

**M A S A R Y K O V A  
U N I V E R Z I T A**

**PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA**

**Kompoziční prvky 3D vizualizací**

Bakalářská práce

**David Chovanec**

Vedoucí práce: Mgr. Bc. Zdeněk Stachoň, Ph.D.

Geografický ústav

**BRNO 2019**

## **Bibliografický záznam**

<b>Autor:</b>	David Chovanec Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita Geografický ústav
<b>Název práce:</b>	Kompoziční prvky 3D vizualizací
<b>Studijní program:</b>	Geografie a kartografie
<b>Studijní obor:</b>	Geografická kartografie a geoinformatika
<b>Vedoucí práce:</b>	Mgr. Bc. Zdeněk Stachoň, Ph.D.
<b>Akademický rok:</b>	2018/2019
<b>Počet stran:</b>	80
<b>Klíčová slova:</b>	3D model, vizualizace, město, kompoziční prvky, směrovka, legenda, měřítko

## **Bibliografic Entry**

**Author:** David Chovanec  
Faculty of Science, Masaryk University  
Department of Geography

**Title of Thesis:** Composition Elements of 3D Visualizations

**Degree Programme:** Geography and cartography

**Field of Study:** Geographical cartography and geoinformatics

**Supervisor:** Mgr. Bc. Zdeněk Stachoň, Ph.D.

**Academic Year:** 2018/2019

**Number of Pages:** 80

**Keywords:** 3D model, visualization, city, composition elements, north arrow, legend, scale

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou kompozičních prvků ve vizualizacích 3D modelů měst, větších areálů a budov. Jejím cílem je provést analýzu na bezplatně dostupných vizualizacích a navrhnout vhodné vylepšení problematických kompozičních prvků. V analýze je pracováno se souborem 90 vizualizací dostupných zejména na webových serverech ArcGis.com, 3D Warehouse, 3D CAD Browser a také v aplikaci City Engine Web Viewer od ESRI. Výsledkem práce je zhodnocení využití jednotlivých kompozičních prvků u analyzovaných vizualizací z hlediska platných kartografických zásad a také z hlediska vnímání běžného uživatele. Byly navrženy možné úpravy vybraných kompozičních prvků, přičemž vhodnost navržených variant měřítka byla ověřena průzkumem. Taktéž bylo vytvořeno schéma ideální kompozice u vizualizace 3D modelu města.

## **Abstract**

This bachelor thesis analyzes the compositional elements in the visualizations of 3D models of cities, larger urban areas and buildings. The goal of the thesis is to analyze the free visualizations and to propose the appropriate improvement to problematic compositional elements. The analysis includes a set of 90 visualizations available mainly on the ArcGis.com, 3D Warehouse, 3D CAD Browser and also in the ESRI's app City Engine Web Viewer. The result of this work is the evaluation of utilization of compositional elements in the analyzed sample in the terms of valid cartographic principles and also in the terms of the perception of ordinary user. The possible modifications of selected compositional elements have been proposed and the suitability of the proposed scale variants has been verified by the survey. Also, the scheme of the ideal composition in the visualization of the 3D model of the city was created.

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce Mgr. Bc. Zdeňku Stachoňovi, Ph.D. za trpělivost, ochotu a rady poskytnuté v rámci konzultací. Taktéž děkuji Bc. Martině Fišerové za motivování k napsání této práce.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Bc. Zdeňka Stachoně, Ph.D. a s využitím informačních zdrojů, které jsou v práci citovány.

Brno, 6. 5. 2019

.....  
David Chovanec

## **OBSAH**

1	ÚVOD.....	8
2	METODIKA ZPRACOVÁNÍ.....	9
2.1	Současný stav zkoumané problematiky .....	9
3	TERMINOLOGIE.....	11
3.1	Prostorové dimenze.....	11
3.2	3D vizualizace a 3D geovizualizace .....	12
3.3	3D mapa .....	13
4	ZÍSKÁVÁNÍ 3D DAT .....	14
5	DĚLENÍ 3D MODELŮ.....	16
5.1	Dělení 3D modelů měst.....	16
6	PRAKTICKÉ VYUŽITÍ 3D MODELŮ MĚST .....	18
6.1	Smart cities.....	18
7	VYBRANÉ KOMPOZIČNÍ PRVKY .....	20
7.1	Mapové pole.....	20
7.2	Název mapy.....	20
7.3	Legenda.....	20
7.4	Měřítko.....	21
7.5	Tiráž .....	21
7.6	Orientace (směrovka).....	21
8	DĚLENÍ ANALYZOVANÝCH VIZUALIZACÍ 3D MODELŮ DLE STUPNĚ REÁLNOSTI.....	23
9	ANALÝZA VYUŽITÍ KOMPOZIČNÍCH PRVKŮ NA ZKOUMANÝCH VIZUALIZACÍCH .....	29
9.1	Název mapy/modelu.....	31
9.2	Legenda.....	34
9.3	Měřítko a měření vzdálenosti.....	37
9.4	Tiráž .....	39
9.5	Orientace (směrovka).....	40
9.6	Podkladová mapa .....	44
10	NÁVRH MĚŘÍTKA U VIZUALIZACÍ 3D MODELŮ MĚST.....	49
11	NÁVRH IMPLEMENTACE KOMPOZIČNÍCH PRVKŮ DO VIZUALIZACE 3D MODELU .....	54
12	DISKUZE.....	55

13 ZÁVĚR.....	57
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	59
Tištěné zdroje.....	59
Elektronické zdroje .....	59
ZDROJE VIZUALIZACÍ 3D MODELŮ .....	63
Fotorealistické 3D modely.....	63
Symbolizované 3D modely.....	65
SEZNAM ZKRATEK .....	71
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	72
SEZNAM TABULEK .....	75
SEZNAM PŘÍLOH.....	77

# 1 ÚVOD

3D modely měst jsou moderním kartografickým vyjádřením reality, které nachází v naší společnosti stále větší uplatnění. Společně s rozvojem zobrazovacích a IT technologií dochází také k rozvoji kvality a funkcionality těchto modelů. Model, který je zobrazen ve třech dimenzích dává uživateli více či méně generalizovanou informaci nejen o samotných objektech, ale také o jejich vzájemné poloze ve všech směrech. Využití těchto modelů je velmi široké a v mnoha případech také velmi praktické. Zejména právě v případě měst, kde v současnosti dochází k úbytku stavebních parcel a projektanti jsou tak nuceni plánovat výstavbu do výšky, či do hloubky, čímž dochází k vertikálnímu překryvu jednotlivých objektů. 3D model umožňuje, na rozdíl od běžné 2D mapy, zobrazení všech výškových úrovní, čehož je využito například při budování 3D katastru nemovitostí.

Cílem mé bakalářské práce je provést analýzu kompozičních prvků u dostupných vizualizací 3D modelů měst, případně větších areálů a budov a poté vyhodnotit jejich funkčnost a vhodnost provedení. Předpokladem a základní hypotézou je, že vizualizace 3D modelů by měly zcela jistě obsahovat vyjádření orientace, legendu (u symbolizovaných 3D modelů) a měřítko. Předpokladem je dynamičnost těchto kompozičních prvků současně s dynamičností uživatelského pohledu. Využití zbylých základních kompozičních prvků přímo ve vizualizaci není nezbytné. Dalším cílem je navrhnout řešení vybraných kompozičních prvků, tak aby co nejlépe pokrývaly problematiku vizualizace 3D modelů.

Práce je členěna na teoretickou a praktickou část. V teoretické části, která obsahuje šest kapitol, je nejprve představena metodika zpracování a také současný stav problematiky kompozičních prvků u vizualizací 3D modelů měst, kde jsou představeny základní publikace týkající se dané problematiky. Dále je představena terminologie související s tématem včetně zásadních termínů souvisejících s touto prací. V další kapitole je krátce popsáno získávání 3D dat, protože datové struktury výrazně ovlivňují vzhled a funkcionalitu modelu. Dále jsou představeny přístupy k dělení 3D modelů měst i obecně a jejich praktické využití. V závěru teoretické části této práce jsou definovány všechny základní mapové kompoziční prvky a vybrané nadstavbové prvky (pouze pro 2D mapu, protože definice pro 3D neexistují). V praktické části je výběrový soubor 90 vizualizací 3D modelů měst rozdělen do kategorií vymezených v teoretické části práce a poté jsou uvedeny výsledky provedené analýzy kompozičních prvků. Následně jsou představeny návrhy řešení u nejproblematičtějšího kompozičního prvku, jímž je měřítko.

Všechny analyzované vizualizace 3D modelů byly volně dostupné z webových stránek. Jejich vyhledávání probíhalo zejména skrze internetové stránky uvedené v kapitole 2 a také skrze bibliografické údaje v dříve publikovaných závěrečných pracích. Výběrový soubor byl rozdělen na fotorealistické a symbolizované 3D modely, protože požadavky na využití některých kompozičních prvků jsou u těchto kategorií odlišné.

## 2 METODIKA ZPRACOVÁNÍ

Většina odborných zdrojů pro tuto bakalářskou práci byla elektronických a to z toho důvodu, že zkoumaná problematika, je “moderní” a většina využitelných zdrojů je ve formě vědeckých článků, které jsou často veřejně dostupné. Při vyhledávání zdrojů pro teoretickou část této práce byly využívány zejména databáze ResearchGate.net, Google Books, Semantic Scholar, Academia.edu, ScienceDirect a další elektronické vyhledávače. Při vyhledávání zdrojů nejen v těchto databázích byla zadávána klíčová slova, jako jsou například “3D models”, “city model”, “visualization”, “cartography”, „legend“, „scale“, „north arrows“ a další. Klíčová slova byla zadávána v anglickém jazyce z toho důvodu, že při zadávání jejich českých ekvivalentů byly výsledky vyhledávání neuspokojivé. Případně byly vyhledávány konkrétní publikace na základě bibliografických údajů v publikacích předešlých. Nutno zmínit také využití databází závěrečných prací Masarykovy univerzity, Univerzity Palackého v Olomouci a dalších, v nichž probíhalo vyhledávání obdobným způsobem jako u výše zmíněných vyhledávačů. Zejména v případě využití monografií byla navštěvována knihovna Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně.

Při vyhledávání již existujících vizualizací 3D modelů pro analýzu využití kompozičních prvků byly využity zejména internetové stránky jako je ArcGis.com, 3D Warehouse, nebo 3D CAD Browser, které poskytují velké množství volně přístupných 3D modelů. V neposlední řadě byl využit mapový server Google Earth, který poskytuje fotorealistické 3D modely po celém světě. Využito bylo také závěrečných prací, studií a publikací, ale v mnohem menším měřítku.

### 2.1 Současný stav zkoumané problematiky

Jelikož je má práce zaměřena na kompoziční prvky u vizualizací 3D modelů měst, tak byla vyhledávána odborná literatura související s touto problematikou. V cizojazyčné literatuře je obecně 3D modelování, 3D vizualizaci i praktickému využití modelů měst věnována poměrně vysoká pozornost, což se odráží v množství dostupných zdrojů. Významné publikace, které byly uplatněny při tvorbě této práce a které nemají formu vědeckého článku nebo příspěvku ve sborníku, ale monografie, respektive kapitoly v ní obsažené, jsou například WOOD, J., et al. (2005), ABDUL-RAHMAN, A., PILOUK, M. (2008) a okrajově také KRAAK, M., ORMELING, F. (2013). Většina odborné literatury zabývající se problematikou vizualizací 3D modelů stejně jako 3D modelů samotných má formu vědeckých článků a příspěvků ve sbornících. Jako příklad lze uvést BLEISCH, S. (2012), SEMMO, A., TRAPP, M., KYPRIANIDIS, J., DÖLLNER, J. (2012), nebo BANDROVA, T., BONCHEV, S. (2013). Nicméně pro potřeby této práce bylo využito mnohem více zdrojů, jejichž bibliografické údaje jsou uvedeny na konci práce.

Na druhou stranu přímo problematice zobrazení kompozičních prvků je věnována pozornost mnohem menší. Problematikou zabývají například NURMINEN, A., OULASVIRTA, A. (2008). Nicméně zde je rozebírána jen problematika vyjádření orientace a navíc v prostředí mobilního telefonu při navigaci uživatele na zadaný cíl. Například možné návrhy řešení legendy u symbolizovaných 3D modelů měst, stejně tak jako řešení měřítka se v odborné literatuře dohledat nepovedlo.

V českém prostředí je problematika aplikace kompozičních prvků do vizualizací 3D modelů prozatím opomíjena. Většina dostupné literatury se věnuje spíše praktickému

vytváření 3D modelů, namísto alespoň teoretické implementace kompozičních prvků do vizualizací. Výjimečnou snahou o teoretické ukotvení třech dimenzí v kartografii je článek od autorů od R. Duška a J. Miřijovského (DUŠEK, R., MIŘIJOVSKÝ, J., 2009). Dalšími publikacemi, které se danou tématikou zabývají, jsou především závěrečné práce, na které tato práce částečně navazuje. Jedná se například o RYBÁKOVÁ, H. (2010), HERMAN, L. (2011), BRYCHTOVÁ, A. (2010), RUSSNÁK, J. (2012), FILA (2017) nebo HERMAN, L. (2013). Odlišnost této práce od prací výše uvedených je ve snaze provést analýzu dostupných vizualizací 3D modelů měst vzhledem k využití mapových kompozičních prvků.

### 3 TERMINOLOGIE

#### 3.1 Prostorové dimenze

V úvodu práce je nejdříve nezbytné definovat prostorové prvky z hlediska dimenzí. V české literatuře, až na pár výjimek, terminologické ukotvení chybí. Definice, které jsou uvedeny v několika závěrečných pracích (zejména magisterských), jsou jen převzaty. Za zmiňovanou výjimku lze považovat článek od R. Duška a J. Miřijovského uveřejněný ve Sborníku české geografické společnosti. Autoři zde uvádějí, že v současnosti je často za 3D model vydáván 2D obraz, který je jen perspektivně zobrazen. „Pravé“ 3D modely totiž umožňují přiřadit ke dvojici souřadnic  $x$  a  $y$  více než jednu souřadnici  $z$  (DUŠEK, R., MIŘIJOVSKÝ, J., 2009).

V cizojazyčné literatuře jsou ohledně vizualizace užívány termíny „Real 3D“ a „Pseudo 3D“ (ANGSÜSSER, S., KUMKE, H., 2001). Vytváření „Real 3D“ vizualizací je nesmírně náročné, protože v této souvislosti je za ně považováno například holografické zobrazení, nebo 3D LCD Display. Naopak za „Pseudo 3D“ vizualizaci lze považovat veškerá šikmá a perspektivní zobrazení. Nicméně i ve světové literatuře jsou často tyto pojmy spojovány (DUŠEK, R., MIŘIJOVSKÝ, J., 2009).

Dušek R. a Miřijovský J. rovněž odmítají užívání pojmu „2,5D“ (objekty, které mají k souřadnicím  $x$  a  $y$  definovanu jednu souřadnici  $z$ ), protože tento pojem je de facto nesmyslný. Prostor může být vyjádřen ve dvou, nebo třech dimenzích, ale nikdy ne v dimenzích s nepřírozeným číslem (DUŠEK, R., MIŘIJOVSKÝ, J., 2009). Naopak NURMINEN, A., OULASVIRTA, A. (2008) uvádějí v kapitole Definice, že za 2,5D může být považována právě například 2D mapa zobrazená v perspektivní projekci. Jak je uvedeno výše, tak v zahraniční literatuře je 2,5D nahrazeno termínem „Pseudo 3D“.

Dále je nutné rozlišovat mezi dimenzionalitou datového modelu a dimenzionalitou grafického zobrazení dat (DUŠEK, R., MIŘIJOVSKÝ, J., 2009). Dimenzionalita datového modelu je zastoupena dimenzionalitou geoprvků. Slovenští autoři Ján Pravda a Dagmar Kusendová rozlišují následující dimenze geoprvků: dimenze 0 (bezrozměrné prvky, např. výšková kóta), 1D (linie s délkou a směrem, ale bez plochy, např. geologický příčný řez), 2D (polygony, areály s plochou, délkou a směrem, např. parcela), 3D (tělesa s objemem, např. vodní nádrž, nebo jeskyně) a 4D, což jsou animace, které zaznamenávají časové změny, přičemž čas je čtvrtá dimenze (PRAVDA, J., KUSENDOVÁ, D., 2004). Autoři Kraak a Ormeling zase rozlišují geoprvky dle prostorových dimenzí na 1D (linie, respektive vzdálenost), 2D (prvky zobrazené v rovině), 3D (prostor, který je definován osami ve třech směrech se souřadnicemi  $x$ ,  $y$  a  $z$ ) a 4D (opět časové změny v prostoru, čas jako čtvrtá dimenze), (KRAAK, M., ORMELING, F., 2013).

Ač se mezi jednotlivými autory objevují drobné odlišnosti, tak se shodují v tom, že aby byl jakýkoliv 3D prvek považován za skutečně 3D, tak musí mít tři prostorové osy a objem, respektive každému bodu se souřadnicemi  $x$  a  $y$  může být přiřazena více než jedna souřadnice  $z$ . Nicméně autoři se již neshodují v názoru, zda je možné považovat za skutečnou 3D vizualizaci model se třemi prostorovými souřadnicemi v datové struktuře zobrazený na obyčejném 2D monitoru, tedy v perspektivním zobrazení („Pseudo 3D“ vizualizace). Pro české prostředí a pro tuto práci je závazná definice Terminologické

komise ČÚZK, která říká, že 3D model může být zobrazen jako 2D obraz při využití vhodné techniky (TERMINOLOGICKÁ KOMISE ČÚZK, 2019).

Jelikož se tato práce zabývá jen kompozičními prvky u zkoumaných vizualizací, tak není rozlišováno, zda se jedná o vizualizaci modelu s trojrozměrnou datovou strukturou, nebo jen o perspektivní projekci 2D dat. Pro provedenou analýzu je tato problematika nevýznamná. Z terminologického hlediska je pracováno s „Pseudo 3D“ vizualizacemi, jak uvádí autoři Angsüsser S. a Kumke H. (2001), protože všechny zpracovávané modely byly zobrazeny jen na 2D monitoru (v práci je pro zjednodušení využíváno jen označení vizualizace 3D modelu, nikoli Pseudo 3D vizualizace modelu).

### **3.2 3D vizualizace a 3D geovizualizace**

Dále je nutné definovat samotnou vizualizaci. Terminologická komise ČÚZK definuje ve svém terminologickém slovníku vizualizaci následovně: “Způsob viditelné grafické reprezentace numerických dat nebo způsob velmi přesvědčivé grafické reprezentace méně srozumitelných grafických dat”, (TERMINOLOGICKÁ KOMISE ČÚZK, 2019). Definice 3D vizualizace sice v terminologickém slovníku obsažena není, nicméně na základě výše uvedené definice je možno konstatovat, že se jedná o grafickou reprezentaci 3D numerických, nebo grafických dat. V návaznosti na předchozí kapitulu (viz 3.1 Prostorové dimenze) lze říci, že se jedná o zobrazení dat, které mají dvojici souřadnic x a y přiřazeno více souřadnic z, nebo o vizualizaci 2D dat, která na uživatele působí trojrozměrným dojmem.

V současnosti se 3D vizualizace velmi rozvíjí, což souvisí zejména s technologickým pokrokem v oblasti IT systémů, softwaru i hardwaru. Autoři knihy Exploring Geovisualization v kapitole Using 3D Visualization uvádějí, že v současnosti je 3D vizualizace ovlivňována zejména rozvojem technologií a ne samotnou kartografickou teorií (WOOD, J., et al., 2005). Proces vizualizace je autory rozdělen na následujících pět částí (WOOD, J., et al., 2005):

- 1) Management dat
- 2) Předzpracování dat
- 3) Vizuelní mapování
- 4) Vykreslení
- 5) Zobrazení obrazu

Autoři dále uvádějí, že úspěšnost výsledné 3D vizualizace závisí zejména na kvalitě provedení výše uvedených kroků a také na složitosti transformace mezi nimi (WOOD, J., et al., 2005).

3D vizualizace obecně může být využita i v jiných oborech než v kartografii. Obecně je zobrazení 3D dat aplikováno pomocí určitých algoritmů a pravidel na displeji počítače (MACEACHREN, A. M., KRAAK, M. J., 2001). 3D geovizualizace se ale od běžné 2D vizualizace odlišuje jak samotnými daty, tak i metodami a nástroji využitými pro jejich tvorbu. Terminologická komise ČÚZK ve svém terminologickém slovníku nedefinuje ani 3D geovizualizaci.

V anglosaské literatuře je definována například jako 3D vizuelní zobrazení světa, jeho

částí, případně jakýchkoliv dat s prostorovou referencí (BLEISCH, S., 2012). 3D geovizualizace se také často vyznačuje značnou interaktivitou, kdy je uživateli umožněno manipulovat s částmi vizualizace, nebo měnit úhel pohledu (BLEISCH, S., 2012). Níže v textu práce je pro zjednodušení užíváno označení vizualizace 3D modelu.

### 3.3 3D mapa

Termín 3D mapa (anglicky 3D map) je poměrně široce marketingově využíván. Produkty nazývané 3D mapa dokonce nabízí k prodeji mnoho firem (např. G4D, 2019), přičemž tento termín není v české literatuře definován. V zahraničí existuje několik definic, přičemž oficiálně uznávaná není žádná. Jak říkají NURMINEN, A., OULASVIRTA, A. (2008), tak je tento termín široce využíván za předpokladu jisté intuitivní definice. Nicméně autoři nabízejí definici 3D mapy jako “dvourozměrná vizualizace trojrozměrné reprezentace fyzického prostředí s důrazem na trojrozměrné charakteristiky tohoto prostředí” (NURMINEN, A., OULASVIRTA, A., 2008). Dále například Artimo, K. definuje 3D mapu jako kombinaci digitálních kartografických dat a metod reprezentace (ARTIMO, K., 1994). Další poměrně jednoduchou definici nabízí Jenny, H. M., která říká, že 3D mapa je všeobecně známý panoramatický pohled, respektive pohled z ptačí perspektivy, na zájmovou oblast (JENNY, H. M., 2011). Mnohem složitější definice je uvedena autorkou T. Bandrovovou, která zní: “3D mapa je počítačově a matematicky definované trojrozměrné zobrazení zemského povrchu, nebo jiného objektu či jevu ve společnosti a v přírodě”, (BANDROVA, T., 2001).

Terminologická komise ČÚZK definuje mapu (2D) jako zmenšený generalizovaný obraz Země, který je vyjádřený metodami kartografického znázorňování (TERMINOLOGICKÁ KOMISE ČÚZK, 2019). Transformujeme-li tedy definici 2D mapy pro 3D mapu, tak by 3D mapa měla zobrazovat zemský povrch sice ve třech dimenzích, ale především za pomoci symbolů a značek. Z toho vyplývá, že v této práci jsou analyzovány jak 3D mapy (vizualizace symbolizovaných 3D modelů měst), tak i vizualizace fotorealistických 3D modelů, které ale nelze podle upravené definice považovat za 3D mapu.

## 4 ZÍSKÁVÁNÍ 3D DAT

Jak již bylo uvedeno, tak tato práce se zabývá vizualizacemi 3D modelů měst, u nichž je vysoká variabilita kvality, rozlišení i funkcionality, což je částečně způsobeno datovými strukturami, z nichž byly modely vytvořeny. Z toho důvodu jsou níže v této kapitole popsány základní principy nejběžnějších metod získávání 3D dat.

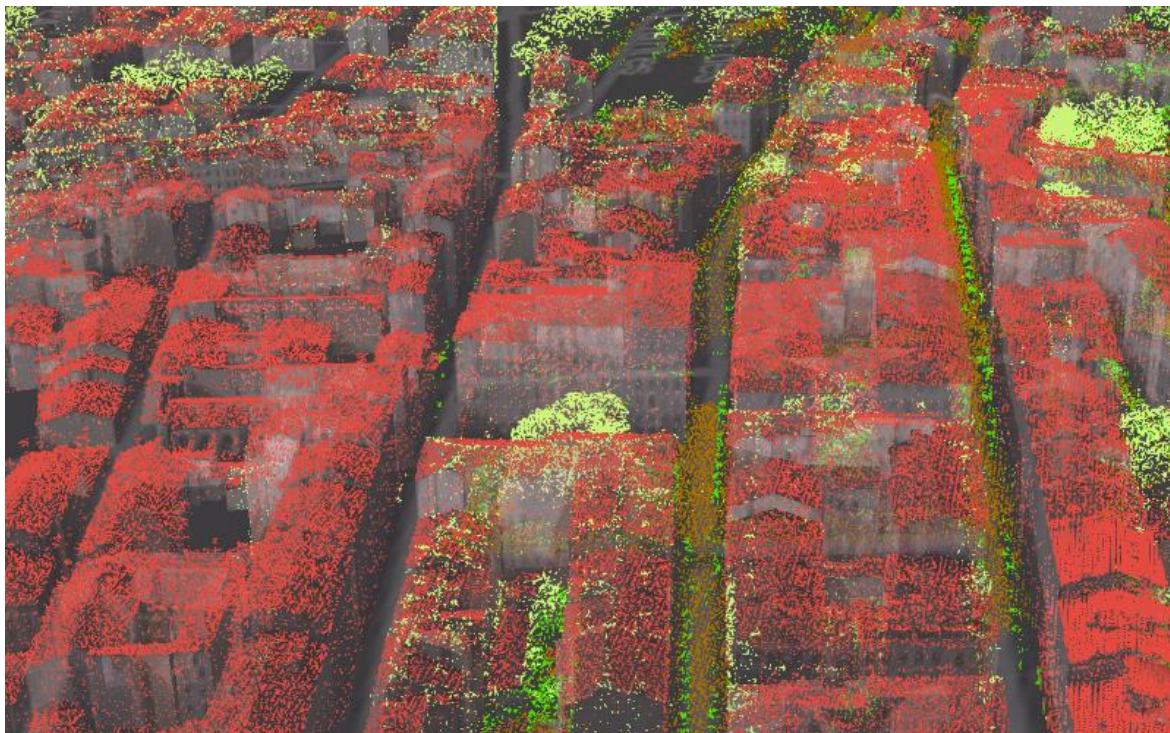
S rozvojem technologií je čím dál snadnější získávat data vhodná pro tvorbu 3D modelů. Nicméně to, jaká metoda získání dat bude nakonec využita, závisí zejména na účelu modelu a také na finančních možnostech zadavatele. Asi nejdostupnější metodou, jak vytvořit obecně 3D model (nejčastěji však DEM), je zpracování snímků jedné z metod Dálkového průzkumu Země (DPZ). Právě počet satelitních snímků s dostatečným prostorovým rozlišením je v současné době poměrně vysoký. Využívány jsou například snímky pořízené družicemi QuickBird, IKONOS, OrbView-3 a SPOT, které poskytují právě dostatečnou prostorovou (0,6 – 5 m) i radiometrickou rozlišení (KOCAMAN, S., ZHANG, L., GRUEN, A., POLI, D., 2006). Snímky je ale nutné, před následnou analýzou a tvorbou modelu, fotogrammetricky zpracovat, přičemž je nutné brát v úvahu (zejména v zastavěných oblastech) zastínění části území vysokými budovami (LOIDOLD, M., 2008).

Pro tvorbu 3D modelů se poté využívá překryvu dvou nebo více snímků. Na tomto principu funguje například metoda stereofotogrammetrie (FLORIAN, M., 2016). Z oblasti Dálkového průzkumu Země jsou ovšem využívány i snímky získané šikmým snímkováním z letadel. Z těchto snímků jsou získávány výškové (z) souřadnice pomocí analýzy stínu vrženého např. budovami nebo stromy (LOIDOLD, M., 2008). Mimo klasického optického snímání metodami DPZ je využíváno také radarových snímků. Ty poskytují informaci nejen o poloze souřadnic x a y (tedy polohovou informaci), ale přímo také výšku o objektech na zemském povrchu (souřadnice z). Ta je ze snímků získávána díky sledování fázového posunu radarové vlny vyslané k povrchu. Čím kratší je vlna, tím je objekt na Zemi blíže k senzoru umístěnému na satelitu (LOIDOLD, M., 2008).

Další možností jak získávat data je metoda laserového skenování (laserscanning). Využívá se označení LiDAR (Light Detection and Ranging). Princip této metody je velmi jednoduchý a spočívá v tom, že je ze senzoru vyslán pulzující laserový paprsek, který se odráží od zemského povrchu a všem na něm. Na základě času návratu paprsku je vypočtena výška objektů na povrchu (TENCER, T., 2012). Při leteckém skenování LiDAREm je ke každému bodu zároveň ukládána informace o poloze, zaznamenaná pomocí GNSS systému na palubě letadla (NOAA, 2018). Výsledkem skenování je mračno bodů, které je nutné upravit pomocí algoritmů tak, aby bylo zbaveno odlehlých hodnot a zároveň byla vytvořena určitá geometrie (SMITH, S. L., 2003). Vizualizace 3D modelu města, který vznikl na základě skenování LiDAREm, je uvedena níže na Obr. 1.

Jak již bylo zmíněno, tak nejčastěji se laserové skenování provádí z letadel (ALS). Tyto snímky jsou využitelné zejména pro velkoměřítkové modelování. Pozemní skenování (TLS) se provádí např. z nosiče umístěného na automobilu, nebo přímo ze speciálních pozemních laserových skenerů. Tyto skenery mohou být také integrované do totální stanice (MIKITA, T., 2014).

V praxi se při tvorbě 3D modelů využívá kombinace výše uvedených metod a také kombinace různých zdrojů dat. Získaná data jsou často také kombinována s prostorovými daty ve 2D dimenzi, nebo s atributy a případně texturami získanými z jiných zdrojů. Nicméně v současnosti je primárním zdrojem dat pro tvorbu 3D modelů měst zejména LiDAR skenování, jehož výsledky se kombinují s 2D daty (RYBÁKOVÁ, H., 2010).



Obr. 1 Příklad vizualizace 3D modelu vymodelovaného na základě mračka bodů získaných LiDARem (převzato z: ESRI, 2019m)

## 5 DĚLENÍ 3D MODELŮ

Existuje velké množství 3D modelů, které mají své uplatnění nejen v kartografii, ale také ve stavebnictví, turismu, atd. Právě účel 3D modelu ovlivňuje jeho stavbu (datové struktury, z nichž je model „vystavěn“) a také jeho kvalitu, případně funkcionalitu. V této kapitole jsou představeny přístupy k dělení 3D modelů obecně, ale také pouze k dělení 3D modelů měst.

Dle autorů Rahmana a Pilouka je obecné základní dělení 3D modelů na modely drátěné, jenž jsou definovány body a jejich spojnicemi. Tento typ modelů je nejčastěji využíván jako podklad pro textury (ABDUL-RAHMAN, A., PILOUK, M., 2008). Dalším typem jsou modely povrchové (definovány stěnami), které mají různé možnosti zobrazení (ABDUL-RAHMAN, A., PILOUK, M., 2008). V oblasti geoinformatiky je asi nejčastěji využíváno zobrazení pomocí gridu (tedy mřížky). Jedná se o zobrazení pomocí rastru. Touto formou jsou vytvářeny např. „2,5D“ digitální modely terénu (DEM) a reliéfu. Variantou gridu je také TIN (Triangular Irregular Network), který je, jak je z názvu zřejmé, tvořen trojúhelníky. Tento grid je vhodný při vyšším počtu bodů (z souřadnic). Využívá se rovněž např. při tvorbě „2,5D“ modelu reliéfu, kdy trojúhelníkový grid lépe reprezentuje reliéf, než klasický grid čtyřúhelníkový (HERMAN, L., 2011). Posledním ze základních typů 3D modelů jsou modely objemové, které jsou definovány vlastním objemem, tedy dle vzorce pro výpočet objemu výškou a velikostí základny. (ABDUL-RAHMAN, A., PILOUK, M., 2008).

### 5.1 Dělení 3D modelů měst

Výše uvedené dělení se týká obecně 3D modelů, tedy i těch využívaných například ve stavebnictví, architektuře apod. Vzhledem k tomu, že existuje mnoho typů 3D modelů měst, přičemž každý má odlišné uplatnění, je nutné tyto vzájemně odlišovat. Narushige Shiode uvádí ve své publikaci dvě kritéria, dle nichž následně přistupuje k dělení modelů měst. Prvním kritériem je stupeň reálnosti, tedy to, jak je daný model detailní. Na základě této charakteristiky vyčleňuje Shiode následující kategorie, které jsou v praktické části práce využity pro dělení analyzovaného výběrového souboru:

#### 1) 2D mapy a ortofotomapy

V podstatě se nejedná o modely, takže tato kategorie není v mé analýze zahrnuta. Vůbec neposkytují možnost 3D reprezentace (SHIODE, N., 2001).

#### 2) Panoramata

De facto se nejedná o 3D model, ale jen širokoúhlou fotografii, která nabízí 360° pohled do prostoru. Není zde možný pohyb v prostoru, ale nabízené detaily jsou velmi vysoké. 3D vjem záleží na vrženém stínu a světle fotografie (SHIODE, N., 2001).

#### 3) Blokové modely budov

Bloky budov jsou „vystavěny“ na základě jejich 2D půdorysu a znalosti výšky. Tyto modely nabízejí nízkou úroveň detailu jak budov, tak i okolí (SHIODE, N., 2001).

#### **4) Blokové modely s texturou**

Předchozí typ je doplněn o reálné fasády budov, které byly získány pomocí pozemního či leteckého snímkování (SHIODE, N., 2001).

#### **5) Modely s architektonickým detailem a morfologií střech**

Díky digitálním fotogrammetrickým systémům je možné získat velmi detailní 3D model povrchu budovy a střechy. Částečně je možné využít automatické vyhledávání hran, areálů a překrývajících se ploch, nicméně stále je zde nutná manuální úprava (SHIODE, N., 2001).

#### **6) Plné CAD modely**

Pro modelování budov touto metodou je využíváno pozemního geodetického měření a fotogrammetrie. Tyto modely jsou schopné zobrazit velmi vysoký detail a také umožňují prohlížení ze všech úhlů. Nicméně jejich tvorba je poměrně finančně a časově náročná, nejčastěji se tedy tato metoda používá jen pro jednotlivé budovy (SHIODE, N., 2001).

Dalším kritériem, podle něhož Shiode dělí modely měst je funkčnost. Vzhledem k tomu, že analýza výběrového souboru (uvedená níže v práci) byla zaměřena pouze na kompoziční prvky a ne na funkcionalitu modelů, tak toto kritérium nebylo v jeho členění využito. Na základě kritéria funkčnosti tedy N. Shiode vyčleňuje následující kategorie:

##### **1) Estetické modely**

Využitelné pro estetické zhodnocení a demonstrační účely s nízkou analytickou funkcionalitou (SHIODE, N., 2001).

##### **2) Modely s omezenou možností analýzy**

Většinou mají alespoň jednu analytickou funkci (např. analýzu pohledů, nebo práce s atributy), (SHIODE, N., 2001).

##### **3) Plně analytické modely**

Jedná se o modely, které vycházejí z 2D GIS datových sad a přebírají tak jejich plnou funkcionalitu díky propojeným atributům. Tyto modely umožňují provádět stínové analýzy, různé simulace a další (SHIODE, N., 2001).

##### **4) Hybridní modely a související techniky**

Některé modely jsou tvořeny jako kombinace mezi digitálními 3D modely a dalšími technologiemi. Autor například operuje s tradičním dřevěným modelem a jeho virtuálním modelem. Ve virtuální realitě jsou pak oba tyto modely zobrazeny simultánně, čímž se doplňují. Uživatelé jsou umožněny interaktivní analýzy díky simulaci pohybu s jednotlivými objekty v modelu (SHIODE, N., 2001).

## 6 PRAKTICKÉ VYUŽITÍ 3D MODELŮ MĚST

V dnešní době je využití 3D modelů měst velmi rozšířené. Často například bývají 3D modely měst využívány při plánování staveb (analýzy viditelnosti) a následného hodnocení jejich vlivu na panorama měst a jejich okolí (TOPGIS, 2019, příklad ESRI, 2019h). Nejen estetická stránka je ale hodnocena na základě těchto modelů. Velmi důležitý je i vliv zastínění plánovanou stavbou na vegetaci a vůbec životní prostředí (RYBÁKOVÁ, H., 2010).

Další oblastí využití 3D modelů je katastr nemovitostí. To jestli je vhodné přecházet z běžného 2D katastru na 3D je v současnosti, zejména ve světě, velmi diskutovaná problematika (ČESKÁ KOMORA ZEMĚMĚŘIČŮ, 2015). Nespornou výhodou 3D katastru je možnost zobrazení nemovitostí ve více vertikálních úrovních, což je využitelné zejména ve městech, kde často dochází k překryvu parcel (ALMEIDA, J., 2016). Tato situace se vyskytuje stále častěji, protože dochází k výstavbě podzemních budov a například parkovišť (KARKI, S., 2013). Příklad překryvu objektů a jeho zobrazení v klasické 2D katastrální mapě (vhodnější by zcela jistě bylo zobrazení ve 3D) je uveden níže na Obr. 2.

3D modely jsou vhodné i pro zobrazení inženýrských sítí, které jsou, zejména ve velkých městech, velmi rozsáhlé. Dále jsou vhodné při plánování dopravních sítí a jejich napojování nebo při zjišťování dostupnosti navigačních, telefonních a vůbec komunikačních signálů (RYBÁKOVÁ, H., 2010).

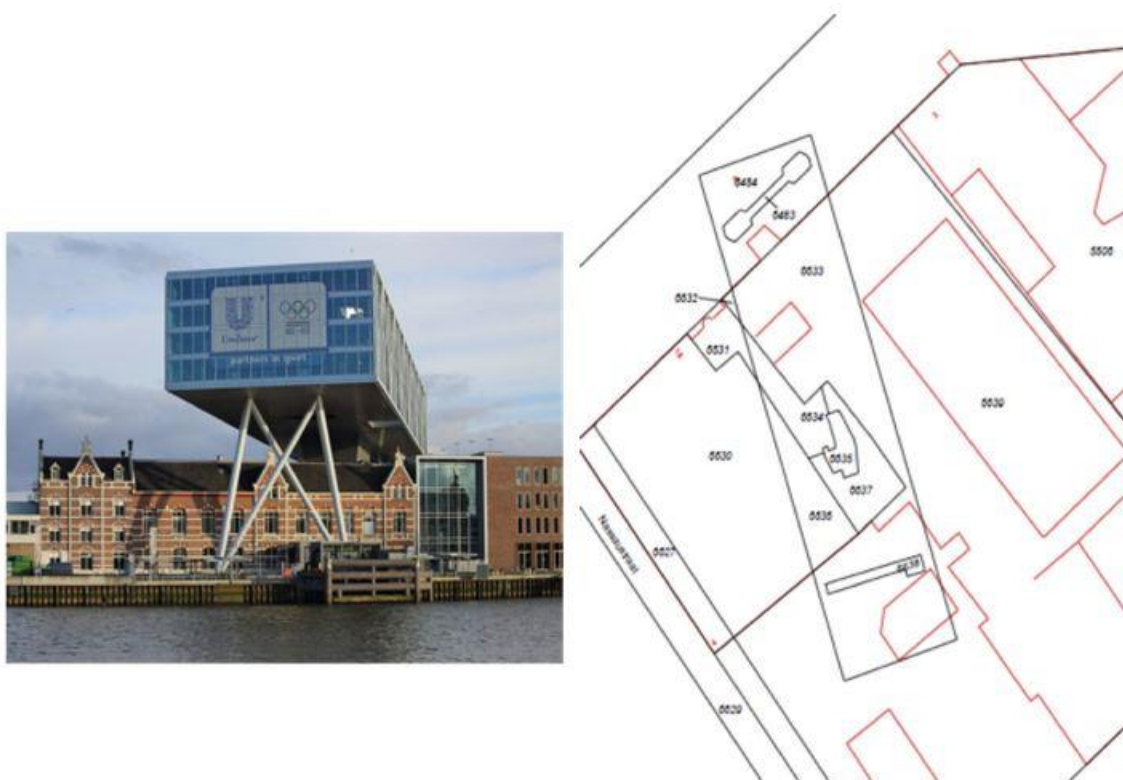
Marketingové agentury i samotná města a správní jednotky využívají 3D modely pro propagaci měst formou tzv. virtuálních procházek, nebo pro představení historické podoby města (např. WROCLAW SPATIAL INFORMATION SYSTÉM, 2019 a HELSINGIN KAUPUNKI, 2019a). Turistický ruch využívá také například 3D modely různých jednotlivých staveb, památek a historických center (RYBÁKOVÁ, H., 2010, příklad JAN KNOPP, 2014b). S tím souvisí i využití v archeologii, kde se rekonstruuje celá původní sídliště i samostatné stavby (ARCHEOLOGICKÝ ÚSTAV AV ČR, 2018).

Samostatnou kategorií je uplatnění modelů při krizovém plánování a předvídání dopadu, nejen, přírodních katastrof. Pomocí 3D modelů měst může být simulováno šíření požáru, rozsah záplav, výbuch bomby ve městě i prostor, na který dopadají emise (WALENCIAK, G., STOLLBERG, B., NEUBAUER, S., ZIPF, A., 2008). S krizovým managementem částečně souvisí i analýzy hlukové zátěže, městského klimatu, nebo dopadu lidského chování na životní prostředí, kde je také velký prostor pro uplatnění 3D modelů (RYBÁKOVÁ, H., 2010).

### 6.1 Smart cities

Termín Smart city je v současnosti poměrně populární. Jedná se o jakýsi koncept světových měst, která se snaží aplikovat principy trvale udržitelného rozvoje právě do městského prostředí. Zejména se jedná o využití moderních informačních technologií obecně za účelem zlepšení kvality života ve městě. Nejvíce tedy tento koncept nachází uplatnění v energetice a dopravě, ale také ve vodohospodářství, e – governmentu, krizovém řízení, atd. (MMR ČR, 2015).

3D modely a obecně 3D data lze využít pro koncept Smart cities například při analýze ploch vhodných pro instalaci fotovoltaických elektráren. Na 3D modelu se analyzují plochy, které jsou vhodně exponované a na které je možno solární panely případně umístit (MMR ČR, 2015). 3D data také umožňují komfortní zobrazení všech úrovní města, tedy například podzemní inženýrské sítě, dopravní infrastrukturu i samotné budovy na povrchu. Některé představy o využití 3D dat jsou značně futuristické, například monitoring vzdušného prostoru pro drony, jak zmiňuje Paul Doherty, generální ředitel The Digit Group, firmy zabývající se právě řešením Smart cities (SPAR 3D, 2017).



Obr. 2 Překrývající se objekty a jejich zobrazení ve 2D katastrální mapě (převzato z: DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, 2019)

## 7 VYBRANÉ KOMPOZIČNÍ PRVKY

Níže uvedené a popsané kompoziční prvky byly vybrány z toho důvodu, že se jedná o základní mapové kompoziční prvky. Vyjádření orientace, respektive směrovka, byla do výčtu přidána z toho důvodu, že její aplikace u vizualizací 3D modelů, které mají mnoho stupňů volnosti, je velmi častá (viz kapitola 9). Jak zmiňuje V. Voženílek, tak základní kompoziční prvky musí obsahovat každá mapa (VOŽENÍLEK, V., KAŇOK, J. a kol., 2011). Problémem je, že v současné době není problematice transformace kompozičních prvků z klasické 2D mapy do vizualizací 3D modelů věnována významnější pozornost. Řešení kartografické reprezentace 3D modelů je tak poměrně zanedbané (PEGG, D., 2012). Definice níže popsaných kompozičních prvků jsou tak platné pro 2D mapy, přičemž jejich analýza na vizualizacích 3D modelů je provedena níže v kapitole 9.

### 7.1 Mapové pole

Jedná se o nejdominantnější a na první pohled identifikovatelný mapový kompoziční prvek. V mapovém poli jsou pomocí vyjadřovacích prostředků zobrazena mapová témata (VOŽENÍLEK, V., KAŇOK, J. a kol., 2011). V případě vizualizací 3D modelů lze tedy za mapové pole považovat samotný model, kde hranice mapového pole jsou určeny hranicemi rozsahu trojrozměrných dat. V případě vizualizace 3D modelu například na monitoru je mapové pole určeno prostředím, v němž je vizualizace poskytnuta.

Na základě provedené analýzy lze říci, že se nejčastěji byly 3D modely vizualizovány v prostředí webového prohlížeče. Nicméně v níže uvedených výsledcích analýzy není tento kompoziční prvek zahrnut, protože logicky musí být obsažen v každé analyzované vizualizaci.

### 7.2 Název mapy

Hlavním účelem názvu mapy je stručně, ale jednoznačně, vystihnout téma mapy. Musí v něm být obsaženo věcné, prostorové a časové vymezení jevů, které jsou tématem mapy (VOŽENÍLEK, V., KAŇOK, J. a kol., 2011).

Jelikož jsou vizualizace 3D modelů často poskytovány skrze internetové servery, tak v několika případech byl název uveden pouze na webové stránce, skrze kterou je nabízen odkaz na samotnou vizualizaci. Celkem se jednalo o 20 % analyzovaných vizualizací. Nicméně v 80 % analyzovaného souboru byl název umístěn přímo na stránce s mapovým polem. Nutno však zmínit, že nebyl přímo součástí mapového pole, ale nacházel se v liště mimo samotnou oblast vizualizace. Podrobnější analýza umístění názvu je uvedena níže v kapitole 9.1 Název mapy/modelu.

### 7.3 Legenda

Legenda je grafickým systémem, který reprezentuje znakový systém mapy. Platí pro ni zásady úplnosti, nezávislosti, srozumitelnosti a uspořádanosti (VOŽENÍLEK, V., KAŇOK, J. a kol., 2011). U vizualizací 3D modelů je předpoklad, že legenda bude dynamická, ve smyslu dynamičnosti prvků, což vychází ze samotného principu 3D geovizualizace, která umožňuje uživateli rotovat s pohledem a také jej přibližovat a oddalovat dle libosti. Díky této možnosti se legenda mění v konkrétním uživatelském pohledu, nicméně legenda celého modelu zůstává neměnná.

Dynamičnost legendy, ve smyslu změny průhlednosti jednotlivých jejích položek při změně průhlednosti dané vrstvy, využil například Lukáš Herman ve své rigorózní práci (HERMAN, L., 2013). Nicméně také zde zmiňuje, že v případě fotorealistického 3D modelu města, není využití legendy nezbytně nutné, protože objekty působí realisticky. Herman však konstatuje, že by bylo potřeba pokračovat ve výzkumu optimalizace legendy právě pro vizualizace 3D modelů (HERMAN, L., 2013).

## 7.4 Měřítko

Měřítko mapy bývá nejčastěji zobrazeno graficky nebo číselně. Jeho hodnota je u klasických map většinou dekadická a vyjadřuje, kolikrát byla zobrazovací plocha zmenšena při konstrukci mapy (VOŽENÍLEK, V., KAŇOK, J. a kol., 2011). U vizualizací 3D modelů nastává problém s klasickým (stacionárním) zobrazením měřítka, protože uživatel má většinou možnost jej neustále měnit, tzv. zoom (viz předchozí odstavec). Je tedy důležité, aby bylo měřítko dynamické ve smyslu jeho změny při změně vzdálenosti pohledu uživatele. Zároveň by bylo vhodné vyjádřit změnu měřítka v pohledu, kdy měřítko „blíže“ k uživateli je odlišné od měřítka „dále“ od uživatele.

Problematické zobrazení měřítka u 3D map se věnují autoři T. Bandrova a S. Bonchev. Autoři se zabývají spíše teoretickým konceptem měřítka než jeho praktickou aplikací do 3D mapy. Dle autorů je měřítko závislé jednak na velikosti zobrazené oblasti, ale také právě na možnosti přibližovat obraz (BANDROVA, T., BONCHEV, S., 2013). Nicméně, při přiblížení či oddálení mapy dochází jen ke změně pohledu a změně generalizace, nikoli ke změně samotného 3D modelu (respektive mapy) a tudíž se mění jen měřítko daného pohledu (BANDROVA, T., BONCHEV, S., 2013).

Na základě provedené analýzy je možné říci, že skutečně je důležité, aby bylo měřítko dynamické. Respektive, aby se jeho hodnota měnila současně se změnou vzdálenosti pohledu uživatele na daný model. I přes zdánlivou nutnost uvedení měřítka u každé vizualizace 3D modelu a vyjádření jeho změny v pohledu, zůstalo využití tohoto kompozičního prvku poněkud za očekáváním. Podrobná analýza využití měřítka je uvedena v kapitole 9.3 Měřítko a měření vzdálenosti.

## 7.5 Tiráž

Tiráž je dalším textovým kompozičním prvkem mapy. Vždy v ní bývají obsaženy informace o autorovi, respektive vydavateli mapy, jejím místu a roku vydání. Nicméně velmi často obsahuje i podrobnější informace, jako je například název kartografického zobrazení, informace o redaktorech, nákladu, podkladových datech, atd. (VOŽENÍLEK, V., KAŇOK, J. a kol., 2011). U vizualizací 3D modelů je v případě uvedení tiráže podobná situace jako u názvu mapy. Ve většině případů jsou výše uvedené informace, včetně popisu zobrazeného 3D modelu a dalších podrobnějších informací, uvedeny na webové stránce, kde se nachází odkaz na samotnou vizualizaci. Zobrazení tiráže v samotné vizualizaci není příliš časté, jak je patrné z níže uvedených výsledků analýzy.

## 7.6 Orientace (směrovka)

Směrovka je nadstavbovým kompozičním prvkem mapy a do výčtu vybraných kompozičních prvků byla zařazena z toho důvodu, že interaktivita při práci s 3D modelem

umožňuje rotovat s pohledem a tím pádem měnit orientaci. Nejčastěji je orientace vyjádřena směrovkou, která ukazuje orientaci ke světovým stranám, zejména k severu. Orientace však může být také vyjádřena popisem prvků, který je orientován k severu, případně zeměpisnou sítí (VOŽENÍLEK, V., KAŇOK, J. a kol., 2011). Pouze ve třech případech nemusí být na mapě uvedena a to pokud je orientována k severu a obsahuje obecně známé území, nebo pokud je součástí mapového souboru, který je celý orientován jedním směrem (VOŽENÍLEK, V., KAŇOK, J. a kol., 2011). Třetím případem je právě aplikace zeměpisné sítě.

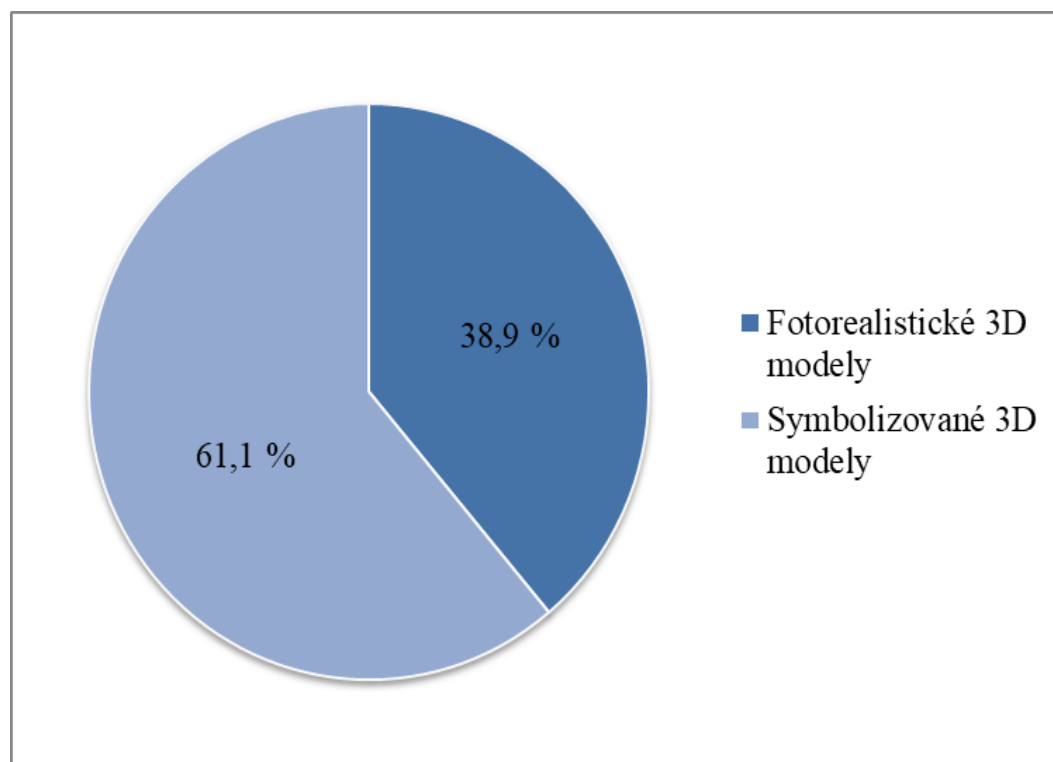
V případě vizualizací 3D modelů lze očekávat, že vyjádření orientace bude důležitou součástí vizualizace. Jako možné řešení se jeví právě zobrazení směrovky, protože vyjádření zeměpisné sítě není možné (respektive se u vizualizací 3D modelů nevyužívá, jelikož z analyzovaného výběrového souboru nebyla identifikována ani v jednom případě). Díky provedené analýze bylo zjištěno, že jako doplněk k vyjádření orientace směrovkou bývá ve vizualizacích 3D modelů velmi často využito také stínování. Podrobnější popis vyjádření orientace směrovkou i stínováním je uveden níže v kapitole 9.5 Orientace (směrovka).

## 8 DĚLENÍ ANALYZOVANÝCH VIZUALIZACÍ 3D MODELŮ DLE STUPNĚ REÁLNOSTI

V této bakalářské práci bylo celkem analyzováno 90 modelů, respektive jejich vizualizací. Do analyzovaného vzorku byly zahrnuty jak modely fotorealistické, tak i modely symbolizované. Poměr obou kategorií je uveden níže v Tab. 1 (kde jsou uvedeny také absolutní počty) a na Obr. 3. Dva z analyzovaných modelů byly kombinované, tedy některé budovy v modelu byly pokryty texturou a byly tak zařazeny do kategorie fotorealistických modelů a některé byly jen symbolizované. Tyto modely byly připočteny k oběma kategoriím zvlášť a stejně tak byl určen typ modelu i pro symbolizované i pro fotorealistické budovy.

Tab. 1 Poměr a počet fotorealistických a symbolizovaných modelů na analyzovaném vzorku

	Celkem analyzováno modelů	
	Relativně	Absolutně
<b>Fotorealistické 3D modely</b>	38,9 %	35
<b>Symbolizované 3D modely</b>	61,1 %	55
<b>Celkem</b>	100,0 %	90



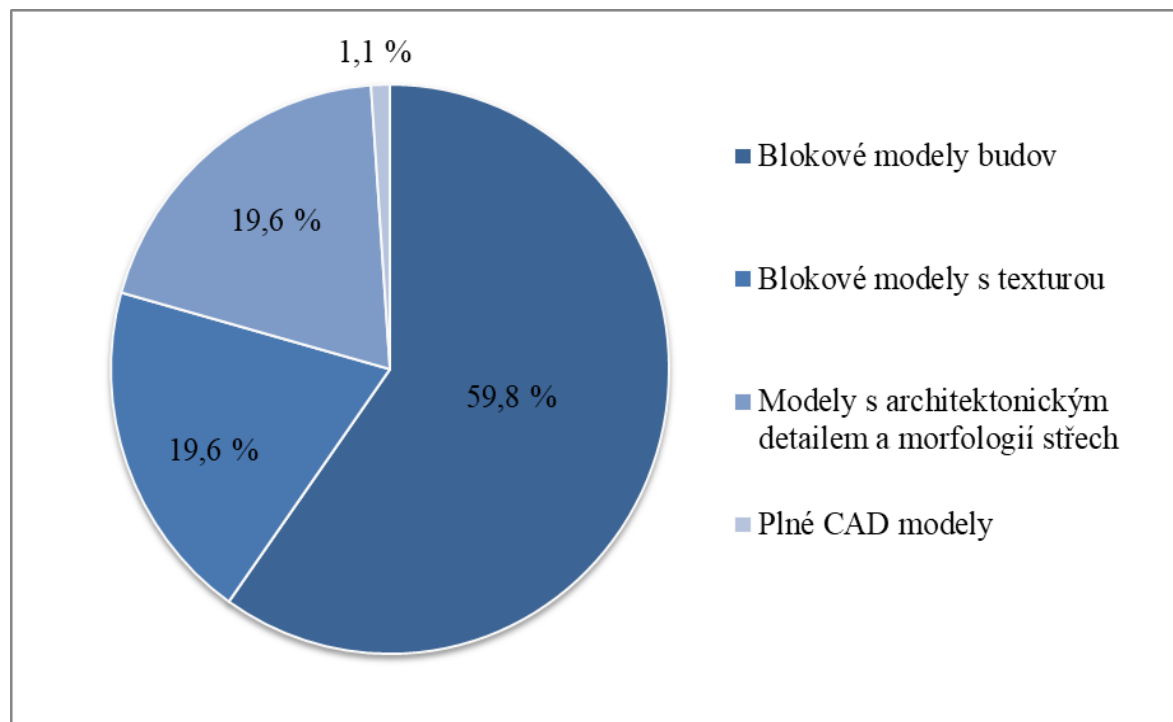
Obr. 3 Poměr fotorealistických a symbolizovaných modelů na analyzovaném vzorku

Jak je uvedeno výše v kapitole 5.1 Dělení 3D modelů měst, tak N. Shiode člení 3D modely dle stupně reálnosti do šesti kategorií. První dvě kategorie se ale týkají de facto jen 2D vizualizací a mnou analyzované modely v nich tedy nebyly vůbec obsaženy. V níže uvedené Tab. 2 a na Obr. 4 tedy nejsou uvedeny. Je ovšem nutno konstatovat, že klasifikace analyzovaných modelů do kategorií dle N. Shiode je čistě subjektivní, protože nebyly k dispozici údaje o sběru 3D dat ani o datových strukturách. Klasifikování tedy probíhalo pouze na vizuální rekognoskaci daných vizualizací.

Tab. 2 Členění analyzovaných 3D modelů dle stupně reálnosti

Členění 3D modelů dle stupně reálnosti	Počet 3D modelů	Relativně
Blokové modely budov	54	59,8 %
Blokové modely s texturou	18	19,6 %
Modely s architektonickým detailem a morfologií střech	17	19,6 %
Plné CAD modely	1	1,1 %
<b>Celkem</b>	<b>90</b>	<b>100,0 %</b>

(upraveno podle: SHIODE, N., 2001)



Obr. 4 Zastoupení kategorií 3D modelů dle stupně reálnosti na analyzovaném vzorku (upraveno podle: SHIODE, N., 2001)

Naprostá většina analyzovaných symbolizovaných modelů byla klasifikována jako blokové modely budov. Jednalo se většinou jen o jednobarevné modely budov, které byly velmi často „postaveny“ na podkladu 2D mapy, která ve většině případů pocházela

z maps.google.com, nebo openstreetmap.com (příklad je uveden na Obr. 5). Celkově tvořily 3D modely sestavené z blokových modelů budov 59,8 % výběrového souboru, což téměř odpovídá celkovému podílu symbolizovaných modelů. Rozdíl je vytvořen jedním modelem, který byl sice pokryt texturou, ale na první pohled byla tato velmi jednoduchá, spíše ručně kreslená.



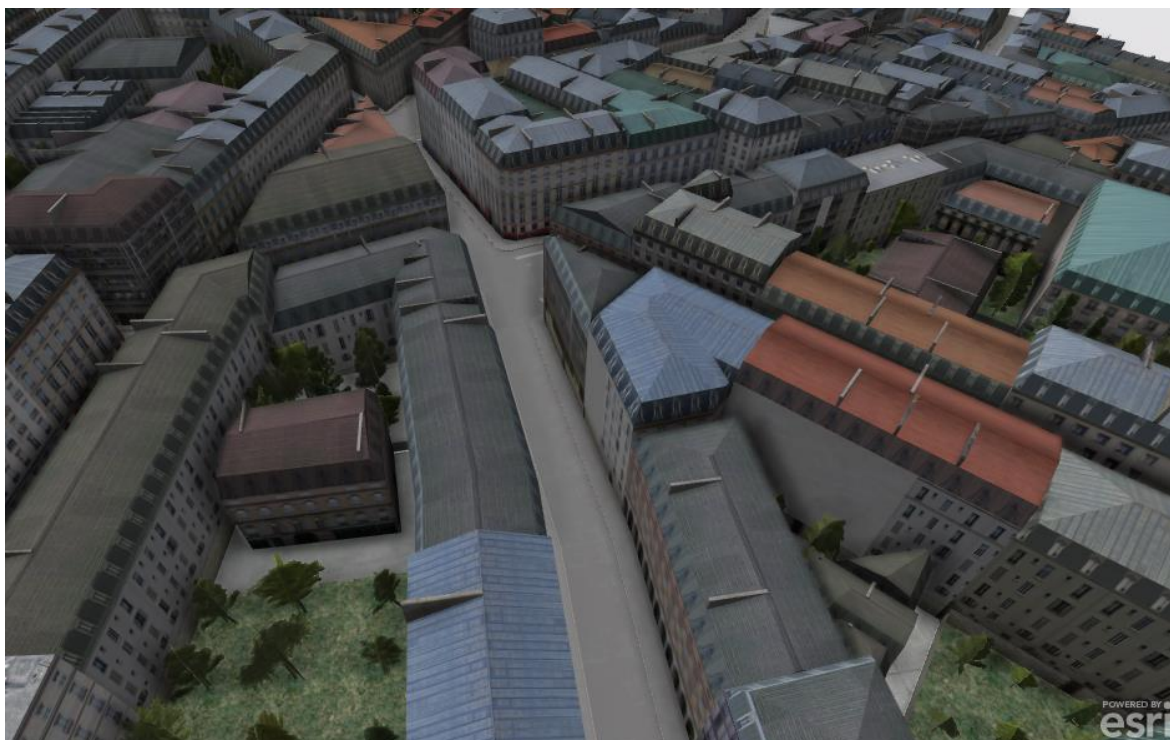
Obr. 5 Příklad modelu klasifikovaného jako blokové modely budov (upraveno podle: ESRI, 2019k)

Jako blokové modely budov s texturou byly klasifikovány především fotorealistické modely, které ale vykazovaly nízkou kvalitu provedení textury a nebylo na nich možné identifikovat skladbu střechy (SHIODE, N., 2001). Nicméně autor vyčleňuje tento typ modelů také na základě způsobu získávání dat k textuře. Data by měla být získána pomocí pozemního nebo leteckého snímkování. Bohužel daný fakt nebylo možné v rámci této práce ověřit a zařazení modelů do této kategorie probíhalo pouze na základě vizuálního zhodnocení vizualizace. Tyto modely tvořily 19,8 % analyzovaného souboru a přibližně polovinu všech analyzovaných fotorealistických modelů. Příklad modelu klasifikovaného jako blokové modely budov s texturou je zobrazen na Obr. 6.



Obr. 6 Příklad modelu klasifikovaného jako blokové modely budov s texturou (upraveno podle: BERGMANN GIS, 2014)

Podobná situace jako u blokových modelů budov s texturou nastala i u modelů s architektonickým detailem a morfologií střech. N. Shiode zde konstatuje, že tyto modely by měly mít možnost využití automatického vyhledávání hran, areálů a překrývajících se ploch (SHIODE, N., 2001). Tyto možnosti opět nebylo možno ověřit. Nicméně do této kategorie byly zařazeny především modely, které vykazovaly jasnou materiální skladbu střechy a vysoký architektonický detail. Příklad takového modelu je uveden na Obr. 7. Celkem bylo do této kategorie zařazeno 19,6 % analyzovaných modelů, tedy opět přibližně polovina zkoumaných fotorealistických modelů.



Obr. 7 Příklad modelu klasifikovaného jako model s architektonickým detailem a morfologií střech (upraveno podle: CITYENGINE, 2013a)

Posledním typem modelů dle členění na základě stupně reálnosti jsou plné CAD modely. Tyto modely se vyznačují vysokým architektonickým detailem a možností prohlížení ze všech stran. (SHIODE, N., 2001). Na základě těchto charakteristik byl z analyzovaného výběrového souboru jeden model klasifikován jako plný CAD model. Jedná se o model Fakulty managementu VŠE v Praze, který je sice umístěn na velmi málo kvalitním ortofotu, ale samotný model dle mého názoru splňuje podmínky přiřazené kategorie. Náhled vizualizace je zobrazen na Obr. 8.



Obr. 8 Příklad modelu klasifikovaného jako plný CAD model (upraveno podle: SVOBODA, B., 2014)

## 9 ANALÝZA VYUŽITÍ KOMPOZIČNÍCH PRVKŮ NA ZKOUMANÝCH VIZUALIZACÍCH

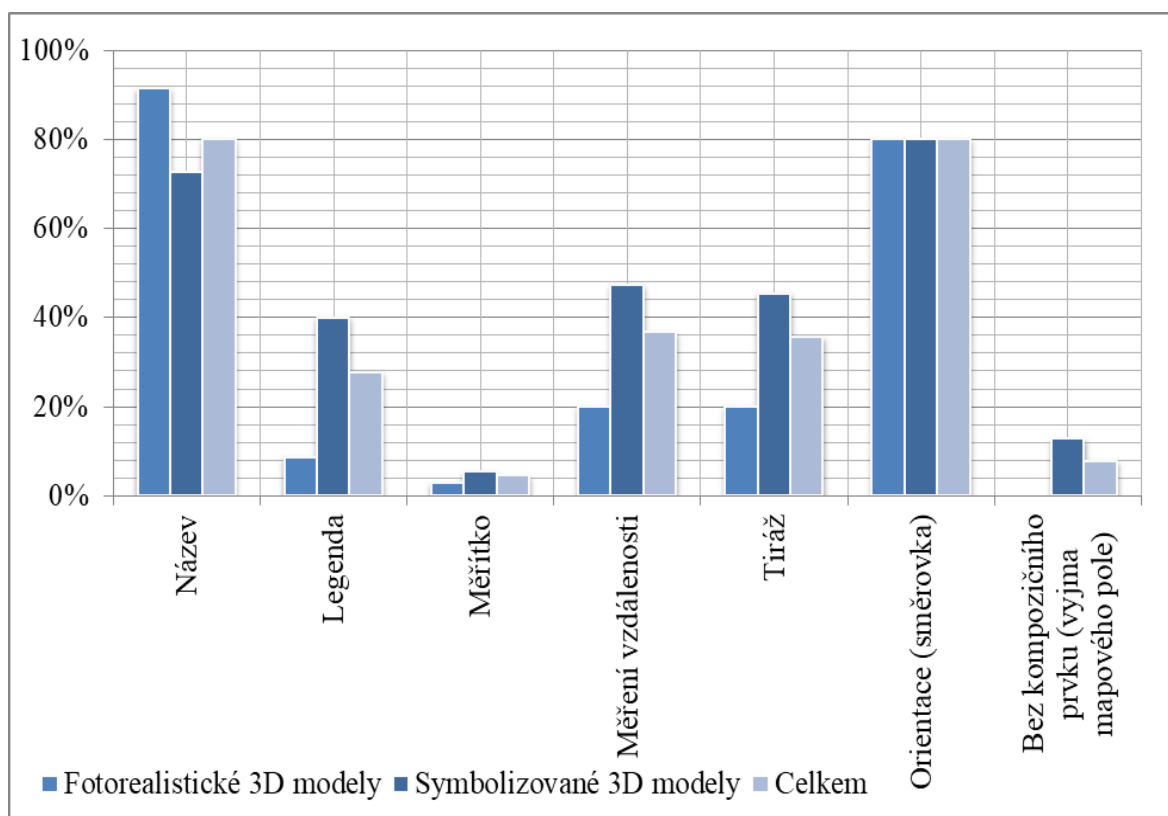
Pro analýzu stávajících vizualizací 3D modelů jsem využil především vizualizace 3D modelů veřejně dostupných na internetových serverech 3D Warehouse, 3D CAD Browser, na ArcGis.com., v nástroji City Engine Web Viewer od ESRI a dalších internetových zdrojích. Analyzovány byly jak vizualizace fotorealistických modelů, tak i modelů symbolizovaných (počet jednotlivých modelů a jejich poměr je uveden v kapitole 8 Dělení analyzovaných vizualizací 3D modelů dle stupně reálnosti), přičemž byly zahrnuty i vizualizace 3D modelů částí měst a větších areálů, jako jsou školy, výjimečně i samostatných velkých budov. Vyhledávání probíhalo jednak na výše uvedených serverech, jednak ve zdrojích publikovaných závěrečných prací a vědeckých článků, ale také přes webové stránky nejrůznějších komerčních firem a společností.

V analýze byly zpracovány všechny základní kompoziční prvky, vyjma mapového pole, které se u vizualizací 3D modelů nevyznačuje žádnými odlišnostmi vůči klasickým 2D mapám a které musí být vždy přítomno. Jediným nadstavbovým kompozičním prvkem, který byl do analýzy zahrnut, je směrovka, respektive vyjádření orientace. Tento kompoziční prvek byl u vizualizací velmi často přítomen, a jak je uvedeno v kapitole 7.6 Orientace (směrovka), tak se jedná o prvek velmi důležitý při práci s 3D vizualizací. Do analýzy byla také přidána položka Měření vzdálenosti, ačkoli se nejedná o základní ani nadstavbový mapový kompoziční prvek. Nicméně pomocí měření vzdálenosti je uživatel odvozeně schopen zjistit měřítko mapy a může mu pomoci se v 3D vizualizaci zorientovat. Rovněž jsem se zabýval vyjádřením orientace poněkud nestandardní metodou stínů vržených zobrazenými objekty. Jelikož byly některé analyzované vizualizace bez jakéhokoli kompozičního mapového prvku, tak je v níže uvedených charakteristikách zahrnuta i tato skutečnost. Mimo výše zmíněné kompoziční prvky jsem na analyzovaných vizualizacích sledoval také, zda jsou „vystavěny“ na podkladu 2D mapy, nebo jestli prostředí, v němž je vizualizace zobrazena, tuto možnost alespoň nabízí. Proto se v níže uvedené podkapitole krátce zmíním i o této problematice.

Na níže uvedeném Obr. 9 jsou zobrazeny relativní hodnoty zastoupení každého analyzovaného kompozičního prvku u symbolizovaných i fotorealistických modelů a taktéž podíl celého výběrového souboru analyzovaných modelů, které daný kompoziční prvek obsahovaly. Absolutní hodnoty jsou uvedeny níže v Tab. 3. Jak je patrné, tak nejvíce zastoupeným kompozičním prvkem byl název a vyjádření orientace, respektive směrovka. Zbylé kompoziční prvky byly v analyzovaných vizualizacích zastoupeny mnohem méně. Nicméně z Obr. 9 je zřejmé, že častěji byly kompoziční prvky využity u vizualizací symbolizovaných 3D modelů než u těch fotorealistických.

Tab. 3 Počet vizualizací 3D modelů, u nichž byl daný analyzovaný kompoziční prvek využit

Kompoziční prvek	Fotorealistické 3D modely	Symbolizované 3D modely	Celkem
Název	32	40	72
Legenda	3	22	25
Měřítko	1	3	4
Měření vzdálenosti	7	26	33
Tiráž	7	25	32
Orientace (směrovka)	28	44	72
Bez kompozičního prvku	0	7	7
<b>Celkem</b>	<b>35</b>	<b>55</b>	<b>90</b>

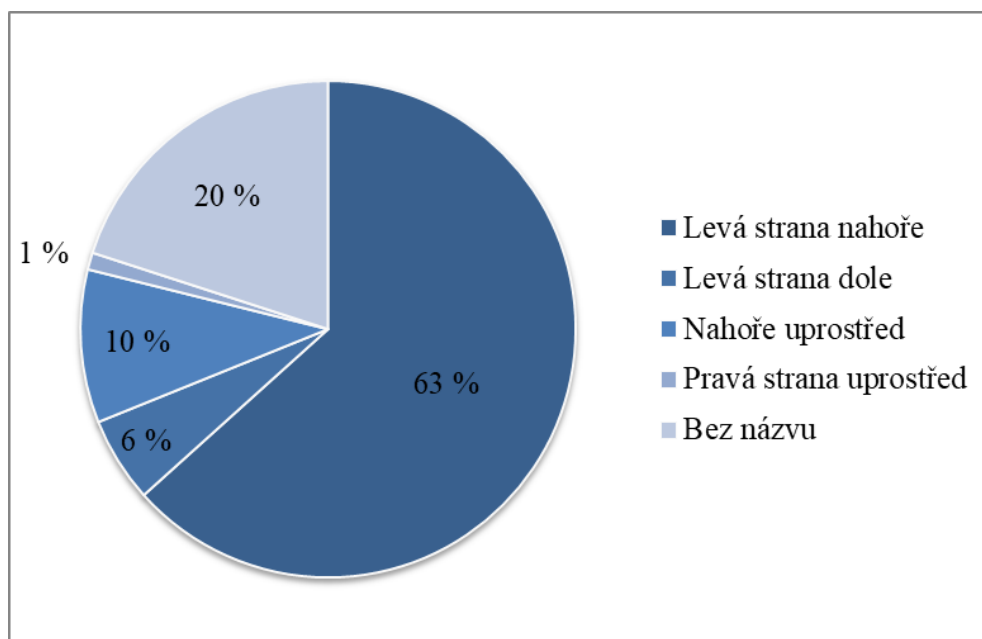


Obr. 9 Analyzované kompoziční prvky a jejich zastoupení u jednotlivých typů 3D modelů a celkem na výběrovém souboru

## 9.1 Název mapy/modelu

Název je jeden ze základních kompozičních prvků mapy. Podle názvu jsem vyhledával jednotlivé vizualizace, ale je nutno zmínit, že v mnoha případech název zcela nevystihoval obsah vizualizace. Nicméně tato situace je zapříčiněna tím, že mnou analyzované vizualizace jsou bezplatně přístupné a vytvořené širokou veřejností. Část vzorků také nezobrazovala reálná města, nebo jejich části, ale města virtuální.

Jak je zřejmé z výše uvedeného Obr. 9, tak název byl obsažen u 91 % fotorealistických modelů a u 72 % modelů symbolizovaných. Z celkového počtu 90 analyzovaných vizualizací byl název identifikován u 80 %. Spolu s vyjádřením orientace se tak jedná o nejčastěji nalezený kompoziční prvek.



Obr. 10 Poměr jednotlivých stran umístění názvu na studovaných vizualizacích

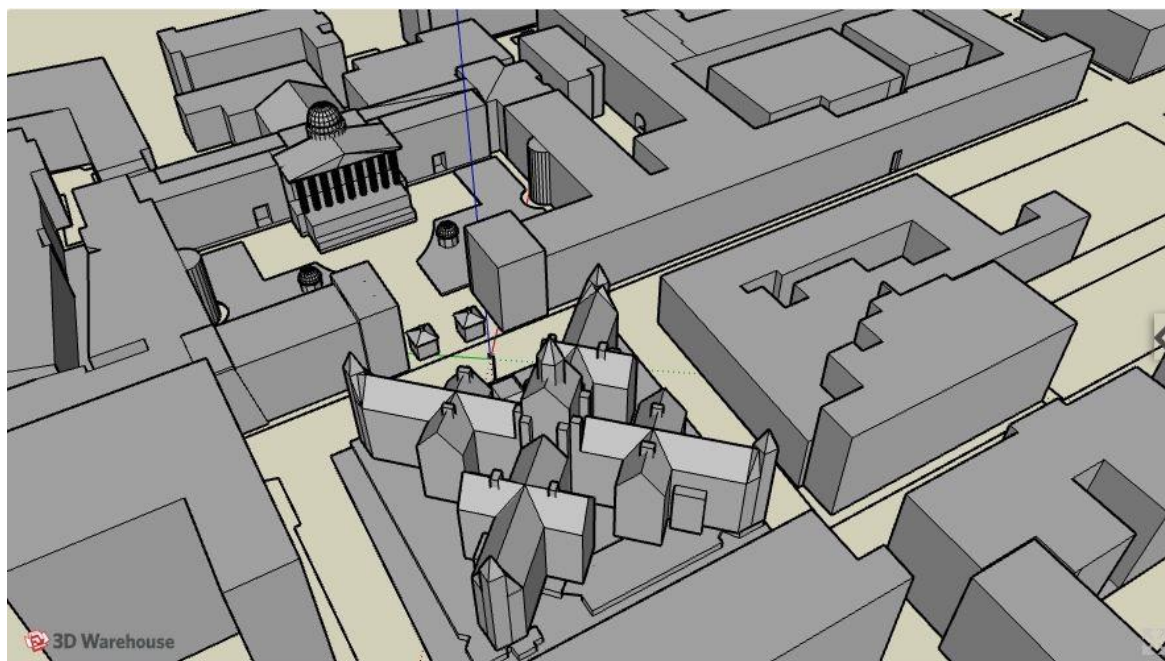
Umístění názvu bylo ve většině případů mimo samotné mapové pole, což je způsobeno prostředím, ve kterém byly vizualizace zobrazeny. V drtivé většině případů se totiž jednalo o prostředí webového prohlížeče. Výjimku tvoří umístění názvu u vizualizace fotorealistického modelu na serveru Mapy.cz, kde je název umístěn na roletě, kterou je možno jednoduše skrýt, na pravé straně mapového pole. Ve zbylých případech byl název neustále viditelný, bez možnosti skrytí. Z výše uvedeného Obr. 10 vyplývá, že zcela převažuje umístění názvu vlevo nahoře od mapového pole, přičemž umístění na levé straně ve spodní části se vyskytovalo jen na serveru 3D Warehouse. Například na serveru 3dCityDB analyzované vizualizace název v mapovém poli nebo v jeho okolí vůbec uvedené nemají.

Je-li název ve zkoumané vizualizaci umístěn, tak je vždy statický (vyjma serveru Mapy.cz). Nicméně často nedodržuje kartografické zásady. Například není psán kapitálkami a téměř nikdy neobsahuje časové určení. Ačkoli jsou tyto zásady zavedené pro klasické 2D mapy (VOŽENÍLEK, V., KAŇOK, J. a kol., 2011), tak je, dle mého názoru, vhodné je dodržovat i při tvorbě 3D modelů a jejich vizualizací. Na níže uvedených

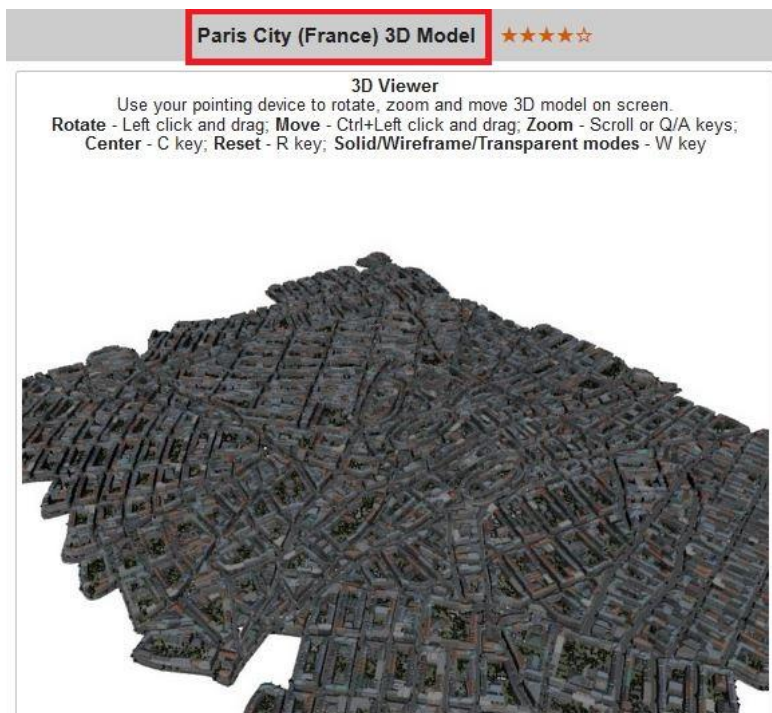
Obr. 11 – 17 jsou zobrazeny příklady zobrazení názvu u vizualizací na webových serverech, ze kterých byla nejčastěji čerpána data pro mou analýzu a název na zmiňovaném serveru Mapy.cz.



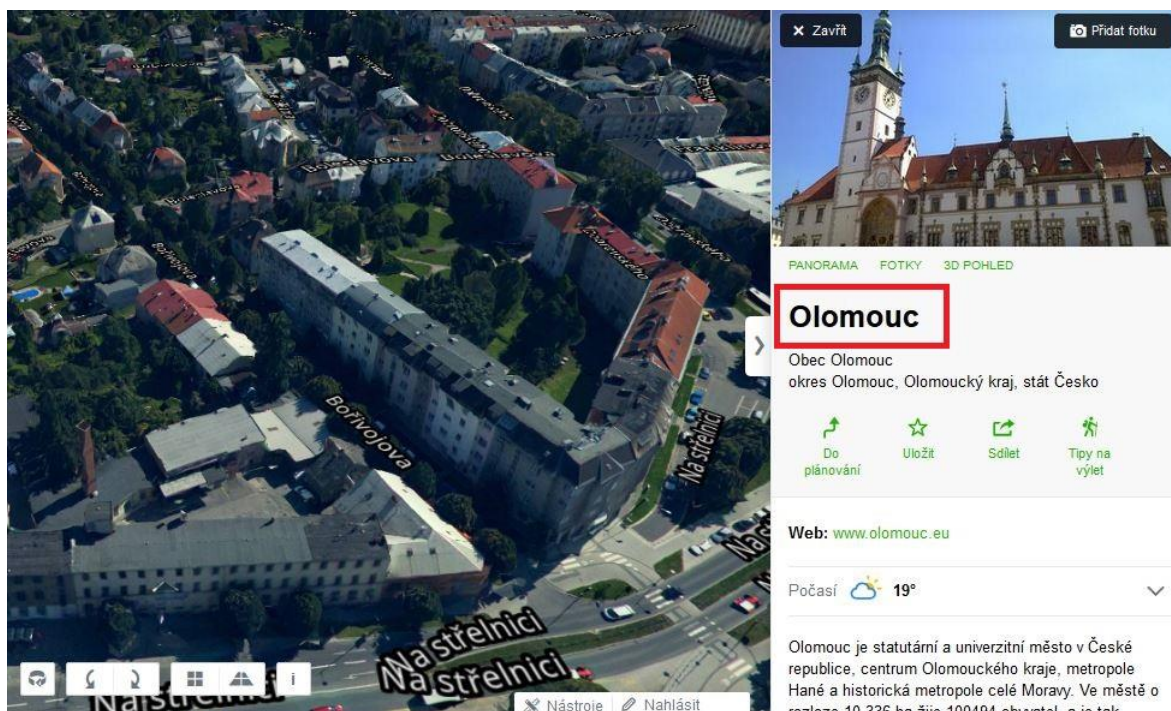
Obr. 11 Umístění názvu vlevo nahoře na vizualizaci na serveru ArcGis.com (upraveno podle: MAREN, G., 2016)



Obr. 12 Umístění názvu vlevo dole na vizualizaci na serveru 3D Warehouse (upraveno podle: SMITHEE, 2014)



Obr. 13 Umístění názvu nahoře uprostřed na vizualizaci na serveru 3D CAD BROWSER (upraveno podle: 3D CAD BROWSER, 2013a)

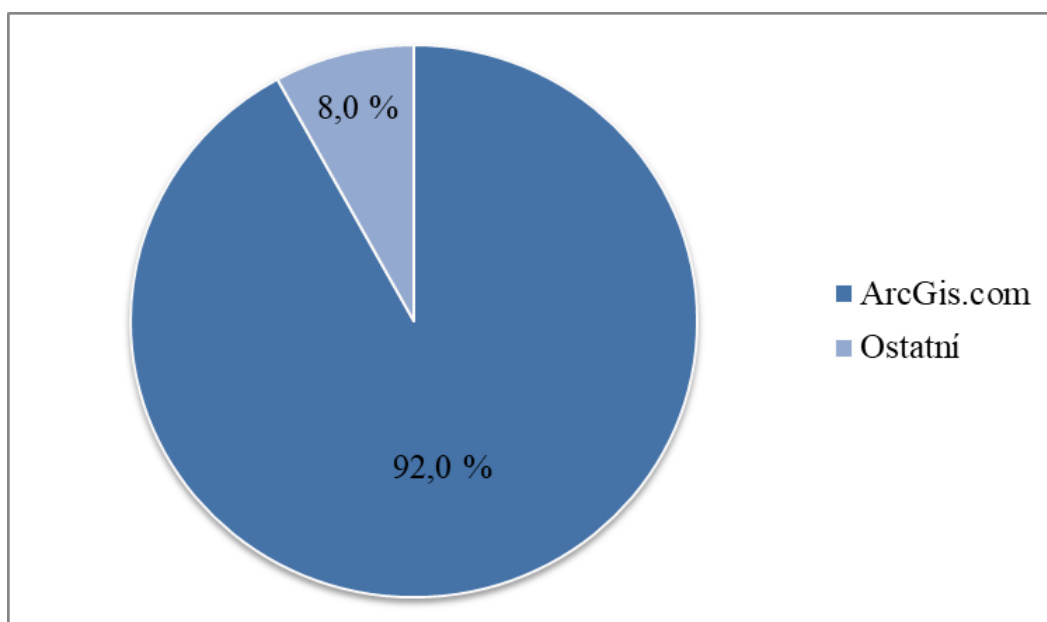


Obr. 14 Umístění názvu vpravo uprostřed u vizualizace fotorealistického modelu Olomouce na serveru Mapy.cz (upraveno podle: MAPY.CZ, 2019)

## 9.2 Legenda

Dalším analyzovaným kompozičním prvkem byla legenda. Před analýzou byla stanovena hypotéza, že legenda bude k dispozici u většiny vizualizací symbolizovaných 3D modelů. Provedená analýza tuto hypotézu zamítla, jak je zřejmé z Obr. 9. U vizualizací symbolizovaných 3D modelů byla legenda zastoupena jen u 40 % výběrového souboru. Nicméně analýza potvrdila, že převažuje užití legendy u vizualizací symbolizovaných 3D modelů nad těmi fotorealistickými, které obsahovaly legendu jen v 9 % případů. Tato skutečnost vyplývá z podstaty fotorealistických modelů – tedy, že model odpovídá realitě a tudíž je legenda zbytečná.

Nutno zmínit, že legenda byla implementována téměř výhradně u 3D vizualizací dostupných na serveru ArcGis.com. Právě u tohoto zdroje bylo nalezeno 23 vizualizací s legendou (92 %) z celkového počtu 25 vizualizací, u nichž byla identifikována (viz Obr. 15).

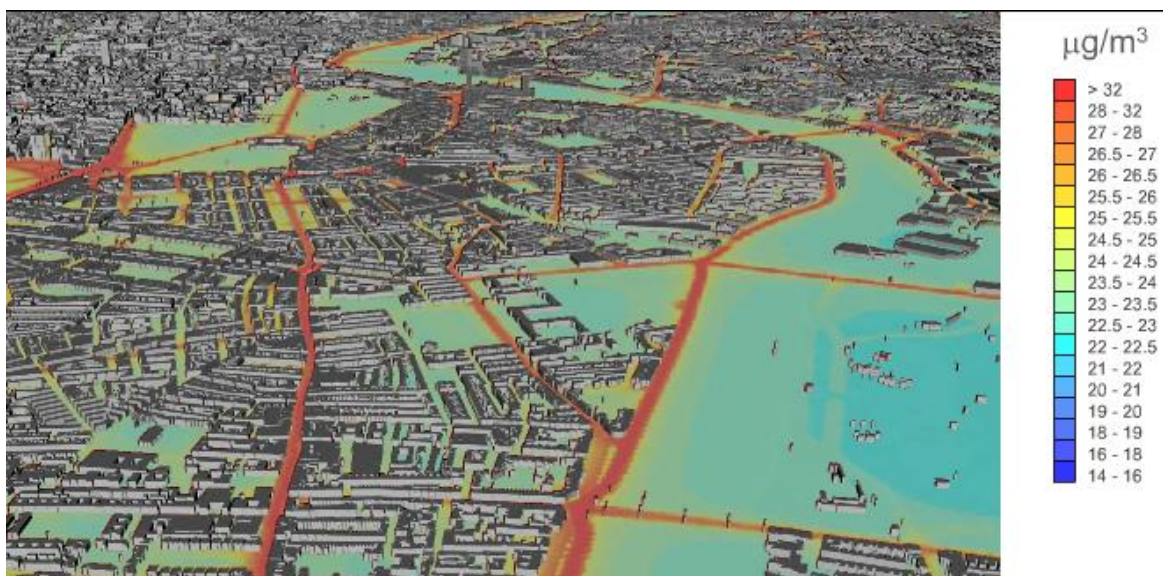


Obr. 15 Zdroje vizualizací 3D modelů u nichž byla identifikována legenda

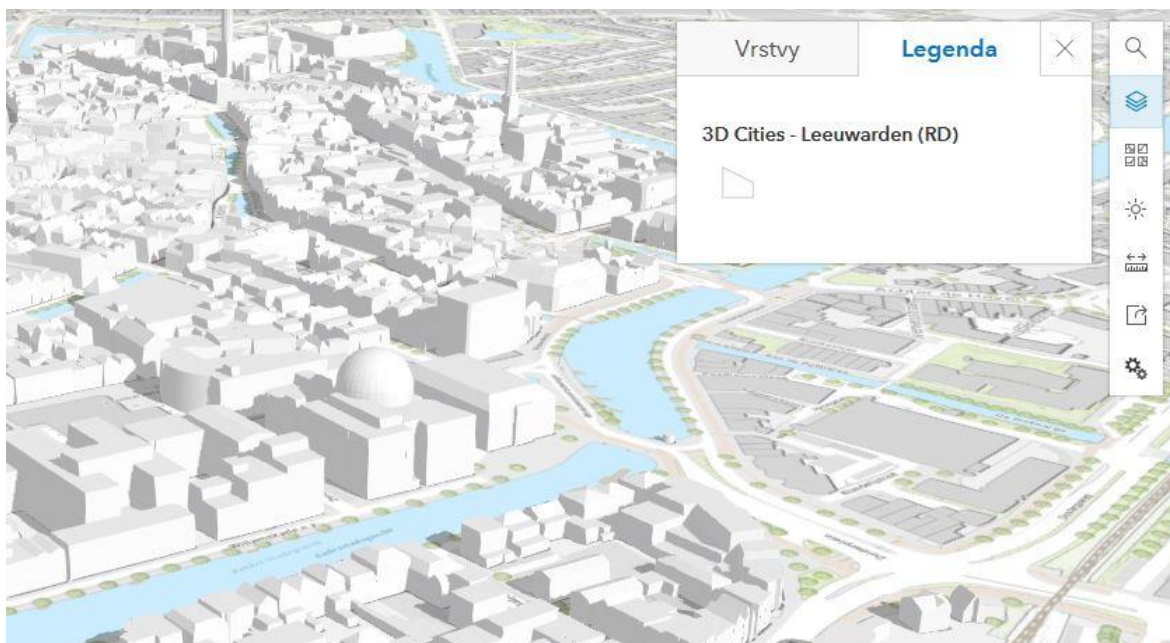
Vyjma 3D vizualizace, která zobrazuje znečištění vzduchu v Londýně, v níž je sice legenda, ale jsou v ní zobrazeny jen hodnoty ukazující znečištění vzduchu a ne samotné 3D budovy a stavby (viz Obr. 16), byly všechny ostatní legendy viditelné jen při otevření skrze ovládací panel. Ve všech analyzovaných případech byla legenda statická, tedy zobrazovala stále všechny prvky v ní obsažené. Předpoklad dynamičnosti legendy (vyslovený výše v kapitole 7.3 Legenda), ve smyslu dynamičnosti prvků v ní obsažených, které se mění zároveň se změnou uživatelského pohledu, se tak nepotvrdil. V případě jednoduchých a neklasifikovaných symbolizovaných 3D vizualizací byl v legendě jen jednoduše zobrazen obrys budovy (viz Obr. 17). V několika případech byly v legendě například uvedeny i stromy a další vegetační pokrýv. Jestliže byla legenda přítomna, tak v ní vždy byly uvedeny jen 3D prvky, které byly v daném modelu využity, ale nikdy nebyly do legendy zahrnuty 2D mapové prvky využitě na podkladové mapě (v případě, že

byla využita) (např. viz Obr. 18). Jako vzorové využití legendy lze jmenovat například legendu u vizualizace 3D modelu vánočních trhů v Lipsku v roce 2018 (viz Obr. 19).

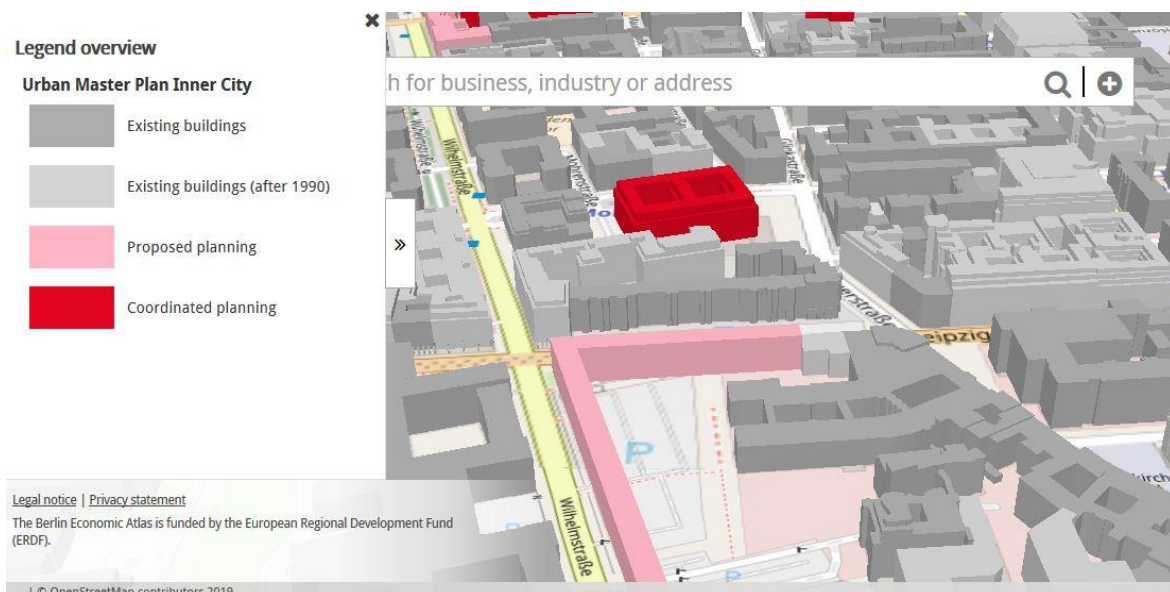
Umístění legendy, po jejím vyvolání skrze ovládací panel, bylo až na výjimky vždy na pravé straně vizualizace, tak jak je zřejmé z Obr. 16 a 17. Na Obr. 19 je legenda umístěna taktéž na pravé straně, nicméně se jedná o jediný případ, kdy bylo okno s legendou dynamické, tak, že jej bylo možné umístit kamkoli v rámci vizualizace. Druhou výjimku tvoří legenda představená na Obr. 18, která je umístěna na levé straně vizualizace. U tohoto kompozičního prvku je tedy patrný jistý standard v jeho umístění.



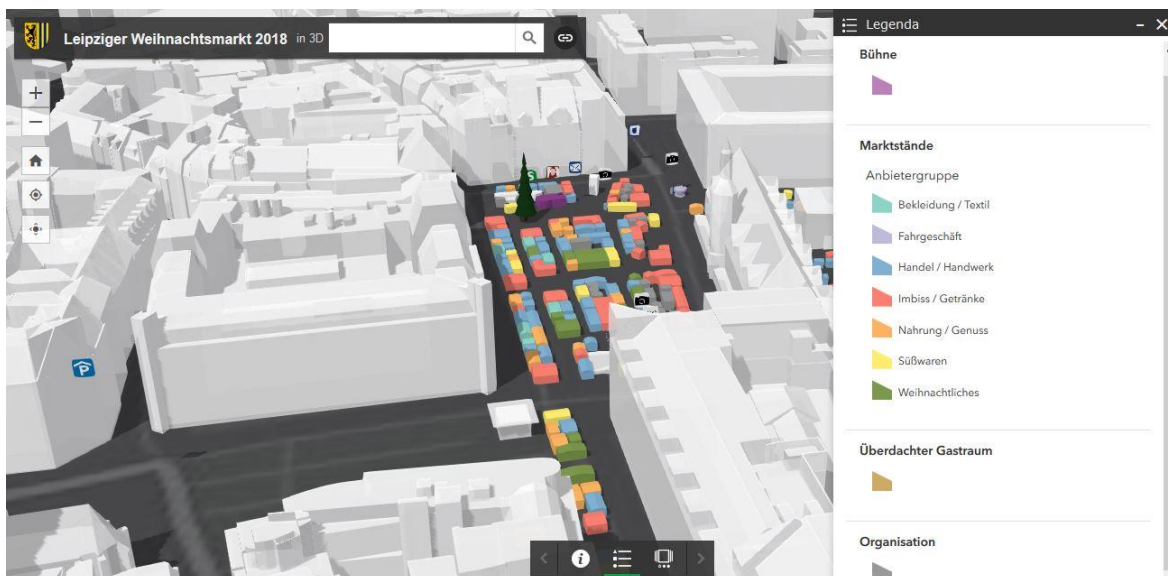
Obr. 16 Příklad legendy u 3D vizualizace znečištění vzduchu v Londýně (upraveno podle: KING'S COLLEGE LONDON, 2018)



Obr. 17 Příklad legendy u jednoduché symbolizované 3D vizualizace na serveru ArcGis.com (upraveno podle: ESRI, 2019k)



Obr. 18 Příklad legendy u klasifikované symbolizované 3D vizualizace na serveru businesslocationcenter.de (upraveno podle: BUSINESS LOCATION CENTER, 2019)



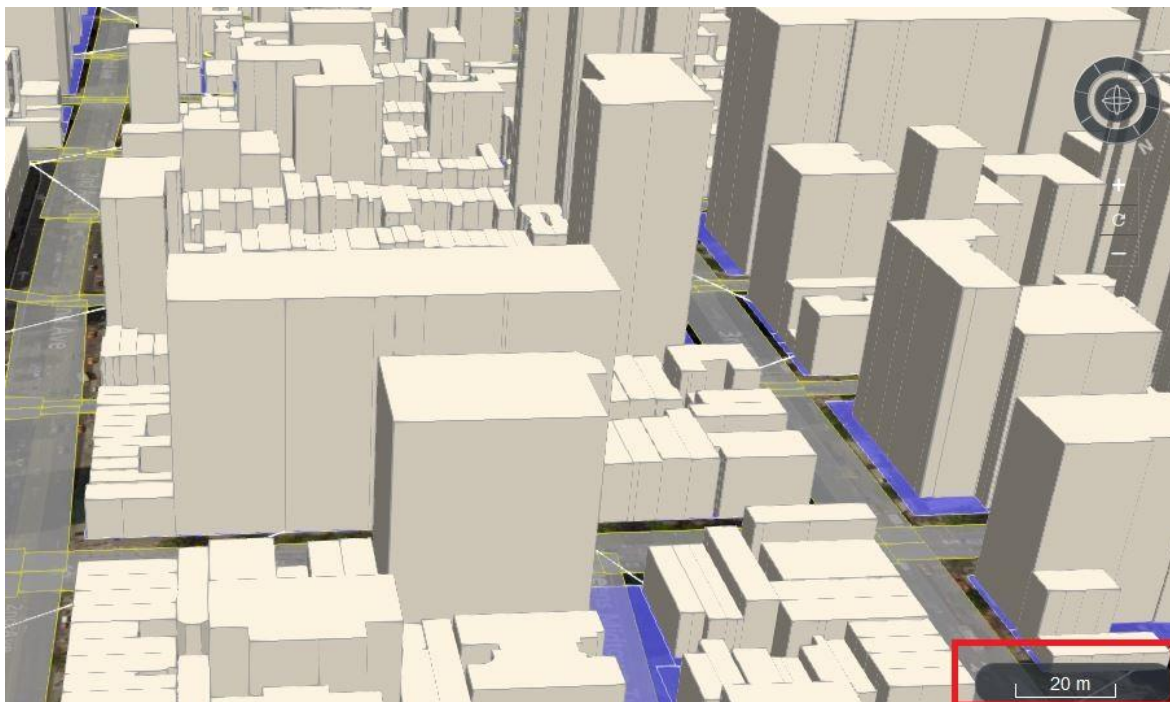
Obr. 19 Příklad legendy u klasifikované symbolizované vizualizace 3D modelu vánočních trhů v Lipsku (upraveno podle: STADT LEIPZIG, 2018)

### 9.3 Měřítko a měření vzdálenosti

Podobně jako u legendy, byla i u měřítka před začátkem analýzy stanovena hypotéza, že měřítko bude uplatněno u většiny analyzovaných vizualizací. Jak je zřejmé z výše uvedeného Obr. 9, tak tato hypotéza byla zamítnuta. Výsledek analýzy byl zcela opačný než základní hypotéza, protože měřítko bylo nejméně zastoupeným kompozičním prvkem u analyzovaných 3D vizualizací.

Měřítko bylo zastoupeno jednou u vizualizace fotorealistického 3D modelu a celkem třikrát u modelu symbolizovaného. Celkem tedy bylo měřítko obsaženo u pouhých 4 % všech analyzovaných vizualizací. Tři vizualizace obsahující měřítko byly umístěny na serveru 3DCityDB (příklad viz Obr. 20) a jedna byla zobrazena prostřednictvím aplikace Google Earth (viz Obr. 21). Všechna identifikovaná měřítka byla grafická s číselným uvedením jeho délky ve skutečnosti. Zobrazené jednotky byly v závislosti na přiblížení obrazu buď metry, nebo kilometry. Styl měřítka využitého na serveru 3DCityDB je jednoduché měřítko s jedním hlavním úsekem (viz taktéž Obr. 20) a jeho uvedenou délkou ve skutečnosti. V aplikaci Google Earth je rovněž využito jednoduché grafické měřítko, které je ale rozděleno na čtyři dílčí úseky, přičemž skutečná délka je uvedena za posledním dílem (viz taktéž Obr. 21). Ve všech analyzovaných případech bylo měřítko umístěno přímo v mapovém poli a bylo dynamické, tedy okamžitě při změně vzdálenosti pohledu uživatelem byla automaticky měněna jeho hodnota.

Problematika měřítka u vizualizací 3D modelů je však širší. Jelikož bývají budovy zobrazené perspektivně, tak dochází ke změně měřítka směrem od uživatele („dále“ v pohledu je měřítko větší). Otázkou tedy zůstává, ve kterém místě měřítko umístěné ve vizualizaci platí. Ideálním řešením by bylo umístění takového měřítka, které by vystihovalo jeho změnu s růstem vzdálenosti od uživatele. V níže uvedené kapitole 10 jsou uvedeny návrhy možného řešení a jejich vyhodnocení.



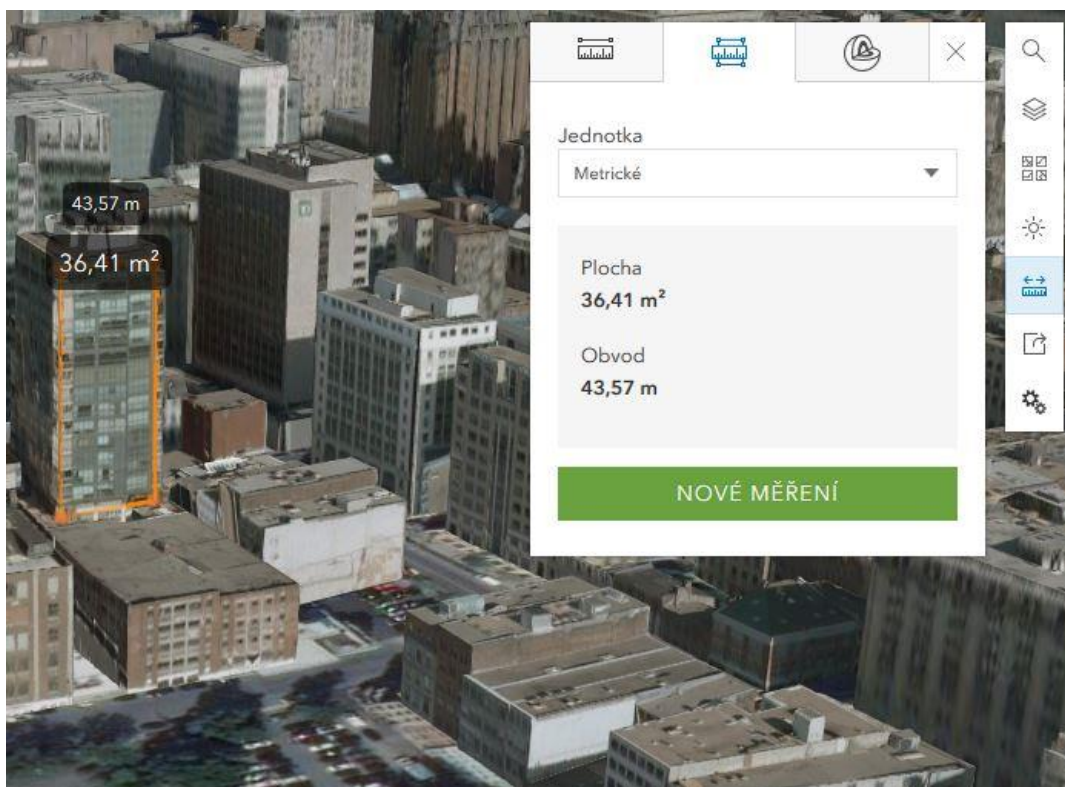
Obr. 20 Měřítka využití u 3D vizualizace na serveru 3DCityDB (upraveno podle: 3D CITY DB, 2019)



Obr. 21 Měřítka využití u 3D vizualizace zobrazené v aplikaci Google Earth (upraveno podle: 3DNATURE, 2019)

Jak vyplývá z výše uvedených skutečností, tak využití měřítka u studovaných 3D vizualizací, bylo velmi vzácné. Nicméně mnohé webové servery, z nichž byly 3D modely a jejich vizualizace stahovány, nabízejí možnost měření vzdáleností přímo v mapovém poli. Uživatel je tedy případně schopen pomocí tohoto nástroje zjistit měřítko daného modelu při aktuálním přiblížení. Nástroj měření vzdáleností byl celkem implementován u 33 vizualizací, což odpovídá 37 % výběrového souboru (viz Obr. 9).

Tento nástroj je nabízen například na serverech ArcGis.com, Mapy.cz a dalších. Aplikace Google Earth, stejně jako prostředí serveru ArcGis.com (a další), umožňuje uživateli měřit nejen vzdálenosti, ale i plochy vytýčených polygonů. Na níže uvedeném Obr. 22 je zobrazen příklad měření polygonu (obvodu a obsahu) ve 3D vizualizaci na serveru ArcGis.com. Mimo měření polygonů je umožněno také měřit přímé vzdálenosti.



Obr. 22 Měření polygonu ve 3D vizualizaci na serveru ArcGis.com (upraveno podle: ESRI, 2019a)

## 9.4 Tiráž

Zobrazení tiráže v interaktivních 3D vizualizacích bylo poměrně časté. Tiráž byla zobrazena celkem u 36 % analyzovaných vizualizací (viz Obr. 9). Například v nástroji City Engine Web Viewer od ESRI byla dynamická, kdy při pohybu kurzorem myši byla tiráž viditelná, ale při zastavení zmizela. Oproti tomu například na serveru businesslocationcenter.de (viz Obr. 24) byla tiráž statická a viditelná po celou dobu práce s vizualizací. Nutno konstatovat, že v tomto případě tiráž poměrně výrazně omezovala pohled uživatele na danou vizualizaci. Na druhou stranu například tiráž v nástroji City Engine WebViewer byla psána příliš drobným písmem, což velmi znesnadňovalo její čtení (společně s omezeným časem viditelnosti).

Tiráž u vizualizací 3D modelů měla odlišnou podobu než u klasických 2D map. Ve všech analyzovaných případech, kdy byla tiráž zobrazena, byla umístěna na dolním (jižním) okraji mapového pole, respektive okna webového prohlížeče. V tiráži byly ve většině případů uvedeny zdroje dat, vydavatel modelu, případně lokalizace modelu (například „City of Montreal“) a copyright. Na níže uvedeném Obr. 23 je příklad tiráže

na vizualizaci 3D modelu ze serveru ArcGis.com a na Obr. 24 ze serveru businesslocationcenter.de.



Obr. 23 Tiráž u vizualizace 3D modelu Montrealu v nástroji City Engine Web Viewer od ESRI (upraveno podle: ESRI, 2019a)



Obr. 24 Tiráž u vizualizace 3D modelu Berlína na serveru businesslocationcenter.de (upraveno podle: BUSINESS LOCATION CENTER, 2019)

## 9.5 Orientace (směrovka)

Jak je uvedeno výše, tak vyjádření orientace při interaktivní manipulaci s vizualizací 3D modelu, kde uživatel může natáčet pohled do všech světových stran, je nezbytné. Jak je zřejmé z výše uvedeného Obr. 9, tak tento předpoklad byl potvrzen. Orientace vůči severu byla vyjádřena celkem na 80 % analyzovaných vizualizací, přičemž stejné procento bylo vizualizací fotorealistických modelů i modelů symbolizovaných. Lze konstatovat, že servery na nichž poskytnuté 3D vizualizace směrovku neobsahovaly, byly především 3D CAD Browser, 3D Warehouse, případně jednotlivé vizualizace nalezené na samostatných webových portálech. Nicméně společně s názvem byla legenda nejčastěji využitý kompoziční prvek u analyzovaných vizualizací z mého výběrového souboru.

Ve všech zkoumaných případech byla orientace vyjádřena směrovkou, přičemž ve většině případů se směrovka natáčela společně s rotací pohledu. Výjimku tvoří například vizualizace 3D modelu města Prahy s názvem Centrum Prahy z ptáčích perspektivy (viz Obr. 25). Tato vizualizace neumožňuje uživateli natáčet s pohledem do světových stran, tudíž je směrovka jednoduše stabilní. Směrovka byla rovněž v části případů dynamická, ve stejném smyslu jako tomu bylo u tiráže. Tedy, že v případě zastavení kurzoru myši byla směrovka skryta. Zeměpisná síť nebyla nalezena ani u jedné

analyzované vizualizace, což bylo očekávané, protože se jedná o velmi nepraktický způsob vyjádření orientace u 3D modelů a jejich vizualizací. Příklady různých variant provedení směrovek v kombinaci se stínováním jsou představeny na níže uvedených Obr. 25, 26, 27 a 28. Jak je i z těchto příkladů patrné, tak variabilita provedení směrovek byla poměrně vysoká, protože každý z navštívených serverů poskytujících vizualizace 3D modelů užívá jiný typ směrovky. Na Obr. 29 je uveden přehled většiny typů směrovek.

Za jistou variantu vyjádření orientace lze považovat také stínování budov. Mnoho serverů nabízí uživateli nastavení směru slunečního svitu, data, včetně denního času, a také časového pásma, čímž je určena poloha na zeměkouli (bohužel není určeno, zda se jedná o severní nebo jižní). Na základě zadaných parametrů je poté ve vizualizaci vytvořen stín vržený budovami a případně ostatními objekty. Na rozdíl od běžných stínovaných 2D map, kde směřuje sluneční svit přibližně od severozápadu a není možnost směr modifikovat, tak v případě většiny analyzovaných vizualizací má uživatel možnost směr slunečního svitu nastavit. V případě nastavení denního času na 9:00 je zřejmé, že Slunce se nachází na východě a stín tak bude směřovat k západu (viz Obr. 26). V případě, že u vizualizace není umožněno modifikovat směr svitu, tak je uplatňován stejný princip jako u 2D map, tedy stín směřuje přibližně k východu (viz Obr. 25).

Celkově lze konstatovat, že vyjádření orientace na většině analyzovaných vizualizací bylo dostatečné. Možnost editace stínování je rovněž praktickým nástrojem, který umožňuje uživateli získat větší přehled o sledovaném území. Nevýhoda stínování nastává při snaze o orientaci v silné zástavbě, kde se nacházejí vyšší budovy, protože v tom případě není stín dostatečně viditelný (zvláště jedná-li se o vizualizaci symbolizovaného 3D modelu), tak jako je tomu např. na Obr. 28. Rovněž v případě automaticky nastaveného stínování je orientace čistě dle stínů složitá. Nicméně ve většině případů je stínování jen doplňkem a orientace je vyjádřena především směrovkou.



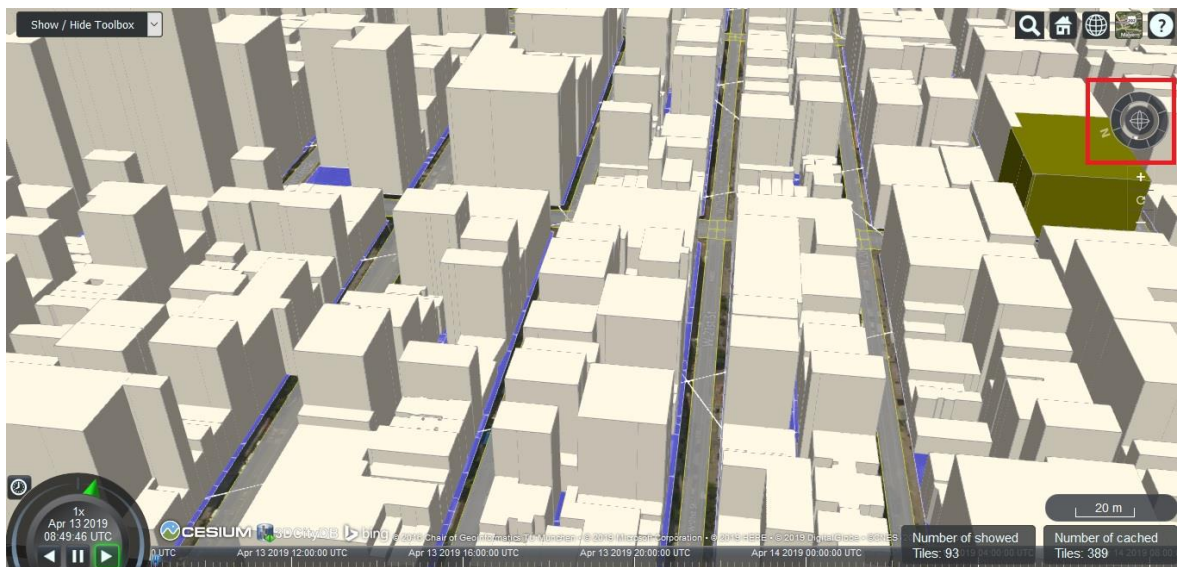
Obr. 25 Směrovka a automatické zastínění stran objektů u vizualizace „Centrum Prahy z ptačí perspektivy“ (upraveno podle: GEODIS BRNO, 2019)



Obr. 26 Směrovka a nastavení stínu vrženého objekty u vizualizace v nástroji City Engine Web Viewer od ESRI (upraveno podle: CITYENGINE, 2013b)



Obr. 27 Směrovka a nastavení stínu vrženého objekty u vizualizace na serveru ArcGis.com (upraveno podle: ESRI, 2019a)



Obr. 28 Směrovka a nastavení stínu vrženého objekty u vizualizace na serveru 3DCityDB (upraveno podle: 3D CITY DB, 2019)



Obr. 29 Příklad typů směrovek užitých na jednotlivých serverech poskytujících vizualizace 3D modelů: 1) City Engine Web Viewer od ESRI, 2) ArcGis.com, 3) model „Centrum Prahy z ptačí perspektivy“, 4) Mapy.cz, 5) 3DCityDb, 6) HELSINKI<sup>3D+</sup> (upraveno podle: CITYENGINE, 2013b, ESRI, 2019a, GEODIS BRNO, 2019, MAPY.CZ, 2019, 3D CITY DB, 2019, HELSINGIN KAUPUNKI, 2019a)

## 9.6 Podkladová mapa

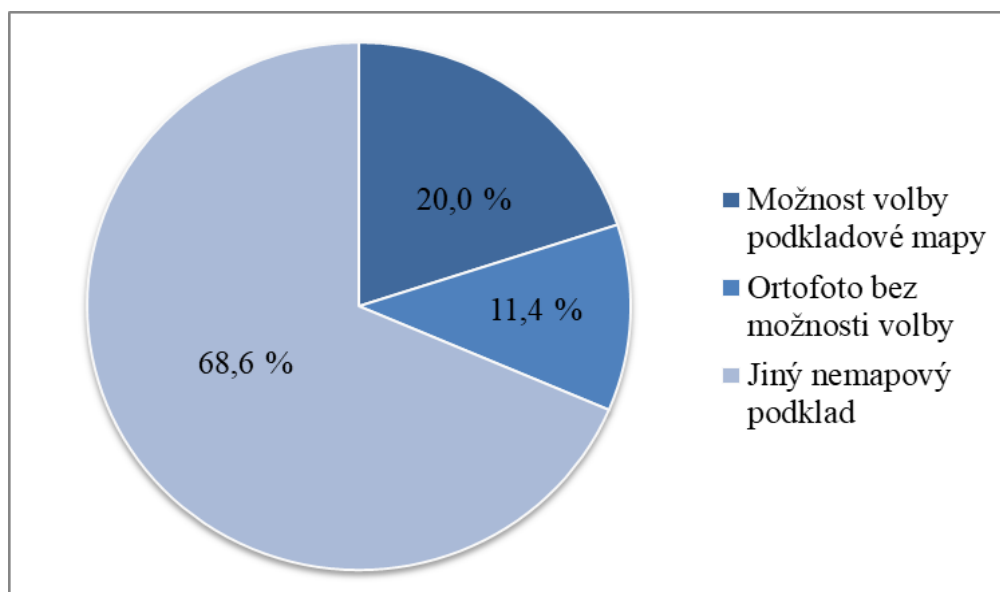
Jak je zřejmé z výše uvedených obrázků, na nichž jsou zobrazeny příklady analyzovaných vizualizací 3D modelů, tak u mnoha z nich byla jako podklad využita podkladová mapa. V případě, že nebyla využita podkladová mapa, tak se nejčastěji jednalo o ortofoto snímky, které dokreslovaly samotný model. Nicméně v mnoha případech byly 3D modely doplněny taktéž o modelovaný terén, nebo alespoň ve 2D vykreslený povrch. Několik 3D modelů nemělo žádný 2D grafický podklad.

V případě, že server poskytující vizualizaci 3D modelu, nabízel možnost změny podkladových dat (Open Street mapa, terénní mapa, případně ortofoto a další), tak byla daná vizualizace zahrnuta v níže uvedené tabulce a obrázcích do skupiny „Možnost volby podkladové mapy“. Jestliže byl k dispozici jen ortofoto snímek, tak byla přičtena do kategorie „Ortofoto bez možnosti volby“. V případě, že podklad 3D dat tvořil například nerealistický povrch, nebo jen DEM, tak byly tyto vizualizace začleněny do kategorie „Jiný nemapový podklad“. V níže uvedené Tab. 4 jsou absolutní počty vizualizací, které byly do daných kategorií zařazeny. Procento zastoupení jednotlivých typů podkladu u výběrového souboru dle členění na vizualizace fotorealistických a symbolizovaných 3D modelů je uvedeno na Obr. 30 a 31.

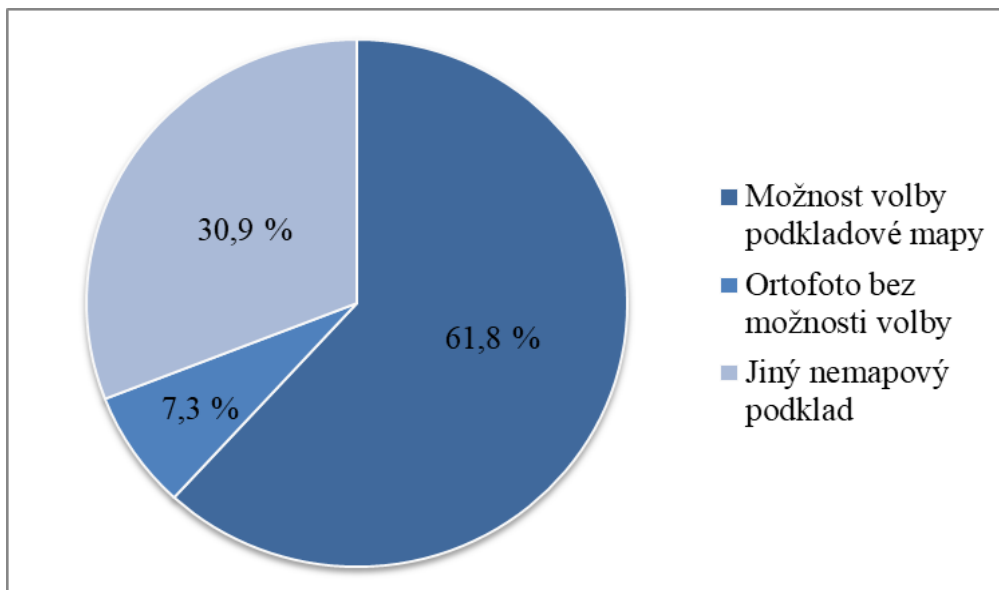
Na základě analyzovaných dat lze tedy konstatovat, že zobrazení podkladové mapy (s možností volby) bylo uplatňováno především u symbolizovaných modelů, kde se nacházela v 61,8 % analyzovaných případů. Na druhou stranu jen ortofoto snímky byly k dispozici spíše jako podklad fotorealistických modelů, kde dokreslují skutečnou podobu modelované lokality. Nicméně i tak se v relativních počtech nacházely pouze u 11,4 % všech analyzovaných fotorealistických modelů. Celkově lze říci, že podklad v podobě 2D mapy, nebo ortofoto snímku byl uplatněn spíše u symbolizovaných 3D modelů (69,1 %) než u modelů fotorealistických (31,4 %). V součtu byl tedy jakýkoli z výše uvedených 2D podkladů (mimo jiného nemapového podkladu) využit u 54 % výběrového souboru (viz Obr. 9).

Tab. 4 Absolutní počet modelů s možností volby podkladové mapy, jen s ortofoto podkladem bez možnosti volby a s jiným nemapovým podkladem

	<b>Možnost volby podkladové mapy</b>	<b>Ortofoto bez možnosti volby</b>	<b>Jiný nemapový podklad</b>
Fotorealisticke modely	7	4	24
Symbolizované modely	34	4	17
<b>Celkem</b>	41	8	41

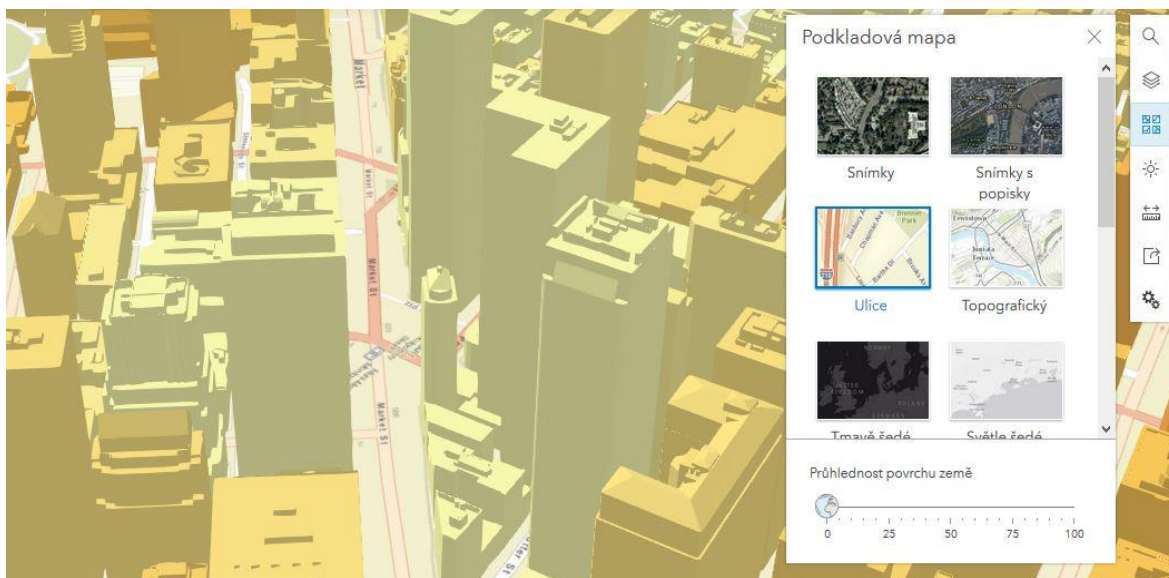


Obr. 30 Poměr zastoupení jednotlivých typů podkladových dat u analyzovaných vizualizací fotorealistickech 3D modelů



Obr. 31 Poměr zastoupení jednotlivých typů podkladových dat u analyzovaných vizualizací symbolizovaných 3D modelů

Na základě analýzy lze tvrdit, že využití vhodné a kvalitní 2D mapy je u 3D modelů měst velmi vhodné, protože uživateli velmi usnadňuje orientaci (viz Obr. 32). Zároveň se tak zvyšuje možnost praktického využití těchto modelů například v navigacích, orientačních plánech měst, atd. Naopak užití pouze ortofoto snímku je vhodné čistě u modelů měst určených například k propagaci dané lokality (viz Obr. 33). Nicméně podmínkou je vysoká kvalita fotografie. U symbolizovaných modelů je užití ortofoto snímku nevhodné, protože uživatel má velmi ztíženou orientaci v modelu (zejména při nižší kvalitě ortofoto podkladu), který navíc vyjadřuje jen symbolizovanou realitu (viz Obr. 34).



Obr. 32 Vizualizace symbolizovaného 3D modelu San Franciska s 2D mapovým podkladem na serveru ArcGis.com (upraveno podle: ESRI, 2019)



Obr. 33 Vizualizace fotorealistického 3D modelu města Helsinky s ortofoto podkladem (upraveno podle: HELSINGIN KAUPUNKI, 2019a)

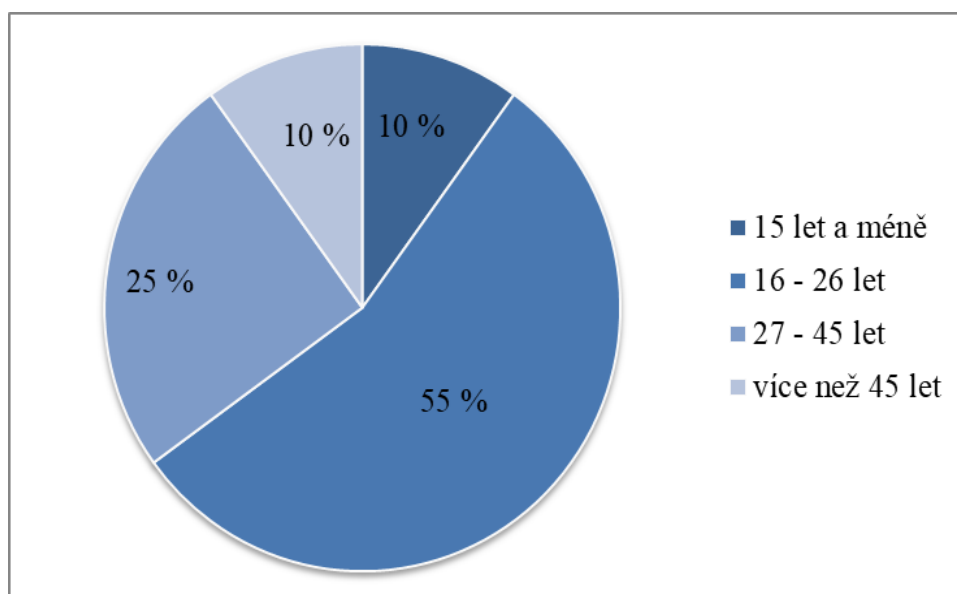


Obr. 34 Vizualizace symbolizovaného 3D modelu s nekvalitním ortofoto podkladem ze serveru ArcGis.com (upraveno podle: BRIGMON, N., 2014)

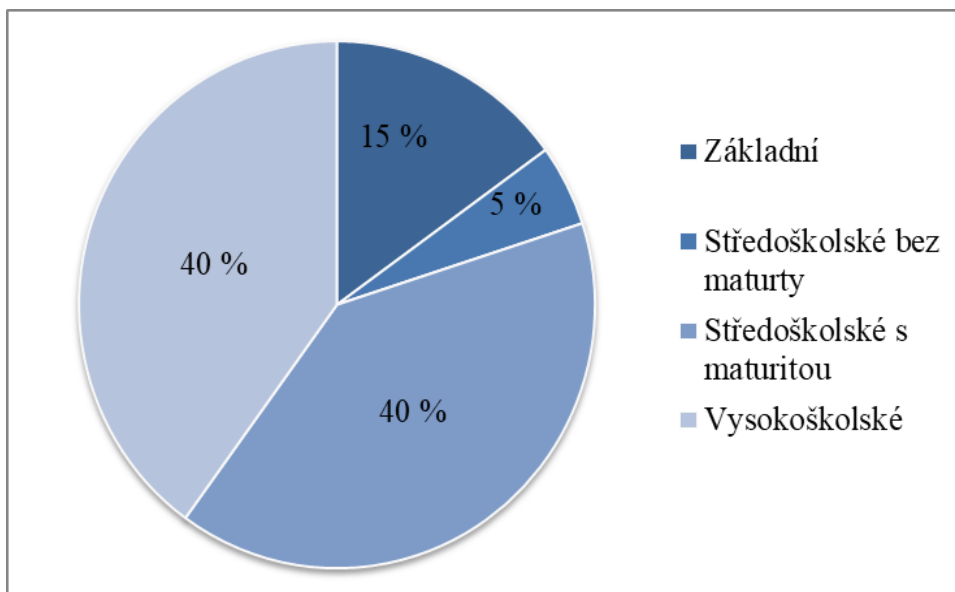
## 10 NÁVRH MĚŘÍTKA U VIZUALIZACÍ 3D MODELŮ MĚST

Na základě provedené analýzy bylo za nejproblematičtější a zároveň velmi nedostatečně vyřešený kompoziční prvek označeno měřítko. Z toho důvodu bylo provedeno šetření za účelem zjištění schopnosti uživatelů identifikovat odlišné požadavky na měřítko u vizualizací 3D modelů. Byly vytvořeny čtyři návrhy měřítka, které byly zobrazeny ve statickém pohledu na vizualizaci 3D modelu města a respondenti byli požádáni, aby označili jeden z návrhů jako nejvíce vhodný. Dotazník včetně návrhů měřítka je přiložen v Příloze č. 1 této práce.

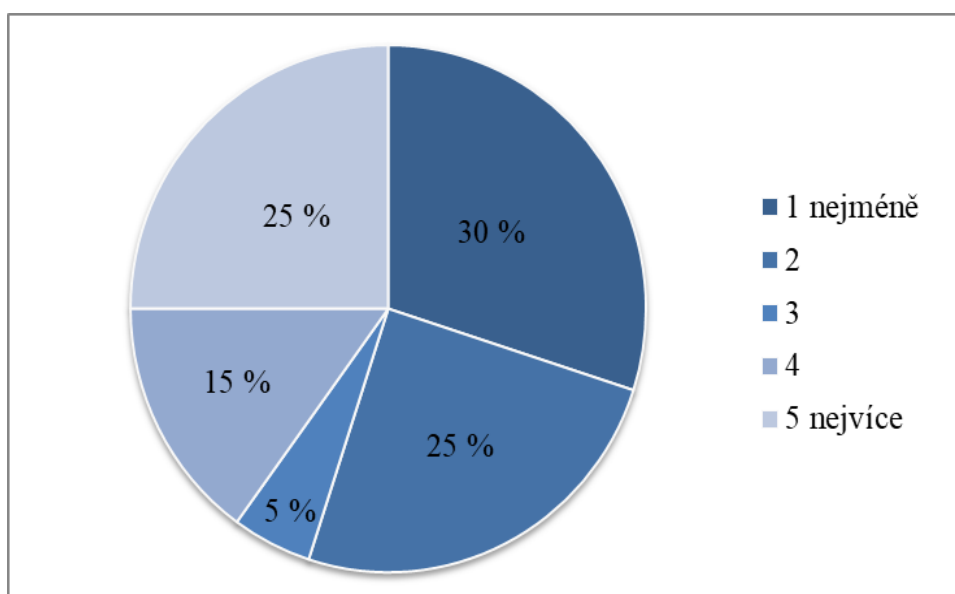
Výběrový soubor respondentů se skládal z 10 mužů a 10 žen, přičemž tito byli odlišného věku i rozdílného nejvyššího dosaženého vzdělání. Na níže uvedeném Obr. 35 a Obr. 36 jsou uvedeny podíly jednotlivých skupin respondentů na výběrovém souboru. Respondenti také měli zcela odlišné zkušenosti s kartografií a mapami obecně i se čtením a interpretací měřítka, stejně tak jako s 3D technologií (viz Obr 37, 38, 39), tak aby výběrový soubor měl co nejvyšší vypovídající hodnotu.



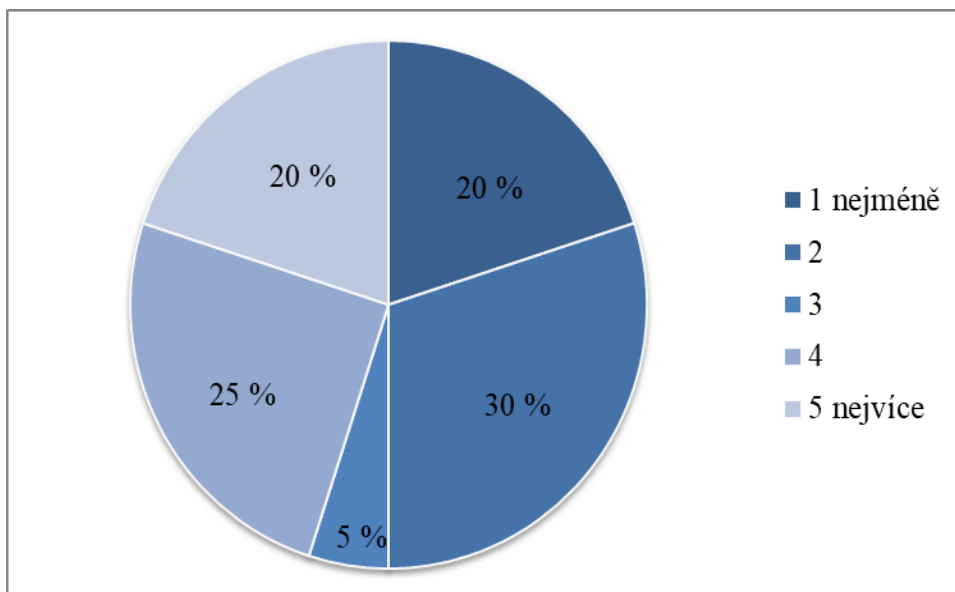
Obr. 35 Podíl daných věkových skupin na výběrovém souboru respondentů



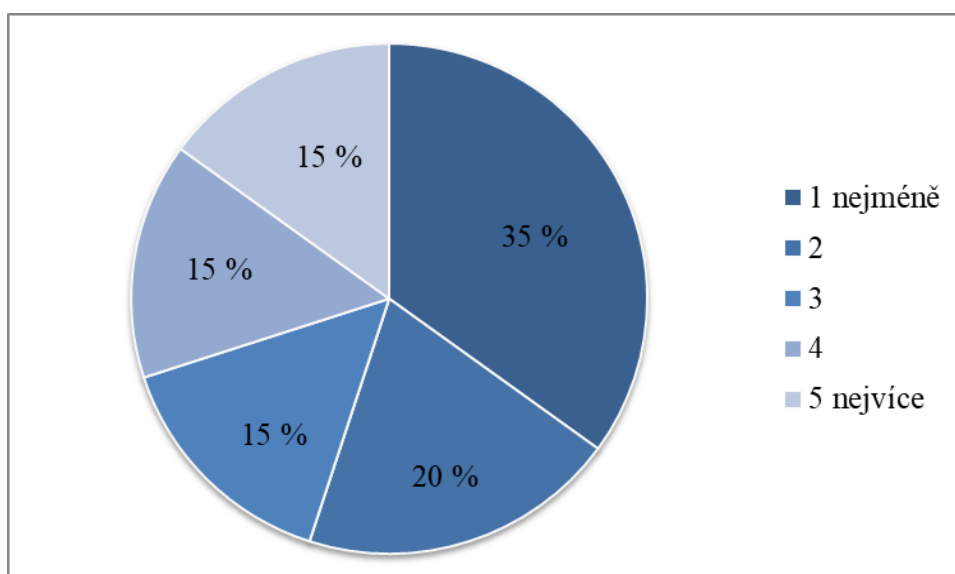
Obr. 36 Podíl respondentů na výběrovém souboru dle nejvyššího dosaženého vzdělání



Obr. 37 Skupiny respondentů dle zkušeností s kartografií a mapami obecně

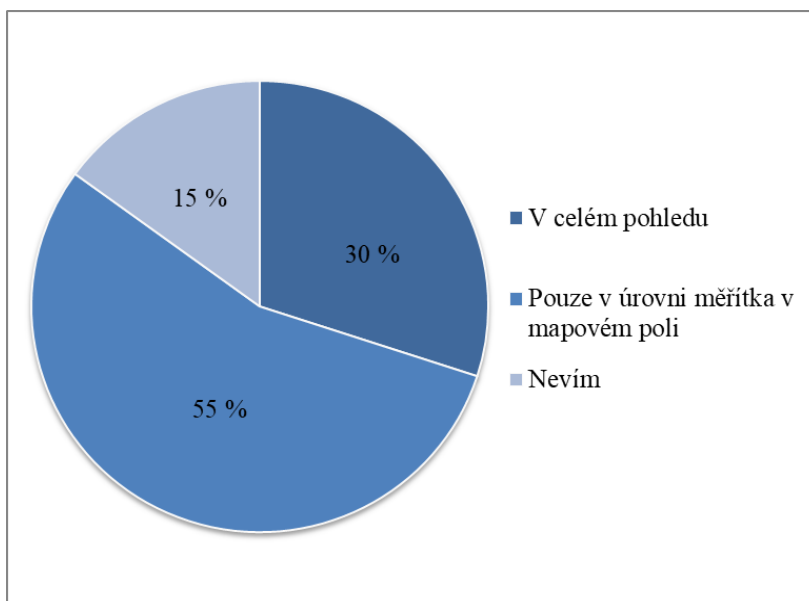


Obr. 38 Skupiny respondentů dle schopnosti čtení měřítka mapy



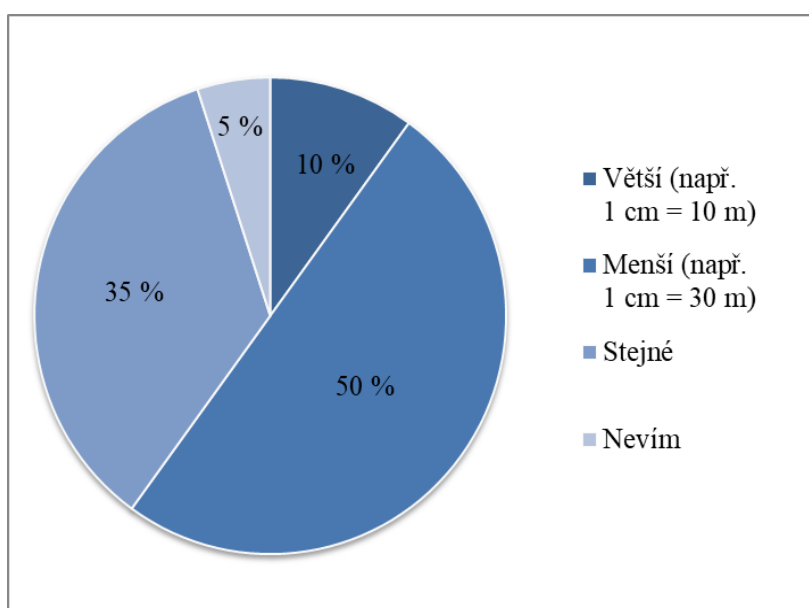
Obr. 39 Skupiny respondentů dle zkušeností s 3D technologií (např. při hraní počítačových her, ve virtuální realitě, atd.)

Po zodpovězení obecných otázek byli respondenti konfrontováni s vizualizací, u níž bylo zobrazeno běžné grafické měřítko, ve formě v jaké bylo využito i při analyzovaných vizualizacích výše v této práci (otázka č. 4). Účelem této otázky bylo zjistit, zda mají uživatelé povědomí o odlišnosti měřítka v čele pohledu a v jeho týlu. Nadpoloviční většina, celkem 55 %, respondentů zvolila správnou odpověď, tedy, že měřítko je platné jen v úrovni jeho umístění v mapovém poli (viz Obr. 40). Třetina respondentů neidentifikovala změnu měřítka v pohledu a označila tak měřítko jako platné v celém pohledu. Zbytek dotazovaných, tedy 15 %, uvedlo, že neví. Lze tedy konstatovat, že převážná část respondentů má povědomí o problematice měřítka u vizualizací 3D modelů.



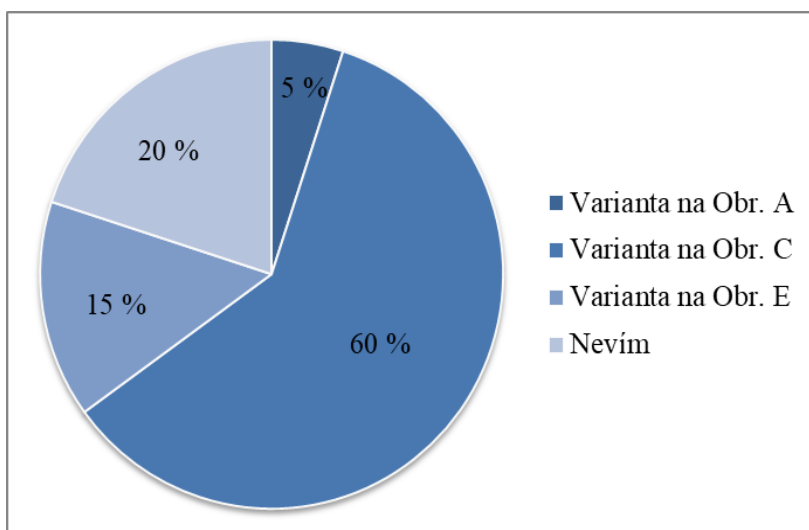
Obr. 40 Podíl odpovědí respondentů na otázku č. 4 (platnost měřítka uvedeného na Obr. A)

Další otázka (otázka č. 5) rozvíjela otázku předešlou a měla za cíl ověřit, zda respondenti vnímají změnu měřítka se vzdáleností pohledu správně. Přesně polovina tázaných odpověděla správně, tedy, že měřítko u horního okraje vizualizace (v místě grafického měřítka bez hodnot) bude menší. Opačnou variantu zvolilo 10 % respondentů a možnost, že se měřítko nezmění 35 % respondentů. Zbýlých 5 % tázaných uvedlo, že neví (viz Obr. 41). Jak je zřejmé z výsledků dotazníkového šetření, tak většina respondentů, kteří zvolili v otázce č. 4 odpověď B (měřítko je platné pouze v úrovni grafického měřítka v mapovém poli) zvolila poté v otázce č. 5 také možnost B (měřítko se zmenšuje). Lze tedy konstatovat, že respondenti, kteří, vnímají nějakou změnu měřítka v pohledu, ji vnímají ve většině případů správně (tedy, že se měřítko s rostoucí vzdáleností pohledu zmenšuje).



Obr. 41 Podíl odpovědí respondentů na otázku č. 5 (změna měřítka se změnou vzdálenosti pohledu)

Následující otázka již konfrontovala respondenty přímo s návrhy měřítka. Byly jim nabídnuty čtyři varianty měřítka (přičemž jedna byla stejná jako u otázky č. 4, tedy běžné grafické měřítko) zobrazené na stejném pohledu dané vizualizace. Respondenti byli požádáni, aby vybrali variantu, která dle jejich názoru nejlépe vystihuje měřítko aktuálního pohledu na vizualizaci 3D modelu. Jak je zřejmé z níže uvedeného Obr. 42, tak za nejvíce vhodnou variantu měřítka byla označena ta na Obr. C, kterou vybralo 60 % respondentů. Zbylé varianty byly vybrány jen zlomkem uživatelů (viz Obr. 42). Lze tedy konstatovat, že pro většinu tázaných uživatelů je nejsrozumitelnější vyjádření změny měřítka v pohledu na vizualizaci skrze dvě jednoduchá grafická měřítka s odlišnou délkou kroku zobrazená na protilehlých stranách mapového pole.



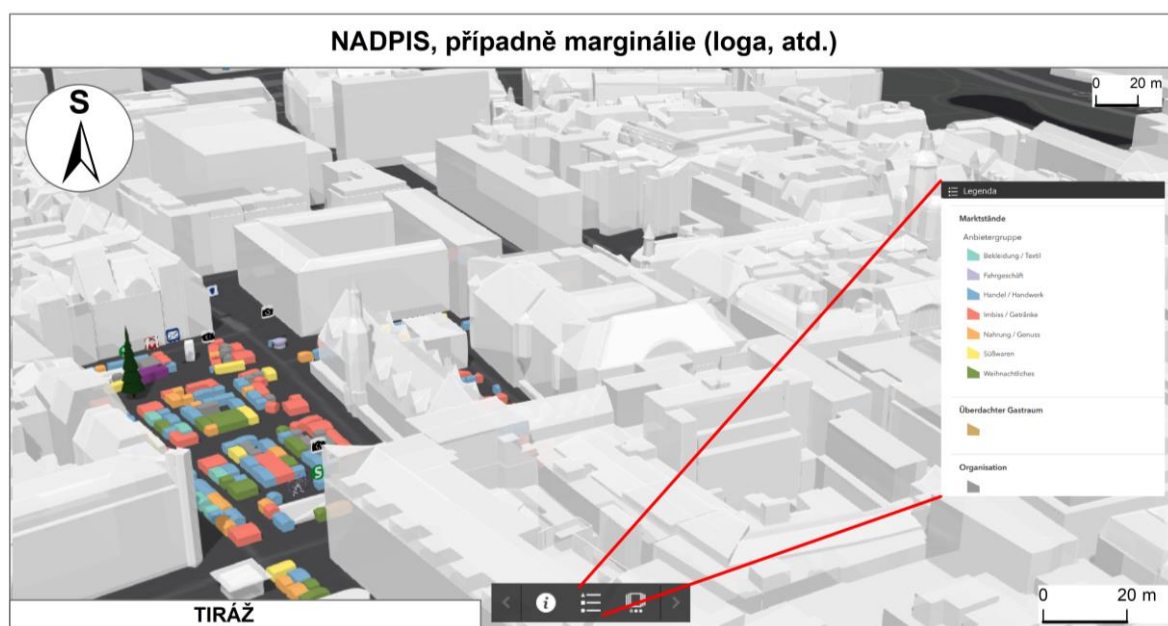
Obr. 42 Podíl odpovědí respondentů na otázku č. 6 (nejvhodnější návrh měřítka)

Na základě provedeného šetření lze konstatovat, že většina respondentů vnímala při konfrontaci s vizualizací 3D modelu (při statickém pohledu) změnu měřítka společně s rostoucí vzdáleností od čela pohledu. V případě, že respondenti tuto změnu rozpoznali, tak ji dokázali taktéž správně interpretovat a dokázali si odvodit směr, kterým se měřítko mění. Varianta navrženého zobrazení měřítka, která byla převážnou většinou respondentů označena za nejvíce výstižnou, se tak jeví jako nejvíce vhodná pro praktickou implementaci do vizualizací 3D modelů měst. Dle mého názoru se taktéž jedná o nejvhodnější variantu, ačkoli poměrně zjednodušenou. Nicméně při běžné práci s podobnými vizualizacemi se jeví daná varianta jako dostatečná, zvláště bude-li umožněno měření vzdáleností, které nabízí uživateli získat detailnější informace o vizualizovaných objektech. Otázkou však zůstává, zda bude možné danou variantu využít z hlediska výpočetní náročnosti.

## 11 NÁVRH IMPLEMENTACE KOMPOZIČNÍCH PRVKŮ DO VIZUALIZACE 3D MODELU

Ve výše uvedených kapitolách jsou popsány jednotlivé analyzované kompoziční prvky, tak jak byly identifikovány u výběrového souboru. Na základě zkušeností získaných provedenou analýzou a také na základě výsledků dotazníkového šetření týkajícího se měřítka, byla vytvořena teoretická ideální kompozice vizualizace 3D modelu města (viz Obr. 43). Jako vzor pohledu byl využit pohled na vizualizaci 3D modelu vánočních trhů v Lipsku (STADT LEIPZIG, 2018), kde je vhodně provedená legenda, která byla ve vytvořené ideální kompozici taktéž využita. Legenda, dle mého názoru, může být dostupná skrze jednoduchý ovládací panel, tak jak je uvedeno na Obr. 43. Právě ovládací panel je důležitý pro práci s vizualizací. Skrze něj má uživatel možnost zobrazit jednak legendu, ale také podrobnější informace o 3D modelu, stejně tak jako například nastavit stínování, atd.

Provedení směrovky je velmi variabilní (jak vyplývá z provedené analýzy), nicméně její zobrazení po celou dobu práce s vizualizací je nezbytné. Problematicke měřítka byla věnována celá kapitola (viz kapitola 10 NÁVRH MĚŘÍTKA U VIZUALIZACÍ 3D MODELUŮ MĚST). Jako nejvhodnější varianta byla identifikována dvě grafická měřítka zobrazená na protilehlých stranách mapového pole, čímž je vyjádřena změna měřítka ve vizualizaci. Nicméně ověření funkčnosti tohoto návrhu a jeho využití v praxi by vyžadovalo další výzkum. Umístění tiráže se jeví nejvhodnější v levém spodním rohu mapového pole, přičemž je vhodná její dynamičnost, tak jak je popsána v kapitole 9.4 Tiráž. Stejně tak umístění názvu je, dle mého názoru, nejvhodnější mimo samotné mapové pole, nicméně v ideálním případě nad ním. V případě vyplnění celého okna webového prohlížeče, nebo okna aplikace mapovým polem je možné zobrazit název dynamicky ve stejném významu jako u tiráže. Případně je možné uvést název vizualizovaného 3D modelu na webové stránce poskytovatele.



Obr. 43 Návrh ideální kompozice vizualizace 3D modelu města (upraveno podle: STADT LEIPZIG, 2018)

## 12 DISKUZE

Na základě analýzy 90 vizualizací 3D modelů měst, nebo velkých staveb a areálů si myslím, že celkově je u nich využití kompozičních prvků, tak jak jsou definovány pro 2D mapy, nedostatečné. K prvotní identifikaci mapy, respektive vizualizace 3D modelu, a k jeho místopisnému určení slouží název. Jak je uvedeno výše, tak název byl zobrazen u většiny analyzovaných vizualizací. Nicméně jeho provedení neodpovídá zásadám, které jsou definovány v českém prostředí. Jelikož se tato práce zabývá vizualizacemi 3D modelů ve virtuálním prostředí počítače (nikoli fyzickými 3D modely), tak je k diskuzi, zda je nezbytné, aby byl název daného modelu viditelný po celou dobu práce s jeho vizualizací. Ve většině případů jsou vizualizace 3D modelů přístupné skrze odkaz na webové stránce poskytovatele u kterého je uvedeno o jaký 3D model se jedná – tedy de facto název. Dle mého názoru je však vhodné, aby byl umístěn i v samotné vizualizaci, nebo alespoň v rámu ohraničující mapové pole. Název by mohl být dynamický, ve stejném smyslu jako tiráž u vizualizací 3D modelů poskytovaných v prostředí City Engine Web Viewer od ESRI nebo podobně jako název a další informace na serveru Mapy.cz. Uživatel, který se k vizualizaci dostane odlišnou cestou než přes webové stránky poskytovatele tak bude mít okamžitě k dispozici základní informace o vizualizovaném 3D modelu, ale přitom nebude tento kompoziční prvek omezovat uživatelský pohled.

Využití legendy, zejména tedy u vizualizací symbolizovaných 3D modelů, je dle mého názoru nezbytné. V případě, že se však jedná o jednoduché blokové modely budov, které nejsou jakkoli klasifikované (nemají přiřazeny žádný rozšiřující atribut) a je tedy zcela zřejmé, že se jedná o budovu je, dle mého názoru, možné legendu vynechat. Stejně tak u vizualizací fotorealistických 3D modelů, pokud nejsou doplněny dalšími symboly. Nicméně z analýzy vyplývá, že ve většině případů záleží na autorovi daného modelu (respektive vizualizace) a také na prostředí a programu, v němž je model publikován, zda je legenda využita a zda je to vůbec umožněno.

Asi nejpřekvapivějším výsledkem provedené analýzy bylo zcela absentující měřítko u drtivé většiny vizualizací. Zde si myslím, že umístění měřítka je stejně tak nezbytné u klasické 2D mapy, jako u vizualizace 3D modelu měst a budov. Je pravda, že uživatel má jisté povědomí o tom jak jsou běžné budovy, stromy a další prvky lokalizované ve městech vysoké, takže je schopen svou vlastní intuicí odhadnout jejich pravděpodobnou reálnou výšku jen na základě vlastní znalosti. Nicméně v případě vizualizace 3D modelu samostatně stojící budovy již nastává problém, protože uživatel není schopen porovnat její rozměry s okolím. I přes tento předpoklad, že uživatelé dedukují rozměry vizualizovaných 3D prvků na základě vlastní znalosti a vzájemné polohy všech prvků v modelu, si myslím, že je nezbytné implementovat do vizualizace nejlépe grafické měřítko. Jelikož bývají 3D modely vizualizovány perspektivně, tak by se jako nejideálnější řešení problematiky odlišného měřítka v čele pohledu a v jeho týlu nabízelo zobrazení dvou oddělených grafických měřítek pro obě části samostatně. Ostatně tento návrh byl označen respondenty v provedeném průzkumu jako nejvíce výstižný a dle mého názoru se také jedná o variantu, která je běžným uživatelům nejvíce srozumitelná (z návrhů řešení měřítka poskytnutých v průzkumu).

Vyjádření orientace bylo naopak u většiny analyzovaných modelů v pořádku. Jak je uvedené výše, tak orientace byla vždy vyjádřena směrovkou v různých variantách. Překvapila mne častá možnost nastavení slunečního svitu a tedy stínů vržených modelovanými objekty. Na základě provedené analýzy si myslím, že vyjádření orientace, směrovkou je dostačující. Možnost nastavení stínu je nicméně vizuálně atraktivní a uživatel může získat lepší představu o plastičnosti modelu.

Celkově lze na základě provedené analýzy konstatovat, že kvalita vizualizace 3D modelu a jeho doplnění o základní i nadstavbové kompoziční mapové prvky velmi záleží na jeho poskytovateli a programu, respektive webovém nástroji, v němž je zobrazena. Faktu, že se tímto nástrojem kartografické vizualizace pracuje pouze ve virtuálním prostředí počítače, odpovídá i forma některých kompozičních prvků. Největší odlišnost oproti klasické 2D mapě je v dynamičnosti směrovky, která se natáčí zároveň se změnou pohledu. Obdobná situace by měla být i u měřítka, nicméně jak je zmíněno výše, tak množství jeho využití bylo velmi nízké. Provedení tiráže je rovněž velmi variabilní, ale její odlišnost od klasické 2D mapy je poměrně nízká. V případě legendy jsem předpokládal zejména její dynamičnost v závislosti na prvcích zobrazených v aktuálním pohledu. Nicméně tato funkce nebyla využita a legenda tak svou formou odpovídá klasické 2D mapě pouze s tím rozdílem, že jsou v ní zobrazeny pouze 3D prvky a ne podkladová 2D data. Právě využití podkladových dat, zejména pak klasické 2D mapy, se jeví jako velmi vhodné, protože uživatel tak získá představu o prostorovém rozložení objektů díky třetí dimenzi (výšce – souřadnici z) a zároveň o poloze dalších prvků (zejména silnic a obecně liniových prvků).

Co se týče analyzovaného výběrového souboru vizualizací 3D modelů, tak nejvíce se navrhovanému ideálnímu řešení uvedenému na Obr. 43 blížily vizualizace poskytované na serveru ArcGis.com. Tyto vizualizace byly často doplněny legendou a všemi ostatními kompozičními prvky, mimo měřítka. Nicméně měřítka bylo identifikováno jen u 4 % výběrového souboru a v těchto vizualizacích chyběly zbylé, neméně důležité, kompoziční prvky. Bohužel tedy ani jedna vizualizace z výběrového souboru nesplňovala podmínky, které byly stanoveny pro ideální kompozici, jelikož v žádném z analyzovaných případů nebyla současně využita legenda i měřítka (u fotorealistického modelu je to v pořádku, stejně tak jako u jednoduchého symbolizovaného, nicméně u vizualizace klasifikovaného symbolizovaného 3D modelu by legenda měla být implementována).

## 13 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo provést analýzu stávajících vizualizací 3D modelů měst, případně větších areálů a budov, z hlediska mapových kompozičních prvků v nich využitých. Po shromáždění a analýze dat uvedených výše v této práci je možné vyslovit následující závěry. Vizualizace 3D modelů měst jsou dnes pro širokou veřejnost velmi dostupné. Jelikož jsem ve své práci analyzoval pouze vizualizace 3D modelů veřejně a bezplatně přístupné, tak pravděpodobně nelze níže uvedené závěry aplikovat na modely vytvořené na zakázku, které mohou mít jiné charakteristické znaky. Na základě analýzy lze konstatovat, že využití určitých kompozičních prvků je charakteristické pro dané webové servery a aplikace, které svým prostředím neumožňují uživateli přidávat či odebírat kompoziční prvky dle jeho přání. Jako příklad, kde u vizualizace 3D modelu téměř zcela chybí kompoziční prvky (vyjma mapového pole) jsou například servery 3D Warehouse nebo 3D CAD Browser. Na druhou stranu například server ArcGis.com má ve svých vizualizacích obsaženu většinu základních mapových kompozičních prvků.

Jak vyplývá z výše uvedeného textu, tak za nejdůležitější kompoziční prvky u vizualizací 3D modelů jsou považovány vyjádření orientace a měřítko. U symbolizovaných modelů, zejména těch klasifikovaných, navíc ještě legenda. Celkově lze tedy říci, že vyjádření orientace, vyjma vizualizací poskytovaných na výše zmíněných serverech, bylo dostatečné. Směrovka byla u většiny analyzovaného výběrového souboru samozřejmostí. Překvapivým zjištěním byl rozsah využití stínování, respektive nabízená variabilita jeho nastavení.

U vizualizací symbolizovaných 3D modelů je podstatné zobrazit legendu a to zejména jedná-li se o model klasifikovaný. Provedená analýza však zcela nepotvrdila tento předpoklad a podmínku, která vyplývá ze základní kartografické zásady, tedy že symboly (což 3D modely budov bez fasády jsou) zobrazené na mapě (v tomto případě v modelu) musí být zobrazeny v legendě. Zde je zřejmý nedostatek analyzovaných vizualizací. Jak je uvedeno v kapitole Diskuze, tak užití legendy je opodstatněné pouze u vizualizací 3D modelů, které jsou klasifikovány. Nicméně i v případě legendy jsou zřejmé difference mezi jednotlivými poskytovateli vizualizací. V převážné většině případů totiž byla legenda nalezena jen u vizualizací na serveru ArcGis.com. Uživatelsky přívětivější by pravděpodobně bylo vytvořit legendu dynamickou, tak aby v ní byly zobrazeny jen prvky aktuálně viditelné v uživatelském pohledu.

Nicméně největší problém je ve využití měřítka u vizualizací 3D modelů měst a dalších staveb. Jak vyplývá z provedené analýzy, tak měřítko bylo nalezeno jen u čtyř vizualizací z celého analyzovaného souboru. Jedinou možností uživatele jak zjistit měřítko modelu v aktuálním pohledu vizualizace je tedy pomocí měření vzdáleností. Právě nástroj měření vzdáleností byl do prostředí webových serverů a aplikací implementován mnohem častěji než klasické měřítko. Ač se tedy nejedná o mapový kompoziční prvek, tak byl do provedené analýzy zahrnut. Z provedeného průzkumu vyplývá, že nelepší variantou, jak vyjádřit změnu měřítka v uživatelském pohledu na danou vizualizaci je zobrazení dvou jednoduchých grafických měřítek na protilehlých stranách mapového pole.

Zbylé kompoziční prvky (název a tiráž), nejsou pro samotnou práci s vizualizací 3D modelu tak podstatné. Jejich využití u analyzovaného souboru bylo ale poměrně časté,

ačkoliv jejich zobrazení přímo ve vizualizaci není nezbytně nutné. Název a další informace jsou totiž často dostupné na stránce poskytovatele dané vizualizace, kterou ve většině případů uživatel také navštíví.

Největším přínosem této práce je mimo řešerši množství aktuálně dostupných vizualizací 3D modelů a analýzy v nich využitých kompozičních prvků právě provedený průzkum zabývající se měřítkem u vizualizací 3D modelů měst. Pokusil jsem se kriticky zhodnotit využití kompozičních prvků a také jejich přínos pro běžného uživatele. Díky analýze byly taktéž identifikovány problémy (např. chybějící měřítko), jejichž možné řešení jsem se následně pokusil navrhnout. V provedeném šetření byly návrhy řešení měřítka konfrontovány s respondenty, kteří vybrali nejvhodnější variantu. Nicméně ověření využitelnosti daného návrhu v praxi by vyžadovalo další výzkum a implementaci do již existujících modelů. Jelikož lze očekávat další rozvoj 3D technologie a také rozvoj využití vizualizací 3D modelů měst vzhledem k technologickému pokroku, tak je vhodné se nadále zabývat také kompozičními prvky a jejich teoretickým ukotvením.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

### Tištěné zdroje

ABDUL-RAHMAN, A., PILOUK, M. (2008): Spatial Data Modelling for 3D GIS. Springer Verlag Berlin-Heidelberg, Berlin, 289 s.

KRAAK, M., ORMELING, F.(2013): Cartography: visualisation of geospatial data. Routledge, Taylor & Francis Group, London, New York, 198 s.

LOIDOLD, M. (2008): Three-dimensional GIS. In Kemp, K. K.: Encyclopedia of Geographic Information Science.: SAGE Publications, Los Angeles, Calif, s. 470–474.

SMITH, S. L. (2003): Urban remote sensing: the use of LiDAR in the creation of physical urban models. In: Longley, P., Batty, M.: Advanced Spatial Analysis: the CASA book of GIS. ESRI Press, Redlands, s. 171–190.

VOŽENÍLEK, V., KAŇOK, J. a kol. (2011): Metody tematické kartografie. Vizualizace prostorových jevů. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 224 s.

WOOD, J., KIRSCHENBAUER, S., DÖLLNER, J., LOPES, A., BODUM, L. (2005): Using 3D Visualization. In: DYKES, J., MACEACHREN, A. M., KRAAK, M. J.: Exploring Geovisualization. Elsevier Ltd, Kidlington, s. 295–312.

### Elektronické zdroje

ALMEIDA, J. (2016): Is 3D cadastre really needed?. In: Geoconference of cadastre 4.0. FIG, Coimbra.

[https://www.fig.net/resources/proceedings/2016/2016\\_10\\_comm7/15\\_jpalmeida\\_ucoimbra.pdf.pdf](https://www.fig.net/resources/proceedings/2016/2016_10_comm7/15_jpalmeida_ucoimbra.pdf.pdf) (9. 12. 2018)

ANGSÜSSER, S., KUMKE, H. (2001): 3D Visualization of the Watzmann-Massif in Bavaria of Germany. Supplement Journal of Geographical Sciences, č. 11, s. 63–68. DOI: 10.1007/BF02837445

ARCHEOLOGICKÝ ÚSTAV AV ČR (2018): Archeologické 3D virtuální muzeum, <http://www.archaeo3d.com/> (10. 12. 2018)

ARTIMO, K. (1994): The Bridge between Cartographic and Geographic Information Systems. In: Maceachren, M. A., Taylor Frase, R. D.: Visualization in Modern Cartography. University of Technology, Helsinki, s. 45–61. <https://books.google.cz/books?id=3cPBAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=cs#v=onepage&q&f=false> (31. 1. 2019)

BANDROVA, T (2001): Designing of symbol system for 3D city maps. Rigorózní práce, University of Architecture, Sofia. [https://icaci.org/files/documents/ICC\\_proceedings/ICC2001/icc2001/file/f08012.pdf](https://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2001/icc2001/file/f08012.pdf) (31. 1. 2019)

BANDROVA, T., BONCHEV, S. (2013): 3D Maps – Scale, Accuracy, Level of Detail. In: Proceedings of the 26th International Cartographic Conference Dresden, 16 s.. [https://www.researchgate.net/publication/311375505\\_3D\\_Maps\\_-\\_Scale\\_Accuracy\\_Level\\_of\\_Detail](https://www.researchgate.net/publication/311375505_3D_Maps_-_Scale_Accuracy_Level_of_Detail) (31. 1. 2019)

- BLEISCH, S. (2012): 3D Geovisualization – Definition and Structures for the Assessment of Usefulness. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 1, č. 2, s. 129–134. DOI: 10.5194/isprsannals-I-2-129-2012
- BRYCHTOVÁ, A. (2010): Automatická interaktivní 3D vizualizace digitálních dat. Magisterská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 55 s. <https://docplayer.cz/11661516-Automaticka-interaktivni-3d-vizualizace-digitalnich-dat.html> (28. 1. 2019)
- ČESKÁ KOMORA ZEMĚMĚŘIČŮ (2015): Katastr ve 3D?, <http://www.kgk.cz/753/katastr-ve-3d/> (22. 4. 2019)
- DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (2019): Potential MSc topics, <https://3d.bk.tudelft.nl/education/msctopics/> (22. 4. 2019)
- DUŠEK, R., MIŘIJOVSKÝ, J. (2009): Vizualizace prostorových dat: chaos v dimenzích. *Geografie*, 114, č. 3, s. 169–178. <https://anzdoc.com/vizualizace-prostorovych-dat-chaos-v-dimenzich.html> (3. 12. 2018)
- FILA, M. (2017): Fotorealistické a symbolizované 3D modely v kartografii. Bakalářská práce, Masarykova univerzita, Brno, 113 s. <https://is.muni.cz/th/g217s/> (31. 1. 2019)
- FLORIAN, M. (2016): Popis povrchu orné půdy s využitím stereofotogrammetrie. Diplomová práce, České vysoké učení technické v Praze, Praha, 106 s. [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/75884/F1-DP-2016-Florian-Martin-popis\\_povrchu\\_orne\\_pudy\\_s\\_vyuzitim\\_fotogrammetrie.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/75884/F1-DP-2016-Florian-Martin-popis_povrchu_orne_pudy_s_vyuzitim_fotogrammetrie.pdf?sequence=-1&isAllowed=y) (7. 4. 2019)
- G4D (2019): 3D mapy, <https://www.g4d.cz/digitalni-3d-modely/3d-mapy> (28. 4. 2019)
- HERMAN, L. (2011): Moderní kartografické metody modelování měst. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Brno, 109 s. [https://is.muni.cz/th/edmr7/herman\\_dp.pdf](https://is.muni.cz/th/edmr7/herman_dp.pdf) (15. 1. 2019)
- HERMAN, L. (2013): Vizualizace 3D modelů měst na webu. Rigorózní práce. Masarykova univerzita, Brno, 160 s. <https://is.muni.cz/th/ci12f?info=1;zpet=%2Fvyhledavani%2F%3Fsearch%3DHerman%20Luk%C3%A1%20agenda:th%26start%3D1> (30. 1. 2019)
- JENNY, H. M. (2011): Geometric design alternatives for computer-generated 3D maps inspired by hand-painted panoramas. Rigorózní práce, ETH Zürich, 84 s. <https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/43493> (31. 1. 2019)
- KARKI, S. (2013): 3D Cadastre Implementation Issues in Australia. Disertační práce. University of Southern Queensland, 149 s. [https://www.researchgate.net/publication/243458151\\_3D\\_Cadastre\\_Implementation\\_Issue\\_s\\_in\\_Australia](https://www.researchgate.net/publication/243458151_3D_Cadastre_Implementation_Issue_s_in_Australia) (9. 12. 2018)
- KOCAMAN, S., ZHANG, L., GRUEN, A., POLI, D. (2006): 3D city modeling from high-resolution satellite images. In: Workshop on Topographic Mapping from Space, ISPRS, Ankara. [https://www.researchgate.net/publication/228908946\\_3D\\_city\\_modeling\\_from\\_high-resolution\\_satellite\\_images](https://www.researchgate.net/publication/228908946_3D_city_modeling_from_high-resolution_satellite_images) (6. 12. 2018)
- MACEACHREN, A. M., KRAAK, M. J. (2001): Research Challenges in Geovisualization. *Cartography and Geographic Information Science*, 28, č. 1, s. 3–12.

- <https://www.researchgate.net/publication/313573280> Research challenges in geovisualization *Cartography Geograph* (31. 1. 2019)
- MIKITA, T. (2014): Letecké laserové skenování, Využití GIS a DPZ pro krajinné inženýrství přednáška č. 8, [http://uhulag.mendelu.cz/files/pagesdata/cz/vgdp/vgdp\\_gis4.pdf](http://uhulag.mendelu.cz/files/pagesdata/cz/vgdp/vgdp_gis4.pdf) (8. 12. 2018)
- MMR ČR (2015): Metodika Konceptu inteligentních měst, [https://www.dotaceeu.cz/getmedia/9c597c78-8651-43a8-8d94-bc9f19da74c5/TB930MMR001\\_Metodika-konceptu-Inteligentnich-mest-2015.pdf](https://www.dotaceeu.cz/getmedia/9c597c78-8651-43a8-8d94-bc9f19da74c5/TB930MMR001_Metodika-konceptu-Inteligentnich-mest-2015.pdf) (7. 4. 2019)
- NOAA (2018): What is LIDAR?, <https://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html> (6. 12. 2018)
- NURMINEN, A., OULASVIRTA, A. (2008): Designing Interactions for Navigation in 3D Mobile Map. In: Meng, L., Zipf, A., Winter, S. (eds.): *Map-based Mobile Services: Design, Interaction and Usability*. Springer, London, s. 198–224. [https://pdfs.semanticscholar.org/69af/df8d44cc72c64d1cc2f7cc28a3821ac89d25.pdf?\\_ga=2.108351617.2056541223.1541623227-1514728201.1541623227](https://pdfs.semanticscholar.org/69af/df8d44cc72c64d1cc2f7cc28a3821ac89d25.pdf?_ga=2.108351617.2056541223.1541623227-1514728201.1541623227) (7. 11. 2018)
- PEGG, D. (2012): Design Issues with 3D Maps and the Need for 3D Cartographic Design Principles, <http://lazarus.elte.hu/cet/academic/pegg.pdf> (31. 1. 2019)
- PRAVDA, J., KUSEDOVÁ, D. (2004): Počítačová tvorba tematických map. Univerzita Komenského, Bratislava, 264 s. [http://www.humannageografia.sk/clanky/PTM\\_preprint\\_all.pdf](http://www.humannageografia.sk/clanky/PTM_preprint_all.pdf) (5. 12. 2018)
- RUSSNÁK, J. (2012): 3D model Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity. Diplomová práce, Masarykova univerzita, Brno, 78 s. [https://is.muni.cz/th/223112/prif\\_m](https://is.muni.cz/th/223112/prif_m) (30. 1. 2019)
- RYBÁKOVÁ, H. (2010): 3D modely a jejich využití pro modelování městského klimatu (na příkladu města Brna). Diplomová práce. Masarykova univerzita, Brno, 74 s. [https://is.muni.cz/th/dxfvf/Diplomova\\_prace.pdf](https://is.muni.cz/th/dxfvf/Diplomova_prace.pdf) (9. 12. 2018)
- SEMMO, A., TRAPP, M., KYPRIANIDIS, J., DÖLLNER, J. (2012): Interactive Visualization of Generalized Virtual 3D City Models using Level-of-Abstraction Transitions. *Computer Graphics Forum*, 31, č. 3, s. 885–894. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8659.2012.03081.x>
- SHIODE, N. (2001): 3D urban models: Recent developments in the digital modelling of urban environments in three-dimensions. *GeoJournal*, 52, č. 3, s. 263–269. DOI: 10.1023/A:1014276309416
- SPAR 3D (2017): What Does 3D Data Have to do with Smart Cities?, <https://www.spar3d.com/news/education-events/conferences/3d-data-smart-cities/> (7. 4. 2019)
- TENCER, T. (2012): LiDAR – Pořizování 3D dat, [https://is.muni.cz/el/1421/podzim2012/AEA\\_73/Tencer - LiDAR - Porizovani 3D dat.pdf](https://is.muni.cz/el/1421/podzim2012/AEA_73/Tencer_-_LiDAR_-_Porizovani_3D_dat.pdf) (7. 4. 2019)
- TERMINOLOGICKÁ KOMISE ČÚZK (2019): Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí, [http://www.vugtk.cz/slovník/index.php?jazykova\\_verze=cz](http://www.vugtk.cz/slovník/index.php?jazykova_verze=cz) (31. 1. 2019)

TOPGIS (2019): Specializované služby, <https://www.topgis.cz/cs/specializovane-sluzby/> (29. 4. 2019)

WALENCIAK, G., STOLLBERG, B., NEUBAUER, S., ZIPF, A. (2008): Extending Spatial Data Infrastructures 3D by Geoprocessing Functionality. In: International Conference on Advanced Geographic Information Systems & Web Services. IEEE, Cancun. DOI: 10.1109/GEOWS.2009.16

## ZDROJE VIZUALIZACÍ 3D MODELŮ

### Fotorealistické 3D modely

3D CAD BROWSER (2009): Cincinnati City 3D Model, <https://www.3dcadbrowser.com/3d-model/cincinnati-city> (6. 4. 2019)

3D CAD BROWSER (2013a): Paris City (France) 3D Model, <https://www.3dcadbrowser.com/3d-model/paris-city-france> (5. 4. 2019)

3D CITY DB (2018a): [https://www.3dcitydb.org/3dcitydb-web-map/1.7/3dwebclient/index.html?title=Berlin\\_Demo&batchSize=1&latitude=52.517479728958044&longitude=13.411141287558161&height=534.3099172951087&heading=345.2992773976952&pitch=-44.26228062802528&roll=359.933888621294&layer\\_0=url%3Dhttps%253A%252F%252Fwww.3dcitydb.org%252F3dcitydb%252Ffileadmin%252Fmydata%252FBerlin\\_Demo%252FBerlin\\_Buildings\\_rgbTexture\\_ScaleFactor\\_0.3%252FBerlin\\_Buildings\\_rgbTexture\\_collada\\_MasterJSON.json%26name%3DBrlin\\_Buildings\\_rgbTexture%26active%3Dtrue%26spreadsheetUrl%3Dhttps%253A%252F%252Fwww.google.com%252Fusiontables%252FDataSource%253Fdocid%253D19cuclDgIHMqrRQyBwLEztMLeGzP83IBWfEtKQA3B%2526pli%253D1%2523rows%253Aid%253D1%26cityobjectsJsonUrl%3D%26minLodPixels%3D100%26maxLodPixels%3D1.7976931348623157e%252B308%26maxSizeOfCachedTiles%3D200%26maxCountOfVisibleTiles%3D200](https://www.3dcitydb.org/3dcitydb-web-map/1.7/3dwebclient/index.html?title=Berlin_Demo&batchSize=1&latitude=52.517479728958044&longitude=13.411141287558161&height=534.3099172951087&heading=345.2992773976952&pitch=-44.26228062802528&roll=359.933888621294&layer_0=url%3Dhttps%253A%252F%252Fwww.3dcitydb.org%252F3dcitydb%252Ffileadmin%252Fmydata%252FBerlin_Demo%252FBerlin_Buildings_rgbTexture_ScaleFactor_0.3%252FBerlin_Buildings_rgbTexture_collada_MasterJSON.json%26name%3DBrlin_Buildings_rgbTexture%26active%3Dtrue%26spreadsheetUrl%3Dhttps%253A%252F%252Fwww.google.com%252Fusiontables%252FDataSource%253Fdocid%253D19cuclDgIHMqrRQyBwLEztMLeGzP83IBWfEtKQA3B%2526pli%253D1%2523rows%253Aid%253D1%26cityobjectsJsonUrl%3D%26minLodPixels%3D100%26maxLodPixels%3D1.7976931348623157e%252B308%26maxSizeOfCachedTiles%3D200%26maxCountOfVisibleTiles%3D200) (5. 4. 2019)

ARCGISTEAM 3D CITIES (2013a): Downtown Montreal, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=05ef92b43d2c4e81b6c79924b8b8b204> (6. 4. 2019)

BARI, F. (2013): Landratsamt Sigmaringen mit Erweiterungsbau – Modellsimulation, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=365183c3c8f64953bd8adc4a99a75131> (6. 4. 2019)

BERGMANN GIS (2013): COR\_DEV\_MidtownSite\_assessedvalue, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=6a6a80fa546c49f1920f0c8fa65506ac> (6. 4. 2019)

BERGMANN GIS (2014): University Of Rochester Campus, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=3c05337b752544c1a2364aa7b8de9346> (6. 4. 2019)

BUSINESS LOCATION CENTER (2018): Berlin 3D, <https://www.businesslocationcenter.de/berlin3d-downloadportal/#/> (5. 4. 2019)

CAMPUS BASEMAP & APPS (2014): 3D Visualization Model of Meyer Library, Stanford University, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=3cd8d35047374b1a908cf6c94ce90fbc> (6. 4. 2019)

CITYENGINE (2012a): Desert City, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=d80ef4549f9a4ce4a4a4ab6a9a847035> (5. 4. 2019)

- CITYENGINE (2012b): Venice look-alike, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=11ea2dc63caf470f89bb0f3986ae91cd> (5. 4. 2019)
- CITYENGINE (2012c): Philadelphia Redevelopment, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=86f88285788a4c53bd3d5dde6b315dfe> (6. 4. 2019)
- CITYENGINE (2013a): Example Paris, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=9557b3fce8194c61a590311ea91ed8ff> (5. 4. 2019)
- CITYENGINE (2013b): Redlands Redevelopment - Before and After, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=5decd1f743784086ab3c30553ed385ae> (5. 4. 2019)
- DEMO TEAM APUC 2015 (2014): 3D Model Park Phasicharoen District in Thailand, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=555b644d5a584695a0ce3133f9ee3bb8> (6. 4. 2019)
- ESRI (2019a): Montreal 3D, <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=633bf789c20a4e788e35a4c292ca0f86> (6. 4. 2019)
- ESRI (2019b): Wellington City 3D Viewer, <https://wcc.maps.arcgis.com/apps/webappviewer3d/index.html?id=535397a9276d4f56abeddbf22a189581> (6. 4. 2019)
- ESRI (2019c): <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?layers=399c14ff7f0a4fa0b58ae2c5b4e993fd> (6. 4. 2019)
- ESRI TRAINING SERVICES (2013): 3D City Model of Honolulu, Hawaii, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=87e11d6a405b45a494cce63334305ba5> (6. 4. 2019)
- FIELD, K. (2013): JFinteraKtive, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=16ab93ddf4f647709040df70ce4f70d4> (6. 4. 2019)
- HELSINGIN KAUPUNKI (2019a): HELSINKY<sup>3D+</sup>, <https://kartta.hel.fi/3d/#/> (5. 4. 2019)
- JAN KNOPP (2014a): Ekonomicko-správní fakulta Masarykovy univerzity, <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/c29817f7d32a13bc9b3ba60850c87cc8/Ekonomicko-spr%C3%A1vn%C3%AD-fakulta-Masarykovy-univerzity> (5. 4. 2019)
- JAN KNOPP (2014b): Katedrála svatého Petra a Pavla, <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/76f593cda2815d0abe33a9ddbfa33820/Katedr%C3%A1la-svat%C3%A9ho-Petra-a-Pavla> (5. 4. 2019)
- KREMER, P. (2018): Villanova University - Proposed Green Space Project (Philadelphia, PA), <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=c8c3f81ccf06430c9f48092664e15c16> (6. 4. 2019)
- LANDESHAUPTSTADT WIESBADEN (2019): Landeshauptstadt WiesbadenLuftbilder und 3D-Stadtmodell Wiesbaden, <https://wiesbaden.virtualcitymap.de/#/> (5. 4. 2019)

LORNET-DESIGN (2011): Dijon 3D, <http://dijon.tourisme-3d.com/dijon-3d/dijon3d.xhtml> (6. 4. 2019)

MADMUCHO (2014): Budova VŠE Praha, Česká republika, <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/61bef177e55ad864eeca419c47ed6cea/Budova-V%C5%A0E-Praha-%C4%8Cesk%C3%A1-republika> (5. 4. 2019)

MAPY.CZ (2019): Olomouc, <https://mapy.cz/zakladni?x=17.2525606&y=49.5988741&z=19&m3d=1&height=181&yaw=79&pitch=-34&source=muni&id=1> (6. 4. 2019)

MAREN, G. (2016): Realistic Local Government Scene, Naperville, <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=5c46d79a42e34599ad60618bf07242c8> (6. 4. 2019)

ORINA, F. (2014): 3D city engine model, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=ef313db1db354a92bedc84e3b47b9bec> (5. 4. 2019)

PEZ, N. (2016): SketchUp's Largest City: Part 1 (Read Description), <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/dcf5c19febbcd702ea8e730e87f7fabb/SketchUps-Largest-City-Part-1-Read-Description> (6. 4. 2019)

RWAKA, M. (2015): Down Town Kigali City, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=dfea33abd1f94d56a34c132144eae7d1> (6. 4. 2019)

STADT SOEST (2019): 3D-Stadtmodell der Stadt Soest, <https://soest.virtualcitymap.de/#/> (6. 4. 2019)

SVOBODA, B. (2014): Fakulta managementu, <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/75ff848ff29ae91930c958db7102dba0/Fakulta-managementu> (5. 4. 2019)

TAYLOR, G. (2014): Raleigh North Carolina Esri & PCI Geomatics, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=7817d70be281454793d8d8af793b0a9e> (6. 4. 2019)

WITTNER, E. (2014a): Bahrain, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=2717e358ae8e4f5c976078f8e5953ef7> (6. 4. 2019)

### **Symbolizované 3D modely**

3D CAD BROWSER (2003): Houston Downtown 3D Model, <https://www.3dcadbrowser.com/3d-model/houston-downtown> (3. 4. 2019)

3D CAD BROWSER (2006a): City Philadelphia (Pennsylvania) 3D Model, <https://www.3dcadbrowser.com/3d-model/city-philadelphia-pennsylvania> (3. 4. 2019)

3D CAD BROWSER (2006b): City Washington (DC) 3D Model, <https://www.3dcadbrowser.com/3d-model/city-washington-dc> (3. 4. 2019)

3D CAD BROWSER (2007): Madrid City Part 3D Model, <https://www.3dcadbrowser.com/3d-model/madrid-city-part> (3. 4. 2019)

3D CAD BROWSER (2008): Ciudad Del Puerto Free 3D Model, <https://www.3dcadbrowser.com/3d-model/ciudad-del-puerto> (3. 4. 2019)

3D CAD BROWSER (2011): City of Detroit 3D Model, <https://www.3dcadbrowser.com/3d-model/city-of-detroit> (3. 4. 2019)

3D CAD BROWSER (2013b): City of Vancouver (Canada) 3D Model, <https://www.3dcadbrowser.com/3d-model/city-of-vancouver-canada> (3. 4. 2019)

3D CITY DB (2018b): [https://www.3dcitydb.org/3dcitydb-web-map/1.6.1/3dwebclient/index.html?gltf\\_version=0.8&title=Vorarlberg\\_Demo&batchSize=3&shadows=true&terrainShadows=true&latitude=47.288913149073984&longitude=9.65972922608497&height=623.8773054518235&heading=48.190421339126175&pitch=-10.895720915179057&roll=0.14569438576348492&layer\\_0=url%3Dhttps%253A%252F%252Fwww.3dcitydb.net%252F3dcitydb%252Ffileadmin%252Fmydata%252FVorarlberg\\_Demo%252FVorarlberg\\_Gebaeude\\_glTF%252FBuilding\\_glTF\\_default\\_appearance\\_300m\\_MasterJSON.json%26name%3DVorarlberg\\_Buildings%26active%3Dtrue%26spreadsheetUrl%3Dhttps%253A%252F%252Fwww.google.com%252Ffusiontables%252FDataSource%253Fdocid%253D11aFt5TBOP2cIp\\_x4oFmgXWLyhRHhhZFYHbUdHuZ5%2523rows%253Aid%253D1%26cityobjectsJsonUrl%3Dhttps%253A%252F%252Fwww.3dcitydb.net%252F3dcitydb%252Ffileadmin%252Fmydata%252FVorarlberg\\_Demo%252FVorarlberg\\_Gebaeude\\_glTF%252FBuilding\\_glTF\\_default\\_appearance\\_300m.json%26minLodPixels%3D140%26maxLodPixels%3D1.7976931348623157e%252B308%26maxSizeOfCachedTiles%3D200%26maxCountOfVisibleTiles%3D200&terrain=name%3DVorarlberg\\_DTM%26iconUrl%3Dhttps%253A%252F%252Fcdn.flaggenplatz.de%252Fmedia%252Fcatalog%252Fproduct%252Fall%252F4489b.gif%26tooltip%3DDigital%2520Terrain%2520Model%2520of%2520Vorarlberg%26url%3Dhttps%253A%252F%252Fwww.3dcitydb.de%252F3dcitydb%252Ffileadmin%252Fmydata%252FVorarlberg\\_Demo%252FVorarlberg\\_DTM](https://www.3dcitydb.org/3dcitydb-web-map/1.6.1/3dwebclient/index.html?gltf_version=0.8&title=Vorarlberg_Demo&batchSize=3&shadows=true&terrainShadows=true&latitude=47.288913149073984&longitude=9.65972922608497&height=623.8773054518235&heading=48.190421339126175&pitch=-10.895720915179057&roll=0.14569438576348492&layer_0=url%3Dhttps%253A%252F%252Fwww.3dcitydb.net%252F3dcitydb%252Ffileadmin%252Fmydata%252FVorarlberg_Demo%252FVorarlberg_Gebaeude_glTF%252FBuilding_glTF_default_appearance_300m_MasterJSON.json%26name%3DVorarlberg_Buildings%26active%3Dtrue%26spreadsheetUrl%3Dhttps%253A%252F%252Fwww.google.com%252Ffusiontables%252FDataSource%253Fdocid%253D11aFt5TBOP2cIp_x4oFmgXWLyhRHhhZFYHbUdHuZ5%2523rows%253Aid%253D1%26cityobjectsJsonUrl%3Dhttps%253A%252F%252Fwww.3dcitydb.net%252F3dcitydb%252Ffileadmin%252Fmydata%252FVorarlberg_Demo%252FVorarlberg_Gebaeude_glTF%252FBuilding_glTF_default_appearance_300m.json%26minLodPixels%3D140%26maxLodPixels%3D1.7976931348623157e%252B308%26maxSizeOfCachedTiles%3D200%26maxCountOfVisibleTiles%3D200&terrain=name%3DVorarlberg_DTM%26iconUrl%3Dhttps%253A%252F%252Fcdn.flaggenplatz.de%252Fmedia%252Fcatalog%252Fproduct%252Fall%252F4489b.gif%26tooltip%3DDigital%2520Terrain%2520Model%2520of%2520Vorarlberg%26url%3Dhttps%253A%252F%252Fwww.3dcitydb.de%252F3dcitydb%252Ffileadmin%252Fmydata%252FVorarlberg_Demo%252FVorarlberg_DTM) (7. 4. 2019)

3D CITY DB (2019): [http://www.3dcitydb.net/3dcitydb-web-map/1.2/3dwebclient/index.html?title=NYC\\_Demo\\_LoD1&shadows=false&terrainShadows=NaN&latitude=40.74385668318037&longitude=-73.98782132778322&height=542.6029318069073&heading=211.73242844659023&pitch=-58.51727715936052&roll=359.8093183694443&layer\\_0=url%3Dhttp%253A%252F%252Fwww.3dcitydb.net%252F3dcitydb%252Ffileadmin%252Fmydata%252FCesium\\_NYC\\_Demo%252FNYK\\_Building\\_Extruded%252FNYK\\_Building\\_Extruded\\_MasterJSON\\_NoJSONP.json%26name%3DNYC\\_Buildings%26active%3Dtrue%26spreadsheetUrl%3Dhttps%253A%252F%252Fwww.google.com%252Ffusiontables%252FDataSource%253Fdocid%253D1ivFBfqsнкv5OlvkQUybgfOSjIz\\_u9\\_98\\_mmJVUss%2523rows%253Aid%253D1%26cityobjectsJsonUrl%3D%26minLodPixels%3D140%26maxLodPixels%3D1.7976931348623157e%252B308%26maxSizeOfCachedTiles%3D200%26maxCountOfVisibleTiles%3D200&layer\\_1=url%3Dhttp%253A%252F%252Fwww.3dcitydb.net%252F3dcitydb%252Ffileadmin%252Fmydata%252FCesium\\_NYC\\_Demo%252FNYK\\_Street\\_Footprint%252FNYK\\_Street\\_Footprint\\_MasterJSON\\_NoJSONP.json%26name%3DNYC\\_Streets%26active%3Dtrue%26spreadsheetUrl%3Dhttps%253A%252F%252Fwww.google.com%252Ffusiontables%252Fdata%253Fdocid%253D1qLk\\_S4yxma0MIILmISc8DdLn\\_NdhrFb78](http://www.3dcitydb.net/3dcitydb-web-map/1.2/3dwebclient/index.html?title=NYC_Demo_LoD1&shadows=false&terrainShadows=NaN&latitude=40.74385668318037&longitude=-73.98782132778322&height=542.6029318069073&heading=211.73242844659023&pitch=-58.51727715936052&roll=359.8093183694443&layer_0=url%3Dhttp%253A%252F%252Fwww.3dcitydb.net%252F3dcitydb%252Ffileadmin%252Fmydata%252FCesium_NYC_Demo%252FNYK_Building_Extruded%252FNYK_Building_Extruded_MasterJSON_NoJSONP.json%26name%3DNYC_Buildings%26active%3Dtrue%26spreadsheetUrl%3Dhttps%253A%252F%252Fwww.google.com%252Ffusiontables%252FDataSource%253Fdocid%253D1ivFBfqsнкv5OlvkQUybgfOSjIz_u9_98_mmJVUss%2523rows%253Aid%253D1%26cityobjectsJsonUrl%3D%26minLodPixels%3D140%26maxLodPixels%3D1.7976931348623157e%252B308%26maxSizeOfCachedTiles%3D200%26maxCountOfVisibleTiles%3D200&layer_1=url%3Dhttp%253A%252F%252Fwww.3dcitydb.net%252F3dcitydb%252Ffileadmin%252Fmydata%252FCesium_NYC_Demo%252FNYK_Street_Footprint%252FNYK_Street_Footprint_MasterJSON_NoJSONP.json%26name%3DNYC_Streets%26active%3Dtrue%26spreadsheetUrl%3Dhttps%253A%252F%252Fwww.google.com%252Ffusiontables%252Fdata%253Fdocid%253D1qLk_S4yxma0MIILmISc8DdLn_NdhrFb78)

[4Mwizas%2523rows%253Aid%253D1%26cityobjectsJsonUrl%3D%26minLodPixels%3D140%26maxLodPixels%3D1.7976931348623157e%252B308%26maxSizeOfCachedTiles%3D200%26maxCountOfVisibleTiles%3D200&layer\\_2=url%3Dhttp%253A%252F%252Fwww.3dcitydb.net%252F3dcitydb%252Ffileadmin%252Fmydata%252FCesium\\_NYC\\_Demo%252FNYK\\_Landuse\\_Footprint%252FNYK\\_Landuse\\_Footprint\\_MasterJSON\\_NoJSONP.json%26name%3DNYC\\_Lots%26active%3Dtrue%26spreadsheetUrl%3Dhttps%253A%252F%252Fwww.google.com%252Ffusiontables%252Fdata%253Fdocid%253D1cdvru7oiJIm0Us4Lgt-](http://www.3dcitydb.net/3dcitydb/fileadmin/mydata/Cesium_NYC_Demo/FNYK_Landuse_Footprint/FNYK_Landuse_Footprint_MasterJSON_NoJSONP.json?name=3DNYC_Lots&active=3Dtrue&spreadsheetUrl=https://www.google.com/fusiontables/data?docid=3D1cdvru7oiJIm0Us4Lgt-KYndNvGYcHjefYaTK_nK4)

[KYndNvGYcHjefYaTK\\_nK4%2523rows%253Aid%253D1%26cityobjectsJsonUrl%3D%26minLodPixels%3D140%26maxLodPixels%3D1.7976931348623157e%252B308%26maxSizeOfCachedTiles%3D200%26maxCountOfVisibleTiles%3D200](http://www.3dcitydb.net/3dcitydb/fileadmin/mydata/Cesium_NYC_Demo/FNYK_Landuse_Footprint/FNYK_Landuse_Footprint_MasterJSON_NoJSONP.json?name=3DNYC_Lots&active=3Dtrue&spreadsheetUrl=https://www.google.com/fusiontables/data?docid=3D1cdvru7oiJIm0Us4Lgt-KYndNvGYcHjefYaTK_nK4) (7. 4. 2019)

3DNATURE (2019): <https://3dnature.com/sx/gekmlkmz/Fairplay.kmz> (3. 4. 2019)

ARCGISTEAM 3D CITIES (2013b): Portland, OR, Zoning Regulations visualized using CityEngine and the 3D urban information model, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=231ff48ef82a417c8652b1f4bbc56c2c> (7. 4. 2019)

ARCGISTEAM 3D CITIES (2013c): Portland - City Analysis, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=d1e1985f58cc453694f06250243d0da4> (3. 4. 2019)

BRIGMON, N. (2014): HCT Project Connect - South Austin Pilot, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=f0f80edbd01f4c0ea38b5140b75da671> (3. 4. 2019)

BUSINESS LOCATION CENTER (2019): Berlin Economic Atlas, <https://www.businesslocationcenter.de/wab/maps/main/#/legendsView> (7. 4. 2019)

CITYENGINE (2012d): LA Metro, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=2e71f229901a401c9a73560975a144e7> (3. 4. 2019)

CITYENGINE (2013c): 3D Zoning Validation - Queenstown, New Zealand, <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=cc457068075445f5adf585273dc9a82f> (7. 4. 2019)

CITYENGINE (2013d): Tutorial 03 Map Control, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=901943ac3aad42d98bab0d64dc5c6023> (3. 4. 2019)

CITYENGINE (2013e): Tutorial 04 Import Streets Sesame12, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=22781e33761f4415a8882a58d13f40ed> (3. 4. 2019)

ESRI (2019d): Calculate Solar Radiation, <http://statelocaltryit.maps.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=40786815e70246cd8598a938a003569a> (7. 4. 2019)

ESRI (2019e): Basic Local Government Screen, <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=78458eb94df04cb7b7ce876ba3ee7caf> (7. 4. 2019)

ESRI (2019f): Schematic Local Government Screen, <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=885708b7f6bb4eb3b3f4502929f2eb6c> (7. 4. 2019)

ESRI (2019g): Düsseldorf & Wulfrath Germany LiDAR, <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=89c1e9a238bf45beb6afa4d8e50ab4c2> (7. 4. 2019)

ESRI (2019h): Visualize New Developments, <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=19dcff93eeb64f208d09d328656dd492> (7. 4. 2019)

ESRI (2019i): New Developments by esri\_3d (js sample) - Scenario A only, <http://solutions-live.maps.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=51c67be4a5ea4da6948a40210ddf1a> (7. 4. 2019)

ESRI (2019j): <http://3dcities.maps.arcgis.com/apps/webappviewer3d/index.html?id=c8caf6a9ba36442387e498e549b0f1a4> (7. 4. 2019)

ESRI (2019k): 3D Cities (RD), <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=f243e81e556a40b39f9279bc5e77a869> (7. 4. 2019)

ESRI (2019l): San Francisco Styled, <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=85cbe6113ce64edca7696c6104481b87> (7. 4. 2019)

ESRI (2019m): Lyon\_3D\_Lidar\_Classified, <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=75ac8f098534449b89da106d89273d3e> (7. 4. 2019)

ESRI (2019n): <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?layers=e9502ef203c74d6b98c7fd5cf7a092a1> (7. 4. 2019)

ESRI (2019o): Linz, Austria Scene, <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=6c7a0d4f03d2444fb1f4fa9e85a96044> (7. 4. 2019)

ESRI (2019p): <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?layers=ad9b99f24b2b43b8b1c8f87c677ff147> (7. 4. 2019)

ESRI (2019q): City of St. Louis 3D, <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=cdf7b9d41f1440068543cce2bb62ce7a> (7. 4. 2019)

ESRI (2019r): Análisis 3D en la planificación urbanística, <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=efedfac435df40019c5e0674d2672aeb> (7. 4. 2019)

- ESRI (2019s): Grand-Lyon - 3D - Cadastre Solaire, <http://solutions-live.maps.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=0ad078dd2e554147b15d8b33cfc06163> (7. 4. 2019)
- ESRI (2019t): Harvard University Scene, <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=76ffb1a9e26b4602a04c209146bf2cd3> (3. 4. 2019)
- ESRI (2019u): NRW 3D Open Data – Köln, <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=f55040b5d81f40e291c9739477fdb7b7> (3. 4. 2019)
- ESRI (2019v): <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?layers=04ee9a6aaf4947379bee15148dd918d3> (3. 4. 2019)
- ESRI (2019w): New Orleans 3D Buildings, <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=782185332d40456a9e1ea26be42749e5> (3. 4. 2019)
- ESRI (2019x): <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?layers=6eae073a11c944ce846b70999446ef7c> (3. 4. 2019)
- ESRI (2019y): <http://www.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?layers=b3112e1a82734a12b493c274754ca834> (3. 4. 2019)
- GEODIS BRNO (2019): Centrum Prahy z ptací perspektivy, <http://wgp.urm.cz/pixoview/#x=-743291.5@y=-1043332.375@z=4@l=011111@o=n> (7. 4. 2019)
- GEOPOZ (2019): Poznań - Model 3D, <http://sip.poznan.pl/model3d/#/> (3. 4. 2019)
- HARTLEY, E. (2015): CyberCity3D Chicago Demo, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=7780b1a4eb06454388d18d2b2f668b76> (3. 4. 2019)
- HELSINGIN KAUPUNKI (2019b): Solar Energy Potential, <https://kartta.hel.fi/3d/solar/#/> (7. 4. 2019)
- KING'S COLLEGE LONDON (2018): 3-D Map of Air Pollution in London, <http://www.londonair.org.uk/london/asp/virtualmaps.asp?view=maps> (3. 4. 2019)
- PUBLICADOR PREFEITURA (2015): Mapa 3D da Comunidade do Borel, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=51c5f4d3931f4d58b4e82052b38ea297> (3. 4. 2019)
- SCENEJS (2019): Examples, [http://scenejs.org/examples/index.html#models\\_buildings\\_city](http://scenejs.org/examples/index.html#models_buildings_city) (3. 4. 2019)
- SMITHEE (2014): University College London, <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/1c39220c492ad9a9c86e56e96aafec9/University-College-London> (3. 4. 2019)

- STADT LEIPZIG (2018): Leipziger Weihnachtsmarkt 2018, <https://s-leipzig.maps.arcgis.com/apps/webappviewer3d/index.html?id=a8811bfa810e406daf0a2e10338e0497> (3. 4. 2019)
- STADT WIEN (2019): Stadtplan3D, <https://www.wien.gv.at/stadtplan3d/#/> (3. 4. 2019)
- SVENSSON, O. (2014): Förslag till detaljplan för Stenkrossen – Dummy, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=5f6e142647854f9b8602f429347af85b> (3. 4. 2019)
- VIRTUALCITYSYSTEMS (2017): virtualcityMAP | 3D-Gebäudemodelle NRW, <https://nrw.virtualcitymap.de/#/> (3. 4. 2019)
- WITTNER, E. (2014b): Hong Kong, <http://www.arcgis.com/apps/CEWebViewer/viewer.html?3dWebScene=0010105df2314dc9be43a608112e99a6> (7. 4. 2019)
- WROCLAW SPATIAL INFORMATION SYSTEM (2019): Model 3D miasta, <https://gis.um.wroc.pl/imap3d/?locale=en> (3. 4. 2019)

## **SEZNAM ZKRATEK**

**1D** – Jednodimenzionální (jedna dimenze)

**2D** – Dvoudimenzionální (dvě dimenze)

**2,5D** – Dvou a půl dimenzionální (dvě a půl dimenze)

**3D** – Trojdimenzionální (tři dimenze)

**4D** – Čtyřdimenzionální (čtyři dimenze)

**ALS** – Airborne Laser Scanning

**CAD** – Computer–Aided Design

**ČÚZK** – Český úřad zeměměřický a katastrální

**DEM** – Digital elevation model

**DPZ** – Dálkový průzkum Země

**GIS** – Geographic information systém (geografický informační systém)

**GNSS** – Global Navigation Satellite System

**IT** – Informační technologie

**LCD** – Liquid Crystal Display

**LiDAR** – Light Detection and Ranging

**TIN** – Triangulated irregular network

**TLS** – Terrestrial Laser Scanning

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Příklad vizualizace 3D modelu vymodelovaného na základě mračna bodů získaných LiDARem (převzato z: ESRI, 2019m) .....	15
Obr. 2 Překrývající se objekty a jejich zobrazení ve 2D katastrální mapě (převzato z: DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, 2019) .....	19
Obr. 3 Poměr fotorealistických a symbolizovaných modelů na analyzovaném vzorku.....	23
Obr. 4 Zastoupení kategorií 3D modelů dle stupně reálnosti na analyzovaném vzorku (upraveno podle: SHIODE, N., 2001) .....	24
Obr. 5 Příklad modelu klasifikovaného jako blokové modely budov (upraveno podle: ESRI, 2019k) .....	25
Obr. 6 Příklad modelu klasifikovaného jako blokové modely budov s texturou (upraveno podle: BERGMANN GIS, 2014).....	26
Obr. 7 Příklad modelu klasifikovaného jako model s architektonickým detailem a morfologií střech (upraveno podle: CITYENGINE, 2013a) .....	27
Obr. 8 Příklad modelu klasifikovaného jako plný CAD model (upraveno podle: SVOBODA, B., 2014) .....	28
Obr. 9 Analyzované kompoziční prvky a jejich zastoupení u jednotlivých typů 3D modelů a celkem na výběrovém souboru .....	30
Obr. 10 Poměr jednotlivých stran umístění názvu na studovaných vizualizacích.....	31
Obr. 11 Umístění názvu vlevo nahoře na vizualizaci na serveru ArcGis.com (upraveno podle: MAREN, G., 2016).....	32
Obr. 12 Umístění názvu vlevo dole na vizualizaci na serveru 3D Warehouse (upraveno podle: SMITHEE, 2014).....	32
Obr. 13 Umístění názvu nahoře uprostřed na vizualizaci na serveru 3D CAD BROWSER (upraveno podle: 3D CAD BROWSER, 2013a ) .....	33
Obr. 14 Umístění názvu vpravo uprostřed u vizualizace fotorealistického modelu Olomouce na serveru Mapy.cz (upraveno podle: MAPY.CZ, 2019) .....	33
Obr. 15 Zdroje vizualizací 3D modelů u nich byla identifikována legenda .....	34
Obr. 16 Příklad legendy u 3D vizualizace znečištění vzduchu v Londýně (upraveno podle: KING'S COLLEGE LONDON, 2018) .....	35

Obr. 17 Příklad legendy u jednoduché symbolizované 3D vizualizace na serveru ArcGis.com (upraveno podle: ESRI, 2019k).....	36
Obr. 18 Příklad legendy u klasifikované symbolizované 3D vizualizace na serveru businesslocationcenter.de (upraveno podle: BUSINESS LOCATION CENTER, 2019)..	36
Obr. 19 Příklad legendy u klasifikované symbolizované vizualizace 3D modelu vánočních trhů v Lipsku (upraveno podle: STADT LEIPZIG, 2018) .....	37
Obr. 20 Měřítko využití u 3D vizualizace na serveru 3DCityDB (upraveno podle: 3D CITY DB, 2019) .....	38
Obr. 21 Měřítko využití u 3D vizualizace zobrazené v aplikaci Google Earth (upraveno podle: 3DNATURE, 2019) .....	38
Obr. 22 Měření polygonu ve 3D vizualizaci na serveru ArcGis.com (upraveno podle: ESRI, 2019a).....	39
Obr. 23 Tiráž u vizualizace 3D modelu Montrealu v nástroji City Engine Web Viewer od ESRI (upraveno podle: ESRI, 2019a).....	40
Obr. 24 Tiráž u vizualizace 3D modelu Berlína na serveru businesslocationcenter.de (upraveno podle: BUSINESS LOCATION CENTER, 2019) .....	40
Obr. 25 Směrovka a automatické zastínění stran objektů u vizualizace „Centrum Prahy z ptačí perspektivy“ (upraveno podle: GEODIS BRNO, 2019) .....	42
Obr. 26 Směrovka a nastavení stínu vrženého objekty u vizualizace v nástroji City Engine Web Viewer od ESRI (upraveno podle: CITYENGINE, 2013b).....	42
Obr. 27 Směrovka a nastavení stínu vrženého objekty u vizualizace na serveru ArcGis.com (upraveno podle: ESRI, 2019a) .....	43
Obr. 28 Směrovka a nastavení stínu vrženého objekty u vizualizace na serveru 3DCityDB (upraveno podle: 3D CITY DB, 2019) .....	43
Obr. 29 Příklad typů směrovek užitých na jednotlivých serverech poskytujících vizualizace 3D modelů: 1) City Engine Web Viewer od ESRI, 2) ArcGis.com, 3) model „Centrum Prahy z ptačí perspektivy“, 4) Mapy.cz, 5) 3DCityDb, 6) HELSINKI <sup>3D+</sup> (upraveno podle: CITYENGINE, 2013b, ESRI, 2019a, GEODIS BRNO, 2019, MAPY.CZ, 2019, 3D CITY DB, 2019, HELSINGIN KAUPUNKI, 2019a).....	44
Obr. 30 Poměr zastoupení jednotlivých typů podkladových dat u analyzovaných vizualizací fotorealistických 3D modelů .....	45

Obr. 31 Poměr zastoupení jednotlivých typů podkladových dat u analyzovaných vizualizací symbolizovaných 3D modelů .....	46
Obr. 32 Vizualizace symbolizovaného 3D modelu San Francisca s 2D mapovým podkladem na serveru ArcGis.com (upraveno podle: ESRI, 2019l) .....	47
Obr. 33 Vizualizace fotorealistického 3D modelu města Helsinky s ortofoto podkladem (upraveno podle: HELSINGIN KAUPUNKI, 2019a) .....	47
Obr. 34 Vizualizace symbolizovaného 3D modelu s nekvalitním ortofoto podkladem ze serveru ArcGis.com (upraveno podle: BRIGMON, N., 2014) .....	48
Obr. 35 Podíl daných věkových skupin na výběrovém souboru respondentů .....	49
Obr. 36 Podíl respondentů na výběrovém souboru dle nejvyššího dosaženého vzdělání ...	50
Obr. 37 Skupiny respondentů dle zkušeností s kartografií a mapami obecně .....	50
Obr. 38 Skupiny respondentů dle schopnosti čtení měřítka mapy .....	51
Obr. 39 Skupiny respondentů dle zkušeností s 3D technologií (např. při hraní počítačových her, ve virtuální realitě, atd.) .....	51
Obr. 40 Podíl odpovědí respondentů na otázku č. 4 (platnost měřítka uvedeného na Obr. A) .....	52
Obr. 41 Podíl odpovědí respondentů na otázku č. 5 (změna měřítka se změnou vzdálenosti pohledu) .....	52
Obr. 42 Podíl odpovědí respondentů na otázku č. 6 (nejvhodnější návrh měřítka) .....	53
Obr. 43 Návrh ideální kompozice vizualizace 3D modelu města (upraveno podle: STADT LEIPZIG, 2018) .....	54

## **SEZNAM TABULEK**

Tab. 1 Poměr a počet fotorealistických a symbolizovaných modelů na analyzovaném vzorku .....	23
Tab. 2 Členění analyzovaných 3D modelů dle stupně reálnosti .....	24
Tab. 3 Počet vizualizací 3D modelů, u nichž byl daný analyzovaný kompoziční prvek využit .....	30
Tab. 4 Absolutní počet modelů s možností volby podkladové mapy, jen s ortofoto podkladem bez možnosti volby a s jiným nemapovým podkladem .....	45

## **PŘÍLOHY**

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1 Formulář dotazníkového šetření

Vážený respondente / respondentko,

Jmenuji se David Chovanec a jsem studentem 3. ročníku oboru Geografická kartografie a geoinformatika na Masarykově univerzitě v Brně. Ve své bakalářské práci se zabývám kompozičními prvky u vizualizací 3D modelů měst. Pro potřeby ověření návrhu měřítka Vás prosím o vyplnění níže uvedeného dotazníku. U každé otázky, prosím, označte jen 1 odpověď. Dotazník je anonymní.

Děkuji za Váš čas a ochotu.

1. Prosím, vyplňte vaše pohlaví:
  - a) Muž
  - b) Žena
2. Prosím, vyberte odpovídající věkovou skupinu, dle Vašeho věku:
  - a) 15 let a méně
  - b) 16 – 26 let
  - c) 27 – 45 let
  - d) Více než 45 let
3. Prosím, uveďte Vaše nejvyšší dosažené vzdělání:
  - a) Základní
  - b) Středoškolské (bez maturity)
  - c) Středoškolské (s maturitou)
  - d) Vysokoškolské
4. Měřítka uvedené u vizualizace 3D modelu na Obr. A je platné:
  - a) V celém pohledu
  - b) Pouze v místě polohy grafického měřítka v mapovém poli
  - c) Nevím
5. Jestliže je na Obr. B měřítka u spodního okraje 1 cm = 20 m, tak na horním okraji (v místě grafického měřítka bez hodnot) bude:
  - a) Větší (např.: 1 cm = 10 m)
  - b) Menší (např.: 1 cm = 30 m)
  - c) Stejně
  - d) Nevím
6. Která z variant měřítka, navržených níže (mimo Obr. B), dle Vás nejlépe vystihuje měřítka aktuálního pohledu na vizualizaci 3D modelu?
  - a) Varianta na Obr. A
  - b) Varianta na Obr. C
  - c) Varianta na Obr. D
  - d) Varianta na Obr. E
  - e) Nevím

7. Na škále od 1 do 5 (největší) ohodnoťte obecně Vaše zkušenosti s kartografií a mapami:  
a) 1    b) 2    c) 3    d) 4    e) 5
8. Na škále od 1 do 5 (největší) ohodnoťte Vaše schopnosti čtení a interpretace měřítka mapy:  
a) 1    b) 2    c) 3    d) 4    e) 5
9. Na škále od 1 do 5 (největší) ohodnoťte Vaše zkušenosti s 3D technologií (např. při hraní počítačových her, ve virtuální realitě, atd.):  
a) 1    b) 2    c) 3    d) 4    e) 5

