

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra technologie staveb



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
Možnosti využití digitálních nástrojů pro
zefektivnění realizace systémů TZB

Markéta Drozdová
2022

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Michal Kovářík

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Drozdová	Jméno: Markéta	Osobní číslo: 476957
Zadávací katedra: Katedra technologie staveb, K122		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Možnosti využití digitálních nástrojů pro zefektivnění realizace systémů TZB	
Název bakalářské práce anglicky: Possibilities of using digital tools for more efficient implementation of MEP systems	
Pokyny pro vypracování:	
1. Definice problémů při realizaci systémů TZB	
2. Rešerše dostupných technologií pro realizaci systémů TZB	
3. Multikriteriální porovnání dostupných technologií pro realizaci systémů TZB	
4. Experimentální ověření vybrané metody	
5. Porovnání vybrané metody se stávající technologií	
6. Diskuse	
7. Závěr	
Seznam doporučené literatury:	
[1] CH. FERQUHARSON, J. GUNNOE, A. RIVERA.: Current BIM Practices Amongst MEP Contractors and Suggestions for Improvement. Researchgate, 2018	
[2] F. KALINA.: Realizační dokumenty stavby v datovém modelu. Dspace, 2016	
[3] H. ZHEN-ZHONG, Z. JIAN-PING, Y. FANG-QUIANG, T. PEI-LONG.: Construction and facility management of large MEP projects using a multi-Scale building information model. Sciencedirect, 2016	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Michal Kovářík	
Datum zadání bakalářské práce: 18.2.2022	Termín odevzdání BP v IS KOS: 15.5.2022
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku	
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 nutně 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)
-----------------------	---------------------

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze, dne 17. 5. 2022

.....

Markéta Drozdová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Michalu Kováříkovi za cenné rady a odborné připomínky, poskytnutí zajímavých informací, a zejména za vstřícné a inspirativní konzultace a jeho opravdový zájem o téma této práce. Dále bych chtěla poděkovat montážním pracovníkům Pavlovi Čecháčovi a Rudolfovi Terifajovi za ochotu a čas při účasti na experimentu v rámci bakalářské práce a v neposlední řadě svému otci Ing. Radomíru Drozdovi za konzultace případů z reálného prostředí a další cenné rady.

ANOTACE

Tato bakalářská práce zkoumá možnosti zefektivnění montáže technických zařízení budov využitím digitálních nástrojů, zejména BIM.

Úvodní část práce se věnuje obecně problematice TZB, jsou popsány běžné postupy projekce TZB, a dále dokumenty a nástroje potřebné pro realizaci a řízení kvality. Je také nastíněna problematika správy TZB. Následně autorka na základě vlastních zkušeností z praxe popisuje typické problémy, vyskytující se při realizaci systémů TZB. Dále je zpracována rešerše digitálních nástrojů a metod, využívaných při projekci, přípravě a realizaci systémů TZB. S cílem získat představu o využití digitálních metod při realizaci systémů TZB menšími zhotoviteli je telefonicky proveden průzkum šesti společností. V rámci experimentální části je poté zpracována multikriteriální analýza digitálních metod, která posuzuje potenciál pro jejich využití při realizaci TZB. Následně je experimentálně ověřena efektivita montáže TZB na čtyřech projektech RD, realizovaných s pomocí různých metod převodu projektu do reality. Následné vyhodnocení naznačuje vyšší efektivitu využití BIM oproti papírové dokumentaci, s nutností ověřit tyto závěry rozsáhlejším experimentem. V závěru pak autorka rekapituluje postup při vypracování práce.

KLÍČOVÁ SLOVA:

BIM, efektivita, kvalita, realizace staveb, TZB, virtuální realita

ANNOTATION

This bachelor thesis explores the possibilities of making the installation of MEP systems more efficient by using digital tools, especially BIM.

The introductory part of the thesis describes MEP systems in general, common MEP design procedures, and also documents and tools needed for installation and for quality control. The topic of maintenance of MEP systems is also outlined. Subsequently, based on her own experience, the author describes issues with MEP systems that arise during the construction phase. Next, research of methods used in the design, preparation and construction phase of MEP systems is made. In order to gain an understanding of the use of digital methods in during the construction of MEP systems by smaller contractors, a telephone survey of six companies is made. In the experimental part, a multi-criteria analysis of digital methods, which assesses the potential for use during construction of MEP systems, is made. Subsequently, the efficiency of construction of MEP systems at four projects of single-family houses, constructed using various methods of conversion from design to reality, is experimentally verified. Follow-up evaluation suggests a higher efficiency of BIM use compared to paper documentation, with the need to verify these conclusions with a more extensive experiment. In the conclusion, the author summarizes the process of elaboration of the thesis.

KEY WORDS:

BIM, construction, efficiency, MEP, quality, virtual reality

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AR	Augmented Reality – Rozšířená realita
BEP	BIM Execution plan – Plán výkonu BIM
BIM	Building information modelling – Informační model budovy
CAD	Computer Aided Design – Počítačem podporované projektování
CAFM	Computer Aided Facility Management – Počítačem podporovaný FM
CDE	Common Data Environment – Společné datové prostředí
DPS	Dokumentace pro provádění stavby
DSP	Dokumentace pro stavební povolení
FM	Facility management
IWMS	Integrated Workplace Management System
KZP	Kontrolní a zkušební plán
LOD	Level of Detail/Development – Úroveň podrobnosti
MKA	Multikriteriální analýza
MR	Mixed Reality – Smíšená realita
PD	Projektová dokumentace
RAM	Random Access Memory – Paměť s libovolným přístupem
RDS	Realizační dokumentace stavby
RFID	Radio Frequency Identification – Identifikace na rádiové frekvenci
SoD	Smlouva o dílo
STP	Stavebně technologický projekt
STS	Stavebně technologická studie
TePř	Technologický předpis

TZB	Technická zařízení budov
URL	Uniform Resource Locator – Jednotkový lokátor zdroje
ÚRS	Ústav racionalizace ve stavebnictví
UT	Ústřední topení (vytápění)
UX	User Experience – Uživatelská zkušenost
VR	Virtual Reality – Virtuální realita
VTD	Výrobně technická dokumentace
VZT	Vzduchotechnika
SW	Software
ZTI	Zdravotně-technické instalace

OBSAH

ÚVOD.....	10
1. Úvod do problematiky TZB	11
1.1. Projekce TZB	14
1.1.1. Digitální nástroje pro zpracování projektové dokumentace	14
1.2. Realizace TZB	19
1.2.1. Dokumenty potřebné pro realizaci TZB	19
1.2.2. Nástroje/dokumentace pro řízení kvality	22
2. Požadavky na kvalitu TZB	23
2.1. Kontroly a zkoušky TZB	26
3. Správa TZB	28
4. Problémy při realizaci TZB	31
4.1. Kolize.....	31
4.2. Stavba neodpovídající PD	32
4.3. Nedostatečná stavební připravenost	32
4.4. Změna způsobu realizace investorem	33
4.5. Problémy s materiálem.....	33
4.6. Nepozornost a nepochopení PD	33
4.7. Chyby z důvodu nedodržení montážních postupů a zásad	34
5. Digitální nástroje s potenciálem využití při realizaci TZB	34
5.1. BIM.....	34
5.1.1. 3D PDF.....	35
5.1.2. Autodesk Viewer	36
5.1.3. Navisworks Manage	38
5.2. QR kódy.....	39
5.3. 3D tisk	40
5.4. VR/AR/MR.....	41
5.4.1. Úvod do problematiky VR/AR/MR.....	41
5.4.2. VR (Virtual Reality)	43
5.4.3. AR (Augmented Reality).....	45
5.4.4. MR (Mixed Reality).....	46
5.5. CDE.....	47
6. Průzkum využívaných digitálních nástrojů pro realizaci TZB na trhu	48

7. Hypotéza	49
8. Experimentální část	50
8.1. Multikriteriální analýza vybraných metod pro realizaci TZB	50
8.1.1. Porovnávání metody tvorby a použití podkladů pro realizaci	50
Pro multikriteriální analýzu byly zvoleny metody 8.1.1.1-8.1.1.7.....	50
8.1.1.1. PD (Půdorysy, pohledy, řezy, schémata atd.) vypracovaná v SW Autocad, a vtištěná na papír	50
8.1.1.2. PD (Půdorysy, 3D pohledy, řezy, schémata atd.), vymodelovaná v SW Revit, a vtištěná na papír	50
8.1.1.3. PD, vymodelovaná v SW Revit (v rozsahu 8.1.1.2), doplněná 3D modelem v 3D PDF, zobrazovaným na chytrém telefonu nebo tabletu	50
8.1.1.4. PD, vymodelovaná v SW Revit (v rozsahu 8.1.1.2), doplněná BIM modelem v aplikaci Autodesk Viewer, zobrazovaným na chytrém telefonu nebo tabletu.....	50
8.1.1.5. PD, vymodelovaná v SW Revit (v rozsahu 8.1.1.2), doplněná BIM modelem v SW Navisworks Manage, zobrazovaným na tabletu.....	51
8.1.1.6. PD, vymodelovaná v SW Revit (v rozsahu 8.1.1.2), doplněná VR brýlemi a počítačem s BIM modelem	51
8.1.1.7. PD, vymodelovaná v SW Revit (v rozsahu 8.1.1.2), doplněná MR brýlemi a počítačem s BIM modelem	51
8.1.2. Kritéria.....	51
8.1.2.1. Poměrná doba montáže	52
8.1.2.2. Poměrná doba projekčních a přípravných prací.....	52
8.1.2.3. Pořizovací cena zařízení a SW	52
8.1.2.4. Pravděpodobnost a rozsah neshod	53
8.1.2.5. Kvalita provedení (spokojenost objednatele).....	53
8.1.2.6. Spokojenost montážních pracovníků.....	53
8.1.3. Vyhodnocení multikriteriální analýzy	54
8.2. Experimentální ověření vybraných metod	55
8.2.1. Popis metod experimentálního ověření	55
Pro ověření hypotézy jsem zvolila porovnání využití dvou metod podkladů pro realizaci, klasickou a BIM metodu, na čtyřech stavbách.....	55
8.2.1.1. Klasická metoda	55
8.2.1.2. BIM metoda	55
8.2.2. Popis experimentálního ověření vybraných metod.....	56
8.2.3. Vyhodnocení experimentálního ověření vybraných metod	58

8.2.4. Námět pro pokračování experimentálního ověření vybraných metod	62
8.2.5. Fotodokumentace z experimentálního ověření vybraných metod	63
9. Závěr	68
SEZNAM ZDROJŮ A LITERATURY	69
SEZNAM TABULEK	78

ÚVOD

S překotným rozvojem dnešní společnosti a rostoucími požadavky na kvalitu prostředí se zvyšují nároky na technická zařízení budov (dále jen „TZB“). Vysoké nároky na úpravu vnitřního prostředí, požadavky na snížení provozních nákladů z důvodu růstu energií, snaha o vyšší bezpečnost staveb a současný trend rychlosti výstavby nutí projektanty a stavitele hledat nové možnosti technologie výstavby.

Souběh několika faktorů, od globální hospodářské krize způsobené Covid-19, přes inflaci až po lokální silnou poptávku, stojí za dramatickým růstem cen stavebních materiálů (a jejich špatnou dostupností), který dle poslední indikace bude nadále pokračovat. To se odráží i do oblasti TZB, která běžně činí přes 30 % ceny projektů. Problémy s materiálem a nedostatek kvalifikovaných pracovníků jsou jedny z faktorů, kvůli kterým ceny TZB postupně v řádech procent stoupají. [1], [2], [3], [4]

I přes současnou situaci se podle kvartální analýzy českého stavebnictví Q4/2021 [5] tento rok předpokládá vzrůst stavebnictví až o 2,2 %. Předpokládá se, že vzroste i odvětví TZB. Velikost celosvětového trhu vytápění, větrání a klimatizace do roku 2030 předpokládá zvýšení na 367,5 miliard amerických dolarů. Odhaduje se, že objem celosvětového trhu v odvětví vytápění, větrání a klimatizace dosáhne v roce 2024 cca 151 milionů jednotek, oproti 116 milionů jednotek v roce 2018. [2], [6], [7]

Motivací pro zpracování tématu možnosti využití digitálních nástrojů pro zefektivnění realizace systémů TZB je osobní zkušenost s prací v společnosti menší velikosti, zabývající se projekcí a realizací TZB, kde se často potýkám s neefektivním způsobem realizace TZB.

V tuto chvíli je vzhledem k výše uvedeným okolnostem vhodná doba na hledání nových metod, které by pomohly zefektivnit a zlevnit proces realizace TZB systémů a docílit vyšší rychlosti a kvality montáže, což je podstatou této bakalářské práce.

Cílem práce je pak prozkoumat možnosti využití digitálních technologií pro zlepšení kvality v prostředí menších zhotovitelských firem v oblasti TZB.

1. Úvod do problematiky TZB

Technická zařízení budov označují soubor zařízení, které vytváří technické prostředí uvnitř budovy a zajišťují splnění požadavků budovy pro daný účel. [8]

Technická zařízení budov jsou určena pro: [9]

- Zajištění požadovaných parametrů vnitřního prostředí budov (vnitřní teplota, kvalita vzduchu, umělé osvětlení)
- Pokrytí hygienických potřeb člověka
- Distribuci energie a médií
- Řídící a regulační systémy
- Dopravní systémy (výtahy, eskalátory...)
- Technologická zařízení

Prostředí v budovách má vliv na naše zdraví, spokojenost a produktivitu. Nevhodné řešení TZB může mít za důsledek syndrom nemocných budov. To je označení pro příznaky, kterými trpí lidé pobývající ve špatně navržených budovách. Osoby pobývající v takovýchto prostorech dlouhodobě často trpí bolestmi hlavy, závratěmi, nevolnostmi, podrážděnou oční sliznicí, podrážděním nosu a krku, suchým kašlem, svěděním, zhoršenou koncentrací, únavou, alergiemi a dalšími obtížemi. Nejčastějšími příčinami jsou vlhkosti a plísně, nečistoty chemického původu, biologické kontaminanty, nedostačující větrání atd. [10], [11]

Současná generace tráví pobytem uvnitř budov 90 % svého času, proto je důležité kvalitu návrhu, provedení i údržby TZB, které vnitřní prostředí přímo ovlivňuje maximalizovat. [12] [13]

Návrh a provoz technických zařízení je navíc úzce spojen s úsporami energií a efektivním provozem budov. S rostoucími požadavky na snížení provozních nákladů a s rostoucími cenami energií [14] roste i důležitost TZB a jeho propojení s ostatními stavebními obory a tím se zvyšují i nároky na koordinaci činností. [8]

Součástí TZB jsou [8]:

1. Instalace, rozvody

- Vytápění (dále jen „UT“)
- Vzduchotechnika (dále jen „VZT“), větrání
- Klimatizace a chlazení
- Zdravotně-technické instalace (dále jen „ZTI“) - vodovod, kanalizace, plyn

2. Elektrotechnické rozvody

- Silnoproudá elektroinstalace (rozvody sítí, osvětlení)
- Slaboproudá elektroinstalace (EPS, kamerové systémy CCTV, telefony a komunikátory atd.)
- Měření a regulace, řídicí systémy pro technická zařízení
- Zabezpečovací technika (EZS)
- Hromosvody

3. Další technická zařízení v budovách

- Výtahy atd.

Oblast TZB se odráží také v množství zákonných požadavků shrnutých do směrnic, norem a vyhlášek.

Předpisy, normy a směrnice související s technickými zařízeními budov [15]:

Právní předpisy:

- Nařízení vlády č. 480/2000 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením
- Nařízení vlády č. 502/2000 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů
- Nařízení vlády č. 27/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na výtahy, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška MMR č. 137/1998 Sb., o obecných technických požadavcích na výstavbu

- Vyhláška MZd č. 252/2000 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody
- Vyhláška MMR č. 369/2001 Sb., o obecných technických požadavcích zabezpečujících užívání staveb osobami s omezenou schopností pohybu a orientace
- Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb., o radiální ochraně
- Vyhláška č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu

Normy:

- ČSN 73 4301 - Obytné budovy – v normě jsou uvedeny předpisy a související normy, které je v oblasti TZB nutno respektovat. Jsou zde definované požadavky na vnitřní prostředí a požadavky na technická zařízení budov.
- ČSN 06 0310 Ústřední vytápění – Projektování a montáž
- ČSN 07 0703 Kotelny se zařízeními na plynná paliva
- ČSN 12 7010 Vzduchotechnická zařízení – Navrhování větracích a klimatizačních zařízení – Všeobecná ustanovení
- ČSN 27 4300 Elektrické výtahy – Šachty, strojovny a prostory pro kladky – Všeobecná ustanovení
- ČSN ISO 4190-6 (27 4310) Elektrické výtahy – Část 6: Osobní výtahy pro bytové domy – Navrhování a výběr
- ČSN 33 3320 Elektrotechnické předpisy – Elektrické přípojky
- ČSN 34 2300 Předpisy pro vnitřní rozvody sdělovacích vedení
- ČSN 34 2710 Předpisy pro zařízení elektrické požární signalizace
- ČSN 73 0005 Modulová koordinace rozměrů ve výstavbě – Základní ustanovení
- ČSN EN ISO 717-1 (73 0531) Akustika – Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách – Část 1: Vzduchová neprůzvučnost

- ČSN EN ISO 717-2:1998 (73 0531) Akustika – Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách– Část 2: Kročejová neprůzvučnost
- ČSN 75 5401 Navrhování vodovodního potrubí
- ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky
- ČSN 75 6081 Žumpy
- ČSN 75 6402 Čistírny odpadních vod do 500 ekvivalentních obyvatel

TPG:

- TPG 704 01 Odběrná plynová zařízení a spotřebiče na plynná paliva

1.1. Projekce TZB

Pro určení prostorového, technického, materiálového a ekonomického řešení systémů TZB je nutno zpracovat projektovou dokumentaci (dále jen „PD“) a z ní vycházející výkaz výměr.

PD určuje finální podobu řešení – geometrické uspořádání, vztahy mezi prvky, specifikace prvků a další informace.

Zpravidla obsahuje dokumenty jako např. 2D výkresy – půdorysy, rozvinuté řezy, pohledy, schémata atd., 3D výkresy - axonometrické nebo perspektivní zobrazení, 3D modely, ale i textové a datové dokumenty jako jsou technické zprávy, posudky, výpočty, specifikace, katalogové listy, výkazy výměr atd.

Výkresy pak mohou obsahovat geometrické informace jako např. 2D objekty (křivky, šrafy, body, kóty), ale i negeometrické informace – popisky, tabulky, poznámky, specifikace, text, schémata, grafy, obrázky atd.

1.1.1. Digitální nástroje pro zpracování projektové dokumentace

V současné době je standardem vypracovávat projektovou dokumentaci v digitální podobě s využitím počítačů. K tomu jsou využívány různé softwarové (dále jen „SW“) nástroje, které zároveň určují formu a podrobnost dokumentace.

Od roku 1960, kdy vznikl první CAD SW, se začalo postupně přecházet od ručního kreslení projektové dokumentace za pomoci rýsovacího prkna, k využití CAD SW pro tvorbu stavební dokumentace. CAD je zkratka pro Computer Aided Design, což se dá přeložit jako počítačem podporovaný design. Je to nástroj pro navrhování, využívající počítače k vytváření výkresů a modelů výrobků. [16], [17], [18]

Pomocí 2D CAD lze navrhovat křivky a obrazce ve dvourozměrném (2D) prostoru a pomocí 3D CAD lze navrhovat křivky, plochy a tělesa v trojrozměrném (3D) prostoru. [19]

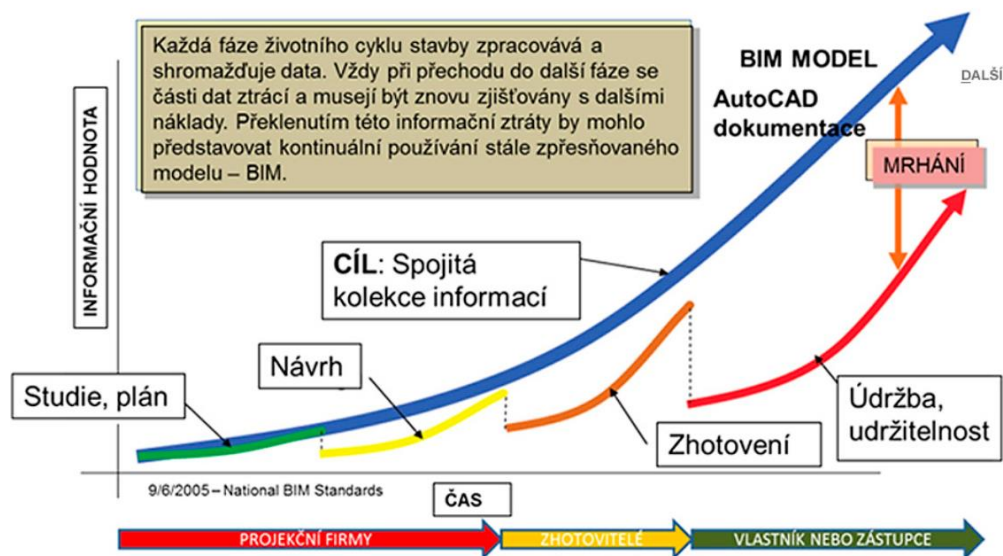
Období zhruba posledních dvaceti let však přineslo velké technologické změny. Začíná se přecházet k metodice BIM. Pojem BIM znamená „Building Information Modelling/ managing“ (informační modelování budovy). Je to soubor procesů, pomocí kterých se vytváří a spravuje digitální model budovy včetně jejich vlastností. BIM pomocí 3D modelu tvoří centrální databázi budovy. V BIM modelu jsou oproti 3D CAD navíc obsaženy relevantní informace pro každou etapu stavebního procesu- od prvního designu po údržbu. [20], [21]

Projektování metodou BIM je velmi komplexní záležitostí. BIM projekt může mít různé podoby, například v závislosti na grafické podrobnosti projektu nebo na množství negrafických informací do něj vložených. Požadované vlastnosti projektu je potřeba předem definovat. K tomuto účelu se při projektování metodou BIM obvykle uzavírá mezi generálním dodavatelem a projektantem tzv. BIM Execution Plan (BEP), tedy Plán výkonu BIM. BEP definuje základní pravidla, která mají zajistit úspěšné zakomponování technologií BIM a optimalizaci práce – rozsah, průběh procesů, odpovědnosti, milníky, úkoly a nástroje, které mají být použity apod. [22], [23]

Projektová dokumentace využitá pro realizaci v rámci této bakalářské práce byla vytvořena stejnou společností, která zároveň TZB systémy realizuje (design-build system). Proto se předpokládá, že jsou modely využité pro tuto práci v pořádku a není potřeba vytvářet BEP.

Při realizaci stavebních projektů v klasickém CAD prostředí, mezi jednotlivými fázemi životního cyklu stavby dochází ke ztrátě informací a dat, což má

negativní vliv nejen na kvalitu takto řízených projektů, ale i na jejich finanční stránku. Jednou z hlavních výhod zpracování projektů v prostředí BIM je eliminace těchto jevů. Následující obrázek znázorňuje rozdíl mezi klasicky prováděným projektem a projektem prováděným v BIM prostředí. [24]

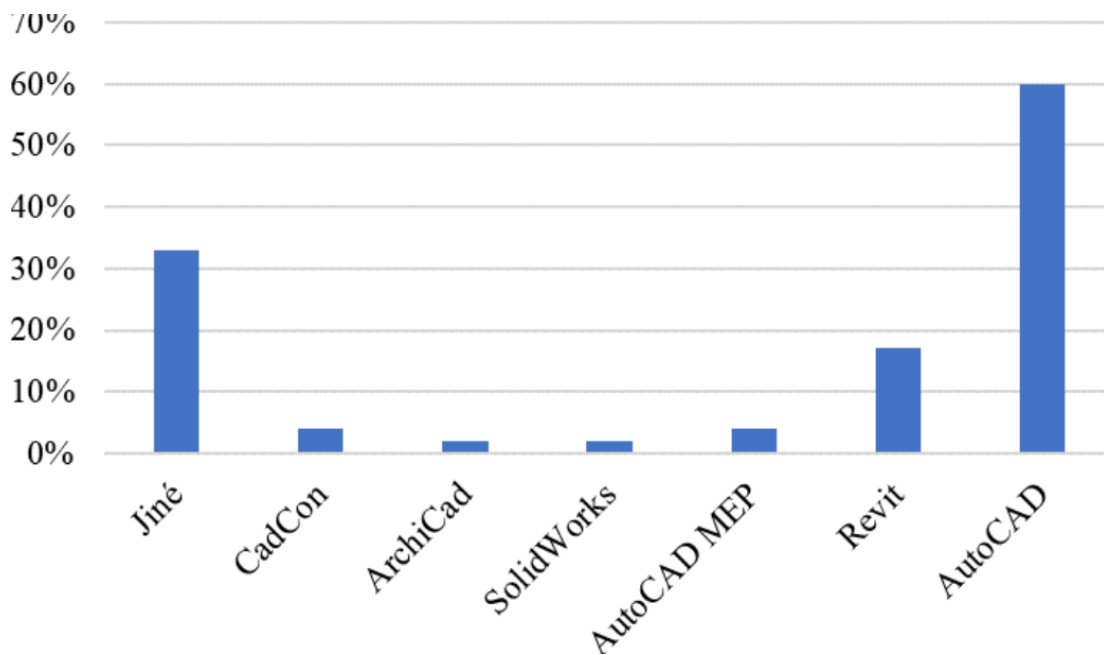


Obrázek č. 1: Ztráta informací během životního cyklu stavby

Zdroj: https://www.imaterialy.cz/rubriky/legislativa/bim-a-vazba-na-pripravovany-zakon-o-stavebnich-vyrobcih_47025.html

V současné době je zavádění BIM technologie obecně velkým trendem. V projekční činnosti v oblasti TZB však zatím není tato metoda velmi běžná. [25]

Za účelem zjištění informací o zavedení BIM technologie v oboru TZB byl v roce 2019 v ČR s podporou ČKAIT proveden průzkum mezi autorizovanými inženýry a techniky v oblasti techniky prostředí. Pouze 22 % dotazovaných odpovědělo, že využívají pokročilé technologie BIM. [25]



Obrázek č. 2: Graf používaných softwarů projektanty TZB

Zdroj: <https://vytapani.tzb-info.cz/19415-integrovaný-navrh-vytapani-nzeb-s-podporou-bim>

Z grafu vidíme, že je mezi projektanty nejvíce používaný program AutoCAD, poté Revit, CadCon atd.

AutoCAD a CadCon jsou programy na bázi CAD, Revit je program využívající BIM metody. Z grafu je tedy patrné, že více projektantů stále pracuje s konvenční metodou CAD. [25]

Mnoho projektantů TZB dále využívá profesně specializované SW, jako jsou TechCon, Protech atd., kde provádí např. hodnocení energetické náročnosti budov, dimenzování otopných a chladících soustav a jiné výpočty. [26]

TechCon i Protech jsou výpočetní programy, které je možné propojit s CAD systémy. Nový modul programu Protech umožňuje do systému načíst soubor formátu gbXML, který generují programy pracující na platformě BIM. [27]

Dále je na trhu např. program DDS-CAD, který umožňuje provádět výpočty pro dimenzování potrubí, tepelné ztráty, tlakové ztráty, detekci kolizí atd. Do

programu lze načítat formáty DXF/DWG nebo IFC. DDS-CAD je samostatný CAD/BIM program (nikoliv nadstavba nad jinou CAD/BIM aplikaci) zároveň umožňující profesně zaměřené výpočty. [28]

V omezené míře i program Revit umožňuje kromě projektování systémů TZB také jejich dimenzování. Jedná se ovšem pouze o jednoduché základní výpočty. K jejich využití je navíc potřeba některé koeficienty zadat ručně ke každé armatuře potrubí zvlášť. Pro využití pokročilých funkcí, jako například vyvažování škrtkových ventilů je nutno nainstalovat pluginy od jiných firem. [29]

SW DDS-CAD a Revit nejsou však pro profesní výpočty běžně používány. Projektanti obecně zabudované výpočty, do nichž nevidí, a hodnoty z nich exportované nepovažují za důvěryhodné. Raději si provedou výpočty vlastnoručně nebo pomocí osvědčených výpočtových programů.

Součástí průzkumu bylo také porovnání výsledků tepelných ztrát, které ukázalo, že výpočty BIM programů pracují s odchylkou 2 % oproti CAD programům. „lze tedy říci, že technologie BIM je přínosná především při koordinaci všech profesí, ale pro samotné počítání a dimenzování je prozatím ještě lepší využívat jiné nástroje.“ [25]

Ukázalo se, že nejčastějším důvodem, proč projektanti TZB nepoužívají BIM technologie je časová a finanční náročnost jeho implementace a skutečnost, že již pracují v jiných výpočetních programech, které BIM technologii neumožňují. [25]

Projekci TZB v Revitu dále komplikuje fakt, že aktuálně není k dispozici dostatek kvalitních rodin (prvků) pro české prostředí. Projektant je nucen upravovat stávající rodiny, nebo si vytvářet vlastní rodiny. Pro tvorbu rodin zatím v ČR nejsou stanoveny žádné standardy, dostupné rodiny tedy nemusí vždy korektně fungovat. [29], [30]

Revit rodina je název pro objekt vymodelovaný v rámci 3D modelu budovy, který obsahuje 2D symbol, 3D vizualizaci a příslušné údaje o produktu. Soubor formátu RFA slučuje různé informace v různých formátech do "rodiny" datových souborů, čímž se zvyšuje rychlost a efektivita, snižuje duplicita informací a snižují lidské

chyby, díky výběru produktů jedním kliknutím, namísto zdlouhavého načítání většího množství souborů. [31]

Vzhledem k tomu, že Revit je ze své podstaty podrobná, na data bohatá platforma, jejíž modely mohou rychle zvyšovat svou velikost, je důležité při vytváření rodin zvážit množství různých typů informací, které by měly být použity a vytvářet rodiny efektivně. [32]

Množství informací v BIM prvku určuje LOD – Level of Development (úroveň podrobnosti), což je ukazatel, který definuje úroveň dat, parametrů a geometrie pro určité fáze projektu, komponenty a systémy. [33]

Obecně je vhodné udržovat velikost Revit souborů pod 500 MB a souborů rodin pod 500 KB (optimálně 200-300 KB), protože na počítačích střední třídy nelze efektivně používat větší Revit soubory. Pokud překročíte limit vaší RAM (paměť), Revit bude v práci pokračovat, ale začne využívat místo na pevném disku, aby kompenzoval nedostatek místa v paměti RAM a práce v Revitu bude velmi pomalá, až nemožná. [32], [34]

Z tohoto důvodu je třeba nalézt vhodný poměr mezi podrobností a velikostí rodiny (LOD).

1.2. Realizace TZB

1.2.1. Dokumenty potřebné pro realizaci TZB

Samotné realizaci předchází předvýrobní příprava. V jejím rámci je zpracována stavebně technologická studie (dále jen „STS“) - soubor činností a dokladů, která obsahuje např. popis prostorové struktury, určení hlavních stavebních strojů, stanovení zásad pro zabezpečování kvality práce a kontroly jakosti, návrh časového plánu stavby atd. Cílem předvýrobní přípravy je nalezení optimální technologie realizace. [35]

Na STS navazuje stavebně technologický projekt (dále jen „STP“), který je součástí výrobní přípravy. STP se zpracovává po uzavření smlouvy mezi dodavatelem a investorem. Cílem výrobní přípravy je vytvoření podmínek pro

realizaci stavebních postupů minimalizujících výrobní náklady při dodržení požadované kvality. [35]

V STP je řešena časová, prostorová a technologická struktura.

Jeho Součástí bývá: [35]

- dlouhodobý časový plán pro řízení stavby
- výrobní kalkulace
- technologický normál
- model realizace výstavby
- graf potřeby zdrojů v čase
- kontrolní a zkušební plán (dále jen „KZP“),
- zařízení staveniště

Podkladem pro vytvoření STP bývá dokumentace stavby pro stavební povolení (dále jen „DSP“).

Po vyjasnění podmínek pro realizaci zhotovitel vypracuje realizační dokumentaci stavby (dále jen „RDS“), nebo také dodavatelskou dokumentaci v měřítku 1:50.

RDS doplňuje dokumentaci pro provádění stavby (dále jen „DPS“), která se vypracovává v dřívější fázi, o podrobnosti nutné pro řádné zhotovení stavby, reagující na skutečný stav staveniště, výrobní postupy a zvyklosti zhotovitele – konkrétní detaily, výrobky, způsoby provedení apod. Její rozsah není upravován žádným právním předpisem, je však možné se řídit doporučeními od ČKAIT. [35]

Podobu DPS a její členění předepisuje Příloha 13. Vyhlášky o dokumentaci staveb č. 499/2006 Sb. [36]

Pro účely realizace si dodavatelé příslušných částí stavby obvykle navíc v rámci výrobní přípravy vytváří výrobně technickou dokumentaci (dále jen „VTD“). [37]

V rámci VTD může být vypracována: [37]

- konstrukční dokumentace (výrobní (dílenské) výkresy, statické a jiné výpočty, výkazy materiálů, dílenský deník, technické přejímací podmínky);

- technologická dokumentace (technický předpis výroby (výrobní předpis), výkresy výrobních přípravků);
- montážní dokumentace (montážní výkresy, technologický postup montáže, montážní deník);
- technologický předpis (dále jen „TePř“): předpis technologického postupu, metody a jednotlivých úkonů pro zhotovení určité konstrukce nebo práce, požadavky na technologické vybavení (stroje, zařízení apod.), potřebná kvalifikace personálu

Při realizaci je vhodné se řídit montážními návody od dodavatelů použitých materiálů, které případně mohou být realizační společností doupřaveny. Ty obsahují detailní informace o výrobku, bezpečnostní a pracovní pokyny, postup montáže atd.

Mohou být v podobě:

- textové
- obrázkové
- videa
 - vizualizace/animace
 - reálné záběry z montáže

Konkrétně pro realizaci systémů TZB jsou tedy nezbytnými podklady RDS a VTD obsahující dílenské výkresy, výpočty, výkazy výměr, technologické postupy montáže a technologické předpisy.

V dílenských výkresech VTD pro vytápění může být např. vyznačena a popsána každá tvarovka, armatura a fitinka na trase, popsán použitý systém uložení potrubí atd. [36]

Při realizaci TZB systémů je nutné respektovat právní předpisy a normy, které podle těchto předpisů nabyly platnosti, zmíněné v kapitole „Úvod do problematiky TZB“. Dále se stavba musí řídit ustanoveními Zákona č. 183/2006 Sb.- Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). [38]

1.2.2. Nástroje/dokumentace pro řízení kvality

Kvalitou se rozumí souhrn vlastností výrobku či služby, které vyjadřují jejich schopnost plně uspokojovat požadavky odběratele. Kritéria určující kvalitu stavby, jsou vysoká spolehlivost, vysoká životnost stavebních konstrukcí, vysoká úroveň uživatelských parametrů a minimální náklady na provoz a údržbu. [35]

Základní předpisy a normy, které se zabývají kvalitou stavebního díla: [35]

- zákon č. 505/1990 Sb., o metrologii
- zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky
- nařízení vlády č. 178/1997 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na stavební výrobky
- normy ISO řady 9000 (International Standard Organization), které sjednocují požadavky na systém řízení a zabezpečování jakosti na mezinárodní úrovni.

Rozhodujícím podkladem pro zajištění kvality na staveništi je plán kvality stavby, jehož důležitou součástí je KZP. Plán kvality definuje konkrétní postupy k zajištění celkové kvality dané stavby. KZP stanovuje druh zkoušek, jejich četnost, způsob provádění a dokumentování, odpovědnosti a případné další potřebné údaje související s kontrolní a zkušební činností během výstavby. [35]

Kvalitu odvedené práce na stavbě zajišťují díky KZP jak stavbyvedoucí, mistři, vedoucí pracovních čet, tak i manuální pracovníci prostřednictvím tzv. samokontroly. Jakost stavby ovlivňuje i výši nákladů na její pořízení. [35]

Přímé náklady na kvalitu stavby lze rozdělit na:

- náklady v důsledku špatné kvality stavebního díla nebo jeho částí
- náklady na kontrolu a zkoušení kvality stavby nebo její části
- náklady na prevenci kvality.

Zkušenosti ukazují, že náklady na opravu nekvalitních výrobků jsou obecně vyšší než náklady vynaložené na preventivní péči o kvalitu výrobku. [35]

Náklady z důvodu špatné kvality stavebního díla vznikají, pokud stavba nebo její části neodpovídají závazným normám, projektu, nebo smluvním požadavkům stavebníka a musí být sjednaná náprava. [35]

Dodavatelská firma utrpí finanční ztrátu a zároveň se zhoršuje její pozice na trhu, ztrátou důvěry odběratelů. [35]

Základními požadavky, které se z hlediska kvality musí respektovat jsou: [35]

- mechanická pevnost a stabilita
- protipožární odolnost
- hygienické a zdravotní požadavky, ochrana životního prostředí
- bezpečnost při užívání
- ochrana proti hluku
- úspory energií

Zároveň musí být dodrženy technické, provozní, estetické a ekonomické požadavky stavebníka. Kontrola kvality staveb se provádí v předvýrobní fázi (vstupní kontrola), během realizace stavby (mezioperační) i po dokončení stavby (výstupní). Všechny výsledky kontrol a zkoušek musí být evidovány ve stavebním deníku, který obsahuje informace o okolnostech stavby. [35]

2. Požadavky na kvalitu TZB

Požadavky na TZB jsou specifikovány v páté části Vyhlášky č. 268/2009 Sb.- Vyhláška o technických požadavcích na stavby. [39]

Ve Vyhlášce č. 193/2007 Sb.- Vyhláška, kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu, jsou definovány doplňující požadavky na vytápění a chlazení. [40]

Vybranými požadavky jsou:

- Každý spotřebič tepelné energie se opatřuje armaturou s uzavírací schopností, každé otopné těleso se vybavuje ventilem s uzavírací a regulační schopností

- Část tepelné sítě, která prochází netemperovanými prostory, s teplonosnou látkou o teplotě vyšší než 40 °C nesloužící temperování prostorů, kterými prochází, se vybaví tepelnou izolací
- Tepelná izolace u vnitřních rozvodů s teplonosnou látkou do 115 °C se navrhuje tak, že její povrchová teplota je o méně než 20 K vyšší oproti teplotě okolí a u vnitřních rozvodů s teplonosnou látkou nad 115 °C o méně než 25 K oproti teplotě okolí
- Pro tepelné izolace rozvodů se použije materiál mající součinitel tepelné vodivosti λ u rozvodů menší nebo roven 0,045 W/m.K a u vnitřních rozvodů menší nebo roven 0,040 W/m.K (hodnoty λ udávány při 0 °C)

Ve Vyhlášce č. 428/2001 Sb.- Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), jsou definovány doplňující požadavky na vodovody a kanalizace. [41]

Vybranými požadavky jsou:

- Vodotěsnost vodovodního potrubí se prokazuje tlakovou zkouškou podle normových hodnot (dle normy ČSN 75 5911 Tlakové zkoušky vodovodního a závlahového potrubí)
- Vzdálenost revizních a vstupních šachet v přímé trati neprůchodných stok je v zastavěném území nejvýše 50 m, v nezastavěném území nejvýše 80 m při světlosti stok menší než DN 500, 60 m při světlosti DN 500 až DN 600 a vzdálenost nejvýše 50 m při světlosti DN 800 a větší, u průchodných stok nejvýše 200 m.

Pro Správně provedené TZB je nutné se požadavky v těchto vyhláškách řídit a v průběhu realizace správné provedení kontrolovat.

Některé další zásady nejsou popsány ve Vyhláškách a je nutné nahlédnout do podkladů od výrobce materiálů nebo do nezávazných norem.

Např. v normě ČSN 75 5409- Vnitřní vodovody se nachází informace viz níže [42]:

- Povrchy potrubí se nesmí dotýkat stavebních konstrukcí
- Souběžná potrubí mají být vedena ve vzájemné vzdálenosti podle TNI CEN/TR 16355
- Vzájemná vzdálenost volně vedených potrubí a vzdálenost volně vedených potrubí od stěn, stropů a jiných konstrukcí musí být taková, aby se izolace potrubí nedotýkala souběžných potrubí a jejich izolací, stěn, stropů a jiných konstrukcí, které neslouží k upevnění potrubí
- Ležatá potrubí, ležaté části stoupacích potrubí a potrubí se sezónním provozem se musí vést ve sklonu nejméně 0,3 % k nejnižšímu místu možného odvodnění a od nejvyššího místa odvzdušnění. Podlažní rozvodná potrubí a přípojovací potrubí mají být vedena ve sklonu nejméně 0,3 % ke stoupacímu nebo ležatému potrubí, popř. k některé z výtokových armatur nebo vypouštěcí armatuře.

V normě ČSN EN 15423- Větrání budov – Protipožární opatření vzduchotechnických systémů se nachází tyto informace [43]:

- Ventilátory musí být umístěny, uspořádány a nainstalovány tak, aby k nim byl možný přístup pro uvedení do provozu a údržbu
- Za účelem snížení rizika vzniku požáru od ventilátoru by měl být kolem ventilátorů a motorů zachován volný prostor.
- Regulační klapky musí být nainstalovány takovým způsobem, aby byla vidět jejich poloha
- Požárně odolné vzduchovody musí být upevněny a podepřeny v souladu s požární zkouškou podle EN 1366-1
- Veškeré elektrické zařízení nebo kabely pro napájení (kabely s nízkým napětím) nesmí být instalovány ve vzduchovodech kvůli nebezpečí vznícení a možnosti vzniku a šíření zplodin hoření
- Utěsnění mezi požární nebo kouřovou klapkou a stavební konstrukcí musí být provedeno takovým způsobem, aby nesnižovalo požární

odolnost konstrukce, a musí být v souladu s počátečními požárními zkouškami.

2.1. Kontroly a zkoušky TZB

V KZP běžně bývají předmětem kontroly např. tyto oblasti [44], [45]:

Vnitřní kanalizace:

- Kontrola materiálu (potrubí, tvarovky,...)
- Provádění vnitřní kanalizace (spád/ sklon, uchycení, spojování, připojení na zařizovací předměty, čisticí tvarovky, izolace potrubí)
- Vodotěsnost
- Plynotěsnost

Vnitřní vodovod:

- Kontrola materiálu (potrubí, tvarovky, armatury,...)
- Provádění vnitřního vodovodu (spád/ sklon, uchycení, spojování, připojení na zařizovací předměty/ armatury, izolace potrubí)
- Vodotěsnost

Plynovod:

- Kontrola materiálu (potrubí, tvarovky, armatury,...)
- Provádění rozvodu plynu (spád/ sklon, uchycení, izolace potrubí)
- Tlaková zkouška rozvodů plynu
- Kontrola plynových spotřebičů
- Revizní zpráva plynoinstalace
- Revizní zkouška plynovodní přípojky

Vytápění:

- Kontrola materiálu (potrubí, tvarovky, armatury,...)
- Provádění rozvodu vytápění (spád/ sklon, uchycení, vzdálenosti, velikost a počet otopných těles, dilatační oblouky, izolace potrubí)
- Tlaková zkouška těsnosti rozvodů vytápění

- Topná zkouška

Vzduchotechnika:

- Kontrola materiálu (potrubí, tvarovky, armatury,...)
- Provádění rozvodu vzduchotechniky (uchycení, těsnění v prostupech a místech s předepsanou izolací)
- Kontrola těsnosti a vodivého spojování potrubí
- Měření hlučnosti a měření výměny vzduchu
- Kontrola funkčnosti protipožárních a regulačních klapek

Každé nainstalované zařízení musí být před uvedením do provozu vyzkoušeno.

Zkoušky nutné pro Vytápění jsou definovány v normě ČSN 06 0310- Tepelné soustavy v budovách– Projektování a montáž, případně v ČSN EN 14336. [46], [47]:

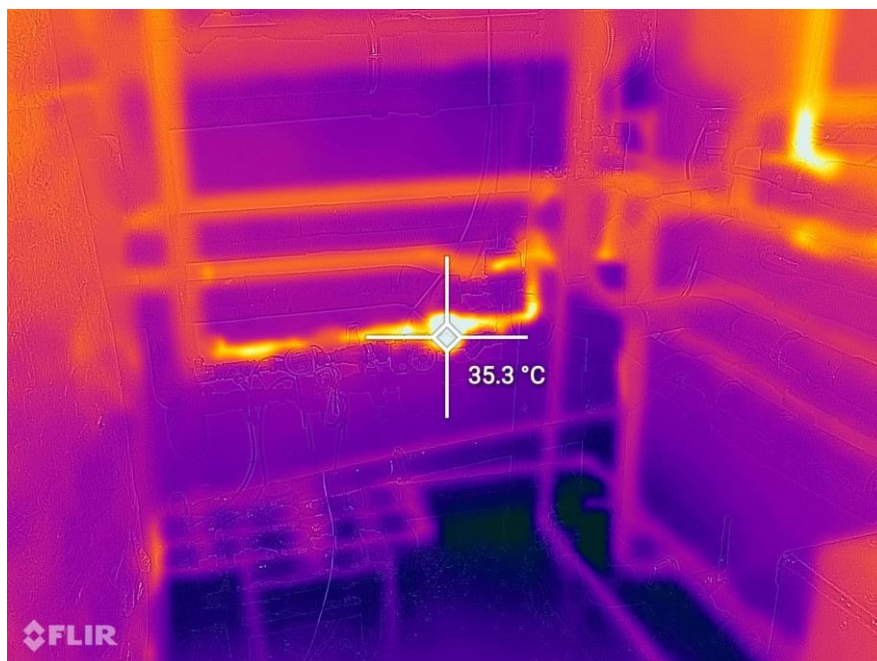
- Zkouška těsnosti a tlaková zkouška
- Provozní zkoušky – dilatační a topná zkouška

Zkoušky těsnosti soustav se provádějí vodou na projektem určený nejvyšší dovolený přetlak, soustava se naplní vodou, odvzdušní se a celý systém se prohlédne. Po 6 hodinách se soustava prohlédne znovu. V případě tlakové zkoušky se kontroluje pokles tlaku, zaznamenaném na manometru.

Pro dilatační zkoušku se teplotná látka ohřeje na nejvyšší dovolenou teplotu a pak se nechá vychladnout na teplotu okolního vzduchu. Tento postup se opakuje ještě jednou. Topná zkouška se provádí za účelem zjištění funkce, nastavení a seřízení zařízení. Kontroluje se zejména správná funkce armatur, rovnoměrné ohřívání otopných těles, dosažení technických předpokladů projektu, správná funkce regulačních a měřících zařízení, správná funkce zabezpečovacích zařízení, havarijních zabezpečení a poruchových signalizací atd.

Nad rámec běžných způsobů kontrol je možné použít termokameru. Kromě kontroly stavebních konstrukcí (zejména tepelné mosty apod.) je v TZB možné použít termokameru např. ke kontrole rovnoměrného prohřívání spotřebičů, kontrole podlahových a stropních systémů chlazení a vytápění apod. Termovizní

technologie, díky vytváření snímků pomocí infračervených detektorů, umožňuje rychle identifikovat problematická místa. [48]



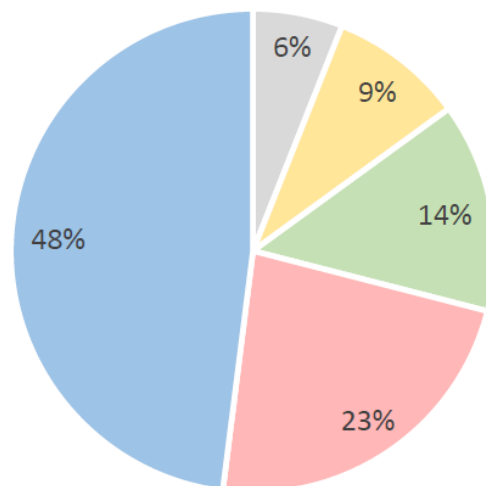
Obrázek č. 3: Fotografie potrubí v technické místnosti pomocí termokamery

Zdroj: Autorka

3. Správa TZB

Každý stavební objekt prochází životním cyklem. Životní cyklus stavby je období od vzniku záměru stavby, přes realizaci a užívání, po její likvidaci. [49]

„Z ekonomického hlediska je období užívání stavby tím nejnáročnějším a tvoří ¾ celkových nákladů v období životnosti stavby a z toho jedna třetina tvoří náklady na správu a údržbu“ [50] Viz graf



- Náklady na likvidaci
- Cena pozemku
- Náklady na pořízení stavby
- Náklady na údržbu a opravy
- Náklady na provoz

Obrázek č. 4: Rozdělení nákladů během životního cyklu stavby

Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/udrzba-budov/10219-zivotni-cyklusstaveb>

Správa je činnost, která pomáhá dosáhnout a udržovat správné funkce prvku, předcházet poruchám nebo selhání a preventivně o něj pečovat.

Vhodná správa je důležitá zejména u zařízení TZB. Na rozdíl od stavebních konstrukcí, jejichž životnost bývá velmi dlouhá, mají prvky TZB předdefinovanou dobu životnosti a většina z nich vyžaduje v průběhu provozování periodickou údržbu a péči, danou jak výrobcem, tak i právními předpisy (např. povinné revize). [51]

Pravidelná péče a kontrola, která prvky udržuje ve správném stavu je důležitá z toho důvodu, že náklady vynaložené na opravu zařízení poté co se stane nefunkčním, jsou násobně vyšší než náklady na průběžnou údržbu. Navíc je průběžnou údržbou zajištěna spolehlivost zařízení a jsou eliminovány neočekávané odstávky. [52]

Dnes se pro facility management (dále jen „FM“) používají informační systémy CAFM (Computer Aided Facility Management), neboli IWMS (Integrated Workplace Management System), které umožňují integraci CAD, GIS a BIM a využití jejich dat k efektivní správě a údržbě. [52]

Úspory nákladů ve fázi správy a údržby stavby byly jedním z hlavních důvodů, proč se začala využívat metodika BIM ve stavebnictví. [53]

Vytvoření informačního modelu stavby vede k efektivnějšímu způsobu správy stavby během jejího životního cyklu a k jednoduššímu přístupu k potřebným informacím. (např. informace pro případné opravy a rekonstrukce stavby) [53]

Přenos dat mezi BIM modelem a CAFM systémem je efektivnější než u projektu realizovaného běžnou metodou, kde je stavba předána správci společně s rozsáhlou dokumentací uloženou na několika místech. Správce musí některá data zadávat do databáze IWMS ručně, což je při větším objemu dat časově náročné. V BIM modelu již databáze existuje a stačí ji s databází IWMS synchronizovat. [52], [53]

Pro efektivní údržbu správce potřebuje data vznikající jak ve fázi návrhu, tak ve fázi realizace. Jedná se o revizní listy, informace o datu zabudování prvku či inventární číslo výrobku. Tato data má většinou k dispozici generální dodavatel a subdodavatelé. [52]

Při předávání stavby se zároveň předává velké množství dokladů o TZB – protokoly o tlakových zkouškách, o zkouškách těsnosti potrubí, certifikáty, doklady o dezinfekci potrubí, pasporty, záruční listy, návody k obsluze, údržbě, opravě atd. Vhodným uložením těchto informací do digitálního modelu stavby by byly tyto důležité informace lépe dohledatelné a využitelné k správě objektu a fáze commissioningu a převjímký budovy by byla významně ulehčena. [52]

Pro usnadnění správy zejména u větších staveb lze využít technologie RFID, založené na automatickém bezdrátovém přenosu dat. RFID tag tedy nemusí být viditelný – je možné ho umístit i na prvky zakryté konstrukcí.

RFID se skládá z tagu (čipu), na kterém jsou uložena data a čtečky s anténou, která data z tagu přečte a dané informace odešle pomocí podpůrných aplikací do BIM SW, kde se načtený prvek zvýrazní a zobrazí se požadované informace, již uložené v modelu. [52]

4. Problémy při realizaci TZB

Při své práci projektantky TZB v projekční a zároveň realizační společnosti se setkávám s několika typy problémů (chyb), které výrazně ztěžují či znemožňují realizaci systémů TZB.

4.1. Kolize

Velmi často se potýkáme s kolizemi jak mezi jednotlivými částmi TZB, tak i se stavebními konstrukcemi. Kolize vzniká, když různé prvky zaujímají stejný prostor. Mohou být geometrické, časové, nebo způsobené změnami nezaznamenanými do všech výkresů. Geometrické kolize se dají dále dělit na tvrdé kolize a měkké kolize. Příkladem tvrdé kolize může být např. potrubí procházející nosnou stěnou. Měkké kolize jsou způsobeny objekty zasahujícími do geometrických tolerancí pro jiné objekty. [54]

Na větších projektech je častou praxí, že každou profesi realizuje jiný subdodavatel, a zejména jednotlivé části navrhují různí projektanti, kteří spolu velmi často nedostatečně komunikují (dřívější pravidelné koordináční porady jsou dnes již výjimkou).

Na základě mé zkušenosti z praxe v rámci zakázky obdrží všichni subdodavatelé projekt pro svou profesi, kde ale velmi často není uvažováno s ostatními profesemi. V mnoha případech není vypracován projekt kolizí TZB, takže již v projektu často bývají kolize, které nejsou před realizací identifikovány. Kolize jsou často zjištěny až když jsou všichni na stavbě s materiálem, připraveni na montáž.

V lepším případě se různé profese na stavbě sejdou a zjistí, že obě chtějí projít stejnou trasou. Ještě před začátkem problém vyřeší, např. dotazem na stavbyvedoucího, který o změně buď rozhodne hned, nebo musí změnu prodiskutovat s ostatními zúčastněnými, což vede k prodloužení výstavby. Bude potřeba provést vícepráce, zajistit nový materiál, vyhotovit revizi projektu atd., což znamená finanční náklady nad rámec původního projektu.

V horším případě, což je běžnou praxí na stavbách, profese, která přijde první, daný prostor zabere, bez ohledu na ostatní profese. Např. přijdou první

zhotovitelé části elektro a realizují svoje rozvody, jak je jim to nejpohodlnější (případně jak to mají v projektu), i přesto, že by bez problémů mohli vést trasy jinudy. Poté přijdou profese jako zdravotníka a vzduchotechnika a místa, kterými musí projít, jsou již zabraná a oni se do nich s velkými rozměry potrubí nevejdou. Takovýto typ kolizí představuje již zmíněné náklady, ale ve větší míře. Navíc kvůli tomu vzniká časový prostož montážních pracovníků a již nainstalovaný systém je nutné demontovat a provést jiným způsobem.

Může se stát i to, že ve spěchu a z obavy z prodloužení doby výstavby bude řešení kolize nedostatečně promyšleno a nebude vybráno ideální řešení a stavba z tohoto důvodu klesne na kvalitě.

Řešení takových kolizí vede k demotivaci všech zainteresovaných a má tak vliv na produktivitu, kvalitu a bezpečnost prováděných prací.

„Problematikou včasné detekce kolizí se zabývali odborníci již několik desetiletí. Nejdříve byla detekce střetů řešena pouze ručně překrýváním výkresů na světelném stole. Pozdější nástroje 2D CAD tuto problematiku příliš nezlepšily“ [55]

V současné době jsou dostupné BIM programy, jako např. Navisworks, které jsou schopny detekovat kolize z 3D modelu. [56]

4.2. Stavba neodpovídající PD

Z osobní zkušenosti je jedním z dalších nejčastějších problémů stavba neodpovídající PD, která znemožní instalaci TZB. Příkladem jsou např. jinak realizované příčky. To může být problémové obzvláště v technických místnostech, kde nebývá mnoho prostoru navíc. Již jsem se několikrát setkala s tím, že ve stavebně architektonickém projektu byla během realizace vytvořena změna, která nebyla sdílena se subdodavatelem TZB, nebo byla sdílena nevhodnou formou. (např. zasláním obrázku s vyznačenou změnou, místo zaslání editovatelného souboru)

4.3. Nedostatečná stavební připravenost

Také se nám velmi často stává, že není hotová dostatečná stavební připravenost. Např. není rovná podlaha nutná pro podlahové vytápění, nejsou

hotové SDK stropní profily potřebné pro rozvody vytápění, chlazení či VZT, nejsou provedené omítky pro montáž zařízení v technických místnostech atd.

4.4. Změna způsobu realizace investorem

Další komplikace nastává, když se investor během realizace rozhodne, že by chtěl nějakou část projektu zrealizovat jiným způsobem, tj. buď materiálově, konstrukčně nebo technologicky. V projektu každé dotčené profese je potřeba udělat revize a musí být upraveny všechny půdorysy i pohledy a přepočítán výkaz výměr.

4.5. Problémy s materiálem

V současné době se díky narušení dodavatelských řetězců stavebnictví potýká se špatnou dostupností materiálů. Lhůty dodání některých zařízení (např. tepelná čerpadla) jsou nyní několik měsíců, na rozdíl od lhůt před krizí, které byly jen několik týdnů.

Jednou z našich nejčastějších chyb je to, že montážní pracovníci až na stavbě zjistí, že jim chybí nějaký materiál, zejména z důvodů:

- kolizí a stavby neodpovídající PD, zmíněné výše
- nesprávného výkazu výměr
- montážní pracovníci pouze zapomenou materiál vzít ze skladu.

Nutnost narychlo pořídit odpovídající materiál stojí mnoho zbytečného času, proto se často použije odlišný, méně vhodný materiál, který je na stavbě, nebo na skladě, čímž může být snížena kvalita díla. [57]

4.6. Nepozornost a nepochopení PD

Stává se nám i to, že je systém nainstalován jiným způsobem jen kvůli tomu, že montážní pracovníci nevěnovali dostatečnou pozornost PD, nebo ji z tištěných výkresů nepochopili. Někteří méně zkušení montážní pracovníci “neumí číst výkresy” a proto namontují trasu jinak, než měli, i přesto, že projekt byl správný. [58]

4.7. Chyby z důvodu nedodržení montážních postupů a zásad

Ze snahy o rychlou montáž nebo ze zbrklosti se také objevují chyby z důvodu nedodržení montážních postupů a zásad montážními pracovníky (nedostatečné nebo žádné zalisování potrubí vedoucí k netěsnosti potrubí, nekvalitní provedení polyfúzního svaru u PPr potrubí způsobující vyšší tlakové ztráty nebo netěsnost potrubí, špatné zaizolování potrubí, nedostatečné připevnění systémové desky podlahového vytápění k podkladu a trubky k desce, nedodržení minimálního rádiusu trubky podlahového vytápění při jejím ohybu atd.).

Dopady způsobené výše popsanými chybami mohou být nejen finanční ve formě ztrát, ale i zdravotní ve formě úrazů a pracovní neschopnosti. Na stavbách dochází k nejvyššímu počtu smrtelných pracovních úrazů ze všech odvětví. Stavebnictví v ČR v roce 2020 představovalo 27 % všech pracovních smrtelných úrazů. [59]

Úroveň bezpečnosti na staveništi je ovlivněna především kvalitou návrhu budovy a přípravou před započítím prací, jejíž součástí je např. vstupní školení pracovníků. Bezpečnost se také odvíjí od provádění kontrol a správného koordinování koordinátora BOZP během realizace. [60]

Většina výše popsaných problémů vede k prodloužení doby výstavby, což podstatně zvyšuje náklady. Překročení předpokládané ceny díla je negativně vnímáno zákazníkem i veřejností. [61]

Cílem této práce je najít optimální řešení, kterým se tyto neshody a jimi vyvolané finanční ztráty a prodloužení doby montáže minimalizují.

5. Digitální nástroje s potenciálem využití při realizaci TZB

5.1. BIM

Díky překotnému vývoji na poli informačních technologií je možné využít k realizaci vzrůstající množství digitálních nástrojů a technologií, které přináší mnoho výhod v oblasti ekonomiky, kvality, bezpečnosti a udržitelnosti výstavby. V případě PD zpracované v BIM SW je možné využít nástroje, které mají potenciál eliminovat řadu z problémů při realizaci TZB, popsaných výše.

Pro vypracování BIM modelu je potřeba výkonný počítač, vyškolený projektant a BIM program na projektování, např. Revit, ArchiCAD, Vectorworks, Allplan atd. Velké nároky jsou kladeny také na kvalitně zpracované knihovny.

Modeluje (projektuje) se v jednotném prostředí. Půdorysy, pohledy a výkazy výměr jsou při správném nastavení parametrů v programu automaticky generovány. Při úpravě v jakémkoliv pohledu se model automaticky upraví ve všech ostatních pohledech a výkaz materiálů se sám přepočítá.

Z dokumentace vytištěné na papír lze vyčíst informace zobrazené projektantem. Nelze však dohledat žádné doplňující informace, přibližovat detaily atd. Montážní pracovníci jsou odkázáni na konkrétní vytištěné výkresy.

BIM model je také, kromě vytištění na papír, možné exportovat do různých SW a dalších prostředí.

5.1.1. 3D PDF

Jednou z možností využití dat z modelu BIM na stavbě je jeho export do 3D PDF, které je následně možné prohlížet na chytrém telefonu či tabletu. K vygenerování 3D PDF z Revit modelu existuje několik SW. Na Autodesk App Store je ke stažení 3DPDF Converter for Autodesk Revit, společnost Bentley Systems nabízí pro stažení SW Bentley View atd. Tyto SW jsou dostupné zdarma, ale dle mé zkušenosti neumožňují dostatečně kvalitní řešení, které by mělo pohodlné využití. Natáčení a přibližování modelu je možné, ale nepohodlné. S modelem lze často natáčet jen kolem jednoho určitého bodu. 3D PDF slouží pouze jako zobrazení modelu, dané prvky neobsahují žádné informace. Výhodou je, že 3D model lze zobrazit na jakémkoli zařízení (chytrý telefon, tablet atd.) a s jakýmkoliv operačním systémem.

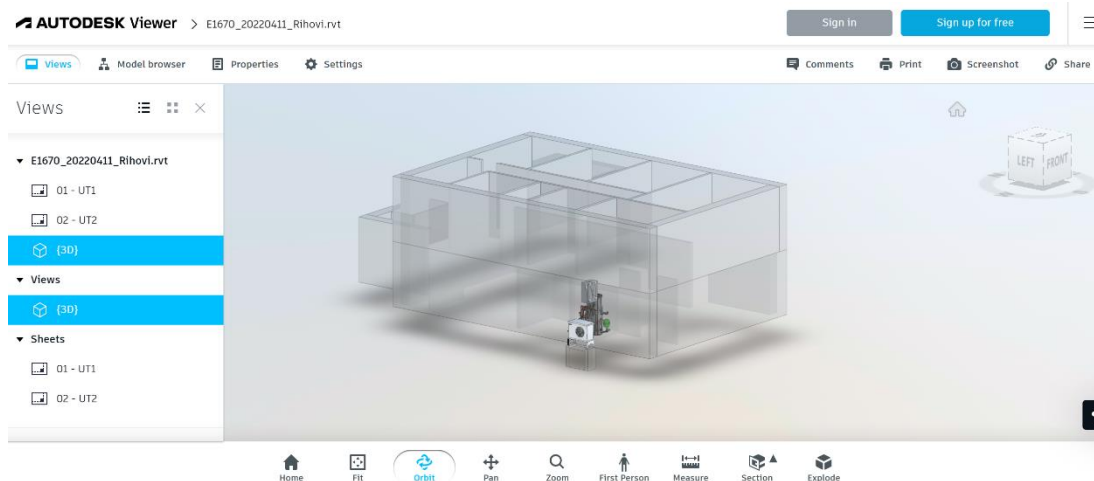
Kvalitnější 3D PDF je možné vyexportovat pomocí placených produktů. Např. plugin SimLab Composer umožňuje uživateli přesně nastavit vzhled PDF, přidat URL odkazy, animace a další. V 3D PDF je pak možné model pohodlně prohlížet a měřit v něm vzdálenosti.

5.1.2. Autodesk Viewer

Komfortnější prohlížení je umožněno také v Autodesk Vieweru. Autodesk Viewer je prohlížeč 2D a 3D designů kompatibilní s mnoha datovými formáty, jako např. DWG, DXF, DWF, RVT, IPT, STEP, CATIA. Autodesk Viewer je možné otevřít na jakémkoli zařízení (chytrý telefon, tablet atd.) a s jakýmkoliv operačním systémem. [62]

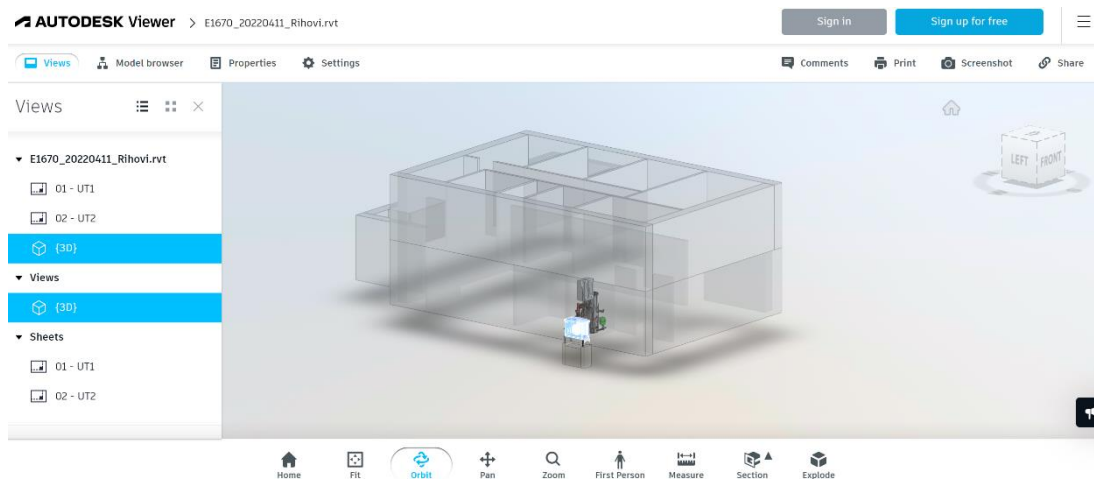
Soubor RVT z Revitu je možné do Autodesk Vieweru nahrát zdarma online. Po nahrání souboru prohlížeč vygeneruje odkaz, který je možné s kýmkoli sdílet. Montážní pracovníci tak mají k dispozici BIM model, který si mohou natáčet kolem jakéhokoli bodu, přibližovat, přibližně měřit vzdálenosti mezi jakýmkoli dvěma body a po vybrání prvku dokonce zobrazit informace o něm.

Pokud projektant při vytváření rodiny přidá parametr pro odkaz URL, montážní pracovníci na stavbě pak v Autodesk Vieweru mohou vybrat požadovanou rodinu, zobrazit její vlastnosti, kliknout na URL, čímž budou přesměrování na montážní návod či instalační video. Na obrázcích je toto krok po kroku uvedeno na rodině tepelného čerpadla.



Obrázek č. 5: odkaz URL v Autodesk Vieweru – Krok 1- Otevření Autodesk Vieweru

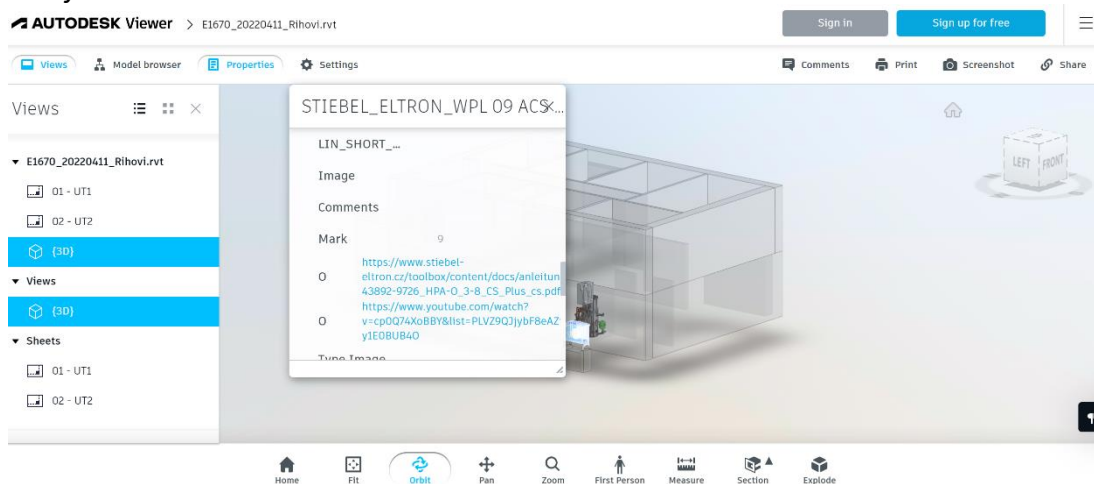
Zdroj: Autorka



Obrázek č. 6: odkaz URL v Autodesk Vieweru – Krok 2- Výběr rodiny

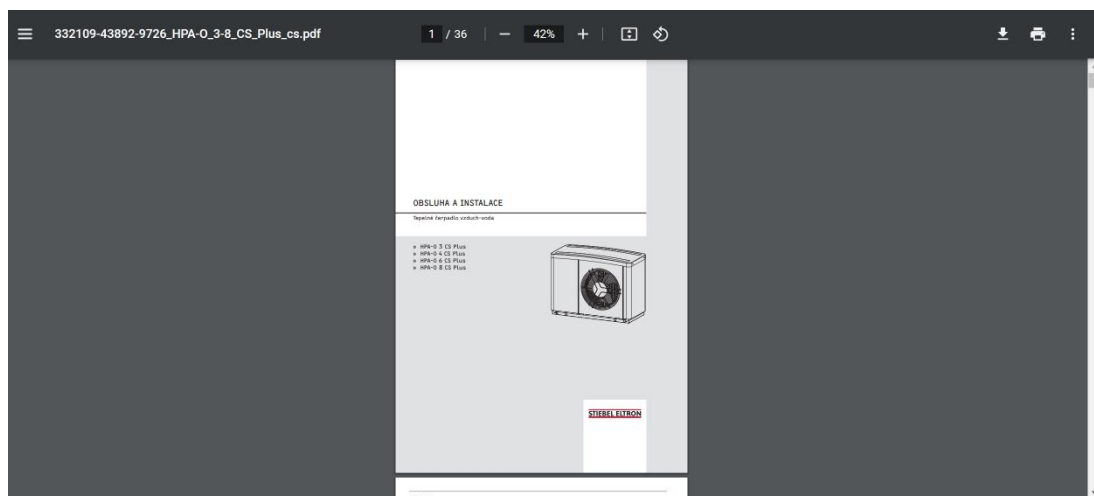
Zdroj:

Autorka



Obrázek č. 7: odkaz URL v Autodesk Vieweru – Krok 3- Zobrazení vlastností rodiny

Zdroj: Autorka



Obrázek č. 8: odkaz URL v Autodesk Vieweru – Krok 4a – Zobrazení montážního návodu v pdf

Zdroj: Autorka



Obrázek č. 9: odkaz URL v Autodesk Vieweru – Krok 4b – Zobrazení instalačního videa na Youtube

Zdroj: Autorka

Jedná se tedy již o BIM model, nikoliv o 3D model, jako u 3D PDF. V Autodesk Vieweru je také dostupný náhled do výkresů.

Pro použití této metody je potřeba přenosné zařízení, jako je tablet nebo notebook a připojení k internetu.

5.1.3. Navisworks Manage

Existuje také SW Navisworks Manage, což je program, který umožňuje uživatelům prohlížet BIM modely, získávat data o prvcích, spravovat model pomocí sady nástrojů včetně komentářů, pohledů a měření. Program umožňuje několik pokročilejších funkcí, které v Autodesk Vieweru nejsou možné, jako např. detekce kolizí, animace, 4D simulace (propojení s harmonogramem) a výkazy výměr. [63]

Pro použití této metody je potřeba hradit pronájem zmíněného programu Navisworks Manage v hodnotě 80 490 Kč ročně, dále přenosné zařízení, jako je tablet nebo notebook a je nutné připojení k internetu. [64]

Alternativou je použít program, jako je např. BIMvision, který je dostupný ke stažení zdarma. Pro komunikaci Revitu a BIMvision je však potřeba převést projekt

z RVT do IFC, kde dochází ke ztrátě mnoha důležitých dat. Alternativu tedy nedoporučuji.

5.2. QR kódy

K montáži TZB zařízení v technických místnostech lze využít QR kódy s odkazy na montážní návody. QR kódy budou nalepeny na mechanickém zařízení, a montážní pracovníci po naskenování smartphonem či tabletem budou přesměrováni na montážní video na Youtube, nebo na PDF montážního návodu.

Někteří výrobci zařízení dodávají již s QR kódy odkazujícími na montážní videa na Youtube.



Obrázek č. 10: QR kód na zařízení TZB

Zdroj: <https://www.geappliances.com/ge/service-and-support/airconditioners.htm>

U zařízení, kde QR kód není je možno ho pomocí aplikace vytvořit, vytisknout a na zařízení nalepit.

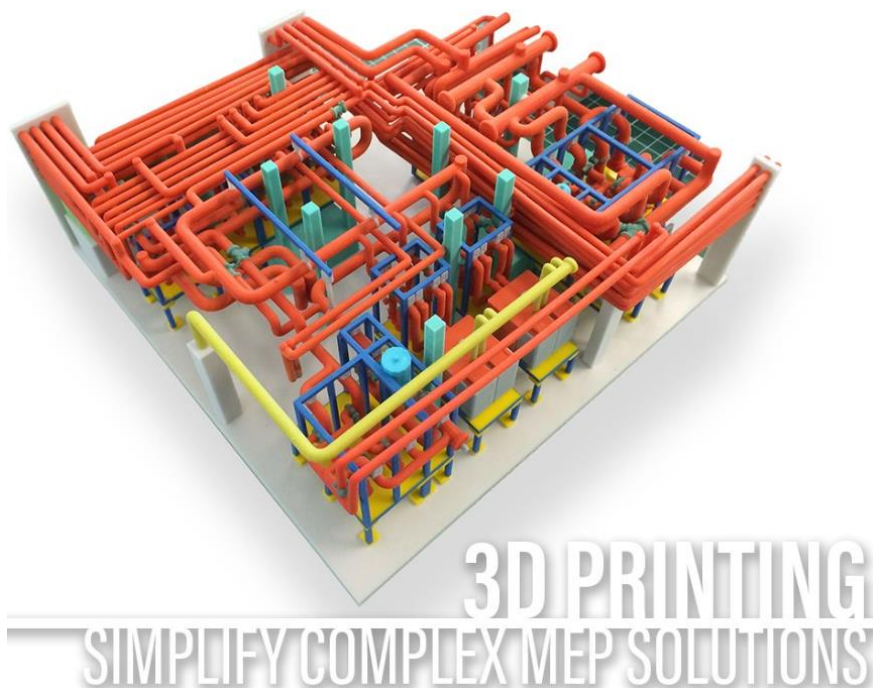
Získání informací k montáži je tak přehlednější. Nebude potřeba mít na stavbě vytištěné pro každé zařízení montážní návody, ve kterých je hledání informací zdlouhavé.

5.3. 3D tisk

V technických místnostech, kde je rozmístění a propojení zařízení nutné realizovat přesně podle VD, z důvodu složitého systému či úzkého prostoru, by mohl být nápomocný 3D model technické místnosti vytištěný na 3D tiskárně.

Použití této technologie při realizaci se však zdá finančně i prakticky nevýhodné. Ceny 3D tiskáren se pohybují, podle jejich kvality v hodnotách mezi cca 10 000 Kč až 400 000 Kč. Při použití tiskových strun z polyaktidových vláken (PLA), což je jeden z nejlevnějších materiálů, může být cena cca 400 Kč za kilogram. Spotřebu materiálu lze ovlivnit hustotou výplně a počtem perimetrů. Čím větších detailů modelu chceme dosáhnout, tím větší spotřeba materiálu a času. Doba tisku se pohybuje mezi 30 minutami a několika dny, podle komplexnosti modelu a nastavení tisku. Do nákladů pro 3D tisk je potřeba připočítat navíc cenu energií. Další nevýhodou je to, že při změně modelu, která při realizaci téměř vždy nastává, by se musel celý 3D model vytisknout znovu.

Pro tento konkrétní příklad nastává ještě další komplikace a tou je tisk potrubí, které „levituje“ ve vzduchu. Takový tisk by nebyl možný, protože by trubky propadly. Řešením by mohlo být použití průhledného materiálu, což by 3D tisk prodražilo. Navíc by se musela pořídit dražší tiskárna, která umožňuje výměnu materiálu v průběhu tisku. [65], [66]



Obrázek č. 11: 3D model TZB vytištěný 3D tiskárnou

Zdroj: <https://twitter.com/hobsstudio/status/999920534145056769>

5.4. VR/AR/MR

5.4.1. Úvod do problematiky VR/AR/MR

Problémům se složitou orientací v komplexních výkresech a špatnou představivostí je možné předejít použitím technologie virtuální (VR), rozšířené (AR) či smíšené (MR) reality, což jsou technologie, které zlepšují nebo nahrazují náš pohled na svět. Jedná se o překrývání nebo vnořování počítačového textu a grafiky do reálného a virtuálního prostředí nebo dokonce o kombinaci obojího. Zatímco na klasickém monitoru se objekty jeví o dost menší, než je reálná velikost, při nasazení brýlí jsou objekty vnímány reálněji. Všechny tři "reality" mají společné překrývající

se vlastnosti a požadavky, ale každá má jiné účely a základní technologie. [67]



Obrázek č. 12: Rozdíly VR/AR/MR

Zdroj: <https://www.pepperconstruction.com/blog/when-augmented-reality-becomes-reality>

Do prostředí VR, AR a MR se lze dostat za pomoci chytrých telefonů, tabletů, či počítačů, avšak těmito zařízeními s 2D displejem nelze docílit stereoskopického vidění.

Stereoskopie je systém zaznamenávání a promítání obrazu, který umožňuje pocit hloubky – schopnost posoudit vzdálenost a prostorové rozmístění objektů.

Tato technologie pracuje s faktem, že člověk má dvě oči, které každé vidí svět z jiného ohniska (dáno roztečí očí). Náš mozek dokáže dva rozdílné obrazy spojit, vyhodnotit a získat z nich trojrozměrný obraz zahrnující informaci o prostorových vztazích pozorovaných objektů. Pokud chceme zachytit obraz ve 3D, musíme tedy simulovat rozteč lidských očí. Proto je třeba použít dvojici zařízení pracujících zcela synchronně. [68], [69]

Existuje několik druhů stereoskopie – pasivní projekce, aktivní projekce, anaglyf, autostereoskopie, náhlavní soupravy atd. [68]

Náhlavní soupravy (brýle pro VR/AR/MR) jsou vybaveny dvěma CRT, LCD, LCos či OLED obrazovkami (pro každé oko jedna), čočkami a polopropustnými

zrcadly. 3D stereoskopického obrazu je docíleno díky čočkám, které ohýbají 2D obraz, pro každé oko zvlášť, jak je tomu i v reálném světě. [68], [69]

Kromě VR, AR a MR stojí za zmínku ještě technologie 360° (neboli 360 VR). Díky této technologii dokážeme vytvořit video s rozsahem zobrazení 360 stupňů ve svislém a vodorovném směru, tj. v plné kulové ploše. Uživatel se dostane do prostředí, kde je zcela obklopen obsahem, jako by stál uprostřed scény. Tento obsah lze prohlížet prostřednictvím libovolného zařízení a umožňuje uživateli dívat se libovolným směrem. [70], [71]

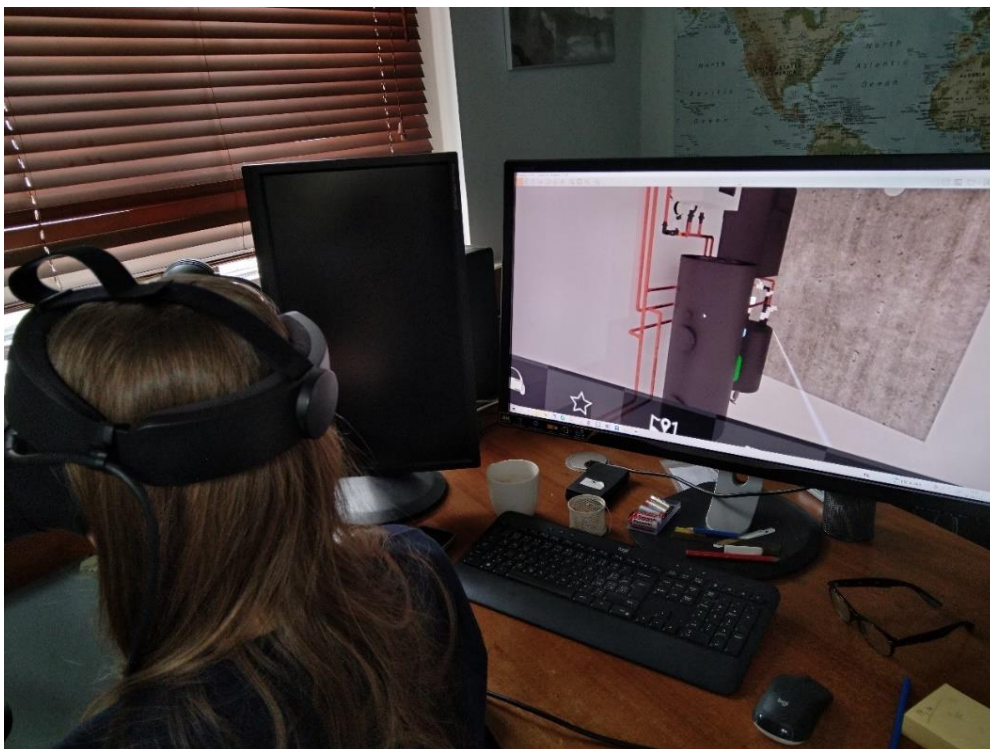
5.4.2. VR (Virtual Reality)

VR zcela nahrazuje pohled uživatele a přenáší ho do počítačem vytvořeného virtuálního prostředí. Aby byly zážitky z VR pro koncového uživatele možné a bezproblémové, technologie by měla poskytovat vysoce kvalitní obraz a vykreslování a mít velmi nízkou latenci. [67]

Pro využití technologie VR je potřeba zakoupit brýle pro virtuální realitu, např. Oculus Quest, Oculus Quest 2, Oculus Rift, Oculus Rift S, HTC Vive, HTC Vive Pro atd., jejichž ceny se pohybují v hodnotách cca 9 000 Kč až 25 000 Kč. [72]

Co se týče SW vybavení, kromě samotných bezplatných programů pro konkrétní VR brýle je nutné nainstalovat do programu Revit plugin, např. Enscape, jehož pronájem pro jedno zařízení stojí ročně cca 11 000 Kč. Model se pomocí Enscape vyrenderuje a je možné ho s brýlemi prohlížet ve VR. [67], [73], [74]

K vyzkoušení možností VR pro účely této bakalářské práce byly zapůjčeny brýle pro VR Oculus Rift S. S tímto modelem brýlí se podařilo v kanceláři na PC procházet v BIM modelu vytvořeném v Revitu. Montéři si mohli před samotnou montáží prohlédnout technologické zařízení. Nepodařilo se však brýle zprovoznit na stavbě, jelikož Oculus Rift S je potřeba napojit na výkonný počítač s kvalitním procesorem a vyhrazenou grafickou kartou (minimálně NVIDIA GTX 1050 Ti / AMD Radeon RX 470) přes display port, a takový přenosný počítač se aktuálně zajistit nepodařilo. [75]



Obrázek č. 13: Autorka práce zkouší prohlížení projektu strojovny vytápění pomocí VR v kanceláři

Zdroj: Autorka



Obrázek č. 14: Zkouška prohlížení projektu strojovny vytápění pomocí VR v kanceláři

Zdroj: Autorka



Obrázek č. 15: Zkouška prohlížení projektu strojovny VZT pomocí VR v kanceláři

Zdroj: Autorka

5.4.3. AR (Augmented Reality)

Rozšířená realita (AR) rozšiřuje náš pohled na reálný svět tím, že překrývá to, co vidíme, počítačově generovanými informacemi. Dnes je tato technologie používaná v aplikacích pro chytré telefony, kde uživatel drží telefon před sebou. Díky snímání obrazu z fotoaparátu a jeho zpracování v reálném čase je aplikace schopna zobrazovat kontextové informace nebo poskytovat herní a sociální zážitky, které vypadají, jako by byly zakořeněny v reálném světě. [67]

Ucelenějšího zážitku z rozšířené reality je možné docílit prostřednictvím nositelných chytrých brýlí. Tato zařízení musí kombinovat procesor s velmi nízkou spotřebou energie s několika senzory včetně vnímání hloubky a sledování, a to vše ve formě, která je dostatečně lehká a pohodlná pro dlouhodobé nošení. Na trhu jsou dostupné např. Blade Smart Glasses, M300, Glass Enterprise Edition, dynaEdge AR100 Viewer, X1 atd., cenově se pohybující cca mezi 12 000 Kč až 70 000 Kč [67], [76]

Výše zmíněný plugin Enscape, použitelný pro VR, pro rozšířenou realitu použít není možné. Na internetu lze najít mnoho neověřených aplikací Add-on komunikujících mezi Revitem a VR/AR zařízením, které jsou ke stažení zdarma, např.

homeAR Connect, Visionworkplace Software Solutions, Augin atd. Jejich využití je možné, nicméně je postup zprovoznění méně jasný a softwarová podpora nejspíš velmi nízká.

U firmy Visuallive lze Plugin pro komunikaci Revitu se zařízením s rozšířenou realitou pořídit za roční poplatek 27 000 Kč až 35 000 Kč pro chytrý telefon či tablet, nebo za 68 000 Kč až 108 000 Kč pro Hololens zařízení. Tento plugin již např. umožňuje, kromě měření vzdáleností, funkce popisků dokonce pokročilejší funkce, jako je livestream pro montážní pracovníky s pracovníky v kancelářích skrze platformy MS Teams, Zoom atd., nebo zaznamenávání vad a neshod, které se zapíše např. do aplikací Autodesk BIM360 Field, Google Drive atd. [77]



Obrázek č. 16: Rozšířená realita na stavbě

Zdroj: <https://aec-business.com/how-vr-and-ar-will-help-in-remote-expert-assistance/>

5.4.4. MR (Mixed Reality)

MR je kombinací mezi AR a VR, spojuje reálný a virtuální svět. Ve smíšené realitě se virtuální obsah nejen překrývá s reálným prostředím (jako v případě rozšířené reality), ale je do něj ukotven a interaguje s ním. [73]

Smíšená realita může být využita pro komunikaci, mezi montážními pracovníky na stavbě a projektanty či jinými zaměstnanci v kanceláři. To může být výhodné při řešení nějakého konkrétního složitého problému. Zaměstnancům

v kanceláři bude promítnuto to, co vidí montážní pracovníci a budou jim moci řešení do virtuálního světa nakreslit.

MR může být díky automatizaci procesů oprav také využita při facility managementu. Správce budovy může být po nasazení brýlí proveden procesem údržby jakéhokoli technologického zařízení pomocí detailních instrukcí. [78]

Na trhu je dnes mnoho společností, které inzerují finančně dostupné nástroje pro smíšenou realitu, jako je Dell Visor, HP Windows Mixed Reality headset atd., které je možné zakoupit za cca 7000 Kč až 8000 Kč. Ty však neumožňují přímé propojení mezi reálným a virtuálním světem, jako je tomu například u Microsoft HoloLens 2, či Trimble XR10. To jsou brýle pro smíšenou realitu s holografickým počítačem, které nabízí holografické zážitky pomocí hologramů a tím přináší interakce, které uživatele lépe vnoří do reality. Cenově se pohybují kolem 84 000 Kč až 110 000 Kč. [79]

Pro komunikaci Revitu se zařízením se smíšenou realitou je opět nutné pořídit Plugin za roční poplatek, např. od firmy Visuallive za 27 000 Kč až 35 000 Kč pro chytrý telefon či tablet, nebo za 68 000 Kč až 108 000 Kč pro Hololens zařízení. [80]

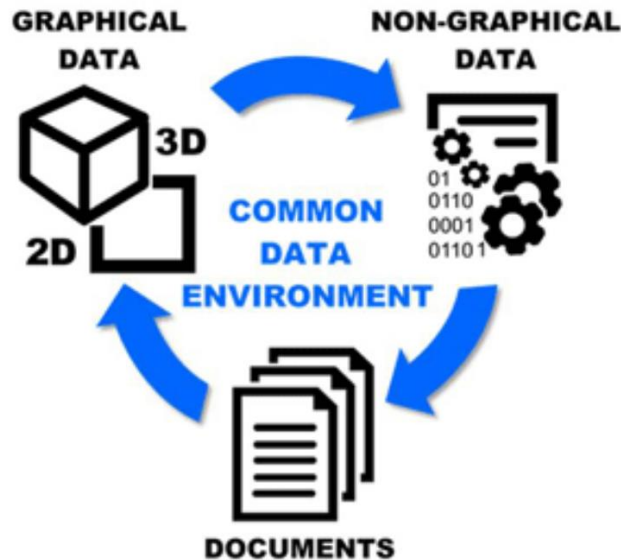
5.5. CDE

Pro snazší a efektivnější řízení činností na stavbě a pro sdílení projektových informací po dobu celého životního cyklu stavby lze využít nástroje, které fungují na společné datové platformě (common data environment – CDE), založené na web-cloud technologii, kde všichni účastníci stavby mohou např. sledovat průběh prací, vytvářet seznamy úkolů a seznamy závad a nedodělků, které budou přístupné pro ostatní. [60], [81]

Příklady CDE SW, které je možné zakoupit jsou [82]:

- Autodesk BIM 360 Field
- Trimble Connect
- Bentley Projectwise
- Procore

- Allplan Bimplus
- PlanBIM



Obrázek č. 17: CDE

Zdroj: <https://www.thenbs.com/knowledge/building-information-modelling-what-information-is-in-the-model>

6. Průzkum využívaných digitálních nástrojů pro realizaci TZB na trhu

S cílem zjistit využití digitálních technologií při realizaci TZB systémů v ČR bylo telefonicky poptáno 6 společností, zabývajících se realizací TZB. Pro průzkum byly zvoleny menší společnosti, (počet montážních pracovníků do 10), aby bylo možné je porovnat s firmou, kde působím. V rámci průzkumu byly zástupcům společností položeny následující otázky:

- Prováděli už někdy vaši montážní pracovníci montáž podle modelu vypracovaného v BIM, nebo pouze pomocí vytištěných půdorysů, řezů a pohledů vypracovaných v CADu? Pokud ano, v jakém to bylo formátu? (vytištěné půdorysy a 3D pohledy, nebo interaktivní model?)
- Co bývá nejčastějším důvodem zbytečných prostojů a následného prodloužení doby montáže? Co by mohlo podle vás pomoci ke zkrácení doby montáže?

- Myslíte si, že by takový podklad ulehčil montážním pracovníkům práci? (*emailem byl poslán odkaz na BIM model v Autodesk Vieweru*)

Pro získání plně reprezentativních výsledků by bylo třeba získat data od více než 6 poptaných společností, průzkum nicméně umožňuje získat použitelný orientační přehled o možnostech digitalizace v oblasti malých zhotovitelů TZB.

Dle provedeného průzkumu se dá usuzovat, že převážná většina malých zhotovitelů využívá klasických metod – vytištěné výkresy vytvořené pomocí CAD. Na základě informací získaných během studia se domnívám, že BIM používají hlavně větší firmy, a to ještě specificky dle povahy zakázek a týmů.

Z ankety dále vyplynulo, že zbytečné prostoje a prodlužování doby montáží dle montážních organizací nesouvisí s typem dokumentace, ale spíše s chybami v dokumentaci, s organizačními problémy samotných organizací, s koordinacemi jednotlivých profesí a s nedostatečnou stavební připraveností.

Montážní pracovníci se ve velké míře domnívají, že je postačující klasická dokumentace v tištěné podobě, a že jsou sami díky své představivosti schopni vytvořit odpovídající dílo. Nicméně i montážní pracovníci, skeptičtí k novým metodám, po opakovaném shlédnutí interaktivního BIM modelu přiznávají, že by mohl být velkým přínosem.

7. Hypotéza

Na základě provedené rešerše a průzkumu byly autorkou vysloveny následující hypotézy:

- Využití BIM modelů na mobilních zařízeních povede ke zlepšení pochopení modelů montážními pracovníky a tím ke snížení chybovosti a zvýšení kvality
- Dojde ke zkrácení doby montáže, a to i při započtení školení
- Investice do implementace BIM metody do realizačních procesů společnosti, a to i menších, se z dlouhodobého hlediska finančně vyplatí

Tyto hypotézy byly následně prověřeny v experimentální části.

8. Experimentální část

V rámci experimentální části byla jednak provedena multikriteriální analýza (MKA), a jednak bylo provedeno srovnání reálných montážních časů na reálných zakázkách.

Cílem experimentální části bylo zjistit, jaký je reálný přínos BIM metod v procesech projekce, přípravy a realizace TZB systémů.

8.1. Multikriteriální analýza vybraných metod pro realizaci TZB

8.1.1. Porovnávané metody tvorby a použití podkladů pro realizaci

Pro multikriteriální analýzu byly zvoleny metody 8.1.1.1-8.1.1.7.

8.1.1.1. PD (Půdorysy, pohledy, řezy, schémata atd.) vypracovaná v SW Autocad, a vytištěná na papír

Pro porovnání je jako první varianta zvolena tato konvenční metoda. Montážním pracovníkům jsou vytištěny výkresy z PD vytvořené ve 2D SW Autocad a montážní návody zařízení od výrobce.

8.1.1.2. PD (Půdorysy, 3D pohledy, řezy, schémata atd.), vymodelovaná v SW Revit, a vytištěná na papír

Montážním pracovníkům jsou vytištěny výkresy z PD vytvořené ve 3D SW Revit a montážní návody zařízení od výrobce.

8.1.1.3. PD, vymodelovaná v SW Revit (v rozsahu 8.1.1.2), doplněná 3D modelem v 3D PDF, zobrazovaným na chytrém telefonu nebo tabletu

Montážním pracovníkům je navíc k podkladům v rozsahu 8.1.1.2 poskytnut tablet s 3D PDF modelem.

8.1.1.4. PD, vymodelovaná v SW Revit (v rozsahu 8.1.1.2), doplněná BIM modelem v aplikaci Autodesk Viewer, zobrazovaným na chytrém telefonu nebo tabletu

Montážním pracovníkům je navíc k podkladům v rozsahu 8.1.1.2 poskytnut tablet s odkazem na interaktivní BIM model v Autodesk Vieweru.

8.1.1.5. PD, vymodelovaná v SW Revit (v rozsahu 8.1.1.2), doplněná BIM modelem v SW Navisworks Manage, zobrazovaným na tabletu

Montážním pracovníkům je navíc k podkladům v rozsahu 8.1.1.2 poskytnut tablet s nainstalovaným SW Navisworks Manage, ve kterém bude interaktivní BIM model zobrazován.

8.1.1.6. PD, vymodelovaná v SW Revit (v rozsahu 8.1.1.2), doplněná VR brýlemi a počítačem s BIM modelem

Montážním pracovníkům jsou navíc k podkladům v rozsahu 8.1.1.2 poskytnuty VR brýle a počítač s BIM modelem.

8.1.1.7. PD, vymodelovaná v SW Revit (v rozsahu 8.1.1.2), doplněná MR brýlemi a počítačem s BIM modelem

Montážním pracovníkům jsou navíc k podkladům v rozsahu 8.1.1.2 poskytnuty MR brýle a počítač s BIM modelem.

8.1.2. Kritéria

Vybranými kritérii pro porovnání jsou:

- pořizovací cena zařízení a SW
- doba projekčních a přípravných prací
- doba montáže
- pravděpodobnost a rozsah neshod
- kvalita provedení a spokojenost zákazníka
- spokojenost montážních pracovníků.

Kritérium	Popis	Povaha	Hledisko	Váhové body	Váha [%]
Pořizovací cena zařízení a SW [Kč]	cena pořízení zařízení a SW pro využití dané metody (vč. SW na 1 rok) [Kč]	Min	Kvantitativní	20	0,058
Poměrná doba projekčních a přípravných prací [%]	skutečně vynaložený čas ve srovnání s běžně vynaloženým časem při tvorbě PD v CAD [%]	Min	Kvantitativní	50	0,145
Poměrná doba montáže [%]	skutečně vynaložený čas ve srovnání s běžně vynaloženým časem a pravděpodobnost nedodržení termínu [%]	Min	Kvantitativní	100	0,290
Pravděpodobnost a rozsah neshod [%]	skóre ceny neshod v poměru k celkové ceně zakázky [%]	Min	Kvantitativní	25	0,072
Kvalita provedení (spokojenost objednatele) (stupnice 1-10)	odborný odhad kvality provedení (spokojenosti objednatele) (stupnice 1-10)	Max	Kvalitativní	100	0,290
Spokojenost montážních pracovníků (UX)(stupnice 1-10)	odborný odhad spokojenosti montážních pracovníků (UX) (stupnice 1-10)	Max	Kvalitativní	50	0,145
				345	1

Tabulka č. 1: Popis kritérií vč. stanovení jejich váhy

Zdroj: Autorka

Kvantitativní váhy byly odhadnuty pro jednu montážní četu a jednoho projektanta.

8.1.2.1. Poměrná doba montáže

Bylo odhadnuto, že průměrné náklady na montážní četu činí 2 000 000 Kč/rok. Poměrná doba montáže byla zvolena jako základní kritérium, podle kterého jsou posuzovány váhové body ostatních kritérií. Bylo jí přiřazeno 100 váhových bodů.

8.1.2.2. Poměrná doba projekčních a přípravných prací

Bylo odhadnuto, že průměrné náklady na projektanta činí 1 000 000 Kč/rok. Kritériu bylo přiřazeno 50 váhových bodů. ($2\,000\,000 / 1\,000\,000 = 2 \dots 100 / 2 = 50$)

8.1.2.3. Pořizovací cena zařízení a SW

Pro vyhodnocení kritéria pořizovací ceny zařízení a SW byla provedena podrobnější finanční analýza nákladů.

Název	PD z Autocad	PD z Revit	PD z Revit+3D pdf	PD z Revit+ BIM model Autodeskviewer	PD z Revit+ BIM model Navisworks	PD z Revit+ VR	PD z Revit+ MR
finanční náklady na HW navíc, oproti běžnému vybavení (dostatečně výkonný počítač/ tablet)	0 Kč	0 Kč	10 000 Kč	10 000 Kč	10 000 Kč	65 000 Kč	65 000 Kč
SW Revit, roční licence	0 Kč	85 420 Kč	85 420 Kč	85 420 Kč	85 420 Kč	85 420 Kč	85 420 Kč
SW Navisworks Manage, roční licence	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	80 490 Kč	0 Kč	0 Kč
brýle Oculus Rift S	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	12 000 Kč	0 Kč
brýle Hololens	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	79 000 Kč
program Enscape, roční licence	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	11 000 Kč	0 Kč
program Visuallive, roční licence	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	108 000 Kč
suma	0 Kč	85 420 Kč	95 420 Kč	95 420 Kč	175 910 Kč	173 420 Kč	337 420 Kč

Tabulka č. 2: Finanční analýza pořizovací ceny zařízení a SW

Zdroj: Autorka

Investiční cena zařízení a SW nepřekročí 400 000 Kč ročně, bylo jí tedy přiděleno 20 váhových bodů. $(2\,000\,000 / 400\,000 = 5 \dots 100 / 5 = 20)$

8.1.2.4. Pravděpodobnost a rozsah neshod

Kritérium pravděpodobnost a rozsah neshod bylo odhadnuto na 25% ceny montáže. Bylo mu přiřazeno 25 váhových bodů.

8.1.2.5. Kvalita provedení (spokojenost objednatele)

Důležitost renomé firmy a s tím související potenciál kvalitních zakázek v budoucnosti je minimálně na úrovni času montáže. Kritériu je přiřazeno 100 váhových bodů.

8.1.2.6. Spokojenost montážních pracovníků

Uživatelský zážitek, z anglického user experience (UX), čímž je myšleno celková zkušenost a spokojenost uživatele při používání digitálního zařízení je odhadnuta polovičním počtem váhových bodů spokojenosti objednatele, tj. 50 bodů.

8.1.3. Vyhodnocení multikriteriální analýzy

Kritérium	Váhové body	Váha [%]	PD z Autocad	Body	Skore	PD z Revit	Body	Skore	PD z Revit+3D pdf	Body	Skore	PD z Revit+ BIM model Autodeskviewer	Body	Skore	PD z Revit+ BIM model Navisworks	Body	Skore	PD z Revit+ VR	Body	Skore	PD z Revit+ MR	Body	Skore
Pořizovací cena zařízení a SW [Kč]	20	0,058	0	1,00	0,058	85420	0,75	0,043	95420	0,72	0,042	95420	0,72	0,042	2E+05	0,48	0,028	2E+05	0,49	0,028	3E+05	0,00	0,000
Poměrná doba projekčních a přípravných prací [%]	50	0,145	100	0,90	0,130	90	1,00	0,145	91	0,99	0,143	91	0,99	0,143	92	0,98	0,142	92	0,98	0,142	95	0,95	0,137
Poměrná doba montáže [%]	100	0,290	100	0,75	0,217	90	0,83	0,242	90	0,83	0,242	85	0,88	0,256	85	0,88	0,256	80	0,94	0,272	75	1,00	0,290
Pravděpodobnost a rozsah neshod [%]	25	0,072	15	0,33	0,024	9	0,56	0,040	9	0,56	0,040	8	0,63	0,045	8	0,63	0,045	6	0,83	0,060	5	1,00	0,072
Kvalita provedení (spokojenost objednatele) (stupnice 1-10)	100	0,290	5	0,50	0,145	8	0,80	0,232	8	0,80	0,232	8,5	0,85	0,246	8,5	0,85	0,246	9	0,90	0,261	10	1,00	0,290
Spokojenost montážních pracovníků (UX) (stupnice 1-10)	50	0,145	5	0,56	0,081	6	0,67	0,097	6	0,67	0,097	7	0,78	0,113	7	0,78	0,113	8	0,89	0,129	9	1,00	0,145
	345	1			0,655			0,799			0,795			0,845			0,830			0,892			0,934

Tabulka č. 3: Výsledky multikriteriální analýzy

Zdroj: Autorka

Výsledkem výpočtů dle klasické multikriteriální analýzy je pro jednotlivé metody číselná hodnota, která má maximalizační povahu.

Z výsledků vyplývá, že nejnižší hodnotu má, tudíž je nejméně vhodným nástrojem, klasická technická dokumentace vytvořená pomocí CAD.

Lepší výsledek mají všechny varianty, u kterých bylo využito BIM, a to dokonce ve všech kritériích, kromě pořizovací ceny a provozních nákladů na nové technologie.

Varianta, která byla otestována a je nyní společností, kde působím, v praxi využívána, tj. vytištěná dokumentace vytvořená v BIM+ Autodesk Viewer, vychází dle výsledků nadprůměrně.

Varianty, které byly vyzkoušeny pouze v omezeném rozsahu (z důvodu nedostatečného hardware a absence brýlí pro MR), se jeví jako nejzajímavější a s nejlepšími výsledky.

8.2. Experimentální ověření vybraných metod

8.2.1. Popis metod experimentálního ověření

Pro ověření hypotézy jsem zvolila porovnání využití dvou metod podkladů pro realizaci, klasickou a BIM metodu, na čtyřech stavbách.

8.2.1.1. Klasická metoda

Klasická metoda experimentálního ověření je tištěná PD z SW AutoCAD (odpovídá metodě 8.1.1.1. MKA). Montážním pracovníkům jsou s dostatečným předstihem poskytnuty tištěné půdorysy, pohledy a schémata, vypracované v SW AutoCAD a manuálně vytvořený výkaz výměr v Excelu. Zkontrolují, jestli je zadání proveditelné, a sdělí zadavateli případné připomínky. Po ukončení montáže zapíší montážní pracovníci do firemního systému skutečné časy montáží, případné neshody a prostoje, a jejich důvod.

8.2.1.2. BIM metoda

BIM metoda experimentálního ověření je tištěná PD ze SW Revit, doplněná BIM modelem v aplikaci Autodesk Viewer a v SW Navisworks Manage, zobrazovaným na chytrém telefonu nebo tabletu (odpovídá kombinací metod

8.1.1.4. a 8.1.1.5 MKA). Montážním pracovníkům jsou s dostatečným předstihem poskytnuty stejné podklady, avšak vypracované v SW Revit, a doplněné o 3D pohledy. Navíc montážní pracovníci využijí tablet s interaktivním BIM modelem, nahraným v Autodesk Vieweru, případně v Navisworks. Stejně jako v předchozím případě, vše zkontrolují, odpřipomínkují, a následně po dokončení montáže zapíší do firemního systému údaje jako v případě klasické metody.

8.2.2. Popis experimentálního ověření vybraných metod

Na čtyřech případech realizace TZB (UT a VZT) v rodinných domech bylo provedeno porovnání efektivity práce (pracnost montáže). Jedna z akcí byla již realizována v roce 2021 a ostatní tři byly realizovány během bakalářské práce. Akce Slivenec I a akce Rymaně byly realizovány klasickou metodou (8.2.1.1.) a akce Černošice I a Bílovice byly realizovány pomocí BIM metody (8.2.1.2.).

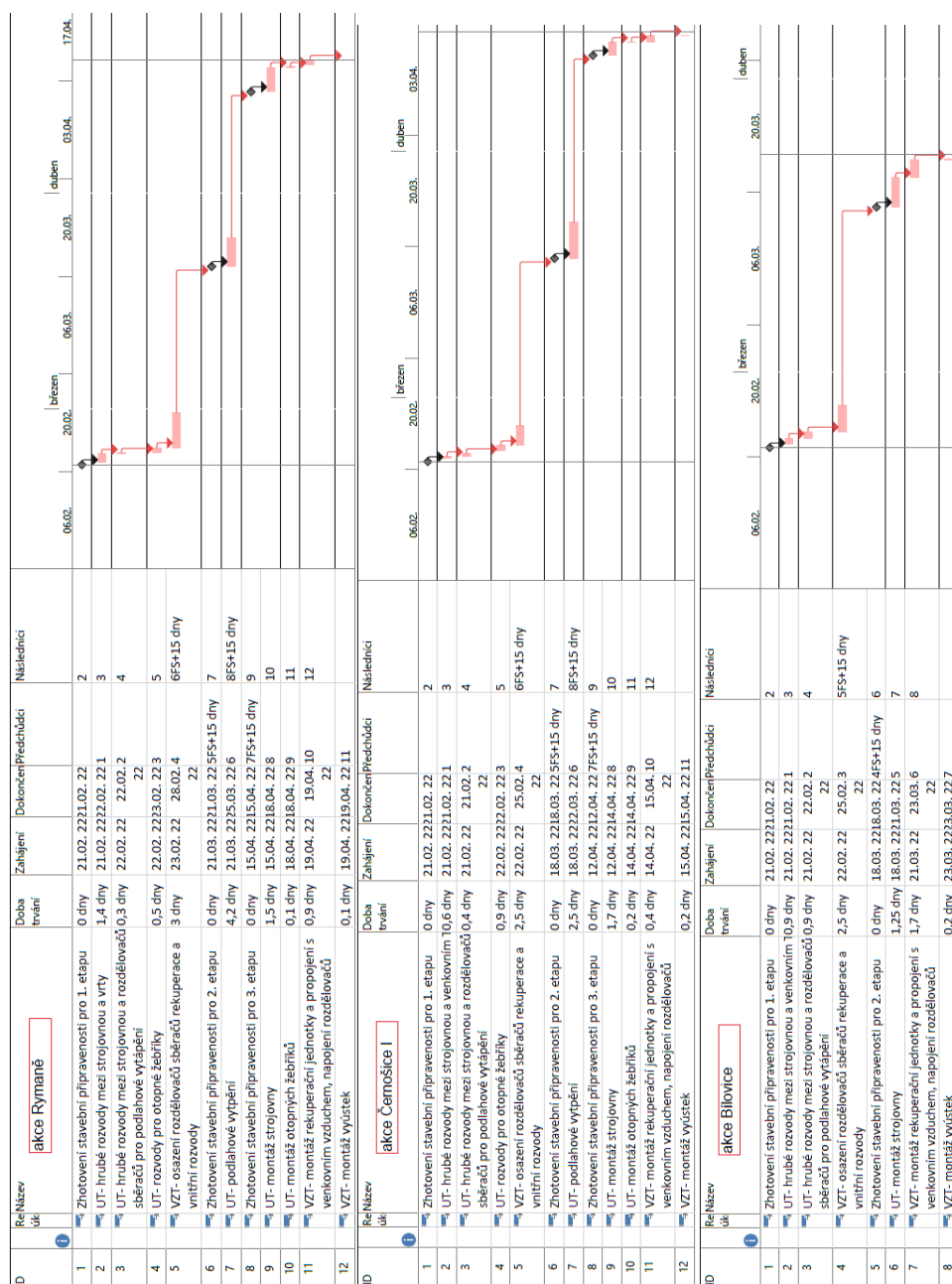
Kromě lidských zdrojů, kteří na výše uvedených projektech pracovali (dva montážní pracovníci a autorka této práce, která zpracovávala PD) byly jako digitální zdroje využity SW Revit a Navisworks Manage, a tablet.

Technologická náročnost jednotlivých projektů je odlišná. Aby data byla reprezentativní, byly vypočteny montážní časy pomocí SW KROS, který zohledňuje pracnost pomocí databáze ÚRS. Dále byl vytvořen odhad náročnosti manažerem zakázek a poté byl změřen experimentálně získaný skutečný čas montáže.

Sledovány a porovnány byly následující pracnosti:

- samotná realizace
- čas na cestě
- čas školení montážních pracovníků pro práci se digitálními nástroji
- čas přípravy montážních pracovníků na stavbě
- oprava chyb
- časová náročnost změn, které byly vyvolány objednatelem
- prodlení z důvodu problémů se zásobováním
- zbytečné škody, způsobené ostatními účastníky stavby

Pro akce, které byly prováděny v době zpracování bakalářské práce, byly vytvořeny harmonogramy, které znázorňují dobu ideálního trvání jednotlivých etap podle odborného odhadu manažera zakázky. Akce realizované v rámci bakalářské práce byly dokumentovány, z každého dne proběhl zápis do firemního systému. Pro dříve realizovanou akci byla využita data z montážního deníku. Navíc ohledně montážních časů a neshod proběhla diskuse s montážními pracovníky. Data jsou do tabulky zaznamenána po jednotlivých etapách (viz harmonogramy).



Obrázek č. 18, 19, 20: Harmonogramy pro akce Rymaně, Černošice I a Bílovice

Zdroj: Autorka

8.2.3. Vyhodnocení experimentálního ověření vybraných metod

Pro výpočet skutečné pracnosti byla na každou akci zvlášť vytvořena pomocná tabulka, kde jsou zapsány výše zmíněné pracnosti v hodinách.

	samotná realizace	čas na cestě	příprava montérů na stavbě	opravy chyb	změny ze strany objednatele	prodlení z důvodu zásobování	zbytečné škody způsobené stavbou	
akce Slivenec I								
UT- montáž strojovny	160	16	10	20	3	0	0	209
celkový čas montážních prací (hod) Σ	160	16	10	20	3	0	0	209

Tabulka č. 4: Skutečné montážní časy na akci Slivenec I, realizované s podklady vytvořenými klasickou metodou

Zdroj: Autorka

	samotná realizace	čas na cestě	příprava montérů na stavbě	opravy chyb	změny ze strany objednatele	prodlení z důvodu zásobování	zbytečné škody způsobené stavbou	
akce Rymaně								
UT- hrubé rozvody mezi strojovnou a vrty	30	3	0	0	6	0	0	39
UT- hrubé rozvody mezi strojovnou a rozdělovačů sběračů pro podlahové vytápění	7	2	0	0	0	0	0	9
UT- hrubé rozvody pro žebříky	10	0,5	2	2	0	1	5	20,5
VZT- osazení rozdělovačů sběračů rekuperace a vnitřní rozvody	70	8	6	0	3	4	0	91
UT- podlahové vytápění	160	16	40	0	0	2	40	258
UT- montáž strojovny	40	4	0	0	1	8	0	53
UT- montáž otopných žebříků	3	1	0,5	0	0	0	0	4,5
VZT- montáž rekuperační jednotky a propojení s venkovním vzduchem, napojení rozdělovačů sběračů	19	2	1	0	0	0	0	22
VZT- montáž výustek	13	1	0	0	0	0	0	14
celkový čas montážních prací (hod) Σ	352	37,5	49,5	2	10	15	45	511

Tabulka č. 5: Skutečné montážní časy na akci Rymaně, realizované s podklady vytvořenými klasickou metodou

Zdroj: Autorka

	samotná realizace	čas na cestě	čas školení mont. pracovníků	příprava montérů na stavbě	opravy chyb	změny ze strany objednatele	prodlení z důvodu zásobování	zbytečné škody způsobené stavbou	
akce Černošice I									
UT- hrubé rozvody mezi strojovnou a venkovním TČ	4	0,5		1	0	0	0	0	5,5
UT- hrubé rozvody mezi strojovnou a rozdělovačů sběračů pro podlahové vytápění	7	1		1	0	0	0	0	9
UT- hrubé rozvody pro žebříky	15	0,5		0	0	0	1	0	16,5
VZT- osazení rozdělovačů sběračů rekuperace a vnitřní rozvody	60	6		6	0	0	8	0	80
UT- podlahové vytápění	60	6		0	0	0	0	0	66
UT- montáž strojovny	40	4		3	1	0	0	0	48
UT- montáž otopných žebříků	5	0,5		0	0	0	1	0	6,5
VZT- montáž rekuperační jednotky a propojení s venkovním vzduchem, napojení rozdělovačů sběračů	20	2		0	0	0	0	0	22
VZT- montáž výustek	2	0,5		0	0	0	0	0	2,5
celkový čas montážních prací (hod) Σ	213	21	0,5	11	1	0	10	0	256,5

Tabulka č. 6: Skutečné montážní časy na akci Černošice I, realizované s podklady vytvořenými metodou BIM

Zdroj: Autorka

	samotná realizace	čas na cestě	čas školení mont. pracovníků	příprava montérů na stavbě	opravy chyb	změny ze strany objednatele	prodlení z důvodu zásobování	zbytečné škody způsobené stavbou	
akce Bílovice									
UT- hrubé rozvody mezi strojovnou a venkovním TČ	3	0,5		0,5	0	0	2	0	6,0
VZT- osazení rozdělovačů sběračů rekuperace a vnitřní rozvody	60	18		4	0	8	20	0	110
UT- montáž strojovny	40	12		2	0	0	0	0	54
VZT- montáž rekuperační jednotky a propojení s venkovním vzduchem, napojení rozdělovačů sběračů	20	6		2	0	0	3	0	31
VZT- montáž výustek	4	0,5						0	4,5
celkový čas montážních prací (hod) Σ	127	37	0,5	8,5	0	8	25	0	206,0

Tabulka č. 7: Skutečné montážní časy na akci Bílovice, realizované s podklady vytvořenými metodou BIM

Zdroj: Autorka

Pro část UT byly pomocí výkazu výměr kalkulovány pracnosti dle KROS.

K dosažení relevantních výsledků byly od skutečných časů montáže odečteny časy změn ze strany objednatele, prodlení z důvodu zásobování a zbytečné škody způsobené ostatními účastníky stavby, tj. montážní časy, které nebyly ovlivněny metodou použitou pro realizaci (CAD/BIM).

Skutečná pracnost s odečtením časů nesouvisejících s vybranou metodou byla vydělena průměrem časů získaných z programu KROS a odhadu manažera (v případě VZT byl uvažován pouze čas odhadu manažera).

Výsledkem pro každou akci je poměr skutečné pracnosti ku předpokládané pracnosti (uvedeno v procentech). Dále byly tyto výsledky pro každou z metod zprůměrovány, a nakonec byl vytvořen poměr jednotlivých metod.

	Sliveneč I				Rymaně				Černošice I				Bílovice			
	pracnost dle URS	odhad manažera zakázky (MZ)[%]	skutečnost	prostožů nesouisejících s dokumentací	pracnost dle URS	odhad manažera zakázky (MZ)[%]	skutečnost	prostožů nesouisejících s dokumentací	pracnost dle URS	odhad manažera zakázky (MZ)[%]	skutečnost	prostožů nesouisejících s dokumentací	pracnost dle URS	odhad manažera zakázky (MZ)[%]	skutečnost	prostožů nesouisejících s dokumentací
čas (hod)																
UT- hrubé rozvody mezi strojovnou a TČ/ vrty	x	x	x	x	19	33	39	33	10	14	6	6	18	20	6	4
UT- hrubé rozvody mezi strojovnou a RS pro podlahové vytápění	x	x	x	x	11	7	9	9	7	8	9	9	24	20	110	82
UT- hrubé rozvody pro žebříky	x	x	x	x	13	12	21	15	21	20	17	16	x	x	x	x
VZT- osazení rozdělovačů sběračů rekuperace a vnitřní rozvody	x	x	x	x	70	70	91	84	60	60	80	72	60	60	110	82
UT- podlahové vytápění	x	x	x	x	75	100	258	216	90	60	66	66	x	x	x	x
UT- montáž strojovny	177	120	209	206	39	34	53	44	36	40	48	48	34	30	54	54
UT- montáž otopných žebříků	x	x	x	x	1	2	5	5	3	4	7	6	x	x	x	x
VZT- montáž rekuperační jednotky a propojení s exteriérem, napojení RS	x	x	x	x	21	21	22	22	16	16	22	22	40	40	31	28
VZT- montáž vyústek	x	x	x	x	10	10	14	14	4	4	3	3	4	4	5	5
suma	177	120	209	206	259	289	511	441	247	226	256	246	180	174	316	255
skutečnost po odečtení časů nesouisejících s vybranou metodou/ ((URS+odhad MZ)/2) [%]	139%				161%				104%				111%			
průměr CAD	150%															
průměr BIM	108%															
BIM/CAD	72%															

Tabulka č. 8: Výsledky porovnání metod CAD a BIM

Zdroj: Autorka

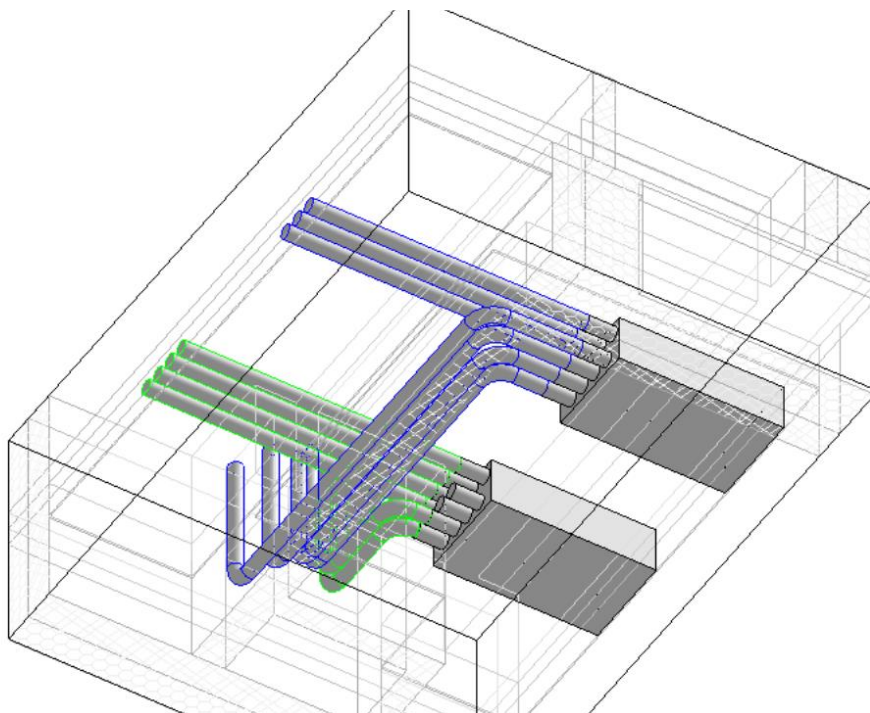
Výsledné porovnání ukazuje, že akce, které byly realizovány pomocí BIM metody, trvaly 72 % času trvání akcí realizovaných klasickou metodou. Dá se předpokládat, že využití BIM během montáže napomáhá pochopení modelu a tím i rychlosti a správnosti provedení. Pro multikriteriální analýzu byl zvolen odhad 85 %, který je pro BIM metodu méně příznivý, než vyplývá z experimentu.

Experiment byl z důvodů, daných časovým omezením na vypracování práce proveden pouze na čtyřech akcích, tj. na relativně malém vzorku. Domnívám se, že pro zpřesnění výsledků a jejich reprezentativnější vyhodnocení by bylo vhodné zahrnout do experimentální části řádově vyšší počet projektů, což by eliminovalo specifický charakter každé zakázky.

8.2.4. Námět pro pokračování experimentálního ověření vybraných metod

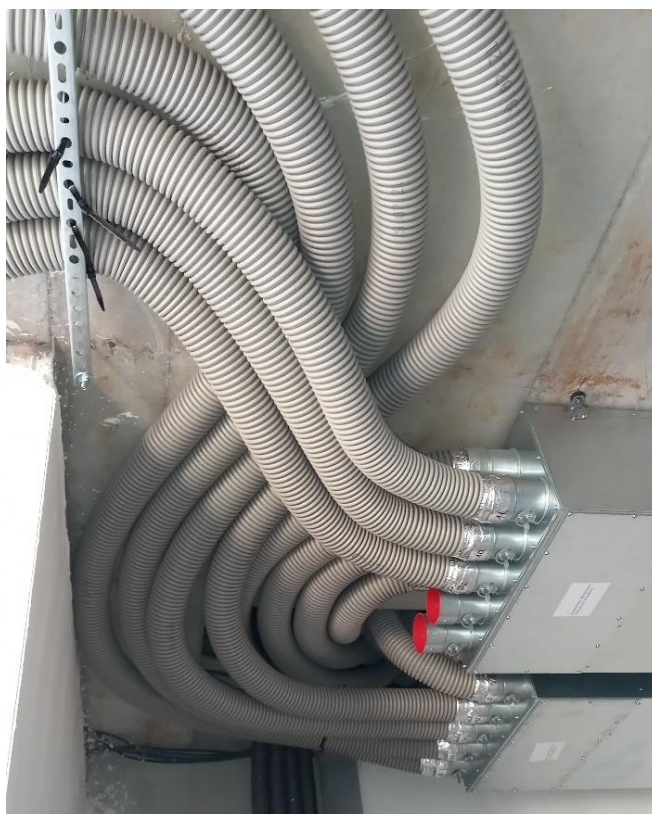
Na efektivitu realizace TZB mají kromě samotných montážních časů velký vliv i projekční a přípravné práce. V případě realizace pomocí BIM autorka (vzhledem k tvorbě dokumentace v jednotném prostoru a s tím souvisejícím přehlednějším, lépe přístupným uložením informací) předpokládá navíc méně časově náročnou tvorbu výrobní dokumentace, a zejména revize VTD v průběhu realizace a následnou tvorbu dokumentace skutečného provedení stavby.

8.2.5. Fotodokumentace z experimentálního ověření vybraných metod



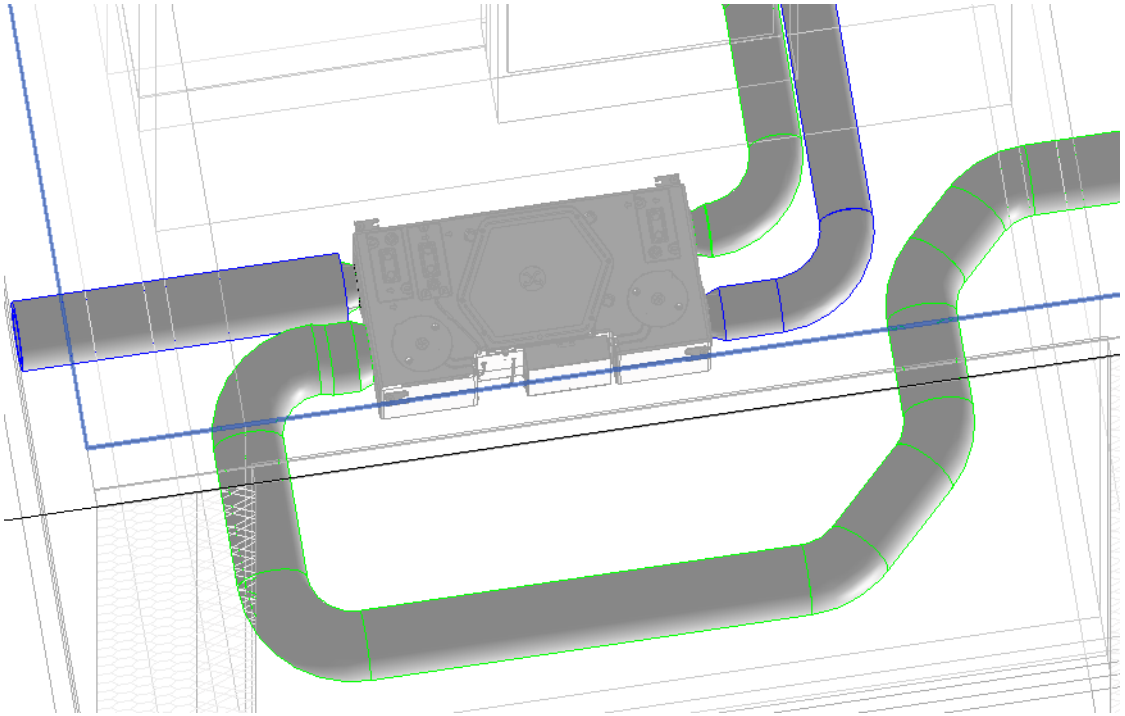
Obrázek č. 21: BIM model rozdělovačů/sběračů VZT na akci Bílovice

Zdroj: Autorka



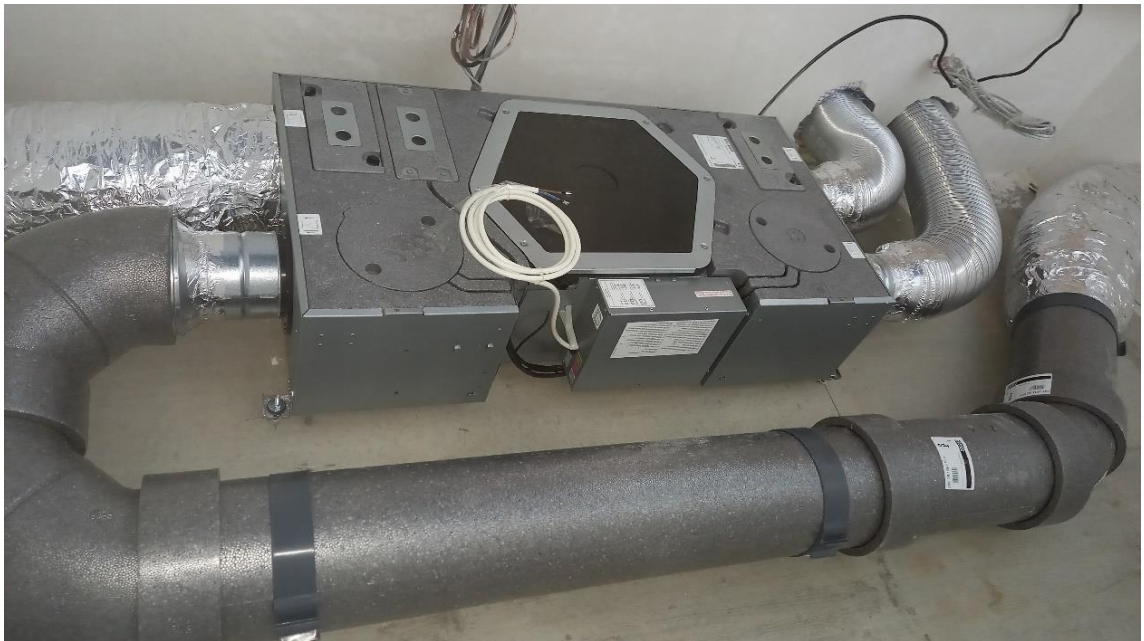
Obrázek č. 22: skutečná realizace rozdělovačů/sběračů VZT na akci Bílovice

Zdroj: Autorka



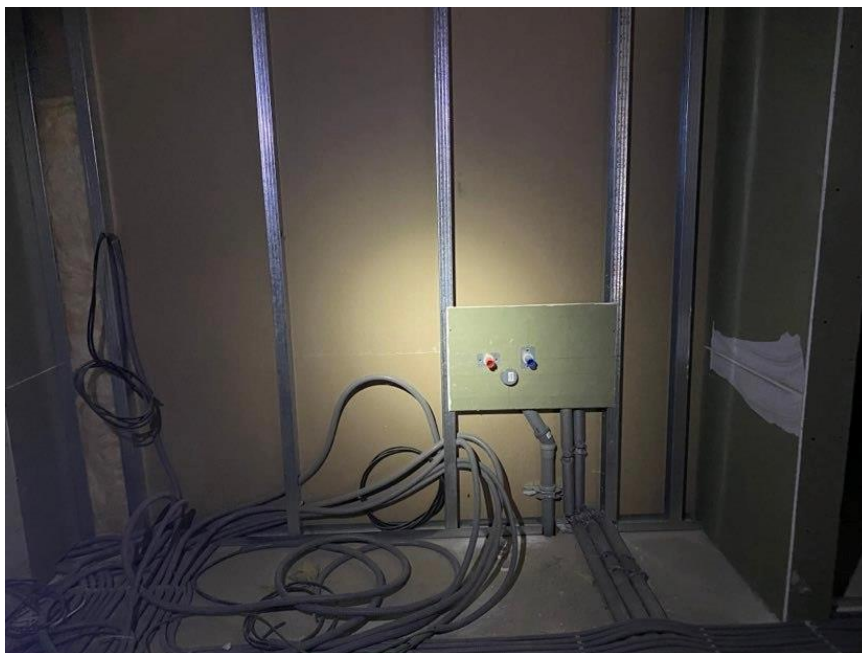
Obrázek č. 23: BIM model podstropní rekuperační jednotky na akci Bílovice

Zdroj: Autorka



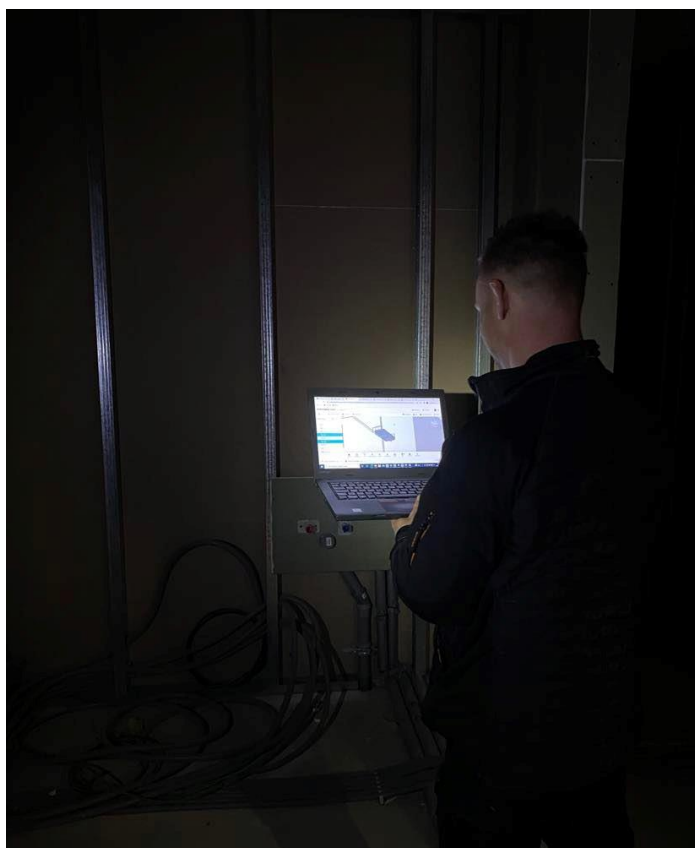
Obrázek č. 24: skutečná realizace podstropní rekuperační jednotky na akci Bílovice

Zdroj: Autorka



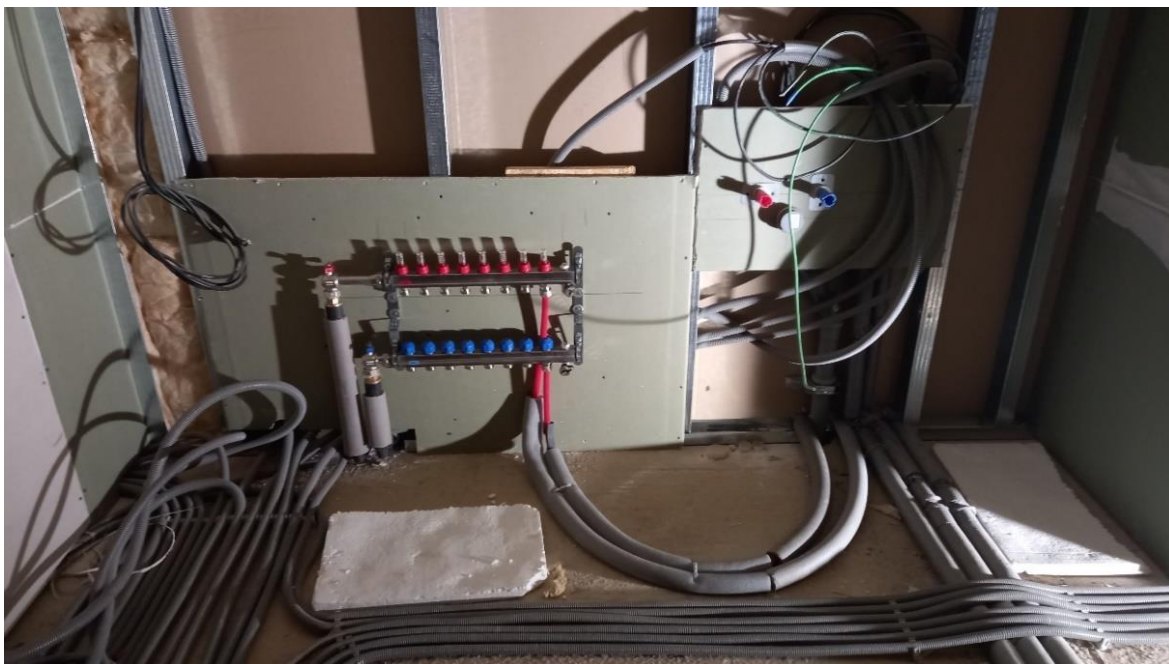
Obrázek č. 25: prostor pro osazení rozdělovače/sběrače podlahového vytápění na akci Černošice I

Zdroj: Autorka



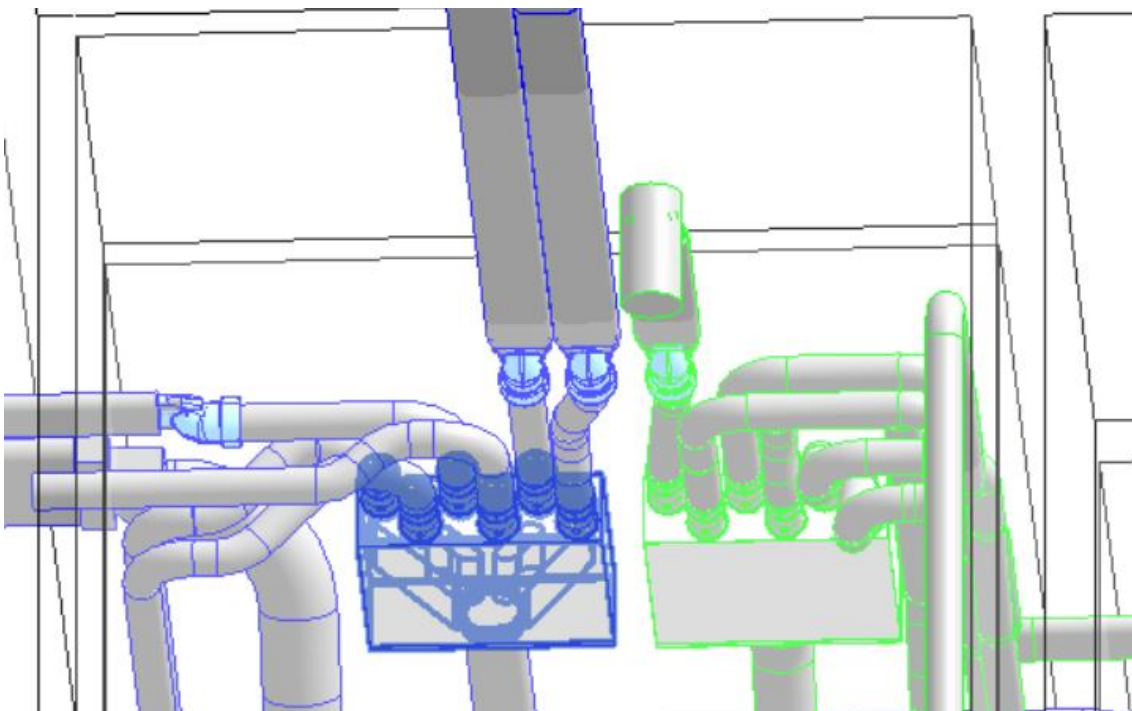
Obrázek č. 26: montážní pracovník s BIM modelem v Autodesk Vieweru, prohlížející prostor pro osazení rozdělovače/sběrače podlahového vytápění na akci Černošice I

Zdroj: Autorka



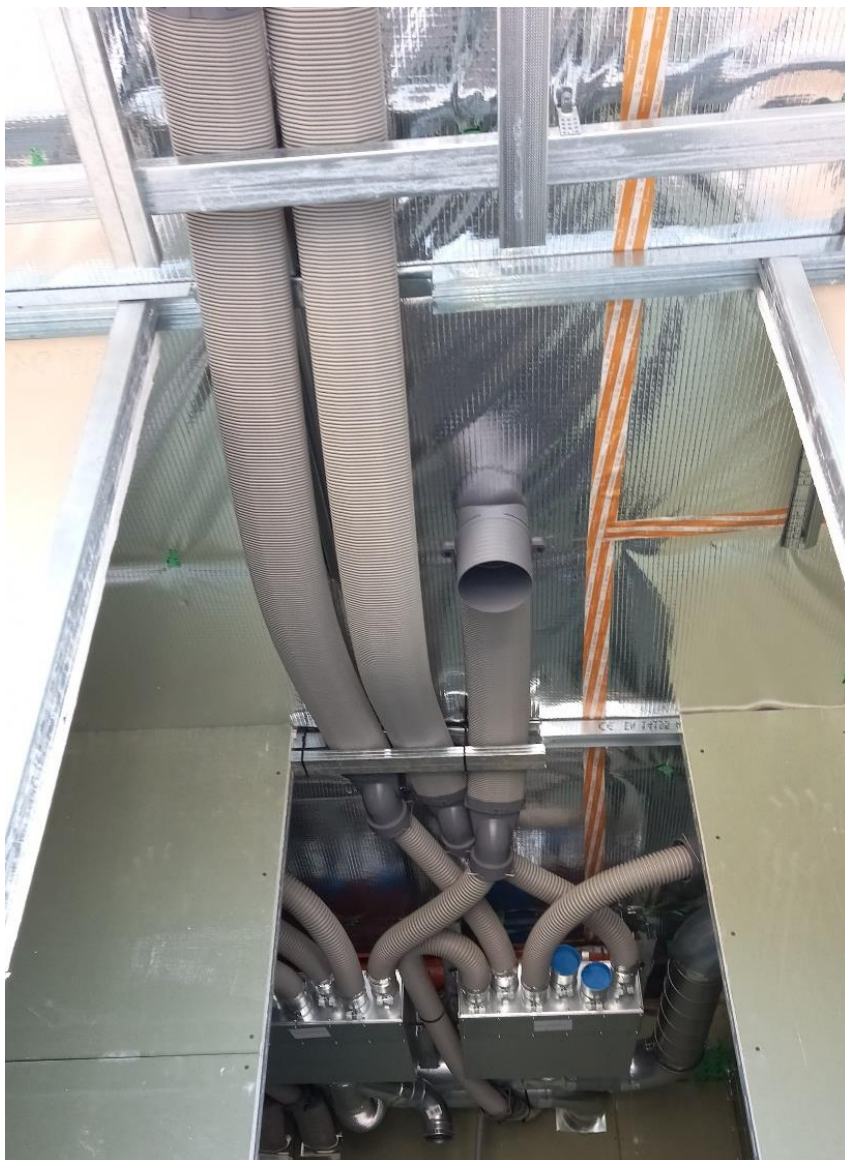
Obrázek č. 27: prostor s osazeným rozdělovačem/sběračem podlahového vytápění na akci Černošice I

Zdroj: Autorka



Obrázek č. 28: BIM model rozdělovačů/sběračů VZT na akci Černošice I

Zdroj: Autorka



Obrázek č. 29: skutečná realizace rozdělovačů/sběračů VZT na akci Černošice I
Zdroj: Autorka

9. Závěr

Cílem této práce bylo najít metody, které by přispěly k zefektivnění montáže TZB, minimalizaci neshod a maximalizaci kvality, a v důsledku toho i snížení nákladů na realizaci. To je důležité zejména v dnešní době, kdy je kvalifikovaných montážních pracovníků značný nedostatek.

V úvodní části práce autorka popsala digitální nástroje využívané během projekce, dokumenty potřebné pro realizaci TZB, nástroje a dokumentaci pro řízení kvality, požadavky na kvalitu TZB a nastínila problematiku správy TZB. Poté byly dle zkušeností z praxe v projekční a realizační společnosti Somatherm vypsány problémy, které nastávají při realizaci TZB. Následně byly popsány digitální nástroje s potenciálem využití při realizaci TZB – BIM, QR kódy, 3D tisk, virtuální, rozšířená a smíšená realita a CDE. K zjištění metod využívaných menšími zhotovitelskými společnostmi TZB na trhu českého stavebnictví byl proveden průzkum mezi šesti společnostmi.

Následně byla vyslovena hypotéza – využití BIM modelů na mobilních zařízeních povede ke zlepšení pochopení budoucí instalace montážními pracovníky a tím ke snížení chybovosti, zvýšení kvality a zkrácení doby montáže. Autorka vyvozuje, že realizačním společnostem, a to i menším, se z dlouhodobého hlediska implementace BIM metody vyplatí, a to i se zohledněním nákladů na implementaci, vč. školení montážních pracovníků.

Pro ověření hypotézy byla v experimentální části provedena multikriteriální analýza (MKA) vybraných metod a experiment, který sledoval efektivitu montáže klasickou metodou a BIM metodou. Z MKA je patrné, že by využití jakékoli metody BIM (vč. virtuální, rozšířené a smíšené reality) mohlo přispět ke zvýšení efektivity montáže, minimalizaci neshod, maximalizaci kvality a snížení nákladů na realizaci. Výsledné časy montáží TZB systémů na čtyřech akcích, získané z experimentu, ukazují, že se na akcích realizovaných pomocí BIM metody oproti klasické metodě podařilo zkrátit dobu montáže na 72 % času, nicméně pro relevantní výsledky by bylo potřeba provést rozsáhlejší studii.

SEZNAM ZDROJŮ A LITERATURY

- [1] *Růst cen stavebních materiálů pokračuje a ohrožuje i veřejné zakázky* [online]. Hypoindex, 2022 [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://www.hypoindex.cz/tiskove-zpravy/rust-cen-stavebnich-materialu-pokracuje-a-ohrozuje-i-verejne-zakazky/>
- [2] *Reducing the Cost of MEP Systems in Buildings: 4 Professional Tips* [online]. Michael Tobias, 2021 [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://www.ny-engineers.com/blog/reducing-the-cost-of-mep-systems-in-buildings-4-professional-tips>
- [3] *Ceny dřeva, kovů i dalších materiálů raketově rostou. Vývoj je nepředvídatelný* [online]. Křenova 438/3, 162 00 Praha 6: TZB info, 2021 [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/22489-ceny-dreva-kovu-i-dalsich-materialu-raketove-rostou-vyvoj-je-nepredvidatelny#:~:text=Ceny%20TZB%20zat%C3%ADm%20stoupaj%C3%AD%20postupn%C4%9B,asi%2020%20%25%20mater%C3%A1l%C5%AF%20na%20d%C5%AFm.>
- [4] *Current BIM Practices Amongst MEP Contractors and Suggestions for Improvement* [online]. Researchgate: Chara Farquharson, Jake Gunnoe, Alfredo Rivera, 2018 [cit. 2022-04-11]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/330566263_Current_BIM_Practices_Amongst_MEP_Contractors_and_Suggestions_for_Improvement
- [5] *Kvartální analýza českého stavebnictví Q4 2021* [online]. CEEC research, 2021 [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://www.ceec.eu/analyzy/?filtr=stavebni>
- [6] *Global market for HVAC systems in 2019, with a forecast for 2030* [online]. Statista Research Department, 2022 [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/414960/global-market-for-commercial-and-residential-hvac-systems/>
- [7] *Projected market volume of the heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) industry worldwide in 2017 to 2018, with a forecast for 2024* [online]. Statista Research Department, 2022 [cit. 2022-03-12]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/946468/global-market-volume-hvac-systems/>
- [8] *Co znamená TZB?* [online]. Křenova 438/3, 162 00 Praha 6: TZB info, [cit. 2022-02-27]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/co-znamenat-tzb>
- [9] *125 TZ01/TZBR/TZBL* [online]. Thákurova 2077/7 Praha 6, Dejvice 166 29 Praha 6: prof. Ing. Karel Kabele, CSc., 2021 [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tz01/prednasky/125tz01-01.pdf?dt=1645143817>
- [10] *Zdravé vnitřní prostředí aneb když budovy slouží lidem* [online]. TVArchitect, 2018 [cit. 2022-02-27]. Dostupné z: <https://www.tvarchitect.com/clanek/zdrave-vnitri-prostredi-aneb-kdyz-budovy-slouzi-lidem/>

- [11] *Skryté nebezpečí: Syndrom nemocných budov* [online]. Věštínská 1611/19 153 00 Praha 16 - Radotín: Ventilatory.cz, 2020 [cit. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://www.ventilatory.cz/skryte-nebezpeci-syndrom-nemocnych-budov-x31445>
- [12] *Pro zdravější budoucnost je potřeba změnit přístup k modernímu stavitelství* [online]. Křenova 438/3, 162 00 Praha 6: TZB info, 2018 [cit. 2022-02-27]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/17435-pro-zdravejsi-budoucnost-je-potreba-zmenit-pristup-k-modernimu-stavitelstvi>
- [13] *Over-Engineering: What are the Negative Effects?* [online]. Sanket Abhang, 2019 [cit. 2022-02-27]. Dostupné z: <https://www.ny-engineers.com/blog/negative-effects-of-over-engineering>
- [14] *Bouře neustává, ceny energií dál rostou. Citelně si připlatí firmy i domácnosti* [online]. Revoluční 724/7, 110 00 Praha 1: Forbes, 2021 [cit. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://forbes.cz/boure-neustava-ceny-energie-dal-rostou-citelne-si-priplati-firmy-i-domacnosti/>
- [15] *Předpisy, normy a směrnice pro technická zařízení budov v evropském kontextu (I)* [online]. Křenova 438/3, 162 00 Praha 6: TZB info, 2006 [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vytapani/3159-predpisy-normy-a-smernice-pro-technicka-zarizeni-budov-v-evropskem-kontextu-i>
- [16] *How CAD Design is Used in the Architecture Industry* [online]. Cad crowd: Purnima, 2018 [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://www.cadcrowd.com/blog/how-cad-design-is-used-in-the-architecture-industry/>
- [17] *Difference Between 2D and 3D CAD Drawing | Advantages of 3D CAD over 2D | CNCLATHING* [online]. cnclathing, 2020 [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://www.cnclathing.com/guide/difference-between-2d-and-3d-cad-drawing-advantages-of-3d-cad-over-2d-cnclathing>
- [18] *What is a 2D CAD Software and What are its Strengths?* [online]. ZWSchool, 2021 [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <https://www.zwsoft.com/news/zwschool/what-is-a-2d-cad-software-and-what-are-its-strengths>
- [19] *Handbook of Computer Aided Geometric Design* [online]. G. Farin, J. Hoschek, M.-S. Kim, 2002 [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <https://books.google.co.uk/books?id=GGXcUS5p2CIC>
- [20] *BIM – Nové trendy v projektování* [online]. Křenova 438/3, 162 00 Praha 6: TZB info, 2018 [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/bim-informacni-model-budovy/16874-bim-nove-trendy-v-projektovani>
- [21] *CAD vs. BIM: what's the difference (and overlap) between them?* [online]. magazine.mosa, 2018 [cit. 2022-03-06]. Dostupné z:

<https://magazine.mosa.com/en-us/cad-vs-bim-whats-the-difference-and-overlap-between-them>

[22] *BIM Execution Plan* [online]. TZB info: Ing. Tomáš Kupsa, 2019 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/bim-informacni-model-budovy/18461-bim-execution-plan>

[23] *Key aspects of a BIM Execution Plan (BEP)* [online]. Zigurat Global Institute of Technology, 2021 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: [https://www.e-zigurat.com/blog/en/keys-aspects-bim-execution-plan-bep/#:~:text=The%20BIM%20Execution%20Plan%20\(BEP,capabilities%20can%20implement%20BIM%20effectively](https://www.e-zigurat.com/blog/en/keys-aspects-bim-execution-plan-bep/#:~:text=The%20BIM%20Execution%20Plan%20(BEP,capabilities%20can%20implement%20BIM%20effectively)

[24] *Realizační dokumenty stavby v datovém modelu: Diplomová práce* [online]. Bc. Filip Kalina, 2016 [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/67993>

[25] *Integrovaný návrh vytápění NZEB s podporou BIM* [online]. Křenova 438/3, 162 00 Praha 6: TZB info, 2019 [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/19415-integrovaný-navrh-vytapeni-nzeb-s-podporou-bim>

[26] *Produkty* [online]. Za zahradami 397/4, Dolní Měcholupy, 111 01 Praha: Protech [cit. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://www.protech.cz/produkty>

[27] *Novinky* [online]. Za zahradami 397/4, Dolní Měcholupy, 111 01 Praha: Protech, 2020 [cit. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://www.protech.cz/novinky-4>

[28] *DDS-CAD* [online]. Praha 4, Nad obcí I 1392/2: Cegra, 2021 [cit. 2022-02-28]. Dostupné z: <https://www.cegra.cz/produkty/software/dds-cad/>

[29] *Projektování TZB v Revitu: Problémy a úskalí* [online]. Jiří Horák [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://www.cad.cz/stavebnictvi/79-stavebnictvi/6894-projektovani-tzb-v-revitu-problemy-a-uskali.html>

[30] *Autodesk Revit – Rodiny a BIM standardy* [online]. Karolína Bilová, 2021 [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <https://www.revit3dblog.cz/bim-standardy/>

[31] *Diane Butterworth explains why manufacturers should have Revit Families* [online]. allsfar [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://allsfar.com/blogs/news/why-should-manufacturers-have-revit-families>

[32] *Revit families, what are they?* [online]. Carlos Terol, 2019 [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://www.globalcad.co.uk/revit-families-what-are-they/>

[33] *LOD AND REVIT FAMILIES: HOW TO AVOID RUNNING A FOOL'S ERRAND* [online]. Chris Constantinou, 2018 [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://www.andekan.com/blog/lod-and-revit-families/>

[34] *How to control Revit file sizes* [online]. hp, 2014 [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: https://www.hp.com/nz-en/pdf/november-augi-advertorial_tcm_194_1910147.pdf

- [35] *Příprava a realizace staveb a objektů: multimediální učebnice* [online]. Thákurova 2077/7 Praha 6, Dejvice 166 29 Praha 6: prof. Ing. Čeněk Jarský, DrSc., 2019 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <http://technologie.fsv.cvut.cz/aitom/podklady/online-priprava/>
- [36] *Vyhláška č. 499/2006 Sb.: Vyhláška o dokumentaci staveb* [online]. 2006 [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-499>
- [37] *Směrnice pro dokumentaci staveb PK* [online]. 2017 [cit. 2022-03-18]. Dostupné z: <http://www.pjpk.cz/metodicke-pokyny-smernice-a-dalsi-technicke-pre/>
- [38] *Zákon č. 183/2006 Sb.: Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)* [online]. 2006 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183>
- [39] *Vyhláška č. 268/2009 Sb.: Vyhláška o technických požadavcích na stavby*. In: . 2009. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-268>
- [40] *Vyhláška č. 193/2007 Sb.: Vyhláška, kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu*. In: . 2007. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-193>
- [41] *Vyhláška č. 428/2001 Sb.: Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)*. In: . 2001. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-428>
- [42] ČSN 75 5409- Vnitřní vodovody
- [43] ČSN EN 15423- Větrání budov – Protipožární opatření vzduchotechnických systémů
- [44] *Kontrolní a zkušební plán (KZP)* [online]. Thákurova 2077/7 Praha 6, Dejvice 166 29 Praha 6: Bc. Michal Umlauf, 2019 [cit. 2022-03-26]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80950/F1-DP-2019-Umlauf-Michal-Kontrolni-a-zkusebni-plan-KZP.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>
- [45] *BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Stavebně technologický projekt Bytový dům Tetínská: KZP* [online]. Thákurova 2077/7 Praha 6, Dejvice 166 29 Praha 6: Matěj Řezníček, 2019 [cit. 2022-03-26]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/84306/F1-BP-2019-Reznicek-Matej-priloha-KZP.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>
- [46] ČSN 06 0310- Tepelné soustavy v budovách- Projektování a montáž, 2014
- [47] ČSN EN 14336 -Tepelné soustavy v budovách
- [48] *USING THERMAL IMAGING TO SAVE ENERGY AND PREVENT HEADACHES: Granger one of few construction companies using infrared technology* [online]. Technology [cit. 2022-04-25]. Dostupné z:

<https://www.grangerconstruction.com/using-thermal-imaging-to-save-energy-and-prevent-headaches/>

[49] 3.4. *Životní cyklus stavby* [online]. koncepcebim, 2022 [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <https://www.koncepcebim.cz/212-3-4-zivotni-cyklus-stavby#>

[50] *Životní cyklus staveb* [online]. Křenova 438/3, 162 00 Praha 6: Ing. Eva Beránková, 2013 [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/udrzba-budov/10219-zivotni-cyklus-staveb>

[51] *SPRÁVA SYSTÉMŮ TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV: DIPLOMOVÁ PRÁCE* [online]. Thákurova 2077/7 Praha 6, Dejvice 166 29 Praha 6: Bc. Vít Kouba, 2018 [cit. 2022-03-26]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/79311/F1-DP-2018-Kouba-Vit-DP%20TEXT.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

[52] *BIM ve Facility Managementu - převzetí modelu pro provozní fázi budovy: DIPLOMOVÁ PRÁCE* [online]. Thákurova 2077/7 Praha 6, Dejvice 166 29 Praha 6: Bc. Daniela Hochová, 2019 [cit. 2022-03-26]. Dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/81084/F1-DP-2019-Hochova-Daniela-BIM ve Facility Managementu-Prevzeti modelu pro provozni fazi budovy.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/81084/F1-DP-2019-Hochova-Daniela-BIM%20ve%20Facility%20Managementu-Prevzeti%20modelu%20pro%20provozni%20fazi%20budovy.pdf?sequence=-1&isAllowed=y)

[53] 5.6. *BIM a Facility Management (FM)* [online]. koncepcebim [cit. 2022-03-26]. Dostupné z: <https://www.koncepcebim.cz/296-5-6-bim-a-facility-management-fm>

[54] *What is clash detection? how does BIM help?* [online]. BIMcenter, 2016 [cit. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://www.thebimcenter.com/2016/03/what-is-clash-detection-how-does-bim-help.html>

[55] *Optimalizace koordinace vzduchotechniky pomocí BIM* [online]. Thákurova 2077/7 Praha 6, Dejvice 166 29 Praha 6: Tomáš Katolický, 2020 [cit. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/88442/F1-BP-2020-Katolicky-Tomas-Optimalizace%20koordinace%20VZT%20pomoci%20BIM.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

[56] *11 Clash Detection and Model Checking Alternatives* [online]. BIMtrack: Carl Storms, 2021 [cit. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://bimtrack.co/blog/blog-posts/11-clash-detection-and-model-checking-alternatives>

[57] *Výkyv, který nemá obdoby. Stavební materiál je drahý... pokud vůbec je* [online]. seznamzpravy.cz: KAROLÍNA ŠTUKOVÁ, 2021 [cit. 2022-03-27]. Dostupné z: <https://www.seznamzpravy.cz/clanek/nocni-mura-stavebnich-firem-prace-maji-spoustu-presto-jim-hrozi-ztraty-169807#:~:text=Probl%C3%A9m%20s%20dostupnost%C3%AD%20materi%C3%A1lu%20na,je%20zdr%C5%BEen%C3%AD%20na%20cel%C3%A9%20stavb%C4%9B>

- [58] *O čem je BIM ?* [online]. Ing. Petr Holý [cit. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://www.bim-kontrola-staveb.cz/Vyuziti-BIM-v-praxi/Prakticke-zkusenosti-ohledne-mozneho-nasazeni-BIM-v-male-firme>
- [59] *PRACOVNÍ ÚRAZOVOST: Pracovní úrazovost v České republice v roce 2020* [online]. zsbozp, 2021 [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/pracovni-urazovost/722-pracovni-urazovost-v-ceske-republice-v-roce-2020>
- [60] *Využití 3D modelu budovy k řízení BOZP během výstavby administrativního projektu*. Thákurova 2077/7 Praha 6, Dejvice 166 29 Praha 6, 2017. Diplomová práce. ČVUT v Praze Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Tomáš Váchal Arquitecto Técnico. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/68000>
- [61] *Proč se velké výstavbové projekty komplikují. První část* [online]. Sokolská 1498/15 120 00 Praha 2: JUDr. Lukáš Klee, Ph.D., LL.M., MBA, 2015 [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-proc-se-velke-vystavbove-projekty-komplikuji.-prvni-cast.html>
- [62] *View 3D designs in a browser* [online]. San Rafael, California, United States: Autodesk [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: <https://www.autodesk.co.uk/viewers>
- [63] *What is Navisworks?* [online]. San Rafael, California, United States: Autodesk, 2016 [cit. 2022-03-13]. Dostupné z: <https://knowledge.autodesk.com/support/navisworks-products/learn-explore/caas/sfdarticles/sfdarticles/What-is-Navisworks.html>
- [64] *Navisworks: Software pro revize 3D modelů pro architekturu, projektování a stavebnictví* [online]. Autodesk [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.autodesk.cz/products/navisworks/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- [65] *Skutečné náklady na 3D tisk* [online]. Petr Švejda, 2020 [cit. 2022-03-31]. Dostupné z: <https://www.3dmarket.cz/skutecne-naklady-na-3d-tisk/>
- [66] *Vrstvy a perimetry* [online]. prusa3d [cit. 2022-03-31]. Dostupné z: [https://help.prusa3d.com/cs/article/vrstvy-a-perimetry_1748#:~:text=Norm%C3%A1ln%C4%9B%20bude%20doporu%C4%8Den%C3%BD%20sud%C3%BD%20po%C4%8Det,mm%20\(2x0%2C45\).](https://help.prusa3d.com/cs/article/vrstvy-a-perimetry_1748#:~:text=Norm%C3%A1ln%C4%9B%20bude%20doporu%C4%8Den%C3%BD%20sud%C3%BD%20po%C4%8Det,mm%20(2x0%2C45).)
- [67] *XR, AR, VR, MR: What's the Difference in Reality?* [online]. Jacob Hooker, 2021 [cit. 2022-03-28]. Dostupné z: <https://www.arm.com/blogs/blueprint/xr-ar-vr-mr-difference>
- [68] *OPTIMALIZACE PRO STEREOSKOPICKÉ ZOBRAZENÍ: DIPLOMOVÁ PRÁCE* [online]. Bc. Leoš Zelníček, 2009 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=116936

- [69] *Vzhůru do jiných světů aneb jak funguje virtuální realita?* [online]. Jaroslav Petřík, 2016 [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://doupe.zive.cz/clanek/vzhuru-do-jinych-svetu-aneb-jak-funguje-virtualni-realita>
- [70] *What is 360 VR?* [online]. advrtas.com [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://advrtas.com/360-vr/>
- [71] *Analýza možností využití virtuální reality v přípravě a realizaci staveb* [online]. Thákurova 2077/7 Praha 6, Dejvice 166 29 Praha 6: Irina Derevianko, 2020 [cit. 2022-05-02]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/handle/10467/88722?show=full&fbclid=IwAR2QDbdQWO1oaAMn6Kt-xUPBwo2p9sVIXf7yw0EbhbgNLOVmSGFuM4xUo_8
- [72] *Nejlepší brýle pro virtuální realitu dle testů a recenzí 2022* [online]. Daniel Černý, 2022 [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.arecenze.cz/bryle-pro-virtualni-realitu/>
- [73] *VR vs AR vs MR: Differences and Real-Life Applications* [online]. Gleb B., 2020 [cit. 2022-04-11]. Dostupné z: <https://rubygarage.org/blog/difference-between-ar-vr-mr>
- [74] *Pricing* [online]. enscape3D.com [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://enscape3d.com/pricing/>
- [75] *Oculus Rift S and Rift minimum requirements and system specifications* [online]. <https://support.oculus.com/> [cit. 2022-04-21]. Dostupné z: <https://support.oculus.com/articles/getting-started/getting-started-with-rift/rift-s-minimum-requirements/>
- [76] *The 8 best augmented reality smartglasses in 2021* [online]. Aniwaa team, 2021 [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.aniwaa.com/buyers-guide/vr-ar/best-augmented-reality-smartglasses/>
- [77] *Software pricing* [online]. [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://visuallive.com/pricing/>
- [78] *The future of facility management is augmented reality* [online]. Gailia Rosen Schwarz, 2021 [cit. 2022-04-21]. Dostupné z: <https://www.pbctoday.co.uk/news/construction-technology-news/augmented-facility-management/92155/>
- [79] *Cheap Mixed Reality Headsets – Is There Such a Thing?* [online]. XRtoday: Rebekah Carter, 2021 [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://www.xrtoday.com/mixed-reality/cheap-mixed-reality-headsets-is-there-such-a-thing/>
- [80] *Mixed Reality App and Plugin Downloads* [online]. [cit. 2022-04-17]. Dostupné z: <https://visuallive.com/download/>

[81] Autodesk BIM 360 - BIM cloud [online]. Arkance systems [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <https://www.arkance-systems.cz/produkty/stavebnictvi-a-architektura/autodesk-bim-360>

[82] The Top 5 Common Data Environments (CDE) for BIM [online]. Viraj Voditel, 2020 [cit. 2022-04-21]. Dostupné z: <https://www.planbim.io/blog/2020/04/07/the-top-5-common-data-environments-cde-for-bim/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Ztráta informací během přípravy a realizace projektu

Zdroj: <https://www.imaterialy.cz/rubriky/legislativa/bim-a-vazba-na-pripravovany-zakon-o-stavebnich-vyrobcich-47025.html>

Obrázek č. 2: Graf používaných softwarů projektanty TZB

Zdroj: <https://vytapeni.tzb-info.cz/19415-integrovaný-navrh-vytapení-nzeb-s-podporou-bim>

Obrázek č. 3: Fotografie potrubí v technické místnosti pomocí termokamery

Zdroj: Autorka

Obrázek č. 4: Rozdělení nákladů během životního cyklu stavby

Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/udrzba-budov/10219-zivotni-cyklusstaveb>

Obrázek č. 5: odkaz URL v Autodesk Vieweru – Krok 1- Otevření Autodesk Vieweru

Zdroj: Autorka

Obrázek č. 6: odkaz URL v Autodesk Vieweru – Krok 2- Výběr rodiny

Zdroj: Autorka

Obrázek č. 7: odkaz URL v Autodesk Vieweru – Krok 3- Zobrazení vlastností rodiny

Zdroj: Autorka

Obrázek č. 8: odkaz URL v Autodesk Vieweru – Krok 4a – Zobrazení montážního návodu v pdf

Zdroj: Autorka

Obrázek č. 9: odkaz URL v Autodesk Vieweru – Krok 4b – Zobrazení instalačního videa na Youtube

Zdroj: Autorka

Obrázek č. 10: QR kód na zařízení TZB

Zdroj: <https://www.geappliances.com/ge/service-and-support/airconditioners.htm>

Obrázek č. 11: 3D model TZB vytištěný 3D tiskárnou

Zdroj: <https://twitter.com/hobsstudio/status/999920534145056769>

Obrázek č. 12: Rozdíly VR/AR/MR

Zdroj: <https://www.pepperconstruction.com/blog/when-augmented-reality-becomes-reality>

Obrázek č. 13: Autorka práce zkouší prohlížení projektu strojovny vytápění pomocí VR v kanceláři

Zdroj: Autorka

Obrázek č. 14: Zkouška prohlížení projektu strojovny vytápění pomocí VR v kanceláři

Zdroj: Autorka

Obrázek č. 15: Zkouška prohlížení projektu strojovny VZT pomocí VR v kanceláři

Zdroj: Autorka

Obrázek č. 16: Rozšířená realita na stavbě

Zdroj: <https://aec-business.com/how-vr-and-ar-will-help-in-remote-expert-assistance/>

Obrázek č. 17: CDE

Zdroj: <https://www.thenbs.com/knowledge/building-information-modelling-what-information-is-in-the-model>

Obrázek č. 18, 19, 20: Harmonogramy pro akce Rymaně, Černošice I a Bílovice

Zdroj: Autorka

Obrázek č. 21: BIM model rozdělovačů/sběračů VZT na akci Bílovice

Zdroj: Autorka

Obrázek č. 22: skutečná realizace rozdělovačů/sběračů VZT na akci Bílovice

Zdroj: Autorka

Obrázek č. 23: BIM model podstropní rekuperační jednotky na akci Bílovice

Zdroj: Autorka

Obrázek č. 24: skutečná realizace podstropní rekuperační jednotky na akci Bílovice

Zdroj: Autorka

Obrázek č. 25: prostor pro osazení rozdělovače/sběrače podlahového vytápění na akci Černošice I

Zdroj: Autorka

Obrázek č. 26: montážní pracovník s BIM modelem v Autodesk Vieweru, prohlízející prostor pro osazení rozdělovače/sběrače podlahového vytápění na akci Černošice I

Zdroj: Autorka

Obrázek č. 27: prostor s osazeným rozdělovačem/sběračem podlahového vytápění na akci Černošice I

Zdroj: Autorka

Obrázek č. 28: BIM model rozdělovačů/sběračů VZT na akci Černošice I

Zdroj: Autorka

Obrázek č. 29: skutečná realizace rozdělovačů/sběračů VZT na akci Černošice I

Zdroj: Autorka

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Popis kritérií vč. stanovení jejich váhy

Zdroj: Autorka

Tabulka č. 2: Finanční analýza investičních nákladů digitálních nástrojů

Zdroj: Autorka

Tabulka č. 3: Výsledky

Zdroj: Autorka

Tabulka č. 4: Skutečné montážní časy na akci Slivenec I, realizované s podklady vytvořenými klasickou metodou

Zdroj: Autorka

Tabulka č. 5: Skutečné montážní časy na akci Rymaně, realizované s podklady vytvořenými klasickou metodou

Zdroj: Autorka

Tabulka č. 6: Skutečné montážní časy na akci Černošice I, realizované s podklady vytvořenými BIM metodou

Zdroj: Autorka

Tabulka č. 7: Skutečné montážní časy na akci Bílovice, realizované s podklady vytvořenými BIM metodou

Zdroj: Autorka

Tabulka č. 8: Výsledky porovnání metod CAD a BIM

Zdroj: Autorka