

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní

**Modelování vybraných objektů v Google SketchUp pro potřeby
požární ochrany**

Bc. Tomáš Kubín

Diplomová práce
2010

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Ústav systémového inženýrství a informatiky
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Tomáš KUBÍN
Studijní program: N6209 Systémové inženýrství a informatika
Studijní obor: Informatika ve veřejné správě

Název tématu: Modelování vybraných objektů v Google SketchUp pro
potřeby požární ochrany

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

3D vizualizace objektů.
Zhodnocení stávajících nástrojů Google SketchUp.
Praktické využití nástrojů při vytváření 3D modelu budovy.
Definování přínosů z hlediska požární ochrany.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

TUČEK, J., Geografické informační systémy. Teorie a praxe, Praha, 1998.

WALFORD, N., Geographical data: characteristics and sources, Chichester, 2002.

ROBINSON, A. H., Elements of Cartography, New York, 1995.

WISE, S., GIS basics, London, 2002.



Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Pavel Sedlák, Ph.D.

Ústav systémového inženýrství a informatiky

Datum zadání diplomové práce: **5. října 2009**

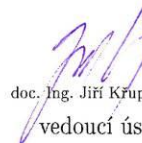
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2010**



doc. Ing. Renáta Myšková, Ph.D.

děkanka

L.S.



doc. Ing. Jiří Krupka, Ph.D.

vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 5. října 2009

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 22. 06. 2010

Tomáš Kubín

Rád bych poděkoval vedoucímu své diplomové práce Mgr. Pavlu Sedlákoví, Ph.D. za čas, který mi věnoval při konzultacích, poskytnutí potřebných materiálů, odborné vedení a cenné rady.

ANOTACE

V užším pojetí je cílem této práce vizualizovat objekt budoucího operačního střediska, v areálu centrální stanice Hasičského záchranného sboru Pardubického kraje, na základě návrhové studie. Model budovy by však mohl být použit nejen jako podpora pro realizační fázi projektu, ale také názorně ukázat možnost praktického využití modelování v programu Google SketchUp v oblasti požární ochrany. Do obsahu je proto zařazen i stručný přehled jednotek požární ochrany v České republice, včetně souvisejících úkolů a kompetencí.

V rámci práce je dále nastíněn princip 3D modelování a vizualizace objektů, výběr dostupných počítačových programů, se zaměřením na použitou aplikaci Google SketchUp a příklady konkrétního použití modelování v požární ochraně. Podrobněji je popsán postup při modelaci vlastního objektu, stávajících budov a celkové vizualizaci areálu hasičské stanice v Pardubicích. Hlavní budova operačního střediska však byla jako jediná také převedena do 3D animace. V samotném závěru jsou potom uvedeny možnosti využití tohoto modelu i jeho animace v praxi požární ochrany a obecně pro potřeby Hasičského záchranného sboru.

KLÍČOVÁ SLOVA

3D model, animace, jednotky požární ochrany, modelovací nástroje, operační středisko, požární ochrana, program Google SketchUp, vizualizace

TITLE

Modelling of selected buildings in Google SketchUp for the needs of fire protection

ANNOTATION

In the narrower sense the aim of this work is to visualize the building of a future operating centre in the area of Central Fire Station of Pardubice Region based on a design study. The model building, however, should be used not only as some support for the implementation phase of the project, but also as an example of the practical use of modelling in Google SketchUp for fire protection. Therefore a brief overview of fire

brigade units in the Czech Republic including their tasks and competencies is included into the thesis.

The work also deals with the principles of 3D modelling and visualization of objects, the selection of available computer programs focused on the use of Google SketchUp and the examples of utilization of modelling in fire protection. The process of modelling of the main building, the existing buildings and the overall visualization of fire station complex in Pardubice is described in more details. Only the main building of the operation centre was transferred into 3D animation. The possibilities of using this model and its animation in the practice of fire protection and for the needs of the Fire Brigade in general are given at the very end.

KEYWORDS

3D model, animation, fire brigade, modelling tools, operating centre, fire protection, program Google Sketch Up, vizualization

Obsah

Úvod.....	10
1 Základní dělení jednotek požární ochrany.....	12
1.1 Hasičský záchranný sbor.....	12
1.2 Jednotky sborů dobrovolných hasičů obce a povinnosti obcí.....	13
1.3 Profesionální a dobrovolné jednotky podniků	13
1.4 Plošné pokrytí území jednotkami požární ochrany.....	14
1.5 Kategorie jednotek požární ochrany	14
2 Vizualizace 3D objektů.....	16
2.1 Modelování a reprezentace těles	19
2.1.1 Modelování	19
2.1.2 Promítání.....	21
2.1.3 Animace	22
2.1.4 Rendering.....	22
2.1.5 Světlo a stín.....	24
2.1.6 Textury.....	24
2.2 Porovnání programů pro 3D.....	26
2.2.1 ArchiCAD	26
2.2.2 Rhinoceros	27
2.2.3 Arcon	28
2.2.4 SoftCAD.3D	29
2.2.5 Blender3D.....	29
2.2.6 Google SketchUp.....	30
3 Vybrané příklady aplikace 3D modelování v PO	34
3.1 Modelování v požární ochraně v rámci České republiky	34
3.2 Modelování pro potřebu PO ve světě.....	39
4 Aplikace Google SketchUp při vytváření 3D modelu	42
4.1 Nástroje použité pro základní tvorbu modelu	43
4.2 Nástroje použité pro 3D modelování	44
4.3 Textury a stínování.....	49
4.4 Manažer hladin.....	51
4.5 Tvorba Animace.....	52

4.6	LayOut 2.....	53
5	Modelování vybraných budov HZS Pardubického kraje.....	55
5.1	Modelování KOPIS.....	55
5.2	Modelování Hasičské stanice.....	58
5.3	Modelování ředitelství HZS Pardubického kraje.....	59
5.4	Vizualizace areálu HZS Pardubického kraje.....	60
6	Definování přínosu z hlediska požární ochrany.....	62
6.1	Dokumentace zdolávání požárů.....	62
6.2	Havarijní připravenost.....	63
6.3	Využití speciálními simulačními programy.....	64
6.4	Požární bezpečnost staveb.....	65
7	Závěr.....	67
	Použitá literatura.....	69
	Seznam příloh.....	76

Seznam obrázků:

Obrázek 1 – Jednoduché názorné zobrazení procesu tvorby modelu [13]

Obrázek 2 – 1. 3D model bez textury, 2. 3D model s texturou [12]

Obrázek 3 – Mrak, zleva 2D textura a 3D textura [35]

Obrázek 4 – Možnosti prezentace v Google LayOut [31]

Obrázek 5 – Model průběhu teplot ve 30. a 300. sekundě při požáru v tunelu [38]

Obrázek 6 – Teplotní profil přípoje a Graf porovnání vypočtené a změřené teploty [39]

Obrázek 7 – 3D model potrubí a detailu armatury v aplikaci SprinkCAD [40]

Obrázek 8 – Šíření požáru v prostoru [41] a vizualizace evakuace [42]

Obrázek 9 – Vizualizace budovy IBC a jejího usazení do okolního terénu [52]

Obrázek 10 – Virtuální prohlídka dispečerského sálu KCTV [52]

Obrázek 11 – Rekonstrukce šíření požáru letu Swissair 111 [43]; [44]

Obrázek 12 – Vizualizace poškození budov následkem útoků 11. září [46]; [45]

Obrázek 13 – Simulace průběhu evakuace v příčném řezu budovou [47]

Obrázek 14 – Simulace šíření požáru bez a se sprinklerovým zařízením [48]

- Obrázek 15 – Projekt požárního výcvikového polygonu ve Willingtonu, USA [50]
- Obrázek 16 – Rozložení panelu nástrojů pro potřeby modelování KOPIS [zdroj vlastní]
- Obrázek 17 – Intuitivní odvozování bodů a úseček v modelu [53]
- Obrázek 18 – Trojrozměrné modelování stěn z půdorysu stavby a vytvoření dveřních otvorů pomocí nástroje Tlak/Tah [zdroj vlastní]
- Obrázek 19 – Modelování střechy věže hasičské stanice [zdroj vlastní]
- Obrázek 20 – Využití nástroje Otáčení při zasazování dveří [zdroj vlastní]
- Obrázek 21 – Využití nástroje Offset při tvorbě rámování okenních otvorů [zdroj vlastní]
- Obrázek 22 – Modelování parapetní římsy budovy krajského ředitelství HZS [zdroj vlastní]
- Obrázek 23 – Informace o modelu [zdroj vlastní]
- Obrázek 24 – Využívání nástroje řezy u objektu KOPIS [zdroj vlastní]
- Obrázek 25 – Doporučený postup vytváření textur [54]
- Obrázek 26 – Usazení textury pomocí nástrojů na úpravu pozice [zdroj vlastní]
- Obrázek 27 – Manažer hladin využitý pro objekt KOPIS [zdroj vlastní]
- Obrázek 28 – Využití manažeru scén při tvorbě animace [zdroj vlastní]
- Obrázek 29 – Snímky modelu vytvořené v programu LayOut2 [zdroj vlastní]
- Obrázek 30 – Vytažený 3D model přízemí včetně stavebních otvorů s výplní [zdroj vlastní]
- Obrázek 31 – Model hasičské stanice bez potažení texturami [zdroj vlastní]
- Obrázek 32 – Půdorys budovy ředitelství [55]

Seznam tabulek:

Tabulka 1 – Porovnání freeware a placené verze Google SketchUpu

Tabulka 2 – Statistika událostí se zásahem jednotek PO za roky 2005-2009

Úvod

Vědecký pokrok nás neustále ohromuje a otevírá nám nové možnosti, což ve světě výpočetní techniky a umělé inteligence platí dvojnásob. Ruku v ruce s tím stoupají i naše nároky, ať už jako uživatelů, či jako zákazníků, tedy spotřebitelů výsledného „produktu“. V dnešní době je při interakci stran nabídky a poptávky hlavním požadavkem pružnost, rychlost, přehlednost a srozumitelnost zejména při prezentaci produktů. Zde se pak přímo nabízí nesmírně široké možnosti prostřednictvím modelování a vizualizace objektů od statických obrázků až po videa či virtuální prohlídky. Doslova další rozměr do této oblasti přináší 3D¹ modelování. Praktické využití se však netýká pouze komerční sféry, ale lze jej velmi efektivně využít například i pro oblast zajištění bezpečnosti a ochrany strategických zájmů České republiky (dále jen „ČR“).

Tato práce byla zaměřena na podporu pilotního projektu „3D vizualizace strategicky významných objektů v požární ochraně“, který vzniká u Hasičského záchranného sboru (dále jen „HZS“) Pardubického kraje. Pro takto významné objekty má majitel za povinnost zpracovávat tzv. Dokumentaci zdolávání požárů (dále jen „DZP“) s přesným popisem detailů objektu, potřebných pro zasahující jednotky. Na základě této dokumentace je možné vytvořit 3D model samotné budovy uzpůsobený pro potřeby zasahujících jednotek. Jako objekt, který je předmětem této práce, byla v rámci pilotního projektu vybrána budova plánovaného Krajského operačního a informačního střediska (dále jen „KOPIS“) a areálu hasičské stanice Pardubice. Její strategický význam zvyšuje i fakt, že ze zákona [1] je KOPIS HZS zároveň také operačním střediskem integrovaného záchranného systému a má zvláštní postavení vůči jeho dalším složkám (např. policie, záchranná služba, armáda, havarijní služby, aj.).

Cílem této práce je především ověřit možnosti využití vizualizace objektů se zpracovanou DZP pro potřeby odborné přípravy a školení jednotek PO. A to včetně případného využití velitelem zásahu při hrozbě nebo vlastním vzniku mimořádné události v daném objektu. Předpokladem je tedy přivést k „virtuálnímu životu“ objekt budoucího KOPIS HZS, který se v současné době nachází pouze ve stavu zpracované studie. Potřeba realizace této stavby vychází nejen ze současných nevyhovujících prostor

¹ Symbol pro trojdimenzionální či trojrozměrný.

KOPIS IZS, ale i z potřeby naplnění závazků v rámci Integrovaného operačního programu Evropské Unie.

V první části je práce zaměřena na základní popis jednotek požární ochrany, pro které je práce především určena. Dále se zaměřuje na popis samotné 3D vizualizace objektů a zhodnocení CAD² programů učených především pro 3D vizualizaci stavebních objektů. Zde je kladen důraz především na modelovací nástroj Google SketchUp Pro, který byl zvolen, jako stěžejní nástroj pro praktické modelování. Tuto část uzavírá kapitola zabývající se zhodnocením již vzniklých prací využívajících 3D vizualizace a modelování objektů pro potřeby požární ochrany.

Další část práce je pak zaměřena na vlastní proces modelování vybraných objektů, umístění do terénu či tvorbu animací a prezentací s využitím jednotlivých nástrojů aplikace Google SketchUp. Zde je také zhodnocen přínos projektu v kontextu požární ochrany.

² Computer Aided Design – počítačem podporované navrhování - zkratka označující software pro projektování či konstruování na počítači.

1 Základní dělení jednotek požární ochrany

Oblast problematiky požární ochrany je poměrně široká a zahrnuje v sobě nejen samotnou represi, ale i rozsáhlá opatření na poli prevence. Aby bylo možné efektivně analyzovat, plánovat a následně aplikovat do praxe opatření, jak předběžného, tak záchranného charakteru, je nezbytné zajistit dostatečné pokrytí území jednotkami požární ochrany a určit odpovědné orgány požární prevence a krizového řízení. Základní dělení pak lze provést například na úrovni hasičských záchranných sborů v dikci Ministerstva vnitra, jednotky sboru dobrovolných hasičů obce, které zřizuje právě ona obec, a jednotky požární ochrany podniku, kde je obligatorně zřizovatelem právnická osoba podle zvláštního právního předpisu. [2]

1.1 Hasičský záchranný sbor

Hasičský záchranný sbor je zřízen na základě zákona č. 238/2000 Sb., o Hasičském záchranném sboru České republiky³ (dále jen HZS). Vlastní činnost pak upravuje celá řada zákonných i podzákonných norem, vnitřních předpisů a vybraných metodik Jeho hlavním posláním je chránit životy a zdraví obyvatel i jejich majetek před požáry a také poskytovat účinnou pomoc při mimořádných událostech [2]. HZS je jednou ze základních složek Integrovaného záchranného systému (dále jen „IZS“), kde působí jako hlavní koordinátor a páteří článěk. Při plnění svých úkolů spolupracuje s ostatními složkami IZS, správními úřady, orgány státní správy a samosprávy, právníckými a fyzickými osobami, neziskovými organizacemi a sdruženími občanů. [3]

HZS spadá do resortu Ministerstva vnitra a jeho základní struktura je tvořena Generálním ředitelstvím HZS ČR a HZS krajů. Ty jsou samostatnými organizačními složkami státu, které řídí na území příslušného kraje výkon požární ochrany a ochrany před mimořádnými událostmi. Dále zabezpečují řadu úkolů veřejné správy ve vztahu k výše uvedeným úkolům, IZS, krizovému řízení, civilnímu nouzovému plánování a ochraně obyvatelstva. HZS krajů se zpravidla člení na územní odbory, a ty dále na stanice a jednotky. Stanice jsou z hlediska plošného rozmístění sil a prostředků základním článkem HZS. Na území České republiky je jich 234 a až na výjimky se nachází v obcích s rozšířenou působností. Na stanicích jsou potom dislokovány vlastní

³ Zákon č. 238/2000 Sb., o Hasičském záchranném sboru České republiky a o změně některých zákonů, a v platném znění.

jednotky s výjezdovou technikou. Mimořádné události, na jejichž řešení se HZS nejčastěji podílí, jsou požáry, technické havárie, dopravní nehody, havárie s únikem nebezpečných látek, živelné pohromy a bohužel také nemalé procento planých poplachů. [4]

Důležitou součástí HZS jsou také operační a informační střediska (dále jen „OPIS“), ty zřizuje jak Generální ředitelství HZS, tak HZS krajů. OPIS krajů (zpravidla se označují jako tzv. KOPIS) jsou vybaveny technickým zařízením s nepřetržitou obsluhou pro příjem tísňových volání na linku 150 a 112. Jejich obsluha (operační technici, důstojníci a operátoři) zabezpečuje nejen vyhodnocení vlastního tísňového volání a následné vyslání potřebných sil a prostředků jednotek požární ochrany k mimořádné události, ale zabezpečuje i tzv. operační úroveň řízení. Tou se rozumí, mimo jiné, koordinace vyrozumívání, povolávání a nasazování sil a prostředků, informační podpora veliteli zásahu a zprostředkování plnění požadavků, které vznese z místa zásahu.

1.2 Jednotky sborů dobrovolných hasičů obce a povinnosti obcí

Tyto jednotky jsou zřizovány obcemi pro zabezpečení území obce před požáry a jinými mimořádnými událostmi podle zákona č. 133/1985 Sb., o požární ochraně⁴. Členové těchto jednotek svou činnost zpravidla nevykonávají jako své hlavní zaměstnání. Obce mají za povinnost udržovat tyto jednotky akceschopné, zabezpečují odbornou přípravu jejich členů a poskytují jim materiální a finanční prostředky. Obce jsou dále povinny zabezpečovat výstavbu a údržbu objektů požární ochrany (dále jen „PO“), zpracovávat dokumentaci PO, zřídit ohlašovnu požárů, zabezpečovat zdroje pitné vody a obecně závaznou vyhláškou vydat požární řád obce. [2]

1.3 Profesionální a dobrovolné jednotky podniků

Činnost některých právnických či podnikajících fyzických osob se vyznačuje takovou mírou požárního nebezpečí, že je jim hasičský záchranný sbor ze zákona oprávněn nařídit zřízení jednotky PO podniku. Její zřízení a požadovanou kategorii určí HZS kraje dle výsledků posouzení požárního nebezpečí nebo dokumentace zdolávání požáru. Tyto jednotky jsou zpravidla složeny ze zaměstnanců podniku, kteří činnost

⁴ Zákon České národní rady č. 133/1985 Sb. o požární ochraně, v platném znění.

v jednotce PO vykonávají na plný úvazek (HZS podniku). V případě menšího požárního nebezpečí se připouští vytvořit pouze jednotku sboru dobrovolných hasičů podniku (SDH podniku) ze zaměstnanců vykonávajících v podniku jako své hlavní povolání jinou práci. V současné době existuje kolem sta profesionálních jednotek HZS podniků a cca 600 jednotek SDH podniků. [4]

1.4 Plošné pokrytí území jednotkami požární ochrany

Plošné pokrytí je systém organizace jednotek PO (kategorie těchto jednotek jsou blíže popsány v dalším textu) pro likvidaci požárů a záchranné práce na celém území České republiky. Je zaměřen na vytvoření takových vazeb mezi různými jednotkami, které povedou k lepší efektivnosti ve využití speciální požární techniky a odbornosti členů jednotek požární ochrany (dále jen „JPO“). Organizace a vybavení těchto jednotek, včetně jejich dislokace, musí být tedy volena tak, aby území každé obce bylo podle nebezpečí zabezpečeno požadovaným množstvím sil a prostředků. Platí tedy, že je vyčleněn potřebný počet jednotek PO a doba jejich dojezdu na místo zásahu, podle stupně a kategorie nebezpečí obce nebo objektu. [5]

1.5 Kategorie jednotek požární ochrany

Výkonnou složkou systému požární ochrany jsou tedy jednotky požární ochrany. Dělí se do šesti kategorií, přičemž jsou vždy po třech řazeny do dvou hlavních skupin podle toho, zda zasahují výlučně na území svého zřizovatele nebo i mimo něj. [5]

Jednotkami, které mohou zasahovat i mimo správní území právnické osoby, která je jejich zřizovatelem, jsou především JPO kategorie I, tedy jednotky hasičského záchranného sboru kraje s územní působností zpravidla do 20 minut jízdy z místa dislokace a dobou výjezdu do 2 minut. Dále se jedná o kategorie JPO II, což jsou jednotky sboru dobrovolných hasičů obce (dále jen „JSDHO“) s členy, kteří vykonávají službu jako svoje hlavní nebo vedlejší povolání (územní působnost zpravidla do 10 minut jízdy z místa dislokace a dobou výjezdu do 5 minut) a kategorie JPO III, a to jsou JSDHO s členy, kteří vykonávají službu v jednotce požární ochrany dobrovolně (doba dojezdu z místa dislokace a dobou výjezdu zpravidla do 10 minut).

Mezi jednotky, jejichž působnost je omezena územím zřizovatele, patří zejména jednotky působící v rámci podniku. Jedná se o kategorie JPO IV, kde zaměstnanci podniku vykonávají službu jako své hlavní zaměstnání a doba výjezdu je určena do 2 minut, nebo kategorie JPO VI, kdy se jednotka označuje jako jednotka sboru dobrovolných hasičů podniku s dobou výjezdu do 10 minut. Poslední kategorií, číslo V, jsou JSDHO s členy, kteří vykonávají službu v jednotce požární ochrany dobrovolně a mají stanovenou dobu výjezdu do 10 minut. Po dohodě se zřizovatelem však mohou být i výše uvedené jednotky využívány k zásahům mimo svůj územní obvod. [2]

2 Vizualizace 3D objektů

Základem pro orientaci v procesu vizualizace 3D objektů je znalost některých pojmů z oblasti počítačové grafiky.

Původně grafické programy pracovaly především s 2D prostorem, tedy ve dvojdimenzionálním nebo také dvourozměrném prostředí. Dvourozměrný prostor lze jednoduše popsat jako plochu, kde jsou jednotlivé body určeny pomocí dvou souřadnic X a Y. [6] Některé obrázky, textury, apod. vytvořené v tomto prostředí však mohou být dále využívány i ve 3D prostředí. Lze tak učinit třeba prostou aplikaci na povrch objektu, umístěním do prostoru nebo například v programu Google SketchUp může být pomocí nástroje *Push/Pull* během okamžiku přetvořen 2D objekt na trojrozměrný jednoduchým chycením jeho povrchu a „vytažením“ do třetího rozměru. [7]

Zkratka 3D znamená trojdimenzionální či trojrozměrný a označuje svět, který je možné popsat třemi rozměry a v němž mají předměty objem. Základy tohoto typu počítačové grafiky byly položeny ve Spojených státech již v 60. let 20. století. V rámci projektu, založeného Davidem Evansem na Univerzitě v Utahu v roce 1968, byly učiněny některé významné objevy od základních algoritmů přes rendering či mapování textur, aj. [8] Pod vlastním pojmem 3D modelování se rozumí především počítačová grafika k vytváření 3D modelu. Ten může být různými způsoby reprezentován, a to jak na základě reálného světa, tak počítačové simulace. Pracuje s trojrozměrnými geometrickými daty, jež jsou využívána k renderingu 2D (dvourozměrných) obrázků. Kromě využití 3D grafiky pro animace, film nebo počítačové hry, je velice časté také použití ve vědě, průmyslu či architektuře a designu obecně. [9]

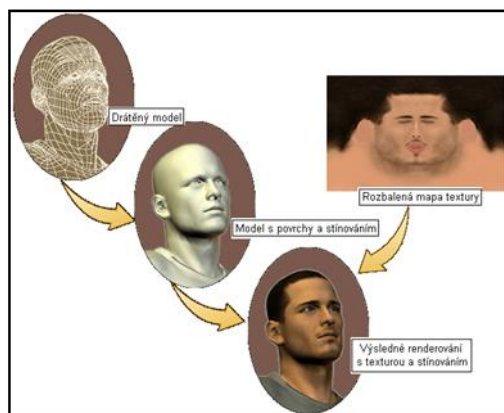
Pomocí počítačové grafiky je možné nejen objekty vymodelovat, ale následně provést jejich celkovou vizualizaci. [8] Pojem vizualizace představuje zobrazení nějakého předmětu, obrázku či diagramu pomocí zvolené techniky jako prostředek k jeho sdílení. Vizualizace dnes poměrně významně expanduje do oblasti vědy, techniky, vzdělávání, lékařství, a řady dalších. Na poli počítačové vědy, vizualizace dat nebo vědecké vizualizace se používají zejména interaktivní nebo smyslové reprezentace, vizualizace dat pro podporu poznatků, hypotéz a závěrů zkoumání. Prakticky se využívá především vědecká, edukační či analytická vizualizace, dále vizualizace dat, informací, znalostí, procesů, výrobků nebo tzv. vizuální komunikace. Může tedy sloužit k názornému

zobrazení proudění kapalin či atomové struktury prvků stejně dobře jako k zobrazení kostry člověka, různých diagramů, technických výkresů, grafů nebo celých procesů. [10] Možnosti vizualizace a její aplikace do praxe se značně rozšířili právě s rozmachem 3D grafických programů.

Současně s vývojem informačních technologií, které se dnes prolínají téměř do všech oblastí našeho života, probíhal také výzkum v oblasti 3D grafiky. Ve vztahu k vizualizaci staveb a jejich usazení do okolní aglomerace, je výchozím materiálem zpravidla architektonický návrh či projektová dokumentace budoucího nebo již realizovaného objektu. S využitím vhodně zvoleného softwarového nástroje může být například dvourozměrný model postupně uživatelem převeden, vizualizován, do základní struktury 3D objektu. Velice zjednodušeně řečeno je dvourozměrný model doplněn, rozšířen o osu Z, čímž je dodán další rozměr. Jestliže má být výsledkem kompletní model budovy v co možná nejreálnější podobě, je nutné s takto vytvořenou „kostrou“ dále pracovat tak, abychom dosáhli reálného obrazu. Toho docílíme tzv. renderingem, jímž se určují v závislosti na použitém softwaru různé parametry obrazu. Pod tyto techniky, které mají pomoci co nejlépe simulovat skutečný objekt, patří například texturování, stínování, odrazy světla, radiozita, hloubka ostrosti, atd. Stupeň propracování detailů objektu a fyzikálních jevů ve vztahu k vytvářenému modelu a okolnímu prostředí zásadní měrou ovlivňuje výslednou podobu celkového obrazu a míru podobnosti skutečné realitě. [11]

Součástí renderingu je již zmíněné texturování, tedy vytváření a mapování textur, jímž se aplikuje jakýsi obal základní konstrukce objektu. Umístění zvolené textury pro daný bod je určeno pomocí dalších dvou přidaných souřadnic (kromě prostorových souřadnic X, Y a Z). To také umožňuje, kromě jednoduchého texturování pouhým obarvením plochy, například umístění více vrstev, které v určeném místě vytvářejí třeba lesk či transparentnost povrchu. [8] Texturování lze doplnit také metodou Bump-mapping, která napodobuje drobné nerovnosti povrchu. Z hlediska způsobu vytváření textury rozlišujeme pak tzv. rastrovou texturu, kdy je použit předem připravený rastrový obrázek (např. fotografie, letecké snímky, vzorníky) a pro výsledný efekt je důležitá dostatečná detailnost textury, a tzv. procedurální texturu. Ta je vyjádřena pomocí nějaké matematické funkce a její výhodou je především fakt, že nezáleží na rozlišení, protože se pružně přizpůsobí renderovanému obrazu. [12] Ne všechny povrchy však lze matematicky

vyjádřit. V závislosti na použité textuře je možné dosáhnout velmi dobrých výsledků a vysoké úrovně detailu i při použití relativně jednoduchého základního modelu. [8]



Obrázek 1 – Jednoduché názorné zobrazení procesu tvorby modelu [13]

Již byla zmíněna i nezanedbatelná role fyzikálních jevů, čímž je v souvislosti s 3D modelováním myšleno zejména šíření, lámání, rozptyl nebo pohyb světla. Pro realistický vzhled scény je potřeba simulovat především šíření a rozptyl světla, a to v celé scéně (tzv. globální osvětlení scény). Nejvýznamnějšími algoritmy jsou sledování paprsku a radiozita (zde je tomu právě naopak). Metoda sledování paprsku dokáže pracovat i se zrcadlovými či průhlednými objekty, nehodí se však pro zobrazení situace v reálném čase. U radiozity je tomu naopak a scéna musí být reprezentována polygonálním modelem. [11] Konkrétněji se výše uvedeným postupům v rámci 3D modelování bude věnovat následující text.

Trojrozměrný model objektu nemusí být konečným statickým stádiem projektu. Je možné s ním i dále pracovat a provést jeho animaci. Pod pojmem „animace“ se zde nerozumí jen samotný pohyb objektů, ale i definice zdrojů světla, úhlu pohledu kamery, barev a dalších prvků, které se mohou měnit v čase. [8]

Především v posledních letech se hlavně s nástupem CAD technologií masivně upouští od manuálního zpracování projektů, a to nejen v oblasti architektury, projektování a interiérového designu. Digitalizace umožňuje pružněji reagovat na změny v požadavcích na projekt, je mnohem snazší a méně pracné nabídnout zadavateli či potenciálnímu zákazníkovi více variantních provedení a v neposlední řadě převést projekt do 3D podoby a využít možností vizualizace a animace tohoto modelu. Trojrozměrná modelace je také obvykle velice dobře srozumitelná pro širokou veřejnost

a dává jasnou představu o modelovaném objektu. Využití vizualizace je velice široké od posouzení vhodnosti umístění budovy do stávající zástavby, celkového dojmu ze stavby, praktického uspořádání a dispozic vnitřních prostor až po detailní plánování interiéru a vybavení, včetně barevných provedení, atd. V dnešní době se stává již standardem, že většina seriózních projekčních kanceláří nabízí zákazníkům možnost jakési „virtuální prohlídky“ projektovaného objektu. 3D vizualizaci objektů lze tedy využít například v komunikaci se zákazníkem během tvorby projektu, při vlastní realizaci stavby či následném vybavování objektu, technické zabezpečení budov, pro reklamní účely, prezentaci projektů, animované prezentace pro další zpracování či umístění na webové stránky, interaktivní prezentace Flash, atd. [14]

2.1 Modelování a reprezentace těles

Proces geneze digitálního objektu v trojrozměrném prostoru zahrnuje především vlastní modelování a reprezentaci modelu, který je pomocí počítačové grafiky vytvářen.

2.1.1 Modelování

Modelování je v podstatě proces tvarování a vytváření 3D modelu. Ten se dá vytvořit, buď přímo na počítači pomocí modelovacího nástroje, nebo z dat získaných měřeními z reálného světa (lze sem zařadit i povrchové snímání těles, skenování), popřípadě na základě počítačové simulace. Modelováním objektu definujeme tvar prostorových objektů za pomoci datových struktur a algoritmů pro vytváření a následnou manipulaci s 3D objekty. Hmota tělesa je ohraničena stěnami, které toto těleso hranově vymezují. Každá hrana vždy začíná a končí v jednom z vrcholů, jež jsou uspořádány do smyček, a daná stěna je jimi vymezena. [15]

Hraniční reprezentace

Reprezentace tělesa je popsána jako mnohostěn zcela určený svými hranicemi (stěnami, hranami a vrcholy). Kromě geometrických vlastností může mít těleso například i optické vlastnosti povrchu jako jsou barva, textura, odrazivost, atd. Hranice tělesa

představuje pro člověka jeho přirozenou reprezentaci především proto, že většina lidí má tendenci zobrazovat těleso právě pomocí jeho obrysů.

Hranice tělesa vymezujeme nejčastěji dvěma způsoby. V polygonální (ploškové) reprezentaci jsou oblé plochy těles nahrazeny sítí trojúhelníků, naproti tomu analytická reprezentace popisuje těleso matematickou funkcí.

Modely v hraniční reprezentaci se rozlišují podle konstrukce na hranové, povrchové a analytické modely. Hranový (drátěný) model je popsán pomocí vrcholů a hran, nedefinuje tedy hmotu tělesa ani jeho objem. Nevýhoda tohoto modelu tkví zejména v absenci jakýchkoliv bližších informací o vzniklých plochách, nelze vyčíst například, zda se jedná v daném místě o stěnu či otvor, apod.

Nejčastěji používaným typem hraniční reprezentace v počítačové grafice je povrchový (polygonální) model, kde již topologie tělesa obsahuje informace o tzv. ploškách. Tyto plošky mají zpravidla tvar trojúhelníků, ačkoliv většina standardů pro zobrazování 3D dat podporuje n -úhelníky. Poslední formou této reprezentace jsou analytické modely, nejčastěji v podobě Béziérových ploch. Pro výpočet se využívají převážně křivky třetího stupně, tzv. kubiky, určené 4 řídicími body. [16]

Dalším typem analytických modelů jsou tzv. B-spline modely, kde změny pouze části B-spline plochy dosáhneme změnou jediného řídicího bodu. Obecnějšími křivkami tohoto typu jsou potom tzv. NURBS⁵ – neuniformní racionální B-spline křivky. [18]

Konstruktivní geometrie těles

CSG (konstruktivní geometrie pevných těles) – modely se konstruují z primitivních geometrických těles (koule, kvádr, válec, kužel, toriod). Za pomoci množinových operací (sjednocení, průniku a rozdílů) a prostorových transformací se vytváří výsledný objekt. Tato reprezentace se používá hlavně v projektování a CAD systémech. Využívá se ovšem spíše ve fázi vytváření samotného tělesa, ale není příliš vhodná pro jeho zobrazení. Neobsahuje totiž přímo vykreslitelné prvky, jako jsou plochy nebo hrany, proto se pro zobrazení těleso následně převádí do reprezentace jiného typu (hraniční nebo objemové). [16]

⁵ NURBS – Non-Uniform Rational Basis Spline – matematická metoda modelování [18].

Objemová reprezentace

Tato reprezentace se využívá u 3D modelování, kde není k dispozici geometrický popis tělesa. Je známa pouze sada vzorků určitého povrchu či objemu. Data můžeme rozdělit na rozptýlená nebo uspořádaná do podoby pravidelných či nepravidelných mřížek. Pravidelná uspořádaná data se získávají například prostřednictvím lékařských tomografií nebo 3D skenerů. Příkladem nepravidelných dat pak může být třeba simulace proudění kapalin. Rozptýlená data získáme například cestou meteorologických měření teploty nebo tlaku. Elementárními objemovými prvky jsou tzv. voxely. Ty jsou, zjednodušeně řečeno, jakýmsi ekvivalentem pixelu pro práci v 3D prostoru. Voxel je tedy nejmenší část prostorové mřížky a má v celém svém objemu konstantní hodnotu.

Objemové modely se dají převést na polygonální modely metodou zvanou „Matching cubes“, kterou vynalezl již v roce 1987 Lorence Cline. Jedná se v podstatě o popis daného voxelu pomocí plochy navzájem propojených n-úhelníků. [16]

2.1.2 Promítání

Promítání je de facto způsob zobrazování 3D grafiky ve 2D prostoru tak, aby byl zachován prostorový vjem. Promítáním se zabývá deskriptivní geometrie, jež rozlišuje mnoho různých metod, pomocí nichž lze z dvojrozměrného obrázku, získaného promítáním, regresí odvodit prostorové vztahy původně trojrozměrného objektu. [20] V počítačové grafice se téměř nevyužívá kolmé projekce, která není dostatečně názorná, a je mnohem častější reprezentace v rovnoběžném či středovém promítání. Rovnoběžné promítání je možné, podle svíraného úhlu mezi paprsky a průmětnou, dále dělit na *pravoúhlé* a *kosoúhlé*. Mezi pravoúhlé (ortografické) promítání, kdy jsou paprsky kolmé na průmětnu, patří i *axonometrické* a *izometrické promítání*. [17] V případě kosoúhlého promítání svírají paprsky s průmětnou jiný úhel než 90° . Spadá sem například promítání *kavalírní* (v úhlu 45°) nebo *kabinetní* (úhel kolem $63,4^\circ$; třeba Arcan2, aj.).

Středové (perspektivní) promítání je charakteristické tím, že paprsky vychází z jednoho bodu a obecně může mít průmětna libovolnou polohu. Rozlišujeme však perspektivu jednobodovou, dvoubodovou a trojbodovou. Ta je vždy dána počtem souřadnicových os, které protíná průmětna. Oproti rovnoběžnému promítání je mnohem realističtější. [20]

2.1.3 Animace

Než může být objekt vyrenderován, tak musí být umístěn někde ve scéně. Tímto se definují prostorové vztahy mezi objektem a scénou obsahující umístění a velikost. Animace se odkazuje na dočasnou vlastnost téhož objektu, tj. jaké pohyby a deformace má objekt v čase. Mezi populární metody sice patří: keyframing, inverse kinematics a motion capture, i přesto se však většina z těchto technik používá ve spojení s ostatními. [9]

2.1.4 Rendering

Pokud je dokončena modelace objektu, následuje zpravidla další fáze 3D vizualizace, kterou je rendering předmětů s povrchy a texturami, jež celkově vykreslují různé barvy, odlesky, povrchy, apod. Jednoduše řečeno se z drátěného modelu stává reálný předmět, který může být, buď statickým obrázkem, nebo jej lze následně animovat do různých obrazových sekvencí. Jedná se o proces poměrně časově náročný, kdy je zapotřebí přesných a konkrétních požadavků, a ty je vhodné definovat na samotném počátku, aby byl výsledek co možná nejvěrnější. [9]

Pod pojmem rendering se ukrývá celá řada vizualizačních algoritmů a jedná se de facto o celý proces zobrazování 3D scény. Třírozměrná scéna, která je modelována v počítači, se skládá z objektů, světel a kamery, ta především reprezentuje polohu pozorovatele. Scéna ale může mít i globální fyzikální vlastnosti, jako je například vítr, může se zohlednit gravitace, apod. Na druhé straně mohou být jednotlivým objektům přiřazeny vlastní lokální atributy (například hmotnost, aj.). Tyto údaje se potom využívají zejména při simulacích pohybu objektů a jejich vzájemné interakci.

Rendering převádí model na obrázek, buď pomocí simulací light transport k získání fotorealistických obrázků, nebo použitím nějakého druhu stylu jako non-photorealistic rendering. Dvě základní operace v renderingu jsou doprava, tj. jak moc světla se dostane z jednoho místa na jiné a rozptyl, tedy jaký povrch ovlivňuje světlo. Tyto kroky obvykle vykonává použitý počítačový 3D grafický software nebo 3D grafické rozhraní (3D Graphics API). Proces provádění změn ve scéně do vyhovující formy pro rendering rovněž znamená 3D projekci, která nám dovoluje trojrozměrný obrázek vidět dvourozměrně. [11]

Metody renderingu

Metody používané v renderingu lze podle stínování a osvětlení rozdělit na lokální, globální a jednoduchý rendering. [11]

Lokální rendering se zabývá pouze odrazem světla od jediného bodu na povrchu objektu. To znamená, že se zaměřuje pouze na jeden vybraný objekt scény. Používá se především v případech, kdy je nejdůležitějším požadavkem okamžité zobrazení (např. fyzikální simulace, 3D grafické editory).

Globální renderingové modely naopak pracují na bázi detailní simulace šíření světla ve scéně, definují odrazy a pohlcování světla v prostředí, ve kterém se šíří, a jeho rozptyl i na drobných částech prachu, vzduchu či aerosolů. Vypočítávají světelný lom, průchod poloprůhlednými objekty, atd. Snaží se tedy věrně simulovat mnohonásobné odrazy světla mezi různými objekty v reálném světě, kde barva každého bodu je tak výslednicí komplikované trajektorie množství světelných paprsků. Hlavní metody globálního renderingu představují raytracing a radiozita. [17] Ideální je však jejich kombinace. Přednostně se globální rendering používá zejména tam, kde je na prvním místě kvalita obrazu. Již zmíněný raytracing představuje metodu sledování paprsku, který je vyslán z místa kamery (pozorovatele), zjistí se jeho průsečík s nejbližším objektem a následně jsou vypočítány vržené stíny od světelných zdrojů. V místě každého odrazu paprsku světla od povrchu objektu se tak vrhnou ke všem světelným zdrojům ještě sekundární, tzv. stínovací paprsky (shadow rays). Jestliže na scéně figuruje více světelných zdrojů, je třeba vyslat stínovací paprsky ke všem těmto zdrojům. Nevýhodou této metody je někdy snad až nereálně dokonalý výsledný obraz, což lze ale korigovat využitím tzv. distributivního raytracingu⁶. Další modifikací je také metoda ray casting (vrhání paprsků), která se však převážně používá pro rychlejší náhled na scénu. [16] Radiozita naproti tomu zpracovává scénu podle vyzařování jednotlivých ploch a energetické bilance celé scény. Efektivnost této metody tkví zejména ve věrném podání stínů i polostínů a podpoře plošných světelných zdrojů. Obrovskou předností je schopnost silně osvětlené plošky chovat se jako zdroj světla. [16]

Rendering pomocí jednoduchého stínování je nejrychlejším způsobem renderingu, který využívá tzv. Z-buffer. Vykresleny jsou pouze nejbližší body z pohledu kamery

⁶ Při výpočtu odrazu vysílá svazek paprsků a jejich směr se pak odklání o náhodný úhel od paprsku ideálního odrazu.

a nevykresluje ani žádné efekty, jako jsou zrcadlové odrazy či lom světla. Touto metodou nelze vykreslit detailní stíny a často nejsou příliš přesně vykresleny hrany objektů, neboť provádí pouze celočíselné výpočty. [11]

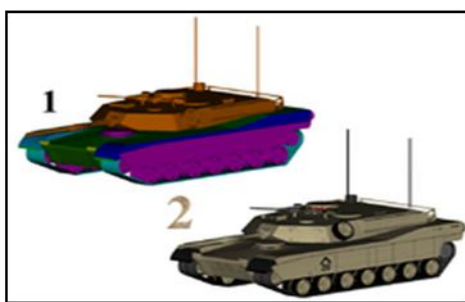
2.1.5 Světlo a stín

Stíny se pro oblast počítačové grafiky definují jako spojité barevné přechody, které způsobuje odlišné osvětlení různých částí objektu. Pro potřeby 3D grafiky se využívají tři základní druhy stínování. První metodou, konstantním stínováním (také flat shading), dochází k výslednému zobrazení v jakýchsi ploškách, což je způsobeno výpočtem barvy. V tomto případě je barevný odstín určen pouze prvním (vertexem) nebo všemi třemi vrcholy. Lepších výsledků dosahuje Gouraudovo stínování, ačkoliv i zde může být základem pro výpočet výchozí barva všech tří vrcholů, ale tyto hodnoty se dále uvnitř polygonu lineárně interpolují, čímž dochází k vytvoření iluze zaoblenosti. Poslední, nikoliv však svým významem, je metoda Phongova stínování, která pracuje tzv. „per-pixel“ a iluze oblého povrchu je zde dosaženo interpolováním směru hranové a polygonové normály podle povrchu polygonu s nastavitelnou velikostí odrazivosti (lesklosti) materiálu. [21]

2.1.6 Textury

Jedná se o vizuální vlastnost povrchu objektu, která nanesením nemění jeho geometrii. Nanášení struktury však podstatným způsobem ovlivňuje konečnou podobu modelovaného objektu. Laicky řečeno textura je obrázek, kterým je obaleno modelované těleso. Pro samotnou výrobu textury můžeme využít, jak fotografický materiál, tak si ji vyrobit přímo v PC. Lze tedy vytvořit texturu podle vlastních představ, a to zejména v případech kdy požadovaná textura ve skutečnosti ani neexistuje. Při využití fotografie reálného objektu, vyniká 3D model velmi dobrými výsledky a vysokou úrovní detailu, tedy vysokým LoD.

Použité textury rozlišujeme především na dvojrozměrné a trojrozměrné. Dvojrozměrné jsou reprezentovány obrázkem či tabulkou hodnot, trojrozměrné pak nějakým trojrozměrným polem hodnot (nejčastěji voxely). [22]



Obrázek 2 – 1. 3D model bez textury, 2. 3D model s texturou [12]

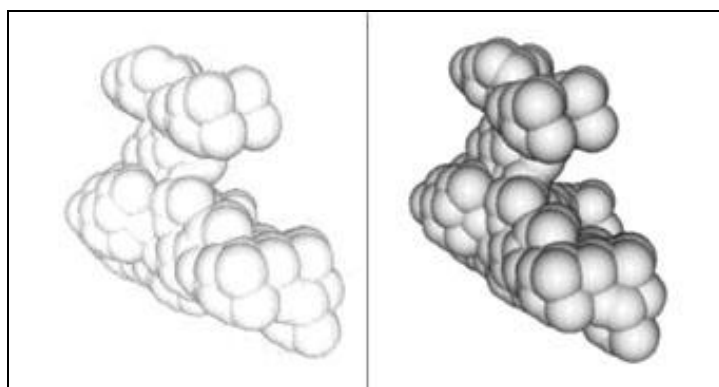
LoD, neboli „Level of Detail“, je jedním ze základních termínů používaných v rámci 3D modelování a udává úroveň podrobnosti. Tento termín popisuje, do jakých detailů až má být objekt vizualizován. Pokud budeme 3D modelovat například město, je snaha o vyvolání dojmu, že se ve městě opravdu nacházíme, procházíme jeho ulicemi, případně nad ním prolétáme. Rozlišovací schopnost lidského oka se snižuje při vzrůstající vzdálenosti pozorovaných objektů. Pro dosažení co nejreálnějšího dojmu bychom měli mít při pohledu do ulic virtuálního města dojem, že budovy blíže k nám jsou zobrazené do nejmenších detailů, kdežto s přibývajícím vzdáleností od nás, jako pozorovatele, detailů ubývá, takže na horizontu už vidíme pouze obrysy či bloky budov. Bohužel neexistují pro LoD žádná všeobecně uznávaná pravidla, kterými by se daly jednotlivé úrovně přesně definovat. [22]

Dvojrozměrné textury

Tyto textury mají formu nějakého obrázku, fotografie, apod. Zvolená textura se přichytí na povrch objektu. Může se jednat o zcela libovolný obraz, ovšem je třeba dbát na návaznost jednotlivých textur. Umístění na některé objekty je velmi obtížné a mohou nastat také problémy s aliasingem, které není možné vždy uspokojivým způsobem vyřešit. Pomocí 2D textur lze také poměrně snadno vytvořit děravý objekt tak, že se nastaví transparentní barva a při konečném renderování se plochy s touto barvou jednoduše nevykreslí. Dále je možné pomocí těchto textur vytvořit například hrbolaté povrchy tak, že se změní kolmice k povrchu objektu (normálový vektor), která má zcela zásadní vliv při výpočtu osvětlení vyšetřovaného bodu. [22]

Trojrozměrné textury

Tato metoda vychází z předpokladu, že objekt je tvořen jednolitým materiálem a je z něho „vyříznut“. Trojrozměrné textury vyplňují celý 3D prostor, avšak jsou aplikovány pouze v místě, kde protínají povrch objektu. Odpadá tedy problém navazování. Vzniká zde ovšem obrovská nevýhoda, a tou je relativně složitá příprava textury s využitím nějaké formy programování nebo kombinacemi již hotových textur. Můžeme jejich pomocí vytvořit například srst, mech, kůru, aj. Další možnost využití 3D textur se nabízí i při definování struktury objektů, jako jsou mraky a podobně, kde textura v podstatě vyplní celý objekt. [22]



Obrázek 3 – Mrak, zleva 2D textura a 3D textura [35]

2.2 Porovnání programů pro 3D

Programů pro 3D modelaci je nepřehledné množství, proto je následující výčet zúžen, s ohledem na zaměření práce, hlavně na programy využitelné v architektuře a stavebnictví.

2.2.1 ArchiCAD

Tento program je výrobkem firmy Graphisoft, která jej začala vyvíjet již roku 1984 za úzké spolupráce s profesionálními architekty. Je založen na přímém projektování virtuální budovy v trojrozměrném prostředí. Projektantem vytvořený virtuální model objektu se dá procházet v reálném čase, což umožňuje již ve fázi vlastního projektování vše s klientem konzultovat. Takto vytvořený 3D model je pro zákazníka mnohem

srozumitelnější než hůře čitelná projektová dokumentace a dává mu jasnou představu o tvaru, prostoru a celkové koncepci. Velmi snadno lze v programu nastavovat řezy, stíny a analyzovat jednotlivě každou stránku návrhu. Dále ArchiCAD umožňuje zpracovávat různé analýzy životního cyklu stavby, interaktivní výpisy a tabulky. Projektant na modelu simuluje vytváření reálné stavby, při dodržení přesných stavebních postupů dle návrhu 3D modelu a je tedy také možné získat například poměrně přesné finanční odhady na provedení stavby. [23]

ArchiCAD ve velké míře využívá tzv. inteligentní stavební prvky, které mají tu vlastnost, že umí automaticky přizpůsobit úroveň svých detailů podle měřítko modelu. Vysoce parametrická povaha těchto prvků umožňuje projektantovi okamžitě měnit jejich geometrii a vlastnosti, což celý systém činí velice pružným a dynamickým. Tento software uchovává všechny informace o budově v jedné databázi, která je totožná s příslušnou virtuální budovou. Tím se například změny provedené v jednom dokumentu automaticky projeví i v ostatních částech projektu. Poměrně významným aspektem tohoto programu je také dostupnost velké řady doplňkových programů, které prací s ArchiCADem usnadňují. [24] Navíc je nutno dodat, že mnoho výrobců stavebních prvků a komponent dává zdarma k dispozici elektronickou podobu svého sortimentu ve formě objektů pro ArchiCAD, například (cihlové systémy) Heluz, Prefa Brno, nábytek Exner, OfficePro, (komíny) Schiedel, (okna) Velux a další [23]. Především zajímavostí je pak propojení ArchiCADu s programem Google Earth a možnost využívání objektů z Google 3D Warehouse. Při využití přídatného modulu, je pak možné v ArchiCADu pracovat i s modely vytvořenými v programu Google SketchUp. [23]

Vlastní program je v současné době vydáván ve verzi 13, a to pro platformu Win a MAC. Firma Graphisoft tento produkt prodává koncovým uživatelům za cenu cca 140 tis. Kč bez DPH. [24]

2.2.2 Rhinoceros

Je to univerzální 3D modelovací nástroj společnosti McNeel, který modeluje pomocí tzv. NURBS křivek. Jednou z nejsilnějších stránek tohoto programu je možnost navazovat mezi sebou jednotlivé plochy plynulými či ostrými přechody a spojovat je do těles. Na tělesa a spojené plochy můžeme aplikovat jakékoliv standardní deformační a transformační příkazy, jako je kroucení, ohyb nebo přizpůsobení páteřní křivce či ploše,

aniž by došlo k jakémukoliv poškození nebo porušení spoje ploch. Tato technologie se nazývá „Universal Deformation Technology (dále jen „UDT“). Rhinoceros využívá díky plné podpoře standardu OpenGL2 realtime rendering, nastavování průhlednosti textur či vytváření vlastních stínovacích režimů. Zajímavostí je také velká škála importních a exportních filtrů. [25] Lze importovat a exportovat jak standardní CAD formáty, tak například objekty z Google SketchUp nebo 3D Studia či export do Google Earth. Rhinoceros je mimochodem možné provozovat pod platformami Microsoft Windows a Apple Mac.

V současné době je program dostupný ve verzi 4 a jeho cena pro koncového zákazníka činí 25 tis. Kč bez DPH. [26]

2.2.3 Arcon

Arcon patří mezi vysoce interaktivní nástroje pro projektování a 3D vizualizace. Využívá technologie Direct-X, která se vyznačuje extrémně vysokou rychlostí při práci v prostoru a dává tak uživateli možnost pohybovat se v modelu prakticky v reálném čase. Editaci stavebních prvků může uživatel provádět, jak v 2D, tak 3D prostoru, a tím vytvářet pocit budování reálné stavby. Vizualizace návrhu se provádí metodou raytracing a osvětlení lze nastavit nejen na denní či noční, ale také v závislosti na rozmístění světél. U jednotlivých světelných zdrojů lze nastavit jejich intenzitu, dosah, barvu a také „měkké stíny“, což zaručuje výslednou věrohodnost vizualizací. ArCon dále umožňuje ovlivňovat typy textur a vlastnosti materiálů pro všechny elementy. V rámci projektu je možno definovat průchody návrhem a ty následně vygenerovat jako video (formát AVI).

Součástí programu je i software FAMADA, který umí generovat kompletní výměr pro rozpočet. Zajímavostí při vytváření projektu může být prezentace jako 3D webová stránka. Také lze přes Internet „na dálku“ ukázat klientovi návrh v ArConu bez nutnosti použití dalšího softwaru. Návrhem pak lze procházet, uložit vybraný pohled jako rastrový obrázek nebo spočítat raytracing. Velkou předností celého softwaru je rozsáhlá 3D knihovna, která obsahuje přes 25.000 objektů se sortimentem konkrétních výrobců zabývajících se oblastmi, jako jsou stavby koupelen, kuchyní, výrobou vestavěných skříní, krbových kamen a podobně. ArCon je tedy brán na zřetel obchodní podporou řady výrobců, například Rako, Indeco CZ, OfficePro a další. Neméně

důležitým aspektem je také velká škála importních a exportních filtrů, a to jak ve 2D, tak 3D modelování.

V současné době je software ArCon dostupný ve verzi 9 a jeho cena pro koncového zákazníka se pohybuje okolo 39 tis. Kč bez DPH za verzi Profesionál a 9 tis. Kč bez DPH za verzi Small Business. Daný software lze však provozovat pouze pod platformou Microsoft Windows [27].

2.2.4 SoftCAD.3D

Jedná se o efektivní a profesionální 3D designérský nástroj firmy ArchiTech pro návrhy staveb, jejich interiérů, okolního prostředí a 3D objektů. Je vybaven speciálními nástroji určenými pro architekty, výtvarníky, urbanisty a 3D designéry. Navigace pomocí OpenGL rozhraní a fotorealistické vržení stínů předurčuje SoftCAD.3D k využití jako komplexní nástroj pro vizualizace.

3D model může být pomocí DXF/DWG⁷ formátu exportován nebo importován i mezi tímto a jinými 2D CAD programy. Tato podpora platí i pro import terénu, který se poté může snadno editovat či domodelovat. SoftCAD.3D má také zaimplementovanou rozsáhlou knihovnu 3D objektů a jeho vizualizace je na profesionální úrovni (16,7 mil. barev). Program umí vytvářet, jak statické modely, tak i animace, a k modelaci využívá metodu Bézierových ploch. Dále software pracuje s OpenGL rozhráním pro přímou manipulaci ve 3D a umí také automaticky generovat řezy a průniky. Snad jen drobnou nevýhodou může být fakt, že SoftCAD.3D je naprogramovaný pouze na platformu Microsoft Windows.

Cena tohoto softwaru se pohybuje okolo 40 tis. Kč bez DPH za jednu uživatelskou licenci [29].

2.2.5 Blender3D

Blender3D je výkonná aplikace zaměřená na vytváření 3D modelů, animací a rendering. Při modelování umí pracovat jak s NURBS, tak i s Bezierovými a B-spline křivkami. Využívá standardů OpenGL a díky tomu bez problémů zvládá nejen všechny

⁷ DXF – Drawing Exchange Format – formát datového CAD souboru; DWG – Drawing – soubor pro ukládání 2D a 3D objektů a metadat [28].

klasické povrchové módy objektů, ale také průhlednost textur či animovatelné reflexní mapy. Blender zvládá také přehrávání her nebo interaktivních 3D aplikací bez kompilování a přepočítávání.

Nespornou výhodou je možnost vytváření a přidávání nespočetných pluginů a skriptů, které celý systém vylepšují dle přání konkrétního uživatele. Blender je Open Source software, což znamená, že jeho kód je otevřený a každý uživatel si může legálně tento program upravit podle své potřeby a zároveň ho využívat pro soukromé i komerční účely. Jde také o program multiplatformní a dá se tedy provozovat pod všemi známými typy operačních systémů, jako jsou Microsoft Windows, Linux, Apple Mac, Sun Solaris, aj. [30]

2.2.6 Google SketchUp

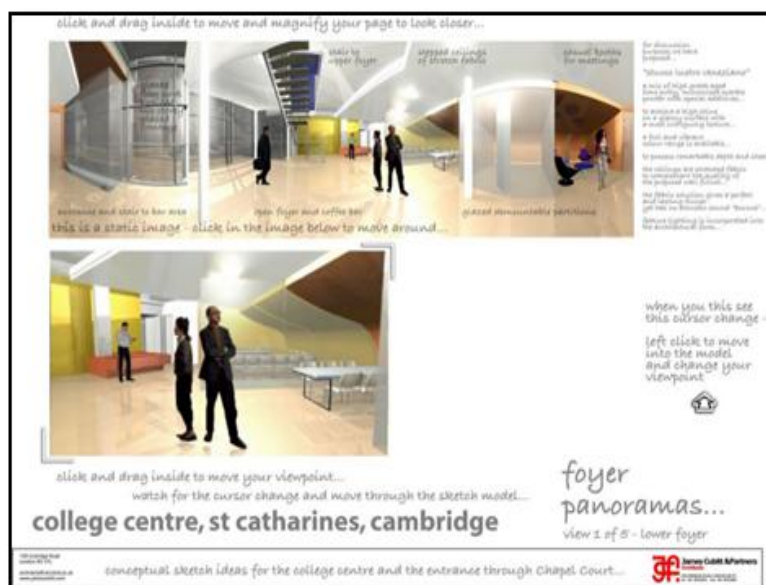
Google SketchUp je 3D modelovací nástroj určený nejen pro modeláře, architekty, stavební inženýry, ale také pro širokou veřejnost. Tomu napovídá samotné motto tvůrců programu „3D aplikace pro každého“. Slouží pro přesné modelování, i rychlé a flexibilní 3D skicování, a hned na první pohled je velice přehledný a intuitivní. Nevyžaduje komplikovanou sadu příkazů jako v jiných CAD systémech, ale kombinuje ucelenou a výkonnou sadu nástrojů s dynamickým a kreativním využíváním 3D tvaru, materiálu a světla. [31]

První verze aplikace SketchUp byla vydána již v roce 2000 americkou firmou @Last Software. Ta SketchUp vlastnila až do roku 2006, kdy celý projekt odkoupila společnost Google (dále jen „Google“). Na českém trhu byla aplikace představena v roce 2003 společností 3E Praha. Google převzal původní koncepci a již začátkem roku 2007 vydal novou, v pořadí již šestou, verzi programu s pozměněným názvem „Google SketchUp“, kterým je program označován až do současnosti. Po vlastním převzetí projektu se však společnost Google rozhodla program licenčně rozdělit na dvě základní verze: SketchUp Standard a SketchUp Pro. Verze Standard je freeware aplikace určená pro širokou veřejnost. Je však omezena o některé funkcionality oproti verzi Pro. Google SketchUp Pro je naopak komerční software, který byl, verzi 6 počínaje, doplněn o podpůrné programy jako je Google LayOut a Google Style Builder. [32] Za tímto textem následuje Tabulka 1, která poskytuje podrobnější přehled o odlišnostech obou verzí.

Program Google Style Builder, jak již sám název napovídá, slouží pro vytváření vlastních stylů. Při vložení modelu vytvořeného v Google SketchUp a drobném nastavení stylu čar, bude výsledný model vypadat jako ručně kreslená skica.

SketchUp má velice propracované texturování a stínování 2D a 3D objektů. Zde je výhodou rychlé a kvalitní nastavení vlastností použitých textur, které můžeme vkládat jako obrázky či fotografie. Použít lze i mnoho textur, které se dají zdarma stáhnout ze stránky produktu, a to spolu se spoustou dalších balíčků 3D objektů a texturovacích materiálů. Textury na objektu je potom možné jednoduše pomocí jednoho kliknutí posouvat, zvětšovat a různě upravovat. V aplikaci SketchUp jsou navíc také například stíny. Poměrně lehce můžeme nastavit polohu slunce pomocí zadání roční a denní doby, podle které se pak stíny automaticky zobrazují. Vložit můžeme i obrázek do pozadí, a to jako doplněk či vlastní pozadí, které modelu dodá mnohem realističtější vzhled. [33]

Google LayOut má stejné graficky příjemné prostředí jako SketchUp, nicméně je určen pro plány, nákresy a náčrty ve 2D. Po první beta verzi vyšla nedávno společně s Google SketchUp 7 druhá, nyní již „ostrá“ verze Google LayOut 2. Příbuznost těchto dvou produktů a projektů v nich vytvořených výborně zvýrazňuje precizní nástroj *Push/Pull*, na který má společnost Google dokonce vlastní patent. Tento nástroj totiž dokáže během několika sekund přetvořit 2D objekty na 3D, a to chycením povrchu 2D objektu a následným „vytažením“ do třetího rozměru. [34]



Obrázek 4 – Možnosti prezentace v Google LayOut [31]

Další z výhod aplikace SketchUp je obrovská podpora výrobců, kterou jasně ukazuje internetová stránka Google 3D Warehouse. Na této stránce mohou totiž všichni uživatelé programu SketchUp sdílet svoje modely, vyhledávat a zdarma stahovat modely jiných uživatelů. Při používání programu SketchUp je tedy rychle a zdarma k dispozici mnoho modelů, které je možno nahrát do modelovaných scén a ušetřit tedy nejen čas, ale i vynaloženou práci. V 3D Warehouse je možné najít téměř vše, od malých modelů, jako jsou různé doplňky do interiéru, po velké modely budov a měst. [35]

Práci s programem si může uživatel usnadnit i zakoupením pluginů z oficiální stránky Google SketchUp plugins. [31] Pokud dává přednost podpoře v podobě volně dostupným pluginům, jsou jich na internetu k dispozici stovky. Pluginy mohou do aplikace SketchUp přidat, jak nová tlačítka s funkcemi, tak doplnit různé schopnosti. Jako příklad lze uvést plugin Sketchy Physics, díky kterému se dají zpracované modely různými způsoby rozpohybovat a dokáže i simulovat zemskou přitažlivost či odstředivou sílu. Některé profesionální placené pluginy importují plugin, jež dokáže model z programu SketchUp exportovat přímo do cílového modelovacího či renderovacího programu nebo mohou naopak importovat celý renderovací software přímo do aplikace Google SketchUp. [7]

Jedna z nesporných výhod aplikace Google SketchUp je také možnost exportu a importu ve formátu KMZ. Tento formát slouží pro nahrávání modelů do prohlížeče satelitních fotografií Google Earth nebo právě naopak získávání satelitních fotografií jako podklad pro modelování nového 3D objektu. [31]

Stejně jako do KMZ můžeme exportovat objekty coby 3D modely do souborů s extenzí 3ds, dwg, dxf, dae, obj, wrl a xsi. Exportovat lze i aktuální vektorový či rastrový obraz, a to jako soubory typu JPEG, TIFF, BMP nebo PNG. Dále je možné vytvářet animace v AVI a PNG. Díky podpoře takového množství formátů lze model vytvořený v programu SketchUp rychle a jednoduše importovat, buďto do jiného profesionálního programu pro tvorbu 3D modelů, nebo do různých renderovacích programů. [7]

Výkon aplikace Google SketchUp je závislý na ovladači grafické karty a jeho schopnosti podporovat Open GL řady 1.5 a vyšší. Podporované operační systémy jsou MS Windows a MAC OS X. Velká výhoda v případě platformy MS Windows je možnost práce i na 64bitových verzích systému, stále však pracuje SketchUp jako 32bitová aplikace. Doporučená HW konfigurace pak představuje použití minimálně 2 GHz procesoru, 2 GB RAM a více, alespoň 500 MB místa na pevném disku a grafickou

kartu 3D s 512 MB vyhrazené paměti (případně více). Dalším nezbytným hardwarem je také tlačítková myš s kolečkem. [36]

Tabulka 1 – Porovnání freeware a placené verze Google SketchUp [32]

		Google SketchUp standard	Google SketchUp 7 Pro
Cena		Zdarma	15500 Kč bez DPH, s českou lokalizací a učebnicí
Zákaznická podpora	Technická podpora přes Email	Ne	Ano – v českém jazyce
	Online Help centrum	Ano	Ano
3D Modelování	Vytváření 3D modelů a využití nástrojů SketchUp	Ano	Ano
	Možnost přidávání informací a chování vlastních 3D modelů	Ne	Ano
Generování reportů	Generování modelů všech pojmenovaných entit s jejich atributy (ve formátu XML, CSV)	Ne	Ano
Export a import	Export 3D modelů ve formátu: 3DS,DWG,DXF,FBX,OBJ,VRML,XSI	Ne	Ano
	Export 3D modelů ve formátu: KMZ, DAE	Ano	Ano
	Export 2D vektorových souborů ve formátu: PDF, EPS,EPIX,DWG,DXF	Ne	Ano
	Export 2D rastrových obrázků ve formátu: JPEG,TIFF,PNG	Ano	Ano
	Import 2D a 3D CAD souborů ve formátu: DWG,DXF	Ne	Ano
	Import 2D a 3D souborů ve formátu: DAE,KMZ,3DS,DEM,DDF,JPG, TIFF,BMP	Ano	Ano
Dokumentace a prezentace	Vytváření dokumentace k modelům a jejich prezentace, Live a full-screen prezentace	Ne	Ano – v programu LayOut
	Zvolení plošných i prostorových měř v závislosti na detailu	Ne	Ano – v programu LayOut
	Automatická synchronizace 3D modelů a 2D dokumentů, vytváření mnohostránkových dokumentů v 2D: PDF, PNG, JPEG	Ne	Ano – v programu LayOut
	Vytváření animací	Ano	Ano
Tisk	Vysoce kvalitní tisk s různými zobrazovacími možnostmi (rastrové, vektorové i hybridní modely)	Ne	Ano – v programu LayOut
	Tisk různých velikostí a mnohostránková dokumentace	Ne	Ano – v programu LayOut
	Tisk jednoduchého náhledu modelu	Ano	Ano
Styly	Vytváření stylů s možností uživatelských oprav okrajů	Ne	Ano – v programu StyleBuilder
	Vytváření a sdílení vlastních Stylů	Ano	Ano
Integrace Google 3D skladu	Hledání, sdílení a skladování prefabrikovaných modelových komponent v Google 3D skladu	Ano	Ano
Integrace s Google Earth	Vkládání leteckých snímků a terénu z Google Earth	Ano	Ano

3 Vybrané příklady aplikace 3D modelování v PO

Zde je nezbytné opět připomenout, že pojem požární ochrana je mnohem širší než jeho doslovný význam a zahrnuje v sobě i další úkoly, kromě prevence a represe proti požárům jako takovým. Jednotky požární ochrany dnes daleko častěji zasahují u dopravních nehod či technologických havárií, které v sobě ovšem ukrývají i rizika jako následný požár, apod. (viz Tabulka 2). Požární ochrana je také velmi úzce provázána s havarijním, krizovým a civilním nouzovým plánováním. [37]

Tabulka 2 – Statistika událostí se zásahem jednotek PO za roky 2005–2009 [37]

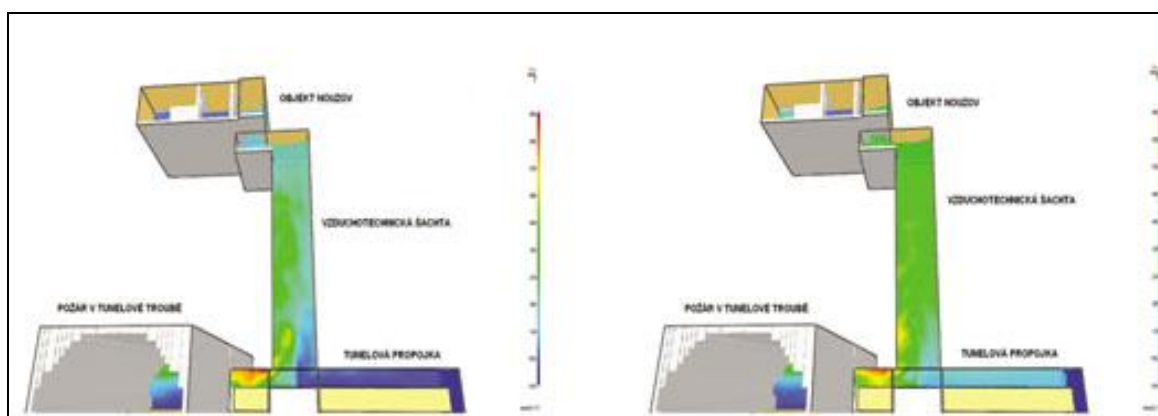
Druh události	Počet událostí				
	2005	2006	2007	2008	2009
Požáry	19 484	19 665	21 835	20 406	19 681
Dopravní nehody	20 681	18 976	21 270	20 063	19 004
Živelní pohromy	2 729	5 414	10 044	5 599	5 240
Únik nebezpečných chem. látek	5 630	5 809	6 377	6 242	5 916
Technické havárie	40 413	49 785	48 010	42 104	47 412
Radiační nehody a havárie	2	4	0	0	0
Ostatní mimořádné události	48	735	166	17	10
Plané poplachy	7 846	8409	8 148	8 194	8 251
Celkem	96 833	108 797	115 850	102625	105 514

3.1 Modelování v požární ochraně v rámci České republiky

V současné době se v rámci ČR používá modelování objektů pro potřeby požární ochrany spíše v komerčním sektoru nebo v oblasti vědy a výzkumu. Poměrně široké možnosti jeho praktického využití pro danou oblast ve veřejné správě má pomoci nastinit i tato práce. V následujícím textu jsou uvedeny některé již realizované projekty.

První z popisovaných modelací se týkala atypického řešení oddělení tunelových trub při požáru v místě strojovny. Jedná se o projekt týmu Vysoké školy Báňské – Technické univerzity Ostrava v čele s Ing. Isabelou Bradáčovou, CSc., vedoucí katedry požární ochrany a ochrany obyvatelstva na Fakultě bezpečnostního inženýrství [38]. Zde bylo modelování použito jako jeden z nástrojů inženýrského přístupu k řešení atypických situací, které jsou jen obtížně řešitelné tradičním přístupem. Jako objekt byl

vybrán silniční tunel Komořany. Jelikož se u zmíněné stavby nepodařilo zajistit certifikované požární žaluzie⁸ požadovaných rozměrů pro oddělení jednotlivých tunelových trub při teplotě vyšší než 200°C, bylo třeba modelací ověřit, zda se kouř a zplodiny hoření v prostoru spojovacího tunelu dostatečně ochladí. Potřebné numerické výpočty, ale i vlastní vizualizace, byly provedeny v programu Fire Dynamics Simulator verze 5.1.6. Ten umí realisticky zobrazit například pohyb kouře či vektory teplot proudění plynů, a to ve 2D i 3D konturách. [38]



Obrázek 5 – Model průběhu teplot ve 30. a 300. sekundě při požáru v tunelu [38]

Pomocí těchto modelací bylo tedy i názorně ověřeno, že konkrétní stavební řešení splní bezpečnostní požadavky a v případě požáru v jedné z tunelových trub o daném výkonu⁹ postačí k zamezení šíření kouře a přenesení požáru do druhé z trub. Vizualizace a numerický model tedy plně nahradily klasický výpočet, který nebylo možné v tomto atypickém prostoru použít. Navíc přináší i jasnou představu o vývoji požáru a šíření zplodin, což lze dále využít například i pro nácvik či zásah záchranářů při skutečném požáru. [38]

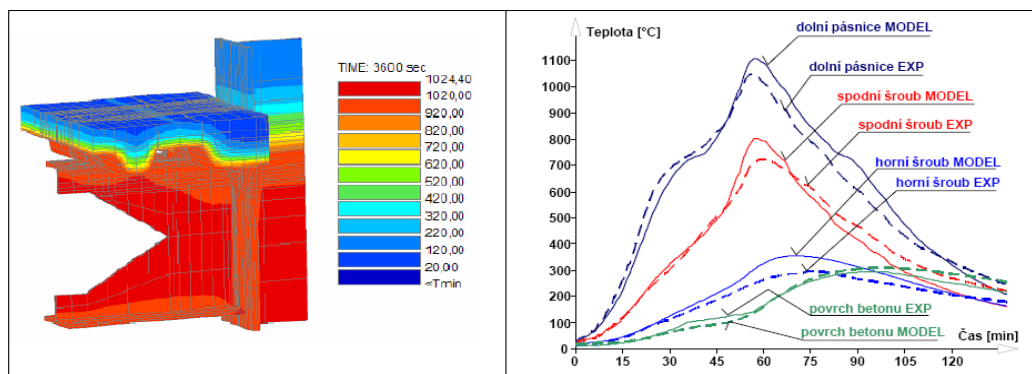
Počítačovou modelaci lze také použít při zkoušení a vývoji stavebních prvků a konstrukcí, jako tomu bylo v případě styčnic¹⁰ se zvýšenou požární odolností v rámci studie autorů prof. Ing. Františka Waida, CSc. a Ing. Jiřího Chlouby z Českého vysokého učení technického v Praze. K vytvoření předpovědního 3D modelu, na základě geometrie

⁸ Jedná se o klapky, které slouží při požáru či zamoření k oddělení jednotlivých trub, či sektorů tunelu na jednotlivé požární úseky.

⁹ Požár v blízkosti kouřové klapky o výkonu 50 MW reprezentuje nejnepríznivější modelovou situaci.

¹⁰ Pro potřeby stavební mechaniky se jedná o soustavu hmotných bodů spojených kyvnými pruhy.

stýčnicku, byl použit program SAFIR. Na jeho základě byl pak také vytvořen skutečný model pro návrh stýčníků určených pro praktickou požární zkoušku. Teploty, které byly programem vypočítány, byly sice vyšší, než při skutečném měření, ale nejednalo se o rozdíl příliš podstatný a dále byl snížen zohledněním dalších faktorů (např. laboratorní podmínky měření při zkoušce či odvod tepla do okolní konstrukce).



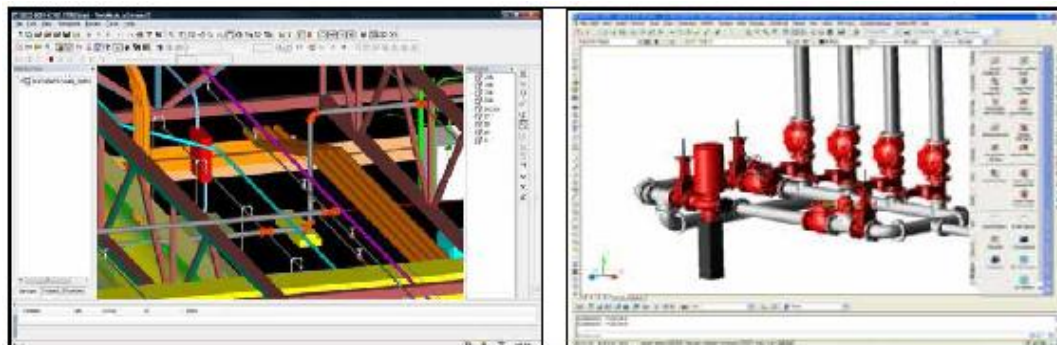
Obrázek 6 – Teplotní profil přípoje a Graf porovnání vypočtené a změřené teploty [39]

Tímto byl tedy nejen vyřešen technický problém složení požárně odolného nosníku, ale zároveň také ověřena poměrně dobrá shoda modelových a zkušebních měření. [39]

Kromě požárně bezpečné konstrukce budovy, je v mnoha případech (chemické závody, archivy, depozitáře, apod.) nezbytné zvýšit ochranu objektu vůči riziku požáru i použitím vybraných technických zařízení. Jedním z druhů stabilních hasicích zařízení jsou zařízení sprinklerová. Jedná se laicky řečeno o systém potrubí, vedeného nad zabezpečovaným prostorem, které je osazeno tzv. sprinklery. Ty existují v různých provedeních, ale pracují na podobných principech¹¹, stejně tak potrubí může být zavodněno nepřetržitě nebo k němu dochází až aktivací zařízení. Funkčnost a efektivitu hašení všech těchto zařízení ovlivňuje struktura potrubí, počet a typ sprinklerů, ale především důkladně provedené hydraulické výpočty vyplývající z dynamiky kapalin. Standardně se při plánování přímo nabízí k využití poměrně pestrá nabídka sprinklerových návrhových softwarů, jako např. OmniCADD® SDS, Fire for Windows, AutoSPRINK VR, GoFlow2000, aj. Kompletním balíčkem pro projektování sprinklerových zařízení je SprinkCAD, jehož prostřednictvím je možné nejen potrubí

¹¹ Obvykle je zde nějaká tepelná pojistka, kterou se hasicí zařízení aktivuje a druh ventilu a pojistky se volí v závislosti na zabezpečovaném prostoru, jeho charakteru a nárokům na technologii hašení.

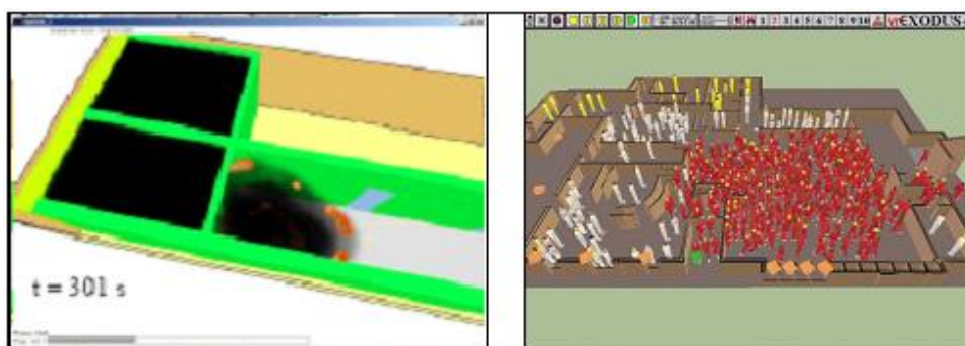
propočítat a vymodelovat 3D projekt sítě. Lze jej také dále kombinovat třeba s programem SprinkFDT, pro výpočet rychlosti, jakou bude zavodněno potrubí u suchého systému a tento proces v programu dále vizualizovat. [40]



Obrázek 7 – 3D model potrubí a detailu armatury v aplikaci SprinkCAD [40]

Trojrozměrnou počítačovou grafiku lze velice dobře využít i pro modelaci požárů a evakuace osob. Hovoříme zde o využití programů, jako jsou Smartfire, Pyrosim, Exodus či Simulex pro předpověď vývoje mimořádné události způsobené požárem a následnou evakuaci zasaženého prostoru. Podstatná pro výsledek, je potom úroveň propracování simulovaných procesů i zohlednění neměřitelných faktorů, jako jsou například dezorientace či snížená fyzická aktivita osob v zasaženém prostoru, panika, apod.

V rámci studie, zpracované skupinou studentů Vysoké školy Báňské – Technické univerzity v Ostravě, bylo využito při simulaci možných reálných událostí 3D modelování vývoje požáru a následné evakuace osob. Výstupy z projektu mohou využít potenciálně zasahující záchranáři, ale také odhalily i některé slabosti vybraných programů. [41]

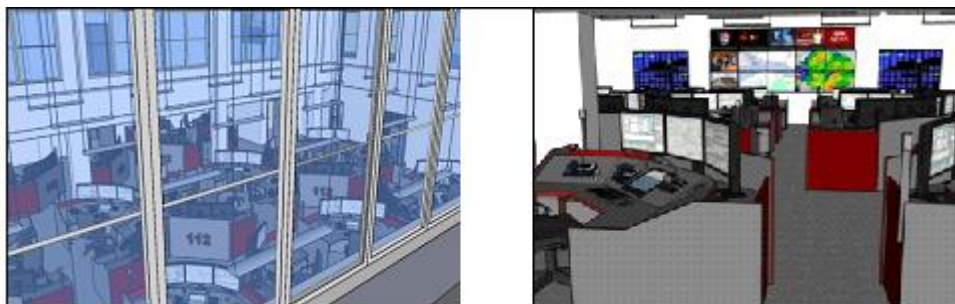


Obrázek 8 – Šíření požáru v prostoru [41] a vizualizace evakuace [42]

Zajímavým projektem současnosti, k jehož vizualizaci byla použita aplikace Google SketchUp, je přestavba bývalé budovy META v Ostravě na Integrované Bezpečnostní Centrum (dále jen „IBC“). Požadavkem bylo upravit a stavebně i koncepčně přizpůsobit rozestavěný objekt sedmipatrové budovy pro potřeby prostorově integrovaného centra tísňového volání. Na základě předchozích zkušeností z Centra tísňového volání, kde již řadu let společně pracují operační technici a dispečeri hasičů, záchranné služby, linky 112 a městské i státní policie, byl připraven koncept IBC. [51] Zde má na jednom místě sídlit Krajské centrum tísňového volání (dále jen „KCTV“), krizové štáby Moravskoslezského kraje a města Ostravy, pracoviště Armády ČR a Celního ředitelství pro řešení mimořádných událostí, dohled nad ostravským kamerovým systémem, ředitelství městské policie, výjezdová stanoviště RZS a RLP ÚSZS MSK, a tak dále. Celý objekt bude zajištěn po bezpečnostní stránce elektronickou požární signalizací a strážníky městské policie. Plná funkčnost systémů IBC až na dobu 72 hodin bez vnějších zdrojů energie je zajištěna zdvojeným systémem napájení. Buduje se také nepřetržitý dohled technologických a IT systémů s vysokým stupněm zabezpečení datového prostředí a síťové infrastruktury IBC, mimo jiné i pro práci s utajovanými skutečnostmi. Dokončení realizace projektu a uvedení do zkušebního provozu se plánuje ještě do konce roku 2010. [52]



Obrázek 9 – Vizualizace budovy IBC a jejího usazení do okolního terénu [52]



Obrázek 10 – Virtuální prohlídka dispečerského sálu KCTV [52]

3.2 Modelování pro potřebu PO ve světě

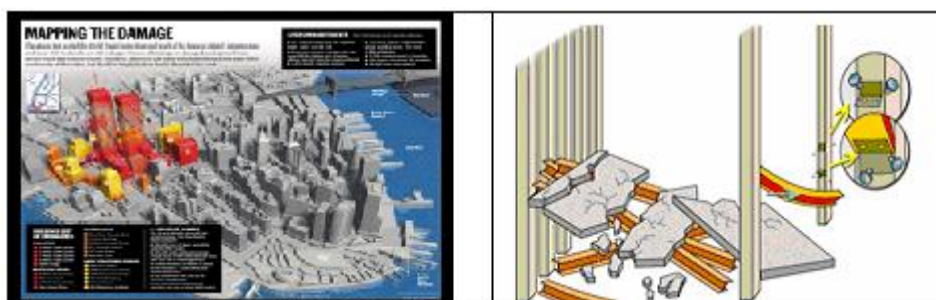
Modelování v požární ochraně se využívá hlavně pro účely prevence, ale i následného vyšetřování příčin vzniku a průběhu požárů, jak je názorně předvedeno na několika příkladech z praxe.

Již v roce 2003 se zabývala skupina pro požárně-bezpečnostní inženýrství při Greenwichské univerzitě vyšetřováním tragického požáru během letu Swissair 111, který zapříčinil roku 1998 pád letadla a vyžádal si 229 životů. K simulaci průběhu požáru byl využit software Smartfire, kde byl sestaven 3D model letadla, nastaveny parametry proudění vzduchu, ohniska požáru, apod. a vygenerována animace rozvoje požáru. Ten byl způsoben podle vyšetřovací zprávy jiskřením v kabelovém prostoru stropu letadla. Tato simulace pomohla výrazně objasnit náhlý postup rozvoje požáru a představovala i milník ve využívání podobných softwarových nástrojů k efektivní podpoře forenzní analýzy havárií. [43]



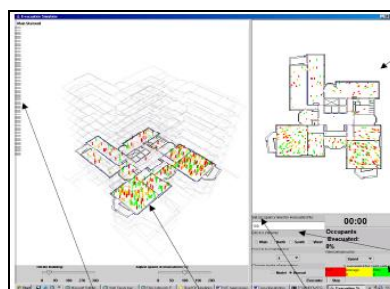
Obrázek 11 – Rekonstrukce šíření požáru letu Swissair 111 [43]; [44]

Především po haváriích a požárech, které způsobí značné škody na životech, zdraví či majetku následují důkladná šetření, jež mají objasnit příčinu jejich vzniku. Po šokujícím útoku z 11. září 2001 zůstalo mnoho nezodpovězených otázek i ohledně konstrukce budov. Rozsáhlá šetření měla za úkol zjistit, mimo jiné, proč opravdu došlo k tak rozsáhlému poškození budov a obrovským ztrátám na životech. Největší pozornost se asi věnovala destruktivním účinkům na konstrukci zasažených „věží“ Světového obchodního centra. Zkoumání se podrobila, jak vlastní konstrukce budov, tak i použitý materiál. [45]



Obrázek 12 – Vizualizace poškození budov následkem útoků 11. září [46]; [45]

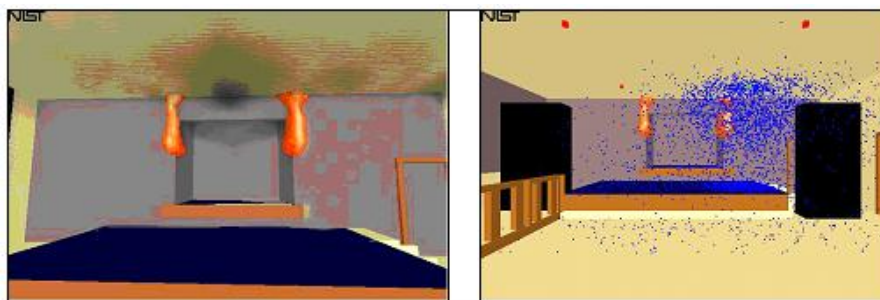
Na otázky spojené s evakuací se i pomocí aplikace GES snaží odpovědět také jeden z členů skupiny pro analýzu incidentů University Glasgow, C. W. Johnson. Zohledňuje během simulace chování evakuovaných osob i veškeré lidské faktory a zdůrazňuje potřebu do modelací je vždy zakomponovat. Poznatky z dobře připravené simulace pak mohou být nejen retrospektivní, ale především dobře využitelné pro záchranáře při vzniku události s vyšším počtem evakuovaných osob. [47]



Obrázek 13 – Simulace průběhu evakuace v příčném řezu budovou [47]

Další případ se týkal vyšetřování požáru The station Nightclubu, na Rhode Islandu ve Spojených státech amerických v roce 2003, kde bylo využito především počítačové modelování vývoje a šíření požáru. Pro samotné výpočty i vizualizaci byl použit program Fire Dynamics Simulator. Především z hlediska vývoje požáru se, dle dostupných dat, jednalo o případ ve forenzní analýze zcela bezprecedentní. Na základě této simulace bylo objasněno extrémně rychlé šíření požáru a velmi rychlá, masivní produkce kouře a zplodin hoření. Díky další simulaci hypotetického stavu, pokud by byl prostor osazen sprinklerovým zařízením, vyšlo najevo, že průměrná doba potřebná k uhašení požáru by byla v daném případě zhruba 114 sekund. Ve skutečnosti měli návštěvníci po vzplanutí

pouze necelých 90 sekund na evakuaci. Z těchto simulací vzešla řada doporučení směrem k zajištění bezpečnosti nočních klubů, ale i ke konstrukčnímu řešení budov. [48]



Obrázek 14 – Simulace šíření požáru bez a se sprinklerovým zařízením [48]

Mimo vizualizace vlastního průběhu vybraných událostí lze trojrozměrné modelování využít i pro podporu výcviku profesionálních a dobrovolných hasičů. Stejně tak tomu bylo v případě plánování a návrhu výcvikového polygonu požární ochrany ve Willingtonu, stát Connecticut, ve Spojených státech amerických. Na volný školící prostor u stanice, využívaný pro nácvik hašení a vyprošťování z automobilů, byl prvním kapitánem Lowellem Karpuskou v roce 2007 ve freeware verzi programu Google SketchUp vytvořen model komplexu pro požární výcvik. [49] Jako základní stavební prvek byly použity přepravní kontejnery, ale stavba byla dále upravena a doplněna mnoha konstrukčními prvky, jako například komínem pro komínové požáry, žebříky, větracími otvory, balkony, stoupačkami, aj. Dále zde byly navrženy speciální prostory pro simulaci šíření požáru, funkci požární signalizace, simulaci pokoje zachváceného plameny či labyrint pro nácvik pohybu v zakouřeném prostoru, se sníženou viditelností a dýchacím přístrojem, apod. [50] Realizace projektu nebyla doposud dokončena, ale výstavba polygonu již byla zahájena. [49]

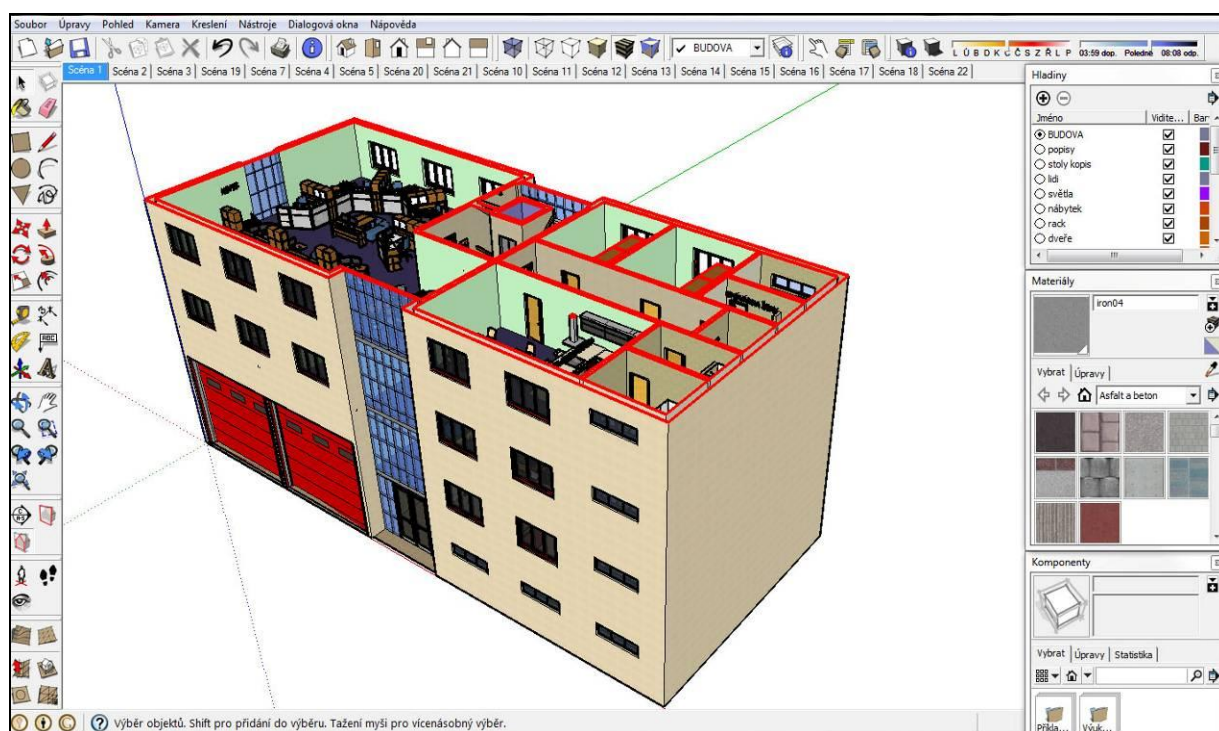


Obrázek 15 – Projekt požárního výcvikového polygonu ve Willingtonu, USA [50]

4 Aplikace Google SketchUp při vytváření 3D modelu

Tato část práce popisuje nástroje a jejich praktické použití v programu Google SketchUp Pro, při modelování vybraných budov. Také jsou zde nastíněny klíčové metody a postupy při modelování, využití 3D skladu či *Manažera hladin*.

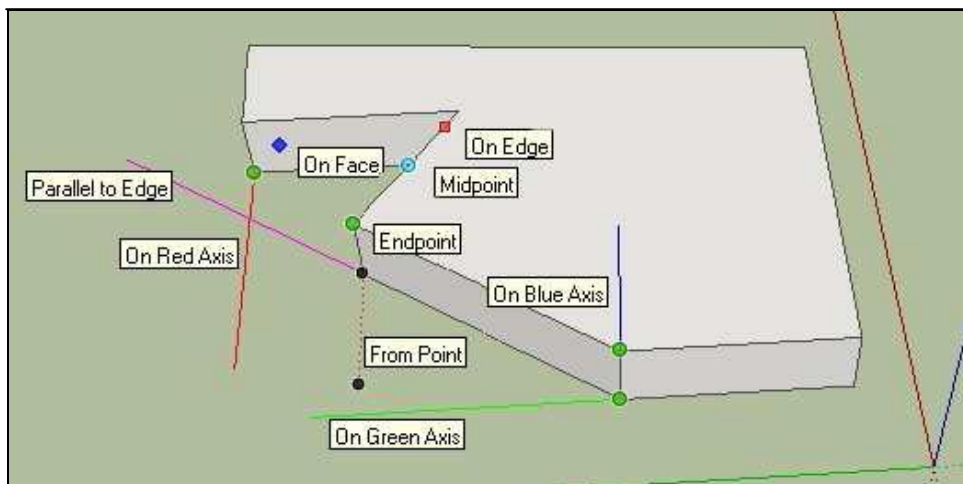
Jak již bylo popsáno v Tabulce 1, verze Pro je plně lokalizována do českého jazyka, proto i následující popis nástrojů je v českém jazyce. Panel nástrojů je možné jednoduše rozdělit na dva základní prvky. Tyto prvky se automaticky umísťují v levé části aplikace, ale protože je SketchUp modulární, lze je umístit na obrazovce dle požadavků uživatele. První se skládá z hlavních komponent pro tvorbu modelu. Jedná se o tzv. *Velký panel nástrojů* a doplňkové panely například pro tvorbu terénu nebo řezů. Druhý základní prvek slouží převážně k možnosti zobrazování modelů a základních úprav souboru. Patří sem *Panel pohledů*, již zmíněný *Manažer hladin*, *Manažer stínů* nebo *Panel stylů ploch* a také *Standardní panel* s možností úprav samotného souboru. Pro potřeby modelování budov a areálu HZS Pardubického kraje však bylo plně vyhovující jejich základní nastavení.



Obrázek 16 – Rozložení panelu nástrojů pro potřeby modelování KOPIS [zdroj vlastní]

4.1 Nástroje použité pro základní tvorbu modelu

Samotné kreslení je velice intuitivní. Díky speciálním funkcionalitám a nástrojům dokáže aplikace Google SketchUp předvídat, co chce uživatel kreslit. Tyto vlastnosti lze velmi dobře uplatnit především při kresbě bodů a hran modelu. Jednotlivé objekty je tak možné snadno přichytit k navrhovaným. Jednou z nejčastěji využívaných vlastností je přichytávání hran či úseček podél os a paralelně s modelem (viz Obrázek 17). Mezi další vlastnosti patří například automatické odměřování středů hran či zobrazování informací o tom, zda se kreslený bod či úsečka právě nachází na povrchu modelu, jeho hraně nebo v koncovém bodě. Nespornou výhodou je i možnost rychlého uživatelského nastavení bodů, které pak aplikace respektuje při kresbě dílčích objektů modelu. Všechny tyto vlastnosti byly v plné míře využívány při tvorbě modelů a prakticky napomáhaly jejich poměrně rychlé konstrukci.



Obrázek 17 – Intuitivní odvozování bodů a úseček v modelu [53]

Hlavními nástroji pro práci v aplikaci Google SketchUp jsou *Výběr* či *Mazání*, jejichž funkci není třeba dále rozvádět, a dále nástroje *Výplň* a *Vytváření komponenty*. Poslední jmenovaný nástroj je užitečný především v případech, kdy je třeba sestavit z několika prvků skupinu, a tu opakovaně v modelu využívat. Případně lze danou komponentu uložit do 3D skladu k využití pro širokou veřejnost. Touto cestou byly v modelu vytvořeny například komponenty dveří, výtahu, hydrantu či skleněných výplní budovy. Při používání nástroje *Výplň* se zobrazí plovoucí okno materiálů, v němž je možné zvolit vhodný materiál pro potažení objektu. SketchUp obsahuje

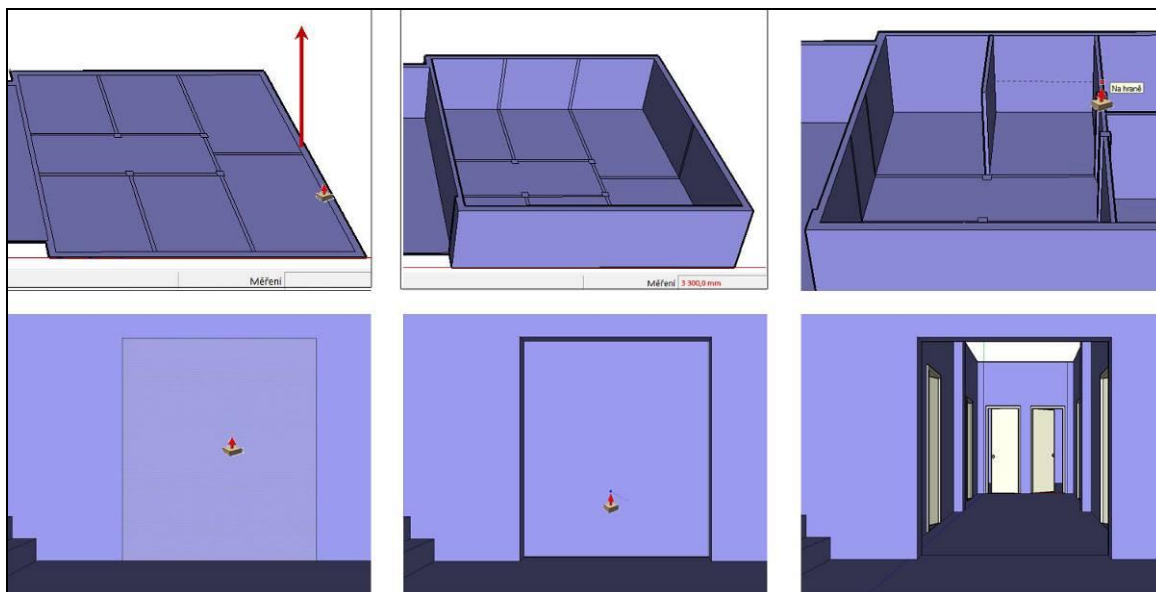
již v základní verzi poměrně velké množství materiálů, které se dají dále různě modifikovat. Je však možné si vytvářet i materiály nové nebo je získat přímo načtením z 3D skladu a dalších dostupných zdrojů. Díky poměrně rozšířenému využívání programu Google SketchUp, laickou i odbornou veřejností, dodává již mnoho stavebních či výrobních společností přímo knihovny nabízených materiálů v rámci vlastní marketingové strategie.

Mezi základní nástroje pro jednoduché modelování patří především *Obdélník*, *Oblouk*, *Kružnice*, *Čára*, volná kresba bez uchycení *Do ruky* a *Polygon šestiúhelník*. Za pomoci těchto 2D nástrojů se dá relativně snadno vytvořit základní model, který se může při využití rozšiřujících nástrojů dále zpracovávat. Tyto nástroje jsou používány při konstrukci všech modelů a slouží jako základní stavební kámen modelování celého objektu.

4.2 Nástroje použité pro 3D modelování

Tlak/Tah – tento nástroj je dokonce patentem společnosti Google. Slouží k vytvoření trojrozměrného objektu pomocí tzv. vytažení či zatlačení vykresleného půdorysu nebo profilu. Je tak možné vytvořit, jak samotnou konstrukci objektu, tak i modelovat otvory v těchto konstrukcích, a to bez nutnosti pracných odpočtů plochy. Tímto způsobem byly na modelu budovy KOPIS vytvořeny všechny otvory dveří či oken.

Při aplikaci tohoto nástroje lze také využít přímého nastavení vzdálenosti, kdy se následně provede již pouze vytažení objektu na tuto velikost. Nástroj *Tlak/Tah* má i paměť poslední vzdálenosti, která se aktivuje dvojklikem pro další použití na libovolně určené objekty. Šetří tak zejména čas vynaložený na jinak relativně pracné rozměrování objektu. Pro představu o praktickém využití tohoto nástroje byl zvolen příklad trojrozměrné modelace stěn z půdorysu stavby a vytvoření dveřních a okenních otvorů, který je znázorněn na Obrázku 18.

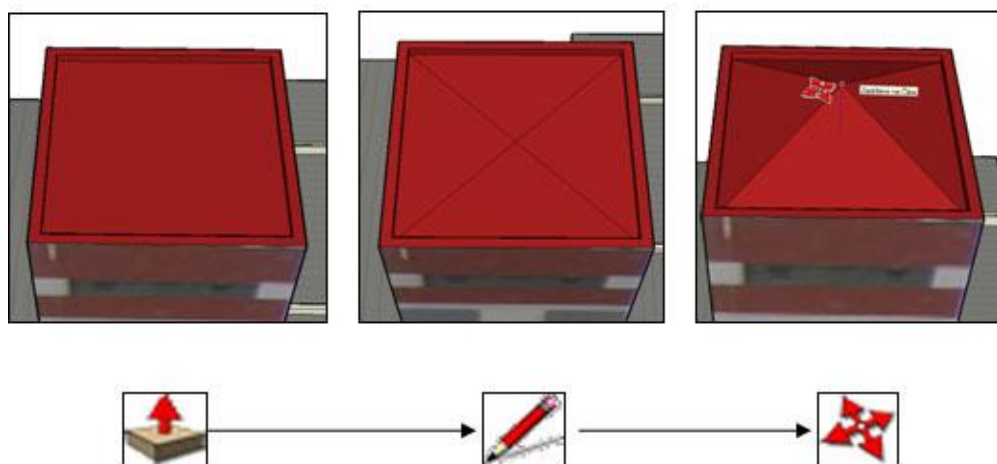


Obrázek 18 – Trojrozměrné modelování stěn z půdorysu stavby a vytvoření dveřních otvorů pomocí nástroje *Tlak/Tah* [zdroj vlastní]

Základními nástroji typu *Čtverec* nebo *Čára*, byl nakreslen půdorys budovy. Poté se nástrojem *Tlak/Tah* vytáhly obvodové zdi budovy. Do pole měření byla zadána hodnota 3 300 mm a tím se automaticky upravila výška vnějších stěn na tuto velikost a vzniklo první patro budovy KOPIS. Dále se vytáhly vnitřní stěny, které se již daly odměřit od vymodelovaných obvodových zdí, popřípadě se mohlo využít paměti poslední vzdálenosti. Při tvorbě dveřních otvorů byl postup obdobný. S využitím základních nástrojů byl nakreslen obrys dveří na již vymodelovanou stěnu a pomocí *Tlak/Tah* a zatlačení na stěnu následně vymodelován dveřní otvor.

Posun/Kopie – vlastní konstrukce modelované budovy se skládá z mnoha komponent, jako jsou dveře, okna či nábytek, které bylo v průběhu práce potřeba do celkového objektu usadit. Především k tomuto účelu slouží nástroj *Posun/Kopie*, kterým je možné komponentu přenést na připravené místo nebo přichytit ke konstrukci budovy. Samozřejmě lze nástroj využít i k přesunu vybraných bodů nebo hran modelu. Výhodou při tomto typu posunu je to, že pokud jsou na přesouvání bod či hranu navázány plochy, tyto se automaticky přizpůsobují. Při samotném modelování byla tato vlastnost využita například při tvorbě střechy věže, jež je součástí objektu hasičské stanice (viz Obrázek 19).

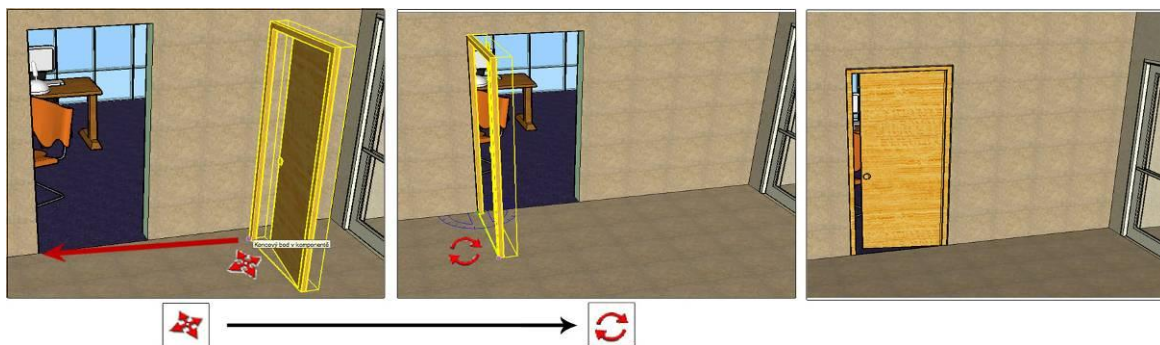
Pro úpravy tímto nástrojem je dále vhodné využít pomocných kláves. Stiskem šipky, zvolené dle požadovaného směru posunu, se pohyb zamkne a po dobu stisku lze hýbat komponentou pouze podél odpovídající osy. Obdobnou funkci plní i klávesa Shift, jež uzamyká posun v právě aktuálním směru. Pomocí klávesy Ctrl lze naopak přesunout jenom kopii komponenty. Dalším důležitým pomocníkem je i možnost určení vzdálenosti pro posun.



Obrázek 19 – Modelování střechy věže hasičské stanice [zdroj vlastní]

Zvětšení – u komponent umístěných do modelu se často musí upravovat velikost. To je z pravidla zapříčiněno jiným měřítkem nebo potřebou umístit komponentu do přesně vymezeného prostoru v objektu. U budovy KOPIS se jednalo zejména o okna, dveře, nábytek, atd. Při změně velikosti je však ve většině případů potřeba zachovat souměrný tvar komponenty. Pro splnění těchto podmínek je tedy nejlepší využívat pomocných kláves. Při použití nástroje *Zvětšení* s klávesou Shift, je možné provést úpravu velikosti komponenty, při současné automaticky provedené změně všech rozměrů. Pokud se využije *Zvětšení* s klávesou Ctrl, změna se provede souměrně ke středu komponenty.

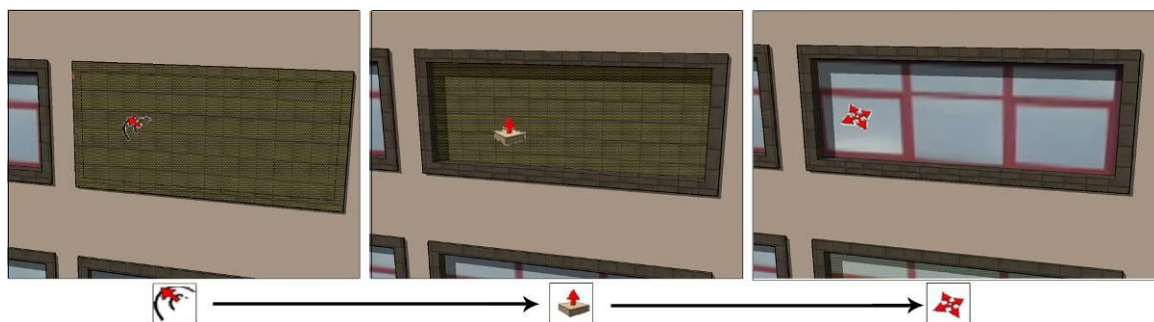
Otáčení – další užitečnou možností při úpravě komponenty, je natočení do správného úhlu podél os objektu. Při otáčení je nejdříve potřeba zadat středový bod otáčení, tedy hranu, podle které se bude komponenta otáčet, a poté zvolit úhel otočení. Ten je možné zadat přímo nebo ručním otočením komponenty. Názorná ukázka použití nástroje *Otáčení* je k dispozici na Obrázku 20, kde je zobrazen postup otočení dveří.



Obrázek 20 – Využití nástroje Otáčení při zasazování dveří [zdroj vlastní]

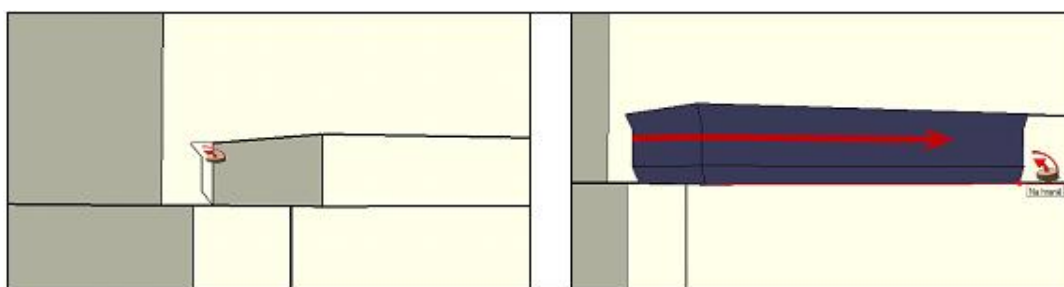
V první fázi bylo nutné využít nástroje *Posun/Kopie* a komponentu dveří umístit do rohu dveřního otvoru, kam měly být dveře usazeny. Tuto komponentu však bylo nutné otočit o 90 stupňů, aby mohla být správně usazena. K tomu byl právě využit zmíněný nástroj „Otáčení“. Byl tedy zvolen bod, podle kterého se mají dveře otočit, a také hrana otáčení. V poslední fázi se podle úhloměru otočila komponenta dveří do správné polohy a následně bylo možné ji usadit do dveřního otvoru.

Offset – tento nástroj dokáže vytvářet kopii hran a stěn, resp. jakkoliv složité plochy, a tuto kopii dále přenášet na obdobnou plochu, a to ve zmenšeném či zvětšeném měřítku. Při modelování byl tento nástroj použit například při tvorbě rámování okenních otvorů budovy krajského ředitelství HZS (viz. Obrázek 21). V první fázi byl vykreslen obvod celého okna, poté byl nástrojem *Offset* symetricky vymodelován obrys rámu okna a následně nástrojem *Tlak/Tah* vytažen rám okna. Do tohoto rámu se v dalším kroku vložila fotografie okna. Při aplikaci tohoto nástroje lze také využít přímého nastavení vzdálenosti, kdy se následně provede již pouze zvětšení či zmenšení plochy na danou velikost. Pro usnadnění práce lze také využít paměť poslední vzdálenosti, která se aktivuje dvojklikem.



Obrázek 21 – Využití nástroje *Offset* při tvorbě rámování okenních otvorů [zdroj vlastní]

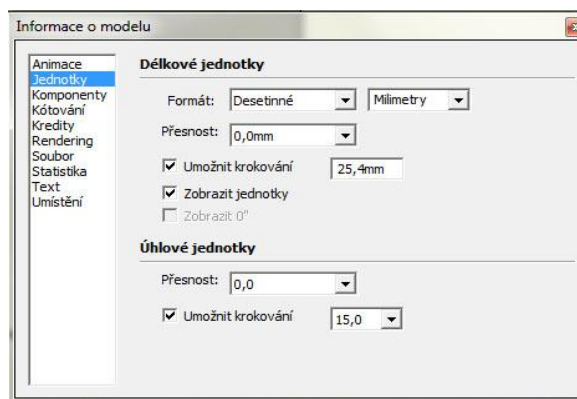
Tažení po dráze – tento nástroj se využívá především pro tvorbu složitějších tvarů objektu. Princip použití spočívá v tom, že k jednoduché kostře modelu je vykreslen složitý obrys, podle konkrétních potřeb, a ten se nástrojem *Tažení po dráze* roznese po obvodu kostry modelu. Pomocí klávesové zkratky Alt je možné využít jako dráhu, celý obvod vybrané plochy najednou. Nástroj byl například využit při modelování parapetní římsy budovy krajského ředitelství HZS (viz. Obrázek 22). Zde se nejprve vykreslil obrys římsy a základní tvar parapetu, na který měla být římsa upevněna. Poté byla nástrojem *Tažení po dráze* vymodelována římsa po celém obvodu parapetu.



Obrázek 22 – Modelování parapetní římsy budovy krajského ředitelství HZS [zdroj vlastní]

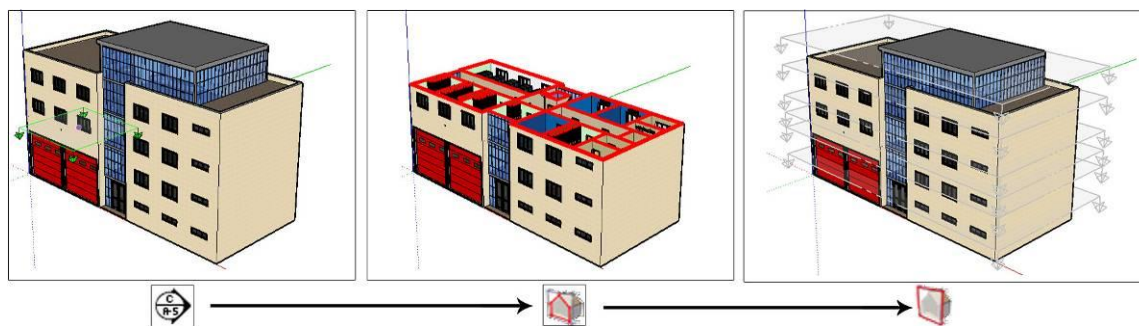
Měření - tento nástroj lze využít jako doplněk kteréhokoli modelovacího nástroje. Slouží pro snadné a přesné zadávání rozměrů objektu v závislosti na správně nastavených délkových jednotkách, které je třeba definovat před samotným modelováním. Pro vlastní projekt byly použity délky desetinné a přesnost určena v milimetrech (viz. Obrázek 23).

Zadání rozměru modelovaného objektu může probíhat několika směry. První je závislý na přesnosti ručního zadání, kde délku je možné číst v poli vzdálenost. Druhý využívá přesného zadání a je možné přímo zapisovat do pole vzdálenosti, kde stačí zadat požadovanou hodnotu. Poslední možností je odvození vzdálenosti od již vymodelované části objektu.



Obrázek 23 – Informace o modelu [zdroj vlastní]

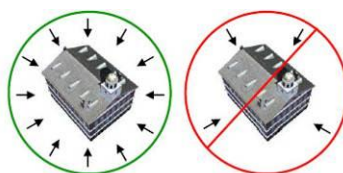
Řezy - při složité 3D modelaci objektů je velice výhodné využívat řezy a řezové roviny. Ty byly nejvíce využity u modelování budovy KOPIS, kde postupně přidávané řezy daly průběžně aktivovat nebo deaktivovat. Aktivace vybraného řezu sloužila pro úpravy vnitřních prostor a detailů, které se staly z důvodu složitosti budovy ve standardním stavu nedostupné. Obrázek 24 znázorňuje vytvoření nového řezu, aktivaci řezu a zobrazení všech řezových rovin.



Obrázek 24 – Využívání nástroje řezu u objektu KOPIS [zdroj vlastní]

4.3 Textury a stínování

Již v úvodní části práce byly nastíněny možnosti aplikace různých druhů textur na modelovaný objekt. Pro realističtější zobrazení modelů je výhodné pro pokrytí jednotlivých objektů využít jako textury fotografie. Právě z tohoto důvodu byly jednotlivé budovy areálu HZS Pardubického kraje fotografovány pomocí přístroje NIKON D50, a to z celé řady úhlů, v souladu s doporučením pro vytváření textur (znázorněno na Obrázku 25). Snímky byly pořízeny, vzhledem k rozlehlosti a výšce budov, nejen ze země, ale i s využitím výškové techniky (požární automobilový žebřík).



Obrázek 25 – Doporučený postup vytváření textur [54]

Pořízené snímky se dále třídily, byl proveden výběr vhodných snímků pro jednotlivé budovy a následně i potřebné úpravy. V rámci této korekce byl kladen

důraz zejména na jas, světlost a kontrast tak, aby nebyly patrné rozdíly v těchto parametrech způsobené vlivem proměnlivého počasí a odlišné denní doby během snímkování. Pro tyto úpravy byl zvolen program ZonerPhoto Studio 10 Classic. Pro dokonalou iluzi reálného objektu tak bylo možné provést retušování nežádoucích objektů z vybraných fotografií (např.: stromy, vozidla, trolejové vedení, lampy veřejného osvětlení, atd.), ale tyto úpravy se nakonec z důvodu značné časové náročnosti neprováděly.

Vložení upraveného snímku do modelu, respektive aplikace na jeho povrch, byla provedena pomocí nástroje *Import*. Zde bylo třeba nejprve vybrat vhodný snímek, který však musí být do modelu vložen jako textura (volba *Použít jako texturu*) nikoliv objekt. Dále byl snímek umístěn na předem určené místo a určena jeho velikost. Pokud je snímek kvalitní a již předem upravený v jiném programu, stačí pouze drobné úpravy textury. Pro přesné usazení lze využít nástroje pro úpravu pozice, jejichž funkcionality je znázorněna na Obrázku 26. Samotné hranice zobrazení textury jsou vymezeny tzv. připínáčky různé barvy a každý z nich umožňuje jiný druh práce s texturou. Kliknutím myši a přesunutím kteréhokoliv připínáčku na jiné místo v rámci textury, je možné vymezit jiný tvar pro její úpravu. Pro základní posun textury po ploše, ke které je přichycena, se využívá červený připínáček. Ten je z pravidla umístěn v levém dolním rohu. Zelený připínáček se využívá pro zmenšování či zvětšování textury, a dále pro přesně otáčení kolem červeného. Pomocí modrého připínáčku je možné jednostranně zkosit texturu. Použitím žlutého připínáčku lze texturu naopak zkosit prostorově. Modrý a žlutý připínáček tedy umožňují aplikovat i ty snímky, které byly vyfotografovány v určitém úhlu a pomocí prostorového zkosení je přesně umístit do modelu.



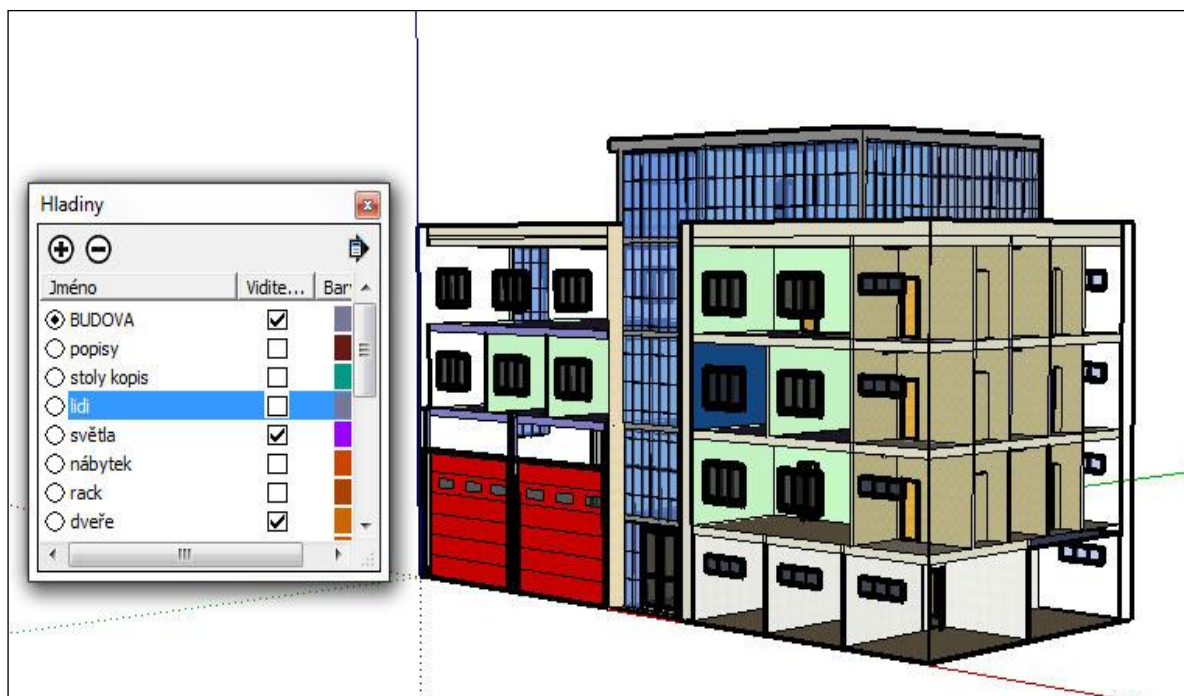
Obrázek 26 – Usazení textury pomocí nástrojů na úpravu pozice [zdroj vlastní]

Za účelem ještě věrnějšího obrazu reálné scény je vhodné využít nástroje pro stínování. Ten umí jednak automaticky vytvořit stíny v daném modelu, ale také tyto stíny upravovat podle potřeb uživatele. Nástroj obsahuje vlastní kalendář a hodiny a po nastavení potřebné doby se zobrazí stíny, které by měly korespondovat se stínem v reálné době. Tyto stíny lze dále upravovat a pro jemné doladění nastavovat jas a tmavost stínů. Vzhledem k tomu, že snímky použité jako textury byly pořízeny během měsíce března, bylo stínování nastaveno právě na tento měsíc.

4.4 Manažer hladin

Pro jednodušší modelování budovy je výhodné využívat různých komponent. Jejich hlavním znakem je uzamčená struktura, a tím i možnosti úpravy celé komponenty. V modelu budovy KOPIS se jednalo například o dveře, okna, zábradlí nebo stoly. Tyto komponenty byly, buď přímo vymodelovány, nebo vybrány z 3D skladu společnosti Google. Vytvoření komponenty bylo poměrně jednoduché. Vymodeloval se daný objekt, dále byly označeny všechny části, které je potřeba zahrnout do komponenty, a z nich následně vytvořena a popsána komponenta. Popis každé z komponent sloužil k jejímu přesnému rozlišení. Například zda se jedná o dveře levotočivé či pravotočivé, nebo údaje o jejich rozměrech, apod.

Manažer hladin, jako jeden z nástrojů aplikace Google SketchUp, umožňuje bez větších problémů se orientovat v uspořádání a struktuře objektu. Tento manažer slouží k definování hladin, do kterých jsou dle potřeb uživatele přiřazovány objekty či komponenty daného modelu. Vytvořené hladiny se dají aktivovat či deaktivovat nebo je možné nastavovat jejich viditelnost. V modelu budovy KOPIS se do jednotlivých hladin přidávaly stejné nebo podobné objekty. Například vypnutí viditelnosti hladiny „okna“ umožnilo upravovat všechny detaily okenních otvorů bez nutnosti přesouvání dílčích okenních komponent. Jako základní byla určena hladina „budova“, která obsahuje všechny objekty znázorňující skelet budovy bez obvodových zdí, a na ni bylo poté možno vázat ostatní. Takovým postupem lze vytvářet pohledy nejen pro snazší úpravu detailů modelu, ale i pro zobrazení prostorového uspořádání uvnitř budovy, jak je vidět na Obrázku 27.



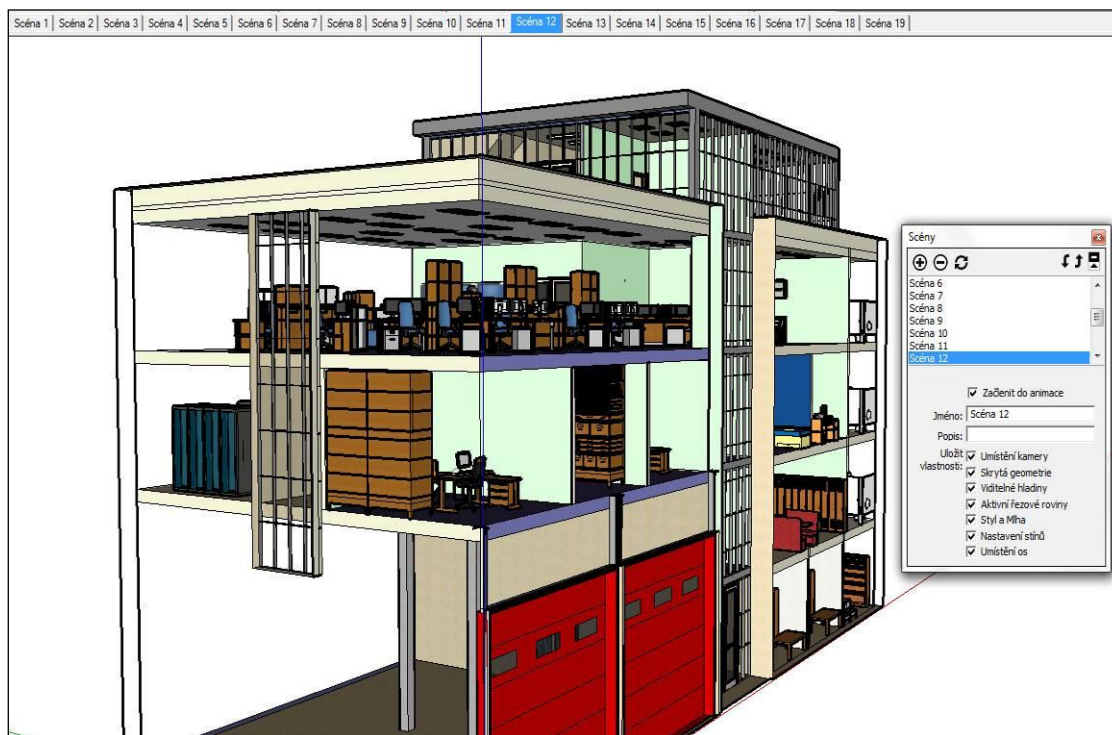
Obrázek 27 – Manažer hladin využitý pro objekt KOPIS [zdroj vlastní]

4.5 Tvorba Animace

Pro tvorbu vlastní animace je důležité připravit jednotlivé scény a pohledy. V každé scéně je možné využít základních nástrojů typu *Pozice kamery*, *Procházka* a *Pohled okolo*. Pomocí nástroje *Pozice kamery* je možné umístit pohled kamery na scénu v zadané výšce i směru a nástrojem *Pohled okolo* s touto kamerou dále otáčet všemi směry. Poslední zmiňovaný nástroj, nazvaný *Procházka*, slouží pro simulaci průchodu scénou a dává uživateli možnost nastavení scénářů.

Nástroj *Manažer scény* dále umožňuje úpravu scén již v souladu s připravovanou animací. Jeho pomocí lze vytvářet nové scény, upravovat jejich vlastnosti, popisy a vkládání scén do animace. Časové vlastnosti, jako jsou přechod mezi jednotlivými scénami či prodleva snímků, se upravují v základním nastavení modelu. Při tvorbě scény je dobré využívat i *Manažera hladin* a neviditelné hladiny ve scéně deaktivovat. Tím se urychlí také generování animace a výsledný soubor není tak velký. Po vytvoření všech scén stačí vyexportovat animaci a vytvořit film.

Pro potřeby této práce byly vytvořeny dva filmy. První z nich simuluje průchod areálem, vstup do budovy KOPIS a průchod vybranými místnostmi tohoto objektu. Druhý film nabízí různé pohledy na samotnou budovu KOPIS a, díky vypínání vybraných hladin, i možnost náhledu do vnitřních prostor budovy (znázorněno na Obrázku 28).



Obrázek 28 – Využití manažeru scén při tvorbě animace [zdroj vlastní]

4.6 LayOut 2

Jak již bylo popsáno v jedné z předešlých kapitol této práce (konkrétně 2.2.6), LayOut2 není přímo součástí programu SketchUp a je možné jej využít pouze ve verzi PRO. Hlavním použitím této aplikace je tvorba prezentací modelů a 2D výkresů, které byly vytvořeny v programu SketchUp. LayOut2 je přímo propojen s hlavním programem a bez složitých exportů zobrazuje pohledy modelu, které je možné doplnit o popisky, kóty či měřítko. Velkou výhodou je možnost automatických úprav již hotových prezentací při změnách v modelu a také tisk ve vysokém rozlišení, který je vhodný pro velkoformátové tiskárny. Samotná tvorba prezentací spočívá ve vytváření jednotlivých snímků, které je možné zobrazovat jako celoobrazovkové. Další užitečnou možností tohoto programu je tvorba dokumentace o modelu a její export do pdf formátu.

Právě v rámci modelování budovy KOPIS byla v programu LayOut2 vytvořena její dokumentace. Na jednotlivých snímcích byly zobrazeny pohledy na budovu ze čtyř světových stran a dále pohled na vnitřní uspořádání objektu, včetně řezů všemi podlažími. Snímky byly názorně popsány a v řezech dopsány popisy využití jednotlivých místností, jak je vidět na Obrázku 29.



Obrázek 29 – Snímky modelu vytvořené v programu LayOut2 [zdroj vlastní]

5 Modelování vybraných budov HZS Pardubického kraje

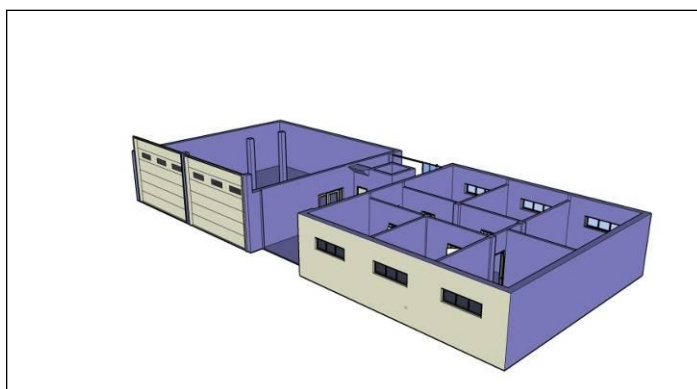
Následující členění práce do jednotlivých kapitol v podstatě kopíruje postup práce při vytváření modelu budovy KOPIS a přilehlých budov v areálu HZS Pardubického kraje. První a zároveň hlavní kapitolou je modelování samotné budovy KOPIS. Ta je zpracována v maximální možné úrovni detailů s možností virtuální prohlídky celé budovy. Další budovy, které slouží spíše k dokreslení scény a pro představu o zasazení budovy do stávající infrastruktury, již nebyly modelovány tak detailně. Specifická je ale například budova hasičské stanice, kde bylo k texturování použito výhradně k tomu účelu pořízených snímků. V pořadí třetí kapitola popisuje tvorbu 3D modelu ředitelství HZS. Zde bylo texturování prováděno kombinovaným způsobem. Části obsahující velké detaily, jako jsou okna, dveře či stěny s nápisy na budově, byly texturovány s využitím fotografií a k pokrytí ostatních ploch byly potom vybrány kreslené textury a materiály. Výše zmíněné budovy byly následně usazeny do terénu a tvoří virtuální areál doplněný o drobné objekty, jako jsou stromy, garáže, montážní rampa či čerpací stanice. Poslední z kapitol této části se již zabývá samotnou prezentací, animací či exporty, a to jak celého areálu, tak i jednotlivých budov.

5.1 Modelování KOPIS

V úvodu této práce bylo zmíněno, že se budova KOPIS nachází teprve ve fázi schvalovacího procesu a model by měl vystihnout i situaci budoucího začlenění stavby do areálu HZS Pardubického kraje. Jako podklady pro její realizaci byly tedy využity pouze jednoduché návrhové studie a podněty či připomínky odpovědných pracovníků, do jejichž kompetence spadá vedení tohoto projektu. S pověřenými pracovníky byly také konzultovány některé detaily zejména dispozičního řešení interiérů budoucího KOPIS vzhledem k potřebám operačního řízení, souladu s hygienickými předpisy na pracovní prostory, apod. Zde tedy mohlo dojít k drobným odchylkám studie a finální podoby modelu.

Skutečným počátkem práce byla již samotná úprava pracovní plochy modelovacího nástroje Google SketchUp a úpravy základních vlastností modelu. Současně byly nastaveny délkové jednotky na milimetry, v nichž byl následně model vytvářen. Teprve po těchto prvotních úkonech přišla na řadu tvorba prvního nadzemního

podlaží. Předlohou, stejně jako v případě celého modelu, byla především výše uvedená návrhová studie a předběžné okótování, podle nichž bylo s pomocí základních nástrojů, s přesným dodržováním délky, nakresleno půdorysné schéma objektu. To bylo pomocí nástroje *Tlak/Tah* převedeno do 3D modelu ve výšce přízemí a vytvořeny okenní a dveřní otvory. Do připravených ráků se pak usadily komponenty oken, dveří a výjezdových vrat (viz. Obrázek 30). Zároveň se přidaly i do předem připravených hladin. Dále bylo potřeba vymodelovat schodiště, které lemuje výtahovou šachtu, a to včetně kovových ráků se skleněnou výplní, jež tvoří obvodový prostor schodiště a vstupních dveří. Také se všechny již vymodelované části vyplnily texturami, které byly buď součástí základního balíku textur v programu SketchUp nebo vybrány a staženy z 3D skladu společnosti Google. Z tohoto zdroje byl čerpán i nábytek, jenž se volil typově, s ohledem na funkční využití jednotlivých prostor, avšak není přesnou kopií plánovaného zařízení. Přízemí má být využíváno převážně jako skladové prostory, proto nábytek tvoří převážně police a regály. V tuto chvíli již bylo možné přidat strop nad částí skladovacích prostor a vstupních dveří (garáže jsou dvoupatrové). Do stropu se poté přidaly komponenty osvětlení získané opět z 3D skladu a umístěné do předem připravené hladiny.



Obrázek 30 – Vytážený 3D model přízemí včetně stavebních otvorů s výplní [zdroj vlastní]

Při modelování prvního nadzemního podlaží bylo postupováno obdobně. Zde se však nevykreslovala celá plocha půdorysu na stávající přízemí, ale nástrojem *Tlak/Tah* byly vysunuty pouze obvodové zdi a nosné sloupy budovy. V takto vzniklých prostorech se dále modelovaly vnitřní stěny, a to především proto, že jejich uspořádání je odlišné od dispozičního řešení přízemí. Další postup byl již prakticky totožný. Komponenty nábytku byly vybrány dle charakteru jednotlivých místností. V polovině

patra by měly být šatny a sociální zařízení žen a mužů, v prosklené místnosti nad atriem tiskové středisko a druhou polovinu tvoří v projektu patrové garážové stání.

Specifické však bylo modelování druhého nadzemního podlaží, zejména vzhledem k funkčnímu využití. Prostory situované nad garážemi by měly sloužit jako technologické zázemí vlastního operačního sálu a do druhé části budovy bylo umístěno klidové zázemí operačních důstojníků a techniků. Samotné modelování prostor probíhalo obdobně jako u předchozích částí, pouze vybavení a struktura jednotlivých místností byla odlišná. V technologické části je plánována serverovna vybavená rackovými stojany a naproti ní kanceláře IT oddělení. Klidové zázemí obsahuje ložnice a sociální zařízení k řádnému odpočinku mezi směnami, zejména pro personál ze vzdálených měst a obcí.

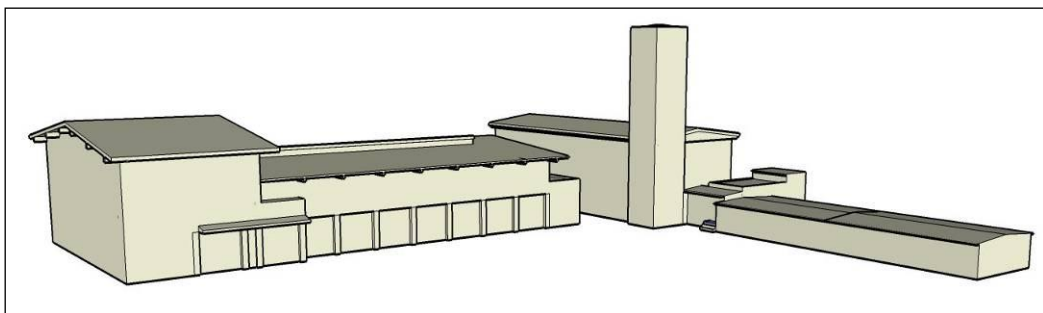
Nejvýznamnější částí budovy, vzhledem k její předurčenosti, je právě třetí nadzemní podlaží. Zde je umístěn samotný operační sál sloužící pro příjem tísňových volání 112 a 150, pro vysílání sil a prostředků HZS Pardubického kraje a povolávání a koordinaci složek integrovaného záchranného systému. Tento sál se rozkládá na více než polovině patra. Je vybaven dispečerskými stoly spojenými do půlkruhu, stoly pro podpůrné systémy, včetně hardwarového vybavení, a kancelářským nábytkem. Také zde byly komponenty vybrány z 3D skladu, ovšem s následnou úpravou. Každá z komponent dispečerského stolu byla nejprve odemknuta, byly do ní přidány monitory a klávesnice, a poté znovu uzamčena. Teprve takto upravené stoly byly umístěny na cílové místo v sále. Druhá část tohoto podlaží by měla sloužit jako oddechová místnost s kuchyňkou a sociálním zařízením. V dalších místnostech jsou plánovány kanceláře vedoucího a podpůrného personálu.

Pro modelaci posledního nadzemního podlaží bylo nejprve třeba dopracovat střešní konstrukci objektu a z ní pak vymodelovat půdorys této části. Nelze totiž v případě tohoto proskleného patra navázat ani na obvodové zdivo, ani na nosné prvky budovy. Jediným společným prvkem je schodiště s výtahovou šachtou. Právě na zmíněnou šachtu dále konstrukčně navazuje zasedací místnost, strojovna a technické zázemí budovy, kde by měla být umístěna hlavně vzduchotechnika a klimatizační jednotka. Zasedací místnost byla řešena a vybavena i tentokrát komponentami z 3D skladu v souladu s jejím účelem. Prosklené plochy skeletu čtvrtého patra jsou opět složeny z kovových konstrukcí vyplněných skleněnými tabulemi.

5.2 Modelování Hasičské stanice

Při modelaci hasičské stanice se vycházelo z projektové dokumentace zapůjčené z archivu HZS Pardubického kraje. Proto byl také její model vytvořen velice přesně, bez nutnosti ručního zaměřování či odvozování dílčích plánů budov z katastru nemovitostí. Objekt hasičské stanice se skládá z několika funkčních celků. Prvním z nich je objekt samotných garáží a zázemí pro hasiče. Druhý celek slouží jako kancelářská budova, kde sídlí oddělení prevence a krizového a havarijního plánování. Poslední funkční celek slouží jako garáže menších vozidel a technické zázemí chemické služby.

Před vlastní realizací tohoto objektu bylo potřeba provést podobné kroky jako u modelování objektu KOPIS. Tedy nastavení pracovní plochy, úprava základních vlastností modelu a současně nastavení délkové jednotky na milimetry, v nichž byl i tentokrát model vytvářen. Po prvotním nastavení přišla na řadu tvorba půdorysu celé budovy. Ten byl odvozen právě z projektové dokumentace objektu a vykreslen pomocí základních nástrojů. Z tohoto půdorysu byl poté nástroji pro 3D modelaci vymodelován celý objekt. Poté byly upraveny detaily modelu, jako jsou například vnořená výjezdová vrata, schodiště, přístřešky nebo nosné prvky střechy. Tím byl hotový samotný objekt, bez potažení texturami, jak je vidět na Obrázku 31.



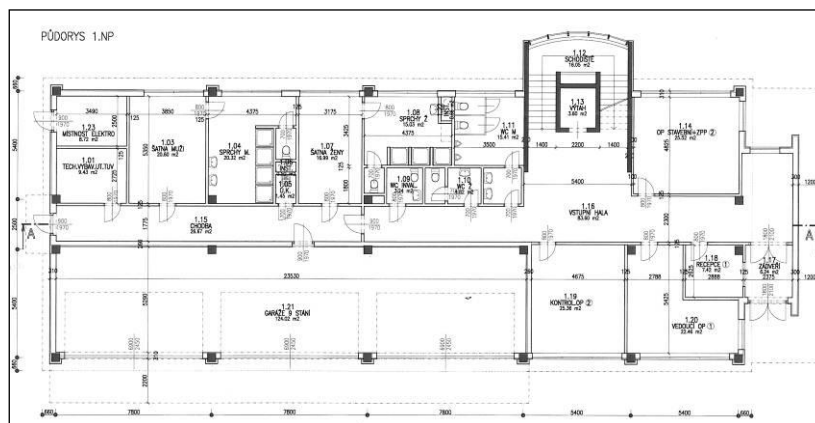
Obrázek 31 – Model hasičské stanice bez potažení texturami [zdroj vlastní]

Jak již bylo popsáno v úvodu této kapitoly, pro texturování budovy hasičské stanice bylo použito výhradně k tomu účelu pořízených snímků. Z důvodu tvorby detailů, jako například vnořená výjezdová vrata, bylo nutné vkládat snímky do vybraných prostor postupně a některé z nich použít i vícekrát. Pro drobné detailní prvky, jako například nosníky střešní konstrukce nebo schodiště, byly použity základní textury a materiály programu SketchUp.

5.3 Modelování ředitelství HZS Pardubického kraje

Předlohou modelu budovy ředitelství HZS Pardubického kraje byla původní technická dokumentace (viz. Obrázek 32), zapůjčená pro potřeby této práce z archivu HZS Pardubického kraje. Budova se skládá z přízemí a třech nadzemních podlaží. Ty slouží v převážné většině jako kancelářské prostory zaměstnanců ředitelství. V přízemí jsou umístěna garážová stání, šatny a technické místnosti zajišťující provozní chod budovy. Zajímavým prostorem z hlediska členitosti byla střecha, na které je umístěna klimatizační jednotka.

Úvodní procedury, předcházející vlastní modelaci, byly stejné jako u prvních dvou budov. Po základním nastavení bylo již možné začít s tvorbou půdorysu celé budovy, který byl vykreslen pomocí základních nástrojů. Z tohoto půdorysu byl potom nástroji pro modelaci vymodelován celý objekt. Dalšími postupy byla upravena venkovní část schodiště do půlkruhu složeného z obdélníků, na které se přichytávali texture získané ze snímků skla reálného objektu. Následný postup zahrnoval modelaci jednotlivých prvků oken, garážových stání a úprav střešních konstrukcí. Samotná úprava detailů oken, spočívala ve vymodelování okenních parapetů a usazení texturu snímku reálného okna. Tento postup již byl popsán v kapitole 4.2, na Obrázku 20.



Obrázek 32 – Půdorys budovy ředitelství [55]

Pro realističtější zobrazení budovy, bylo třeba potáhnout stěny texturou. Tento objekt je však z mnoha stran obtížně dostupný a nebylo možné vytvořit kvalitní snímek dle doporučených postupů pro vytváření textur. Proto se nakonec pokrývali jednotlivé části budovy texturami v kombinaci snímků a základních textur či materiálů

aplikace SketchUp. Příkladem může být kombinace okenních parapetů, které byly vytvořeny ze základní textury programu a snímků skutečných oken objektu. Zajímavým prvkem při tvorbě budovy ředitelství, bylo i modelování římsy nad garážovým stáním pomocí nástroje *Tažení po dráze*. Způsob této tvorby byl zaznamenán v kapitole 4.2, na Obrázku 21.

5.4 Vizualizace areálu HZS Pardubického kraje

Závěrečnou fází po vymodelování jednotlivých budov bylo vytvoření celého areálu HZS Pardubického kraje jako kompaktního celku. Prvním krokem bylo uzamčení dříve vytvořených budov jako komponent. Tím se zajistila možná manipulace s celou budovou v rámci prostoru v areálu.

Druhým důležitým krokem bylo vytvoření terénu pro umístění jednotlivých budov. Pro tuto práci byla nutná spolupráce s programem Google Earth, který je s aplikací Google SketchUp úzce provázán. Pro vizualizaci bylo nutné mít spuštěné oba programy současně. Stačilo tedy vybrat správný pohled na celý areál v programu Google Earth, přepnout se do programu SketchUp a zde za pomoci nástroje *Načíst aktuální pohled*, přenést tuto vizualizaci do modelu včetně přesných souřadnic. Importovaný snímek se přenáší pouze v odstínech šedi, což je zapříčiněno tím, že barevné snímky terénu nemají licenci pro export z aplikace Google Earth [56]. Poté, co byl do modelu přidán terén areálu, bylo možné importovat předem vytvořené budovy a usazovat je podle předlohy na určená místa.

Celkový obraz byl pak dotvořen modelací či importem drobnějších objektů, jako byly garáže, čerpací stanice, stromy, vozidla, stíny, apod. Vzhledem k požadavku na tvorbu animací v programu SketchUp, bylo potřeba zobrazit podkladový terén v barevném formátu. Pro tyto účely byl využit letecký snímek areálu, zapůjčený z datového skladu HZS Pardubického kraje, vložený jako podklad pod budovy areálu, které již byly do souřadnicového systému umístěny. Bylo tedy poměrně snadné upravit měřítko a umístění podkladu tak, jako již zadaný podkladový snímek z aplikace Google Earth. Pro celkové dotvoření iluze reálné atmosféry bylo však ještě třeba rozdělit horizont a znázornit oblohu. Tyto finální úpravy lze provést například úpravou stylu celého projektu a povolením zobrazení oblohy. V případě této práce ale byla vybrána metoda

vložení oblohy jako komponenty. Ta byla importována z 3D skladu a vložena jako kopule nad hasičský areál.

Posledním úkonem praktické části práce, bylo vytvoření animace. Ta se skládá z připravených scén a v konečné fázi je možné z těchto scén vygenerovat film. Pro potřeby této práce byla vytvořena animace zobrazující průlet nad areálem, průchod venkovních prostor a nakonec průchod vybraných místností budovy KOPIS.

6 Definování přínosu z hlediska požární ochrany

Jak již bylo popsáno v kapitole 3, využití modelování objektů pro potřeby požární ochrany je v současné době zaměřeno hlavně na vědu a výzkum, popřípadě na komerční využití při projekci staveb. Cílem této práce bylo tedy zjistit možnosti použití programu Google SketchUp pro již známá využití v oblasti PO a dále se zaměřit na zjištění nových směrů. Pro lepší přehlednost byla tato část práce rozdělena do dílčích podkapitol, podle oblasti použití.

Při výběru budovy vhodné k modelaci pro potřeby praktické části této práce se nabízelo mnoho objektů. Jednalo se především o objekty se zvýšeným požárním nebezpečím, například budovy v areálu podniků Synthesia Semtín nebo Paramo Pardubice, jejichž 3D modely by následně sloužily jednotkám PO společně se zpracovanou Dokumentací zdolávání požáru. Nakonec byl však zvolen objekt plánovaného KOPIS především proto, že otevíral další možnosti použití, kromě oblasti požární ochrany. Vizualizace a animace zatím nerealizované architektonické studie by totiž měla sloužit i jako podpora realizační fáze stavby, vybavování interiérů či pro proces získávání dotací na projekt, jak ze strany Ministerstva vnitra, tak evropských dotačních fondů (tzv. Integrovaných operačních programů Evropské unie).

6.1 Dokumentace zdolávání požárů

Dokumentace zdolávání požárů se zpracovává pro objekty a prostory, ve kterých jsou složité podmínky pro zásah nebo kde se provozují činnosti s vysokým požárním nebezpečím. Skládá se z operativního plánu, který obsahuje studii, stanovení nejsložitější varianty požáru a výpočet potřebných sil a prostředků. Případně stanoví požadavky na speciální hasební látky a postupy. Důležitou součástí operativního plánu je vyjímatelná příloha určená pro jednotky požární ochrany při zdolávání požáru, která obsahuje popis charakteristiky objektu, doporučení pro velitele zásahu a grafickou část s plánem objektu včetně okolní situace, zdrojů vody, atd. Dokumentace zdolávání požáru je uložena na místě příslušné požární stanici HZS a samozřejmě také v objektu právnické nebo podnikající fyzické osoby, pro kterou se DZP zpracovává, a to na trvale dostupném místě (nejčastěji vrátnice, apod.) [57] Dále je také uložena v elektronické

podobě v databázi HZS Pardubického kraje a pomocí intranetu dostupná všem profesionálním hasičům pro potřebu odborné přípravy a školení.

Cílem této práce bylo, mimo jiné, vyzkoušet možnosti 3D vizualizace objektu, jako součásti operativního plánu i výše zmíněné vyjímatelné přílohy, která slouží především pro podporu velitele zásahu. Ten ji využívá jako zdroj informací pro koordinaci a řízení složitého zásahu, a proto je vhodné poskytovat vybrané snímky modelované budovy v tištěné formě na listech zatavených do laminátu. Pro potřebné úpravy se velice osvědčil program LayOut2, kde bylo možné vybrané pohledy objektu nebo informace důležité pro vlastní zásah zvýraznit a popsat.

Součástí elektronické podoby DZP může být kromě statického 3D modelu také virtuální prohlídka objektu. Pro generování takové prohlídky bylo možné využít přímo Google SketchUp, v tomto prostředí vytvořený film nebo aplikaci Google SketchUp Viewer. Nevýhodou filmu je, že neposkytuje možnost interaktivní práce při zobrazení objektu, ale na druhé straně nepožaduje pro své přehrávání instalaci speciálního programu (formát avi je běžně užívaný). Program SketchUp Viewer již poskytuje o něco širší možnosti prohlížení, například volbou jednotlivých scén zmíněného filmu, se zaměřením na zobrazení potřebných informací o objektu a průchod cestami, jež slouží pro vlastní zásah. Uživatel však, stejně jako v případě kořenové aplikace Google SketchUp, musí mít tento program nainstalován. Pro samotné školení se nakonec ukázalo nejvhodnějším využití volné verze programu SketchUp se zpřístupněním soubory pouze pro čtení. Důvodem byla především možnost práce s hladinami a řezy, která se během praktického zkušebního předvádění vizualizace velice osvědčila. Například při vypnutí hladiny obvodových zdí, mohl školitel upozornit na konstrukční detaily ovlivňující taktiku zásahu uvnitř budovy nebo při zapnutí hladiny s prostředky pro hasební práce a jejich popisy, byly zobrazeny podzemní a nadzemní hydranty, hasicí přístroje, atd. Vypínání/zapínání jednotlivých hladin má samozřejmě daleko širší možnosti použití vzhledem k zásahu.

6.2 Havarijní připravenost

Jednou z oblastí zajišťování bezpečnosti, která spadá do kompetencí HZS ČR, je havarijní plánování [1]. Jedná se o nástroj pro zvládnutí mimořádných událostí především při vyšších stupních poplachu. Havarijní plány a jejich zpracování se týká

zejména objektů se zvýšeným nebezpečím v souvislosti s nakládáním s vybranými nebezpečnými látkami a přípravky nebo využíváním jaderné energie či významných zdrojů ionizujícího záření. [4] Tvorba vnějších havarijních plánů je přímo součástí výkonu požární prevence a krizového řízení a jejich součástí je i grafické znázornění následků reprezentativních scénářů závažných havárií [58]. Právě zde je možnost využití 3D vizualizace objektů. Neméně významné je potom využití modelů pro cyklické ověřování havarijní připravenosti, které je v minimálním rozsahu stanoveno příslušnými předpisy, a to jak pro vnější, tak i vnitřní havarijní plány vybraných objektů. Výcvik obsluhy objektů, jež jsou významným zdrojem rizika, i členů záchranných složek, či odpovědných orgánů se provádí nejen během taktických a námětových cvičení, ale především z důvodu jejich organizační a finanční náročnosti, častěji formou školení. Možnost vizualizace a virtuální prohlídky daného objektu by pak byla velmi účinnou pomůckou pro orientaci v uspořádání a členění objektu, únikových východech, vodních zdrojích, apod.

6.3 Využití speciálními simulačními programy

Kromě využití vlastního modelu, vytvořeného v prostředí programu Google SketchUp, pro potřeby požární ochrany lze tento dále kombinovat se specializovanými programy. Jedná se zejména o aplikace, jež byly přímo vyvinuty k simulaci šíření požáru, kouře, tepelného sálání a jeho destruktivních účinků, evakuaci, nácviku boje proti požárům, apod. Jednou z již zmíněných výhod aplikace Google SketchUp je relativně velké množství volitelných formátů pro výstup modelovaných dat [32].

Vždy je však třeba při výběru vhodného programu, vzhledem k oblasti zamýšleného použití, nejprve zjistit formát možných vstupů do tohoto programu a zajistit kompatibilitu s výstupy z aplikace SketchUp. Například programy jako SMARTFIRE [59] či ExDAM [60] umožňují přímé použití dat z programu SketchUp ve vybraných formátech. U programu SMARTFIRE, který slouží k jednoduché modelaci šíření ohně a kouře pro požární inženýrství [61], je jako kompatibilní formát pro input požadován soubor typu DXF [59]. Stejný vstupní formát souborů lze použít pro potřeby požárních inženýrů i taktiku zásahu také v případě aplikace EXODUS. Ta slouží k modelování průběhu a dynamiky evakuace objektů. [62] Dále je možné zmínit například rodinu aplikací BREEZE Haz Fire / Explosion, kde je požadován jako jeden ze vstupních

formátů již zmíněný soubor typu DXF nebo také input DWG souborů [63]. Mezi modelovací nástroje, jež patří do této skupiny programů, můžeme zařadit třeba aplikace HexDAM, VASDIP, HAZ Fire / Explosion, aj. Tyto programy také slouží k modelaci účinků a průběhu rozvoje požáru, ovšem především se zaměřením na požáry typu BLEVE, PLUM a další, přímo jimi způsobené nebo zahrnující přítomnost vybraných nebezpečných látek. [64] Program, který je odlišný nejen svým zaměřením, ale i požadovanými vstupními daty, je PHOENICS. Je schopen bez problémů implementovat CAD soubory a dále je využívat. Modulární struktura programu nabízí nejen řešení problémů spojených s požárem v několika stupních, s ohledem na fyzikální a chemické účinky hoření. [65]

Existují také některé programy, které jsou schopné pracovat s daty a modely z programu Google SketchUp, ale je potřeba nejprve provést konverzi vstupních souborů. Jako příklad mohou sloužit programy Fire Dynamics Simulator [66] (dále jen „FDS“) či PyroSim [67]. Výstupy z programu Google SketchUp lze totiž použít až po konverzi programem 3dsolid2fds. Jedná se o nástroj, který snadno a rychle převádí 3DS soubory pro použití výše uvedenými programy. Dokonce je schopen rozeznat a dále zachovat jednotlivé vrstvy původního modelu. [68] Tento nástroj byl původně vyvinut pro podporu programu FDS, což je numerický výpočetní model pro simulaci šíření kouře a tepelné radiace způsobené požárem. Výpočty mohou být dále graficky znázorněny pomocí samostatného vizualizačního programu Smokeview, který pochází od stejných vývojářů jako FDS. [66] Také poslední jmenovaný, program PyroSim, požaduje nejprve konverzi souborů nástrojem 3dsolid2fds. PyroSim aplikace je komplexním modelovacím nástrojem pro požární ochranu, jak v oblasti prevence, tak i rekonstrukce mimořádných událostí. Simuluje šíření požáru, kouře a tepelného sálání poměrně rychle a snadno. [67]

6.4 Požární bezpečnost staveb

Ačkoliv požární bezpečnost budov je dle vyhlášky¹² zkoumána u většiny nově budovaných či rekonstruovaných staveb, není vždy třeba se jí zabývat příliš detailně. Zpravidla postačují k jejímu zhodnocení standardní postupy vycházející z norem a oborových tabulek. [69] Provádět detailní vizualizaci každého projektovaného

¹² Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb.

rodinného domu by bylo tedy nejen pracné, ale také neekonomické. Pokud se ovšem nejedná o netradiční konstrukční řešení, materiály nebo objekty veřejného zájmu. Využití 3D modelování se tak v oblasti požární bezpečnosti nabízí jednak v konkrétních případech u specifických staveb nebo pro potřeby výzkumu.

Také při posouzení požární bezpečnosti staveb, kde se projektant potýká s nedostatkem potřebných návrhových parametrů, je pro jejich získání nezbytné provést odborný úsudek, tzv. kvalitativní analýzu. Její výstupy umožní zvážit možné způsoby vzniku požárního nebezpečí a stanovit oblast strategií pro udržení rizika na přijatelné úrovni. Pro tyto účely postupně nabývá na významu právě 3D modelování objektů, požárů a jejich následků.

7 Závěr

Cílem práce bylo především blíže zmapovat a prozkoumat možnosti využití 3D modelování objektů pro potřeby požární ochrany. Základem práce bylo v první řadě zpracování vizualizace vybraných budov a okolního areálu.

Samotná vizualizace se skládá ze tří hlavních a několika pomocných modelů budov a objektů usazených do prostor areálu Hasičského záchranného sboru Pardubického kraje. Hlavním modelem celého komplexu byla budova Krajského operačního a informačního střediska Hasičského záchranného sboru Pardubického kraje o celkové rozloze 336 m², která byla vymodelována v nejvyšší úrovni detailů, včetně vnitřního vybavení. Další součástí celé vizualizace byla budova hasičské stanice Pardubice s rozlohou zhruba 2055 m². Ta byla modelována pouze jako skelet, ale opět v nejvyšší úrovni detailů s využitím fotografických textur. Posledním ze skupiny hlavních modelů je budova ředitelství Hasičského záchranného sboru Pardubického kraje o rozloze celkem 530 m², která byla modelována v obdobné kvalitě a podobným způsobem jako budova předešlá. Pro dotvoření celkového dojmu reálné scény, byly dále využity modely stromů, hasičských vozidel či menších staveb, jako jsou garáže, zdvihací rampa, ploty a čerpací stanice. Podklad všech těchto modelů tvořil letecký snímek města Pardubic. Pro vyvolání iluze horizontu a oblohy byl následně v konečné fázi modelování celý snímek zakryt kopulí s texturou oblohy.

Realizace návrhové studie plánovaného objektu Krajského operačního a informačního střediska Hasičského záchranného sboru Pardubického kraje v sobě skrývala určitá úskalí, avšak i díky některým nástrojům, jež obsahuje aplikace Google SketchUp Pro, se podařilo s nimi bez větších problémů vypořádat. Poměrně složitý proces tvorby konstrukce budovy do značné míry usnadnily vybrané intuitivní funkce programu. Z hlediska potřebného času tak byla mnohem náročnější fáze texturování a celkové úpravy scény. Jako velmi užitečná, právě z hlediska požární ochrany i samotného modelování, se ukázala možnost aktivace a deaktivace vybraných hladin dle potřeby uživatele. Práci s některými detaily a prvky také velmi usnadnila možnost čerpat komponenty z Google galerie 3D objektů.

Zejména díky zkušenostem z modelování vybrané budovy i okolí a s využitím praktických znalostí z problematiky požární ochrany bylo již možné konkrétně vymezit rámeček použití 3D vizualizace objektů. Stěžejní oblastí je využití v operativním plánu

DZP, jako jednotlivé snímky v jeho listinné podobě, tak i s rozšířenými možnostmi prohlížení a zobrazení v podobě elektronické na intranetu HZS. Podobné uplatnění je možné i v rámci havarijních plánů u vybraných technologických objektů. V obou případech lze však dále použít nejen model, ale zejména jeho animaci, ke školení, ověřování havarijní připravenosti, plánování taktiky zásahu či bojového rozvinutí, apod. Vzhledem k potřebám školitelů i školených jednotek a odpovědných zaměstnanců daných objektů je optimálním řešením poskytnutí souborů pouze pro čtení, a to ve volné verzi programu Google SketchUp. Modelované objekty mohou být využívány také požárními inženýry v souvislosti s posuzováním a hodnocením požární bezpečnosti budov zejména v případech, kdy je třeba provést kvalitativní analýzu při nedostatku potřebných parametrů. Ať už doplňkově pro oblasti výše uvedené, či za jiným účelem, lze využívat vhodné výstupy z programu Google SketchUp také vybranými kompatibilními programy se zaměřením na modelaci a simulaci průběhu, doprovodných jevů a následků požáru nebo explozí s následným zahořením. Úskalím využití těchto speciálních programů pro výcvik je bohužel skutečnost, že v současné době na trhu chybí kvalitní aplikace, která by byla schopná skloubit modelaci požáru zohledňující chemické procesy a fyzikální vlastnosti materiálů a simulaci taktického postupu a řízení zásahu v reálném čase.

Program Google SketchUp ve verzi Pro, v níž byl model vytvořen, poskytuje poměrně široké možnosti využití na poli požární ochrany, zejména ve vztahu k požární bezpečnosti vybraných objektů. Nejedná se pouze o grafický výstup jako statickou součást dokumentace zdolávání požárů nebo havarijních plánů, ale o daleko širší aktivní použití ke školení a odborné přípravě odpovědných osob a orgánů. Aplikace sice není, sama osobě, simulačním programem pro praktický nácvik zásahu, nicméně lze její výstupy k tomuto účelu a s použitím speciálních programů využít.

Kromě naplnění hlavních cílů, které tato práce sledovala, lze postupy modelování uvedené v praktické části, využít i jako podporu uživatelům aplikace Google SketchUp, a to nejen pro potřeby požární ochrany.

Použitá literatura

- [1] Zákon č. 239/2000 ze dne 28. června 2000 o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, v platném znění. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2000, částka 73, s. 3461–3475.
- [2] Zákon ČNR č. 133/1985 ze dne 17. prosince 1985 o požární ochraně, v platném znění. In *Sbírka zákonů ČSSR*. 1985, 34, s. 674–692.
- [3] Zákon č. 238/2000 ze dne 28. června 2000 o Hasičském záchranném sboru ČR a o změně některých zákonů, v platném znění. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2000, 73, s. 3461–475.
- [4] ŠENOVSKÝ, Michail; ADAMEC, Vilém; HANUŠKA, Zdeněk. *Integrovaný záchranný systém*. Vyd. 2. Ostrava: SPBI, 2007. 157 s. SPEKTRUM, ISBN 978–80-7385–007-4.
- [5] HANUŠKA, Zdeněk. *Plošné pokrytí sil a prostředků jednotek PO v ČR*. Vyd. 3. Ostrava: SPBI, 2006. 9 s. SPEKTRUM, ISBN 80–86634-02–9.
- [6] NET-MAG.CZ [online]. 2004 [2010–04-24]. Teorie 2D prostoru. Dostupné z WWW: <http://programovani.net-mag.cz/?action=art&num=444> .
- [7] *Grafika on-line* [online]. 2010 [2010–04-19]. Google SketchUp: 3D lehce a rychle. Dostupné z WWW: <http://www.grafika.cz/art/3d/googlesketchup7.html> .
- [8] *Wikipedie* [online]. 2010 [2010–04-19]. Počítačová grafika. Dostupné z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Po%C4%8D%C3%ADta%C4%8Dov%C3%A1_grafika.
- [9] *Wikipedia* [online]. 2010 [cit. 2010–04-10]. 3D computer graphics. Dostupné z WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/3D_computer_graphics .
- [10] *Wikipedia* [online]. 2010 [2010–04-19]. Visualisation (computer graphics) Dostupné z WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/Visualization_%28computer_graphics%29 .
- [11] *Wikipedia* [online]. 2010 [cit. 2010–03-26]. Rendering (computer graphics). Dostupné z WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/Rendering_%28computer_graphics%29 .

- [12] *Texture mapping*. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, [cit. 2010–03-27]. Dostupné z WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/Texture_mapping.
- [13] *Jon Radoff, Internet Entrepreneur 2.0* [online]. 2008 [2010–02-15]. Anatomy of an MMORPG. Dostupné z <http://radoff.com/blog/2008/08/22/anatomy-of-an-mmorpg> .
- [14] *CAD.cz* [online]. 2010 [cit. 2010–03-19]. Prezentace hrou. Dostupné z WWW: <http://www.cad.cz/stavebnictvi/79-stavebnictvi/1540-prezentace-hrou-virtual-building-explorer-v-akci.html> .
- [15] 3D modeling. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, [cit. 2010–03-28]. Dostupné z WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/3D_modeling .
- [16] POPELKA, Stanislav. [online]. 2008 [2010–04-19]. *GOOGLE A ARCGIS: NOVÉ MOŽNOSTI V 3D VIZUALIZACI*. Olomouc. 70 s. Bakalářská práce. UP v Olomouci. Dostupné z WWW: www.swenney.hustej.net/BP/data/Popelka_BP.pdf .
- [17] ŽÁRA, Jiří; BENEŠ, Bedřich; FELKEL, Petr. *Moderní počítačová grafika*. Vyd. 1. Praha: Computer Press, 1998. 448 s. ISBN 80–7226-049–9.
- [18] Non-uniform rational B-spline. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, [cit. 2010-04-10]. Dostupné z WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/Non-uniform_rational_B-spline.
- [19] Constructive solid geometry. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, [cit. 2010-03-28]. Dostupné z WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/Constructive_solid_geometry .
- [20] *STRACHOTA, Pavel* [online]. 2009 [2010–03-29]. Promítání. Dostupné z WWW: <http://saint-paul.fjfi.cvut.cz/base/public-filesystem/admin-upload/POGR/POGR2/08.promitani.pdf> .
- [21] *OpenOffice*. [online]. 2008 [2010–03-29]. Shading. Dostupné z WWW: <http://wiki.services.openoffice.org/wiki/File:DG7-25.png> .
- [22] *KOLDA, Jiří* [online]. 2007 [2010–03-29]. 3D grafika, rendering. Dostupné z WWW: http://kolda-design.ic.cz/referat_PVM_rendering.pdf .

- [23] *ASB* [online]. 2008 [cit. 2010–03-15]. ArchiCAD místo projektantovy tužky. Dostupné z WWW: <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvo/softver/archicad-misto-projektantovy-tuzky-304.html> .
- [24] *Cegra* [online]. 2010 [2010–04-19]. Google Earth Connections. Dostupné z WWW: <http://www.cegra.cz/115-produkty-software-archicad-13-google-earth-connections.aspx> .
- [25] *3D scéna* [online]. 2003 [2010–03-12]. Rhino verze 3 – Veni, Vidi, Vici? Dostupné z WWW: <http://www.3dscena.cz/art/3dscena/rhino3.html> .
- [26] *Rhino3D.cz* [online]. 2007 [2010–03-12]. Revoluční Rhinoceros 4.0 již v prodeji! Co umí?. Dostupné z WWW: <http://www.rhino3d.cz/clanky/rhino/rhinoceros-4-v-prodeji.html> .
- [27] *ArCon* [online]. 2010 [2010–03-11]. Od vize k realizaci. Dostupné z WWW: <http://www.arcon3d.cz/> .
- [28] *Autodesk* [online]. 2010 [cit. 2010–04-09]. DXF; DWG. Dostupné z WWW: <http://usa.autodesk.com/> .
- [29] *ArchiTECH.PC* [online]. 2010 [2010–04-19]. SoftCAD.3D. Dostupné z WWW: http://www.architech.cz/softcad_3D.htm .
- [30] *Blender3D* [online]. 2005 [2010–03-09]. Charakteristika programu Blender. Dostupné z WWW: <http://www.blender3d.cz/drupal/?q=charakteristika> .
- [31] SketchUp. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, [cit. 2010-03-10]. Dostupné z WWW: <http://en.wikipedia.org/wiki/SketchUp> .
- [32] *Google SketchUp* [online]. 2010 [2010–03-08]. Comparison. Dostupné z WWW: <http://sketchup.google.com/intl/cs/product/whygopro.html> .
- [33] *Google SketchUp* [online]. 2010 [2010–03-08]. Style Builder. Dostupné z WWW: <http://sketchup.google.com/intl/cs/product/stylebuilder.html> .
- [34] *Google SketchUp* [online]. 2010 [2010–03-08]. Layout. Dostupné z WWW: <http://sketchup.google.com/intl/cs/product/layout.html> .

- [35] *Google SketchUp* [online]. 2010 [2010-03-08]. Galerie 3D objektů. Dostupné z WWW: <http://sketchup.google.com/intl/cs/product/3dwh.html> .
- [36] *Google SketchUp* [online]. 2010 [2010-03-08]. Jaké jsou hardwarové a softwarové požadavky aplikace SketchUp? Dostupné z WWW: <http://sketchup.google.com/support/bin/answer.py?hl=cs&answer=36208> .
- [37] *Hasičský záchranný sbor ČR* [online]. 2010 [cit. 2010-03-29]. Statistická ročenka 2009. Dostupné z WWW: <http://www.hzscr.cz/clanek/statisticke-rocenky-hasicskeho-zachranneho-sboru-cr.aspx> .
- [38] *Časopis stavebnictví* [online]. 2009 [2010-02-10]. Atypické řešení oddělení tunelových trub při požáru v místě strojovny. Dostupné z WWW: http://www.casopisstavebnictvi.cz/atypicke-reseni-oddeleni-tunelovych-trub-pri-pozaru-v-miste-strojovny_N2353 .
- [39] *CIDEAS* [online]. 2008 [2010-03-19]. Styčníky se zvýšenou požární odolností. Dostupné z WWW: http://www.cideas.cz/free/okno/technicke_listy/5tlv/TL08CZ_3221-5.pdf .
- [40] ŠČOTKOVÁ, Petra *Historický vývoj sprinklerového zařízení*. [online]. 2008 [2010-02-18]. Dostupné z WWW: <http://www.hzscr.cz/clanek/historicky-vyvoj-sprinkleroveho-zarizeni.aspx> .
- [41] *Fakulta bezpečnostního inženýrství VŠB-TU v Ostravě* [online]. 2010 [2010-03-19]. Studie využití modelů požárů a modelů pro evakuaci osob. Dostupné z WWW: <http://www.fbi.vsb.cz/shared/uploadedfiles/fbi/SVOC-TPO.pdf> .
- [42] *FSEG* [online]. 2009 [2010-02-27]. Exodus animations. Dostupné z WWW: http://fseg.gre.ac.uk/fire/EXODUS_animations.asp .
- [43] *FSEG* [online]. 2009 [2010-02-28]. Investigating the Swissair flight 111 in-flight fire using the smartfire CFD fire simulation software. Dostupné z WWW: http://fseg.gre.ac.uk/fire/smartfire_MD11Proj.html .
- [44] *NOVA* [online]. 2004 [2010-02-28]. Crash of flight 111. Dostupné z WWW: <http://www.pbs.org/wgbh/nova/aircrash/dissection.html> .

- [45] *NIST* [online]. 2008 [2010-03-01]. NIST WTC 7 Investigation Finds Building Fires Caused Collapse. Dostupné z WWW:
http://www.nist.gov/public_affairs/releases/wtc082108.html .
- [46] *NEWTEK* [online]. 2009 [2010-03-01]. Mapping the damage. Dostupné z WWW:
http://www.newtek.com/lightwave/images/print/city_ed_lg.jpg .
- [47] *SpringerLink* [online]. 2005 [2010-04] Lessons from the evacuation of the world trade centre, 9/11 2001 for the development of computer-based simulations. Dostupné z WWW: <http://www.springerlink.com/content/1325p1w1u786665k/> .
- [48] *NIST* [online]. 2007 [2010-03-01]. Reconstructing The Station Nightclub fire – Computer modeling of the fire growth and spread. Dostupné z WWW:
<http://fire.nist.gov/bfrlpubs/fire07/PDF/f07061.pdf> .
- [49] *Willington Fire Dept # 1* [online]. 2010 [2010-04-23]. Dostupné z WWW:
<http://www.willingtonfire.org/training.html> .
- [50] *Google Galerie 3D objektů* [online]. 2008 [2010-04-23]. Dostupné z WWW:
<http://sketchup.google.com/3dwarehouse/details?mid=1b13361948f4c76acf0ad27080dda316#> .
- [51] *Sborník příspěvků 18. konference GIS ESRI* [online]. 2010 [2010-04-19]. Integrované bezpečnostní centrum – řešení (jen?) pro Moravskoslezský region. s.8-9. Dostupné z WWW: <http://download.arcdata.cz/konf/2009/sbornik-18-konference-web.pdf> .
- [52] BERGLOWIEC, Petr. *Integrované Bezpečnostní Centrum: řešení nejen pro Moravskoslezský kraj*. Počítačová prezentace. Ostrava 2009
- [53] VYČÍTALOVÁ, Klára. *Modelování vybraných objektů Univerzity Pardubice pomocí Google SketchUp*. Pardubice, 2009. 61 s. Diplomová práce. Univerzita Pardubice
- [54] *Tools and Techniques for creating your city in Google Earth* [online]. 2009 [cit. 2010-06-20]. Modeling a City. Dostupné z WWW:
http://static.googleusercontent.com/external_content/untrusted_dlcp/www.google.com/cs/intl/en/sketchup/3dwh/pdfs/modeling_a_city.pdf .
- [55] Objemová studie - 11/2001 : *Novostavba objektu KŘ HZS Pardubického kraje*. Pardubice : PPP, spol . s.r.o., 2001.

- [56] *Why is the Google Earth terrain images black and white in SketchUP?* [online]. 2010 [cit. 2010-05-29]. Google SketchUp. Dostupné z WWW: <http://sketchup.google.com/support/bin/answer.py?hl=en&answer=38610> .
- [57] *Dokumentace zdolávání požáru* [online]. 2000-03-16 [cit. 2010-06-05]. Odborná příprava jednotek požární ochrany – konspekty odborné přípravy. Dostupné z WWW: http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/hasici/izs/konspekty/dzpv_hasici.html .
- [58] Česká republika. Vyhláška Ministerstva vnitra č. 103/2006 ze dne 21. března 2006 o stanovení zásad pro vymezení zóny havarijního plánování a o rozsahu a způsobu vypracování vnějšího havarijního plánu, v platném znění. In *Sbírka zákonů ČR*. 2006, částka 36, s. 1-1227.
- [59] *FIRE SAFETY ENGINEERING GROUP: School of Computing & Mathematical Sciences* [online]. 2009 [cit. 2010-06-01]. SMARTFIRE features. Dostupné z WWW: http://fseg.gre.ac.uk/smartfire/smartfire_features.html .
- [60] *Breeze* [online]. 2010 [cit. 2010-06-01]. Explosion Models and Damage Assessment Models. Dostupné z WWW: <http://www.breeze-software.com/software/exp.aspx?id=226&terms=exdam> .
- [61] *FIRE SAFETY ENGINEERING GROUP : School of Computing & Mathematical Sciences* [online]. 2009 [cit. 2010-06-01]. SMARTFIRE introduction. Dostupné z WWW: <http://fseg.gre.ac.uk/smartfire/index.html> .
- [62] *FIRE SAFETY ENGINEERING GROUP: School of Computing & Mathematical Sciences* [online]. 2009. Greenwich: 1997, 2008 [cit. 2010-06-01]. EXODUS MODEL BRIEFLY EXPLAINED. Dostupné z WWW: <http://fseg.gre.ac.uk/exodus/work.html> .
- [63] *Breeze* [online]. 2004 [cit. 2010-06-01]. LFG Fire/Risk. Dostupné z WWW: <http://www.aga.org/NR/rdonlyres/66B543E1-41B5-4B6C-93AF-A1551E3DD81C/0/0711LNFIRERISK.PDF> .
- [64] *Breeze : Explosion Models and Damage Assessment Models* [online]. 2010 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: <http://www.worldgeodata.com/explosion/> .

- [65] *Pioneering CFD Software for Education & Industry* [online]. 2008 [cit.2010–06-02]. The Use and Application of CFD in the Air Conditioning and Fire Protection Industry. Dostupné z WWW: http://www.cham.co.uk/PUC/PUM_Sydney/airahludwig.pdf .
- [66] *National Institute of Standards and Technology (NIST) : Fire Dynamics Simulator and Smokeview (FDS-SMV)* [online]. 2009 [cit. 2010-06-02]. Introduction. Dostupné z WWW: <http://fire.nist.gov/fds/index.html> .
- [67] *Thunderhead Engineering* [online]. 2009 [cit. 2010-06-02]. PyroSim. Dostupné z WWW: <http://www.thunderheadeng.com/pyrosim/PyroSimHandout.pdf> .
- [68] DYMIADI, Johannes. *A FREE UTILITY TO CONVERT AUTOCAD 3DSOLID GEOMETRY TO FDS & OBST LINES* [online]. 2008 [cit. 2010–06-03]. 3dsolid2fds V1.0. Dostupné z WWW: <http://sites.google.com/site/jdimyadi/3dsolid2fds> .
- [69] KOPÁČEK, Petr. *Hasičský záchranný sbor ČR; Požární prevence* [online]. 2008 [cit. 2010–06-03]. K 1.7. 2008 nabyla účinnosti vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb. Dostupné z WWW: <http://www.hzscr.cz/clanek/k-1-7-2008-nabyva-ucinnosti-vyhlaska-c-23-2008-sb-o-technicky-podminkach-pozarni-ochrany-staveb.aspx> .
- [70] *The National Institute of Standards and Technology (NIST) : Building and Fire Research Laboratory (BFRL)* [online]. 2010 [cit. 2010–06-02]. BFRL Project: Computer Based Fire Fighter Trainer. Dostupné z WWW: http://www.nist.gov/bfrl/fire_protection/fireservice/computer_based_fire_fighter_trainer.cfm .

Seznam příloh

Příloha 1 – Budova hasičské stanice Pardubice

Příloha 2 – Budova ředitelství HZS Pardubického kraje

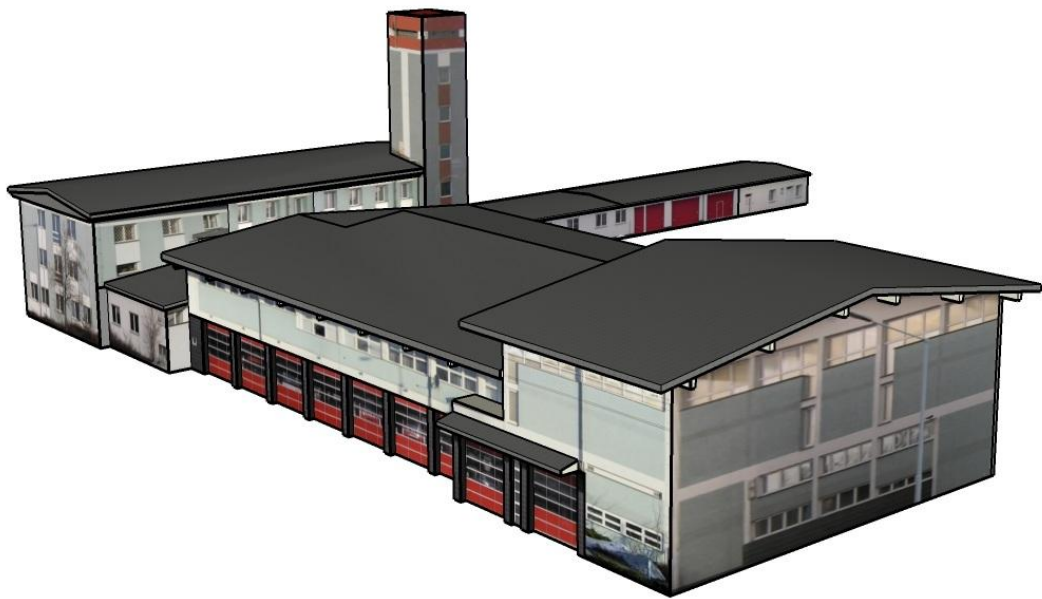
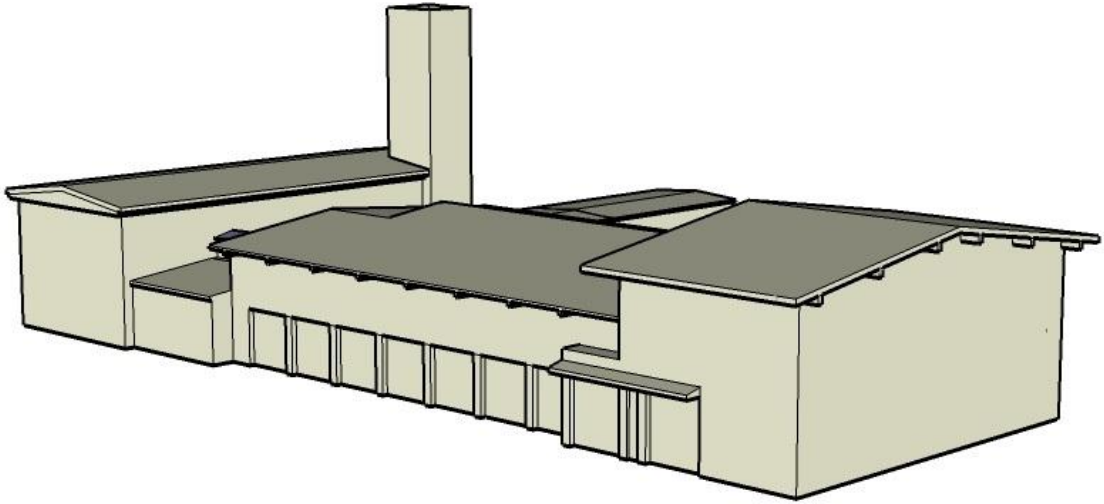
Příloha 3 – Budova nově projektovaného Krajského operačního a informačního střediska
HZS Pardubického kraje

Příloha 4 – Vnitřní prostory budovy Krajského operačního a informačního střediska HZS
Pardubického kraje

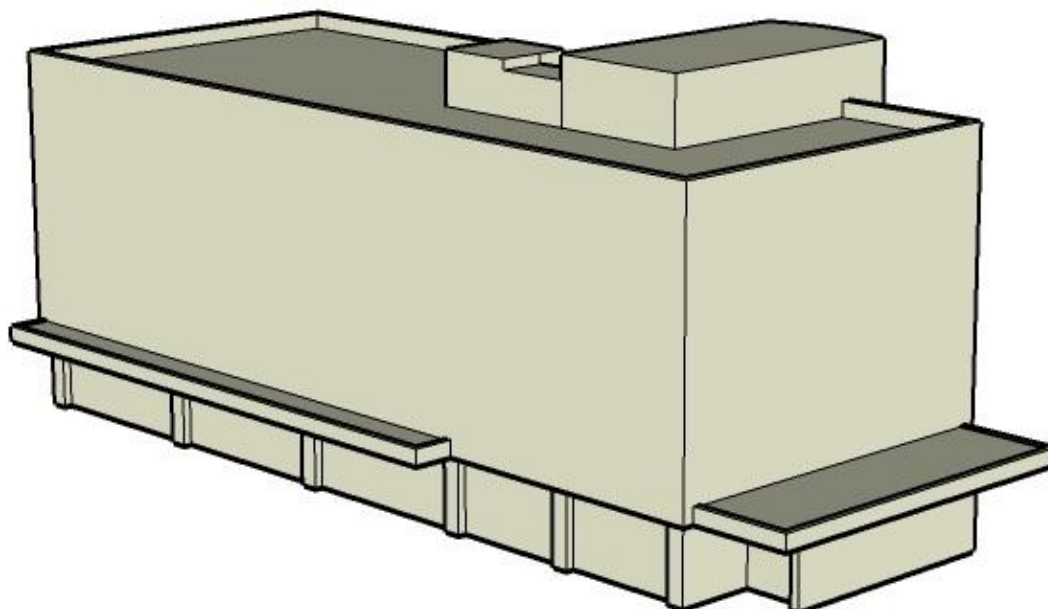
Příloha 5 – Pohledy na areál HZS Pardubického kraje

Příloha 6 – CD ROM

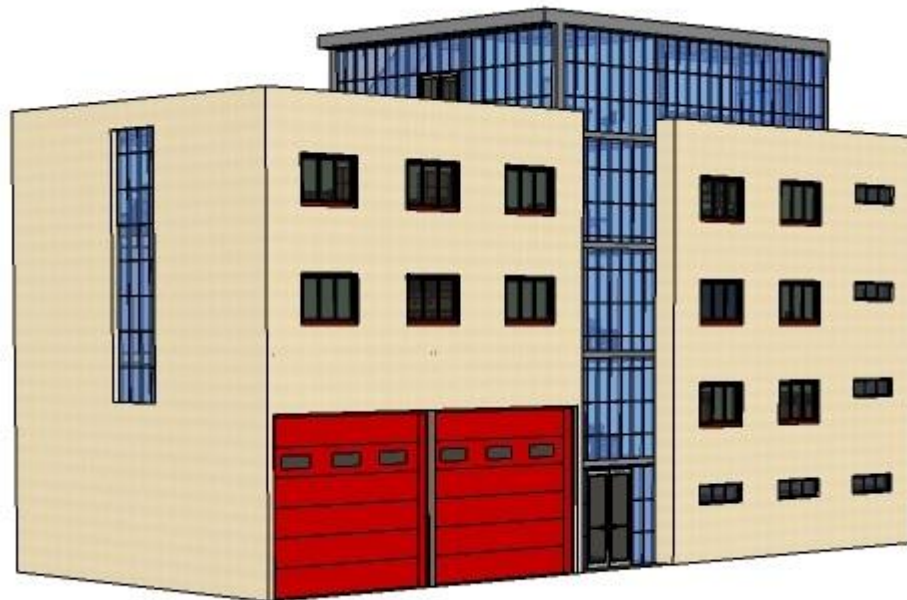
Příloha 1 – Budova hasičské stanice Pardubice



Příloha 2 – Budova ředitelství HZS Pardubického kraje



**Příloha 3 – Budova nově projektovaného Krajského operačního
a informačního střediska HZS Pardubického kraje**



**Příloha 4 – Vnitřní prostory budovy Krajského operačního
a informačního střediska HZS Pardubického kraje**



Příloha 5 – Pohledy na areál HZS Pardubického kraje





