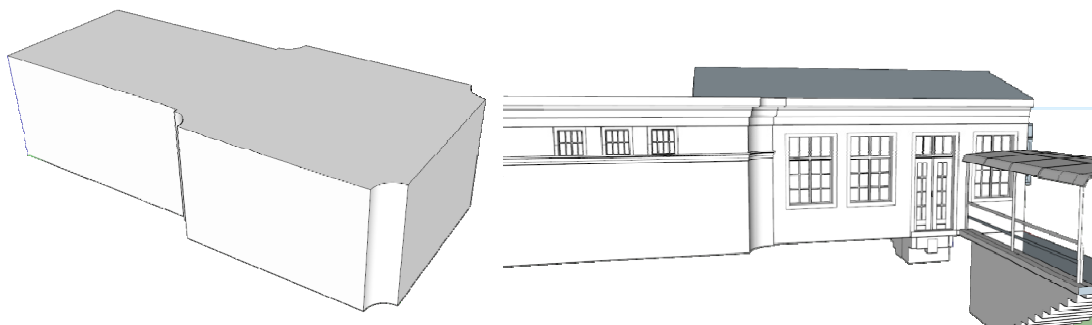
Obrázek 88 – Postup tvorby tamburu střechy

### 7.6.3 Model přístavby hlavní budovy

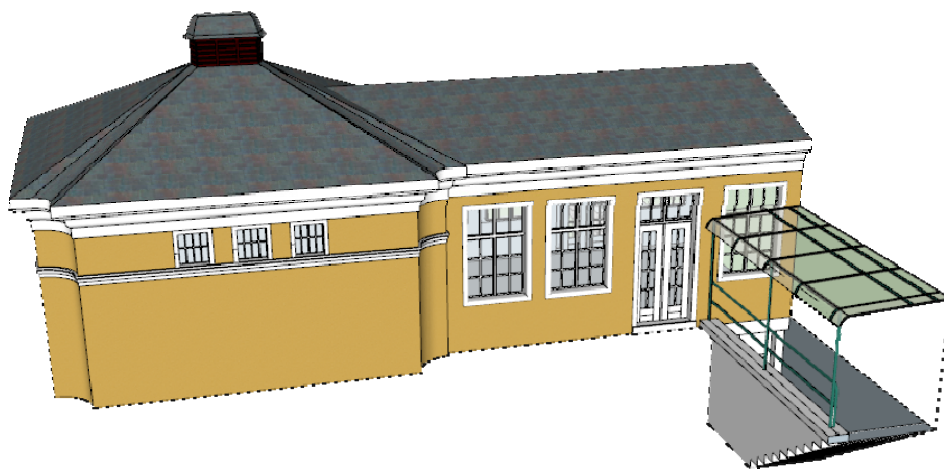
K hlavní budově je na jižní straně přilepena budova přístavby. Ta byla opět tvořena jako samostatný model a následně byla importována k modelu budovy hlavní obdobným způsobem jako v případě modelu tamburu. Pro tvorbu modelu přístavby byly užity základní funkce programu SketchUp. Pro tvorbu shodných oken byl využit postup již uvedený v kapi-



tole 7.6.1. Tvar střechy lze přirovnat ke tvaru střechy budovy hlavní ovšem s menšími rozměry. Proto i postup tvorby této střechy uvedený v kapitole 7.6.1, tedy použitím funkce *Curviloft*, byl aplikován i při tvorbě střechy přístavby.



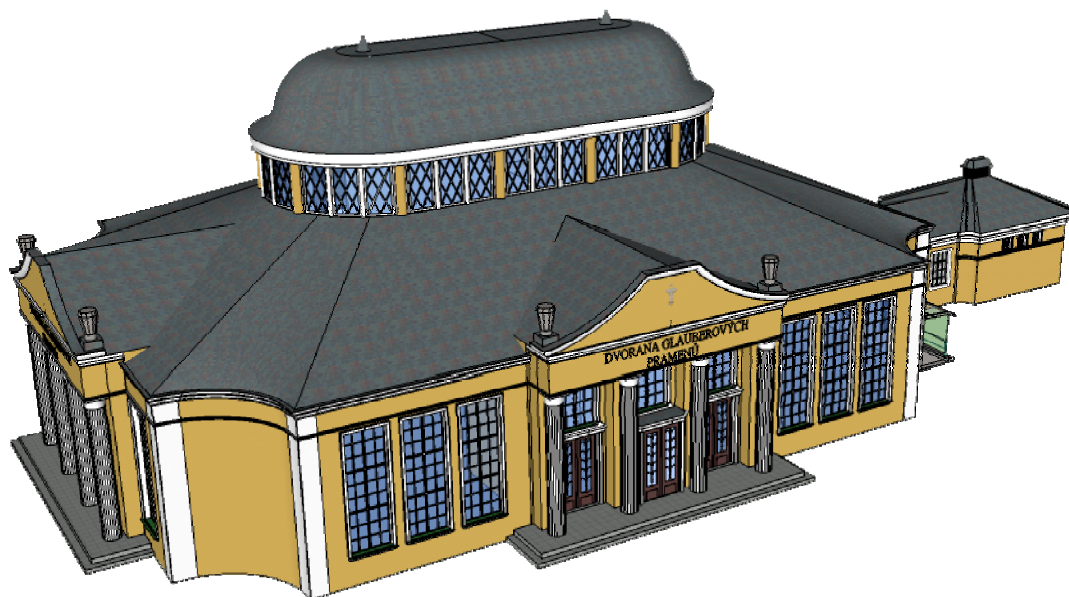
Obrázek 89 – Tvorba modelu přístavby Dvorany Glauberových pramenů



Obrázek 90 – Obarvený model přístavby Dvorany Glauberových pramenů

#### 7.6.4 Kompletace modelu, doplnění okolního prostředí

Veškeré tři výše popsané části modelu Dvorany Glauberových pramenů byly, již uvedeným postupem, spojeny do jednoho kompletního modelu (obrázek 91).

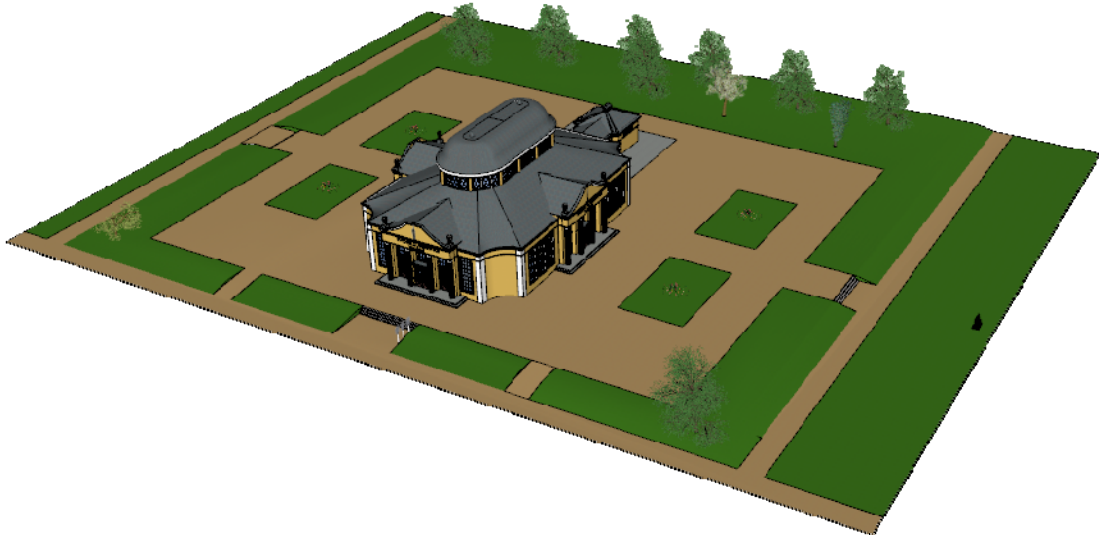


Obrázek 91 – Obarvený a zkompletovaný model Dvorany Glauberových pramenů

Obdobně jako u předchozích modelů, byla i kolem Dvorany Glauberových pramenů vytvořena část přilehlého parku včetně sochy (obrázek 92), která byla vytvořena z pořízených snímků v programu *123D Catch*. Pro co nejdokonalější vytvoření reálné vizualizace byly do modelu vloženy stromy použitím knihovny dřevin modulu *3DArcStudio 3D Tree*.



Obrázek 92 – Model sochy (vlevo snímek sochy, vpravo vytvořený model sochy)



Obrázek 93 – Model Dvorany Glauberových pramenů doplněný o část okolního parku

### 7.7 Pár závěrečných tipů a triků pro práci v programu SketchUp

Závěrem této kapitoly je ještě vhodné uvést pár autorových rad a tipů, které zatím nebyly zmíněny, a které mohou značně usnadnit práci při tvorbě prostorových modelů v programu SketchUp.

Při tvorbě modelu je vhodné si jednotlivé prvky třídit do vrstev. Usnadňuje to práci jak při modelování, tak zejména při následném obarvování. Model si je například vhodné roztrždit do vrstev podle toho, jakou barvou budou prvky vybarveny. Poté stačí otevřít pouze příslušnou vrstvu s prvky stejné barvy, prvky označit a příslušnou barvou je obarvit. V porovnání s obarvením každého prvku jedné barvy zvlášť je časová úspora tohoto postupu jednoznačná. Práce s vrstvami v programu SketchUp je obdobná jako v případě jiných CAD programů. S vrstvami se pracuje v záložce *Window – Layers*. Přesun prvků z jedné vrstvy do druhé se provádí v záložce *Window – Entity Info*.

Důležité je si při tvorbě modelu ve SketchUpu hlídat velikost souboru. Často se stane, že se do modelu doplní pár prvků a velikost souboru se rapidně zvýší. V případě, že je soubor příliš velký jsou možná dvě řešení. Tím prvním je stažení nějakého pluginu (např. *CleanUp*), který stačí spustit s uživatelským nastavením toho, co má v modelu odstranit (du-



plicitní plochy, linie atd.) a poté soubor uložit. Soubor se často zmenší o přibližně třetinu své původní velikosti. Nevýhodou pluginu *CleanUp* je dlouho trvající proces zmenšení datové velikosti souboru, který může u větších modelů trvat desítky minut. Druhým řešením tohoto problému je použití funkce *Purge Unused* nacházející se v záložce *Window – Model Info – Statistics*. Funkce pracuje rychle a hodnoty, o které se velikost souboru zmenší, jsou z provedených pokusů rovny polovině původního souboru. Funkce *Purge Unused* smaže z modelu veškerá nepotřebná data. Používáme – li např. jednu texturu na více ploch, je do souboru SketchUp uložena informace o každém použití. Touto funkcí jsou informace sloučeny a velikost *skp* souboru se radikálně zmenšuje. Lze říci, že se jedná o bezztrátovou konverzi souboru. Zmenšení objemu dat se projeví zejména v rychlosti práce v modelu.

Při tvorbě modelu v programu SketchUp je třeba věnovat pozornost orientování vytvořených ploch a to zejména v případě, kdy chceme vytvořený model exportovat do pracovního prostředí jiného programu a v něm vytvořit například animaci. Orientaci vytvořené plochy poznáme ve SketchUpu podle její barvy. Bíle vybarvené plochy jsou orientovány směrem ven a plochy tmavě šedé směrem dovnitř. Vybarvování ploch funguje ve SketchUpu tak, že je obarvena pouze ta strana plochy, do které je barvou kliknuto. Při exportu do jiného programu se často stane to, že se všechny plochy natočí směrem ven. Tento fakt způsobí to, že plochy, které byly ve SketchUpu obarveny ve směru dovnitř, se nyní zobrazí bez barvy. Tomuto problému je možné předejít tak, že pokaždé, když vytvoříme ve SketchUpu v průběhu modelování plochu vybarvenou tmavě šedou barvou (tzn. otočenou směrem dovnitř) změníme její orientaci na směr opačný označením plochy a výběrem možnosti *Reverse Faces* v kontextovém menu.





## 8 Možnosti prezentace 3D modelů

Výsledky práce (vytvořené modely) byly následně prezentovány různými možnostmi v prostředí internetu. Těchto možností existuje celá řada a pro využití v této práci byly využity ty, které autor považoval za nejvhodnější. Obecně lze možnosti prezentace 3D modelů rozdělit do tří kategorií. Tu první tvoří prezentace na serverech, které nabízejí možnost vkládat prostorové modely. Nejznámějším zástupcem této kategorie je server *Sketchfab* [43], který je často označován jako youtube světa 3D modelování. Druhým zástupcem této kategorie je server *Spread3D*, který byl využit i v této práci. V případě využití prezentace na cizím serveru je možné následně do vlastních webových stránek vkládat odkazy na tuto prezentaci. Nevýhodou je to, že prezentace na cizím serveru často není neomezená a může se tak stát, že správce serveru model po určité době smaže, což je příklad serveru *Sketchfab*. Ten je již v dnešní době zpoplatněn. Druhou kategorií tvoří možnosti prezentace, které nejsou podmíněny uložením na cizím serveru, ale do vlastních stránek jsou vkládány z vlastního počítače. Tím je zaručena stálost dat. Možností tohoto typu prezentace je výstup modelu v podobě animace nebo zápisem v *HTML5* jazyce, který v sobě obsahuje element *CANVAS* (plátno), a dokáže tak vykreslovat 3D grafiku. Poslední možností je vytvoření hmotného výstupu, tedy výtisku na 3D tiskárně. Následující pododstavce se stručně věnují těmto možnostem prezentace vytvořených 3D modelů.

### 8.1 Vytvoření vlastních WWW stránek

Pro prezentaci objektu na stránkách města Františkovy Lázně, byly vytvořeny vlastní webové stránky, které budou po dohodě s vedením města Františkovy Lázně umístěny na webové stránky města. Webové stránky byly psány pomocí *CSS* kaskádových stylů v jazyce *HTML* v programu *PSPad*, který je vhodným editorem webových stránek psaných v různých jazycích. Výhodou použití tohoto editoru je vygenerování definiční hlavičky souboru mezi párové tagy `<head></head>`. Pokud bychom si zdrojový kód stránek psali např. v poznámkovém bloku, což je samozřejmě možné (lze použít jakýkoliv textový editor), museli bychom si hlavičku napsat sami. Hlavička obsahuje další párový znak *title* a znaky nepá-



rové *base*, *link* a *meta*. Důležitý je znak *link*, který v sobě nese informaci o relativním umístění zdrojové souboru s definovanými styly *CSS*. Hlavička tedy může vypadat takto:

---

```
<head>
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge,chrome=1"/>
  <meta name="description" content="">
  <meta name="author" content="">
  <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=windows-1250">
  <link rel="stylesheet" type="text/css" href="css/Styly.css" />
  <title>Prameny Františkových Lázní</title>
</head>
```

---

Mezi párovým tagem *title* je napsán název webu, který se zobrazuje ve vyhledávači. Čemu je dále nutné věnovat pozornost, je údaj za tagem *charset*, který definuje kódování písma. Pro stránky v českém jazyce je vhodné pro správné zobrazení diakritiky použít klasické kódování *windows-1250*. V případě přeložení textu v prohlížeči a zobrazení bez diakritiky je problém pravděpodobně právě v definovaném kódování jazyka. Po vyplnění hlavičky se již tvoří samotné tělo stránek definované mezi párovými tagy *<body></body>*. Pro definici vzhledu jednotlivých prvků byl využit *CSS* soubor, do kterého se pak *HTML* stránka odkazuje a zobrazuje prvky podle zde uvedených definic jednotlivých prvků (např. definice odstavce, barvy písma atd.). Využití této formy definice vzhledu prvků je vhodné zejména pro větší přehlednost samotného *HTML* souboru. Další výhodou je definování stejných prvků pouze jednou (např. definice odstavce). Pokud by měl např. jeden z odstavců stránek vypadat odlišně od odstavců ostatních, využívá se definice pomocí třídy. Zápis třídy pro lze provést tímto způsobem:

---

p.zvyrazneny {color: #0000CD;font-weight: bold;} – definice zapsaná v *CSS* souboru.

<p class="zvyrazneny">Výrazný odstavec</p> – použití v *HTML* souboru.

---



Samotný zápis CSS souboru pak může vypadat takto:

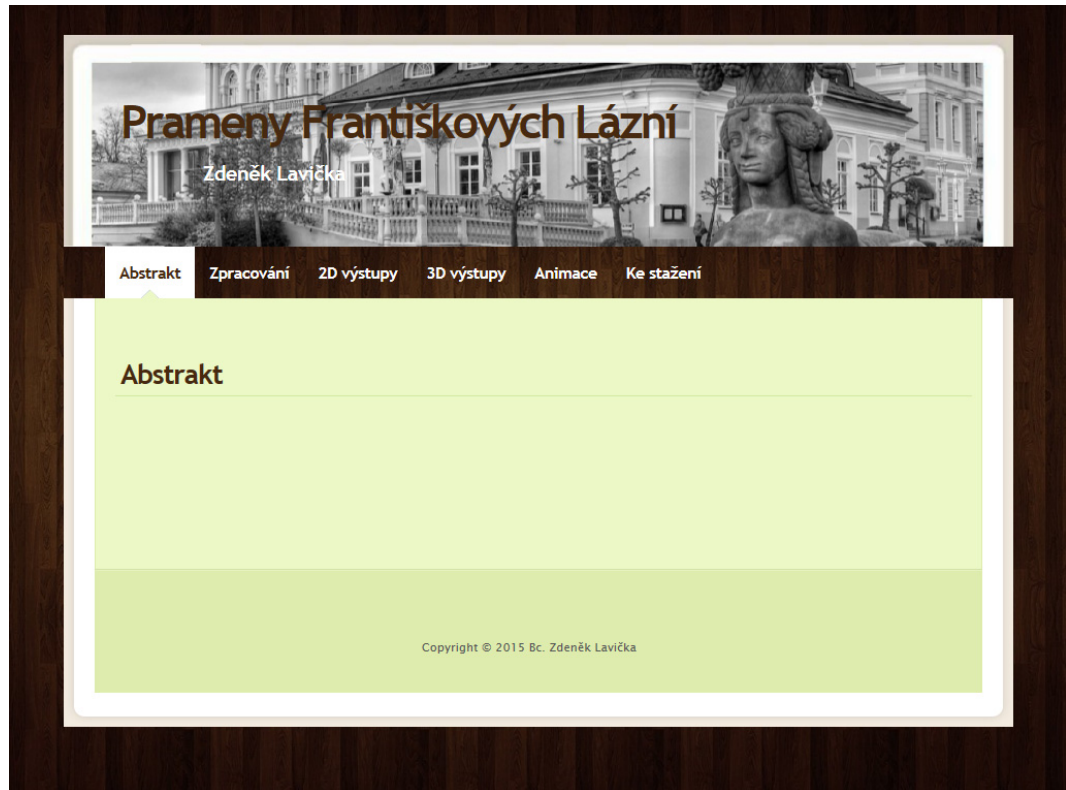
---

```
body {  
    background: #f3ebe0 url(..images/drevo.jpg);  
    font: 12px, Verdana, sans-serif;  
    color: #666666;  
    text-align: center;}  
  
p.zleva{margin-left:280px;-color:white}  
img.a{float: left;padding-right: 10px}  
  
p.a{text-align:justify}  
h1, h2, h3 {  
    font-family: Arial, Sans-serif;  
    font-weight: Bold;  
    padding: 10px;  
    color: #444;}  
}
```

---

Okno stránky bylo rozděleno do jednotlivých rámců (hlavička, zápatí atd.) pomocí párového příkazu `<div></div>`. Pro vytvoření efektu zaoblených rohů byly jednotlivé rámce překryty obrázky, které toto zaoblení obsahovaly. Možných definic, tagů a jejich atributů existuje celá řada, je vhodné při psaní stránek využít web, který tyto informace přehledně poskytuje. Pro tvorbu těchto stránek bylo využito webu *jakpsatweb* [44], který je pravděpodobně tou nejkvalitnější příručkou pro tvorbu nejen *HTML* stránek v češtině. Výsledný vzhled stránek je zobrazen na obrázku 94.

Stránky jsou dostupné na adrese: [http://peso.fsv.cvut.cz/dp/lavicka\\_z](http://peso.fsv.cvut.cz/dp/lavicka_z).



Obrázek 94 – Vzhled vytvořených www stránek

## 8.2 Sdílení modelu do 3D Warehouse

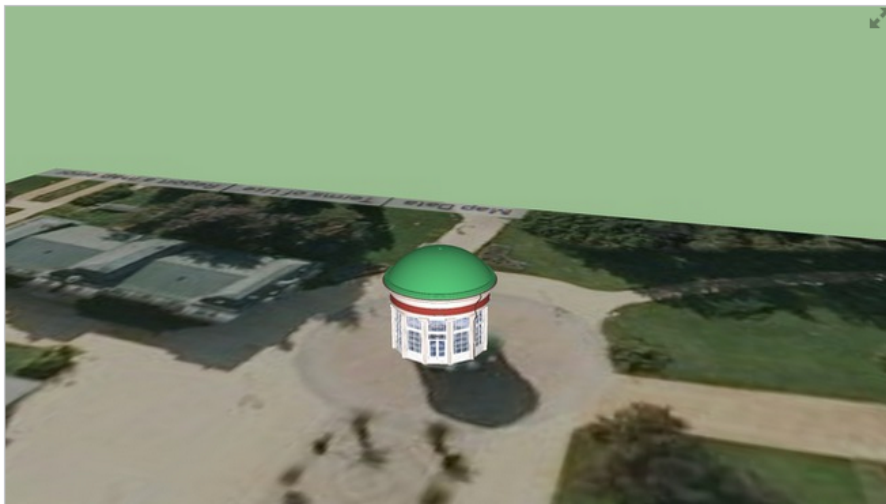
Šikovným rozšířením programu SketchUp je knihovna 3D modelů *3D Warehouse* [31], která umožňuje uživatelům prohlížet, stahovat a sdílet své vytvořené 3D modely. Maximální velikost souboru, který může být do *3D Warehouse* umístěn je 50 MB. Obecně lze do této databáze umístit modely s geografickou informací (umístěné na své reálné místo), nebo bez ní. Geografická informace se tedy přiřazuje reálným objektům na zemském povrchu (budovám). Sdílení modelu do této databáze lze provést přímo z programu SketchUp při spuštění vytvořeného modelu, který má být do databáze vložen.

Všem nahraným modelům byla přidána geografická informace. Ta se do modelu vkládá ikonou *Add Location* nacházející se v liště funkcí *Get Started*. Při spuštění této funkce uživatel vybere požadovanou lokalitu a velikost výřezu mapy z *Google Maps*, která



je následně importována pod vytvořený model. Model je nutné na importovanou podkladovou mapu správně natočit a přesunout do požadované polohy reálného umístění objektu na terénu. Poté se výběrem funkce *File – 3D Warehouse – Share Model* model otevře v okně serveru *3D Warehouse*. K nahrávanému objektu je nutné vyplnit jeho název, popis a klíčová slova definující objekt. Po vyplnění těchto požadovaných údajů je model kliknutím na ikonu Upload nahrán do databáze modelů *3D Warehouse*. Nahráný model je možné si umístit do vlastních webových stránek buď jako statický náhled na objekt, nebo jako 3D viewer, který umožňuje interaktivní prohlížení modelu (zoom, natačení). Z vytvořených modelů byly do *3D Warehouse* nahrány všechny, i přes datovou velikost většiny z nich. Pro natočení a posun objektu při jeho georeferencování je vhodné z něj udělat jednu skupinu prvků. Manipulace s objektem je pak několikrát rychlejší. Výsledky vložení do *3D Warehouse* jsou předmětem vytvořených www stránek. Příklad vloženého modelu na server *3D Warehouse* je uveden na obrázku 95. Modely objektů, které vyhovují určitým požadavkům, jsou jednou za měsíc nahrávány na *Google Earth* do vrstvy 3D budov. Georeferencovaný model je možné exportovat do souboru *KMZ* a otevřít jej v aplikaci *Google Earth*.

### Františkův pramen



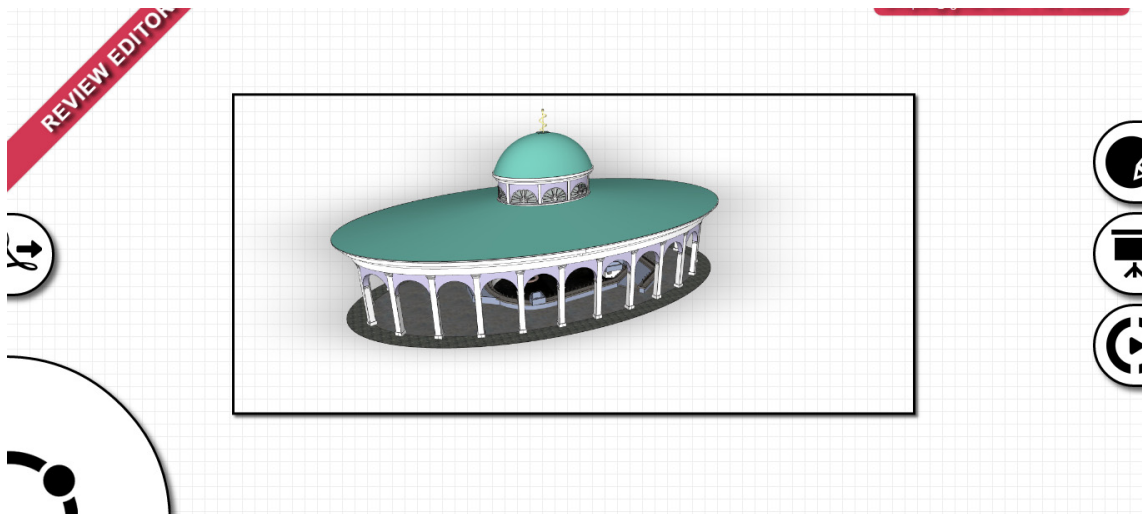
Model Františkova pramene ve Františkových Lázních

Obrázek 95 – Model Františkova pramene v databázi 3D Warehouse



### 8.3 Prezentace na serveru Spread3D

Místem, kde lze vystavit a prezentovat vytvořený model, je server *Spread3D* [45], který umožňuje kromě prohlížení vytvořeného modelu také doplnění prezentace další doplňující onformace (text, obrázky atd.). Výsledná prezentace má pak formu prezentace vytvořené v *PowerPointu*. Export modelu z prostředí SketchUpu na server *Spread3D* je zprostředkován pluginem vyvinutým pro SketchUp. Při otevřeném modelu, který chceme na server prezentovat, se import provede v menu *File – Spread3d Review – Create Review*. Model je následně importován do pracovního prostředí serveru *Spread3d* a podle představ uživatele dále doplněn o popisné údaje a uložen. Na obrázku 96 je ukázán jeden z modelů vystavených na tomto serveru. Bezpochyby se jedná o pravděpodobně nejlepší variantu vystavení modelu v prostředí webu společně se serverem Sketchfab. Nevýhodou obou serverů je, že jsou placené a při vložení modelu z nezaplaceného účtu jsou po určité době smazány.



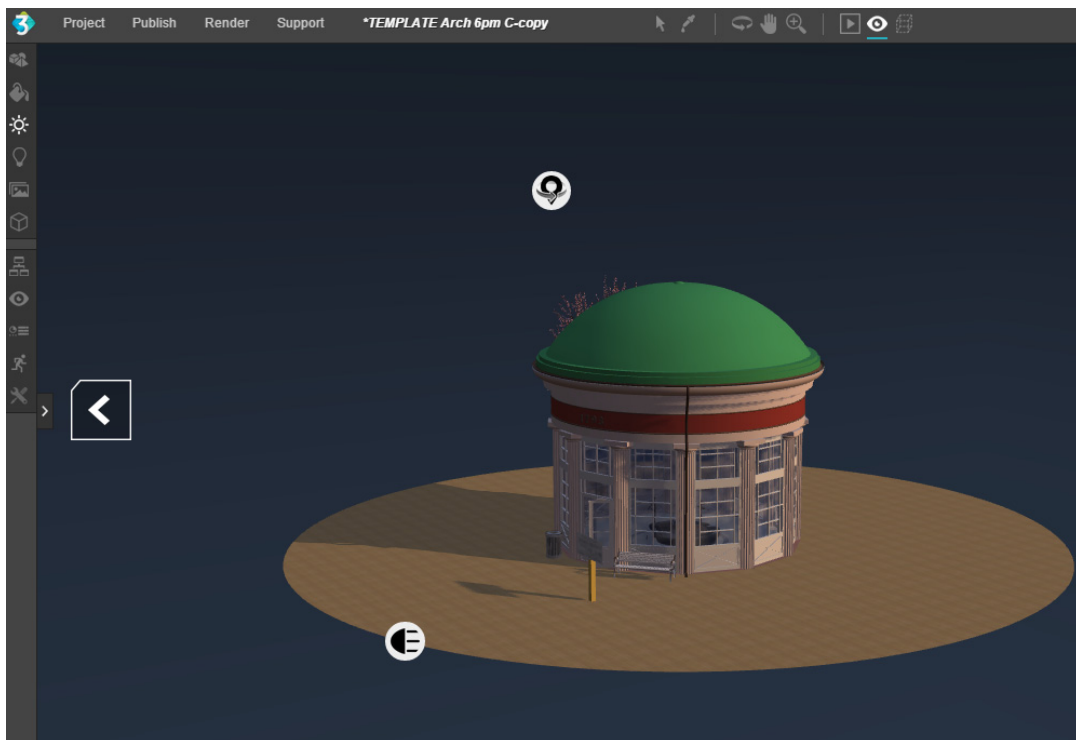
Obrázek 96 - Model Luisina prezentovaný na serveru Spread3D

### 8.4 Prezentace na serveru CL3VER

Prezentace na serveru *CL3VER* [46] je uvedena pro úplnost kapitoly, jako zástupce aplikací pro komerční využití umožňující vytváření poměrně zajímavých interaktivních prezentací. Funkčnost tohoto serveru byla vyzkoušena pouze na objektu Františkova prame-



ne, protože free verze umožňuje uložení pouze jednoho projektu o velikosti nepřesahující 500 MB. Export projektu do pracovního prostředí na serveru *CL3VER* je zprostředkován stejnojmenným pluginem pro SketchUp. Při otevření modelu, který chceme prezentovat, stačí zvolit v menu *File – Open in CL3VER* a projekt je automaticky importován do pracovního prostředí aplikace na serveru *CL3VER*. Princip vykreslování 3D grafiky je založen na převodu modelu do kódování *HTML5* (viz kapitola 8.5). Aplikace nabízí řadu možností pro oživení prezentace (různé druhy šablon prezentace, světél, vkládání obrázků, doplňujících informací atd.). Po hotové prezentaci je projekt uložen na serveru *CL3VER*, na který může být odkazováno, a prezentace tak může být vložena do vlastních stránek.



Obrázek 97 – Františkův pramen na serveru CL3VER

### 8.5 Export modelu do formátu HTML5

Všechny předchozí případy prezentace 3D modelů pracují tak, že prezentovaný model je poslán na server dané služby pro sdílení 3D modelů, kde je uložen, a do vlastních strán-



nek je vkládán pomocí *URL* odkazu na umístění modelu v rámci daného severu. Nevýhody této možnosti prezentace prostorových modelů byly uvedeny v úvodu této kapitoly. Z hlediska stálosti dat je rozumnější případ, kdy je odkazováno na model umístěný ve vlastním počítači. Tuto možnost poskytuje export modelu do *XHTML* souboru v *HTML5* kódování, které umí vykreslovat 3D grafiku. Export modelu z prostředí SketchUpu až do formátu *XHTML* nelze v dnešní době zatím provést v jednom kroku. Model musí být nejprve exportován ze SketchUpu jako soubor s příponou *dae* (Collada). Soubor musí být následně otevřen v nějaké prohlížečce 3D modelů a uložen jako soubor s příponou *X3D* s kódováním *XML*. Pro tento krok je vhodné použít program *View3Dscene*. Poté se XML soubor otevře v programu *X3D – Edit* a je exportován do souboru *XHTML*, se kterým lze následně pracovat stejným způsobem jako s webovou stránkou (např. v programu PSPad). Geometrii modelu je definována mezi párovými znaky `<transform></transform>`. Dalšími užitečnými tagy jsou `<X3D>`, který definuje velikost promítací plochy, a `<Background skyColor>` určující barvu pozadí v modelu barev *RGB*. Výslednou *XHTML* stránku s modelem následně můžeme vložit do svých *www* stránek. Právě tento fakt je výhodou možnosti prezentace pomocí *HTML5* kódování. Data nám totiž nemůže nikdo smazat a je tak zaručena jejich stálost. Drobnou nevýhodou je nezobrazení prvků, které jsou v modelu vytvořeny jako komponenty. Proto je vhodné prvky před exportem ze SketchUpu do formátu *dae* rozbít na jednotlivé entity (v kontextovém menu položka *Explode*). Dalším prvkem, který není při exportu do souboru *dae* vykreslen, jsou části modelu vytvořené v programu *123D Catch*. Výsledné *XHTML* soubory se všemi vytvořenými modely byly vloženy do vytvořených *www* stránek.

### 8.6 Vytvoření virtuální procházky v programu WalkAbout3d

Zajímavou možností prezentace prostorových modelů je vytvoření virtuální procházky v programu *WalkAbout3d*. Virtuální procházka vytvořená tímto programem funguje obdobně jako virtuální prostředí v počítačových hrách. Pomocí šipek klávesnice a myši si můžeme libovolně procházet celý model, pořizovat si snímky, jako bychom byly přímo na daném místě, nebo se nad modelem dokonce prolétnout. Proces vytvoření této procházky je založen na importu souboru *skp* do desktopové aplikace *WalkAbout3d*. Při importu souboru





do této aplikace často dochází ke spadnutí celé aplikace. U všech modelů, na kterých byl přímý import do *WalkAbout3d* vyzkoušen, se aplikace vypnula. Tuto chybu lze obejít instalací pluginu *WalkAbout3d* (free verze omezena na použití po dobu 120 minut) pro SketchUp. Poté stačí při otevřeném modelu v programu SketchUp kliknout na ikonu pluginu *WalkAbout3d* a ten provede import souboru do desktopové aplikace v počítači. Tento postup byl vyzkoušen a bezchybně funguje. V prostředí *WalkAbout3d* je následně možné tvořit virtuální procházky zadat řadu parametrů jako roční období, barvu oblohy a řadu dalších údajů. Podkladová rovina (tráva) se vloží do nejnižšího bodu modelu. V případě, že prezentujeme model, který je vytvořen včetně své podzemní části, je základní rovina vložena trochu nereálně do podzemí. To způsobí to, že si nelze projít část modelu nad touto rovinou. Tento problém lze vyřešit dokreslením jakési nakloněné roviny, po které při procházce projdeme do úrovně, kde se nachází půdorys nadzemní části modelu. Snímek z vytvořené virtuální procházky je na obrázku 98. Výstupem z programu *WalkAbout3d* je soubor s příponou *exe*, který je možné bez potřeby jakéhokoliv programu spustit. Soubory *exe* s vytvořenými virtuálními procházkami modelů byly vloženy do www stránek, kde jsou poskytnuty volně ke stažení. Virtuální procházku Dvorany Glauberových pramenů nebylo možné vytvořit s ohledem na přílišnou datovou objemnost celého souboru *skp* s modelem budovy i okolí.



Obrázek 98 – Snímek vytvořený při virtuální procházce Luisiným pramenem



## 8.7 Vytvoření animace

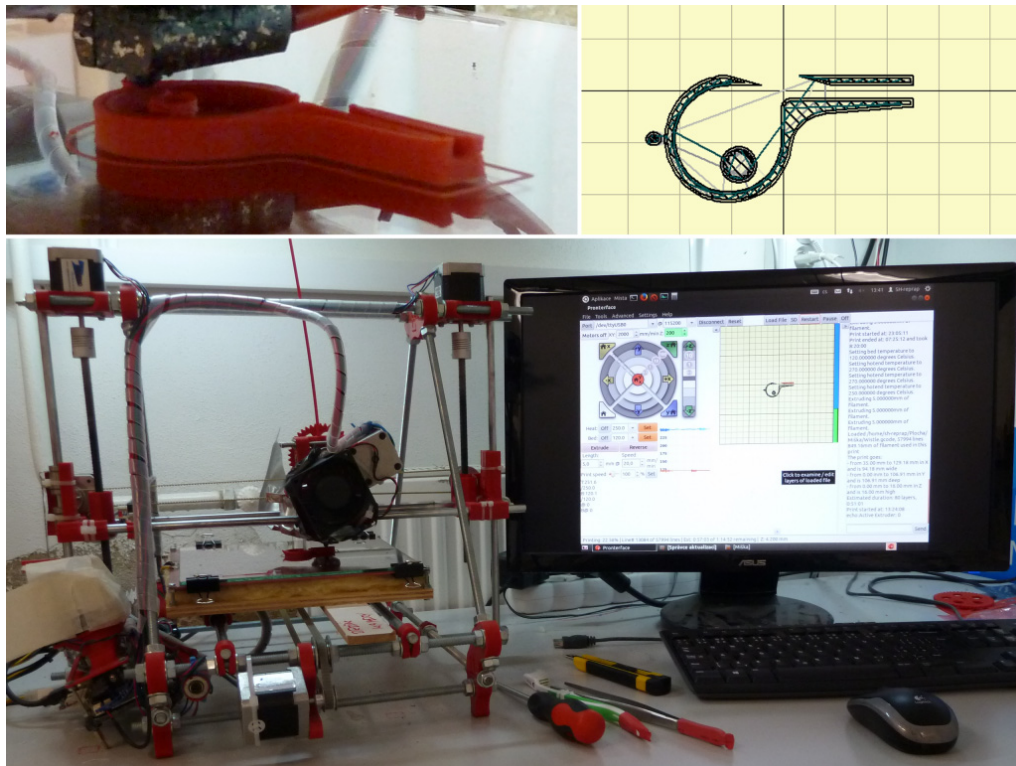
Pro kompletní prezentaci všech objektů najednou byla vytvořena animace doplněná o stručný text ke každému objektu. Video oživila krátká úvodní animace vytvořená v programu *Cinema 4D*. Animace je způsob vytváření zdánlivě se pohybujících věcí, jejíž princip je založen na záznamu na sebe navazující sekvence statických snímků, které při následném rychlém zobrazení vytvářejí efekt pohybu. Nejpoužívanější metodou, kterou aplikuje i program SketchUp, je metoda *kličování*. Princip metody je poměrně jednoduchý. Definiují se pouze klíčové polohy animace a přechod z polohy jedna do polohy dva je dopočítán. Stačí tedy informace o tom, jak má objekt vypadat na začátku a na konci. Klíčové polohy animace se v programu SketchUp přidávají v menu *View – Animation – Add Scene*. Pomocí rotace a přiblížení/oddálení se nastaví požadovaná poloha jedné scény a volbou *Add Scene* se uloží. Následně se stejnými nástroji pohled změní a přidá se další scéna. Jednotlivé přidané scény se přidávají do horní lišty pracovního okna SketchUpu. Po vytvoření všech scén se provede export animace do zvoleného formátu (*avi*, *Mp4* atd.) v menu *File – Export – Animation – Video*. Video bylo následně upraveno v programu *Windows Movie Maker* a uloženo ve formátu *MP4*.

## 8.8 3D tisk vybraných objektů

Zajímavou možností prezentace s hmotným výstupem vytvořených 3D modelů je v posledních letech hodně se rozvíjející a populární 3D tisk. Jedná se o proces, při kterém je prostřednictvím specifického zařízení vytvářen trojrozměrný objekt z vhodného materiálu po vrstvách. Tvorba 3D výtisku je prováděna na základě programové předlohy (vytvořeného modelu). Záměrem bylo 3D výtisky pramenu Luisa a Františkova pramene vytvořit na tiskárně *RepRap* (Replicating Rapid Prototyper) [47]. Jedná se o OpenSource 3D tiskárnu, která jako materiál pro tisk používá Akrylonitril – butadien – styrenu (ABS), který se používá např. pro výrobu lega. Tisknutelný prostro tiskárny je 200 x 180 x 100 mm. Větší modely lze tisknout po jednotlivých částech a následně je jednoduše slepit. Pro možnost výtisku je nutným požadavkem spojitost modelu a dále zaručení neduplicity ploch. Výsledný model musí být uložen ve formátu *stl* (STereoLithography). Tento formát exportu není primárně



programem SketchUp umožněn, což lze opět snadno vyřešit instalací některého z pluginů v *Extensions Warehouse*, které tento export zprostředkují. Posledním krokem předzpracování dat pro tiskárnu je nařezání 3D modelu na vrstvy, po kterých se následně tiskne. Provedení tohoto kroku umožňuje např. program *Cura*. Protože byl samotný výtisk naplánován až na termín, ve kterém již byla tato diplomová práce vytisknuta, nelze zde ukázat výsledky vlastního tisku. Na obrázku 99 je proto uveden jeden z výtisků zpracovaných projektů touto tiskárnou.



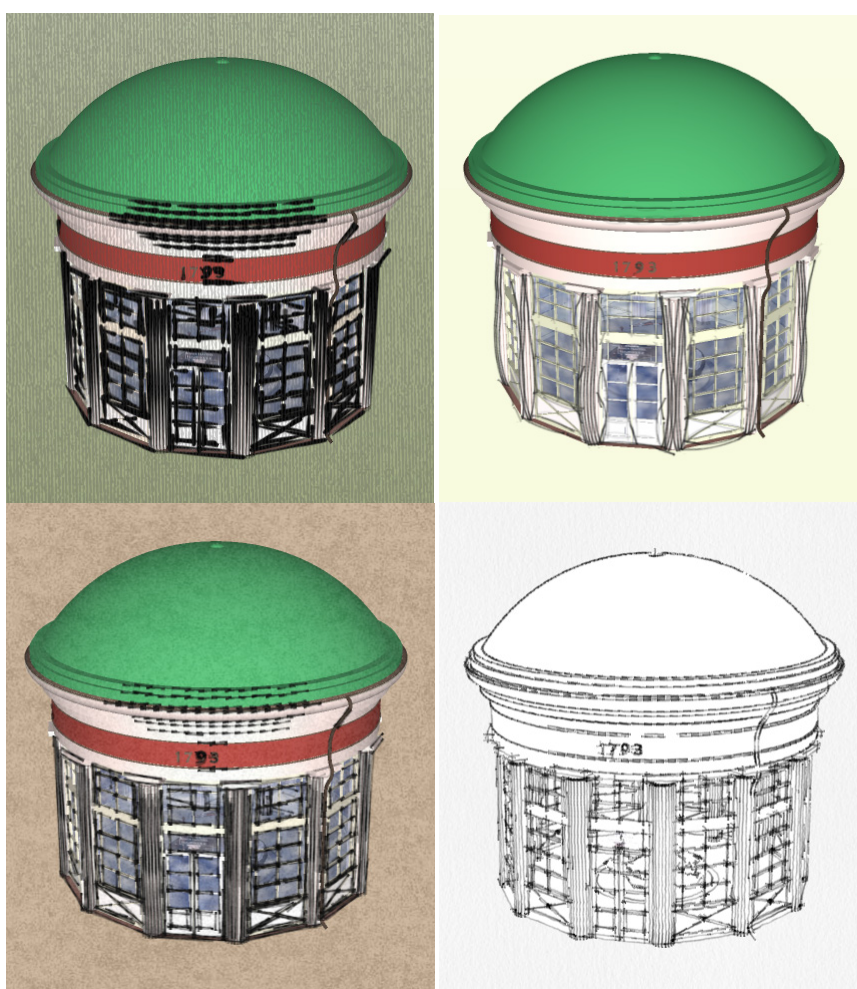
Obrázek 99 – Příklad 3D tisku na tiskárně RepRap [47]

### 8.9 2D výstupy pomocí stylů a renderingu

Možným výstupem z 3D modelování jsou i 2D exporty v podobě obrázků. Ty mohou dále sloužit jako podklad pro prezentaci objektu (v prostředí webu, tvorba informačních tabulí atd.). Výstupy z programu SketchUp můžeme rozdělit do tří kategorií. Tou první jsou prosté 2D exporty modelu (*File – Export – 2D Graphic*). Tímto způsobem byly například



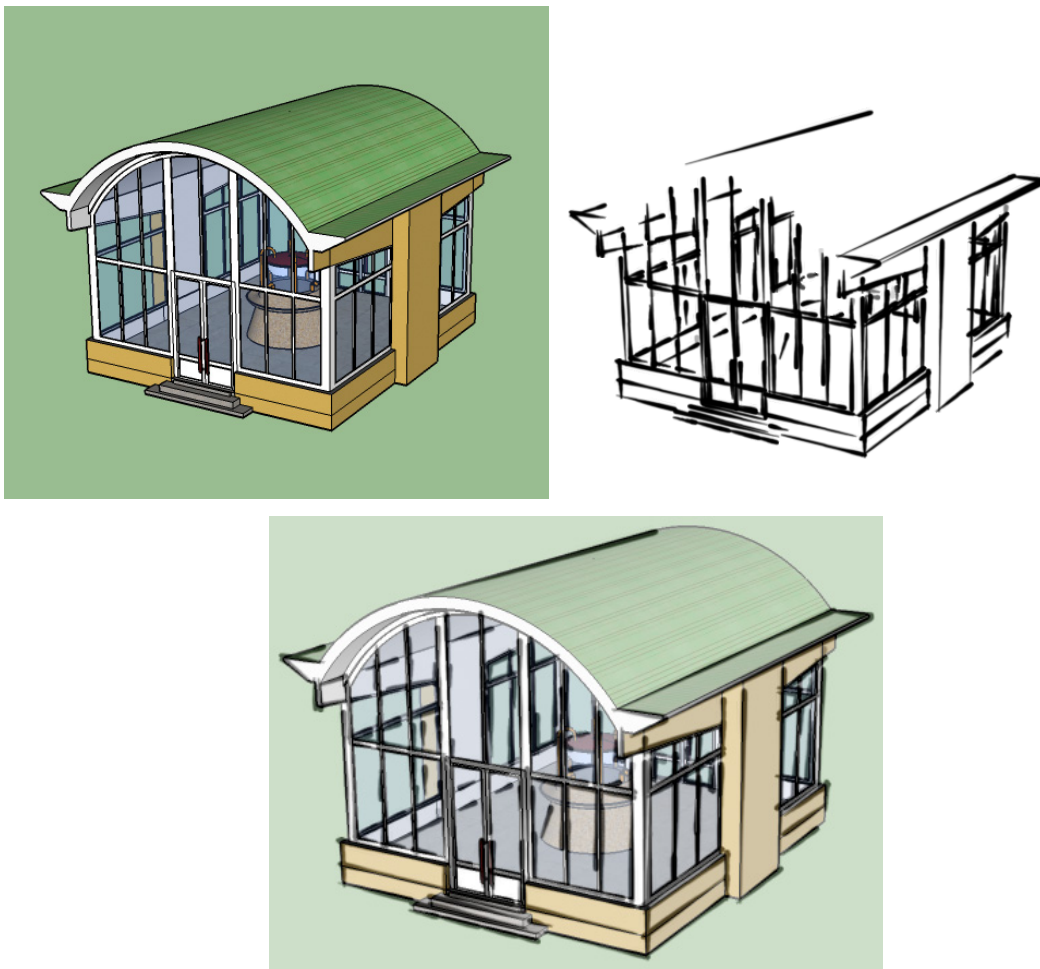
tvořeny obrázky popisující práci v programu SketchUp (kapitoly 5,6 a 7). Druhou možností je využití stylů v programu SketchUp. Předdefinovaných možností je ve SketchUpu celá řada. Pokud i přes to není žádný vhodný, je možné si vytvořit styl vlastní pomocí aplikace *Style Builder*, která je ovšem dostupná pouze při instalaci SketchUpu verze Pro. Předdefinované styly se nacházejí v menu *Windows – Styles*. Export vybraného vzhledu modelu se provádí obdobným způsobem jako v předchozím případě.



Obrázek 100 – Zobrazení Františkova pramene pomocí stylů programu SketchUp



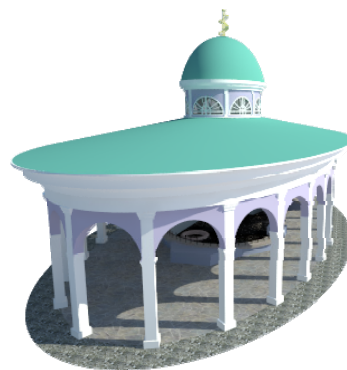
Vlastní styl si lze vytvořit i bez použití placeného programu *Style Builder* a to pomocí skládání vrstev exportovaných různých stylů a jejich složení v obrazovém editoru, který v sobě obsahuje správce vrstev. Z editorů majících tuto funkci a jsou volně šiřitelné lze jmenovat např. program *Gimp*. Proces probíhá tak, že se v programu *SketchUp* vytvoří dva 2D exporty různých stylů a ty se následně v programu *Gimp* dají pod sebe (vlození do různých vrstev a nastavení jedné z vrstev průhlednost). Požadavkem pro vytvoření správného výsledku je export stylů ve stejné pozici kamery tzn. obraz natočíme do požadované polohy a poté provádíme exporty, aniž bychom s obrazem dále hýbali. Výsledek skládání stylů je uveden na obrázku 101.



Obrázek 101 – Příklad skládání stylů



Druhou nejčastější metodou používanou pro tvorbu 2D výstupů prostorových modelů objektů je proces tzv. renderování. Tímto procesem je z vytvořeného 3D modelu vytvořen 2D výstup reálného vzhledu se zachováním prostorového vjemu. Proces renderování je složen z kroků uvedených v kapitole 3. Reálný obraz je vytvořen zejména přidáním světel a výpočtem stínů na objektu. Program SketchUp ve své základní verzi možnost renderování nenabízí. Existuje ovšem celá řada pluginů, které tuto funkci poskytují. Tím, jak se SketchUp stal velmi oblíbeným nástrojem pro tvorbu 3D modelů ve všech možných sférách lidské činnosti, tak se většina pluginů pro renderování stala placenými. Řada z nich je uživateli dostupná v neplacené 30 denní verzi. Těmi pravděpodobně nejlepšími renderovacími pluginy jsou *Irender nXt*, *Render[in]* a *V - Ray*. Další možností vytvoření renderovaného snímku je využití některé z desktopových aplikací, které funkci renderování nabízejí. Zástupci těchto programů jsou např. *Cinema 4D Studio* nebo *Artlantis*. Při práci v těchto programech je častým problémem již zmíněná orientace ploch. Proto je lepším řešením využití jednoho z celé řady pluginů, které pracují přímo ve SketchUpu, a není nutné výkres exportovat do jiných formátů. Příklad renderovaného snímku Luisina pramene je na obrázku 102. Pro vytvoření dalších výstupů pomocí renderování, které jsou předmětem přílohy a webových stránek, byl použit renderovací plugin *Thea Render* [60]. Nastavení světla je pluginem při renderování přebíráno z nastavených hodnot ve SketchUpu (*View - Shadows*).



Obrázek 102 – Rendering Luisina pramene pomocí pluginu V - Ray



## Závěr

V dnešní době běžně dostupného internetu je vhodné využít této vymoženosti pro různé formy prezentace významných objektů a turisticky navštěvovaných míst. Uvedení této myšlenky do praxe byla předmětem této diplomové práce. Cílem bylo vytvořit prostorové modely vybraných objektů zakrývajících prameny ve Františkových Lázních a výsledky prezentovat různými způsoby v prostředí webu. Za tímto účelem byly vytvořeny vlastní webové stránky.

Protože k vybraným objektům neexistovala žádná stavební dokumentace, vycházela tvorba prostorových modelů z vlastní tvorby dokumentace vytvořené z oměření půdorysu, výškových úrovní, rozměrů jednotlivých prvků objektu a sady dokumentačních fotografií. Samotné modelování bylo provedeno v programu *Trimble SketchUp 2014*. Poměrně značná část práce se zaměřila na popis práce v tomto programu a na doplnění pracovního prostředí o nadstavbové funkce (pluginy), díky kterým bylo možné tvořit složité prvky nacházející se na obecně zakřivených rovinách. Tím byl prolomen častý názor uživatelů SketchUpu, kteří si myslí, že ve SketchUpu nelze kreslit po nerovných plochách a nelze kreslit obecně tvarované plochy. Kapitola věnující se právě nadstavbovým funkcím uvádí veškeré moduly, které byly v průběhu tvorby modelů využity, a stručně popisuje jejich použití. Praktická část této diplomové práce začíná kapitolou 5 a je koncipována tak, aby mohla posloužit jako studijní materiál v předmětu *Vizualizace a distribuce prostorových dat* a případně dalším uživatelům SketchUpu. V průběhu modelování objektů byly vyřešeny veškeré problémy, které při modelování nastaly a výsledné prostorové modely byly prezentovány v prostředí webu. Byla vyzkoušena celá řada možností, jak lze prostorové modely prezentovat. Tou nejméně vhodnou možností se ukázalo sdílení modelu na nějakém serveru a následné odkazování na tento server pro umístění do vlastních webových stránek. Tím, jak se postupem času zvyšovala popularita tvorby 3D modelů a uživatelé své výtvořky začali sdílet v prostředí webu, stala se většina těchto serverů placenými. Uživatel, který nemá svůj účet placený, může nahrát svůj model, ale ten je po určité době administrátorem smazán. Proto možnosti prezentace na těchto serverech nezaručují ve své neplacené verzi stálost dat. Vyzkoušena byla i poměrně zají-



mává možnost prezentace objektu, a to export modelu do kódování *HTML5*, které dokáže svým elementem *CANVAS* vykreslovat 3D grafiku. Do budoucna se jedná určitě o jednu z nejpřívětivějších možností prezentace vytvořeného prostorového modelu. Její výhodou je zejména uložení výsledného souboru ve vlastním počítači a sdílení do vlastních webových stránek. Tím je zaručena stálost dat, což je samozřejmě žádoucí efekt.

Výsledky tvorby prostorových modelů a jejich prezentací byly závěrem práce vystaveny v prostředí vlastního webu vytvořeného pomocí *HTML* kódování a *CSS* kaskádových stylů.

Přínosem této diplomové práce je její praktické využití. Výsledky této práce budou dle dohody s vedením města Františkovy Lázně uvedeny na webových stránkách města a zároveň budou zřejmě využity pro tvorbu informačních a reklamních předmětů, letáků nebo informačních tabulí. Zároveň byla sjednána dohoda o spolupráci vedení města Františkovy Lázně a katedry geomatiky na FSv ČVUT na budoucích projektech podobného charakteru, která by mohla vést ke společné žádosti o získání některého z grantů Regionálních operačních programů.

Tato diplomová práce zároveň otevírá cestu možného rozšíření a dopracování tématu. Zajímavých objektů podobného charakteru, které si zaslouží být tímto způsobem prezentovány, se ve Františkových Lázních nachází celá řada. Nabízí se tedy tyto objekty vymodelovat a rozšířit tak vytvořený web, který by mohl být do budoucna komplexním informačním systémem o pramenech ve Františkových Lázních. Zajímavým projektem by mohla být i bakalářská nebo diplomová práce se zcela konkrétním tématem zabývajícím se vytvořením a prezentací modelu interiéru Dvorany Glauberových pramenů.

V úvodu definované cíle práce byly z pohledu autora splněny. Některé výsledky práce jsou k dispozici na vytvořených webových stránkách. Touto prací byly obohaceny autorovy dosavadní zkušenosti s tvorbou prostorových modelů a je rozhodnut tyto své nabyté dovednosti předávat dál.





## Literatura

- [1] Počítačová 3D grafika. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation. [cit. 2014-11-17]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Po%C4%8D%C3%ADta%C4%8Dov%C3%A1\\_3D\\_grafika#Reprezentace\\_t.C4.9Bles](http://cs.wikipedia.org/wiki/Po%C4%8D%C3%ADta%C4%8Dov%C3%A1_3D_grafika#Reprezentace_t.C4.9Bles)
- [2] Google street view. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation. [cit. 2014-11-19]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Google\\_Street\\_View](http://cs.wikipedia.org/wiki/Google_Street_View)
- [3] *Františkovy Lázně: historie města*. Františkovy Lázně: Městské muzeum ve Františkových Lázních, 2009.
- [4] *Františkovy Lázně*. Františkovy Lázně: Město Františkovy Lázně, 2011.
- [5] Veduta. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation. [cit. 2014-12-01]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Veduta>
- [6] *Františkovy Lázně: lázeňství v minulosti a v současnosti*. Františkovy Lázně: Městské muzeum Františkovy Lázně, 1998.
- [7] Anna Tyrolská. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation. [cit. 2014-12-01]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Anna\\_Tyrolsk%C3%A1](http://cs.wikipedia.org/wiki/Anna_Tyrolsk%C3%A1)
- [8] Františkův pramen. *Františkovy Lázně* [online]. [cit. 2014-12-02]. Dostupné z: <http://www.frantiskovy-lazne.cz/frantiskuv-pramen/d-94130/p1=18704>



- [9] Dvorana Glauberových pramenů. *Františkovy Lázně* [online]. [cit. 2014-12-02]. Dostupné z: <http://www.frantiskovy-lazne.cz/dvorana-glauberovych-pramenu/d-94430>
- [10] Glauberova sůl. *Masarykova univerzita* [online]. [cit. 2014-12-02]. Dostupné z: <http://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/hist/chemlat/glauberova-sul.html>
- [11] Rizalit. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation. [cit. 2014-12-02]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Rizalit>
- [12] Portikus. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation. [cit. 2014-12-02].  
Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Portikus>
- [13] Františkovy Lázně. *Hotel Francis* [online]. [cit. 2014-12-02].  
Dostupné z: <http://www.hotelfrancis.cz/cs/frantiskovy-lazne/>
- [14] Leták: Pitné prameny Františkových Lázní. *Lázeňská informační a propagační kancelář*.
- [15] ŽÁRA, J., BENEŠ, B., SOCHOR, J. a FELKEL, P. *Moderní počítačová grafika*. Vyd 1. Brno: Computer Press, 2004, 609 s. ISBN 80-251-0454-0.
- [16] Základy reprezentace trojrozměrného prostoru v počítači. *Wikisofia* [online]. [cit. 2014-12-10]. Dostupné z: [http://wikisofia.cz/index.php/Z%C3%A1klady\\_reprezentace\\_trojrozm%C4%9Brn%C3%A9ho\\_prostoru\\_v\\_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8Di](http://wikisofia.cz/index.php/Z%C3%A1klady_reprezentace_trojrozm%C4%9Brn%C3%A9ho_prostoru_v_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8Di)



- [17] Konvice z Utahu. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation. [cit. 2014-12-10].  
Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Konvice\\_z\\_Utahu](http://cs.wikipedia.org/wiki/Konvice_z_Utahu)
- [18] PELIKÁN, Josef. MFF UK, 2003. *3D počítačová grafika na PC (přednáška)*.
- [19] Toroid. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2014-12-11]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Toroid>
- [20] Phongův osvětlovací model. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Phong%C5%AFv\\_osv%C4%9Btlovac%C3%AD\\_model](http://cs.wikipedia.org/wiki/Phong%C5%AFv_osv%C4%9Btlovac%C3%AD_model)
- [21] Henri Gouraud. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2013 [cit. 2014-12-12].  
Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Henri\\_Gouraud](http://cs.wikipedia.org/wiki/Henri_Gouraud)
- [22] Autodesk. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-12-15].  
Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Autodesk>
- [23] Cinema 4D. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-12-15].  
Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Cinema\\_4D](http://cs.wikipedia.org/wiki/Cinema_4D)
- [24] DIGITAL MEDIA S.R.O. *Cinema 4D* [online]. [cit. 2014-12-15].  
Dostupné z: <http://www.cinema4d.cz/>



- [25] BLENDER3DCZ. *Blender3D* [online]. 2005. vyd. [cit. 2014-12-15].  
Dostupné z: <http://www.blender3d.cz/>
- [26] 123d. CAD STUDIO A.S. *Cadstudio* [online]. [cit. 2014-12-15].  
Dostupné z: <http://www.cadstudio.cz/123d>
- [27] LINHARTOVÁ, Joanna. *SketchUp 2014*. třetí. Praha: Arhitecture Design School, v.o.s., 2014.
- [28] SketchUp. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-12-15].  
Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/SketchUp>
- [29] History of SketchUp. *Sketchup ur space* [online]. [cit. 2014-12-16]. Dostupné z: <http://www.sketchup-ur-space.com/july11/history-of-sketchup.htm>
- [30] Products. TRIMBLE NAVIGATION LIMITED. *Sketchup* [online]. [cit. 2014-12-16]. Dostupné z: <http://www.sketchup.com/products/sketchup-pro>
- [31] TRIMBLE NAVIGATION LIMITED. 3D Warehouse [online]. [cit. 2014-12-16].  
Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/>
- [32] ARCHITECTURE DESIGN SCHOOL. Su/models sketchup [online]. [cit. 2014-12-16]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/>
- [33] Ruby. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-12-16]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Ruby\\_%28programovac%C3%AD\\_jazyk%29](http://cs.wikipedia.org/wiki/Ruby_%28programovac%C3%AD_jazyk%29)



- [34] TRIMBLE NAVIGATION LIMITED. *Extensions Warehouse* [online]. [cit. 2014-12-16]. Dostupné z: <https://extensions.sketchup.com/>
- [35] SKETCHUCATION LLC. *SketchUcation* [online]. [cit. 2014-12-16]. Dostupné z: <http://sketchucation.com/>
- [36] 2K5-7 JIŘÍ PREISLER. PhotoPa [online]. [cit. 2014-12-20]. Dostupné z: <http://lfgm.fsv.cvut.cz/photopa/>
- [37] Průseková fotogrammetrie. *Slovník VÚGTK* [online]. [cit. 2014-12-20]. Dostupné z: [http://www.vugtk.cz/slovník/3876\\_prusekova-fotogrammetrie](http://www.vugtk.cz/slovník/3876_prusekova-fotogrammetrie)
- [38] Počítačová grafika (přednáška 5). ÚSTAV MATEMATIKY VUT BRNO. *Mathonline* [online]. [cit. 2014-12-20]. Dostupné z: <http://mathonline.fme.vutbr.cz/pg/flash/TeorieGrafika/pocGrafika5.pdf>
- [39] Fotoplán. *Slovník VÚGTK* [online]. [cit. 2014-12-20]. Dostupné z: [http://www.vugtk.cz/slovník/3872\\_fotoplan](http://www.vugtk.cz/slovník/3872_fotoplan)
- [40] Media. *Italgein* [online]. [cit. 2014-12-21]. Dostupné z: <http://www.italgein.it/contents/media/vertex-vl-400.jpg>
- [41] Measuring Height. *Monumental trees* [online]. [cit. 2014-12-21]. Dostupné z: <http://www.monumentaltrees.com/en/content/measuringheight/>
- [42] *Cgtextures* [online]. [cit. 2014-12-22]. Dostupné z: <http://www.cgtextures.com/>
- [43] *Sketchfab* [online]. [cit. 2014-12-29]. Dostupné z: <https://sketchfab.com/>



- [44] *Jakpsatweb* [online]. [cit. 2014-12-29]. Dostupné z: <http://www.jakpsatweb.cz/>
- [45] *Spread3d* [online]. [cit. 2014-12-29]. Dostupné z: <http://review.spread3d.com/>
- [46] *CL3VER* [online]. [cit. 2014-12-29]. Dostupné z: <http://www.cl3ver.com/>
- [47] *RepRap 3D tiskárna* [online]. [cit. 2015-01-01].  
Dostupné z: <http://3dtiskarna.sh.cvut.cz/>
- [48] Minerální prameny ve Františkových Lázních. *Turistický portál Karlovarského kraje* [online]. [cit. 2015-12-25]. Dostupné z:  
<http://cestovani.krkarlovarsky.cz/cz/pronavstevniky/Lazenstvi/lazenstviafazenskami/stranky/FrantiskovyLazne/Stranky/MineralnipramenyFL.aspx>
- [49] Františkovy Lázně. *Transnacionální sériová nominace evropských lázeňských měst k zápisu na Seznam světového kulturního a přírodního dědictví UNESCO* [online]. [cit. 2015-12-25]. Dostupné z: <http://www.spaarch.cz/cz/frantiskovy-lazne>
- [50] *Panoramio* [online]. [cit. 2015-12-25].  
Dostupné z: [http://www.panoramio.com/user/7386798?with\\_photo\\_id=89772789](http://www.panoramio.com/user/7386798?with_photo_id=89772789)
- [51] *Human Body Volume Measurement* [online]. [cit. 2015-12-25]. Dostupné z: [https://rvlab.icg.tugraz.at/project\\_page/project\\_bodyvolume/project\\_bodyvolume.htm](https://rvlab.icg.tugraz.at/project_page/project_bodyvolume/project_bodyvolume.htm)
- [52] INTERACTIVE ARTS & TECHNOLOGY, Simon Fraser University. *Patterns of Digital Interpretation* [online]. [cit. 2015-12-25].  
Dostupné z: <http://www.designscience.ca/IJDC2004/>



- [53] 3D - Grafik. *Digital Media For Artists* [online]. [cit. 2015-12-25]. Dostupné z:<http://www.dma.ufg.ac.at/app/link/Grundlagen%3A3D-Grafik/module/9728?step=all>
- [54] *ARC GEOREP* [online]. [cit. 2015-12-25].  
Dostupné z:<http://alice.loria.fr/georep/presentation.php>
- [55] Bump mapping. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-12-25].  
Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Bump\\_mapping](http://en.wikipedia.org/wiki/Bump_mapping)
- [56] *Autodesk Certified Instructor* [online]. [cit. 2015-12-25]. Dostupné z:<http://mcdcad.eu/2010/04/20/inventor-2011-hotfix-absturze-bei-der-erstellung-von-elementen/>
- [57] Features. *Blender* [online]. [cit. 2015-12-25].  
Dostupné z: <http://www.blender.org/features/>
- [58] *CreativeCOW* [online]. [cit. 2015-12-25].  
Dostupné z: <https://news.creativecow.net/story/867499>
- [59] Trimble Sketchup Logo. *Logo - kid* [online]. [cit. 2015-12-25].  
Dostupné z: <http://logo-kid.com/trimble-sketchup-logo.htm>
- [60] *THEA RENDER* [online]. [cit. 2015-12-27].  
Dostupné z: <https://www.thearender.com/site/>



## Seznam obrázků

OBRÁZEK 1 – NABÍRÁNÍ KYSELKY – VÝŘEZ Z VEDUTY CHEBU [3] .....	13
OBRÁZEK 2 – OKOLÍ FRANTIŠKOVA PRAMENE V ROCE 1808, KAREL POSTL [4] .....	15
OBRÁZEK 3 – CÍSAŘSKÁ ULICE (NÁRODNÍ TŘÍDA) V ROCE 1822 [3] .....	16
OBRÁZEK 4 – PROJEKT PAVILÓNU FRANTIŠKOVA PRAMENE, LAVÍROVANÁ PEROKRESBA Z ROKU 1792 [3] .....	18
OBRÁZEK 5 – FRANTIŠKŮV PRAMEN ZACHYCEN NA MALBĚ JANA SPÁČILA [4] .....	18
OBRÁZEK 6 – STAVBA NAD FRANTIŠKOVÝM PRAMENEM Z ROKU 1832 [48] .....	19
OBRÁZEK 7 – LUISIN PRAMEN ZACHYCEN NA MALBĚ JANA SPÁČILA [4] .....	19
OBRÁZEK 8 – LUISIN PRAMEN ZACHYCEN NA MALBĚ Z 30. LET 19. STOLETÍ [49] .....	20
OBRÁZEK 9 – DVORANA GLAUBEROVÝCH PRAMENŮ ZACHYCENA NA MALBĚ JANA SPÁČILA [4] .....	21
OBRÁZEK 10 – DVORANA GLAUBEROVÝCH PRAMENŮ A JEJÍ SOUČASNÝ VZHLED [50] .....	22
OBRÁZEK 11 – NOVÝ PRAMEN – POROVNÁNÍ PŮVODNÍ A SOUČASNÉ STAVBY [6] .....	23
OBRÁZEK 12 – VLASTNOSTI VYBRANÝCH PITNÝCH PRAMENŮ FRANTIŠKOVÝCH LÁZNÍ [14] .....	24
OBRÁZEK 13 – POKRYTÍ TĚLESA TROJÚHELNIKOVOU SÍTÍ (VLEVO PRAVIDELNĚ, VPRAVO JEMNĚJI PODLE KŘIVOSTI PLOCHY) [15] .....	26
OBRÁZEK 14 – STRUKTURA SÍTĚ TROJÚHELNÍKŮ – PRUH A VĚJÍŘ [16] .....	27
OBRÁZEK 15 – NONMANIFOLD A ZOBRAZENÍ MOŽNOSTÍ JEHO TRANSFORMACE NA MANIFOLD [15] .....	28
OBRÁZEK 16 – UKÁZKY MNOHOSTĚNŮ SPLŇUJÍCÍ EULEROVU NEROVNOST [15] .....	29
OBRÁZEK 17 – NEJEDNOZNAČNOST HRANOVÉ REPREZENTACE TĚLESA [15] .....	29
OBRÁZEK 18 – DATOVÝ ZÁZNAM OKŘÍDLENÁ HRANA [15] .....	30
OBRÁZEK 19 – PŘÍKLAD MRAČNA BODŮ – BODOVÁ DEFINICE TĚLESA [51] .....	31
OBRÁZEK 20 – POPIS TĚLESA POMOCÍ CSG STOMU [52] .....	32
OBRÁZEK 21 – TYPY MŘÍŽEK V OBJEMOVÉ REPREZENTACI TĚLESA [15] .....	33
OBRÁZEK 22 – PŘÍKLAD USPOŘÁDÁNÍ VOXELŮ DO DVOU MŘÍŽEK S RŮZNÝM ROZLIŠENÍM [16] .....	34
OBRÁZEK 23 – OBJEKT A JEHO PRŮMĚT VZNIKLÝ ROVNOBĚŽNÝM A STŘEDOVÝM PROMÍTÁNÍM [15] .....	35
OBRÁZEK 24 – GEOMETRIE PHONGOVA ODRAZU [15] .....	36
OBRÁZEK 25 – PHONGŮV ODRAZ SLOŽENÝ ZE SVÝCH TŘÍ SLOŽEK [20] .....	37
OBRÁZEK 26 – ZÁKLADNÍ TYPY ZDROJŮ SVĚTLA (ZLEVA: BODOVÝ, ROVNOBĚŽNÝ, PLOŠNÝ) [15] .....	37
OBRÁZEK 27 – POROVNÁNÍ RŮZNÝCH DRUHŮ STÍNOVÁNÍ, ZLEVA: DRÁTOVÝ MODEL STÍNOVANÉHO TĚLESA, KONSTANTNÍ STÍNOVÁNÍ, GOURADOVO A PHONGOVO STÍNOVÁNÍ [53] .....	38
OBRÁZEK 28 – PRVNÍ MODEL, NA KTERÉM BYLO PREZENTOVÁNO GOURAUDOVO STÍNOVÁNÍ [54] .....	39
OBRÁZEK 29 – PRINCIP MALÍŘOVA ALGORITMU [38] .....	41
OBRÁZEK 30 – POROVNÁNÍ STÍNU Z BODOVÉHO A PLOŠNÉHO SVĚTELNÉHO ZDROJE [15] .....	42





OBRÁZEK 31 – PROJEKCE STÍNU BODOVÉHO ZDROJE (VLEVO BEZ OSVĚTLENÍ, VPRAVO OSVĚTLENÍ S VYPOČTENÝM STÍNEM) [15] .....	43
OBRÁZEK 32 – PŘÍKLAD MAPOVÁNÍ VÁLCOVÉ PLOCHY [18] .....	44
OBRÁZEK 33 – POSTUP ZMĚNY NORMÁLOVÝCH VEKTORŮ PLOCHY [15] .....	45
OBRÁZEK 34 – VLEVO NORMÁLNÍ MAPOVÁNÍ, VPRAVO BUMP MAPOVÁNÍ [55] .....	46
OBRÁZEK 35 – MODEL MOTORU VYTVOŘENÝ V AUTODESK INVENTOR [56] .....	48
OBRÁZEK 36 – PŘÍKLAD RENDERINGU V PROGRAMU BLENDER [57] .....	49
OBRÁZEK 37 – PŘÍKLAD MODELU VYTVOŘENÉHO V PROGRAMU 123D CATCH (BEZ TEXTURY) [58] .....	50
OBRÁZEK 38 – IKONY PROGRAMŮ SKETCHUP, LAYOUT A STYLE BUILDER [59] .....	53
OBRÁZEK 39 – VÝBĚR ŠABLONY VÝKRESU .....	54
OBRÁZEK 40 – PANEL NÁSTROJŮ GETTING STARTED .....	54
OBRÁZEK 41 – PŘÍKLADY ODKAZOVÉHO SYSTÉMU PRO RŮZNÉ KRESLÍČÍ FUNKCE .....	56
OBRÁZEK 42 – APLIKACE NÁSTROJE PUSH/PULL .....	57
OBRÁZEK 43 – VARIACE POUŽITÍ NÁSTROJE PUSH/PULL .....	58
OBRÁZEK 44 – POUŽITÍ NÁSTROJE FOLLOW ME (PŘIDÁNÍ MATERIÁLU) .....	59
OBRÁZEK 45 – POUŽITÍ FUNKCE FOLLOW ME (ODEBRÁNÍ MATERIÁLU) .....	60
OBRÁZEK 46 – POUŽITÍ FUNKCE OFFSET .....	61
OBRÁZEK 47 – FUNKCE SCALE .....	62
OBRÁZEK 48 – FUNKCE MAKE GROUP .....	64
OBRÁZEK 49 – PRÁCE S KOMPONENTOU .....	65
OBRÁZEK 50 – PRÁCE S METREM (HORNÍ ŘADA LINIE, SPODNÍ ŘADA VODÍČÍ BODY) .....	66
OBRÁZEK 51 – PLUGIN SKETCHUCATION .....	68
OBRÁZEK 52 – LIŠTA PLUGINU TOOLS ON SURFACE .....	69
OBRÁZEK 53 – PŘÍKLADY POUŽITÍ FUNKCE TOOLS ON SURFACE .....	70
OBRÁZEK 54 – LIŠTA PLUGINU JOINT PUSH/PULL .....	70
OBRÁZEK 55 – POŽITÍ RŮZNÝCH METOD FUNKCE JOINT PUSH/PULL (HORNÍ ŘADA MOŽNOST EXTRUDE, VECTOR, SPODNÍ ŘADA MOŽNOST NORMAL A JOINT) .....	71
OBRÁZEK 56 – VÝBĚR PRVKU PŘED A PO POUŽITÍ FUNKCE WELD .....	72
OBRÁZEK 57 – PRACOVNÍ LIŠTA PLUGINU CURVILOFT .....	72
OBRÁZEK 58 – FUNKCE CURVILOFT .....	73
OBRÁZEK 59 – MODEL KAPLE PANNY MARIE VYTVOŘENÝ V RÁMCI PŘEDMĚTU FOTOGRAMMETRIE 3 .....	75
OBRÁZEK 60 – KOSTEL SV. PETRA A PAVLA ZPRACOVANÝ V PROGRAMU SKETCHUP .....	76
OBRÁZEK 61 – PŘÍKLAD PROJEKTOVANÉ TEXTURY (PROMÍTNUTI Z PLOCHY ROVNÉ VLEVO NA PLOCHU ZAKŘIVENOU VPRAVO) .....	78
OBRÁZEK 62 – MĚŘÍČÍ SYSTÉM VERTEX LASER 400 VČETNĚ AKTIVNÍHO ODRAŽEČE [40] .....	79



OBRÁZEK 63 – PRINCIP URČENÍ VÝŠKY POMOCÍ VERTEX LASER 400 [41] .....	79
OBRÁZEK 64 – PŮDORYS FRANTIŠKOVA PRAMENE S UMÍSTĚNÝMI SLOUPY .....	80
OBRÁZEK 65 – VPRAVO IMPLICITNÍ VZHLED KRUŽNICE, VLEVO PO POUŽITÍ FUNKCE DIVIDE (ROZDĚLENÍ NA 50 SEGMENTŮ) .....	81
OBRÁZEK 66 – POROVNÁNÍ TVARU STŘECHY PŘED (VLEVO) A PO POUŽITÍ FUNKCE DIVIDE (VPRAVO).....	82
OBRÁZEK 67 – DOPLNĚNÍ OKEN A DVEŘÍ.....	82
OBRÁZEK 68 – VYTVOŘENÍ MATERIÁLU .....	83
OBRÁZEK 69 – PŘÍKLAD POUŽITÍ RŮZNÝCH ROZMĚRŮ TEXTURY A VLIV NA VÝSLEDNÝ VZHLED.....	84
OBRÁZEK 70 – TVORBA MODELU V PROGRAMU 123D CATCH.....	85
OBRÁZEK 71 – VÝSLEDNÝ MODEL VÝVĚRU FRANTIŠKOVA PRAMENE VYTVOŘENÝ V PROGRAMU 123D CATCH.....	86
OBRÁZEK 72 – VÝSLEDNÝ MODEL FRANTIŠKOVA PRAMENE VČETNĚ INTERIÉRU A EXTERIÉRU .....	87
OBRÁZEK 73 – POSTUP KRESLENÍ ELIPSY .....	88
OBRÁZEK 74 – SLOUP A JEHO UMÍSTĚNÍ NA ELIPSU (HORNÍ OBRÁZEK VPRAVO) .....	89
OBRÁZEK 75 – TVORBA ARKÁD (PRVNÍ OBRÁZEK UKAZUJE ZÁŘEZ ROVINY DO SLOUPU PŘI JEJÍM ZATLAČENÍ NÁSTROJEM PUSH/PULL).....	90
OBRÁZEK 76 – VÝSLEDNÝ MODEL STŘECHY .....	91
OBRÁZEK 77 – VÝSLEDNÝ MODEL LUISINA PRAMENE .....	92
OBRÁZEK 78 – PRŮBĚH TVORBY MODELU NOVÉHO PRAMENE .....	93
OBRÁZEK 79 – POROVNÁNÍ MODELU VÝVĚRU PRAMENE (VLEVO 123D CATCH MODEL, VPRAVO SKETCHUP MODEL) .....	94
OBRÁZEK 80 – MODEL NOVÉHO PRAMENE VČETNĚ TEXTUR .....	94
OBRÁZEK 81 – MODEL NOVÉHO PRAMENE DOPLNĚNÝ O ČÁST OKOLNÍHO PROSTŘEDÍ .....	95
OBRÁZEK 82 – ROZDĚLENÍ MODELU DVORANY GLAUBEROVÝCH PRAMENŮ NA JEDNOTLIVÉ ČÁSTI .....	95
OBRÁZEK 83 – POUŽITÍ FUNKCE INTERSECT PŘI TVORBĚ OKEN (VPRAVO JE VIDĚT OZNAČENÁ ČÁST ZDI LEŽÍCÍ UVNITŘ OKNA) .....	97
OBRÁZEK 84 – VYPLNĚNÍ ČÁSTI STŘECHY POUŽITÍM MODULU CURVILOFT .....	97
OBRÁZEK 85 - POROVNÁNÍ MODELU SOCHY (VLEVO) A POUŽITÉHO SNÍMKU (VPRAVO).....	98
OBRÁZEK 86 - VÝSLEDNÝ MODEL HLAVNÍ BUDOVY DVORANY GLAUBEROVÝCH PRAMENŮ .....	99
OBRÁZEK 87 – OKNO TAMBURU (VLEVO NAKRESLENÁ ČÁST OKNA, VPRAVO JEJÍ SLOŽENÍ DO CELKU) .....	99
OBRÁZEK 88 – POSTUP TVORBY TAMBURU STŘECHY .....	100
OBRÁZEK 89 – TVORBA MODELU PŘÍSTAVBY DVORANY GLAUBEROVÝCH PRAMENŮ.....	101
OBRÁZEK 90 – OBARVENÝ MODEL PŘÍSTAVBY DVORANY GLAUBEROVÝCH PRAMENŮ .....	101
OBRÁZEK 91 – OBARVENÝ A ZKOMPLETOVANÝ MODEL DVORANY GLAUBEROVÝCH PRAMENŮ.....	102
OBRÁZEK 92 – MODEL SOCHY (VLEVO SNÍMEK SOCHY, VPRAVO VYTVOŘENÝ MODEL SOCHY).....	102
OBRÁZEK 93 – MODEL DVORANY GLAUBEROVÝCH PRAMENŮ DOPLNĚNÝ O ČÁST OKOLNÍHO PARKU .....	103



OBRÁZEK 94 – VZHLED VYTVOŘENÝCH WWW STRÁNEK .....	108
OBRÁZEK 95 – MODEL FRANTIŠKOVA PRAMENE V DATABÁZI 3D WAREHOUSE .....	109
OBRÁZEK 96 – MODEL LUISINA PREZENTOVANÝ NA SERVERU SPREAD3D .....	110
OBRÁZEK 97 – FRANTIŠKŮV PRAMEN NA SERVERU CL3VER .....	111
OBRÁZEK 98 – SNÍMEK VYTVOŘENÝ PŘI VIRTUÁLNÍ PROCHÁZCE LUISINÝM PRAMENEM .....	113
OBRÁZEK 99 – PŘÍKLAD 3D TISKU NA TISKÁRNĚ REPRAP [47].....	115
OBRÁZEK 100 – ZOBRAZENÍ FRANTIŠKOVA PRAMENE POMOCÍ STYLŮ PROGRAMU SKETCHUP.....	116
OBRÁZEK 101 – PŘÍKLAD SKLÁDÁNÍ STYLŮ.....	117
OBRÁZEK 102 – RENDERING LUISINA PRAMENE POMOCÍ PLUGINU V - RAY .....	118



## Seznam příloh na DVD

- Diplomová práce ve formátu pdf – *DP\_Zdenek\_Lavicka.PDF*
- Data k modelu Františkova pramene – složka *frantisek*
  - Model Františkova pramene – *frantisek.skp*
  - Georeferencovaný model Františkova pramene – *frantisek-warehouse.skp*
  - Model Františkova pramene doplněný o model okolí – *frantisek-walk.skp*
  - KMZ soubor pro aplikaci Google Earth – *frantisek-earth.kmz*
  - Model v kódování *HTML5* – *frantisek.xhtml*
  - Virtuální procházka Františkova pramene – *frantisek.exe*
- Data k modelu Luisina pramene – složka *luisa*
  - Model Františkova pramene – *luisa.skp*
  - Georeferencovaný model Františkova pramene – *luisa-warehouse.skp*
  - Model Františkova pramene doplněný o model okolí – *luisa-walk.skp*
  - KMZ soubor pro aplikaci Google Earth – *luisa-earth.kmz*
  - Model v kódování *HTML5* – *luisa.xhtml*
  - Virtuální procházka Luisina pramene – *luisa.exe*
- Data k modelu Dvorany Glauberových pramenů – složka *glauber*
  - Model Františkova pramene – *glauber.skp*
  - Georeferencovaný model Františkova pramene – *glauber-warehouse.skp*
  - Model Františkova pramene doplněný o model okolí – *glauber-walk.skp*
  - KMZ soubor pro aplikaci Google Earth – *glauber-earth.kmz*
  - Model v kódování *HTML5* – *glauber.xhtml*
- Data k modelu Novéhopramene – složka *novy*
  - Model Františkova pramene – *novy.skp*



Georeferencovaný model Františkova pramene – *novy-warehouse.skp*

Model Františkova pramene doplněný o model okolí – *novy-walk.skp*

KMZ soubor pro aplikaci Google Earth – *novy-earth.kmz*

Model v kódování *HTML5* – *novy.xhtml*

Virtuální procházka Nového pramene – *novy.exe*

- 2D výstupy vytvořené renderováním – složka *RENDERING*
  - Rendering Františkova pramene – podsložka *františek*
  - Rendering Luisina pramene – podsložka *luisa*
  - Rendering Dvorany Glauberových pramenů – podsložka *glauber*
  - Rendering Nového pramene – podsložka *novy*
  
- 2D výstupy vytvořené pomocí stylů – složka *STYLY*
  - Styly Františkova pramene – podsložka *františek*
  - Styly Luisina pramene – podsložka *luisa*
  - Styly Dvorany Glauberových pramenů – podsložka *glauber*
  - Styly Nového pramene – podsložka *novy*
  
- Vytvořená animace – *animace.mp4*
  
- WWW stránky prezentující diplomovou práci – složka *www*
  - Stránky se spouští souborem – *index.html*

Složka obsahuje všechny další *html* soubory a soubory vložené do webových stránek (obrázky, soubory ke stažení)
  - Podsložka *css*

Obsahuje soubor kaskádových stylů – *Styly.css*
  - Podsložka *images*

Obsahuje obrázky použité pro překrytí jednotlivých rámců stránek



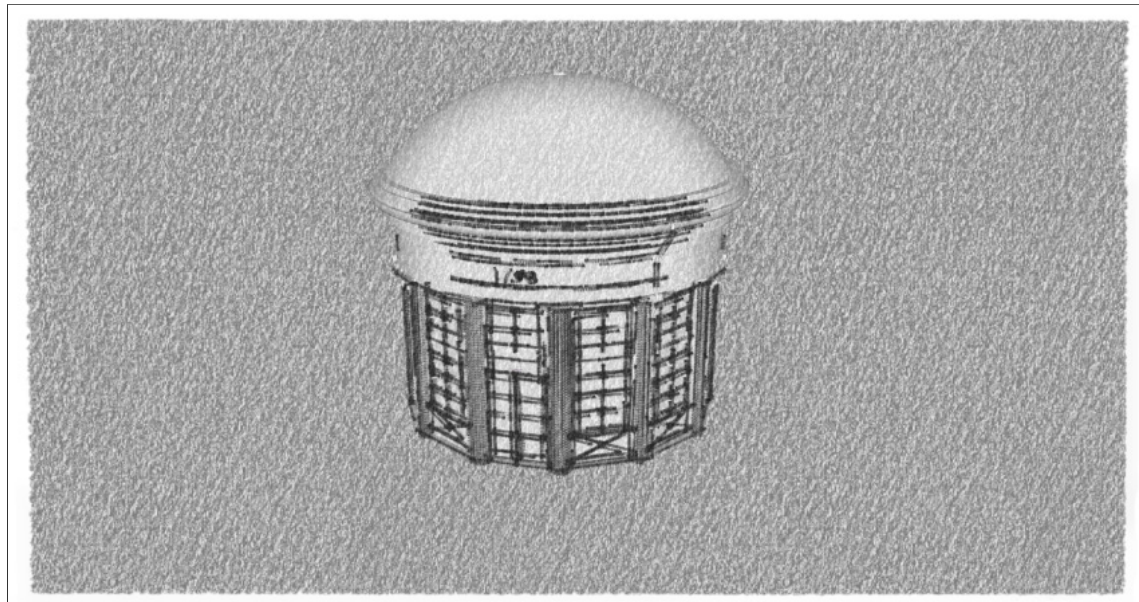
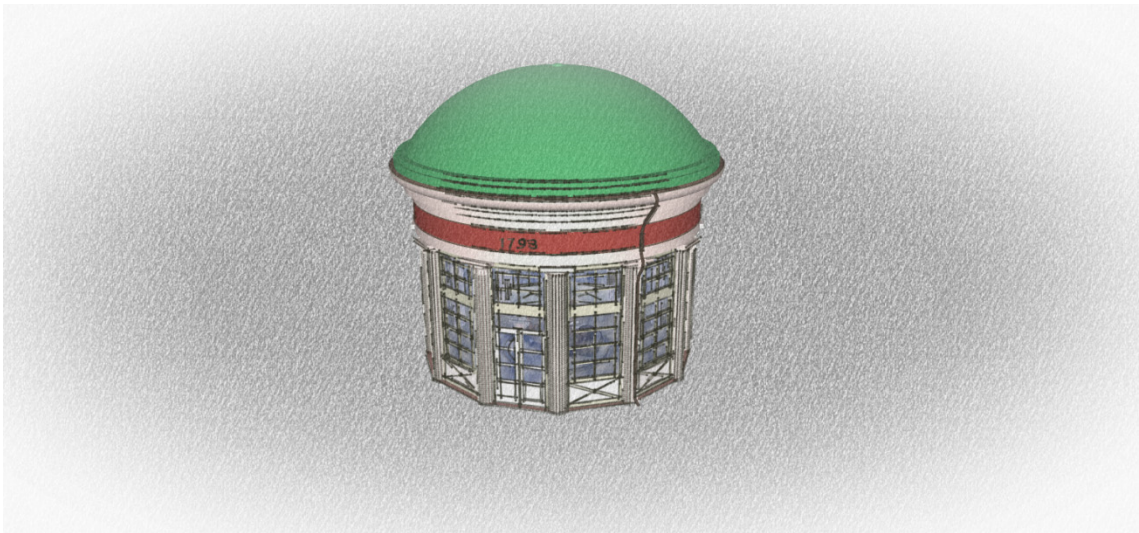
## **Seznam tištěných příloh**

- P.1 Františkův pramen zobrazen pomocí stylů
- P.2 Luisin pramen zobrazen pomocí stylů
- P.3 Nový pramen zobrazen pomocí stylů
- P.4 Dvorana Glauberových pramenů zobrazena pomocí stylů
- P.5 Porovnání modelu Františkova pramene se skutečností
- P.6 Porovnání modelu Luisina pramene se skutečností
- P.7 Porovnání modelu Nového pramene se skutečností
- P.8 Porovnání modelu Dvorany Glauberových pramenů se skutečností



## **Tištěné přílohy**

### **P.1 Františkův pramen zobrazen pomocí stylů**





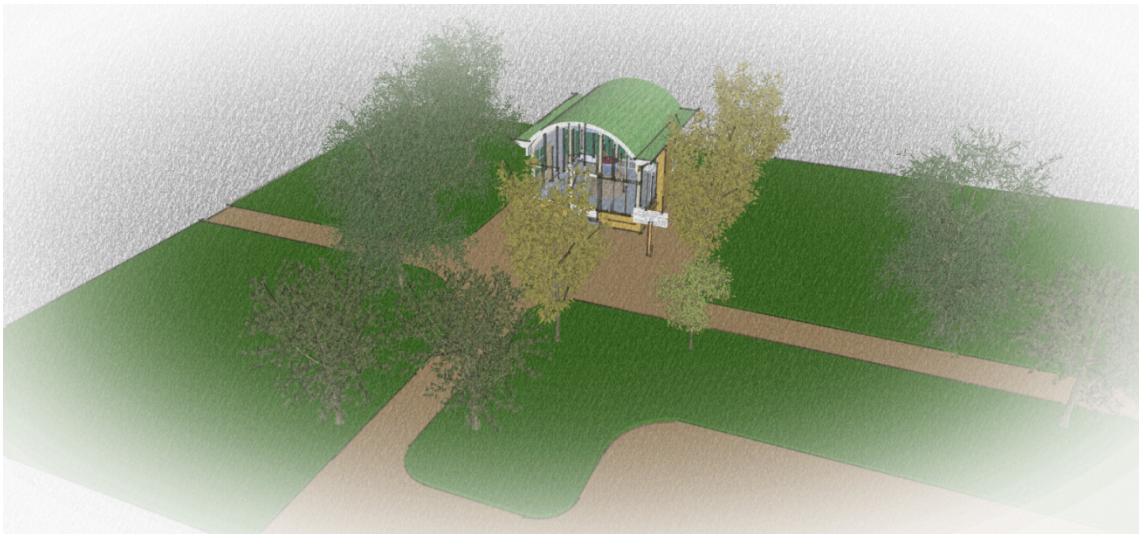
**P.2 Luisin pramen zobrazen pomocí stylů**





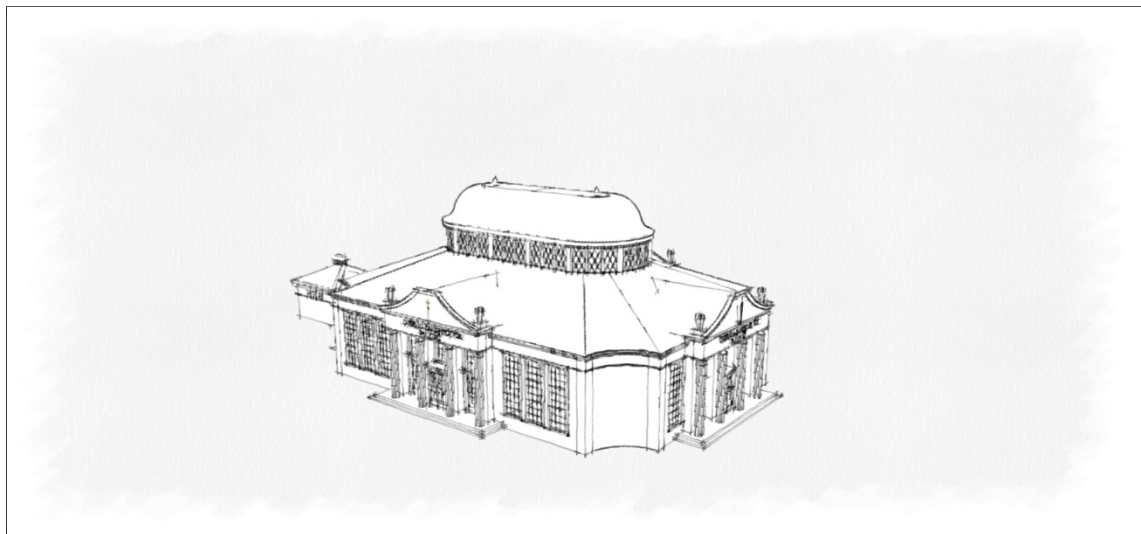
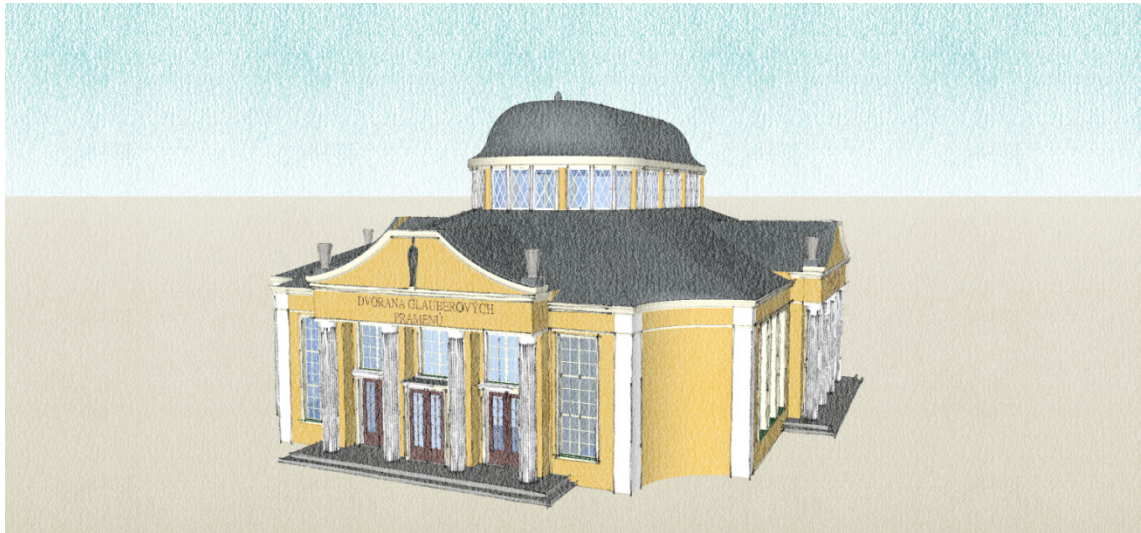


### P.3 Nový pramen zobrazen pomocí stylů



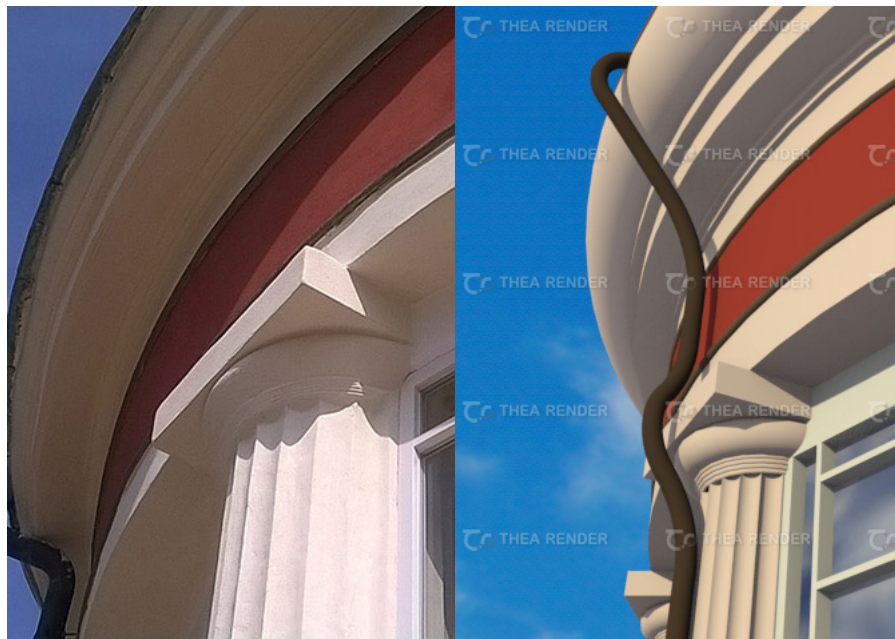


**P.4 Dvorana Glauberových pramenů zobrazena pomocí stylů**





## P.5 Porovnání modelu Františkova pramene se skutečností

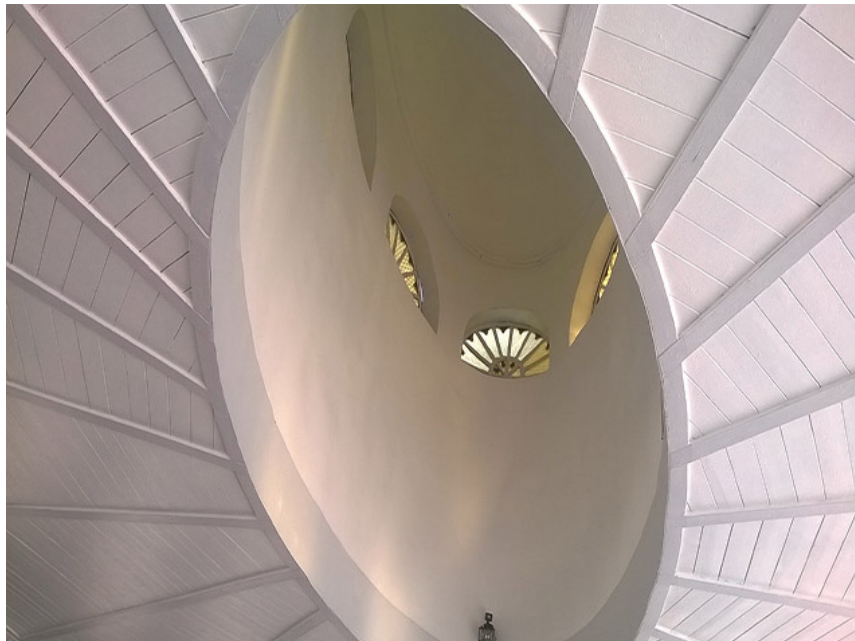
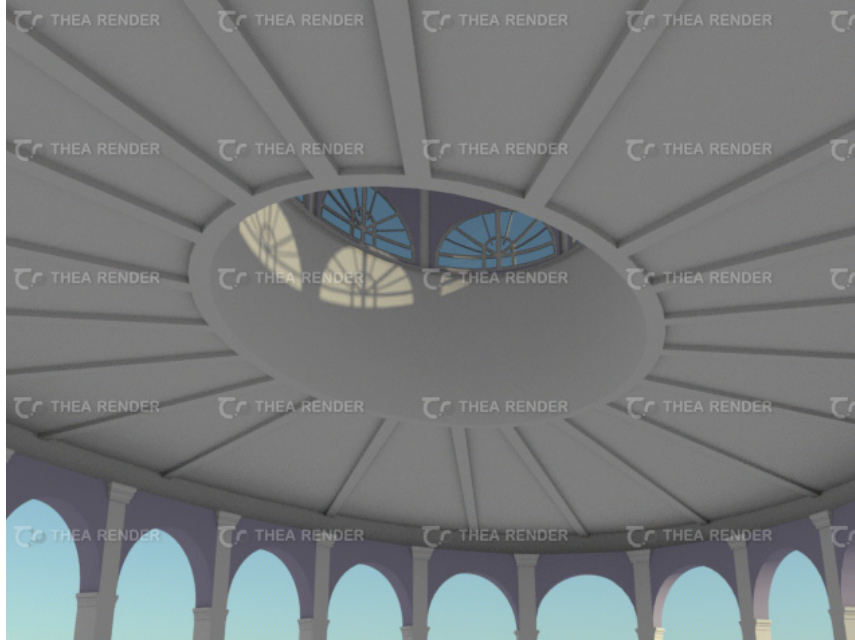




## **P.6 Porovnání modelu Luisina pramene se skutečností**









## P.7 Porovnání modelu Nového pramene se skutečností









**P.8 Porovnání modelu Dvoraňy Glauberových pramenů se skutečností**





