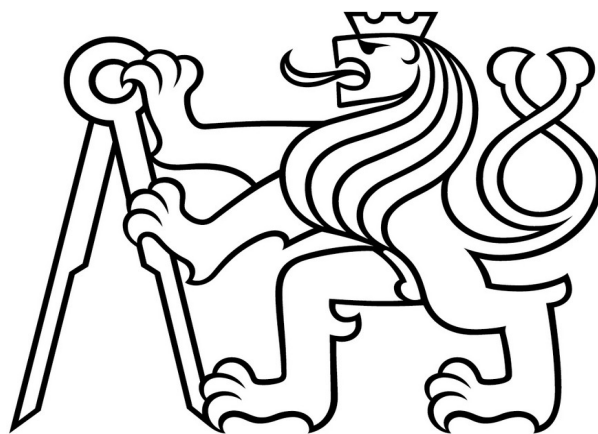


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra speciální geodézie



BIM model budovy AIR House
z geodetického zaměření

Bakalářská práce

ONDŘEJ VÁŇA

Studijní program: **Geodézie a kartografie**

Studijní obor: **Geodézie, kartografie a geoinformatika**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jaroslav Braun, Ph.D.**

KVĚTEN 2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Váňa	Jméno: Ondřej	Osobní číslo: 487740
Zadávající katedra: Katedra speciální geodézie		
Studijní program: Geodézie a kartografie		
Studijní obor: Geodézie, kartografie a geoinformatika		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: BIM model budovy AIR House z geodetického zaměření	
Název bakalářské práce anglicky: BIM model of the AIR House building from a geodetic measurement	
Pokyny pro vypracování: Provedte 3D zaměření budovy AIR House za účelem vytvoření prostorového modelu budovy s prvky BIM. Měřená data a mračna bodů zpracujte v S-JTSK a Bpv. 3D model budovy s atributy BIM vytvořte pomocí prostředí softwaru Autodesk Revit. Výsledky zpracování prezentujte vhodnou grafickou formou.	
Seznam doporučené literatury: [1] ČSN P ISO/TS 12911 - Rámec pro návody na informační modelování staveb (BIM), 2014 [2] Dufek a kol.: BIM pro veřejné zadavatele . Leges 2018 [3] Černý M.: BIM Příručka. Praha – Odborná rada pro BIM, 2013. ISBN 978-80-260-5296-8	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Jaroslav Braun, Ph.D.	
Datum zadání bakalářské práce: 17.2.2021	Termín odevzdání bakalářské práce: 16.5.2021 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně, pouze s odbornou konzultací vedoucího práce Ing. Jaroslava Brauna, Ph.D. a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem ČVUT 1/2009 „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

.....

.....

Místo zpracování, datum

Ondřej Váňa

Poděkování

Prvotně bych rád poděkoval panu Ing. Jaroslavu Braunovi, Ph.D. za odborné vedení této bakalářské práce, za jeho profesionální přístup během měření, zpracování a konzultací výsledků práce. A také za jeho neuvěřitelnou trpělivost. Dále bych rád poděkoval všem ostatním, kteří mně pomohli se zpracováním modelu, především panu Ing. Jakubu Veselkovi. V neposlední řadě bych rád poděkoval Informačnímu centru ČVUT za zpřístupnění prostor za účelem sběru dat pro vytváření modelu.

Abstrakt

Práce se věnuje praktickému použití BIM v geodézii. Obsahem je pomocí základních (polární metody, GNSS) a komplexních (laserové skenování) geodetických metod zaměřit stávající stav budovy AIR House, na základě zaměřených dat zpracovat a vyrovnat zaměřené podrobné body a umístit očištěné mračno bodů do S-JTSK a Bpv. Poté na základě mračna bodů vyhotovit v softwaru Autodesk Revit BIM model budovy. Hlavním cílem práce je prakticky popsat postup tvorby z geodetického zaměření a ze zpracování modelu geodetem, včetně porovnání s modelem od projektantů.

Klíčová slova

BIM, laserové skenování, AIR House, Dejvice, dokumentace skutečného provedení stavby, mračna bodů, vizualizace, informační modelování budov, geodetické zaměření, IFC, DWG, DGN, PDF, Autodesk Revit 2020, Groma

Abstract

The bachelor thesis deals with the practical use of BIM in geodesy. The content is to use basic (polar methods, GNSS) and complex (laser scanning) geodetic methods to measure on the current state of the AIR House building, based on focused data to process and adjust targeted detailed points and place a cleared point cloud in S-JTSK and Bpv. Then, based on the point cloud, to make a model of the building in software Autodesk Revit - BIM. The main goal of the thesis is to practically describe the process of creation from geodetic measure and from processing of the model by surveyor – including comparison of the model from designers.

Keywords

BIM, laser scanning, AIR House, Dejvice, documentation of the actual construction, point clouds, visualization, information modelling of buildings, geodetic surveying, IFC, DWG, DGN, PDF, Autodesk Revit 2020, Groma

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	7
1 ÚVOD	8
2 BIM	10
2.1 DEFINICE	10
2.2 HISTORIE	11
2.3 KDE JSME V RÁMCI BIM	12
2.4 FÁZE VÝSTAVBOVÉHO PROJEKTU	13
2.5 ÚROVNĚ PODROBNOSTI	14
2.6 ÚČASTNÍCI	15
2.7 KLADY A ZÁPORY BIM	17
2.8 HLAVNÍ PŘÍLOHY A DOKUMENTY	17
2.9 RODINY (BOM)	19
2.10 NORMA ČSN P ISO/T 12911	20
3 AIR HOUSE	21
4 POSTUP PRACÍ	23
4.1 MĚŘENÍ V TERÉNU	23
4.1.1 LEICA Nova MS60 MultiStation.....	25
4.1.1.1 POSTUP LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ.....	26
4.1.2 GNSS GEOMAX ZENITH 35 TAG PRO.....	27
4.2 ZPRACOVÁNÍ MĚŘENÝCH DAT A VYROVNÁNÍ	29
4.3 ÚPRAVA MRAČEN BODŮ	30
4.4 VYTVOŘENÍ SAMOTNÉHO MODELU	31
4.5 EXPORT DAT	35
5 ANKETA	36
6 EKONOMICKÁ ZÁTĚŽ	39
7 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ	41
8 ZÁVĚR	44
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ A LITERATURY	46
SEZNAM OBRÁZKŮ	49
SEZNAM TABULEK	51
SEZNAM PŘÍLOH	52

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BEP	– BIM Execution Plan (plán realizace BIM)
BIM	– Building Information Modelling = dle vybrané české literatury (informační modelování budov) – Building Information Modeling = dle zahraniční literatury
BOM	– Building Object Models (Modely stavebních předmětů - rodiny)
Bpv	– Balt po vyrovnání
CAD	– Computer Aided Design (počítačem podporované navrhování)
CDE	– Common Data Environment (centrální úložiště informací)
DGN	– Design (formát souborů pro CAD)
DWF	– Design Web Format (efektivní distribuce a komunikace dat)
DWG	– DraWinG (formát pro uložení 2D a 3D výkresů v CAD)
EIR	– Employer's Information Requirements (požadavky zadavatele na informace)
IFC (STEP)	– Industrial Foundation Classes (Standard for the Exchange of Product Model Data) – Otevřený neutrální formát souborů pro sdílení BIM mezi softwary (standard pro výměnu dat modelu)
LAS	– LASer format (Formát mračna bodů pro obecné použití)
LOD	– Level of Detail / Development / Definiton
LOI	– Level of Information
MNČ	– Metoda nejmenších čtverců
PDF	– Portable Document Format
PDM	– Product Document Format (správa a publikování dat projektu)
PPP	– Public Private Partnership (partnerství veřejného a soukromého sektoru)
RCP	– Formát na uložení mračna bodů pro Revit
RVT	– Formát na uložení projektu (model, výkresy, ...) pro Revit
S-JTSK	– Souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
ÚOZI	– Úředně oprávněný zeměměřický inženýr
VFK	– Výměnný formát katastru

1 ÚVOD

V současné době se projektové dokumentace ve stavebnictví provádějí výhradně počítačově – CAD. Spousta projektantů, architektů apod. vyhotovuje pouze 2D výkresy v podobě půdorysů a řezů. Ostatně je to nejběžnější a asi i nejlevnější varianta. Stavebnictví se ale neustále vyvíjí, ať už technologiemi, nebo samotnou přípravou projektu. Pomáhá tomu hlavně moderní doba, digitální svět a zvýšené nároky na provedení staveb. Do Česka se poslední dobou čím dál tím více dostává metoda BIM, která je ve světě mnohem běžnější než u nás. Nejde o žádný software ani jiný název pro 3D model, ale jde o informační modelování budov (staveb), které projektanti vyhotovují před zahájením stavby. Jeho ohromnou výhodou je, že se na něm naráz mohou podílet různí pracovníci z různých oblastí stavebnictví nebo firem, protože je postaven na online přípravách přes tzv. Cloud CDE řešení. V Česku prozatím probíhají pilotní státní zakázky, ale v soukromém sektoru již několik projektů vzniklo, ať už pouze projektováním českými firmami pro zahraniční stavby, nebo komplexní prací českých firem včetně samotného postavení budovy.

Tato práce ale nemá za cíl pojednávat o BIM modelu budovy (stavby), která bude teprve někde postavena. Bude zde popsáno, jak mohou geodetické profese přispět v této problematice z pohledu staveb a inženýrské geodézie. Toho bude dosaženo zaměřením na již stávající objekt (v tomto případě budova AIR House) pomocí geodetických metod, na základě kterých bude vytvořen model s prvky a atributy BIM. Jedním z cílů práce je porovnat tento model s projektovou dokumentací, která je také celá v BIM. Motivací k sepsání práce je tedy poukázat na rozdíly BIM a 3D modelu a dále fakt, že by mohla být užitečná, protože se tato problematika v oboru geodézie teprve začíná vyvíjet. Na Fakultě stavební ČVUT v Praze existují minimálně 3 odborné předměty, které studentům nabízejí naučit se BIM v Autodesk Revit nebo ArchiCAD apod. Jenže vždy je to pouze učení na základě projektování nových staveb a o geodézii a jejím zapojení do této problematiky se už neučí, ačkoliv si to spousta učitelů uvědomuje. Tato práce má také ukázat, jak lze trochu odlišným způsobem provést dokumentaci skutečného provedení stavby.

Hned na začátku je ale potřeba si uvědomit, že BIM model, jak bylo dříve popsáno, vzniká na základě spoluprací několika profesí. A teď by ho měla vyhotovit pouze jedna profese. Mějme ale na paměti, že geodet by neměl nic vymýšlet, ale striktně se držet toho, co existuje ve skutečnosti a co zaměřil. Proto tuto práci lze zpracovat, protože spoustu podstatných informací geodet získá právě z měření, případně z fotografií (materiál, umístění zařizovacího předmětu, aj.) nebo z poznámek. Model zpracovaný geodetem jako BIM by měl připravit pokročilé podklady pro stavební inženýry a další profese.

Text práce je rozdělen na několik kapitol. Na začátku bude popsán BIM jako obecný úvod do této problematiky. Dále bude kapitola, která přiblíží zaměřovaný objekt a přidá několik informací k němu. Následuje *Postup prací*, kde je postupně vysvětleno, kde, jak a co bylo měřeno (včetně vysvětlení jakými přístroji a jejich popisu) a čím a jak bylo provedeno zpracování dat. Kapitola *Anketa* má nastínit, na základě několika otázek, skutečný pohled několika firem na řešení této problematiky. Poté je kapitola *Ekonomická zátěž*, která popisuje časovou náročnost práce s modelem, včetně orientačního výpočtu ceny zakázky. A před závěrem je samotné porovnání modelů, ať už vizuálně, nebo početně

2 BIM

2.1 DEFINICE

Zkratka BIM podle BIM příručky [1] má ve světě několik definic. Pro účely bakalářské práce byly vybrány dvě definice, které publikovaly různé organizace z různých zemí a jejichž překlad je citován přímo z příručky.

„Digitální model reprezentuje fyzický a funkční objekt s jeho charakteristikami. Slouží jako otevřená databáze informací o objektu pro jeho zrealizování a provoz po dobu jeho užívání“.

[1] – s odkazem na NIBS, USA [2]

„BIM je organizovaný přístup ke sběru a využití informací napříč projektem. Ve středu tohoto úsilí leží digitální model obsahující grafické a popisné informace o designu, konstrukcích a údržbě objektů“.

[1] – s odkazem na Strategy Paper for Government Construction Client Group, UK [3]

Zkratka BIM v sobě skrývá informační modelování budov (Building Information Modelling). První písmeno „B“ – *Building* (v češtině *budova*) neznamena pouze budovu – je potřeba si uvědomit, že jde nejen o obecné pojmenování staveb, ale také o pojmenování celkového stavebního procesu. Je tedy potřeba rozlišovat BIM jako model – forma informační báze – a BIM jako proces modelování – sloužící k výměně a sdílení informací. Příručka dále definuje několik názvů, které využívá, a to: *BIM model* či *metodika BIM* nebo *BIM proces*. [1]

Dále BIM pro veřejné zadavatele popisuje, co je, a co není BIM, následovně: [4]

- a) BIM není pouze projektování ve 3D. 3D model je podstatným, ale ne jediným elementem.

- b) BIM není software. K uplatnění BIM v praxi je sice potřeba speciálních softwarových nástrojů (pozn.: např. Autodesk Revit, Graphisoft Archicad aj.), ale bez zásadní koncepční změny přístupu jednotlivých aktérů výstavbového procesu je moderní softwarový nástroj k ničemu.
- c) BIM se netýká pouze fáze projektování. BIM zvyšuje efektivitu v průběhu přípravy, výstavby, provozu či likvidace stavebního objektu.
- d) Ve zkratce BIM je klíčové písmeno „I“ – informace, které model sdružuje, a to jak o čase, tak o financích či kvalitativních a kvantitativních charakteristikách.

2.2 HISTORIE

V podstatě doteď nejsou jasné prameny, odkud se vzal pojem BIM, případně kdo byl jeho prvním průkopníkem. Jedno je jisté, a to přibližná doba, o které se začíná mluvit jako o začátcích BIM. Jde o 60. až 70. léta 20. století. Lze tedy prohlásit, že prvním z průkopníků mohl být Douglas C. Engelbart, který vizi budoucím architektům nastínil ve svém článku *Augmenting Human Intellect*, kde popisuje projektování pomocí zadávání parametrů stavebních prvků. [5]

Dalším, kdo ve svém článku v časopise AIA Journal popisoval interaktivními prvky kombinujícími informace o mapách, pohledech a řezech v rámci jednoho projektu/dokumentu, byl Charles Eastman. Ten zároveň popsal, že pokud bude provedena jenom jediná změna v projektu, tak se to projeví do všech výkresů naráz. [5] Což už se velice blíží využití a praktické stránce BIM.



Obrázek 1: Pták nakreslený jako BIM model od Charles Eastman [37]

V této práci bude jako reprezentant a průkopník BIM ve světě představen **Steve Race DipArch(Dist) ARB, RIBA**, který se v podobném časovém období již v rámci svých studií začal věnovat otázce BIM a jeho aplikací v praxi. Byl v mnoha ohledech jedním z prvních průkopníků toho, čemu dnes říkáme právě BIM. Používal technologie informačního modelování už v rámci práce *D'Arcy Race*, ve které byla použita pouze aplikace CAD bez možnosti použití

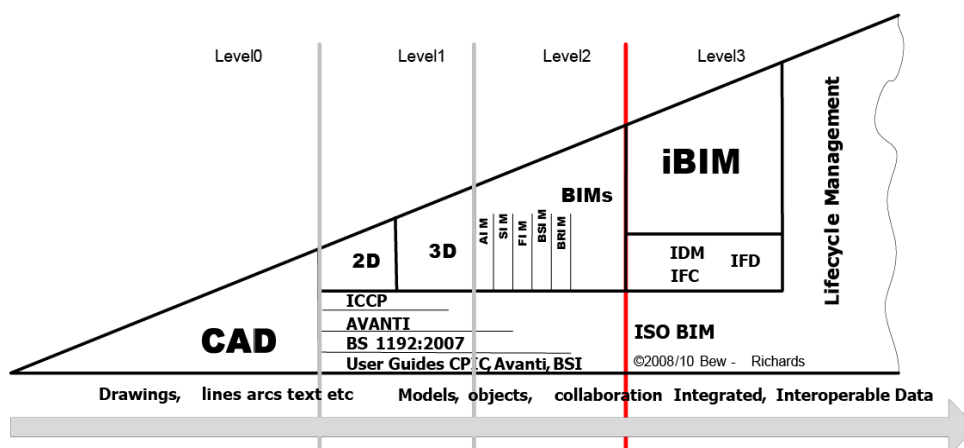


Obrázek 2: Steve Race DipArch [36]

rýsovacích prken. Také si začal jako jeden z prvních uvědomovat, že internet je velkým pomocníkem, ale zároveň začal upozorňovat, že architekti a projektanti musejí být čím dál tím víc ostražití při získávání informací z internetu. [6]

Pokud se ovšem podíváme do blízké minulosti, tak hlavním průkopníkem, který BIM ve svém státě začal rozvíjet nejvíce, bylo Finsko. Od roku 2001 do roku 2006 probíhalo pilotní zadávání zakázek. V roce 2007 vydalo dokument, který definoval požadavky BIM. Poté bylo následováno vládami z Norska, Holandska, Dánska, Velké Británie, Německa, USA aj. V Česku se o koncepci BIM uvažuje až v průběhu roku 2022. [1]

2.3 KDE JSME V RÁMCI BIM



Obrázek 3: BIM Maturity Model [35]

Téma BIM se ve světě velmi rychle vyvíjí a v podstatě je již aplikováno v praxi. Můžeme podle *Obrázku 3* hovořit o levelech 2–3. V Česku jsme ale v roce 2018 byli teprve v levelu 1. [4] Nyní lze prohlásit, že místy již dosahujeme i na level 2.

Dále jsou ale velmi často skloňovány zkratky vícerozměrného modelování, které udávají obohacení modelu o další sady informací. První 3 jsou informace geometrického typu. Další jsou negeometrické informace, které právě pomáhají vytvářet informační model. [4] Pro jednodušší představení je v závorce uveden příklad. [1, 4]

1. 1D – jednorozměrná geometrie [přímka, bod]
2. 2D – dvourozměrná geometrie [čtverec, obdélník]
3. 3D – trojrozměrná geometrie [krychle, kvádr]
4. 4D – časové informace [plánování, komunikace, logistika – objednávky]
5. 5D – cenové informace [rozpočet, hospodaření s projektem, identifikace s množstvím objednávek]
6. 6D – energetická náročnost [analýzy, udržitelná výstavba]
7. 7D – řízení životního cyklu [Facility Management, správa budov]
8. nD – další rozměry, které mohou reprezentovat další atributy stavby, jež nejsou ještě ustálené

2.4 FÁZE VÝSTAVBOVÉHO PROJEKTU

Z pohledu investora je důležité, že BIM významně pomáhá zvyšovat kvalitu projektové dokumentace. Současně s tím umožňuje analyzovat náklady životního cyklu stavby, případně i včetně dopadů na životní prostředí. Stavební projekt se dělí na čtyři fáze: [4]

- a) předinvestiční (přípravná)
- b) výstavby
- c) provozní
- d) likvidační

V každé z těchto fází je BIM využitelný – od fáze přípravy (pro koupi materiálu) přes výstavbu (v podobě výkresu pro dělníky) přes provozní fázi (lze např. najít, kudy vedou kabely k zásuvkám, když by si majitel nemovitosti chtěl např. něco navrtat do zdi) až po fázi likvidační (lze spočítat, jak ekonomicky náročná by byla likvidace objektu).

Je ovšem potřeba si uvědomit, že se projekt v průběhu svých životních fází vyvíjí a spolu s ním se vyvíjí i jeho informační model. Vzhledem k této skutečnosti tak může docházet ke dvěma případům: [7]

1. V nějaké fázi projektu dojde k vytvoření různých rozdílných modelů.
2. Modely vytvořené v jednotlivých fázích mohou být úplně (anebo jen částečně) využity v dalších fázích.

2.5 ÚROVNĚ PODROBNOSTI

Zde je nejprve potřeba zmínit, že úroveň podrobnosti v Česku zatím nemá žádnou oporu v zákoně, který by ji jasně definoval. Každá literatura si momentálně představuje svůj LOD/LOI. Momentálně to v praxi chodí tak, že stupeň LOD zadá a jasně definoval objednatel – více v kapitole č. 5 *Anketa*. Ovšem je potřeba, aby se obsah dokumentace řídil vyhláškou č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb. [8]

Dále budeme mluvit o LOD jako o *Level of Definition*, což znamená úroveň podrobnosti. Je to metrika popisující, jak jsou podrobné informace zahrnuty v modelu v závislosti na fázi návrhu a výstavby. [4] Ale o LOD lze mluvit i jako o *Level of Detail*, tedy o úrovni grafické podrobnosti. O LOI lze mluvit jako o *Level of Information* neboli úrovni podrobnosti informací. [4] Dále podle www.tzb-info.cz lze v některých příručkách úroveň podrobnosti najít pod zkratkami LOMD (*Level of Model Definiton* – grafická a informační podrobnost modelu), DOD (*Depth od Detail* – grafická podrobnost modelu) nebo GOD (*Grade of Detail* – grafická podrobnost modelu). [9]

Jednotlivé stupně LOD/LOI jsou v následující tabulce popsány a porovnány hned ze tří zdrojů. [1, 4, 10]

Tabulka 1: Porovnání LOD dle jednotlivých dostupných zdrojů

Popis	1. ZDROJ	2. ZDROJ	3. ZDROJ
USA	<i>BIM příručka</i>	<i>BIM pro veřejné zadavatele</i>	<i>www.tzb-info.cz/BIM</i>
LOD 100	Celkový objemový model budovy, orientační plocha, objem, umístění a orientace ve 3D modelu, nebo jiné reprezentaci. K jednotlivým elementům nelze přiřadit negeometrické popisné informace.	Celkový objemový model budovy, orientační plocha, objem, umístění a orientace ve 3D modelu, nebo jiné reprezentaci.	Model popisuje pouze základní funkční požadavky objektu a jeho zastavěnou plochu. Stavba je reprezentována 2D objektem nebo předpokládaný objem prvku.
LOD 200	Jednotlivé stavební elementy jsou modelovány jako generalizované systémy nebo seskupení elementů s přibližným množstvím, rozměrem, tvarem, umístěním a orientací.	Jednotlivé stavební elementy jsou modelovány jako generalizované systémy nebo seskupení elementů s přibližným množstvím, rozměrem, tvarem, umístěním a orientací.	Model obsahuje základní rozměry ploch a objemů, orientace ke světovým stranám a osazením do terénu. Lze to nazvat jako dokumentace pro umístění stavby (DUR)
LOD 300	Stavební elementy jsou modelovány jako specifické skupiny elementů přesné ve smyslu jejich množství, rozměrů, tvaru, umístění a orientace.	Stavební elementy jsou modelovány jako specifické skupiny elementů přesné ve smyslu jejich množství, rozměrů, tvaru, umístění a orientace.	Model obsahuje návrh konstrukcí a vnitřního prostředí, jejich přibližný tvar, velikost, umístění nebo orientace. Lze to nazvat jako dokumentace pro stavební povolení (DSP)
LOD 350	<i>nedefinuje</i>	Stavební elementy jsou modelovány jako specifické objekty s přesným rozměrem, tvarem, umístěním, množstvím, orientací, informacemi o zhotoviteli a podrobnými detaily.	Model obsahuje jednotlivé prvky, které mají konkrétní rozměry a zkoordinované profese. Lze to nazvat jako dokumentace pro provedení stavby (DPS)
LOD 400	Stavební elementy jsou modelovány jako specifické objekty s přesným rozměrem, tvarem, umístěním, množstvím, orientací, informacemi o zhotoviteli a podrobnými detaily.	Stavební elementy jsou modelovány tak, jak byly postaveny a dodány s přesnými rozměry, množstvím, tvarem, polohou a orientací.	Model obsahuje konkrétní návrh konstrukcí a vnitřního prostředí. Každý prvek obsahuje technická data od výrobců a dodavatelů. Lze to nazvat jako dílenská dokumentace.
LOD 500	Stavební elementy jsou modelovány tak jak byly postaveny a dodány s přesnými rozměry, množstvím, tvarem, polohou a orientací.	<i>nedefinuje</i>	Model obsahuje konkrétní zrealizované konstrukce dle skutečného stavu. Takto zrealizovaný model je vhodné využívat pro samotnou údržbu a provoz. Lze to nazvat jako dokumentace skutečného provedení stavby (DSPS)

2.6 ÚČASTNÍCI

Základem metody BIM je sdružení všech účastníků, kteří se mimo BIM režim podílejí na projektové dokumentaci, ať už na samotné přípravě, na její realizaci, nebo na následném provozu stavby, včetně udržení návazností všech jeho jednotlivých fází. [8] Toho je docíleno online formou, kde celý projekt je vytvářen a ukládán na Cloud – CDE řešení. CDE aplikace umožňují pracovat i s BIM modely, a to přímo v samotném prostředí CDE bez nutnosti pořizování a instalace dalších softwarových nástrojů. Společné datové prostředí je centrálním úložištěm informací, kam mohou přistupovat všichni účastníci projektu a dle pokynů uvedených v normě ISO 19650 koordinovat spolupráci. [11]

Tabulka 2: Jednotlivý účastníci v řízení BIM [8]

Účastník	Využití / Příklad
Stavebník (investor)	<ul style="list-style-type: none"> - možnost kontroly projektu a jeho nákladů ve všech jeho fázích - rychlejší zpracování požadavků a změn - snadnější komunikace s ostatními účastníky
Projektant Architekt	<ul style="list-style-type: none"> - pohodlnější nástroje pro práci - rychlé energetické analýzy - eliminace rizika konstrukčních kolizí
Projektant stavební části	<ul style="list-style-type: none"> - snadnější komunikace s projektantem nad jedním modelem - snadnější zpracování změn - snadnější komunikace se stavebníkem
Projektant TZB	<ul style="list-style-type: none"> - jednodušší zpracování změn - snadnější komunikace se stavebníkem - možnost energetických simulací
Statik	<ul style="list-style-type: none"> - snadnější komunikace s projektantem nad jedním modelem - jednodušší zpracování změn - úspora při vytváření analytického modelu
Technický a autorský dozor	<ul style="list-style-type: none"> - snadnější kontrola skutečného stavu podle modelu BIM - lepší možnost zaznamenání požadavků na úpravu a změny - snížení rizika špatného přenosu informací
Rozpočtář	<ul style="list-style-type: none"> - úspora času díky automaticky generovaným výkazům - neustálý přístup k aktuálním informacím - přesnější ocenění - přehlednější evidence dat pro finanční kontrolu
Zhotovitel	<ul style="list-style-type: none"> - přístup k vždy aktuální dokumentaci - možnost přípravy prefabrikace - kontrola dodržování časového a finančního plánu
Facility manager	<ul style="list-style-type: none"> - jednoduché vykazování stavebních výrobků a prvků, aj. - možnost rozšíření modelu o specifická data pro FM - zjednodušené rozhodování při provozu, údržbě a změnách dokončené stavby
Veřejná správa	<ul style="list-style-type: none"> - všechny přínosy, které platí pro stavebníka - efektivnější využití veřejných finančních prostředků - podpora rozvoje datové základy národní infrastruktury pro prostorové informace
Certifikace budovy	<ul style="list-style-type: none"> - úspora při vytváření analytického modelu - možnost automatické kontroly některých aspektů modelu - jednodušší kvantifikace a efektivnější posuzování některých aspektů stavby

2.7 KLADY A ZÁPORY BIM

Nejdůležitějšími přínosy informačního modelování podle [1] jsou:



Obrázek 4:
Fajfka

1. úspora nákladů a času počítaná za celý životní cyklus stavby,
2. zlepšení komunikace mezi účastníky procesu,
3. zlepšení kontroly procesu,
4. zlepšení kvality výsledného díla,
5. ochrana životního prostředí díky možnostem simulací.

Na druhé straně existují i překážky, které podle [1] jsou:



Obrázek 5:
Křížek

1. zpracování jednotlivých stupňů dokumentace různými autory,
2. rozdělení financí mezi etapami stavebního procesu,
3. skutečná cena projektových prací a místy až přílišný tlak na cenu,
4. nedostatečná definice autorských a jiných vlastnických práv,
5. celková cena zavedení BIM.

2.8 HLAVNÍ PŘÍLOHY A DOKUMENTY

V této kapitole budou popsány všechny přílohy a dokumenty, které jsou nedílnou součástí BIM, tedy nejde jenom o model geometrické nebo negeometrické informace, ale i o spoustu příloh. Některé jsou součástí projektové dokumentace i mimo režim BIM. Velmi zdařilé a propracované materiály pro koncept měření pro formát BIM má vytvořený Státní fond dopravní infrastruktury, který ve svých dokumentech blíže popisuje i výsledky, které jsou vyžadovány od geodetů. [12]

Na další stránce jsou popsány dokumenty a přílohy BIM jako obecně využitelné.

Podle knihy *BIM pro veřejné zadavatele* [4] jde o přílohy a dokumenty jako:

- a) Zadávací dokumentace
- b) Smlouva o dílo
- c) Certifikovaný software

Mezi nejčastější programy, ve kterých lze vytvářet BIM, jsou:

- I. **Autodesk Revit** – byl použit i v této práci
- II. Graphisoft ArchiCAD
- III. Nemetschek Applan GmbH
- IV. Tekla Structures
- V. Bricsys services BricsCAD

- d) EIR – Employer's Information Requirements

Jde o požadavky zadavatele na informace neboli o zadávací dokument pro výběr zhotovitele projektové dokumentace pro stavební povolení (DSP). Lze tedy mluvit o příloze k zadávací dokumentaci výběrového řízení (VR) pro zpracovatele projektové dokumentace (ZPD) a pro fázi stavebního povolení (DSP).

- e) BEP – BIM Execution Plan

Jedná se o plán informačního modelování. Tento dokument popisuje požadavky na údaje a data v jednotlivých etapách vývoje stavebního projektu, včetně odpovědností a vztahů účastníků. Může být zpracován na obecné úrovni, na úrovni státu nebo samospráv, na úrovni firem nebo jen pro konkrétní projekt. [1]

Tento plán je většinou stranově rozsáhlý, klidně má až 80 stran. Pro představu rozsahu protokolu si lze na stránkách www.koncepcebim.cz/dokumenty stáhnout vzor.

Obsahem protokolu je podle knihy *BIM pro veřejné zadavatele*: [4]

- (1) Základní informace o projektu
- (2) Časový harmonogram projektu
- (3) Důležité kontakty odpovědných osob
- (4) Cíle projektu/použití BIM dat
- (5) Definice úrovně LOD
- (6) BIM protokoly
 - *BIM standardy, Souřadnicové soustavy, Definice design meetingů*
- (7) Nástroje BIM
 - *základní nástroje pro tvorbu BIM modelu, nástroje pro tvorbu stavebních elementů*
- (8) Konvence/syntaxe pojmenování
 - *projekt, výkresová dokumentace, BIM prvky*
- (9) Kontrola a ověřování modelu

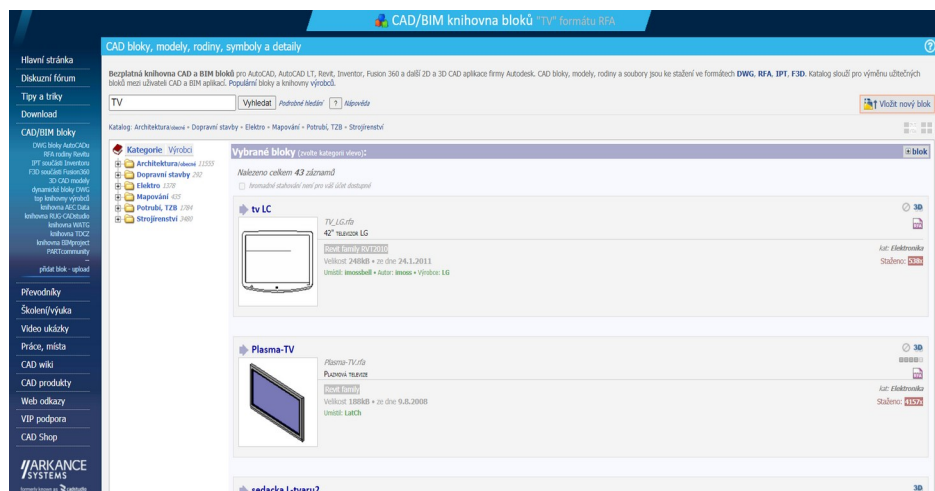
2.9 RODINY (BOM)

BOM – Building Object Models v překladu modely stavebních objektů, jsou 2D a 3D geometrické reprezentace fyzických zařizovacích předmětů jako jsou dveře, okna, nábytek, svítidla a sestavy stěn, střech, stropů a podlah. Tyto zařizovací předměty obsahují vysokou úroveň detailů, informací o materiálu nebo tepelných roztažností apod. Jde i o objekty a knihovny např. nemocničních operačních sálů, ordinací tak, aby tyto knihovny (rodiny) bylo možné opětovně použít. [13]

Některé objekty ale lze umístit pouze ve specifických orientacích a umístěních. Okna a dveře lze umístit pouze ve stěnách, zapuštěná světla na stropy, střešní okno na střechu apod.

Aby objekty přesně reprezentovaly skutečné zařizovací předměty, musíme na ně myslet nejen na základě toho, jak vypadají, ale jak jsou používány. [14]

Tyto rodiny lze buďto vytvořit – firmy, které chtějí jejich výrobky prodat (AEG pračky, LG televizory, apod.) nebo převzít z veřejně dostupné knihovny.



Obrázek 6: Ukázka veřejně přístupné knihovny rodin [30]

2.10 NORMA ČSN P ISO/T 12911

Ihned v úvodu norma informuje, že jde o předběžnou normu, která je přejímána z anglické verze technické specifikace ISO/TS 12911:2012. [15] Má ale status oficiální verze. Takovýto dokument pak má pomáhat uživatelům dosáhnout předpokládaných výsledků při použití metodiky BIM, a může tak být zapracován na různé úrovni, a to jak na státní, tak na firemní, tak na úrovni pouze přímo pro určitý projekt. Norma obsahuje i doporučení pro stavební proces. Obsahuje také dvě přílohy, kde první je normativní a ve druhé jsou vzory výsledných dokumentů. [16]

3 AIR HOUSE

AIR House je energeticky soběstačný experimentální dům, se kterým se tým studentů ČVUT zúčastnil mezinárodní soutěže **Solar Decathlon 2013** v Orange County Great Park v Kalifornii. [17]



Obrázek 7: AIR House - foceno v Kalifornii při soutěži [17]

Rozměry domu jsou 13 x 13 metrů s užitnou plochou 55 m². Celý objekt je ze dřeva. Součástí je i velká terasa zastřešená pergolou, viditelná na *Obrázku 7*. Dále autoři uvádějí: „Dům je navržen jako chata pro ekologicky smýšlející lidi na vrcholu produktivního věku, která může v důchodu sloužit pro plnohodnotné trvalé bydlení. Inspirací je česká tradice chatařství a chalupářství.“ AIR House využívá veškerou energii pro potřeby domácnosti i pro zajištění optimálního vnitřního klimatu ze slunečního záření. [17]

Koncept autoři vytvořili z principu „dům v domě“. První plášť tvoří samotný obytný prostor z masivních dřevěných panelů se dřevovláknitou tepelnou izolací a druhý plášť je pak samotná dřevěná pergola, která zmírňuje tepelnou zátěž. Druhý plášť také disponuje fotovoltaickými panely vyrábějícími energii a solárními kolektory, které zajišťují teplou užitkovou vodu. [17]

Budova od roku 2014 do dnešních dní stojí v areálu Kampusu Dejvice před Fakultou stavební ČVUT v Praze. [18]



Obrázek 8: Detail objektu - pohled na základy stavby

Z pohledu právních předpisů v zeměměřictví a katastru je nejasné, zda by si případný majitel mohl nechat zapsat tuto stavbu do katastru nemovitostí jako budovu. Katastrální zákon č. 256/2013 Sb., §2 odstavce 1) říká, že katastr nemovitostí eviduje pouze budovu, která je nadzemní stavbou spojenou se zemí pevným základem a která je prostorově soustředěna a navenek převážně uzavřena obvodovými stěnami a střešní konstrukcí. [19] ÚOZI při vypracování geometrického plánu by mohl postupovat tak, že by dle 1. a 2. přílohy katastrální vyhlášky 357/2013 Sb. navrhl ve výkazu nového stavu parcelu jako druh pozemku *ostatní plocha* a způsob využití pozemku *jiná plocha*. [20] Předmětem zápisu do katastru nemovitostí poté bude rozhodující vyjádření stavebního úřadu.

4 POSTUP PRACÍ

V této kapitole bude teoreticky popsán postup prací a úkonů, které byly provedeny v rámci příprav, měření a zpracování bakalářské práce v souvislosti s modelem.

4.1 MĚŘENÍ V TERÉNU

Prvním úkonem byla rekognoskace terénu, kdy byl umožněn přístup do budovy za účelem rozhodnutí a naplánování harmonogramu prací. Poté bylo určeno, že zaměření budovy proběhne zhruba ve 3 dnech. První den bude věnován zaměření interiéru. Druhý den bude na měření exteriéru objektu, včetně napojení na bodové pole fakulty. Poslední den bude na ověření stanovisek pomocí GNSS a na případné doměření situace konstrukčními mírami.



Obrázek 9: Měření interiéru multistanicí Leica

Druhým úkonem bylo samotné měření pomocí totální stanice Leica MS60, které je věnována podkapitola. Tato multistanice byla vybrána z toho důvodu, že mračno bodů, které naskenuje, lze jednodušeji spojit v jeden sken pomocí vlíčovacích bodů (stanoviska). V interiéru byla započata místní souřadnicová síť, včetně výšek. Dále byly určeny body orientací, na které byla orientována další stanoviska. Každé měření probíhalo volbou volného stanoviska na předem určených orientacích. Celkově bylo 7 stanovisek, ze kterých bylo provedeno 18 skenování.

Dále v interiéru probíhala fotodokumentace a záznam typů materiálů a dalších poznámek, které budou využity při zpracování. Po doměření interiéru bylo v jiný den provedeno zaměření exteriéru, včetně napojení na souřadnicovou i výškovou síť vytvořenou z předchozího měření s bodovým polem fakulty, a laserové skenování budovy. Celkově bylo v exteriéru provedeno 10 stanovišek, ze kterých bylo provedeno 14 skenování. Během měření byla pořízena fotodokumentace použitého bodového pole, která je přílohou č.8 této práce, a budovy a přilehlého okolí. V poslední den měření bylo provedeno pouze ověření bodového pole, které je vybudováno pro potřeby výuky na FSV ČVUT v Praze, pomocí technologie GNSS přístrojem Geomax Zenith35 TAG PRO, kterému je věnována podkapitola. Ověřované body byly zaměřeny dvakrát se 4 hodinovým rozestupem. Přehledka bodového pole je součástí přílohy č.5 této práce.



Obrázek 10: Měření exteriéru multistanicí Leica

V terénu byly zaměřeny mezi sebou stanoviška a orientace, body definující rohy objektu, hlásiče, zásuvky, světla aj., a to selektivním výběrem polární metodou z jednotlivých volných stanovišek. Dále bylo neselektivní metodou s definicí skenované oblasti provedeno laserové skenování, většinou s definicí přesnosti tak, aby samotné skenování netrvalo příliš dlouho a zároveň aby rozlišení na nejvzdálenější předmět měřené definované oblasti odpovídalo alespoň 1 cm v obou osách. U některých skenů bylo také provedeno focení skenované oblasti pro možnost přiřazení pravých barev materiálům.

4.1.1 LEICA Nova MS60 MultiStation

Multistanice Leica MS60 je přesná automatická totální stanice se systémem sledování hranolu ATRplus. Dále disponuje 3D laserovým skenerem a digitální kamerou. Její předností jsou tiché a rychlé piezomotory. [21] Při měření byl využit přístroj s výrobním číslem 885017, zapůjčený od Katedry speciální geodézie Fakulty stavební ČVUT v Praze.



Obrázek 11: Leica MS60 [21]

Parametry přístroje jsou: [21]

- úhlová přesnost 1" (0,3 mgon)
- měření délek na hranol do 10 000m, 1mm + 1,5 ppm
- měření délek bez hranolu do 2 000m, 2mm + 2 ppm
- dvě kamery – přehledová a dalekohledová pro asistenci při měření, dokumentaci a průsekovou fotogrammetrii
- automatické sledování a měření na hranol
- 3D skenování vybrané oblasti s rychlostí až 1000bodů za sekundu na vzdálenost do 300m
- možnost optického cílení dalekohledem

Protože k práci byl využit hlavně modul laserového skenování, budou zde popsány detailnější informace o přesnostech, kterými daný přístroj disponuje. Přístroj zaměří 3D mračna bodů zahrnující intenzitu dopadu. Pravá barva mračna bodů je pak provedena vestavěnou digitální kamerou před zahájením samotného skenování. Maximální technické skenování 400 gon x 155 gon s přesností 50 mm na 15 m zvládne multistanice za 12 minut. Sekvenční skenování 400 gon x 50 gon s přesností 12,5 mm na 50 m zvládne multistanice za 45 minut. Následující tabulka ukazuje technické možnosti přístroje při laserovém skenování. [22]

Tabulka 3: Přesnost měření multistanicí [22]

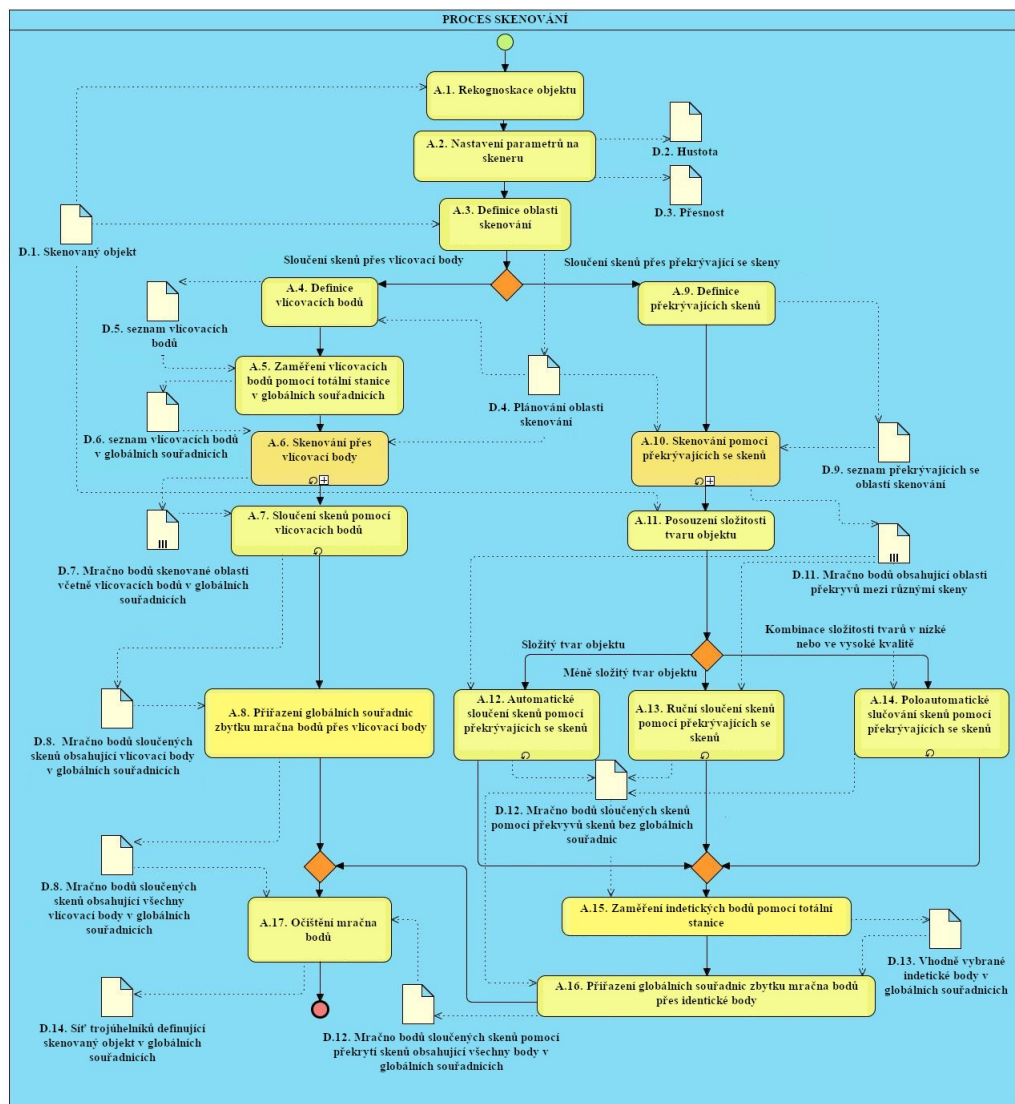
rychlost skenování	max. vzdálenost	rozsah šumu na 50 m
30 kHz mode	60m	3mm
8 kHz mode	150m	1.5mm
1 kHz mode	300m	1mm
1 Hz mode	1000m	0.6mm

4.1.1.1 POSTUP LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ

V rámci příprav před měřením bylo rozhodnuto, že dojde ke kombinovanému měření podrobných bodů selektivní metodou (polární metodou) přímo z multistanice a zároveň se na stejném stanovisku zaměří i potřebný počet neselektivních podrobných bodů metodou laserového skenování. V tomto případě byl inspirací závěr z článku, který se zabývá analýzou měřických metod při zaměření několika objektů a jejich časovou náročností. Článek mimo jiné uvádí, že pro efektivní zaměření stavebních objektů a tvorbu jejich dokumentace je potřeba předpokládat kombinaci více měřických metod. Podíl jednotlivých metod a jejich výběr se ale bude lišit podle účelu vytvářené dokumentace na základě členitosti, velikosti, účelu, způsobu provádění údržby, dostupnosti a stavu předchozí dokumentace. [23]

Přesnost dat získaných ze 3D skenování je ovlivněna řadou faktorů, které způsobují chyby. Tyto chyby se projevují nepřesným umístěním bodů ve vybraném souřadnicovém systému, což ovlivňuje kvalitu výsledného modelu. [24]

Následující obrázek popisuje postup laserového skenování. V této práci byl zvolen postup pomocí vřícovacích bodů, které byly reprezentovány stanovisky a orientacemi.



Obrázek 12: Proces 3D skenování stavebního objektu [24] (volně přeloženo)

4.1.2 GNSS GEOMAX ZENITH 35 TAG PRO

GNSS přijímač Zenith35 TAG obsahuje integrovanou libelu pro rychlé a spolehlivé měření RTK i se skloněnou výtyčkou. Dále disponuje 555 kanály pro sledování satelitních signálů. Aktivně přijímá signály ze systémů GPS, GLONASS, GALILEO a BEIDOU v rámci základní konfigurace od výrobce. [25]

Při měření byl využit přístroj s výrobním číslem Z35171202008 zapůjčený od geodetické firmy A G s spol.s r.o.



Obrázek 13: Geomax Zenith 35 PRO [26]

Tento GNSS přijímač obsahuje funkce TILT & GO, která využívá kvalitní integrovanou elektronickou libelu a kompas. Neustále sleduje a kontroluje svislost výtyčky a dovoluje přímé měření skrytých bodů i s nakloněnou výtyčkou. [25]

Přijímač disponuje těmito parametry [26]:

- kanály GPS (L1, L2, L2C, L5), GLONASS (L1, L2), GALILEO (E1, E5a, E5b, AltBOC), BEIDOU (B1, B2)
- SBAS: EGNOS, WAAS, MSAS, GAGAN
- GSM/GPES module: Quard-Band GSM & Penta-Band UMTS 800 / 850 / 900 / 1900 / 2100 MHz
- UHF radio module: 500mW, 1000mW transceiver, 403-473 MHz
- Positioning rate: 5Hz, 20Hz (ot)

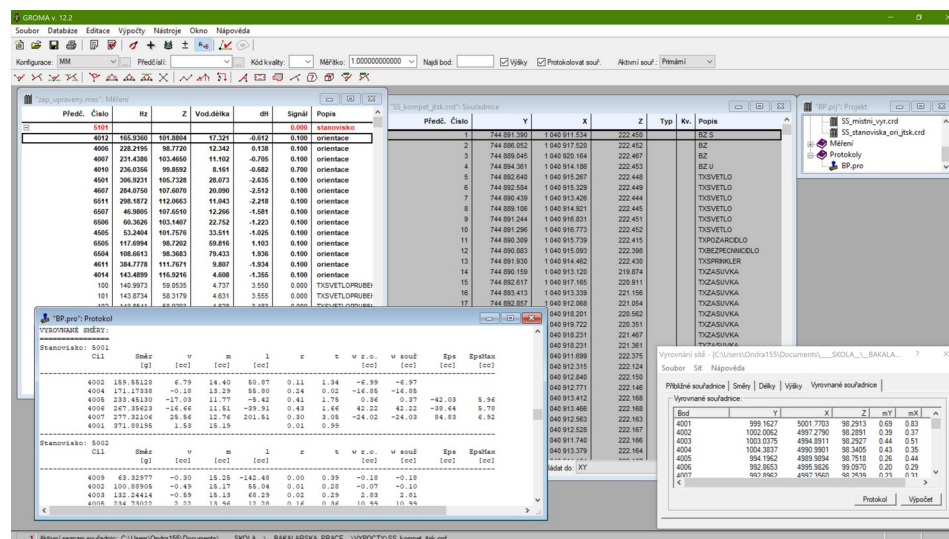
Přesnosti, kterými GNSS disponuje při určitém měření: [26]

Tabulka 4: Přesnost měření GNSS [26]

metoda měření	přesnost
STATICKÁ (poloha)	3mm + 0.5 ppm (rms)
STATICKÁ (výška)	5mm + 0.5 ppm (rms)
RTK (poloha)	8mm + 1 ppm (rms)
RTK (výška)	15mm + 1 ppm (rms)
STATICKÁ DLOUHÁ (poloha)	3mm + 0.1 ppm (rms)
STATICKÁ DLOUHÁ (výška)	3.5mm + 0.4 ppm (rms)

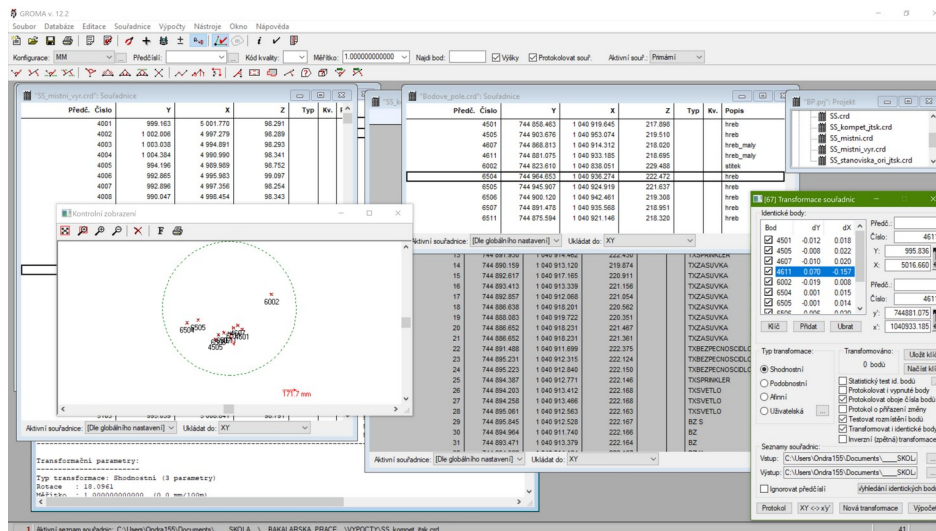
4.2 ZPRACOVÁNÍ MĚŘENÝCH DAT A VYROVNÁNÍ

Nejprve byl v geodetickém programu Groma [27] vytvořen projekt a do něj byla postupně ukládána vstupní data. Projekt tvořil zápisník měření pro účely vyrovnání sítě bodového pole a seznam přibližných souřadnic pro vyrovnání sítě. Pomocí funkce *Vyrovnání sítě* bylo provedeno vyrovnání MNČ, a to jak polohové, tak i výškové. V případě polohového vyrovnání byla zvolena možnost volné sítě. V případě výškového vyrovnání byly na bodech převzatých a zkontrolovaných GNSS měření nastaveny výšky jako fixní, tzn. síť byla vyrovnána jako vázaná.



Obrázek 14: Groma - vyrovnání sítě

Po vyrovnání byla provedena shodnostní transformace před identické body, kterými byly opět body převzaté od Katedry speciální geodézie FSV ČVUT a zkontrolované GNSS měření. Jakmile byly určeny všechny souřadnice stanovišek a bodového pole v S-JTSK a Bpv, byly poté vypočteny souřadnice podrobných bodů, které definovaly např. zásuvku nebo roh objektu, a to na základě měření z volného stanoviška.

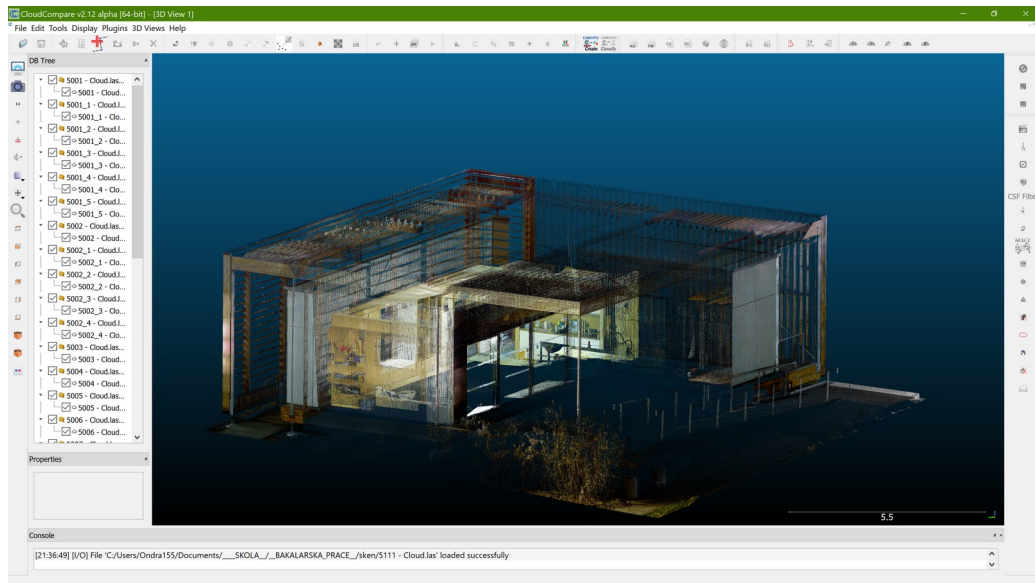


Obrázek 15: Groma - transformace souřadnic

Po všech výpočtech bylo provedeno uložení seznamu souřadnic, zápisníku měření a byl vyhotoven výpočetní protokol.

4.3 ÚPRAVA MRAČEN BODŮ

Po výpočtu a vyrovnání stanovisek a podrobných bodů, bylo možné se věnovat úpravě mračna bodů. K prvotním úpravám sloužil program Leica Infinity, který byl jakýmsi prostředníkem mezi ostatními softwary a multistanicí. V Leica Infinity proběhla hlavně hrubá očista mračna bodů, tedy byly odstraněny okolní budovy, přilehlé stromy, keře a další předměty, které nebudou pro tvorbu modelu využity. Naskenovaná mračna byla převedena pomocí identických bodů do S-JTSK a Bpv. Po hrubé očiště a převodu byla mračna bodů exportována do formátu LAS dle jednotlivých skenů a následně v programu CloudCompare byly provedeny postupně jemné očištění mračna dle jednotlivých stanovisek. Prováděla se očista zejména nadbytečných bodů či se provádělo snížení bodového šumu. Po těchto úpravách postupně docházelo ke slučování skenů do jednoho homogenního skenu, který byl ještě dočišťován.



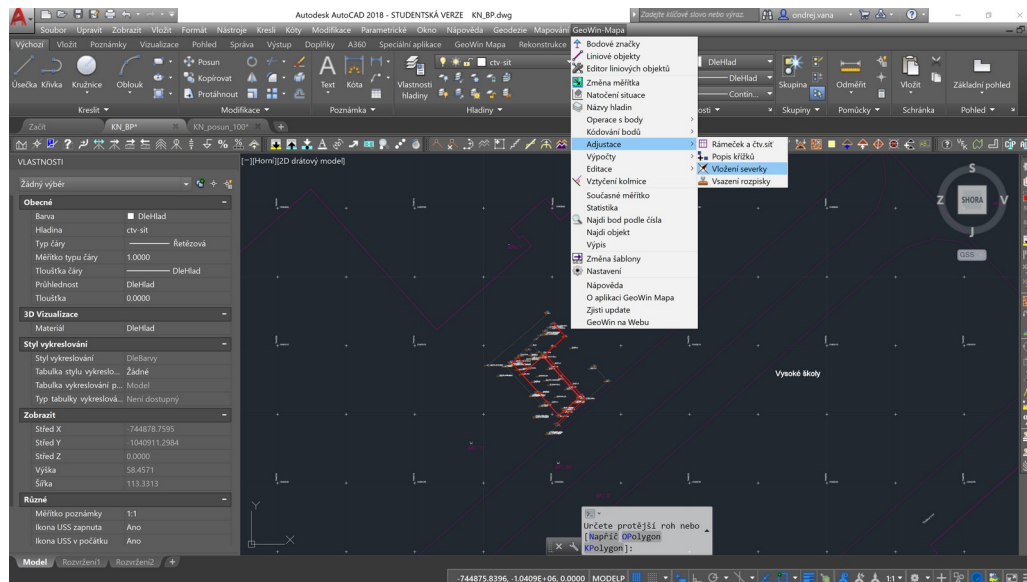
Obrázek 16: CloudCompare - úprava mračen bodů

4.4 VYTVOŘENÍ SAMOTNÉHO MODELU

Po všech předchozích úpravách a zpracováních, tedy vytvoření seznamu souřadnic podrobných bodů a přípravě celkového modelu ze skenování, bylo ještě potřeba připravit model do formátu, který Autodesk Revit otevře. Dále bylo třeba připravit podrobné body ideálně do DWG formátu a připravit DWG výkres katastrální mapy, která je nedílnou součástí každého geodetické zaměření – umístění objektu do situace.

Nejdříve byl v programu Autodesk AutoCAD pomocí geodetické nástavby Geowin [28] importován seznam souřadnic v systémech JTSK a Bpv. Jak ale záhy bylo zjištěno, a v závěru této práce je blíže popsáno, Autodesk Revit nepracuje ve vzdálených souřadnicích, a ani se to od něj neočekává. Tedy bylo potřeba určit definiční bod, v tomto případě roh zdiva vevnitř budovy, a ten definovat jako počátek: $X=0$ a $Y=0$. Tento roh byl zvolen, protože byl zaměřen multistanicí jako podrobný bod ve výškové úrovni 1NP a stropu 1NP a dále tento roh nemá kolem sebe žádné zařizovací předměty, dveře, okna apod., takže jeho poloha byla optimálnější vůči ostatním rohům objektu. Následně bylo třeba tento výkres s posunem souřadnic uložit jako DWG formát.

Poté byl funkcí *Import katastrální mapy*, kterou Geowin obsahuje, nahrán VFK výkres katastrálního území, kde se objekt nachází. Nejdříve bylo provedeno nastavení a vložení měřických křížků a jejich popisů a ty poté byly posunuty o stejný definiční bod jako v případě podrobných bodů.



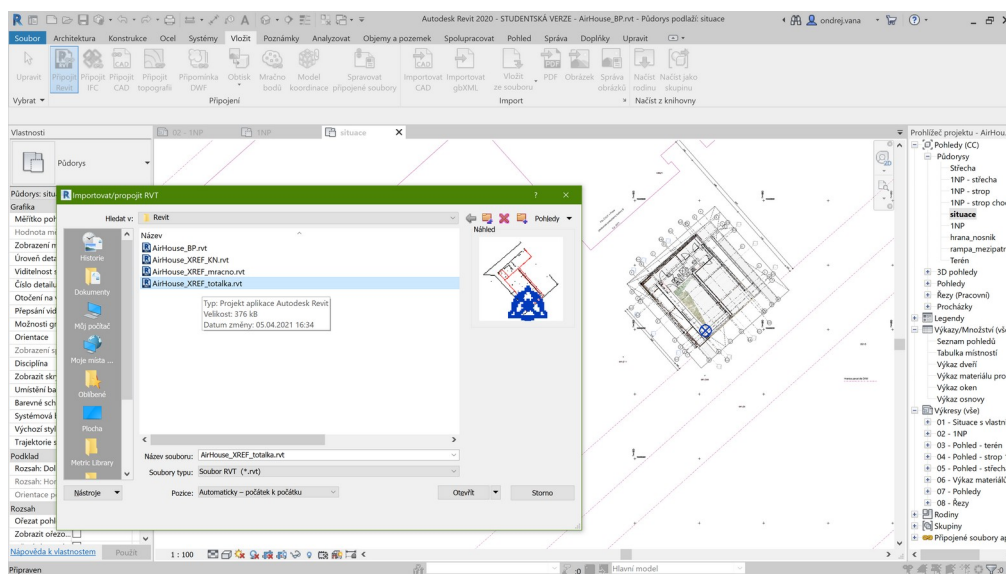
Obrázek 17: AutoCAD - Geowin a příprava CAD výkresů.

Nyní už bylo jen potřeba připravit samotné mračno bodů. Formát LAS bohužel Autodesk Revit neotevře, a proto přes program Autodesk ReCap bylo mračno bodů přeuloženo do formátu RCP. Připravené výkresy v DWG a RCP formátech bylo potřeba ještě připravit pro použití v Revitu. Byl tedy otevřen nový výkres bez šablony v metrické soustavě. Do prvního takového výkresu byl importován první DWG výkres. Dále bylo potřeba si nechat zobrazit základní bod výkresu, který musí souhlasit s definičním bodem výkresu z DWG. Poté byl výkres v Revitu uložen jako „XREF_podrobne_body“ a „XREF_katastralni_mapa“. To samé bylo provedeno v případě mračna bodů, kdy do samostatného výkresu byl načten RCP formát a po kontrole byl uložen jako „XREF_mracno_bodu“. Výsledkem přípravy jsou tři RVT formáty.

Samotná příprava pracovního prostředí programu před zahájením zpracování byla provedena nejprve definicí šablony. V této práci byla využita *Nekomerční šablona 1.0 (2017)* od cadconsulting [29], která byla k dispozici z výuky předmětu 124YBM1. Zde bylo potřeba definovat body zaměření a základní bod výkresu. Základní bod výkresu musí odpovídat souřadnicím $X=0$ a $Y=0$.

Dále je potřeba nastavit výšku tohoto bodu takovou, aby odpovídal výšce v Bpv pro stejný roh, jako je definiční bod, akorát s výškou v 1NP ($\pm 0 = 219,862 \text{ m}$).

Zde nastal problém s jednotkami, které se promítnou i v případě bodu zaměření. Revit pracuje s milimetry jako s hlavními jednotkami, ale geodeti zpracovávají běžně v metrech na 3 desetinná místa – více v závěru. Následuje definice bodu zaměření, kde byly nastaveny souřadnice definičního bodu dle skutečnosti, tedy v S-JTSK a Bpv ($Y=744889,045 \text{ m}$, $X=1040920,164 \text{ m}$, $Z=222,467 \text{ m}$). Po této definici následovalo připojení XREF výkresů ve formátu RVT.



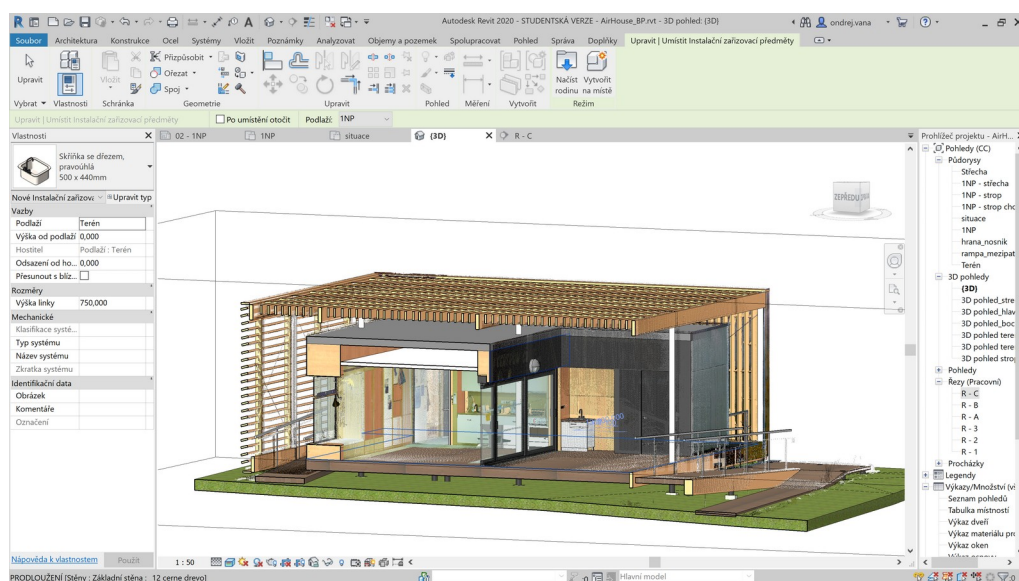
Obrázek 18: Autodesk Revit - XREF výkresy.

Následně byla provedena definice výkresu 1NP a prvních řezů, přes které byla postupně definována další podlaží. V tomto projektu šlo o podlaží terénu, 1NP, stropu 1NP, střechy 1NP a střechy celého objektu. Poté byly vytvořeny i stejnojmenné půdorysy. Tímto skončilo nastavení výkresu a je nutné provést uložení projektu.

Postup modelování byl zvolen následující, vycházel hlavně z mračna bodů a při nejasnostech přesnosti byly využity zaměřené podrobné body. První byly definovány sloupky, na kterých sedí objekt a podlaha 1NP, již včetně definice materiálu. Poté následovaly stěny (svíslé konstrukce) a po nich stropy a snížené podhledy (vodorovné konstrukce). Rodiny těchto konstrukcí byly zvoleny takové, které Revit obsahuje v základním balíčku a které byly na míru upravovány. Při samotném modelování platí pravidlo, že nejdříve se hrubě modeluje a až poté se ladí detaily.

Pokud byla potřeba umístit okno nebo dveře, tak bylo nutné nejdříve umístit stěnu o požadovaných parametrech a až poté do ní vložit otvor v podobě okna či dveří. Rodina pro okna a některé dveře byla stažena po registraci na CAD fórum [30] a na NBS – National BIM Library [31]. Po těchto základních definicích konstrukcí lze přistoupit k vnější části objektu jako k takovému, který zde byl definován řadou dřevěných prken, a to jak po dvou stranách objektu, tak i na střeše objektu. Tato prkna byla modelována jako nosník.

Jakmile byl samotný model vytvořen, včetně informací o materiálech apod., bylo přistoupeno k základním zařizovacím předmětům. Protože geodet nedokáže změřit to, co jeho přístroj nebo geodet sám nevidí, nebyly zaměřeny ani inženýrské sítě uvnitř zdí, případně nosné konstrukce držící 1NP. Zařizovací předměty byly buď převzaty z CAD fóra či NBS, nebo byly vloženy ze základního balíčku. Bohužel spousta z nich neodpovídá ze 100 % realitě, myšleno jako typem a grafickou prezentací. Hlavní motivací, proč bylo rozhodnuto tyto základní zařizovací předměty umístit, byl fakt, že pro případného projektanta může být jednodušší hledání trubek, když ví, že přesně v tomto místě je dřez, záchod, sprcha apod. To samé platí v případě světel či zásuvek.



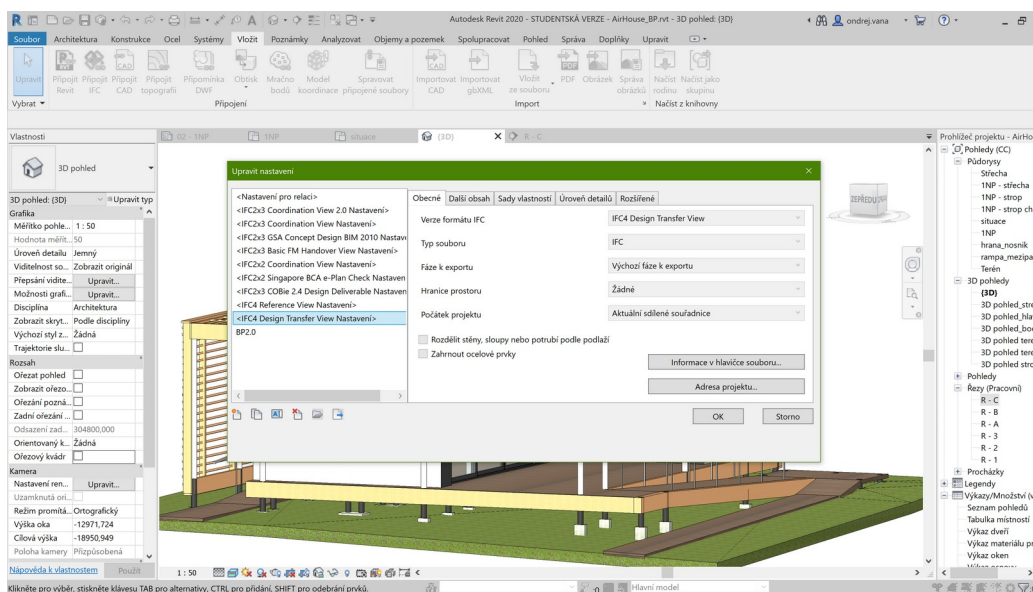
Obrázek 19: Autodesk Revit - řez 3D modelem s mračnem bodů

Před exportem bylo provedeno kótování výkresů, které budou součástí exportu. Nejprve byly okótovány osy nosných sloupů označených jako A-A, 1-1, apod., a poté os stěn označených jako SA-SA, S1-S1, apod. Následovalo okótování stavebních otvorů, rohů stěn a dalších nosných prvků objektu. V řezech byly dále okótovány zásuvky a vypínače.

Jakmile byl vyhotoven model se všemi zařizovacími předměty, bylo přistoupeno k jeho přípravě na export dat. Byly vyhotoveny nejen výkresy půdorysů, řezů, pohledů, ale i výkazy materiálů, místností, oken či dveří. Také byl vyhotoven výkres umístění objektu do katastrální mapy, kde by bylo vhodné umístit razítko ÚOZI s oprávněním c), které dle § 13 Zeměměřického zákona č. 200/1994 Sb. zahrnuje právě ověření výsledků zeměměřické činnosti v oblasti stavebnictví a katastru nemovitostí. [32]. Ověřena ÚOZI by měla být i přehledka a seznam souřadnic bodového pole.

4.5 EXPORT DAT

Nyní je hotový model v Revitu a je potřeba provést export dat. Je vhodné exportovat jednotlivé výkresy nejenom jako PDF, ale také pro DWG, případně DGN. Samotný 3D model byl exportován do formátu DWF a IFC. U IFC formátu je ale potřeba nejdříve definovat, jaké třídy budou exportovány. Existuje norma ČSN EN ISO 16739-1, která se zabývá nastavením datových formátů ve stavebnictví. Po tomto nastavení bylo potřeba provést ještě nastavení samotného IFC. Je důležité, aby při exportu IFC byl Revit v anglickém jazyce, jinak hrozí, že nebude export proveden. Bylo zvoleno nastavení IFC 4 Design Transfer View a IFC 2x3 Coordination View 2.0. Je vhodné IFC otevřít v nějakém univerzálním prohlížeči, jako je např. BIMvision [33] aj. Dále byla práce nahrána na Trimble Connect jako CDE řešení. Po odeslání žádosti na email ondrej.vana@fsv.cvut.cz bude umožněn přístup k práci.



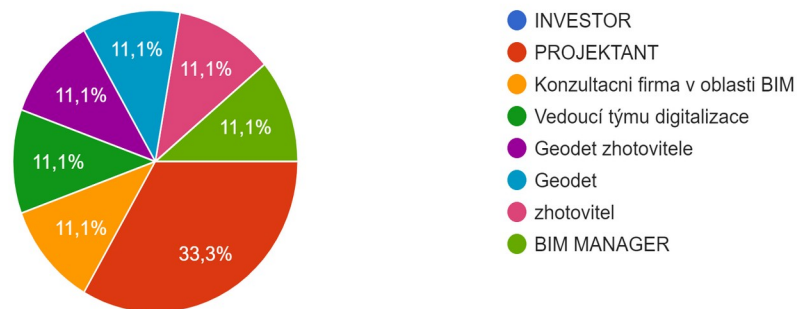
Obrázek 20: Autodesk Revit - export IFC formátu

5 ANKETA

Pomocí Google Forms byla vytvořena anketa, která se oslovených firem dotazovala, zda si dokážou představit spolupráci v oblasti BIM s geodety. Anketa byla spuštěna v lednu 2021 a běžela do konce dubna 2021. Bylo osloveno více jak 20 firem, které dle webových stránek již v BIM nějakým způsobem pracovaly, a dalších více jak 20 firem, které v BIM ještě nepracovaly. Anketu ke dni uzavření vyplnilo 7 firem, z toho 1 firma odpověděla 3krát z různých pozic. Celkem tedy bylo 9 odpovědí, z nichž byly 2 odpovědi od zástupců z řad geodetů.

První otázkou bylo, jakou pracovní pozici oslovený zaměstnanec firmy zastupuje.

Ve Vaší firmě vystupujete jako:
9 odpovědí

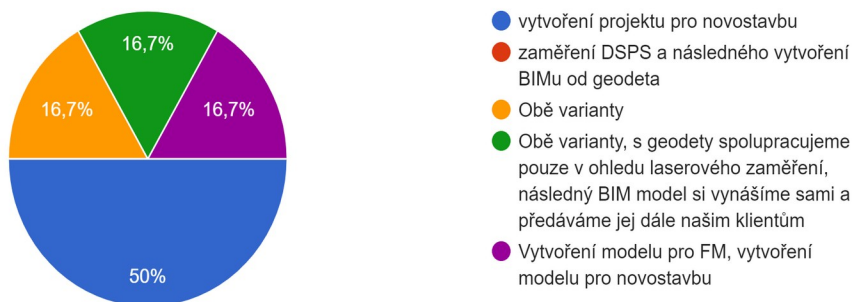


Obrázek 21: 1. otázka z ankety

Poté jsem se ptal, zda dotyčná firma již někdy řešila problematiku BIM a zda už ji realizovala. Zde 6 odpovědí bylo takových, že firma problematiku BIM již řešila. Zbytek firem – 3 odpovědi – ještě problematiku neřešil. Pokud ji firmy neřešily, tak dalším dotazem bylo *proč*? Dvě odpovědi byly právě od geodetů, kteří napsali, že jejich firma sice v BIM projektuje, ale jejich práce prozatím byla pouze v klasickém provedení CAD výkresu na základě zaměření dle požadavků. Třetí odpověď bylo, že dotyčný zástupce pracuje na železnicích, kde zatím není BIM legislativně vyžadováno.

Dalším dotazem bylo, že pokud jejich firma pracovala již se zakázkami v BIM, tak o jaké projekty šlo.

Pokud Vaše firma již BIM někdy realizovala, šlo hlavně o :
6 odpovědí



Obrázek 22: 4. otázka z ankety

Následující otázka směřovala k určení úrovně podrobnosti LOD. Oslovených jsem se ptal, podle čeho kritérium LOD určují a případně z čeho vycházejí.

Bylo by možné popsat podle čeho určujete kritérium LOD / LOI a nastavujete tak jejich tabulku?
6 odpovědí

LOD standardy, UR LOD200, DSP LOD300

Zatím podle ničeho, protože všichni investoři v tom tápají a požadují třeba i podrobnost 500 kterou není žádná projekční kancelář schopna poskytnout. My pracujeme někde na pomezí 200/300. Každopádně pro investora by mělo být nejdůležitější správné nastavení LOI tedy co si jednotlivé objekty nesou za informace. Tato položka je i stěžejní pro samotný BIM.

Tabulku LOD a LOI máme vytvořenou na základě standartu naší společnosti a na základě dlouholeté praxe a komunikace s našimi klienty, zároveň stále sledujeme vývoj a reflektujeme nové skutečnosti do naší práce.

Záleží vždy na typu konkrétní stavby. Dále to jsou požadavky investora a účel k čemu bude dále informační model sloužit.

Podle požadavků daného projektu - zadání investora, konzultace atd.

Vycházíme z datového standardu SFDI a ČAS a vlastních požadavků na detail a informace

Obrázek 23: 5. otázka z ankety (screenshot obrazovky)

Poté jsem se oslovených firem zeptal, jak si případně domlouvají s geodety přesnost zaměření nebo rovnou v jaké úrovni LOD mají pracovat. Většina odpovědí byla, že se zadavatelé zakázky pro zaměření dosud ještě nesetkali, aby geodetům určili LOD.

Pokud už ale potřebují od geodeta zaměření, tak většinou oni jako zadavatelé práce určí, s jakou přesností má být objekt zaměřen. Poslední dotaz z ankety zjišťoval to, jaký výstup od geodeta z daného zaměření v rámci BIM očekávají.

Co vlastně očekáváte jako výstup od tohoto DSPS BIM zaměření? (IFC, PDF, DWG, ... ?) + u IFC jaké informace by měli obsahovat případně co ostatní si dokážete obstarat sami?

6 odpovědí

Idealně rvt format. Je to vetsinou vstup pro budouci facility management, obcas pozadavek investora, napr od pamatkaru (napr pri rozebrani a budoucim smontovani historickeho krovu)

Pro nás optimálně rvt soubor, a pak buď DWG a nebo IFC ale je otázka v jaké podobě (jedná se o složitou problematiku aby formát jednotlivé SW správně načetli). PDF je jen na prohlížení jako podklad je s prominutím úplně na hovno.

Veškeré projekty DSPS si vytváříme sami. Model předáváme jako plnohodnotný podklad pro správu budovy, či jako podklad pro další projektovou činnost.

Pokud bych si pořizoval model až ve fázi DSPS, tak bych chtěl 3D model. Jelikož děláme v REVITu, tak bych požadoval revitovský formát. 3D model by měl být obohacený o informace o prvcích. Konkrétně by záleželo dalším plánovaném využití modelu (např. pro facility management) a typu stavby. Je jasné, že u modelu mostu budou jiné informace než u modelu budovy.

Zatím jsme vždy očekávali pouze mračno bodů

IFC - klíčové jsou všechny potřebné negrafické informace - atributy

Obrázek 24: 7. otázka z ankety (screenshot obrazovky)

Vzhledem k malému počtu respondentů – celkem 9 – nelze anketu prohlásit za zcela věrohodnou a stanovovat tak obecné závěry. Lze si ale všimnout, že si metoda BIM u českých firem získává větší pozornost minimálně na teoretické úrovni. Hlavní ale je, že spolupráce s geodety i nadále zůstává bohužel na nízké úrovni a proto je vhodné ukazovat co všechno geodet může nabídnout k vytvoření BIM ze zaměření.

6 EKONOMICKÁ ZÁTĚŽ

Jednou z nedílných součástí geodetických prací je i kalkulace za odvedené úkony práce. Tato kapitola by měla nastínit představu toho, jak dlouho by byl samotný model od zisku zakázky přes samotné měření zpracováván. Tyto časy zhruba odpovídají pracovní náplni jednoho měřiče i jednoho zpracovatele dohromady. Také zahrnují dvě konzultace a několikahodinovou kontrolu vedoucím práce. Ovšem z důvodu, že každá společnost či firma má svůj ceník jiný, tak je zde nastíněna časová náročnost vynásobená jednou částkou, která byla stanovena na základě ceníku, který řeší naceňování zeměměřických děl od Českého svazu geodetů a kartografů. [34] Částka je stanovena jako pro zeměměřického technika na **400 Kč** za hodinu práce.

Tabulka s rozpisem je na následující stránce.

Tabulka 5: Rozpis odpracovaných hodin na této práci.

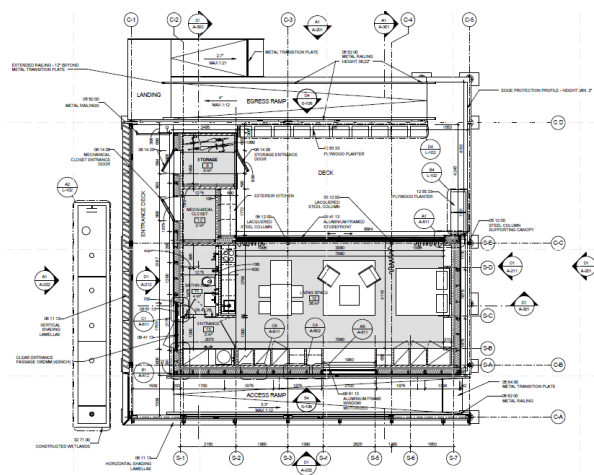
fáze měření	úkon	celkový čas [h]
ZADÁNÍ	-	
	vyjednání zakázky (jednání s vedoucím práce nad možnou spoluprací)	2
		XXXXXX
<i>celkem za fází</i>		2
PŘÍPRAVA	-	
	seznámení se zakázkou (adresa, rozsah, rozbor přesnosti)	7
	určení postupu zaměření (na jak dlouho, jakou metodou)	8
	rozhodnutí o postupu a harmonogramu zpracování	3
		XXXXXX
<i>celkem za fází</i>		18
MĚŘENÍ	-	
	zaměření interieru budovy (laserové skenování, polární metoda)	8
	zaměření exteriéru a okolí budovy	14
	kontrolní zaměření GNSS pro bodové pole	2
		XXXXXX
<i>celkem za fází</i>		24
ZPRACOVÁNÍ	-	
	stažení dat z totální stanice a GNSS a prohlížení zaměření	4
	vyhotovení protokolu o GNSS měření	1
	zpracování podrobných bodů a jejich vyrovnání v Gromě	6
	vyhotovení seznamu souřadnic vyrovaného bodového pole a podrobných bodů do stanoveného formátu včetně protokolu	2
	zpracování mračna bodů a jejich hrubá očista	30
	zpracování mračna bodů včetně jemnější očisty	26
	spojování mračen bodů do jednoho modelu	24
	transformace do rcp formátu a kontrola kvality	2
	příprava pracovní plochy v Autodesk Revit	12
	vyhotovení sloupů, stěn a podlah (včetně materiálu)	40
	vyhotovení terénu a ramp (včetně materiálu)	16
	vyhotovení dřevěného pláště na střeše, a na dvou bocích stavby (včetně materiálu)	12
	zařizovací předměty	8
	vyhotovení výkresů, výkazů, pohledů	25
	očista modelu, export do různých formátů (IFC, PDF, DWG, ...)	8
	3D modelu (přípravy, tisk)	30
		XXXXXX
<i>celkem za fází</i>		246
ODEVZDÁNÍ	-	
	kompletace práce, kontrola zadání	4
		XXXXXX
<i>celkem za fází</i>		4

celkem hodin x 400 / hod	294
+/- náklady za jednu osobu	117 600,00 Kč

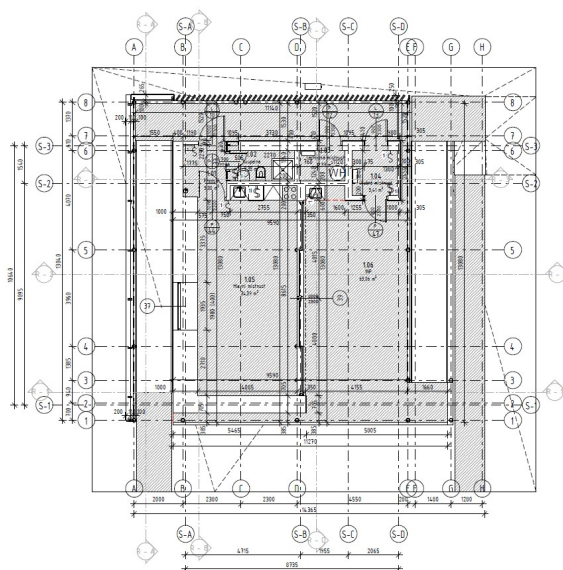
7 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ

AIR House od začátku byl projektem studentů FSv a FA ČVUT v Praze, který se vytvářel v koncepci BIM. Jedním z cílů této bakalářské práce bylo i porovnání projektového BIM s BIM, který dokáže vytvořit student geodet. Na základě spolupráce v předmětu 124XBM2 byl získán model budovy od Ing. Jakuba Veselky, který se aktivně v minulosti na tvorbě modelu jako student podílel.

Porovnávat se bude nejen vizuální stránka, ale i výkazy materiálů, ploch, počty zařizovacích předmětů či samotných výkresů. Jde o porovnání skutečného stavu s projektovou dokumentací.

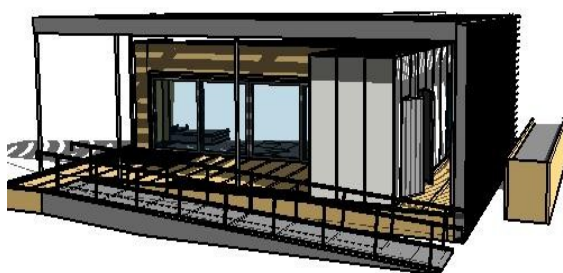


Obrázek 25: INP – z projektu

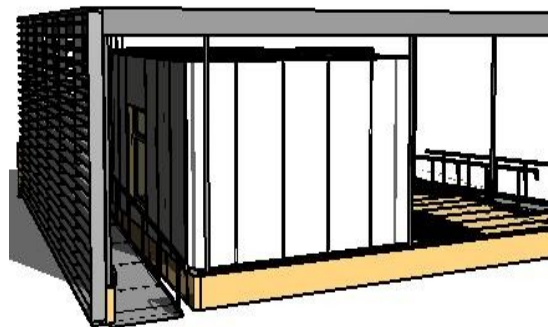


Obrázek 26: INP – z geodetického zaměření

PROJEKT STAVBY



*Obrázek 28: Projekt 3D vizualizace -
pohled sever*



*Obrázek 27: Projekt 3D vizualizace -
pohled jih*

SKUTEČNĚ POSTAVENÁ BUDOVA

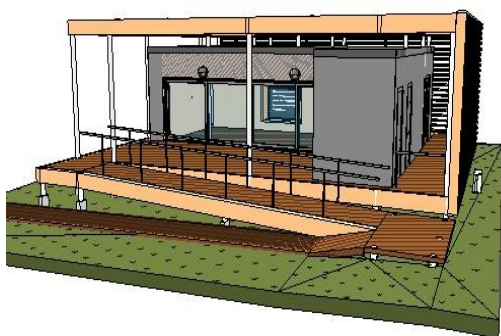


*Obrázek 30: Skutečná podoba budovy
vyfocená v den měření – pohled sever*

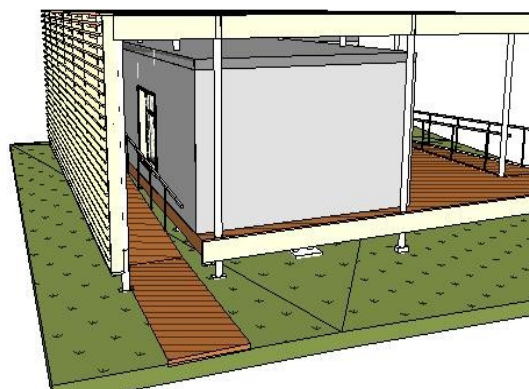


*Obrázek 29: Skutečná podoba budovy
vyfocená v den měření - pohled jih*

MODEL BUDOVY ZAMĚŘENÝ A VYHOTOVENÝ GEODETEM



*Obrázek 31: z geodetického měření 3D
vizualizace - pohled sever*

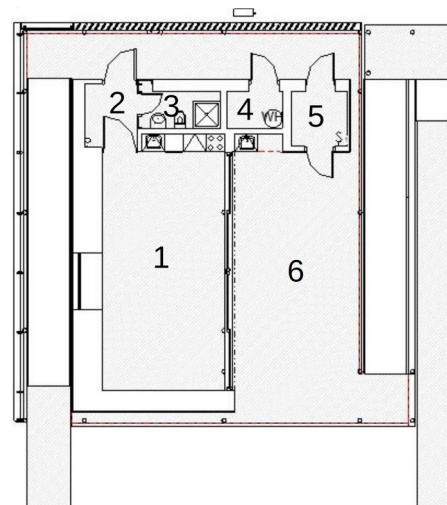


*Obrázek 32: z geodetického měření 3D
vizualizace - pohled jih*

Níže jsou tabulky, které porovnávají výměry místností, počet místností, počet materiálů a počet zařizovacích předmětů. Pro lepší vizualizaci je níže náčrt místností budovy.

Tabulka 6: Výkaz výměr - porovnání modelů.

místnost	výměra [m ²]		rozdíl [m ²]	poznámky
	projekt	z měření		
1	36,04	34,39	1,65	V projektu je menší prostor u terasových dveří. Toto může mít vliv na rozdíl výměr.
2	2,50	2,54	-0,04	
3	3,51	3,35	0,16	
4	2,49	2,33	0,16	
5	3,44	3,41	0,03	
6	60,05	63,06	-3,01	V zaměření byl uvažován celý prostor mimo budovu ve stejné výšce 1NP a oblast u terasových dveří.



Obrázek 33: Náčrt s popisem místností

Počet místností, které byly stanoveny během měření, odpovídá projektu s jediným rozdílem, a to místností č.6, která z geodetického měření obsahuje všechny plochy 1NP, které jsou ve stejné výšce a jejichž hranice končí zdí nebo hranou desky. Dle projektu je místnost pouze ta před terasovými dveřmi. Pokud jde o počty materiálů stěn, má projekt 4 typy materiálů. S porovnáním z geodetického zaměření je tento počet stejný. Jediné, co se liší, jsou přesné názvy materiálů. Zatímco v projektu lze najít přesně to, co najdeme v terénu, tak z geodetického měření je spíš důležité, že bylo určeno dřevo a jeho reálná barva. Počet zařizovacích předmětů je rozdílný už z toho důvodu, že z geodetického měření a pro vědomosti geodeta lze umístit pouze zařizovací předměty, jako je myčka, pračka, záchod nebo umyvadlo aj. Má to sloužit jako podklad pro projektanta v případě hledání trubek, protože pokud geodet v modelu ukáže, že v daném místě je dřez, může projektant předpokládat, že zhruba v tomto místě je připojení na vodu a odpad apod.

Co se týče počtu výkresů, tak projektová dokumentace obsahuje 63 stran. Geodetických výkresů je vytvořeno v různých formátech pouze 8. Je to dáno hlavně tím, že v projektové dokumentaci jsou také výkresy detailů a jiných podrobností potřebných např. pro výstavbu.

8 ZÁVĚR

Hlavním cílem této práce bylo vytvoření modelu BIM z měření laserového skenování a zaměření podrobných bodů pomocí geodetického přístroje. Druhým cílem bylo základní porovnání modelu vyhotoveného geodetem s modelem, který byl vytvořen projektanty. Oba cíle byly úspěšně splněny.

Vytvořený model tak splňuje stavební toleranci a také nepřekračuje žádné základní mezní odchylky měření. Během zpracování seznamu souřadnic stanovisek a orientací nastala komplikace s transformací bodu č. 4611, kdy se transformovaly souřadnice vyrovnané místní sítě na souřadnice S-JTSK. Tento bod byl z transformace vyloučen pravděpodobně z důvodu jeho posunu, který byl záhy potvrzen kontrolním GNSS měřením. Další problém nastal při zpracování samotného modelu v Autodesk Revit. Problémem byl import mračna bodů, podrobných bodů a katastrální mapy do Autodesk Revit v souřadnicích S-JTSK. Bohužel nebyly zjištěny příčiny, ale domněnkou je, že Autodesk Revit neumí pracovat se vzdálenými souřadnicemi, kterými jsou právě souřadnice našeho objektu v S-JTSK. Později bylo zjištěno, že projektanti ani nepožadují, aby výsledný model byl v S-JTSK, a ani v něm nepracují. Proto bylo rozhodnuto, že bude model, jak je již v předchozích kapitolách popsáno, vytvářen v místních souřadnicích a že bude definován bod zaměření, který odpovídá S-JTSK a Bpv. Dále byl také upraven základní bod výkresu, kde byla nastavena výška 1NP v Bpv. Další možností, jak zpětně napojit model do S-JTSK, je výkres situace s vlastnickými vztahy, který obsahuje také síť křížků. Další překážkou bylo nastavení jednotek. Model je zpracován v milimetrech, ale geodetické zaměření je vyhotoveno v metrech na 3 desetinná místa. Pokud bychom měli správně bod zaměření popsat v metrech na 3 desetinná místa, jak je to v geodézii běžné, tak tento bod zmizí z plochy výkresu a nebude k nalezení. Z těchto důvodů bylo nastavení jednotek v projektu provedeno na milimetry s přesností na 3 desetinná místa tak, aby nezmizel bod zaměření a zároveň aby byl popsán s přesností na 3 desetinná místa. To bohužel ale mělo negativní vliv na samotné kótování stavebních otvorů, které byly popsány v milimetrech, ale na 3 desetinná místa. To u stavebních výkresů není správné, a proto byly kóty otvorů dopsány ručně. Tohle vidím jako velké překážky, které do budoucna stojí za zvážení.

Obecně lze prohlásit, že BIM model lze z geodetického měření získat hned několika možnostmi. V této práci byla popsána kombinace laserového skenování s pravými barvami a zaměření podrobných bodů multistanicí. Ve druhém případě lze jako podklady pro zpracování použít klasické půdorysné výkresy a řezy, které geodet vyhotoví klasicky v nějakém grafickém CAD prostředí. Nevýhodou druhé varianty je absence negeometrických parametrů objektu, které by musely být vhodným způsobem doplněny do výkresů (nebo doplněny jiným externím způsobem).

V rámci určení úrovně podrobnosti lze hovořit o této práci obecně jako o LOD 350 bez inženýrských a jiných sítí vedených uvnitř stěn, podlah či stropů a dalších negeometrických prvků stavby. Tyto prvky geodet neumí zaměřit/získat, protože je to součást jiných profesí, které se na modelu podílí. Pokud bychom ale chtěli striktně dodržet LOD v obecné formě, tak se tato práce pohybuje někde mezi LOD 150 a LOD 200. Druhým kritériem je dimenze modelu. Ten se pohybuje zhruba na úrovni 4D.

Rád bych ale popsal – a hlavně zdůraznil – rozdíl mezi 3D modelem a BIM. Bohužel jsou tyto názvy v praxi často zaměňovány. BIM model se odlišuje už jenom tím, že sice obsahuje vše, co má 3D model, tedy údaje o poloze a výšce bodu, případně je mu přidána barva předmětu, ale hlavně obsahuje negeometrické informace, jako je materiál, cenový údaj, zařizovací předměty, viditelné inženýrské sítě aj., a také půdorysné výkresy a řezy v PDF, výkazy materiálů včetně informací pro případné simulace, pohledy apod. V tomto směru je zapotřebí změnit taktiku myšlení při měření a zpracování modelu.

Na závěr bych zde rád shrnul, čím může geodet nabídnout své služby pro projektanty, případně investory a další profese v případě BIM od zaměření až po výsledný model ve formátu IFC. Geodet obecně na základě zaměření určuje tvar, umístění a rozměry objektu. Ať už formou laserového skenování, klasické polární metody, nebo i dalších, v této práci nevyužitých, metod sběru dat, jako je např. fotogrammetrie. Také dokáže rozlišit základní materiály a umístit z měření základní zařizovací předměty. Výsledkem tedy může být buď model v IFC jako v této práci, anebo pouze upravené mračno bodů dle požadavků objednávky zakázky, ideálně doplněné CAD výkresem, který by byl umístěn v S-JTSK a Bpv.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ A LITERATURY

- [1] ČERNÝ, Martin. *BIM příručka: základní představení metodiky informačního modelování budov (BIM) a význam BIM pro změny procesů ve stavebnictví*. Vydání první. Praha: Odborná rada pro BIM o.s, 2013. ISBN 978-80-260-5296-8.
- [2] *Building Information Management (BIM) Council - National Institute of Building Sciences* [online]. [vid. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://www.nibs.org/page/bimc>
- [3] WALTERS, Angela. *2011 BIM Working Group Strategy Paper* [online]. 25. leden 2018 [vid. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://www.cdbb.cam.ac.uk/news/2011BIMStrategyPaper>
- [4] DUFEK, Zdeněk, Pavel KOUKAL, Petr FIALA, Rudolf VYHNÁLEK, Josef REMEŠ, Marek JEDLIČKA, Rostislav DROCHYTKA a Jiří BYDŽOVSKÝ. *BIM pro veřejné zadavatele*. Praha: Leges, 2018. Praktik. ISBN 978-80-7502-285-1.
- [5] *BIMfo - Historie BIM* [online]. [vid. 2021-04-26]. Dostupné z: <https://www.bimfo.cz/Aktuality/Historie-BIM.aspx?feed=c48eb57d-29ed-4d21-9ca2-062ab946e7b1>
- [6] RACE, Steve. *BIM Demystified*. 2st edition. London: RIBA Publishing, 2012. ISBN 978-1-85946-373-4.
- [7] MATĚJKA, Petr a Nataliya ANISIMOVA. *Základy implementace BIM na českém stavebním trhu*. Praha: FinEco, 2012. ISBN 978-80-86590-10-3.
- [8] MINISTERSTVO PŮMYSLU A OBCHODU. *Koncepce zavádění metody BIM v České republice* [online]. Praha: MPO, 2020. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/2017/10/Koncepce-zavadeni-metody-BIM-v-CR.pdf>
- [9] Co znamená pojem LOD v BIM? *TZB-info* [online]. [vid. 2021-04-27]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/bim-informacni-model-budovy/20352-co-znamenaj-pojem-lod-v-bim>
- [10] BIM - Informační model budovy. *TZB-info* [online]. [vid. 2020-11-29]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/bim-informacni-model-budovy>
- [11] *Co je CDE? | NajdiCDE.cz* [online]. [vid. 2021-05-09]. Dostupné z: <https://najdicde.cz/CDE>
- [12] *SFDI | BIM informační modelování staveb* [online]. [vid. 2021-04-30]. Dostupné z: <https://www.sfdi.cz/bim-informacni-modelovani-staveb/>

- [13] EASTMAN, Charles M., Chuck EASTMAN, Paul TEICHOLZ, Rafael SACKS a Kathleen LISTON. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. B.m.: John Wiley & Sons, 2011. ISBN 978-0-470-54137-1.
- [14] WEYGANT, Robert S. *BIM Content Development: Standards, Strategies, and Best Practices*. B.m.: John Wiley & Sons, 2011. ISBN 978-1-118-03047-9.
- [15] ČSN P ISO/TS 12911 *Rámec pro návody na informační modelování staveb (BIM) - TZB-info* [online]. [vid. 2021-05-09]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/normy/csn-p-iso-ts-12911-2014-02>
- [16] TOMANOVÁ, Ing. Štěpánka. *Rámec pro návod na informační modelování staveb (BIM)*. B.m.: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2014
- [17] AIR House. *UCEEB* [online]. 2. červenec 2014 [vid. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://www.uceeb.cz/projekty/air-house>
- [18] *AIR House* [online]. 2021 [vid. 2021-04-28]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=AIR_House&oldid=19425087
- [19] Zákon č. 256/2013 Sb. Katastrální zákon. [online]. [vid. 2021-04-28]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-256>
- [20] Vyhláška č. 357/2013 Sb. Vyhláška o katastru nemovitostí (katastrální vyhláška). [online]. [vid. 2021-04-28]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-357>
- [21] *GEFOS Leica | MS60 multistanice* [online]. [vid. 2021-02-24]. Dostupné z: /o-produktech/geodeticke-pristroje/totalni-stanice/ms60-multistanice
- [22] *Leica Nova MS60 MultiStation - For all your measurement tasks* [online]. [vid. 2021-04-28]. Dostupné z: <https://leica-geosystems.com/products/total-stations/multistation/leica-nova-ms60>
- [23] Dr. Hánek, Ing. Vacek, Ing. Volkmann, *Analýza měřických metod pro komplexní zaměření stavebních objektů. GaKO 1/2021 | Geodetický a Kartografický Obzor* [online]. [vid. 2021-04-30]. Dostupné z: <https://egako.eu/cs/gako-1-2021/>
- [24] PRUŠKOVÁ, K., M. DĚDIČ a J. KAISER. Possibilities of Using Modern Technologies and Creation of the Current Project Documentation Leading to the Optimal Management of the Building for Sustainable Development. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [online]. 2019, **290**, 012058 [vid. 2021-04-30]. ISSN 1755-1315. Dostupné z: doi:10.1088/1755-1315/290/1/012058
- [25] *RTK sestava Geomax Zenith35 TAG Pro se sklony* [online]. [vid. 2021-04-28]. Dostupné z: <https://geopen.cz/geodeticke-gps-gnss/526-rtk-sestava-geomax-zenith35-tag-pro-se-sklony.html>

- [26] *Zenith35 Pro | GeoMax* [online]. [vid. 2021-04-28]. Dostupné z: <https://geomax-positioning.com/products/gnss/zenith35-pro>
- [27] *Groma - Geodetický software* [online]. [vid. 2021-04-30]. Dostupné z: <http://groma.cz/cz/>
- [28] *GeoWin - Úvod* [online]. [vid. 2021-04-30]. Dostupné z: <https://www.geowin.cz/>
- [29] *cadconsulting s.r.o.* [online]. [vid. 2021-05-01]. Dostupné z: <https://www.cadconsulting.cz/>
- [30] *CAD Fórum - Knihovna bloků - bloky pro AutoCAD, Revit, Inventor* [online]. [vid. 2021-05-01]. Dostupné z: <https://www.cadforum.cz/catalog/>
- [31] *NBS National BIM Library - Free to download BIM objects* [online]. [vid. 2021-05-01]. Dostupné z: <https://www.nationalbimlibrary.com/en/>
- [32] Zákon č. 200/1994 Sb. Zákon o zeměměřictví. [online]. [vid. 2021-04-28]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1994-200>
- [33] *Download | BIMvision* [online]. [vid. 2021-05-01]. Dostupné z: <https://bimvision.eu/download/>
- [34] ING. POLÁK, Petr. *Zeměměřická díla. Oceňování, vztahy s obchodním, ústavním, občanským, správním a stavebním právem, geometrická přesnost ve výstavbě.* [online]. B.m.: Český svaz geodetů a kartografů. leden 2007. Dostupné z: https://k154.fsv.cvut.cz/vyuka/geodezie/ekz/ekz_cenik.pdf
- [35] BIM ThinkSpace. *BIM ThinkSpace* [online]. [vid. 2021-05-09]. Dostupné z: <https://www.bimthinkspace.com/>
- [36] *Steve Race - Just an ordinary bloke now retired, but still above ground - Scalliwags & Co | LinkedIn* [online]. [vid. 2021-05-09]. Dostupné z: <https://uk.linkedin.com/in/steve-race-20030b3a>
- [37] The birth of BIM and the virtual model according to Eastman. *BibLus* [online]. 30. květen 2017 [vid. 2021-05-01]. Dostupné z: <https://biblus.accasoftware.com/en/the-birth-of-bim-eastman/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Pták nakreslený jako BIM model od Charles Eastman [37].....	11
Obrázek 2: Steve Race DipArch [36].....	12
Obrázek 3: BIM Maturity Model [35].....	12
Obrázek 4: Fajfka.....	17
Obrázek 5: Křížek.....	17
Obrázek 6: Ukázka veřejně přístupné knihovny rodin [30].....	20
Obrázek 7: AIR House - foceno v Kalifornii při soutěži [17].....	21
Obrázek 8: Detail objektu - pohled na základy stavby.....	22
Obrázek 9: Měření interieru multistanicí Leica.....	23
Obrázek 10: Měření exteriéru multistanicí Leica.....	24
Obrázek 11: Leica MS60 [21].....	25
Obrázek 12: Proces 3D skenování stavebního objektu [24] (volně přeloženo).....	27
Obrázek 13: Geomax Zenith 35 PRO [26].....	28
Obrázek 14: Groma - vyrovnání sítí.....	29
Obrázek 15: Groma - transformace souřadnic.....	30
Obrázek 16: CloudCompare - úprava mračen bodů.....	31
Obrázek 17: AutoCAD - Geowin a příprava CAD výkresů.....	32
Obrázek 18: Autodesk Revit - XREF výkresy.....	33
Obrázek 19: Autodesk Revit - řez 3D modelem s mračnem bodů.....	34
Obrázek 20: Autodesk Revit - export IFC formátu.....	35
Obrázek 21: 1. otázka z ankety.....	36
Obrázek 22: 4. otázka z ankety.....	37
Obrázek 23: 5. otázka z ankety (screenshot obrazovky).....	37
Obrázek 24: 7. otázka z ankety (screenshot obrazovky).....	38

Obrázek 25: <i>INP – z projektu</i>	41
Obrázek 26: <i>INP – z geodetického zaměření</i>	41
Obrázek 27: Projekt 3D vizualizace - pohled jih.....	42
Obrázek 28: Projekt 3D vizualizace - pohled sever.....	42
Obrázek 29: Skutečná podoba budovy vyfocená v den měření - pohled jih.....	42
Obrázek 30: Skutečná podoba budovy vyfocená v den měření – pohled sever.....	42
Obrázek 31: z geodetického měření 3D vizualizace - pohled sever.....	42
Obrázek 32: z geodetického měření 3D vizualizace - pohled jih.....	42
Obrázek 33: Náčrt s popisem místností.....	43

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Porovnání LOD dle jednotlivých dostupných zdrojů.....	15
Tabulka 2: Jednotlivý účastníci v řízení BIM [8].....	16
Tabulka 3: Přesnost měření multistanicí [22].....	26
Tabulka 4: Přesnost měření GNSS [26].....	28
Tabulka 5: Rozpis odpracovaných hodin na této práci.....	40
Tabulka 6: Výkaz výměr - porovnání modelů.....	43

SEZNAM PŘÍLOH

- [1] - protokol měření GNSS (*elektronicky*)
- [2] - protokol o výpočtech (*elektronicky*)
- [3] - seznam souřadnic (*elektronicky*)
- [4] - zápisník měření z multistanice (*elektronicky*)
- [5] - přehledka bodového pole (*elektronicky, v tištěné podobě*)
- [6] - model a jeho součásti (*elektronicky, PDF výkresy v tištěné podobě*)
- [7] - surová a jiná data {z GNSS, multistanice, CADu, ReCap,...} (*elektronicky*)
- [8] - geodetické údaje bodového pole (*elektronicky*)