

Západočeská univerzita v Plzni  
Fakulta aplikovaných věd  
Katedra matematiky

## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Návrh postupu tvorby modelů budov pevnosti Terezín  
s několika úrovněmi detailu**

Autor: Jiří Petrš

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

Plzeň 2013

## **Prohlášení:**

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

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedených odborných literatury a zdrojů informací, které jsou uvedené v bakalářské práci.

V Plzni dne 4. června 2013 .....

## **Poděkování:**

Chtěl bych poděkovat zejména vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Radku Fialovi, Ph.D. za jeho rady a ochotu, s kterou mi je podával. Za další rady bych rád poděkoval svému bratrovi Janu Petršovi a v neposlední řadě poděkování patří i mým rodičům, kteří všeobecně podporují mé studium.

## **Abstrakt:**

V bakalářské práci je navržen postup tvorby 3D modelu budovy v různých úrovních detailu. Datový formát modelu je KML (Keyhole Markup Language). Postup je vysvětlen na konkrétním případě modelu budovy č. p. 216 na náměstí v Terezíně, jenž byl tvořen na základě stavebních výkresů a fotografií. Postup je navržen v prostředí aplikace Trimble SketchUp, přičemž je porovnán s tvorbou v aplikaci AutoCAD. V práci je zmíněn také projekt „Krajina paměti. Drážďany a Terezín jako místa vzpomínek na ŠOA.“ v jehož rámci modelování probíhalo. Dále je zmíněn standard OGC CityGML, podle něžž byly tvořeny jednotlivé úrovně detailu.

## **Klíčová slova:**

3D model, SketchUp, CityGML, LOD, Terezín, AutoCAD,

## **Abstract:**

In this bachelor thesis a procedure of 3D modeling of a building in different levels of detail (LOD) is proposed. Data format of the model is KML (Keyhole Markup Language). The procedure is explained on a particular example of of building No. 216 located at the square in Terezín. Modeling was based mostly on floor plans and photos. The process is proposed in software Trimble SketchUp and is compared to the procedure in software AutoCAD. The model was made in terms of the project “Landscape of memory. Dresden and Terezín as places of memories on Shoah”. Levels of details are modeled according to CityGML standard.

## **Key words:**

3D model, SketchUp, CityGML, LOD, Terezín AutoCAD,

# Obsah

1. Úvod.....	6
2. Projekt Krajina paměti. Drážďany a Terežín jako místa vzpomínek na ŠOA .....	7
2.1 O projektu .....	7
2.2 Zdroje pro geovizualizaci .....	7
2.3 Struktura modelu.....	8
3. OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard .....	9
3.1 Úvod do CityGML.....	9
3.2 LOD0 .....	10
3.3 LOD1 .....	12
3.4 LOD2 .....	12
3.5 LOD3 .....	13
3.6 LOD4 .....	14
4. Softwarové nástroje pro modelování .....	16
4.1 SketchUp.....	16
4.2 AutoCAD .....	19
4.3 Kokeš .....	19
4.4 Paint.NET .....	20
5. Zhodnocení dostupných informací a tvorba modelu budovy .....	21
5.1 Příprava podkladů pro modelování.....	21
5.2 Volba programu, v němž bude model tvořen .....	22
5.3 Plánování prací .....	22
5.4 Modelování v softwaru SketchUp a zhodnocení podkladů .....	23
5.5 Modelování v softwaru AutoCAD.....	35
5.6 Srovnání tvorby modelu ve formátu KML při použití programů SketchUp a AutoCAD .....	39
6. Závěr .....	41

# 1. Úvod

Cílem této bakalářské práce je zhodnotit použitelnost podkladů pro tvorbu 3D modelu a podrobně popsat možný postup při jeho tvorbě. Informace o sběru dat potřebných k modelování jsou uvedeny v kapitole Projekt Krajina paměti. Drážďany a Terezín jako místa vzpomínek na ŠOA. Jejich použitelnost a kvalita je pak zhodnocena v kapitole Zhodnocení dostupných informací a tvorba modelu. Zde jsou také navrženy a porovnány jsou postupy tvorby modelu ve formátu KML (popsán v [10]) ve dvou různých aplikacích. První je software Trimble SketchUp, který je přímo určen pro tvorbu 3D modelů ve formátu KML. Alternativní postup je popsán v prostředí softwaru AutoCAD, jenž patří mezi nejznámější a nejpoužívanější aplikace určené k projektování a modelování. Popsány jsou také rozdílné postupy pro obarvení ploch, a to prosté obarvení stěn a tvorba modelu s texturami. Modelování probíhalo podle standardu CityGML, s nímž je čtenář seznámen na začátku práce. Hlavní důraz byl kladen na tu část standardu, která se zabývá grafickou částí modelu a rozdělení do jednotlivých úrovní detailu.

Výsledkem této práce je model budovy č. p. 216 na náměstí v Terezíně. Ten byl tvořen v rámci projektu „Krajina paměti. Drážďany a Terezín jako místa vzpomínek na ŠOA“ (dále jen „Projekt Terezín“) Tento projekt, který je v práci stručně popsán, řeší tvorbu virtuálního modelu měst Terezín a Drážďany.

Hlavními zdroji pro textovou část této práce byly nejen zkušenosti získané během tvorby modelu, ale také standard OGC CityGML, dokument popisující Projekt Terezín, nebo internetové stránky popisující programy, ve kterých probíhaly práce spojené s modelováním.

## **2. Projekt Krajina paměti. Drážďany a Terezín jako místa vzpomínek na ŠOA**

### **2.1 O projektu**

Tento projekt, v jehož rámci byla tvořena praktická část této práce, se zabývá tvorbou virtuálního modelu města Terezín, určeného zejména turistům. Je zaměřen na města Drážďany a Terezín pro jejich historický význam, především pak pro události, které se zde odehrály během druhé světové války. Na tvorbě tohoto projektu se podílí Technická Univerzita v Drážďanech (Technische Universität Dresden, Mitteleuropa Zentrum für Staats-, Wirtschafts- und Kulturwissenschaften) jako hlavní partner. Dále spolupracují Památník Terezín a oddělení geomatiky Fakulty aplikovaných věd na Západočeské univerzitě v Plzni. Technická Univerzita v Drážďanech koordinuje práce na projektu a společně se Západočeskou univerzitou zajišťuje jeho technické řešení. Řeší především techniku tvorby 3D modelů, jejich vizualizaci a jejich propojení s textovou či grafickou dokumentací. Památník Terezín obstarává veškeré informace a historická fakta o budovách a stavbách, které jsou součástí české části projektu, tedy modelu města Terezín. Tyto informace mají za úkol odpovědět návštěvníkům na otázky o jednotlivých stavbách, například jak budova vypadala v minulosti, či jaký byl její účel. Dále zde návštěvníci mohou zjistit údaje o svých příbuzných či blízkých. [1]

Důvodem, proč byl tento projekt vybrán právě pro město Terezín, je velký rozsah zdejšího památníku, jehož složitost nedovoluje návštěvníkům snadnou orientaci. Právě virtuální model by měl tuto situaci zlepšit a umožnit návštěvníkům získat větší přehled o Terezíně z období Třetí říše přímo na místě památníku bez předchozího studování informací. [1]

### **2.2 Zdroje pro geovizualizaci**

Instituce, které poskytly podklady:

- Památník Terezín (<http://www.pamatnik-terezin.cz>),

- Státní oblastní archiv v Litoměřicích (<http://www.soalitomerice.cz/en>),
- Österreichisches Staatsarchiv – Rakouský státní archiv (<http://www.oesta.gv.at>),
- Vojenský ústřední archiv, oddělení Vojenský historický archiv (<http://www.vuapraha.cz/Pages/VojenskyHistorickyArchiv.aspx>),

Tyto instituce poskytly především výkresy, mapy nebo fotografie. Mezi těmito podklady byly i půdorysy, řezy a pohledy na jejichž základě byla modelována většina budov. Vzdálenosti a rozměry v těchto výkresech jsou převážně v sáhové míře, pro další zpracování je nutné míry přepočítat na metry. V místech, kde není možné použít tyto plány k zobrazení stavu budov v období druhé světové války, nebo tam, kde to bylo efektivnější, byly použity výsledky stereofotogrammetrického vyhodnocení. [1]

### **2.3 Struktura modelu**

Model tvoří dvě části – prostorová a textová. Textová část vysvětluje historii Terezína, a to převážně události v období během druhé světové války. Prostorová část se skládá z detailních modelů historicky cenných budov, které jsou doplněny méně detailními modely ostatních budov. Skutečnost, že prostorová i textová část jsou tvořeny velkým množstvím rozličných dat, vede k používání systému pro správu obsahu (content management systém – CMS). Každý dokument má v sobě identifikátor identifikující místo a časové období. Problém zobrazování velkého množství dat musel být řešen tak, aby uživatel získal příslušnou informaci rychle. To bylo docíleno zobrazováním určité části modelu v tzv. úrovních detailu (levels of detail – LOD), které zobrazují prvky modelu v potřebné podrobnosti, jejíž míra je závislá na vzdálenosti a poloze pozorovatele a směru jeho pohledu. [1]

Jednotlivé budovy jsou modelovány prostřednictvím programu Trimble SketchUp v různých úrovních detailu, které vychází ze standardu City GML (OSG (2012)). [1]



## 3. OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard

### 3.1 Úvod do CityGML

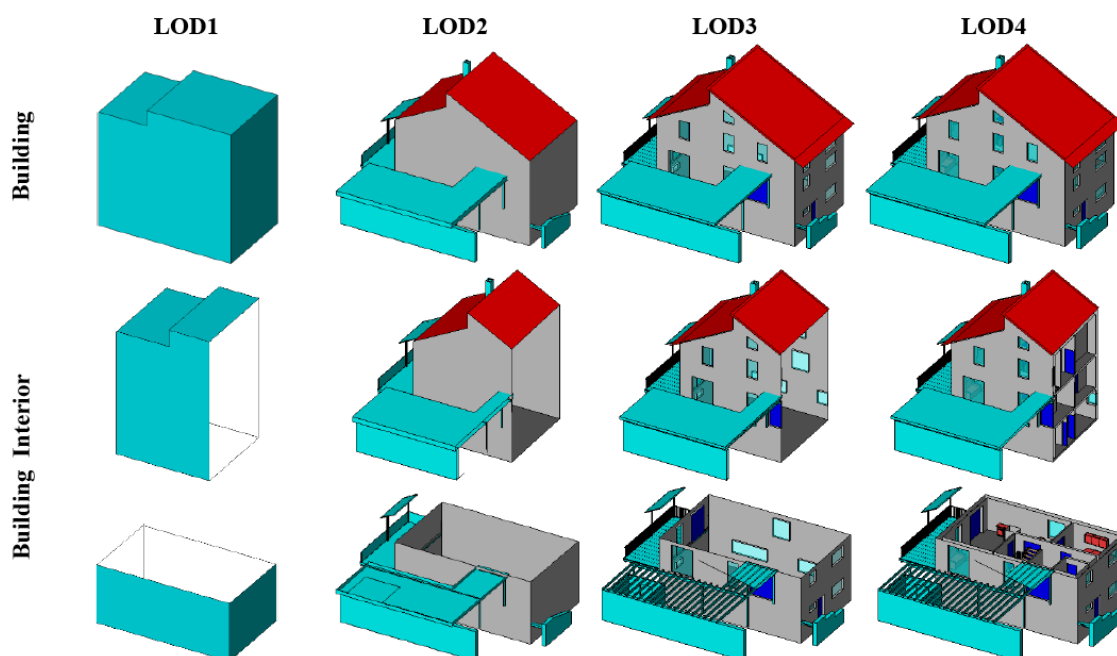
CityGML je datový model, který je předně určen pro tvorbu 3D modelů měst. Motivací pro vznik tohoto datového modelu byla neexistence jednotného konceptu, podle kterého by byly tvořeny modely měst. Mnoho měst je vymodelováno odlišnými typy modelů, které slouží vždy jen pro určité odvětví. Navíc naprostá většina těchto modelů je tvořena pouze grafickým vyjádřením. V tomto ohledu je tvoření podle standardu CityGML odlišné, protože model je tvořen kromě geometrické části i sémantickou nebo topologickou částí. To znamená, že k prvkům modelu jsou přiřazovány atributy a jsou mezi nimi vytvářeny relace. Díky tomu je možné nad modelem provádět analytické dotazy. Proto má tento datový model široké využití napříč všemi obory. Největší uplatnění najde v urbanismu, turismu, telekomunikacích, nebo při řešení krizových situací. Datový model CityGML vychází ze značkovacího jazyka XML (Extensible Markup Language). Poslední upravenou verzi vydalo Open Geospatial Consortium v roce 2012. [2]

Další části této kapitoly budou zaměřeny spíše na část standardu CityGML, která popisuje geometrii modelů. Důvodem je, že „projekt Terežín“, v rámci kterého byla tvořena i budova, jejíž modelování je součástí této bakalářské práce, se atributovou částí, jak ji definuje standard CityGML, nezabývá.

Součástí standardu, která do jisté míry definuje grafickou část datového modelu, je rozdělení do jednotlivých úrovní detailu (LOD), které lze vidět na Obr 1. Úrovně je možno definovat mírou podrobnosti, kterou by modelovaný prvek měl mít při určitém přiblížení na model. Způsoby jak modelovat jednotlivé prvky, či objekty se CityGML nezabývá příliš podrobně, řeší spíše zařazení prvků do tříd a následné přiřazení atributů. Proto se v částech textu, které se týkají tvorby grafického vyjádření, vyskytují především slovní spojení „může být“ nebo „možné vytvořit“. Tento standard tedy není striktní v tvorbě geometrie a modely tvořené různými tvůrci mohou vypadat jinak.

Model může obsahovat nejen budovy, ale i ostatní stavby, jako mosty nebo tunely. Dále zde může být vymodelován veškerý městský mobiliář jako sloupy veřejného osvětlení, hydranty nebo autobusové zastávky. Model může obsahovat také vegetaci, a to především stromy a keře. [2]

V dalších částech jsou popsány jednotlivé úrovně detailu. Popis je zaměřen jen na tvorbu budov.



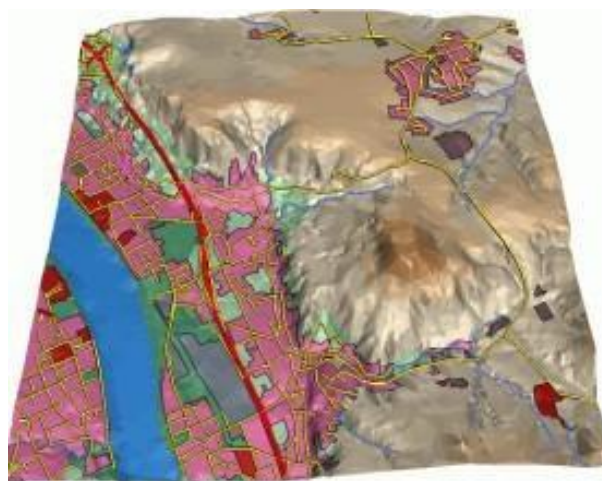
Obr. 1: model budovy v jednotlivých úrovních detailu (zdroj: [2])

### 3.2 LOD0

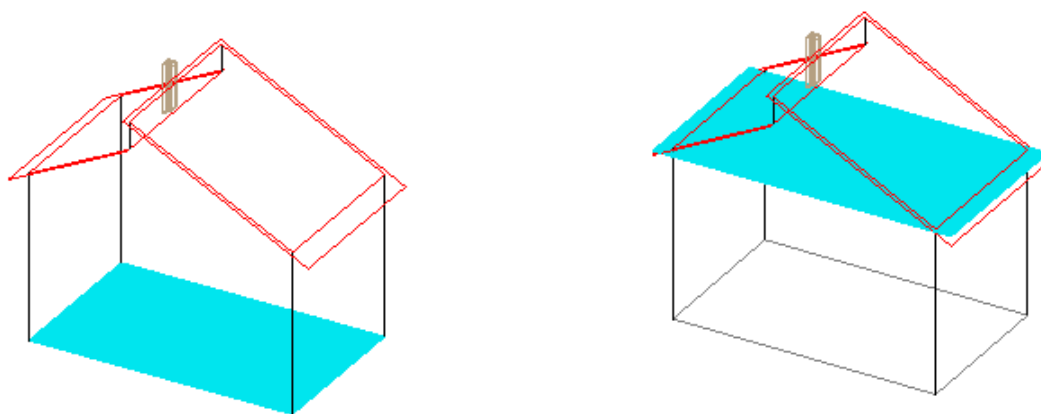
Tato úroveň detailu je tvořena většinou 2,5 dimenzionálním digitálním modelem terénu, který tvoří nepravidelná trojúhelníková síť (TIN). Na terén mohou být transformovány mapy nebo obrázky. Pokud jsou zde reprezentovány budovy, tak jsou vizualizovány jejich půdorysnými průřezy. Ty mohou být vytvořeny jako průřezy okraje střechy nebo jako průřezy styku zdiva s terénem. Budovy jsou vždy reprezentovány jako vodorovná

část roviny. V případě reprezentace průmětem okraje střechy se tato rovina vznáší nad terénem ve výšce střechy, v případě styku zdiva s terénem se tato rovina nachází ve výšce nejnižšího bodu na terénu. Porovnání lze vidět na Obr. 3. Podkladem pro vytvoření budov v úrovni LOD0 může být katastrální mapa, letecký nebo družicový snímek. [2]

Tato úroveň by měla být zobrazována podle CityGML Encoding Standard při přiblížení na region nebo pohledu na krajinu (Obr. 2). [2]



Obr. 2: LOD0 výřez z pohledu na krajinu (zdroj: [2])



Obr. 3: budova v LOD0 na úrovni terénu a v úrovni okraje střechy (zdroj: [2])

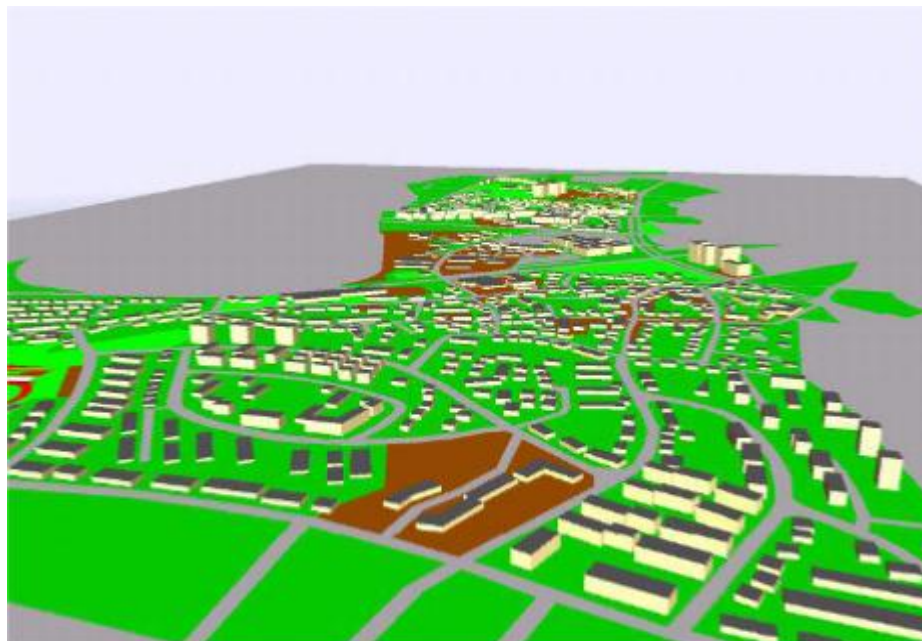
### 3.3 LOD1

LOD1 zobrazuje budovy jako kolmé hranoly. Mají tedy stěny kolmé k půdorysné rovině a plochou střechu. Výška hranolu může být určena jako výška poloviny střešního pláště.[2] Způsob určení výšky modelu není zmíněn v psaném textu, avšak je možné vycházet z Obr. 1. Alternativní způsoby reprezentace zvláštních či netypických budov nejsou popsány, ale vhodné je nahradit hranolem i velmi složitou budovu.

Minimální rozměry modelovaných objektů: 6x6x3m

Absolutní polohová a výšková přesnost bodů (definovaná směrodatnou odchylkou 3D souřadnic bodů): > 5m

LOD1 by se měl zobrazit při přiblížení na město, popřípadě na region (Obr. 4). [2]



Obr. 4: LOD1 při pohledu na město (zdroj: [2])

### 3.4 LOD2

V této úrovni jsou již budovy reprezentovány věrněji než v LOD1. Střecha již není plochá, ale je modelována tak, aby byl zřejmý její tvar. Střechu je možné napojit na

okraje stěn budovy, nebo ji vytvořit včetně střešních přesahů. Tuto možnost lze zvolit, pokud jsou velikosti střešních přesahů známy. Další rozdíl oproti LOD1 je, že v této úrovni stěny nemusí být kolmé k povrchu, ale mají kopírovat stěny modelované budovy. Ostatními prvky, které mohou být modelovány v této úrovni detailu, jsou komíny, balkóny, terasy, vikýře a ostatní podobné vnější prvky budovy. Nesmí se však zapomínat, že tato úroveň podléhá určité generalizaci, a proto se určitá část takovýchto prvků obvykle modeluje až v úrovni LOD3. [2] Možná reprezentace budovy je na Obr. 5.

Minimální velikost objektu: 4x4x2 m

Absolutní polohová a výšková přesnost bodů: 2 m

LOD2 je zobrazováno v přiblížení na město nebo jeho část. [2]



Obr. 5: Možná reprezentace budovy v LOD2 (zdroj: [1])

### 3.5 LOD3

Model v této úrovni má věrně kopírovat tvar budovy a může zobrazovat i podrobnější prvky. Míra podrobnosti opět není přesně dána, zaleží pouze na zhotoviteli, jak detailně

bude model tvořit. Oproti předchozí úrovni detailu jsou zde zobrazovány i okna a dveře. Dále by měla být zobrazena střecha včetně střešního přesahu. Dalšími modelovanými prvky mohou být například antény, zábradlí balkonů či ozdobné prvky fasády.[2] Podrobnost modelů v této úrovni se může řídit podle Obr. 6.

Minimální velikost objektů: 2x2x1m

Absolutní polohová a výšková přesnost bodů: 0,5m

Tato úroveň podrobnosti se zobrazí při pohledu na část města. V této úrovni již nebývají modelována celá města, ale pouze významné budovy či stavby. [2]



Obr. 6: budova v LOD3 (zdroj: [1])

### 3.6 LOD4

Nejpodrobnější úroveň detailu vzniká tak, že k úrovni LOD3 je doplněn interiér. Ten je tvořen místnostmi, ale model může obsahovat, jak je možné vidět na Obr. 7, i schody, dveře, nábytek či ostatní vybavení. [2]

Minimální rozměry: nejsou definovány

Absolutní polohová a výšková přesnost bodů: 0,2m

V této úrovni detailu již nebývají modelovány celá města či jejich části, ale pouze jednotlivé budovy. [2]



Obr. 7: Interiér modelovaný v LOD4 (zdroj: [1])

## **4. Softwarové nástroje pro modelování**

### **4.1 SketchUp**

#### **4.1.1 Základní popis**

SketchUp je software sloužící především pro tvorbu 3D modelů. Tento program je vhodný pro modelování objektů, které budou vizualizovány prostřednictvím Google Earth. Avšak je také široce využíván při tvorbě prostředí počítačových her. Používán je také, i když v menším měřítku, v technických oborech, jako jsou strojírenství, stavitelství, architektura atd. Největším důvodem jeho oblíbenosti je jeho jednoduchost a poměrně intuitivní ovládání.

SketchUp vznikl v roce 1999 jako nástroj pro tvorbu 3D modelů, byl navržen tak, aby se modelování co nejvíce podobalo práci s jednoduchými kreslicími nástroji, tedy s papírem a tužkou. V roce 2006 koupila tento program společnost Google a SketchUp byl upraven na produkt, který slouží především pro tvorbu modelů pro Google Earth. Od této doby se objevuje spousta pluginů a užitečných funkcí, které usnadňují práci s programem. V současné době SketchUp vlastní společnost Trimble Navigation, která jej koupila 26. června 2012. [3]

#### **4.1.2 Modelování**

Způsob modelování 3D objektů je založen na tzv. technice Push/Pull. Ta funguje tak, že z lomené rovinné uzavřené křivky je tažením vytvořen hranol, jehož stěny definuje právě tato rovinná křivka. Touto technologií je samozřejmě možno aplikovat i obrácený postup, tedy vytvořit z hranolu 2D obraz. Když není možné použít Push/Pull, tak se obvykle modeluje především pomocí úseček. [3] Pokud se nachází úsečky v jedné rovině a tvoří uzavřenou křivku, tak se mezi nimi automaticky vytvoří plocha. Tu je v případě potřeby možné vymazat. Základní vlastností SketchUpu je to, že se veškerá kresba sestává pouze z linií, a to znamená, že například veškeré kruhové oblouky nejsou definovány kružnicí, ale mnohoúhelníkem. Tato záležitost znevýhodňuje SketchUp proti



ostatním softwarům, které definují křivky parametricky vektorovými funkcemi. Pro přesné modelování složitých objektů nebo jejich vizualizaci se tedy SketchUp stává poměrně nevhodným.

Jak už zde bylo naznačeno, základní vlastností SketchUpu je jednoduchost a snadná ovladatelnost. To také dokazuje nevelké množství základních funkcí, které je ovšem možno rozšířit o další. V následující části je uveden výčet funkcí z nabídek Draw a Tools, tedy těch funkcí, které přímo souvisejí s modelováním.

Kreslicí funkce (nabídka Draw):



Line

Nástroj pro kreslení úseček.



Arc

Vytvoří kruhový oblouk daný koncovými body a výškou. Tvoří ho lomená čára, je možné zadat počet vrcholů.



Freehand

Nástroj pro kreslení křivek volnou rukou



Rectangle

Vytvoří obdélník či čtverec zadaný dvěma body na úhlopříčce



Circle

Vytvoří kruh daný středem a poloměrem. Ten je tvořen mnohoúhelníkem, je možné zadat počet vrcholů.



Polygon

Nástroj pro kreslení pravidelného mnohoúhelníku. Ten je daný počtem stran, středem a poloměrem opsané kružnice.

Kreslicí funkce jsou tedy k dispozici pouze pro dvourozměrné [příp. 2D] objekty. Pro tvorbu trojrozměrných [3D] objektů je nutné 2D objekty vhodně spojit nebo použít některý nástroj z nabídky Tools.

Vybrané nástroje z nabídky Tools:



Move

Nástroj pro posun bodů, linií, prvků, skupin a komponent



Rotate

Nástroj na otočení vybraných prvků, skupin a komponent.



Scale

Nástroj pro zvětšení či zmenšení prvků, skupin a komponent ve směru úhlopříčky opsaného čtverce nebo ve směru jedné z jeho stran. Tuto funkci je možno použít i k zrcadlení objektu.



Push/Pull

Nástroj pro „vytažení“ plochy do prostoru tak, že z rovinného objektu vzniká těleso. Může být použit i opačný postup. Na této funkci do značné míry stojí modelování ve SketchUpu.



Follow Me

Nástroj pro vytvoření tělesa tažením po křivce.



Offset

Nástroj, pro vytvoření nového obrysu plochy s konstantní vzdáleností od hranice původní plochy.



Section Plane

Nástroj na vytvoření libovolně orientované roviny, která je pohledovým řezem modelu.

Obrázky i popis v této části vychází ze [4].

Pomocí těchto několika konstrukčních a pomocných funkcí jsme již schopni vytvořit většinu modelů. To platí především pro stavby. Pro složitěji definované modely je většinou nutné dohledat plugin, který vytváří potřebné křivky či plochy.

Obdobně jako u jiných softwarů je i zde možno využívat velké množství již předem vytvořených objektů, které jsou zveřejněné na internetu v knihovnách.

## 4.2 AutoCAD

AutoCAD je jeden z programů, které patří do skupiny tzv. CAD systémů. Podstatu CAD systémů vysvětluje zkratka CAD, která znamená computer-aided design nebo také computer-aided drafting. Do češtiny je zkratka překládána jako počítačem podporované kreslení, nebo také jako počítačem podporované projektování. AutoCAD je tedy software sloužící pro projektování, konstruování a modelování 2D i 3D objektů. První verze byla vyvinuta firmou Autodesk v roce 1982 a v brzké době se tento software stal velmi populárním. V dnešní době firma Autodesk vydává několik typů programů, které mají základ v programu AutoCAD, ale jsou specializované na různé obory. Příkladem takového programu může být ArchiCAD pro architekty nebo AutoCAD Map zaměřený na tvorbu map. Formátem výkresů tvořených v programu AutoCAD je DWG a výměnná (textová) verze DXF.[5]

Pro rychlé a efektivní projektování či modelování je vhodné znát určité základy tohoto programu. Důvodem je velké množství funkcí, ve kterých se není jednoduché orientovat pro nezkušeného uživatele.

Tento program byl zvolen jako alternativa k tvorbě modelu v aplikaci SketchUp.

## 4.3 Kokeš

Kokeš je nástroj, který je určen pro všechny běžné geodetické práce či pro tvorbu a údržbu mapových děl. Tento program je vydáván českou firmou GEPRO. Pomocí tohoto programu je možné provádět veškeré souřadnicové výpočty a editovat rastrové i vektorové výkresy. Je také vybaven moduly pro zpracování měření z terénu, nástroji na kontrolu topologické úpravy dat a dalšími. Všechny operace jsou protokolovány a odpovídají požadavkům katastrálních úřadů.[6]

Tímto programem bylo provedeno spojení a transformaci rastrů, které byly použity jako textury.

## **4.4 Paint.NET**

Paint.NET je rastrový editor obrázků a fotografií, který je dostupný zdarma. Je vydáván firmou dotPDN, LCC. Ovládání tohoto programu je intuitivní. Obsahuje několik základních funkcí včetně podpory vrstev, či speciálních efektů.[7]

Tento program byl použit pro vymazání nežádoucích objektů na fotografiích, ze kterých byly tvořeny textury.

## **5. Zhodnocení dostupných informací a tvorba modelu budovy**

Modelována je budova č. p. 216, což je poměrně složitá budova. Obsahuje stavební prvky, jako je podloubí nebo ozdobné prvky fasády. Navíc je modelována včetně interiéru, ve kterém se kromě místností nachází i schodiště (točité i přímá), sloupy, či zábradlí. Různé úrovně tohoto modelu tedy obsahují takřka všechny prvky, které se vyskytují i na jiných budovách. Z toho plyne, že níže popsany postup je aplikovatelný na většinu staveb, které jsou modelovány.

### **5.1 Příprava podkladů pro modelování**

Před zahájením veškerých modelovacích prací bylo nutné prohlédnout všechny dostupné použitelné podklady. Těmi byly výkresy z 18. a 19. století, fotografie, ale také záběry ze StreetView (jsou součástí Google Maps a Goole Earth). Jako hlavní podklad byly zvoleny výkresy, i přestože směrodatná odchylka rohů budovy od rohů budovy v katastrální mapě určených v třídě přesnosti 3 je přibližně 1,1m. Rozhodnuto tak bylo na základě zkusného umístění budovy do Google Earth, kde bylo zjištěno, že je zde možné model lokalizovat i přes jeho nepřesné rozměry. Navíc výkresy jsou kótovány, což je především při modelování interiéru důležité. Na místech, kde vnější část budovy neodpovídala skutečnému stavu, byly použity fotografie. Pokud se někde vyskytly nejasnosti ve výkresech a fotografie tyto nejasnosti nevysvětlily, tak byly navíc použity záběry ze StreetView. Interiér byl tvořen pouze podle výkresů, protože to byl jediný podklad. Je zřejmé, že interiér neodpovídá skutečnému stavu, a to nejen protože výkresy jsou více než 200 let staré, ale i proto, že budova již neslouží svému původnímu účelu – z kasáren byla přestavěna na bytový dům.

Lze říci, že stáří výkresů nesnižuje jejich využitelnost. Pomocí kót je možné, až na několik míst, vymodelovat celou budovu. Z důvodů, že se ve výkresech vyskytují místa, která nejsou dostatečně zakreslena, a bylo by nutné improvizovat, je vhodné si pořídit fotografie budovy. Ty mohou následně být použity jako textury.

Protože kótování ve výkresech z dob Rakouské monarchie bylo prováděno v sáhové míře, tak byl vytvořen jednoduchý program na přepočítání měr do metrické soustavy. Postupem času se ukázalo, že tento krok ušetřil možná až několik hodin práce.

## **5.2 Volba programu, v němž bude model tvořen**

Prvním programem, který se nabízel pro tvorbu takového modelu, byl SketchUp 8, jenž je přímo určen k modelování pro Google Earth ve formátu KMZ. Pro porovnání byl model do úrovně LOD3 tvořen také v softwaru AutoCAD 2012, který patří mezi nejznámější a také nejrozšířenější programy určené k technickému kreslení či modelování.

## **5.3 Plánování prací**

Před začátkem samotného modelování, je vhodné rozplánovat si veškeré práce. To závisí nejen na účelu, pro který je model vyhotovován, ale také na čase, který je na modelování vyčleněn. Vhodné je naplánování jednotlivých úrovní podrobnosti, jaké prvky v nich budou modelovány a jak budou reprezentovány. To také může vycházet z toho, zda budou stěny modelu pokryty texturami, nebo zda budou tvořeny obarvením. U texturovaných modelů není nutné tvořit velké množství podrobností, které zpomalují následné práce při texturování. Především bývá velmi obtížné mezi podrobnými prvky texturu navázat. Navíc se tyto prvky v textuře ztrácí, a tak je často zbytečné takové prvky modelovat. Další důležitou skutečností, kterou je nutné mít na mysli je to, zda je nutné, aby stěny modelu byly orientovány. Pokud ano, je vhodné udržovat stěny správně orientované během celé tvorby modelu.

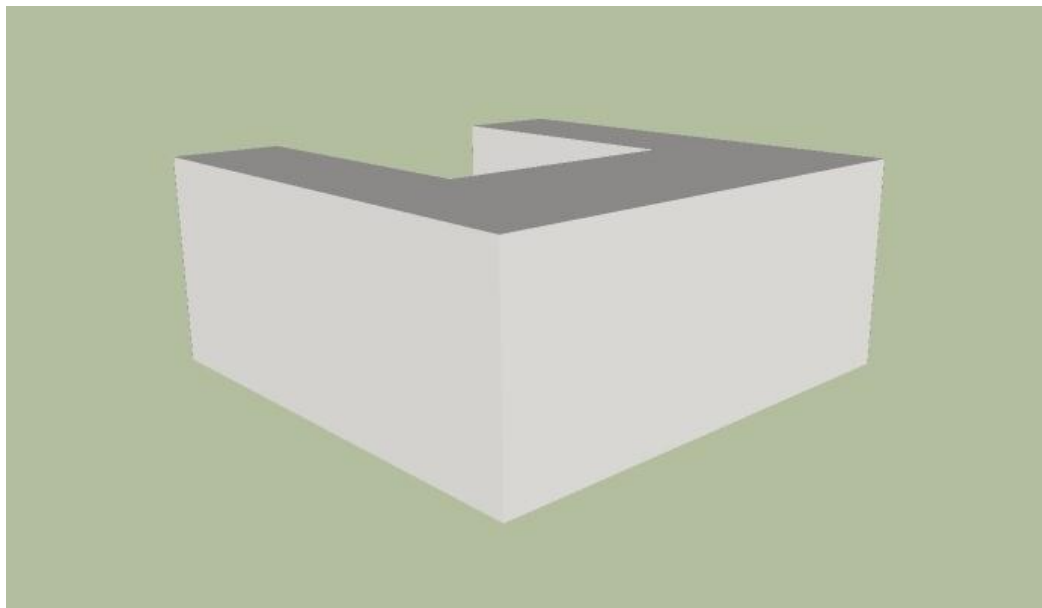
V případě této práce se jedná o model, kdy stěny nejsou orientovány. Model byl primárně tvořen se stěnami, kterým jsou přiřazeny barvy, tedy nejsou texturovány. Avšak pro porovnání byl vytvořen i alternativní model, jehož stěny jsou potaženy texturami.

## 5.4 Modelování v softwaru SketchUp a zhodnocení podkladů

Různé úrovně detailů byly vytvářeny v logickém sledu tak, že z méně podrobných byly tvořeny detailnější. V této kapitole jsou popsány také problémy, které souvisí s nesrovnalostmi v dostupných podkladech či jejich neúplnosti.

### 5.4.1 LOD1

Vytvořit první úroveň detailu bylo záležitostí přibližně minuty. Jak už bylo popsáno, tak se jedná pouze model, jehož obvodem je jednoduchý půdorys 1. NP s vodorovnou střechou v přibližné výšce středu střechy. Stačilo přepočíst kóty a narýsovat půdorys do roviny XY. K vytažení půdorysu do požadované výšky byla následně použita funkce *Push/Pull*. Model této úrovně ukazuje Obr. 8.



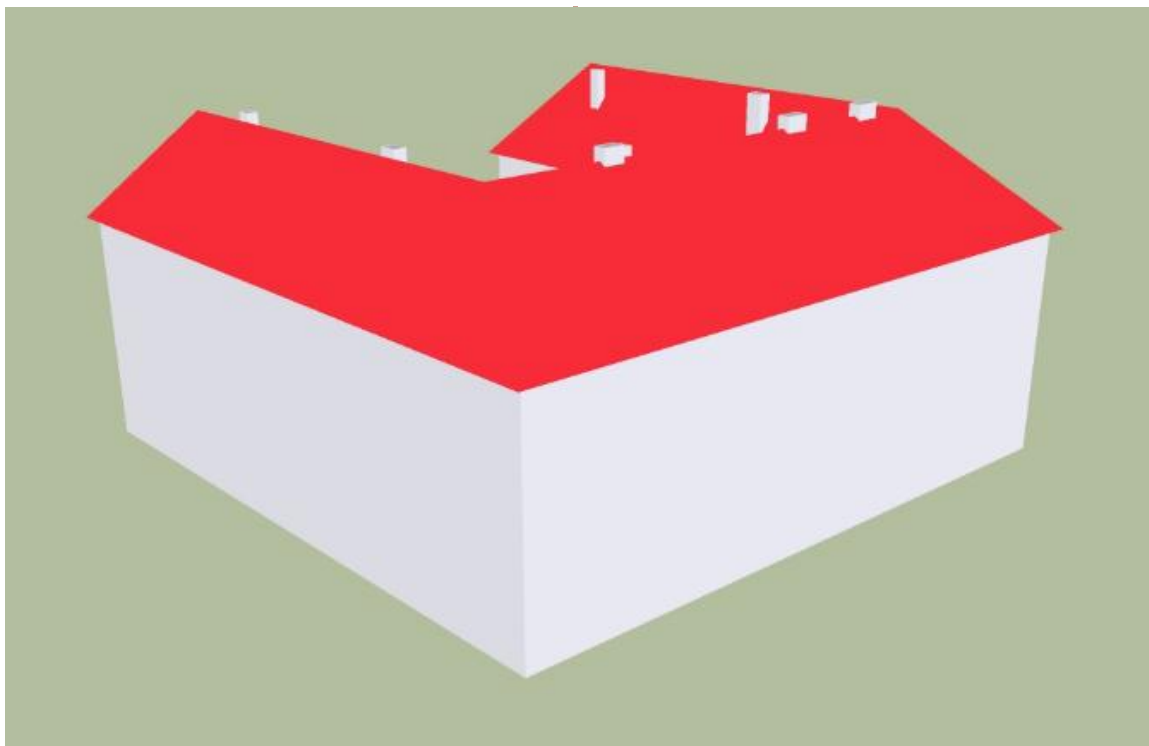
Obr. 8: LOD1 v programu SketchUp

### 5.4.2 LOD2

Základním rozdílem mezi LOD1 a LOD2 je modelování tvaru střechy. Nejprve byl LOD1 snížen na správnou výšku, tedy na výšku obvodových stěn a na tento podklad

byla střecha modelována. Střecha modelované budovy je valbová. Nejprve byl funkcí *Offset* vytvořen střešní přesah a pro následné vymodelování celé střechy musely být dopočteny a vytvořeny pomocné konstrukční prvky. Prakticky to znamená, že byly vytvořeny pomocné úsečky, na něž následně byly připojeny úsečky tvořící hrany střechy. Mezi nimi vytvořené plochy byly zařazeny do vrstvy, která přiřazuje střеше barvu.

Práce na vytvoření modelu od úrovně LOD2 z úrovně LOD1 trvalo opět pouze několik minut. Nicméně model stále nebyl zcela kompletní. Jedna část musela být vymodelována, až po skončení prací na LOD4. Tou byly komíny, které byly tvořeny tak, aby se nacházely vždy nad stěnou mezi některými místnostmi. Komíny tedy byly z LOD4 nakopírovány tak, aby odpovídaly svou polohou právě LOD4 a byl zachován soulad mezi různými úrovněmi podrobnosti. Výsledný model v úrovni LOD2 je na Obr. 9.



Obr. 9: LOD2 v programu SketchUp



### 5.4.3 LOD3

Tvorba modelu v úrovni LOD3, jenž je zobrazen na Obr. 10, byla již časově značně náročnější než předchozí dvě úrovně detailu. V prvním kroku úpravy LOD2 do LOD3 bylo vymodelováno podloubí. Nejprve byl mimo budovu modelován oblouk, který byl tvořen jako řez. Oblouk byl vyříznut do obdélníka pomocí úseček a poloviny kružnice. Vzniklá plocha byla vytažena do šířky sloupu. Tyto oblouky byly nakopírovány po šířce průčelí, které bylo rozděleno úsečkami odpovídajícími šířce oblouku, čímž byly vytvořeny body, ke kterým bylo možné kopírovat oblouk přichytit. Tento krok by bylo rychlejší tvořit násobným kopírováním, které se provádí tak, že je komponenta zkopírována pomocí funkce *Move* se současným držením Ctrl. Tím definujeme rozestup kopírovaných prvků. Následně je zadáno číslo z klávesnice, které odpovídá počtu zkopírovaných komponentů.

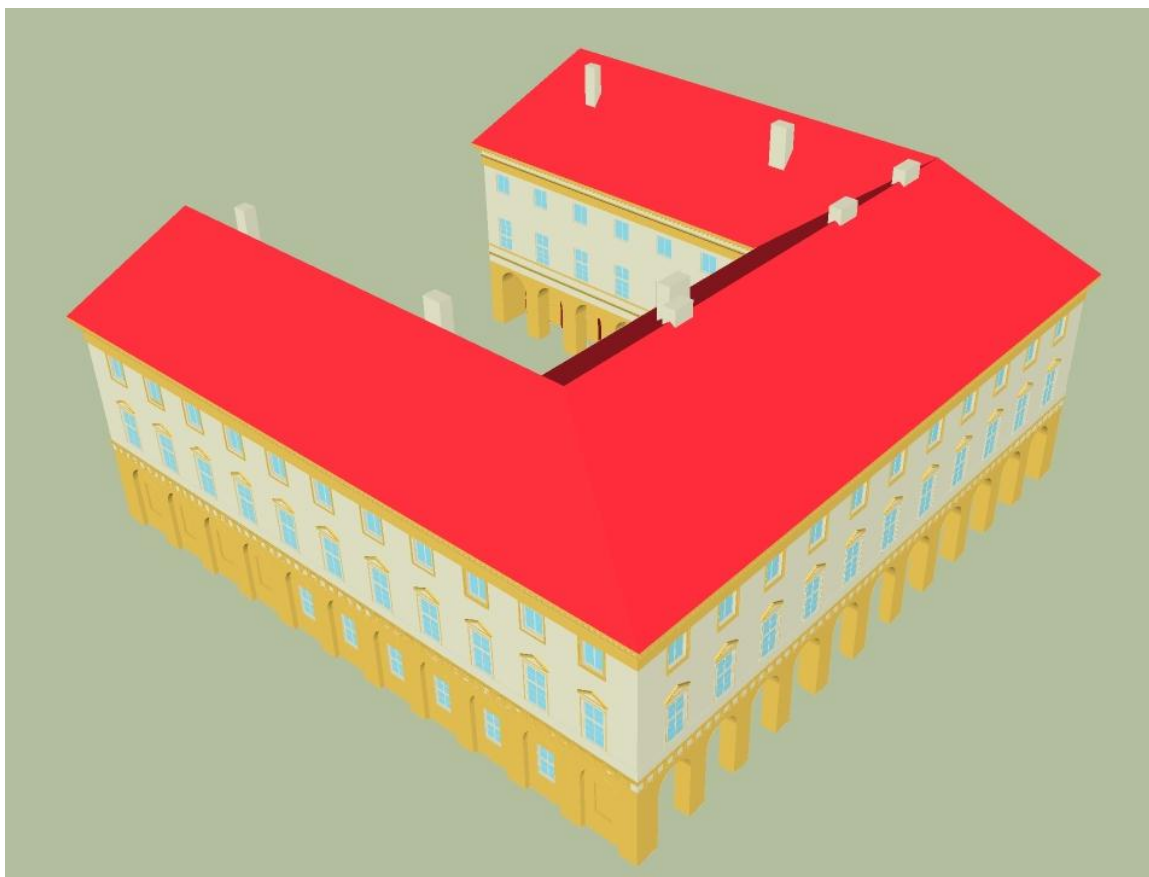
V dalším kroku byla tvořena klenba. Zde se vyskytl první problém. V žádné dokumentaci totiž není přesně zachyceno, jakým způsobem je klenba řešena. Pouze na některých místech mohla být odhadnuta z fotografií, klenba tak nemusí odpovídat přesně skutečnosti. Bylo usouzeno, že se nejspíše jedná o křížovou klenbu bez žeber. Ta byla tvořena pomocí „křížných“ polovin kružnic, které jsou reprezentovány mnohoúhelníky. Jejich vrcholy byly spojeny úsečkami, tak aby vytvořily souvislou plochu. Stejným způsobem byly části klenby napojovány mezi sebou.

Poté byla tvořena okna. Zde bylo vždy postupováno tak, že bylo vytvořeno celé okno a to bylo následně zkopírováno všude tam, kde se nachází stejný typ okna (případně okno bylo otočeno do potřebného směru). Okna byla tvořena pomocí obdélníků a úseček. Rámy byly vytahávány funkcí *Push/Pull*. Umístění oken vycházelo z fotografií, jelikož v dokumentaci vzdálenosti oken nebyly kótovány. Při kopírování oken však vznikaly menší problémy. Ne vždy totiž bylo možné okno přimknout k stěně. Většinou byl tento problém vyřešen kopírováním jiného okna, novým otočením nebo zvolením jiného tažného bodu. Příčinou těchto problémů bylo vždy nesprávné natočení ve směru osy. A to u stěn i oken. Na natáčení podle směru osy se v aplikaci SketchUp nelze bohužel sto procentně spolehnout. Dále byly modelovány různé ozdobné prvky na fasádě, a to pomocí vytažených ploch a kopírování.

V poslední fázi modelování byla budova obarvena. Obarvení bylo řešeno tak, že plochy se stejnou barvou byly přidány do jedné společné vrstvy s přiřazenou barvou. Tím je zaručeno, že jakoukoliv barvu ve výkresu je možno kdykoliv jednoduše měnit. Jisté je, že tento krok měl být udělán již při tvorbě jednotlivých prvků, předtím než byly nakopírovány. Takovýmto postupem by bylo ušetřeno přibližně půl hodiny. Nakonec musely být i zde nakopírovány komíny, a to stejným postupem jako v kroku LOD2.

Práce na vyhotovení modelu LOD3 z LOD2 trvaly přibližně 21 hodin čistého času.

Poněkud rychlejším řešením u takto složité budovy by bylo vymodelování kompletních komponentů budovy (funkcí *Make a Component*), které následně sestavených po obvodu půdorysu. Drobné úpravy by byly provedeny přímo na modelu budovy a LOD2 byl použit pouze ke zkopírování střechy.



Obr. 10: LOD3 v programu SketchUp

#### 5.4.4 LOD4

Poslední úroveň podrobnosti byla samozřejmě tvořena z LOD3. Jak už bylo řečeno, podkladem byly pouze půdorysy a řezy, je tedy jasné, že když vezmeme v úvahu původ těchto plánů v 18. století a jiné využití stavby (dříve kasárny, dnes bytový dům), je velice pravděpodobné, že současnému stavu model odpovídat nebude. Další skutečností, která se jistou mírou podílí na věrohodnosti modelu, je fakt, že dostupné řezy nezobrazují interiér budovy ze všech potřebných směrů. To znamená, že v několika částech budovy muselo být improvizováno. Především většina dveří a různých průchodů byla vytvořena „od oka“. I stropy musely být často tvořeny odhadem, na mnoha místech není jasné, zda je strop klenutý, rovinný, nebo například kazetový. Navíc jsou i místa, kde řezy neodpovídají půdorysům. Tento případ byl řešen vybráním pravděpodobnějšího stavu. Je nutné říci, že ne vždy bylo možné spoléhat se na rozměry z výkresu. Při použití některých rozměrů, totiž docházelo k tomu, že relativní vztahy v interiéru byly zcela narušeny, a tak bylo nutné se v těchto místech řídit pouze geometrickými vztahy mezi sousedními prvky půdorysu.

Stěny byly vytvořeny vytažením půdorysu, který byl opět tvořen úsečkami, až na úroveň podlahy následujícího podlaží, kde mohlo být navázáno na zdi z nižšího patra. Do těchto zdí byly následně „vyřezávány“ dveře. Jelikož nebyla známa jejich výška a jejich provedení, bylo rozhodnuto, že budou tvořeny pouze jako průchody. V této fázi modelování úrovně LOD4 byla vytvořena výjimka a část přízemí nebyla modelována podle původních plánů nebo řezů. Důvodem byla skutečnost, že model úrovně LOD3 byl tvořen podle současného stavu a v místech garáží jsou v dnešní době zazděná okna. Proto pro zachování souvislosti úrovní LOD3 a LOD4 musel být upřednostněn jeden ze stavů. Tím byl stav v úrovni LOD3. Místnosti, které jsou zakresleny v plánech, byly sloučeny do jedné, která by pravděpodobně mohla odpovídat současnému stavu.

V další fázi proběhla tvorba parapetů. Ty byly tvořeny vždy mimo budovu. Aby odpovídaly jejich rozměry rozměrům oken, byl vždy zkopírován obdélník ohraničující okno a na něj bylo navázáno. Tvar parapetů byl určen částečně z půdorysů a částečně z řezů. Modelovány byly znovu pomocí úseček případně čtverců. Po dokončení byl parapet zkopírován k odpovídajícím oknům.

Poté byla modelována schodiště. Schodiště byla tvořena vždy vně budovy. Nejprve byla zkopírována část půdorysu odpovídající schodišti, na které bylo modelování prováděno. Poté byl zjištěn počet schodů z výkresů a byla vypočtena výška a rozměry jednotlivých schodů. U přímých schodišť následně mohl být vytvořen jeden schod, jehož kopírováním bylo vytvořeno celé schodiště. Výjimkou byla odpočívadla, kde byl schod protažen. Následně bylo tvořeno zrcadlo a podezdění schodů. Způsob jeho provedení většinou nebyl znám, proto podezdění v modelu nemusí odpovídat skutečnosti. U točitých schodišť bylo postupováno podobně, avšak je důležité si uvědomit, že zrcadlo s oblými stěnami musí být reprezentováno hranolem s vhodným počtem stěn. Tedy tak aby, počet stěn byl dělitelný počtem schodů. To samé platí i pro schodišťovou stěnu, která byla tvořena až na konec. Tato schodiště byla následně vložena na svá místa do budovy. Pro tvorbu schodiště mezi jinými patry, bylo nutné změnit výšku schodů. Poté mohla být také zkopírována do budovy.

Další modelovanou částí budovy bylo podkroví. Zde bylo započato s modelováním již zmiňovaných komínů. Ty byly tvořeny pomocí vytažení obdélníků, jež přímo navazují na stěny z předchozích pater. Tvorba poté pokračovala vymodelováním jedné vazby, jež byla vytvarována pomocí úseček s pomocí funkce *Axis*. Ta otáčí osy, k jejichž směrům se primárně přichytávají úsečky i jiné prvky. Vazba byla zkopírována v rozestupech podle půdorysu. Následně byly tyto vazby spojeny pozednicemi a vaznicemi. Pak byla tvořena napojení navzájem kolmých krovů v rozích budovy, a to většinou „manuálně“ pomocí funkce *Push/Pull* a následného oříznutí úsečkou. Následně byly přidány krokve, ty jsou reprezentovány hranoly vytvořenými úsečkami. Jak vazby, tak i krokve byly do modelu vkládány podle dostupných řezů. Na některých místech se přímo dotýkají komínů. Tato situace se občas u takto starých budov vyskytuje, ale je pravděpodobné, že z důvodu požární ochrany krovy takto postaveny nebyly.

Posledním modelovaným prvkem budovy byly stropy, které byly modelovány podle řezů. Postupováno by tak, že po obvodu místností byla ve výšce stropu narýsována křivka, která vytvořila plochu. Pokud se jednalo o klenutý strop, bylo postupováno podobně jako v případě podloubí s klenbou. Ostatní stropy byly modelovány jako rovinné, místy se zaoblením u stropu (fabiony).

Modelování této úrovně podrobnosti bylo časově nejnáročnější, a to především proto, že se zde vyskytovalo velké množství práce, již není možno příliš ulehčit například kopírováním.

Vizualizace vybraných částí modu LOD4 lze vidět na Obr. 11 a Obr. 12



Obr. 11: LOD4 v programu SketchUp – interiér



Obr. 12: LOD4 v programu SketchUp - řez

### **5.4.5 Srovnání vytvořeného modelu s návrhem tvorby modelu ve standardu CityGML**

Míra podrobnosti jednotlivých úrovní byla volena na základě parametrů popsaných ve 2. kapitole, nebo na základě obrázků, které jsou součástí standardu CityGML. Jak již bylo řečeno, tento standard se geometrií modelu v jednotlivých úrovních detailu zabývá jen okrajově. Je tedy možné s jistotou říci, že geometrie modelu tomuto standardu odpovídá. Poněkud horší situace nastává v případě absolutní přesnosti bodů. Pokud jsou porovnávány body modelu s body v katastrální mapě, které mají polohovou přesnost 0.14m, směrodatná odchylka vychází přibližně 1,1m. Tato přesnost odpovídá nejvýše úrovni LOD2. Avšak i v případě přesnosti bodů se ve standardu vyskytuje věta, která říká, že hodnoty určující přesnost nejsou závazné. Lze tedy říci, že i přes nedodrženou přesnost vytvořený model stále vyhovuje standardu.

### **5.4.6 Tvorba textur a texturování**

Texturována byla vždy jen část modelu tak, aby bylo možné popsat postup a model následně vizualizovat. Důvodem, proč není texturována celá budova, je nedostatek fotografií v zadní části budovy.

#### **Tvorba textur**

Textury byly tvořeny z fotografií budovy. Na těchto fotografiích je vždy zachycena pouze část stěny, pro vytvoření textury tak musely být fotografie skládány k sobě. Skládání probíhalo až po provedení transformace, kterou je nutné provést nejen proto, aby na sebe fotografie navazovaly, ale také aby mohly být promítnuty na stěnu jako textura.

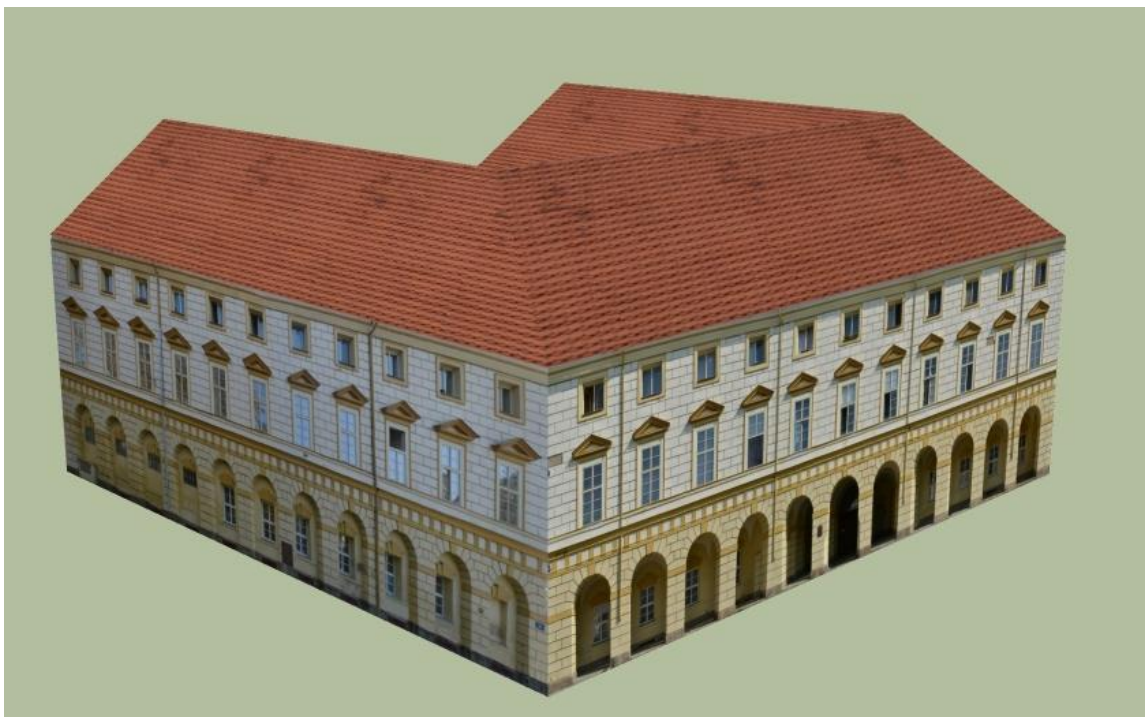
V prvním kroku bylo nutné získat podklad, na jehož základě by mohla být prováděna transformace. Jako tento podklad byl zvolen kolmý pohled na stěnu modelu v paralelní

projekci. Ten byl exportován z aplikace SketchUp. Další práce byly prováděny v aplikaci Kokeš, kam byl importován tento pohled a vhodné fotografie, které budou transformovány a spojovány. Transformace probíhala pomocí funkce *Klíč a transformace*, kde byly v módu grafického vstupu označovány odpovídající místa na fotografiích a v pohledu. Použita byla projektivní transformace s Jungovou dotransformací. Jungova transformace je nereziduální, tedy identické body jsou zobrazeny na sebe. Následně byly fotografie přerastovány a otevřeny v programu paint.NET, kde byly spojeny v jeden rastrový obrázek. Dále v tomto programu probíhalo odstraňování nežádoucích objektů, jako jsou auta, lampy nebo osoby. To bylo prováděno funkcí *Clone Stamp*. Pokud byla fotografie dostatečně upravená, tak byla označena část, která bude použita jako textura a funkcí *Crop to Selection* byl obrázek oříznut. Tímto byla textura připravena k importu do programů, ve kterých byl zpracováván model.

## **LOD2**

Model LOD2 je velmi jednoduchý, zdi tvoří pouze rovné obdélníkové stěny, střecha je tvořena lichoběžníky.

V případě stěn byly předem vytvořené textury importovány a následně byly vloženy do odpovídajících ploch, kde byly s přidržením Ctrl roztaženy. V případě střechy nebyly k dispozici textury, které by odpovídaly celé ploše lichoběžníku. Textura byla roztažena pouze na výšku střechy a celá plocha lichoběžníku byla pokryta texturami zobrazenými vedle sebe. Vytvořený texturovaný model LOD2 je na Obr. 13.



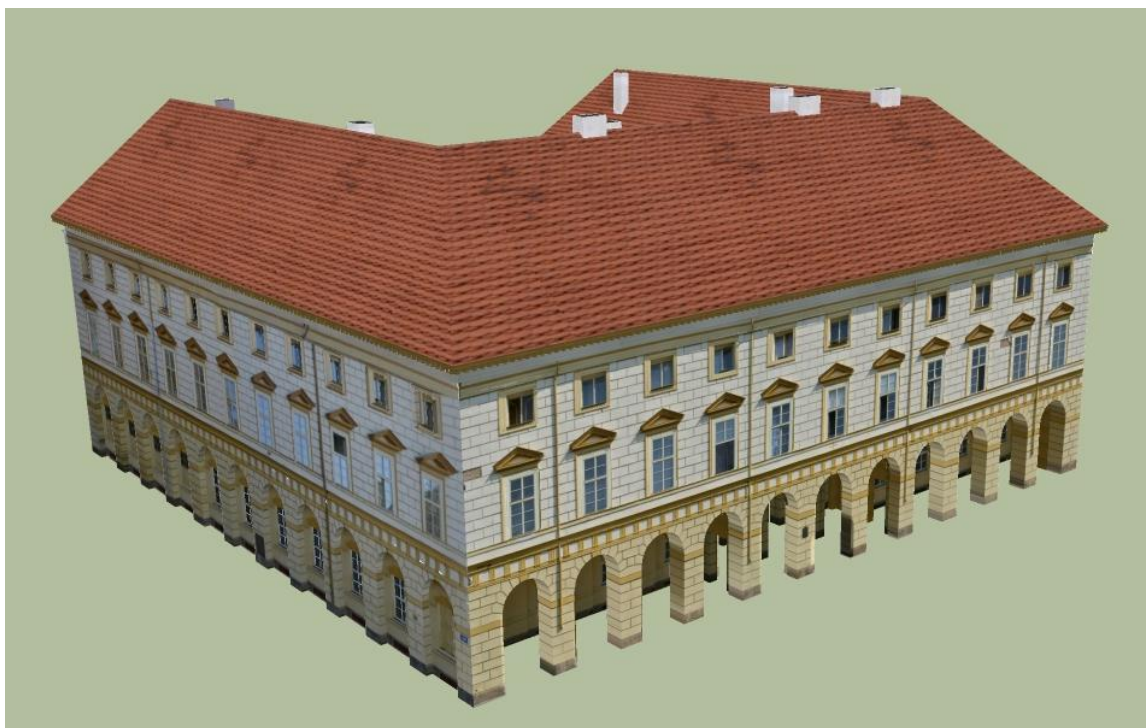
Obr. 13: LOD2 v programu SketchUp s texturami

### **LOD3**

Model v této úrovni se již nesešává z jednoduchých ploch, a tak musel být zvolen jiný postup. Nejprve byla vytvořena rovinná plocha, která odpovídá velikostí, orientací i umístěním části modelu, na kterou má být textura natažena. Umístěna musí být tak, aby ortogonální průmět rohů roviny odpovídal rohům odpovídající části modelu, která je pokrývána texturou. Poté byla na tuto rovinu textura natažena (opět s držením Ctrl). Dále byla v nabídce zaškrtnuta volba *Projected*. Následně byla v nabídce barev nástrojem *Sample Paint* vybrána textura kliknutím na rovinu s texturou. Poté byly označeny všechny plochy, které mají být texturovány a nástrojem *Paint Bucket* byly pokryty texturou. Tento postup lze aplikovat v případě, že stěny nejsou příliš členité a pokud byly fotografie, ze kterých textura byla tvořena, pořízeny ve směru blízcímu se kolmému směru a směr záběru je blízký kolmému ve všech místech stěny. Pokud se stěna nachází ve více rovinách, které mají mezi sebou větší vzdálenost, je vhodné textury pro každou z nich tvořit zvlášť, nejlépe z různých fotografií.



Pokud jsou na stěně místa, která byla focena pod větším úhlem a zároveň jsou nějakým způsobem členitá, vznikají zde nepřesnosti, které je vhodné nějakým způsobem opravit. Vhodným způsobem je tato místa opravit v grafickém programu klonovacím razítkem, nebo je možné tato místa opravit přímo v modelu. Tuto možnost lze zvolit, pokud nějaká část textury odpovídá místu, které chceme zakrýt. Toto místo lze ohraničit úsečkami či obdélníkem a v nabídce, která se otevře stisknutím pravého tlačítka, se stiskne volba *Make Unique Texture*. Tu je pak možné označit funkcí *Sample Paint* a nanést funkci *Paint Bucket* na dané místo. Výsledný model je zobrazen na Obr. 14.



Obr. 14: LOD3 v programu SketchUp s texturami

#### **5.4.7 Umístění modelu a převod do KML**

Umístění modelu a jeho natočení lze provést už na začátku a následně pracovat s otočenými osami. Avšak provedení tohoto kroku po skončení modelování také nečiní žádný problém. Vhodné je začít nejjednodušším modelem, tedy modelem LOD1.

V nabídce *Geo-location* se zvolí *Add Location* a následně se otevře mapa světa. Na té se zvolí místo, kam má být model umístěn. Potřebnou část mapy je nutné importovat do modelu tak, aby křížek, ke kterému se vztahují souřadnice lokalizovaného modelu, odpovídal počátku souřadnic v modelu. Následně je budova otočena podle tohoto bodu. Modely dalších úrovní jsou pak následně podle stejného bodu otočeny o stejný úhel a jim manuálně přidána lokalizace, která je ve všech úrovních stejná.

Pokud je model obarven podle vrstev je nutné obarvení změnit, tak aby barva byla přidělena každému prvku. Postupuje se tak, že je vybrána a zobrazena vždy jen jedna barevná vrstva a všechny její prvky jsou vybrány a obarveny stejnou barvou pomocí funkce *Paint Bucket*. Tímto je zaručené, že model ve formátu KML bude obarvený.

Převod do KML je záležitostí několika sekund. V nabídce *Export* je zvolena možnost *3D model*, a příslušný model je následně uložen ve formátu KMZ (KML-zipped). KMZ je komprimovaná forma KML, která může navíc obsahovat například rastrové obrázky použité jako textury. Tento formát lze vizualizovat v aplikaci Google Earth, vizualizaci lze vidět na Obr. 15.



Obr. 15 - LOD3 v prostředí Google Earth

### **5.4.8 Shrnutí modelování v softwaru SketchUp**

Pro práci v aplikaci SketchUp nebyly instalovány žádné pluginy, práce byly prováděny v základním prostředí. K vytvoření kompletního modelu byly používány především tři funkce: Úsečka (*Line*), *Push/Pull* a kopírování. Při tvorbě LOD3 bylo postupováno poněkud pomalejší a méně vhodnou cestou. Tou bylo kopírování oken a podobných prvků přímo na stěnu. Vhodnějším postupem je najít komponenty, ze kterých se budova skládá, ty kompletně vymodelovat a až následovně je poskládat na základě půdorysu. Tímto způsobem je možné se vyhnout množství problémů spojených s uchycováním bodů, či orientováním přímk. Další možnou výhodou je, že z většiny z těchto komponent je možné vytvořit jiné. Například v našem případě je možné ze základní komponenty vytvořit tři další a z nich následně celou budovu. Nevýhodou může být nezachování souvislosti mezi úrovněmi detailu. Avšak pokud jsou použity správné rozměry (nejlépe odměřené přímo z předchozí úrovně) tak je tento problém vyřešen. Další chybou bylo obarvení budovy až po dokončení tvorby geometrie modelu. Tento krok by bylo opět vhodné provést při tvorbě komponent.

## **5.5 Modelování v softwaru AutoCAD**

Po předchozích zkušenostech s tvorbou modelu v softwaru SketchUp byla věnována větší pozornost rozplánování a navržení způsobu modelování. Navržený a provedený postup se zdá být optimální a velmi rychlý.

### **5.5.1 LOD1**

První úroveň detailu byla vytvořena třemi kvádry daných rozměrů. Práce trvala několik desítek sekund.

### 5.5.2 LOD2

Nejprve byl pomocí funkce *Odsadit hranu* vytvořen přesah střechy. Skutečnost, že střecha modelované budovy je valbová zpomalil práci, protože neexistují potřebné předem nadefinované tvary, které by bylo možné použít pro její reprezentaci. A tak pomocí několika konstrukčních prvků byla vytvořena síť hran. Mezi nimi byla vytvořena plocha pomocí funkce přímková plocha s atributem *SURFTABI* (hustota drátů) = 1. Tato hodnota je vhodná pouze pro rovinné plochy, nevytváří žádnou lomovou hranu. Komíny byly vytvořeny pomocí funkce *Kvádr*. Tvorba této úrovně detailu trvala přibližně 15 minut.

### 5.5.3 LOD3

Tato úroveň detailu byla tvořena v prázdném výkresu, bez využití předchozích úrovní detailu. Důvodem tohoto rozhodnutí byl, jak už je na konci minulé kapitoly popsáno, fakt, že skládání celé budovy z kompletních komponent je časově rychlejší, než jejich vkládání do předchozího jednoduchého modelu.

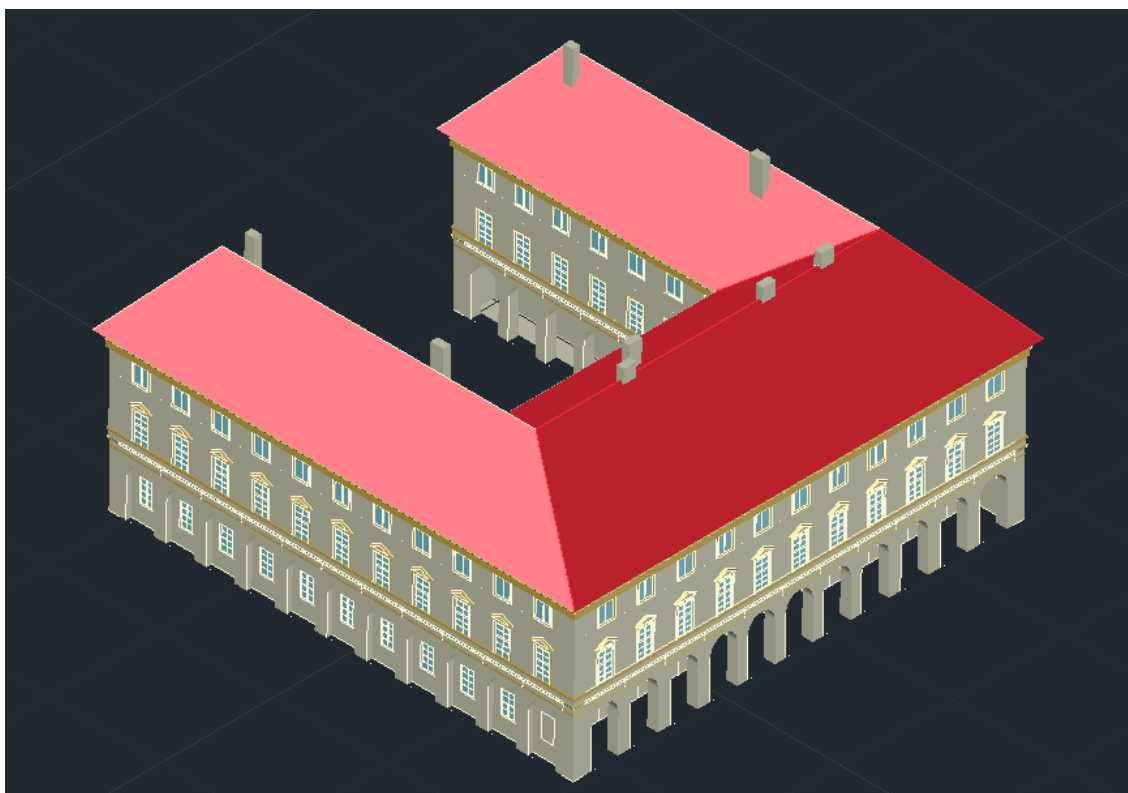
Na začátku byl vytvořen půdorys (za použití režimu *Orto*). Poté byly tvořeny jednotlivé části stěn, těmi byly části odpovídající jednomu oblouku podloubí popřípadě výklenku. Výhodou je, že jednomu podloubí odpovídá i jedno okno v každém patře. Mohla tedy být vytvořena komponenta o výšce celé stěny. Základem byl kvádr, na kterém byla vytvořena síť úseček a křivek tvořící oblouk, okno nebo ozdobné prvky fasády. Plochy mezi těmito křivkami byly vytaženy či zapuštěny pomocí funkce *Klikněte a potáhněte*, popřípadě pomocí funkce *Vytáhnout* (tyto funkce jsou do jisté míry obdobou funkce *Push/Pull* v programu SketchUp). Tato komponenta byla následně obarvena zařazením do barevných vrstev a zkopírována jako základ pro čelní stěnu s podloubím, boční stěny a jako základ zadních stěn a stěn ve dvoře.

V dalším kroku bylo modelováno podloubí, a to pomocí čtvrtkružnic, mezi kterými byly vytvořeny vyhlazené přímkové plochy. Po zkompletování části odpovídající jednomu oblouku byla použita funkce pole, kterou můžeme rozmnožit přesný počet prvků po přesných rozestupech nebo po délce úsečky či ploše obdélníka. Střední část podloubí

byla vytvořena opět funkcí *Pole*, tentokrát byla tato funkce aplikována pouze na samotné podloubí. Podobně bylo postupováno i u ostatních stěn. Poté pomocí funkcí *Vytáhnout*, *Klikněte a potáhněte*, kvádr a přímková plocha byly v rozích dotaženy vystouplé římsy a ozdobné prvky.

Dále byla opravena místa, kde se nacházejí zaslepená okna. Nepotřebné linie a plochy byly vymazány a zaslepení se provedlo obdélníkem převedeným na oblast. V poslední fázi byla vytvořena střecha s komíny stejným způsobem jako v LOD2. Práce na této úrovni detailu trvaly přibližně 20 hodin.

Model v této úrovni detailu vytvořený pomocí aplikace AutoCAD je na Obr. 16.



Obr. 16: LOD3 v programu AutoCAD

## **5.4 Shrnutí modelování v softwaru AutoCAD**

Práce v aplikaci AutoCAD probíhaly bez větších problémů. Zvolený postup se zdá být vhodný. Jediné, co zpomalovalo práci, byla špatná orientace v nabídkách a tvorba ploch. Plochy lze vytvářet několika různými funkcemi, avšak ne všemi je možné plochu vytvořit mezi určitými liniemi či objekty. Navíc plochy vytvořené různými funkcemi jsou jiného typu, například síť, oblast nebo povrch. Tyto odlišné typy ploch mohou činit problémy při následné konverzi do jiného formátu.

### **5.5.5 Testované způsoby převodu mezi DWG/DXF a KML**

#### **FWTools**

První testovanou možností převodu byl převod pomocí open source programu ogr2ogr z knihovny FWTools. Pomocí tohoto programu je možné převádět soubory mezi několika různými formáty. Bohužel v případě souborů formátu DXF tento program neumí převést všechny typy geometrických prvků (jako například oblast nebo povrch), proto pro účel převodu 3D modelu ve formátu AutoCADu do formátu KML nebylo možné tento program použít.[8]

#### **Online konvertor ze stránek [www.acadconverter.chrismichaelis.com](http://www.acadconverter.chrismichaelis.com)**

Je to volně dostupný jednoduchý konvertor, kterým lze převést soubory s příponou dwg či dxf do formátu shapefile nebo KML. Bohužel konverze byla stejně jako v předchozím případě neúspěšná. K tomuto programu není dostupná, žádná dokumentace, tak nebylo možné zjistit důvody, proč konverze nepracuje správně.

#### **Import DWG/DXF do SketchUpu a následný export do KML**

Tento postup lze provést v placené verzi Trimble SketchUp 8 Pro, nebo ve starších verzích softwaru SketchUp. Základní verze Trimble sketchUp 8 možnost importu DXF/DWG nenabízí. Jelikož SketchUp podporuje pouze rovinné plochy, které jsou

ohraničeny křivkou, je potřebné opravit složitější povrchy. První možnost opravy nabízí SketchUp v nastavení importu, a to že budou složité povrchy rozděleny na jednoduché během importu. Bohužel tato funkce nefunguje spolehlivě a všechny plochy se nevytvoří. Druhou možností je rozdělit veškeré složitější povrchy na jednotlivé rovinné plochy v aplikaci AutoCAD. K tomu se používá funkce *Rozdělit*. Pro označení ploch, které mají být rozděleny, je vhodné použít funkci *Označit podobné*. Následný import v programu SketchUp proběhne správně.<sup>1</sup> Velkou nevýhodou je časová náročnost importu, složitější modely mohou být importovány až několik dní. Na to je vhodné myslet už při tvorbě modelu a tvořit jej tak, aby se skládal z co nejmenšího počtu ploch. Například není vhodné vyhlazovat povrchy, pokud to není nutné. Další možností, jak snížit časovou náročnost importu, je použít kombinovaný postup, při němž budou importovány pouze komponenty, které budou poskládány až v prostředí aplikace SketchUp. [9]

### **Import DXF/DWG do Rhinoceros a následný export do KML**

Dalším programem, který podporuje import souborů ve formátu DXF/DWG i export do KML je software Rhinoceros, který je určen pro modelování. Bohužel tento program neumí importovat většinu typů ploch, vytvořených v AutoCADu. Aby tento převod zaručeně fungoval, musely by všechny plochy být typu NURBS (Non-uniform rational basis spline). Následný export do KML funguje bez problému [9]

## **5.6 Srovnání tvorby modelu ve formátu KML při použití programů SketchUp a AutoCAD**

Jak už bylo několikrát zmíněno program SketchUp je uživatelsky jednoduchý program, a proto tvorba modelu v tomto softwaru nečiní větší potíže. Na druhou stranu menší množství funkcí může zpomalovat práci. Velké množství úkonů je možné provést pouze jedním postupem, to může činit práci monotónní, místy až nudnou. Ve srovnání s tímto AutoCAD naopak oplývá velkým množstvím funkcí, téměř všechny prvky lze vytvořit

---

<sup>1</sup> U verze Google SketchUp 7 se po dokončení importu složitých modelů vyskytuje chyba, která znemožní práci s programem a ten se ukončí. Model tedy není možné uložit.

několika postupy. Pro zkušenější uživatele AutoCADu může být práce v tomto softwaru příjemnější. Záležitostí, která může zpomalovat modelování je tvoření ploch, které není prováděno automaticky jako v aplikaci SketchUp. Tvorba stejného modelu je v obou aplikacích přibližně stejně časově náročná.

Výhodou aplikace SketchUp je možnost nastavení umístění modelu přímo v aplikaci Google Earth, ve které je možné vytvářený model zobrazit, posouvat i otáčet. Nejdůležitější je však bezproblémový export do formátu KML. Oproti tomu AutoCAD ani jednu z těchto možností nenabízí, je tedy nutné výsledný model exportovat, aby bylo možné tyto operace provést. Zde se však vyskytují velké problémy, protože není jisté, zda model importovaný do jiné aplikace bude shodný s původním modelem vytvořeným v AutoCADu.

Pro tvorbu modelu, jehož výsledný formát má být KML, je vhodnější použít program SketchUp, kterým lze v jediné aplikaci vytvořit celý model bez toho, aby zde bylo nebezpečí, že konverze do KML nebude úspěšná. AutoCAD pro tento účel není příliš vhodný, možnost převodu je vhodné využít jen v případech, kdy je k dispozici model či jeho velká část ve formátu AutoCADu, tedy v DWG či DXF.



## 6. Závěr

Účelem této práce bylo seznámit čtenáře s problematikou tvorby 3D modelu budov v jednotlivých úrovních detailu. Především pak navrhnout postup, jakým je možné takovýto model vytvořit. Postup je prezentován takovým způsobem, aby pomohl při tvorbě modelu nezkušeným uživatelům. Vytyčeným cílem bylo vytvořit model ve formátu KML a navrhnout postup tvorby a popsat využitelnost dostupných podkladů. Návrh modelu budovy byl realizován ve dvou v softwarech, těmi byly Trimble SketchUp a AutoCAD. Export modelu do výsledného formátu KML v prvně jmenovaném softwaru probíhala bez větších problémů, u modelu vytvořeného v softwaru AutoCAD, vznikl problém až při konverzi do formátu KML. Nakonec po prozkoumání několika možností byla nalezena taková, kterou i model vytvořený v aplikaci AutoCAD bylo možné bezchybně uložit do formátu KML. Tímto bylo dosaženo dílčího cíle porovnat dva postupy tvorby 3D modelu budovy. Dále byla porovnávána tvorba budovy, jejíž plochy byly pouze obarveny, s tvorbou budovy, jejíž plochy byly pokryty texturami. Modely s texturami sice nejsou kompletní, protože všem stěnám nenáleží vhodné fotografie, ale k porovnání postupů jsou tyto modely dostačující.

Předem vytyčeného cíle, vytvořit model ve formátu KML a navrhnout postup včetně využitelnosti dostupných podkladů, bylo dosaženo. Výjimkou je model úrovně LOD3 ve formátu KML vytvořený v programu AutoCAD, který kvůli časové náročnosti konverze do tohoto formátu nebyl dokončen.

V teoretické části byl popsán standard OCG CityGML, podle kterého byl model tvořen. Ten obsahuje především popis jednotlivých úrovní detailu, kde byla navržena možná interpretace každé z nich. Dále jsou zde popsány veškeré programy, ve kterých byl model tvořen. Zmíněn je zde i projekt Terezín, v jehož rámci byl tento model tvořen.

Téma tvorby 3D modelů je v dnešní době velmi populární. Využití najde například při vytváření virtuálních realit nebo 3D map. Postup popsáný v této práci by měl toto téma více přiblížit širší veřejnosti.

## Zdroje, použitá literatura

[1] JEDLIČKA, K. et al. *Techniques Used for Optimizing 3D Geovisualization of Terežín Memorial*. 26th International Cartographic Conference, Dresden, 2013. V přípravě.

[2] Open Geospatial Consortium, *OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard*. Verze: 2.0.0. Vydáno: 4. 4. 2012 [cit. 30. 5. 2013]. Dostupné z: <<http://www.opengis.net/spec/citygml/2.0>>,

[3] *SketchUp* [online]. Wikipedia The Free Encyclopedia. poslední revize: 28. 5. 2013 [cit. 30. 5. 2013]. Dostupné z: <<http://en.wikipedia.org/wiki/SketchUp>>,

[4] Trimble Navigation Limited. *SketchUp 8* [Počítačový program], Verze 3.0.1. 2012 [cit. 30. 5. 2012]. Dostupné z: <<http://www.sketchup.com/download>>, nápověda programu

[5] *AutoCAD*[online]. Wikipedia The Free Encyclopedia. poslední revize: 17. 5. 2013 [cit. 30. 5. 2013]. Dostupné z: <<http://en.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>>,

[6] *Kokeš* [online]. GEPRO. Citováno: 30. 5. 2013. Dostupné z: <<http://www.gepro.cz/geodezie-a-projektovani/kokes/>>

[7] *Paint.NET*[online]. Citováno: 30. 5. 2013. Dostupné z: <<http://www.getpaint.net/index.html>>

[8] *AutoCAD DXF*[online].GDAL - Geospatial Data Abstraction Library. Citováno 30. 5. 2013. Dostupné z: <[http://www.gdal.org/ogr/drv\\_dxf.html](http://www.gdal.org/ogr/drv_dxf.html)>.

[9] FIKEJZ, J. *Možnosti technologie Google Earth pro 3d vizualizaci geografických dat*. Plzeň, 2009 [Cit. 30. 5. 2013]. Diplomová práce na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni, katedra matematiky. Dostupné z: <[http://www.kma.zcu.cz/main.php?KMAfile=./STRUCTURE/05\\_ebooks/04\\_Zaverecne\\_prace/zav\\_prace.php&DRC=./STRUCTURE/05\\_ebooks/04\\_Zaverecne\\_prace/&DRL=CZ&DROF=0&osCislo=30726](http://www.kma.zcu.cz/main.php?KMAfile=./STRUCTURE/05_ebooks/04_Zaverecne_prace/zav_prace.php&DRC=./STRUCTURE/05_ebooks/04_Zaverecne_prace/&DRL=CZ&DROF=0&osCislo=30726)>

[10] Robert McNeel & Associates. *Rhinoceros 5* [Počítačový program], Verze 5.3.3. 2012 [cit. 30. 5. 2012]. Dostupné z: <<http://www.rhino3d.com/download>>, nápověda programu

[11] Open Geospatial Consortium, *OGC® KML*. Verze: 2.2.0. Vydáno: 14.4 2018 [cit. 30. 5. 2013]. Dostupné z: <[http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=27810](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=27810)>

## **Použitý software**

Trimble Navigation Limited. *SketchUp 8* [Počítačový program], Verze 3.0.1. 2012 [cit. 30. 5. 2012]. Dostupné z: <<http://www.sketchup.com/download>>

Autodesk. *AutoCAD 2012* [Počítačový program], Verze 18.2.2 [cit. 30. 5. 2012]. Dostupné z: <http://www.autodesk.cz/products/autodesk-autocad/free-trial>. Zkušební verze

GEPRO. *Kokeš* [Počítačový program], Verze 10.53. 22. 12. 2011 [cit. 30. 5. 2012].

dotPDN LCC. *Paint.NET* [Počítačový program], Verze 3.5.10 [cit. 30. 5. 2012]. Dostupné z: <<http://www.getpaint.net>>

Frank Warmerdam. *FWtools* [Knihovna počítačových programů], Verze 2.4.7 [cit. 30. 5. 2012]. Dostupné z: <<http://www.fwtools.maptools.org>>

Robert McNeel & Associates. *Rhinoceros 5* [Počítačový program], Verze 5.3.3. 2012 [cit. 30. 5. 2012]. Dostupné z: <<http://www.rhino3d.com/download>>. Zkušební verze

Microsoft Corporation. Microsoft Word 2010 [Počítačový program], Verze 14.0. 2010 [cit. 30. 5. 2012].

## **Seznam použitých zkratk:**

OGC	Open Geospatial Consortium
CityGML	City Geography Markup Language
CAD	Computer Aided Drafting, Computer Aided drawing
LOD	Level of detail
KML	Keyhole Markup Language
KMZ	Keyhole Markup Language Zipped
DWG	Formát AutoCAD
DXF	Drawing Exchange Format