

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Katolický** Jméno: **Tomáš** Osobní číslo: **469164**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Management a ekonomika ve stavebnictví**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Optimalizace koordinace vzduchotechniky pomocí BIM

Název bakalářské práce anglicky:

Optimization of air conditioning coordination using BIM

Pokyny pro vypracování:

- Popsat aktuálně používané způsoby koordinace VZT v projektech.
- Identifikovat klady a zápory jednotlivých postupů.
- Navrhnout postup koordinace s použitím BIM modelu.
- Ověřit navržený postup na praktickém příkladu.

Seznam doporučené literatury:

EASTMAN, Charles M. BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2011. ISBN 978-0470541371.
ČERNÝ, Martin. BIM příručka. Praha: Odborná rada pro BIM, 2013. ISBN 978-80-260-5296-8.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. arch. Robert Bouška, katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví FSV

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **17.02.2020** Termín odevzdání bakalářské práce: **17.05.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. arch. Robert Bouška
podpis vedoucí(ho) práce

prof. Ing. Renáta Schneiderová Heralová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s využitím uvedených pramenů a literatury.

V Praze, dne 17. 5. 2020

.....

Tomáš Katolický

Optimalizace koordinace vzduchotechniky pomocí BIM

Optimization of air conditioning coordination using BIM

Anotace:

Bakalářská práce řeší návrh optimalizace koordinace vzduchotechniky využitím informačního modelování staveb (BIM). Cílem je zjistit a porovnat způsoby koordinace ve stavebních projektech a vyhodnotit využití metody BIM při řešení kolizí. Metoda je ověřena při detekci reálných kolizí návrhu vzduchotechniky v praxi využitím BIM nástroje Trimble Connect. 3D kolize jsou zjišťovány mezi různými modely projektu dle nastavených parametrů. Výsledkem je rychlá a přesná identifikace kolizí, jejichž včasné vyřešení zabrání zvýšení nákladů a prodloužení harmonogramu stavebního projektu.

Annotation:

The bachelor thesis deals with the optimization of HVAC design coordination using building information modeling (BIM). The aim is to identify and compare ways of coordination in construction projects and to evaluate BIM method for clash detection. This method is verified by clash detection of HVAC design in practice using the BIM tool Trimble Connect. 3D collisions are detected between different project models according to selected parameters. The result is a quick and accurate identification of clashes. Timely solution prevents cost increases and schedule shifts of the construction project.

Klíčová slova:

Informační modelování staveb, BIM, kolize, detekce kolizí, vzduchotechnika, koordinace

Keywords:

Building Information Modeling, BIM, clash, clash detection, HVAC (heating, ventilation and air conditioning), coordination

Obsah

Úvod	6
1. Způsoby koordinace vzduchotechniky v projektech	8
1.1. Vzduchotechnika.....	8
1.2. Kolize v projektu.....	11
1.3. Koordinace činností při návrhu VZT	12
1.4. Výhody a nevýhody standardních projektových postupů.....	15
2. Způsob koordinace VZT v projektech s využitím BIM	16
2.1. Informační modelování staveb – BIM	16
2.1.1. Pojem BIM.....	16
2.1.2. Přejít na BIM	16
2.1.3. Datový model BIM	20
2.1.4. Normy pro BIM	22
2.2. Řešení kolizí v projektech s BIM.....	24
2.3. Koordinace činností v projektech s použitím BIM	25
2.4. Výhody a nevýhody v projektech s BIM	30
3. Praktická část	33
3.1. Vybrané programy pro práci s kolizemi v BIM modelech	33
3.2. Nastavení parametrů detekce kolizí v Trimble Connect.....	34
3.3. Příklady kolizí v praxi.....	36
3.4. Návrh postupu koordinace VZT při projektování pomocí BIM	42
3.5. Technologický postup návrhu a instalace TZB a VZT	43
3.6. Vyhodnocení přínosu BIM pro koordinaci projektů VZT	44
Závěr	46
Seznam použité literatury	48
Seznam obrázků	51
Seznam tabulek	52
Seznam zkratk	53
Seznam příloh	54

Úvod

Rozvoj informačních a komunikačních technologií výrazně podporuje změny ve většině odvětví národního hospodářství. Umožňuje převádět velké množství informací a postupů do digitální formy, sdílet je mezi uživateli a používat pro analýzy, simulace a kontroly. Tato digitalizace se v posledních letech začíná výrazně uplatňovat i ve stavebnictví. Zahrnuje nejen celý proces výstavby a jeho jednotlivých fází, ale i vazbu na další oblasti, jako je například katastr nemovitostí nebo elektronické schvalování staveb.

Důležitou součástí digitalizace stavebnictví je metoda informačního modelování staveb (BIM), která soustřeďuje ve sdíleném datovém prostředí veškeré potřebné grafické i popisné informace do jediného komplexního digitálního systému, integruje postupy a algoritmy spojené s projektem výstavby. Přispívá tím ke zlepšení spolupráce, koordinace, výměny informací, kontroly a rozhodování v celém životním cyklu staveb od jejich přípravy, přes realizaci, provozování, až po likvidaci. S jejím využitím lze dosáhnout výrazných úspor nákladů. Dle [4] se předpokládá, že širší přijetí informačního modelování staveb by do roku 2025 umožnilo úspory na celosvětovém trhu nemovitostí a infrastruktury ve výši 15–25 %.

Jednou z klíčových součástí informačního modelování staveb je automatická detekce kolizí mezi různými částmi stavby v geometrických i ostatních popisných datech a návrh jejich možných řešení. Metoda BIM tak významným způsobem přispívá ke koordinaci prací mezi jednotlivými účastníky projektu a hladšímu průběhu stavebního procesu.

Optimalizací koordinace návrhu vzduchotechniky (VZT) pomocí informačního modelování staveb se zabývá tato bakalářská práce. Pro zpracování tématu byly stanoveny následující dílčí cíle:

1. Vyhledat a prostudovat české i zahraniční informační zdroje a načerpat tak potřebné teoretické znalosti pro zpracování zadaného tématu.
2. Popsat způsoby koordinace činností souvisejících s návrhem VZT ve stavebních projektech.
3. Objasnit přínosy využití informačního modelování staveb při řešení kolizí.
4. Zjistit přímo v praxi konkrétní příklady kolizí při návrhu vzduchotechniky.
5. Navrhnout způsob koordinace vzduchotechniky s použitím BIM modelu.

V první části práce je uveden význam vzduchotechniky ve stavebních projektech, typy kolizí v dokumentaci projektu a standardní projektové postupy při koordinaci prací.

Další část je věnována problematice informačního modelování staveb. Podrobně je popsán plánovaný přechod na BIM v České republice, platné a připravované normy, datový model BIM, řešení kolizí, koordinace v projektech s BIM a porovnání s tradičními postupy, včetně identifikování kladů a záporů jednotlivých postupů.

V praktické části jsou zmíněny vybrané programy pro řízení kolizí v BIM modelech, popsány parametry pro detekci kolizí v BIM nástroji Trimble Connect a s jeho využitím identifikovány konkrétní příklady kolizí při návrhu VZT v praxi. Následuje návrh optimalizace koordinace VZT pomocí BIM a uvedení přínosů využití BIM pro danou problematiku.

Na závěr jsou vyhodnoceny výsledky práce a nastíněny trendy související s digitalizací stavebnictví, které budou mít vliv na další rozvoj a využití BIM.

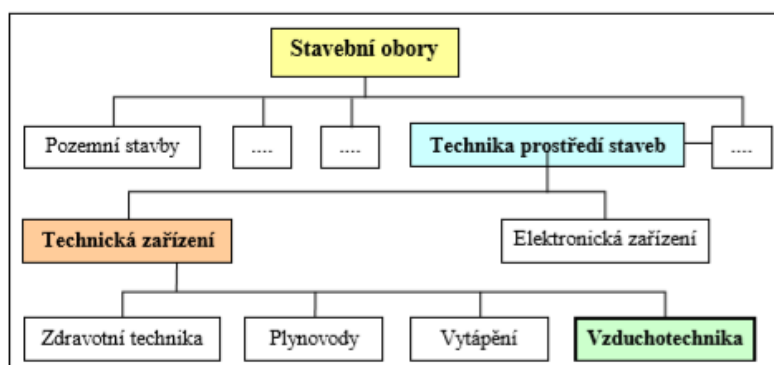
1. Způsoby koordinace vzduchotechniky v projektech

V této kapitole budou nejprve uvedeny základní informace týkající se oblasti vzduchotechniky a jejího významu ve stavebních projektech. Následně pak bude popsána problematika koordinace prací v projektech bez využití metody informačního modelování staveb.

1.1. Vzduchotechnika

Základní úlohou vzduchotechnických systémů (VZT) je při minimálních energetických nárocích vytvořit takové interní mikroklima (IM) budov, aby odpovídalo požadavkům pro zdravý pobyt a optimální činnost jeho uživatelů. VZT musí reagovat na změny vnějšího klimatu a zajistit podmínky pro průběh technologických procesů i při vysokých požadavcích na čistotu vnitřního prostředí.

Vzduchotechnika je součástí oboru Technické zařízení budov (TZB), který zahrnuje profese a zařízení pro zajištění vnitřního prostředí budov (obr. 1). Jedná se o instalace a rozvody (vytápění, vzduchotechniku, větrání, klimatizaci, chlazení, rozvody vody a plynu, kanalizaci), elektrotechnické rozvody (silnoproudou i slaboproudou elektroinstalaci, řídicí systémy pro technická zařízení, zabezpečovací techniku, hromosvody, počítačové sítě, telefonní i televizní rozvody) a další technická zařízení v budovách (např. MaR, osvětlení, výtahy). Jejich návrh je úzce spojen s úsporami energií a efektivním provozem budov. S rostoucím tlakem na snížení provozních nákladů roste i důležitost TZB a jeho propojení s ostatními stavebními obory a tím se zvyšují nároky na koordinaci činností [20].



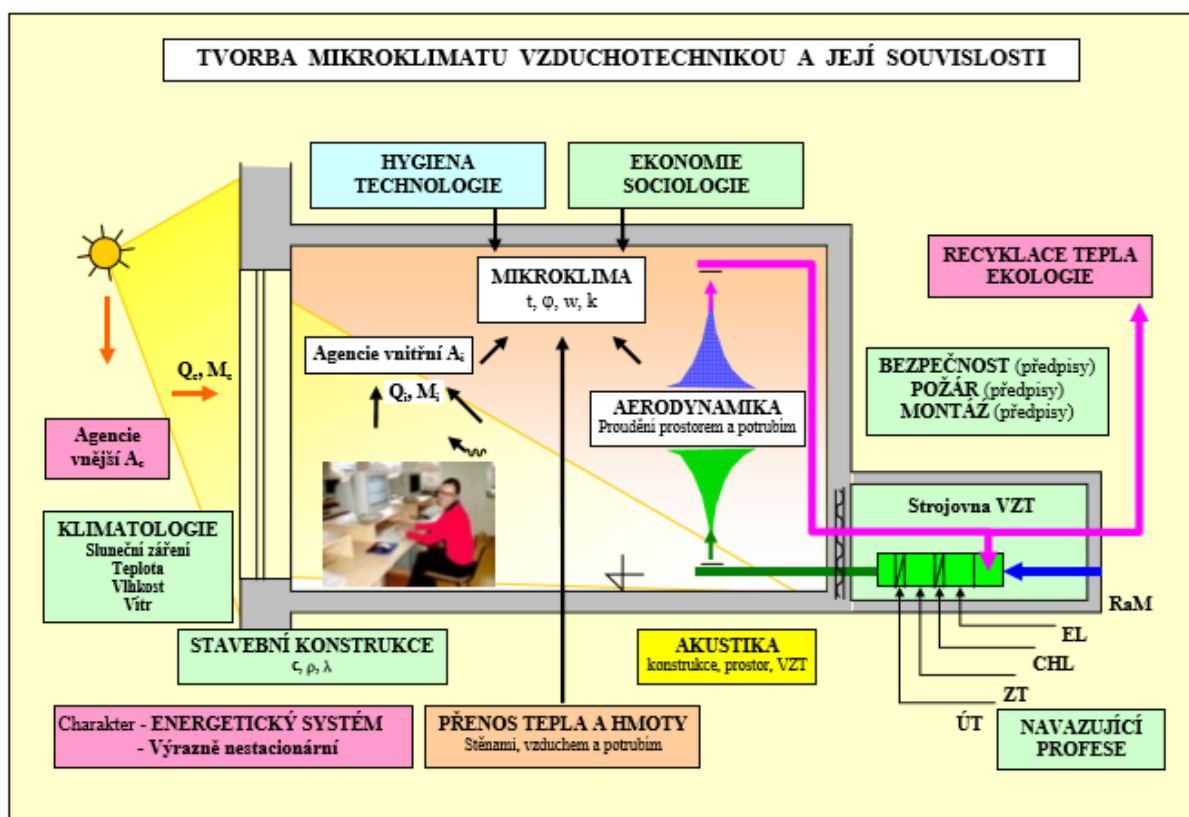
Obr. 1: Schematické členění stavebních oborů, zdroj: [1]

Interní mikroklima je důležitý uživatelský parametr každé stavby určené pro dlouhodobý pobyt lidí. Podle své povahy se nazývá „tepelná, světelná, akustická pohoda“. Tyto složky jsou popsány fyzikálními a chemickými veličinami, které jsou v rámci definovaných mezí podmínkou funkčnosti budov a vytvoření zdravého prostředí pro člověka. Pokud se parametry dostanou mimo vyhovující meze, hovoří se o syndromu nemocných budov. Tento problém se týká hlavně nových budov, kde uživatelé mohou pociťovat např. příznaky nachlazení.

S rostoucími požadavky na kvalitu vnitřního prostředí budov rostou i nároky na technické prostředky k jeho tvorbě. Vzduchotechnická zařízení představují funkční prvky, které zajišťují úpravu tepla i vlhkosti a rozvádí vzduch do určeného prostoru (zvláště u staveb s velkým podílem zasklených ploch, u staveb pro technologické procesy a zemědělství). Činitelem pohybu vzduchu v prostoru jsou hlavně síly mechanické (setrvačnost) a gravitační, zřídka je pohyb způsoben rozdílem tlaku. Proudění pak formuje výslednice silových účinků uvedených sil. Vliv na proudění mají stěny, geometrie místnosti a rychlost proudění v otvorech přívodu a odvodu vzduchu. Distribuce vzduchu probíhá řízeným prouděním systémem otvorů pro přívod i odvod vzduchu. Závisí na rozdílu teplot přiváděného vzduchu a vzduchu v místnosti [1].

IM je ovlivňováno vlastnostmi budovy (stavebními materiály, technologií, kvalitou provedených prací), způsobem jejího užívání (větráním, vytápěním, vykonávanými činnostmi) a vnějším prostředím (kvalitou venkovního vzduchu, hlukem). Zásadní při návrhu VZT je přizpůsobení zařízení architektonickým i estetickým požadavkům s ohledem na předpisové, fyzikální, technické, ekonomické, provozní, technologické, hygienické a legislativní faktory, což ilustruje obr. 2. Technická řešení vzduchotechniky mají vliv nejen na investiční náklady a provozní náročnost budov, ale i na ekologické a sociologické faktory související s jejich provozem. Kritériem volby by určitě neměla být jen ekonomická stránka. Nekvalifikovaná nebo podceňovaná řešení mají velmi negativní dopad na vnitřní prostředí, zejména v letním období. Dodatečná náprava se realizuje velmi těžko, je náročná jak finančně, tak i technicky.

Pro zajištění hospodárného provozu zařízení a požadovaného mikroklimatu musí být na VZT zařízení navržena automatická regulace [3].



Obr. 2: Schéma tvorby interního mikroklimatu VZT, zdroj: [1]

Vzduchotechnické systémy budov plní čtyři termodynamické funkce, tj. ohřev, chlazení, vlhčení nebo odvlhčování vzduchu, které umožní samostatně nebo kombinovaně zajistit požadovanou úroveň interního mikroklimatu budov. Dle funkce a účelu se využívají VZT systémy zajišťující:

- větrání (řízená výměna vzduchu za venkovní nebo nezhodnocený z jiných prostor vlivem tlakového spádu; přirozené a nucené),
- teplovzdušné vytápění (vytápění přívodním vzduchem o vyšší teplotě a výměna znehodnoceného vzduchu),
- klimatizaci (úprava čistoty, teploty a vlhkosti vzduchu),
- odsávání (zachycování a odvod škodlivin vzduchem z místa jejich vzniku),
- průmyslovou vzduchotechniku (pro technologické procesy) [1].

1.2. Kolize v projektu

Stavební projekt je složitý proces, na kterém se podílí mnoho společností, pracovních týmů a profesí. Během projektu vzniká velké množství informací a dat, které je nutné koordinovat a mezi všemi zúčastněnými stranami vyměňovat. Zejména v přípravné fázi stavby se špatná koordinace může projevit kolizemi mezi jednotlivými částmi stavby, způsobit její zpoždění a prodražení.

V následujících odstavcích budou popsány případy kolizí v oblasti TZB. Jejich příčinou během přípravy a realizace stavby bývá, kromě složitosti návrhu a špatné komunikace, také nedostatek času či odborníků, použití nesprávné nebo nízké úrovně detailů, nedodržení pravidel návrhu, chyby nebo nepřesnosti, případně použití různých formátů výkresů.

Ke kolizi typicky dochází, když různé prvky zaujímají stejný prostor. Kolize může být geometrická (např. potrubí procházející zdí), časová (např. ve stejný čas se střetnou dvě činnosti, které mají probíhat sekvenčně), případně způsobená neaktuálností výkresů (např. změny neprovedené ve všech souvisejících výkresech) [12].

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. Následná 3D grafika již umožňovala detekci střetů, i když zpočátku jen vizuálně technikem. Množství identifikovatelných typů kolizí bylo malé z důvodu absence objektového přístupu. Časová náročnost detekce byla stále velká a přesnost nízká. Mezi základní typy kolizí patřily a stále patří tzv. tvrdé a měkké kolize. Ostatní typy, které lze odhalovat dnešními moderními postupy, jsou popsány v kapitole 2.2.

Při tvrdých kolizích dva objekty zabírají stejný prostor. Konkrétním příkladem je střet mezi rozvody a stěnou, kde není stanovený prostup. Mezi další časté chyby patří špatné napojení příčky na zeď nebo umístění klozetu v kratší vzdálenosti, než je poloměr křídla dveří otvírajících se směrem k toaletě. Kolize může nastat mezi objekty stavebně konstrukčního modelu (např. průvlaky, trámy či nosníky) a prvky modelu TZB. Tento typ kolizí se řadí mezi závažné a každý výskyt takové kolize je třeba neprodleně řešit, protože představuje výraznou potenciální komplikaci projektu [21].

K měkkým kolizím dochází, pokud objekt potřebuje více místa pro lepší přístupnost, izolaci, údržbu či bezpečnost. Např. klimatizace vyžaduje určitý prostor, aby byla možná její

údržba, dobrý přístup nebo zajištěna bezpečnost, ale do tohoto místa zasahuje jiný objekt [11]. Za měkké kolize se považuje také nevhodné uložení nosníků nebo překladů, navržení konstrukce v prostoru před otvorem, malý odstup před zařizovacími předměty a v okolí požárních hydrantů nebo zařízení na měření a regulaci, špatně navržená dimenze schodiště apod. Na rozdíl od tvrdých kolizí se však nemusí jednat o vážnou chybu v projektové dokumentaci, díky níž by nebylo možné stavbu realizovat a následně používat. Měkké kolize je možné v některých případech tolerovat, i když mohou znamenat určité omezení při užívání [13].

Řešení kolizí bez nástrojů typu BIM je obtížnější. Jednotlivé zúčastněné strany připravují svoje části projektu odděleně a konflikty jsou pak rozpoznávány až při společném porovnání výkresů. Jedná se o velmi pracné činnosti a úspěšnost vyhledávání kolizí je nízká.

1.3. Koordinace činností při návrhu VZT

Návrh TZB/VZT je závislý na předchozích procesech a jeho výsledky se používají ve všech navazujících etapách stavebního projektu. Důraz je kladen na energetickou úspornost, protože vzduchotechnická zařízení výrazně ovlivňují celkové náklady na provoz budov [3].

Činnosti spojené s návrhem by měly být koordinovány s konstrukcemi ostatních částí budov obecně tak, aby nejprve došlo k návrhu nosných konstrukcí, přes dispozice a instalace, ke konečným prvkům. Před vlastním návrhem TZB by měl hlavní projektant určit polohy páteřních tras vymodelováním rozvodů v koordinačním modelu, a teprve pak by měl příslušný projektant domodelovat TZB.

Činnosti v jednotlivých fázích projektu probíhají postupně (viz obr. 3), každý účastník si připravuje své podklady a s ostatními komunikuje hlavně na začátku zpracování návrhu pro vyjasnění vstupních informací a na jeho konci při řešení připomínek.



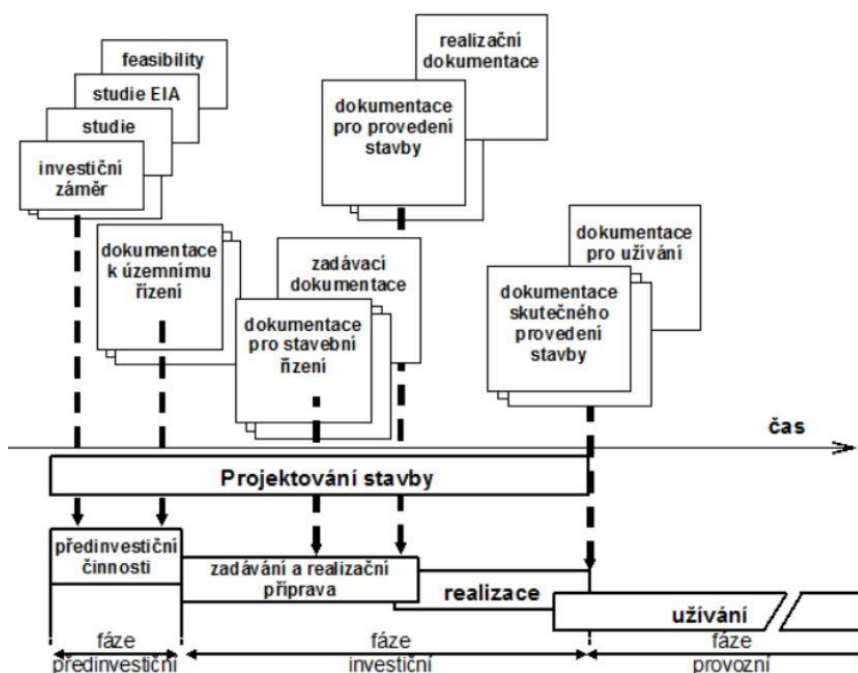
Obr. 3: Návaznost projekčních prací, zdroj: autor

Projektová dokumentace následné fáze se může zpracovávat až po dokončení dokumentace fáze předchozí. Při jejím přeskočení nebo nedokončení může dojít k tomu, že další návrh bude chybný nebo nepřesný a při realizaci na stavbě může dojít ke kolizi, jejíž následná náprava bude technicky, časově i nákladově náročná. To platí zejména u návrhu detailnějších instalací (např. kolize VZT s UTCH). Ke střetům může dojít i při porušení pořadí provádění profesí (viz tabulka 1). Při nápravě kolizí vždy spolupracuje hlavní inženýr projektu s manažerem projektu a příslušnou dílčí profesí. Je nežádoucí navrhovat vlastní instalace bez ohledu na ostatní rozvody v návrhu. Manažer projektu v případě potřeby rozhodne o řešení.

Tabulka 1: Doporučené pořadí provádění profesí TZB, zdroj: autor

Pořadí	Profese
1.	Vzduchotechnika
2.	Kanalizace
3.	UTCH
4.	SHZ
5.	Elektroinstalace
6.	Voda

Na zpracování dokumentace může každá zúčastněná strana využívat jakýkoliv SW nástroj, musí jen dodržet požadavky na jednotný výsledný formát. Dále je nutné se dohodnout na vhodné úrovni podrobnosti své dokumentace v jednotlivých fázích návrhu stavby (viz obr. 4).



Obr. 4: Projektová dokumentace v jednotlivých fázích stavebního projektu, zdroj: [14]

Pro správnou návaznost dokumentace jednotlivých etap a profesí je potřeba stanovit společná pravidla, například souřadnicový systém, klasifikační systém nebo termíny pro schválení dokumentací.

Z praktických zkušeností uvedených v [19] vyplývá jako nejlepší postup v jednotlivých fázích a krocích projektování dle tabulky 2. Uvedené fáze a kroky by se přitom neměly vypouštět či přeskakovat, mohou se ale částečně překrývat.

Tabulka 2: Doporučené pořadí fází a kroků projektování, zdroj: [19]

Fáze	Činnost
1.	Statický model: nosné konstrukce (betonové, zděné, ocelové, základy, schodiště, rampy, strop)
2.	Dispozice a stavební vybavení, prvky, skladby: příčky, vyzdívky, okna, dveře, podlahy, podhledy, střechy, fasády, zařizovací předměty
3.	Instalace TZB – kroky: a) hlavní páteřní vodorovné a svislé trasy (stoupačky a páteře) b) koordinace hlavních tras TZB

	c) umístění koncových prvků (otopná tělesa, výustky, svítidla, vypínače, rozvaděče, vývody apod.); umístění pohledových koncových prvků dle potřeby může modelovat architekt/stavař (TZB poté polohy převezme) d) dopojení koncových prvků na hlavní trasy e) koordinace dopojení a ostatní koordinace (detailní koordinace)
4.	Koordinace TZB vs. statický a stavební model: otvory, drážky, nutné kapotáže, přízdívky apod.
5.	Detailní dopracování modelů (obklady, výrobky, oplechování, zábradlí), vyplnění parametrů apod.
6.	Výkazy a množství: tabulky výrobků, výměry, výkazy
7.	Grafické dopracování dokumentace: kóty, popisky, poznámky, rozvržení, legendy, výkresy apod.

Instalace TZB dle bodu 3a) až 3b) by měly probíhat dle hierarchie nadřazenosti jednotlivých profesí TZB, nejlépe podle tabulky 1.

1.4. Výhody a nevýhody standardních projektových postupů

Standardní projektové postupy bez využití moderních možností uvedených v kapitole 2 se hodí, a pravděpodobně i v budoucnu budou hodit, pro menší samostatné stavební projekty, kde není tak velký tlak na koordinaci, komunikaci a simulaci různých variant postupu prací, včetně dopadu změnových řízení. Výhodou jsou zavedené postupy, role, odpovědnosti a využití dlouholetých zkušeností. Není zapotřebí investic do informačních technologií a nákladů na speciální školení.

Naopak mezi nevýhody patří neprovázanost dokumentace zejména mezi jednotlivými profesemi a dodavateli, a tím obtížné koordinování změn projektu. Při standardních postupech jsou omezené možnosti vyhledávání kolizí a nízká úspěšnost jejich včasné identifikace ještě ve fázi návrhu, kdy náprava stojí méně úsilí a dopady do harmonogramu prací na stavbě jsou minimální. Komunikace mezi účastníky projektu se řeší pouze administrativními prostředky (zápisy, apod.). Při absenci moderních nástrojů modelování jsou omezené možnosti zkrácení harmonogramu a délka stavebního projektu bývá delší než s jejich použitím.

2. Způsob koordinace VZT v projektech s využitím BIM

Hlavním cílem práce je návrh koordinace vzduchotechniky pomocí informačního modelování staveb (BIM). V následujících kapitolách proto bude podrobněji popsána problematika BIM, aktuální stav přechodu na tuto metodu a řešení kolizí a koordinace prací s jejím využitím.

2.1. Informační modelování staveb – BIM

2.1.1. Pojem BIM

Informační modelování staveb (Building Information Modeling – BIM) je proces vytváření, užití a správy dat o stavbě během jejího životního cyklu, tj. od návrhu, přes výstavbu, správu stavby, až po její demolici s následnou ekologickou likvidací [7].

Informační modelování staveb propojuje technologie a digitální informace s cílem zlepšit spolupráci, koordinaci a rozhodování při realizaci výstavby i provozování staveb. Tato digitální forma výstavby a užívání majetku je celosvětovým trendem a důležitým strategickým nástrojem pro zvýšení produktivity a kvality výstupů ve stavebnictví [4].

Při použití informačním modelování je klíčová koordinace mezi jednotlivými profesemi, aby byly případné kolize zjištěny již při návrhu, a ne až v průběhu výstavby. Právě koordinační procesy (výměna dat, detekce kolizí, úpravy modelů a parametrů) jsou zásadní pro správné fungování BIM a využití všech jeho možností. Při standardním průběhu výstavbového projektu koordinace samozřejmě musí také probíhat, ale BIM ji umožňuje zajistit na výrazně vyšší úrovni.

K dosažení co největší efektivity s využitím informačního modelování stavby je důležité, aby na tento způsob spolupráce přistoupili všichni účastníci procesu výstavby [2].

2.1.2. Přechod na BIM

Problematikou zavádění BIM se zabývá většina států Evropy. Úroveň je různá, nejdále jsou ve Finsku, Norsku, Dánsku, Holandsku a Velké Británii. Pilotní projekty probíhaly

od r. 2015 také ve Francii, Německu a Španělsku. V některých zemích je již zavedeno povinné používání BIM. Stav přechodu na BIM v evropských zemích je ilustrován v příloze č. 1.

Implementace BIM se řeší dle lokálních podmínek dané země, ale je snaha o vzájemné sdílení zkušeností a koordinaci v rámci Evropy. Proto vznikla pracovní skupina EU BIM Task Group, která na základě zkušeností z jednotlivých členských zemí EU vytváří jednotná doporučení v dokumentu „Příručka pro zavádění informačního modelování staveb evropským veřejným sektorem“ [4] obsahující strategická opatření pro zvýšení výkonnosti stavebnictví a doporučení na úrovni provádění.

První část se zabývá důležitou úlohou veřejného sektoru při přechodu na BIM pomocí stanovených cílů, podporovaných programů a dozoru. Dále zdůrazňuje informační podporu (prostřednictvím regionálních či zájmových skupin, různých akcí, médií) a jednotný rámec spolupráce (definice právního a regulačního rámce, zvýšení schopností a kapacit v odvětví).

Druhá část se zaměřuje na definici činností a kritérií a detailně rozpracovává opatření pro jednotlivé oblasti, z nichž v souvislosti s touto prací uvádím:

- smluvně vymezit povinnosti a odpovědnosti v oblasti BIM,
- upřesnit ve smlouvě zadání týkající se dat a informací požadovaných zadavatelem,
- vypracovat vzor plánu realizace BIM,
- požadovat otevřené formáty výměny dat,
- používat objektově orientovaný přístup pro popis vlastnosti jednotlivých objektů,
- řídit pracovní toky, verze a konfigurace, kontrolovat přístupy,
- uplatňovat zásady jednotného datového prostředí sdíleného všemi subjekty,
- svěřit odpovědnost za řízení dat a informací kvalifikovaným osobám [4].

Na společnou evropskou koncepci navazuje Koncepce zavádění metody BIM v České republice [7], jejímž cílem je postupné zavádění této metody do stavební praxe v letech 2018–2027. Harmonogram doporučených opatření je uveden v příloze 2. Dokument byl zpracován na základě usnesení vlády č. 958, „o významu metody BIM (Building Information Modeling) pro stavební praxi v České republice a návrh dalšího postupu pro její zavedení“ ze dne 2. 11. 2016. Uvedená koncepce vznikla ve spolupráci se Státním fondem dopravní infrastruktury a Odbornou radou pro BIM a byla předložena Ministerstvem průmyslu a obchodu v září 2017. Koncepci organizačně zajišťuje Ministerstvo průmyslu a obchodu ve spolupráci s ÚNMZ. Plněním opatření byla pověřena státní příspěvková organizace

Česká agentura pro standardizaci zřízená ÚNMZ. Klíčovým termínem je rok 2022, kdy nastane povinnost použití BIM pro nadlimitní veřejné zakázky na stavební práce financované z veřejných rozpočtů, včetně zhotovení jejich přípravné a prováděcí dokumentace.

Koncepce ČR, obdobně jako evropská koncepce, popisuje odvětví jako strategicky důležité, ale s nedostatečnou digitalizací, spoluprací, malými investicemi do výzkumu a vývoje a stagnující mírou produktivity práce. To způsobuje nízkou efektivitu vynaložených financí a vyšší finanční riziko. BIM je považován za jeden z efektivních nástrojů pro zlepšení této situace a to jak ve fázi koncepčního návrhu, tak při výstavbě, provozování i likvidaci stavby. Přínos BIM je také při změnových řízeních již dokončených staveb.

Při správně nastavené spolupráci zainteresovaných stran se očekávají i další efekty, např. zvýšení vzájemné důvěry, sdílení potřebných informací, odstranění duplicitní práce, což opět vede ke zvýšení efektivity práce a úspoře financí [7].

Koncepce uvádí, že pro podmínky České republiky je nejvhodnější cesta založená na prosazování BIM veřejným sektorem. Důležitými aspekty jsou:

- vydání českých verzí evropských technických norem,
- stanovení obsahu a úrovně podrobnosti informačního modelu,
- ověření na vybraných pilotních projektech,
- získání zkušenosti se zadáváním, kontrolou a realizací BIM projektů,
- kultivace tržního prostředí a postupné standardizování výstupů.

Dokument obsahuje doporučení různých oblastech stavebního projektu, v následujících odstavcích uvádím jen ty, které mají vztah k tématu této práce:

- V obecné kapitole o stavebnictví se uvádí, že stát musí nabídnout jasně formulovanou koncepci rozvoje digitalizace procesů tak, aby na ni mohly navázat všechny subjekty. Musí podpořit zavedení metody BIM, například jako nutné podmínky pro budoucí elektronické povolovací procesy staveb.
- Další část obsahuje doporučení na standardizaci BIM modelů, aby bylo možné připravit rozhraní pro výměnu dat mezi jednotlivými SW nástroji. Standard formátu je stanoven (IFC) a je již součástí českého systému norem ČSN EN ISO 16739 -x. Pro standardizaci obsahu dat v rámci EU žádný jednotný předpis neexistuje. Obsah dat musí být stanoven pro jednotlivé úrovně podrobnosti modelu (LOD – viz příloha č. 3) a úrovně dokumentace stavby, v dělení na geometrická data (vizuální podoba

- prvku) a negeometrická data (vlastnosti a parametry jednotlivých prvků modelu, popř. řídicí a podpůrné dokumenty stavby). U současně používaných dokumentů (např. stavební deník) a dalších zdrojů informací bude třeba analyzovat jejich zahrnutí do modelu BIM. Všechna data budou uložena ve společném úložišti (CDE), u něhož musí být řešena kybernetická bezpečnost.
- Důležitá doporučení se týkají i vlastností stavebních výrobků a prvků sdílených všemi subjekty působícími ve stavebnictví (výrobci, projektové firmy, zhotovitelé staveb a další). Bude třeba vytvořit a spravovat databázi vlastností stavebních výrobků a k jednotlivým vlastnostem přiřadit IFC parametry. Důležité bude definovat minimální sadu povinně předávaných dat a zajistit validaci předávaných dat oproti standardu.
 - Obsah dokumentace BIM by měl vycházet z vyhlášky č. 499/2006 Sb. „o dokumentaci staveb“ ve znění vyhlášky č. 62/2013 Sb. Při postupném zavádění metody BIM bude třeba zajistit možnost volby mezi současným způsobem klasické 2D dokumentace a dokumentací typu BIM. Do stavebního zákona je nutné doplnit možnost elektronického předávání dokumentace stavby. Doporučeno je dále připravit elektronizaci povolovacích procesů pro umístování, povolování a kolaudaci stavby s využitím BIM (včetně obsahu a struktury dokumentace). Součástí má být zabezpečení dokumentace stavby, zejména ochrana proti nepovoleným změnám předané dokumentace a ochrana BIM modelu proti poškození.
 - Důležitá doporučení jsou vztažena také ke vzdělávání jako významného faktoru pro dosažení očekávaných přínosů. Práci s lidmi je třeba věnovat velkou pozornost. K tomu je potřeba připravit metodiku zavedení BIM, včetně systému vzdělávání jak stávajících pracovníků státní správy, samosprávy a pedagogických pracovníků, tak studentů středních, vyšších odborných a vysokých škol. Dále je nutné zajistit odborníky pro řízení, koordinaci a změnová řízení. Součástí má být i mediální kampaň o přínosech BIM pro všechny subjekty účastnící se staveb.
 - Důležitou činností při zavádění metody BIM do praxe je realizace pilotních projektů, při kterých se ověří nové pracovní postupy jednotlivých rolí a spolupráce zainteresovaných subjektů. Je třeba vytipovat pilotní projekty vhodné pro otestování metody BIM a určit dílčí cíle, které pilotní projekty ověří. Nedílnou součástí je také

příprava smluvních podmínek a vzorových dokumentů, vytvoření platformy pro sdílení zkušeností a promítnutí těchto zkušeností do dalšího používání metody BIM ve veřejných zakázkách [7].

Používání metody BIM je základní podmínkou digitalizace stavebnictví v České republice, která probíhá v rámci procesu Stavebnictví 4.0.

Plán postupného zavádění BIM v ČR je znázorněn v příloze č. 2. Aktuální stav prací je uveden na stránkách České agentury pro standardizaci věnovaných koncepci BIM v ČR [8].

Připraveny jsou například již následující výstupy:

- informační materiál představující architekturu smluvního standardu,
- pravidla pro tvorbu, předání a užívání informačního modelu (BIM protokol),
- doporučení k hodnocení nabídek při zadávání veřejných zakázek,
- metodika aplikace BIM do školních vzdělávacích programů středních průmyslových škol.

Další dokumenty jsou ještě v procesu tvorby nebo již v recenzním řízení. Pro účely této práce vybírám:

- BIM protokol pro pilotní projekty, včetně datového standardu stavebnictví (DSS),
- soupis požadavků na CDE pro pilotní projekty,
- standardy smluv pro výstavbu či projektování,
- metodiky pro zadávání veřejných zakázek,
- architektura, metodika a standardy DSS,
- metodiky pro projektové řízení v BIM (časové řízení, řízení změn), pro výběr a použití CDE, pro aplikaci ČSN EN ISO 19650-1 a 2,
- standardy, metodiky a pravidla pro oceňování a časové plánování,
- návrh vzdělávacího systému pro státní správu a samosprávu, včetně seznamu potřebných dovedností a oblastí znalostí BIM.

2.1.3. Datový model BIM

BIM model obsahuje databázi dat a informací o stavbě určenou pro její realizování a následný provoz. Jedná se v podstatě o digitální dvojče reálné stavby. Díky těmto informacím je možné identifikovat stavy, kdy jednotlivé prvky budovy po jejich sestavení vykazují různé

kolize. Obsahem datového modelu v BIM nejsou pouze prostorové údaje (3D), ale i data týkající se času (4D), nákladů (5D), udržitelnosti (6D) a správy budov (7D) [9]. Na obrázku 5 jsou přehledně znázorněny tyto tzv. dimenze BIM modelu.

3D dimenze zahrnuje data o geometrii konstrukce a tvaru stavby modelovaný ze základních prvků, tzv. kostru. K jednotlivým komponentám jsou připojeny popisné informace tak, aby nahradily další dokumentaci, specifikaci a výkazy. Tyto informace připojené k základním prvkům slouží návrhovým, ověřovacím, simulačním, přípravným, realizačním a provozním aplikacím. Poskytuje vylepšenou 3D vizualizaci stavby a umožňuje lepší komunikaci a sdílení dokumentace stavby, snadnou spolupráci mezi týmy a profesemi.

V dimenzi 4D každý prvek modelu stavby obsahuje i časové údaje. Projektový tým může použít tato data pro simulace postupu projektu a jako podklady pro kontrolu dodržování harmonogramu prací. Výhodou je lepší plánování postupu stavby včetně vizualizace, snadnější koordinace mezi zúčastněnými stranami a jednotlivými týmy, lepší a komplexnější informace o aktuálním stavu stavby.

V dimenzi 5D jsou informace o komponentách doplněny o ceny a náklady (nákupní ceny, instalační náklady, náklady na údržbu, atd). Náklady pak mohou být sledovány a aktualizovány v případě změny automaticky v průběhu projektu. Projektový tým může tvořit sestavy výkazů výměr pro výběrová řízení, varianty i s dopadem na změny nákladů, podklady pro případnou prefabrikaci. 5D přináší vizualizaci nákladů v reálném čase, oznámení o jejich změnách, automatické výpočty, analýzu předpokládaných a skutečných nákladů a výdajů v průběhu projektu.

Při využití dimenze 6D jsou do datového modelu zadána data o spotřebě energií a dalších zdrojů a na základě toho je možné provádět jejich analýzu nebo sledovat udržitelnost stavby. Díky tomu lze vyhodnocovat ekonomické a provozní aspekty během celého životního cyklu stavby.

Dimenze 7D obsahuje data pro Facility management a provoz stavby. Správce stavby tím získává informace o termínech údržby určitých prvků modelu a o jejich nákladech. Současně datový model obsahuje všechny potřebné technické návody, manuály, plány servisních činností, údržby a technické podpory.



Obr. 5: Dimenze datového modelu BIM, zdroj: [9]

2.1.4. Normy pro BIM

Pro správné fungování každého oboru jsou důležitá obecná pravidla. Kromě právních předpisů (zákonů, vyhlášek) jsou tato pravidla daná technickými normami, které definují požadavky na provádění činností a kvalitu jejich výstupů (výrobků, služeb a staveb).

Od listopadu 2019 je v platnosti ČSN EN ISO 19650-1: Organizace a digitalizace informací o budovách a inženýrských stavbách včetně informačního modelování staveb (BIM) – Management informací s využitím informačního modelování staveb – část 1: Pojmy a principy. Norma je určena pro všechny zúčastněné strany, tj. pro vlastníky a manažery aktiv, objednatele, týmy pro zpracování návrhů a zajištění výstavby, pro výrobce vybavení, technické specialisty, pracovníky orgánů veřejné správy, investory, pojišťovatele a koncové uživatele. Pokrývá celý životní cyklus aktiv, tj. přípravu, realizaci, provoz a likvidaci aktiv. Popisuje způsob předávání dat, komunikaci, sdílení informací a snižování rizik. Umožňuje přizpůsobení projektům jakékoliv velikosti a složitosti [5].

Od ledna 2020 je v účinnosti ČSN EN ISO 19650-2, část 2: Dodací fáze aktiv, zaměřená na specifické požadavky týkající se řízení informací v průběhu přípravy a realizace aktiv, tj. posouzení a zohlednění potřeb, výzva k veřejné soutěži, odpověď na veřejnou soutěž,

pověření, společné vytváření informací, předání informačního modelu, uzavření projektu. Norma se opět dá využít pro projekty všech velikostí a složitostí [6].

V současné době jsou v přípravě další normy řady ISO 19650-x, a to část 3 týkající se provozní fáze aktiv a část 5 zaměřená na bezpečnost při správě citlivých aktiv. Vydání obou norem je plánováno na rok 2020.

V tabulce 3 je uveden přehledně seznam norem ČSN souvisejících s BIM v oblasti navrhování a provádění staveb.

Tabulka 3: Standardy související s BIM pro navrhování a provádění staveb, zdroj: autor

Název normy	
ČSN P ISO 6707-1	Pozemní a inženýrské stavby – Terminologie – Část 1: Obecné termíny
ČSN EN ISO 16739	Datový formát Industry Foundation Classes (IFC) pro sdílení dat ve stavebnictví a ve facility managementu
ČSN ISO 12006-2	Budovy a inženýrské stavby – Organizace informací o stavbách – Část 2: Rámec pro klasifikaci
ČSN EN ISO 12006-3	Budovy a inženýrské stavby – Organizace informací o stavbách – Část 3: Rámec pro objektově orientované informace
ČSN ISO 22263	Organizace informací o stavbách – Rámec pro správu informací o projektu
ČSN ISO 16354	Obecné zásady pro znalostní a objektové knihovny
ČSN EN ISO 16757-1	Datové struktury pro elektronické katalogy výrobků pro technická zařízení budov – Část 1: Pojmy, architektura a model
ČSN EN ISO 16757-2	Datové struktury pro elektronické katalogy výrobků pro technická zařízení budov – Část 2: Geometrie
ČSN P ISO/TS 12911	Rámec pro návody na informační modelování staveb (BIM)
ČSN EN ISO 29481-1	Informační modely staveb – Manuál pro předávání informací – Část 1: Metodika a formát
ČSN EN ISO 29481-2	Informační modely staveb – Manuál pro předávání informací – Část 2: Rámec pro interakce
ČSN EN ISO 19650-1	Organizace a digitalizace informací o budovách a inženýrských stavbách včetně informačního modelování staveb (BIM) - Management informací s využitím informačního modelování staveb – Část 1: Pojmy a principy
ČSN EN ISO 19650-2	Organizace a digitalizace informací o budovách a inženýrských stavbách včetně informačního modelování staveb (BIM) - Management informací s využitím informačního modelování staveb – Část 2: Dodací fáze aktiv

2.2. Řešení kolizí v projektech s BIM

Jak již bylo uvedeno výše, s rozvojem informačních a komunikačních technologií a s využitím nových nástrojů dochází k výrazné změně v oblasti řešení kolizí. Speciální nástroje pomáhají při kontrole projektového modelu, při identifikaci a hlášení střetů. Poskytují detekci na základě geometrických algoritmů a algoritmů založených na pravidlech a významně tím zlepšují proces z hlediska rychlosti i přesnosti, přičemž se klade větší důraz právě na přesnost. Ta je podmíněna velkou podrobností dat v BIM modelu, kdy součástí jednoho hlavního je několik dílčích modelů jednotlivých profesí [11], [13]. Využívá také detailních informací spojených s plánováním, výstavbou a provozem prvků nebo systémů. V návaznosti na to umožňuje modelování a detekování kolizí z údajů prostorových (3D), časových (4D), nákladových (5D), případně o udržitelnosti (6D) a správě budov (7D).

U 3D kolizí se jedná o střety v prostorovém uspořádání jednotlivých objektů navzájem. Příklady jsou popsány v kapitole 1.2.

4D kolize nastávají při problémech s dodržением časového plánu nebo koordinace prací a dodávek, které by mohly mít dopad na probíhající realizaci. Příčinou jejich vzniku bývá nedůslednost. Mezi 4D kolize řadíme špatně navržené zařízení staveniště z pohledu manipulačního prostoru pro těžkou mechanizaci a nákladní automobily, kumulaci materiálu, nepřipravené pracoviště pro nástup další čtyři či kolize zvedacího zařízení s nově postaveným lešením [21].

Kolize v dimenzi 5D se týkají nedodržení finančního plánu, cash-flow a nákladů projektu, často vlivem dodatečných změn nebo úprav v harmonogramu.

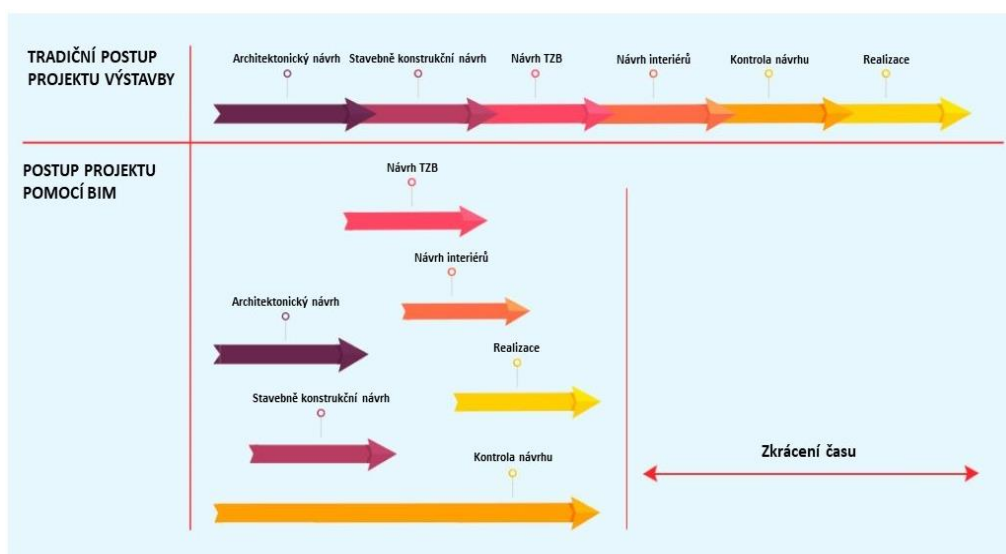
Detekce kolizí snižuje riziko lidské chyby jak v průběhu návrhu, tak i během kontroly. Kontrolovat je možné nejen dokončený projekt, ale důležité je hledat případné kolize v průběhu prací na projektu. Tím jsou již v etapě návrhu vidět chyby, které by se při použití standardních projektových nástrojů objevily až na stavbě a jejich odstranění by znamenalo značné navýšení nákladů i posunutí harmonogramu. Stejně tak jsou důležité různé výběrové sady, které umožňují uživateli spustit detekci kolizí mezi specifickými podmnožinami modelu, jako např. VZT proti UTCH, VZT proti KAN nebo VZT proti svislým či vodorovným konstrukcím [13]. S využitím detekce kolizí je možné koordinovat jednotlivé systémy nebo prvky tak, aby se případné nedostatky řešily včas ještě před realizací stavby.

2.3. Koordinace činností v projektech s použitím BIM

V následující části bude vysvětleno, jak nástroje BIM pomáhají při koordinaci činností spojených s návrhem TZB/VZT.

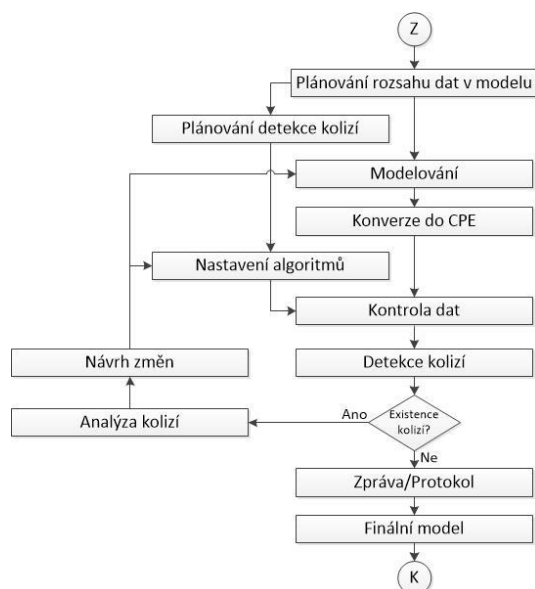
Jak bylo uvedeno v předchozích kapitolách, BIM není jen nástroj, ale i proces. Proto, kromě výběru vhodného SW nástroje, je třeba věnovat velkou pozornost správnému postupu. Využití BIM totiž znamená zásah do běžně používaných postupů během přípravy a realizace staveb. Je třeba změnit způsob provádění jednotlivých činností z hlediska jejich obsahu a načasování, odpovědností, potřebných standardů, používaných nástrojů včetně komunikace, kontroly a zabezpečení. Aby projekt byl úspěšný, musí na tyto změny přistoupit všechny zúčastněné strany.

Projektový tým vytváří jeden společný 3D parametrický model a ten používá pro generování jednotlivých typů dokumentace. Plány, řezy, pohledy, harmonogramy, výkazy výměr jsou vedlejším produktem tohoto společného modelu. Poskytuje také podklady pro analýzy a simulace, jako např. prostorové uspořádání, energetická náročnost, využití denního světla nebo využití materiálu. Při tomto způsobu tvorby dokumentace je potřeba výrazně větší koordinace mezi všemi činnostmi tak, aby jednotlivé profese navazovaly se svými pracemi ve správném pořadí, připravovaly data ve správné podrobnosti, předávaly data do prostředí CDE ve správnou dobu, upravovaly své části vždy ve spolupráci s navazujícími a řešily případné kolize ve výkresu (3D), čase (4D) i nákladech (5D) již ve fázi návrhu [2]. Pro eliminaci konfliktů je vhodné využít metodu BIM již při přípravě a zadávání zakázek, co nejdříve zapojit do spolupráce projektanty jednotlivých profesí a neustále vylepšovat algoritmy detekce kolizí. Důležitá je i otevřená komunikace v celém projektovém týmu, kontrola dílčích výstupů a sdílení informací. Předpokladem efektivního využití BIM je také vzájemná spolupráce zúčastněných stran v jednotlivých fázích životního cyklu stavby, udržování aktuálních dat v modelu, aby ostatní profese tato data mohly použít pro související úpravy. Díky společnému datovému prostředí je možné začít pracovat na další části projektu již v průběhu rozpracované etapy, což umožňuje významně snížit čas k přípravě projektové dokumentace.



Obr. 6: Porovnání obou variant průběhu projektu, zdroj: autor dle [10]

Pro všechny činnosti projektu s využitím BIM je třeba stanovit jejich pořadí, návaznosti a vazby. Typické workflow pro oblast detekce kolizí je znázorněno na obrázku 7. Tyto činnosti probíhají v podstatě stejně pro každou fázi zpracování projektové dokumentace. Pouze algoritmy pro detekci kolizí odpovídají stupni podrobnosti dokumentace (LOD, viz příloha č. 3).



Obr. 7: Workflow pro detekci kolizí ve fázi návrhu, zdroj: autor

Pro efektivní podporu procesu BIM je nutné předem správně zvolit SW nástroje jednotlivých stran, aby komunikovaly s centrální databází, poskytovaly dostatečně podrobná data, používaly stejné knihovny objektů, umožňovaly kontroly dat v dílčích modelech.

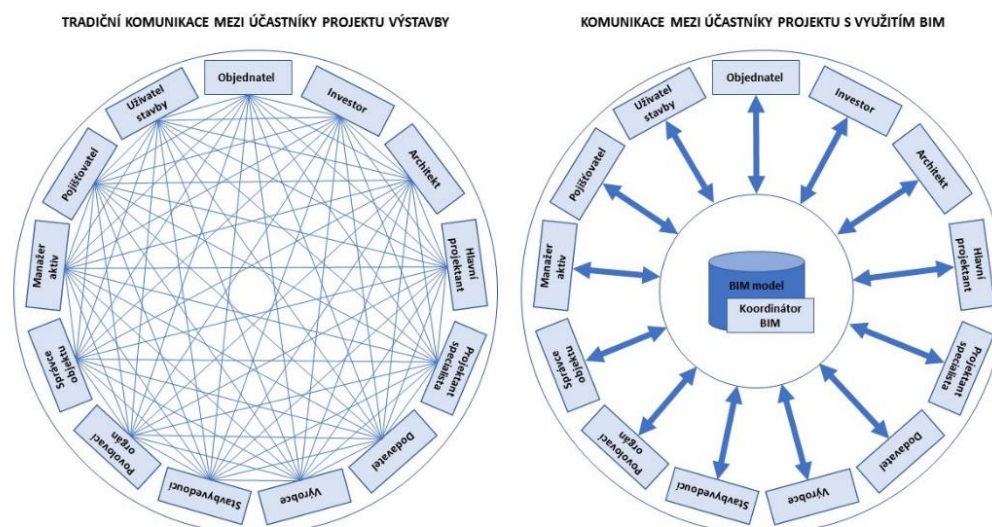
Vzhledem ke složitosti datového modelu BIM je třeba zajistit nové dovednosti a znalosti zejména pro jeho koordinaci, analýzy dat a kontroly. Jedním z nejdůležitějších kroků k úspěšné realizaci projektu s využitím BIM je obsazení role koordinátora BIM. Ten musí rozumět procesu realizace, informačním tokům a návaznostem mezi profesemi. Udržuje nadhled nad celým projektem a přesvědčuje ke spolupráci jak interní, tak i externí účastníky projektu. Kromě dostatečných znalostí a zkušeností mimo jiné udržuje objektové knihovny, řídí projektová data a jejich komunikaci, koordinuje průběžné změny modelu a dopady do souvisejících informací nebo profesí, zajišťuje průběžné kontroly [2]. Každý zúčastněný subjekt by měl jmenovat alespoň jednoho odpovědného pracovníka za BIM za svou oblast činnosti. Tento pracovník spolupracuje úzce s koordinátorem BIM, je odborníkem v oblasti správy informací, modelování a specifického SW nástroje dodavatele. Je dále odpovědný za konektivitu SW nástrojů na centrální prostředí (CDE) [24].

Při vysoké míře spolupráce a komunikace v rámci projektu je nutné, aby se zúčastněné strany dohodly na úrovni podrobnosti svých dílčích modelů v jednotlivých etapách návrhu stavby. Každá úroveň je popsána z hlediska podrobnosti geometrie, přesnosti a rozsahu dat o jednotlivých objektech. Vychází se zpravidla ze standardu, který zhotovil American Institute of Architects. Ten specifikuje jednotlivé úrovně podle toho, v jaké fázi se projekt nachází. Podrobnější popis jednotlivých úrovní podrobnosti datového modelu je uveden v příloze č. 3.

- LOD 100 obsahuje celkový model budovy, orientační plochu, objem, umístění a orientaci. Objekty jsou znázorněny pomocí symbolu nebo typového znázornění. Dokument se nazývá Studie proveditelnosti, ekvivalentem je také Konceptní návrh.
- LOD 200 obsahuje kromě informací o odhadovaném množství, rozměru, tvaru, umístění a orientace komponent, také další negeometrické popisné informace. Dokumentace se jmenuje Architektonický návrh, případně Dokumentace pro umístění stavby.
- LOD 300 obsahuje přesné množství, rozměry, tvar, umístění a orientaci komponent. K nim jsou připojeny negeometrické popisné informace. Model má dostatek informací pro poskytování přesných analýz a simulací, umožňuje provádět detekci a řešení kolizí. Používají se názvy Detailní návrh či Dokumentace pro stavební povolení.

- LOD 350 poskytuje dokumentaci v jednodušší formě než LOD300, ale obsahuje více užitečných informací pro provedení stavby. Kromě přesného geometrické znázornění objektů model obsahuje informace týkající se množství, velikosti, tvaru, umístění, orientace a rozhraní s jinými systémy budov. Dokumentace bývá označována jako Kompromis, ekvivalentem názvu je Dokumentace pro provedení stavby.
- LOD 400 obsahuje informace o přesných rozměrech, tvaru, umístění, množství, orientaci objektů, dále informace o zhotoviteli a sestavení/installaci. Dokumentace je označována jako Dokumentace provedení stavby nebo Realizační dokumentace.
- LOD 500 poskytuje informace o tom, jak byla stavba skutečně postavena a dodána, s přesnými rozměry, množstvím, tvarem, polohou a orientací objektů a všemi požadovanými negeometrickými popisnými informacím, včetně technických informací potřebných pro údržbu. Dokumentace se jmenuje Dokumentace skutečného stavu, případně Uživatelská dokumentace [23], [24].

Využitím centrálního datového prostředí (CDE) probíhá komunikace dat vždy jen mezi lokálními úložišti jednotlivých účastníků projektu a CDE. Díky tomu jsou aktuální data vždy na jednom místě, což zvyšuje konzistentnost projektové dokumentace a efektivitu jejich využívání. Porovnání komunikace tradičního projektu a projektu s využitím BIM ilustruje obr. 8.



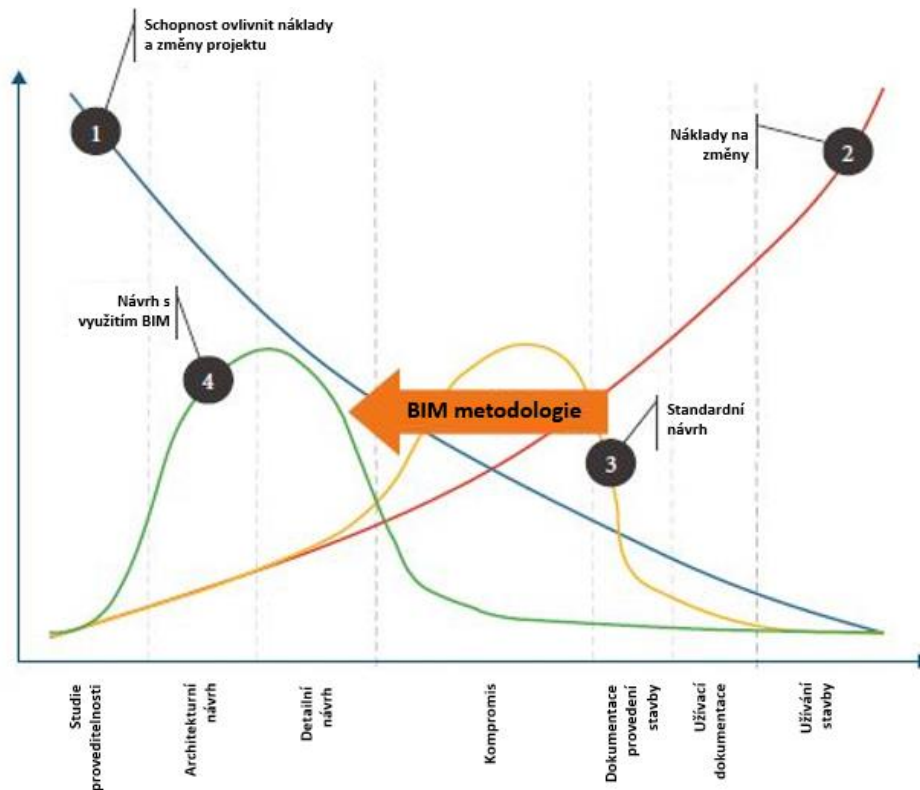
Obr. 8: Porovnání komunikace účastníků stavby v obou variantách projektů, zdroj: autor

V projektech s vysokou mírou koordinace je zapotřebí definice pravidel/standardů, které budou všichni účastníci dodržovat a která budou nezávislá na profesi, SW či HW. Organizace buildingSMART International založila tzv. OpenBIM, univerzální přístup ke spolupráci při návrhu, realizaci a provozu budov založený na otevřených standardech a pracovních postupech. Pro výměnu dat vznikl otevřený buildingSMART datový model, tj. IFC formát k výměně dat [2]. Mezi další standardy patří souřadnicový systém a měrné jednotky, názvosloví modelu a klasifikační systém, způsob a četnost detekce kolizí, jejich monitorování, autorizace a zmrazení modelu ve stanovených termínech, změnové řízení modelu, formy výstupů, zálohování a archivace dat, přístupová práva apod. [24].

U projektů s využitím BIM je dále důležité zajistit dostatečně silné zabezpečení dat proti různým kybernetickým hrozbám. Řešit se musí autorizace přístupu do tohoto prostředí jednotlivými stranami a bezpečný přenos dat mezi centrálním datovým prostředím a lokálními úložišti. Specifikace ochrany informací proti ztrátě, poškození nebo zneužití (např. přístupová práva, komunikační protokoly, zabezpečení na obou stranách, odpovědnosti) by měla být součástí smlouvy [2].

Cíle i výstupy projektu a všechny výše uvedené aspekty, včetně přesných věcných i časových požadavků na řízení a koordinaci postupu prací v oblasti BIM, by měl obsahovat Plán realizace BIM (BIM Execution Plan – BEP). Jeho důležitost stoupá s množstvím zúčastněných stran a profesí. Účelem BEP je shrnutí základních informací o činnostech při tvorbě a práci s modelem BIM v jednotlivých fázích životního cyklu stavby. Zpřehledňuje osoby, odpovědnosti, organizaci, procesy a vazby projektu, definuje data, informace a způsob jejich sdílení. BEP je nutné začít připravovat ihned po rozhodnutí o přípravě stavebního projektu pomocí metody BIM. Vlastní práce na projektu by měly začít až po vypracování BEP a proškolení jednotlivých zúčastněných stran, týmů a profesí [22].

Plán realizace BIM by měl respektovat existující zkušenosti z obdobných projektů a počítat s přesunem většího úsilí do počáteční fáze návrhu, kdy je pracnost případných změn v důsledku kolizí ještě malá a dokumentace návrhu se připravuje ve větší podrobnosti. Tyto detailnější informace jsou pak výhodou pro pozdější fáze projektu, kdy se již existující data využijí bez nutnosti jejich dalšího pořizování. Při používání dostatečných kontrol v dřívějších fázích návrhu se také zabrání vzniku zásadních kolizí. Na obr. 9 je zobrazeno porovnání pracnosti u standardních projektů a projektů s využitím BIM.



Obr. 9: Porovnání tradičního postupu prací a postupu s využitím BIM, zdroj: autor dle [15]

2.4. Výhody a nevýhody v projektech s BIM

Přechod na BIM znamená změnu stávajících procesů hlavně v komunikaci, předávání a sdílení dat, ale i se zaváděním nových technologií pro vytváření a využívání BIM modelů. Toto sebou přináší množství výhod, ale i některé překážky.

Mezi nejdůležitější obecné přínosy informačního modelování staveb patří:

- zlepšení kontroly stavebního procesu a kvality výsledné stavby,
- úspora nákladů a času během celého životního cyklu stavby,
- dostupnost aktuálních informací na jednom místě,
- zlepšení přístupu k informacím pro rozhodování v jednotlivých fázích životního cyklu stavby,
- zlepšení komunikace mezi účastníky stavebního procesu,
- zlepšení koordinace a spolupráce,

- zefektivnění ekonomického řízení stavebních projektů, včetně simulací ceny, cashflow a změn harmonogramu.

Při využití metody BIM v oblasti technického zařízení budov se projevují navíc ještě i následující výhody v jednotlivých fázích stavebního procesu.

Při návrhu:

- možnost rychlejšího a přesnějšího návrhu díky dostupným informacím ze 3D modelu pro výpočty, simulace a dimenzování rozvodů,
- včasné detekování a řešení kolizí,
- používání knihoven produktů od výrobců,
- snadnější zapracování změn,
- možnost variantních řešení,
- jednodušší předávání podkladů a snížení chybovosti při aktualizaci dokumentace,
- možnost simulace navrhovaného modelu budovy v různých podmínkách (např. energetické simulace).

Při realizaci stavby:

- možnost lepšího plánování provádění stavby,
- úspora finančních i časových prostředků díky menšímu výskytu kolizí,
- jednodušší řízení změn projektu,
- možnost lepšího plánování způsobu výroby a montáže typových i atypických prvků.

Při užívání stavby:

- jednodušší příprava modelů pro správu budovy díky aktualizované dokumentaci skutečného provedení stavby,
- dostupnost aktuálních dat o rozmístění instalací pro následné rekonstrukce, rozšíření a opravy,
- dobrý zdroj dat pro plánování způsobu provedení likvidace

Dle reportu [16] a [17] z průzkumu situace v USA, 93% dodavatelů vzduchotechniky považuje využití BIM modelování za velkou přidanou hodnotu, 60% z nich hodnotí přínos pro logistiku materiálu a prací na stavbě. Kromě výhod uvedených v předchozích odstavcích zdůrazňují také snížení odpadů, nižší náklady na pracovní sílu a zvýšení produktivity práce, menší chybovost, snížení nákladů na logistiku, zvýšení kvality instalačních prací a zvýšení zisku.

Nejpodstatnějšími překážkami informačního modelování staveb jsou:

- tlak na snižování ceny stavebního projektu, který vede k nižší kvalitě návrhu bez možnosti optimalizace pomocí BIM,
- finanční náročnost implementace BIM (SW, nastavení procesů, zaškolení),
- nedostatek kvalifikovaných technických i řídicích pracovníků se znalostí BIM,
- přetrvávající zvyklosti z 2D dokumentace a odmítání nových technologií,
- v případě nedostupné databáze produktů od výrobce nutnost vytvořit si vlastní,
- nepoužívání metody BIM všemi účastníky procesu,
- chybějící požadavky ze strany investorů [2].

3. Praktická část

V následujících kapitolách jsou uvedeny vybrané programy pro detekci kolizí v BIM modelech a detekovány konkrétní příklady kolizí při návrhu VZT s využitím BIM nástroje Trimble Connect. Dále je navržena optimalizace postupu koordinace VZT s využitím BIM při projektování a instalaci na stavbě a provedeno vyhodnocení přínosů BIM pro řešenou problematiku.

3.1. Vybrané programy pro práci s kolizemi v BIM modelech

Pro koordinaci stavebního projektu, odhalování a řízení kolizí v BIM modelech je možné použít několik softwarových nástrojů. Příkladem často využívaných jsou Navisworks Manage, Solibri Model Checker nebo Trimble Connect. Cílem další části této kapitoly není porovnání uvedených programů, ale popis jejich hlavních charakteristik.

Autodesk Navisworks Manage obsahuje pokročilé funkce pro automatické vyhledávání kolizí. Po zadání geometrických údajů systém prověří celý model a najde případná problémová místa a konflikty. Toto vyhledávání je možné propojit i se 4D simulací a objektovou animací, což umožní snadno analyzovat problém nejen v daném prostoru, ale i časově. Kromě vyhledání kolizí nabízí Navisworks Manage i nástroje pro jejich správu, kdy je možnost vyexportovat report s podrobným pohledem na kolizní místo, který se pak předá celému pracovnímu týmu pro vyřešení zjištěných kolizí. Program podporuje většinu projekčních formátů.

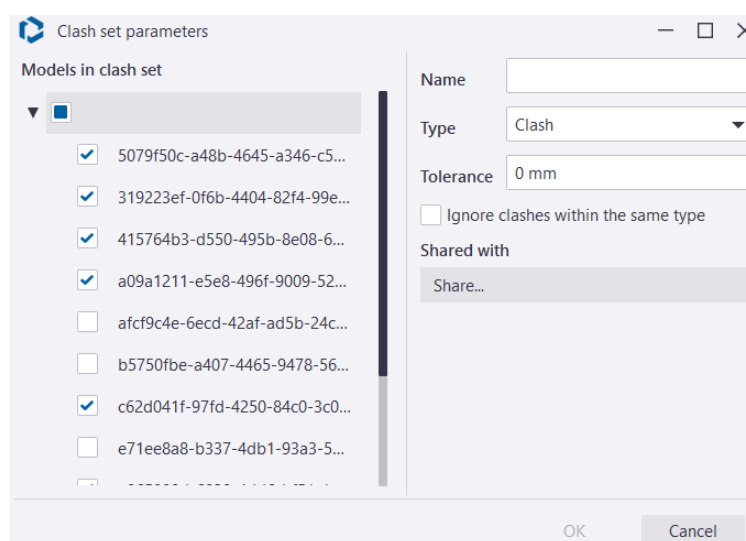
Solibri Model Checker je další z programů určený ke kontrole BIM modelu, analyzuje správnost technického provedení projektu a také prověřuje splnění požadavků norem a dalších předpisů. Systém umožňuje snadnou vizualizaci, kontroluje model budovy a vyznačuje případné kolize a nedostatky. Nabízí denně aktualizovanou kalkulaci nákladů, transparentní řízení projektu a přesné plánování. Solibri Model Checker SMC má na výběr velké množství pravidel, která je potřeba pro správnou funkčnost nastavit. Zpočátku je obtížnější se naučit s ním pracovat, ale poté umožní provádět všestrannější kontroly než ostatní uvedené programy. Jsou podporovány formáty souborů IFC, DWG.

V této práci je pro detekci kolizí použit třetí z výše zmiňovaných programů – Trimble Connect, který je od roku 2020 nástupcem aplikace TeklaBIMsight. Trimble Connect je moderní a cenově velmi přijatelný nástroj pro spolupráci a sdílení informací o BIM

projektech, podporuje spolupráci v týmu, sdílení grafických i popisných dat a potřebných informací o projektu. Lze jej používat v on-line i off-line režimu, využívá cloudová řešení s vysokým zabezpečením dat, velikost datového úložiště není omezena. Uchovává historii všech činností na projektu, umožňuje přiřazovat a řídit úkoly i zobrazovat jejich seznam v rámci plnění termínů. Podporuje efektivní řízení kolizí a jejich včasné odhalení. Jak již bylo zmíněno dříve, tím je možné vyvarovat se problémům na stavbě, ušetřit čas a zabránit dodatečným nákladům na opravy a předělávání. Software v sobě zahrnuje 3D BIM prohlížeč umožňující otevřít modely v různých formátech souborů (IFC, SKP, DWG/ DXF, RVT, apod.). Podrobný popis práce s tímto programem je uveden v následující kapitole.

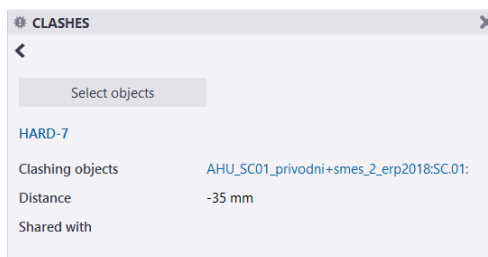
3.2. Nastavení parametrů detekce kolizí v Trimble Connect

Před spuštěním vyhledávání kolizí je třeba nastavit požadované parametry. Nejprve se vyberou modely, mezi kterými se identifikace bude provádět. Dále se zvolí tolerance (v řádech mm, cm, dm nebo m) pro hledání kolizí mezi objekty a definuje se, zda výsledkem mají být jen tvrdé nebo i měkké kolize a v jaké vzdálenosti od sebe. Následně lze nastavit, zda má proběhnout hledání všech kolizí stejného typu. Uvedené parametry mají vliv na výsledný počet identifikovaných kolizí, kterých mohou být jednotky, desítky, stovky i tisíce.



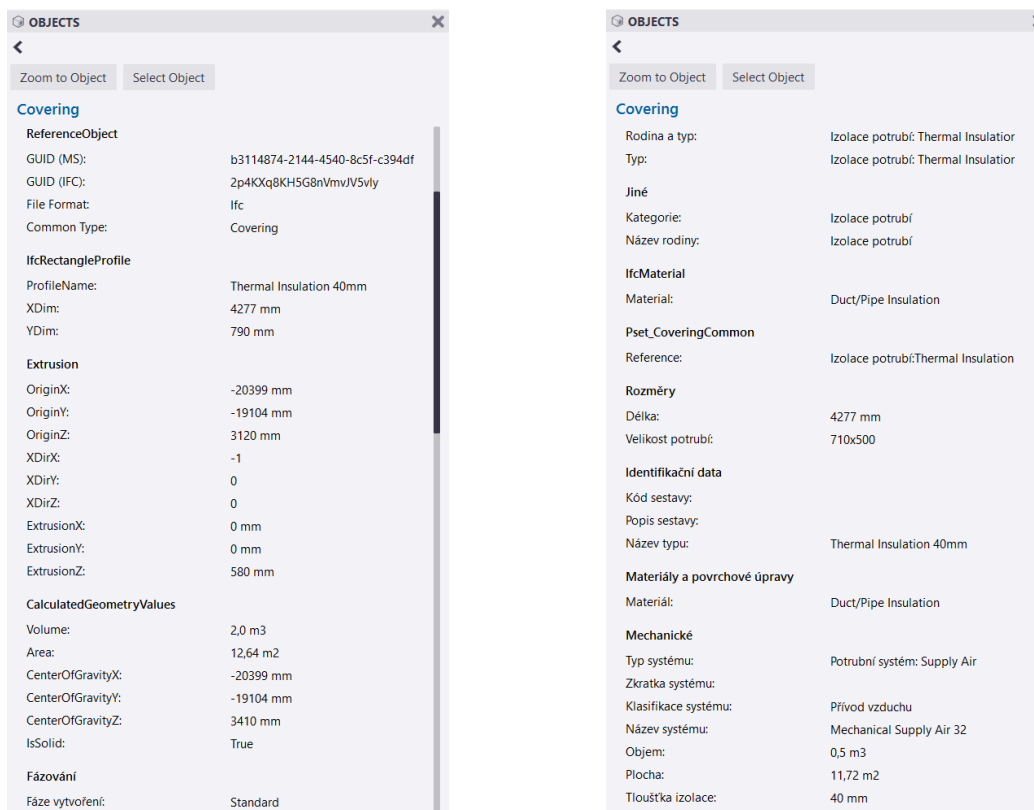
Obr. 10: Nastavení parametrů kolizí, zdroj: autor

Ze seznamu identifikovaných kolizí se vybere konkrétní, která obsahuje odkaz na problémové místo v modelu a zvýrazní, které prvky jsou ve střetu. Zároveň jsou zobrazeny informace o názvu jednotlivých prvků v kolizi, o délce protnutí kolizních předmětů a o sdílení dat s dalšími účastníky projektu.



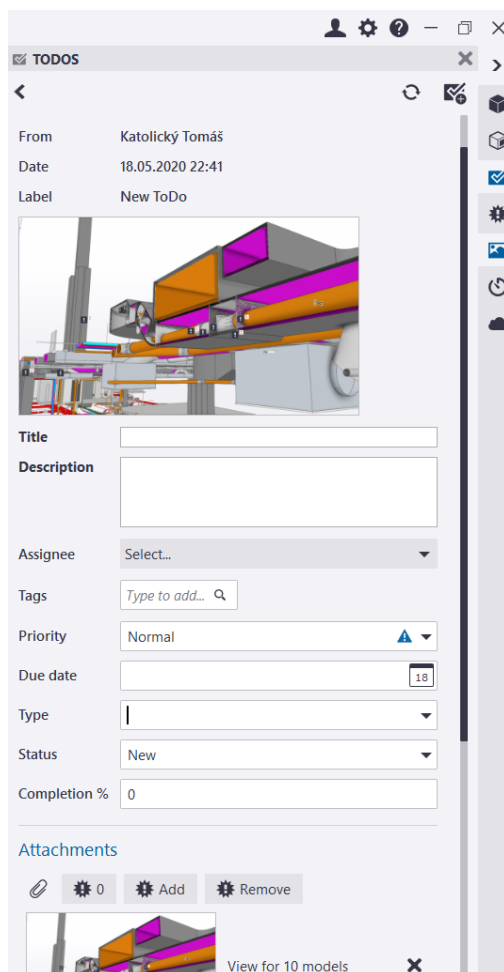
Obr. 11: Informace k vybrané kolizi, zdroj: autor

Pro detailnější informace o objektech stačí zvolit vybraný prvek a následně se zobrazí celkový popis obsahující např. název, materiál, geometrické proporce, technické vlastnosti. Tato data vkládá projektant/statik/architekt a pro případné odstranění kolize je nutná konzultace s odpovědnou osobou.



Obr. 12: Informace k vybranému prvku modelu, zdroj: autor

Ke konzultacím slouží nástroj Todos, který je komunikačním prostředkem mezi všemi zainteresovanými stranami. Pro vyřešení kolizí s dalšími účastníky je nutné zadat komentář obsahující název, popis kolize, stupeň priority, datum požadovaného vyřešení, typ kolize, status postupu řešení, procentuální dokončení a také připojit přílohu s vlastním návrhem či dotazem.



Obr. 13: Komentáře a úkoly (Todos) k vybrané kolizi, zdroj: autor

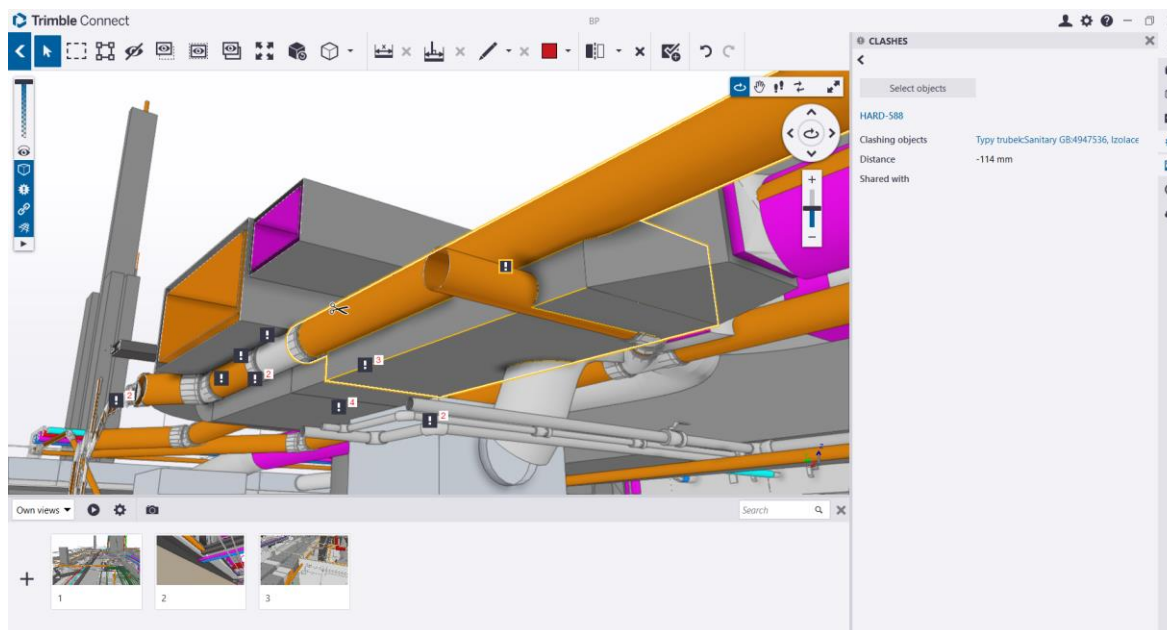
3.3. Příklady kolizí v praxi

V této kapitole jsou uvedeny příklady kolizí vzduchotechniky s ostatními oblastmi TZB. Jedná se o konkrétní projekt zpracovaný sice pomocí BIM, ale k odhalení uvedených kolizí došlo až v realizační fázi. Důvodem byla nedostatečná implementace BIM v daném projektu, kdy BIM byl redukován pouze na vizualizaci výkresů a nebyl použit jako hlavní nástroj pro návrh a přípravu projektu, detekci kolizí a řízení stavby.

Pro detekci kolizí byl použit program Trimble Connect. Všechny níže uvedené příklady mají negativní vliv na harmonogram stavby i náklady projektu. Proto v návaznosti na uvedené tvrdé i měkké kolize vznikají v projektu i 4D (časové) a 5D (nákladové) kolize, kterým se dalo předejít správným použitím BIM.

Příklad č. 1:

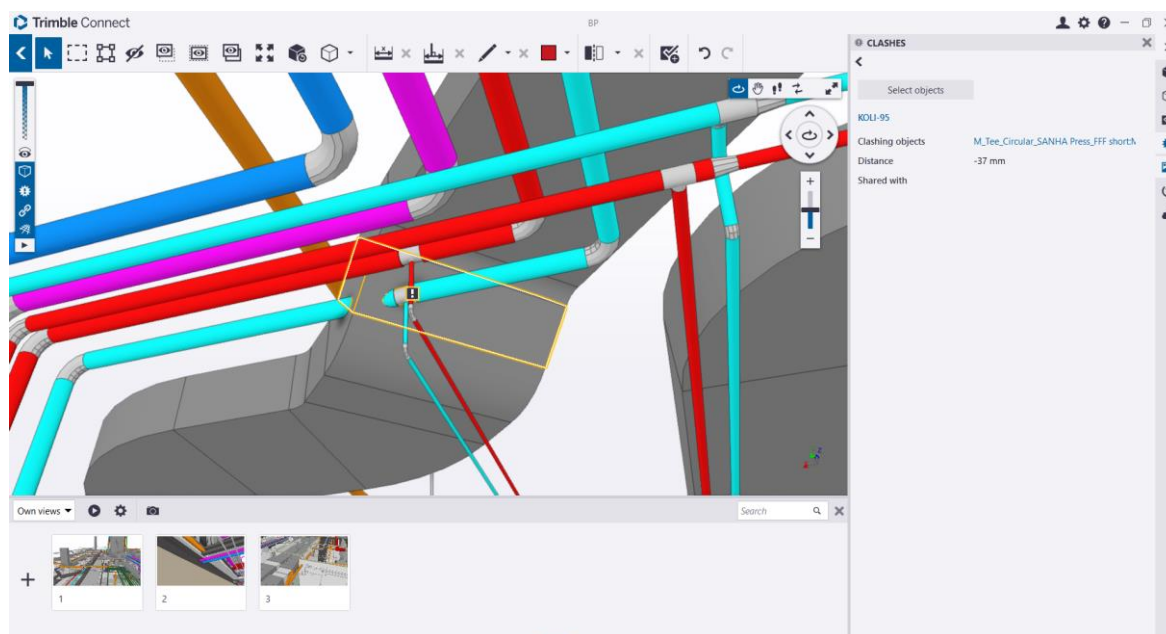
Na příkladu č. 1 lze vidět tvrdou kolizi mezi potrubím kanalizace a rozvodem vzduchotechniky. Kolize je zvýrazněna vykřičníky. Příčinou byl špatný technologický postup v projektové fázi, kdy byly řešeny modely pro KAN a VZT odděleně a nebylo na ně pohlíženo jako na jeden funkční celek. V průběhu návrhu je nutné porovnávat jednotlivé modely tak, aby se eliminoval výskyt vzájemných kolizí. Pro odstranění této kolize je potřebné zachovat parametry rozvodů a potrubí, proto by projektanti měli navrhnout jiné uspořádání rozvodů v prostoru.



Obr. 14: Znáznornění kolize – příklad č.1, zdroj: autor

Příklad č. 2:

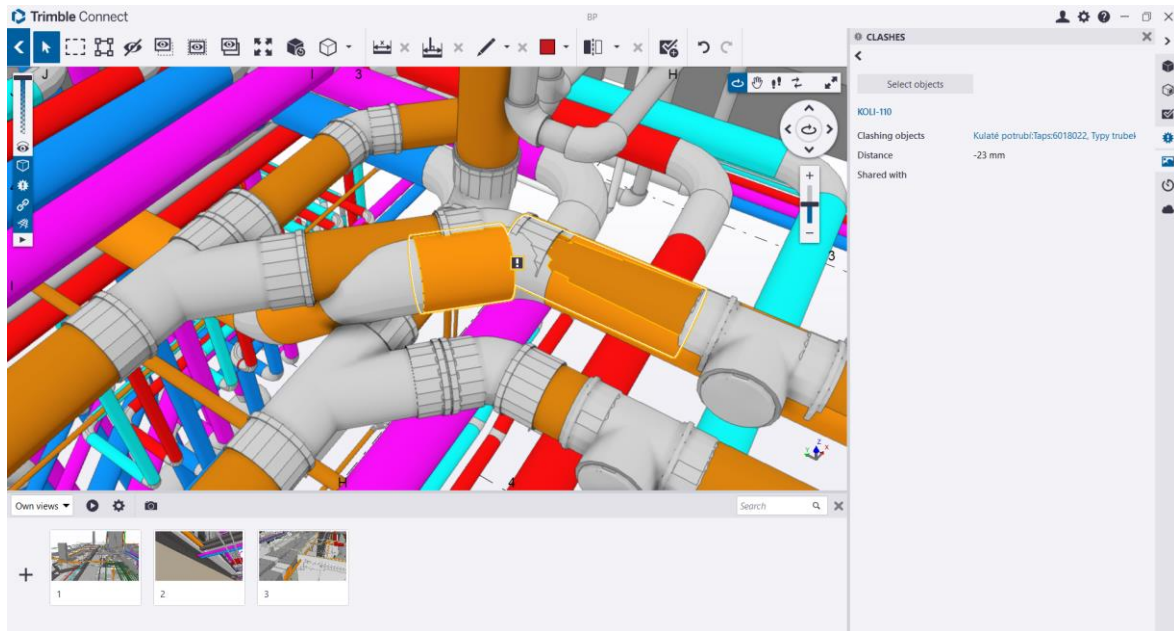
V tomto případě je vidět podobná kolize jako v příkladě č. 1, která tentokrát nastala mezi potrubím chlazení a rozvody VZT. Jedná se též o typ tvrdé kolize. Komentář by měl obsahovat návrh alternativního řešení, což může být například použití dvou kolen tak, aby se potrubí chlazení vyhnulo vzduchotechnice.



Obr. 15: Znáznornění kolize – příklad č.2, zdroj: autor

Příklad č. 3:

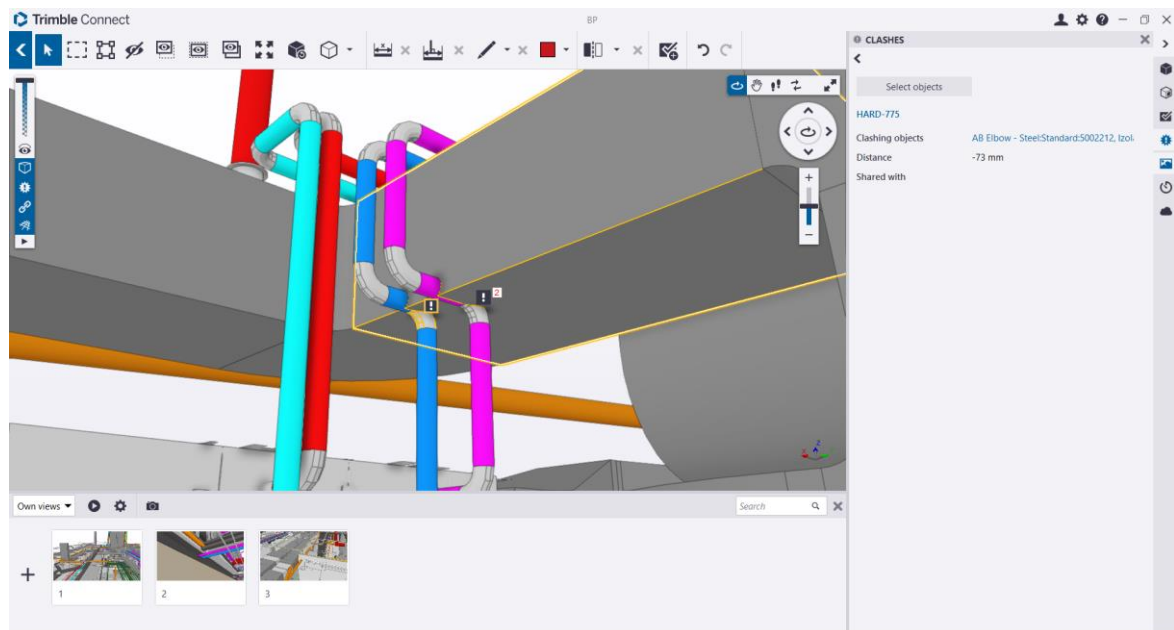
Ve výše uvedených případech se jednalo vždy o kolize různých modelů. Na tomto příkladu lze vidět kolizi dokonce ve stejném modelu. Komentář by měl obsahovat návrh na celkové přehodnocení napojení jednotlivých potrubí kanalizace v prostoru.



Obr. 16: Znáznornění kolize – příklad č.3, zdroj: autor

Příklad č. 4:

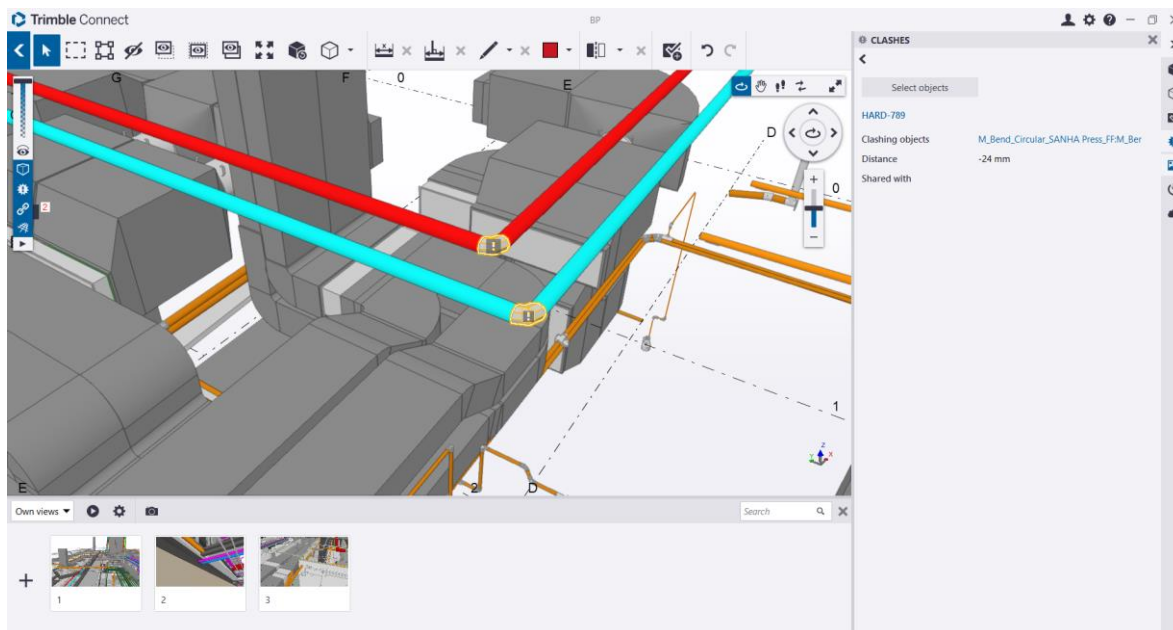
Zde je ilustrován další příklad tvrdé kolize mezi rozvody vzduchotechniky a vody. V tomto případě by náprava mohla být jednoduchá. Stačilo by vložit komentář s návrhem na prodloužení svislé části potrubí cirkulace a studené vody pod VZT rozvod.



Obr. 17: Znáznornění kolize – příklad č.4, zdroj: autor

Příklad č. 5:

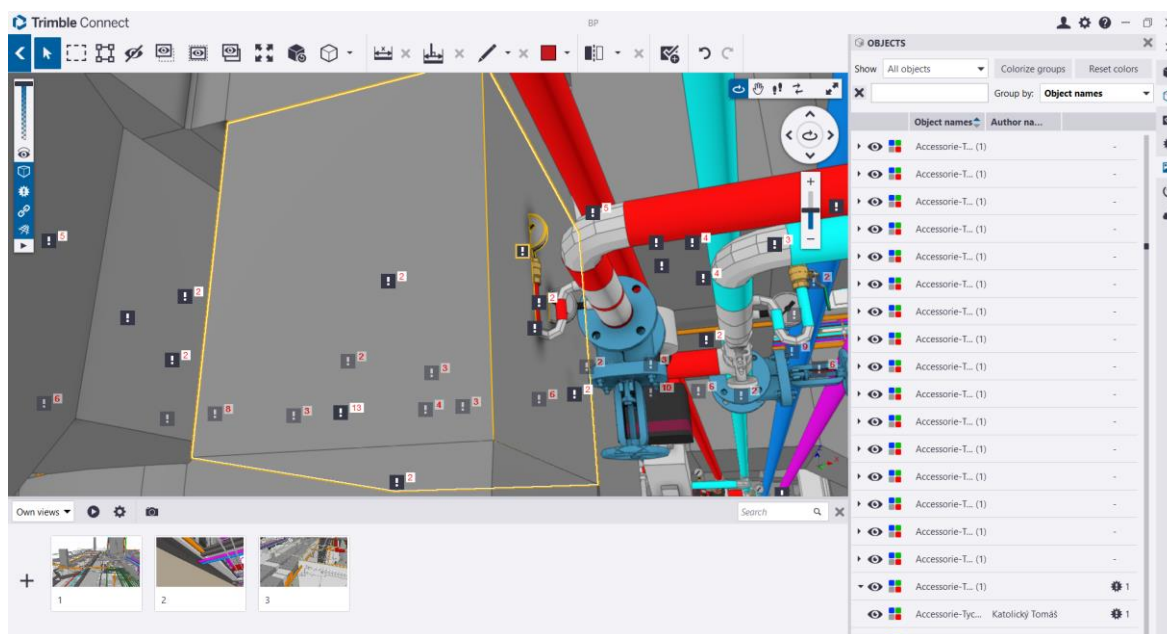
Příklad ukazuje situaci, při které je programem vyhodnocena kolize, která však nemá dopad na změnu návrhu. Jedná se pouze o napojení dvou různých materiálů a k vyřešení stačí pouze vložit příslušný komentář.



Obr. 18: Znáznornění kolize – příklad č.5, zdroj: autor

Příklad č. 6:

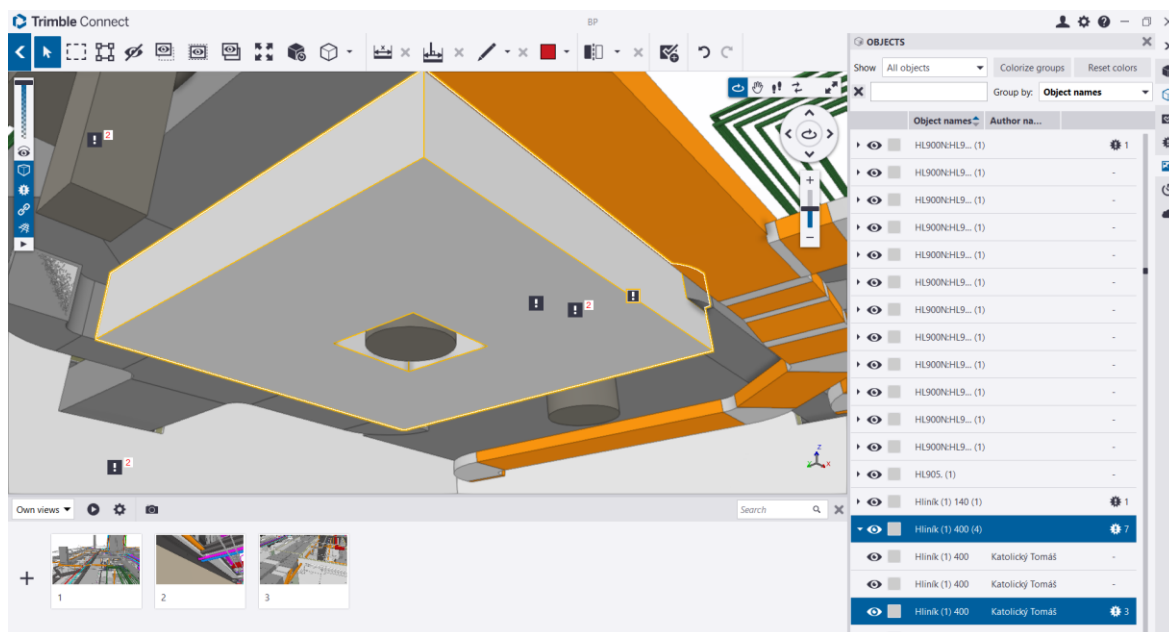
Uvedená situace ukazuje možnost současného vyřešení tvrdé i měkké kolize. Ukazatel tlaku zasahuje do rozvodu VZT a zároveň není přístupný pro čtení údajů a manipulaci. Problém lze vyřešit přemístěním ukazatele tlaku do místa s vhodným manipulačním prostorem.



Obr. 19: Znázornění kolize – příklad č.6, zdroj: autor

Příklad č. 7:

V tomto případě nastala kolize mezi rozvodem vzduchotechniky a hliníkovou konstrukcí. Vzhledem k tomu, že se jedná o operační sál, umístění hliníkové konstrukce má svůj význam a nesmí se nijak upravovat. Řešením je tedy posunutí rozvodu VZT.



Obr. 20: Znázornění kolize – příklad č.7, zdroj: autor

3.4. Návrh postupu koordinace VZT při projektování pomocí BIM

V současné době se stále u většiny stavebních projektů používá standardní průběh prací bez pokročilého využití BIM. Je to logické, protože tento postup je zavedený a všechny zainteresované strany znají stávající činnosti a schvalovací kroky pro zahájení prací na přípravě jejich dokumentace, například na projektu vzduchotechniky. Tyto standardní postupy jsou ale omezením pro zlepšení průběhu projektu a tím pro zkrácení doby jeho trvání. Využití BIM by ale tyto změny mělo vyvolat.

Pro optimalizaci koordinace s využitím BIM je potřebné především zajistit, aby realizační tým zhotovitele spolupracoval s týmem projektantů už v etapě návrhu. Nutností by tedy měla být velmi dobrá znalost využívání BIM u všech zapojených stran.

Po dokončení architektonické studie by se již mohla zahájit jednání mezi investorem, architektem, projektantem a zhotovitelem, aby došlo ke vzájemnému pochopení a eliminovala se případná nedorozumění v požadavcích. V této fázi by měl architekt dodat výkresy a koordinátor BIM založit sdílené datové prostředí. Následně by měl hlavní projektant vytvořit 3D model. Po upřesnění podmínek by již tým projektantů mohl pracovat na detailnějším modelu.

Při postupném dokončování jednotlivých částí stavby (například podlaží budovy) by měla v BIM přijít na řadu detekce kolizí, nedostatků a chyb v návrhu. U zjištěných problémů by se měly přikládat návrhy pro jejich odstranění. Hlavní projektant, manažer projektu a architekt by se poté měli dohodnout na prioritách zjištěných problémů a rozhodnout o konečném způsobu jejich vyřešení. Přednostně by se měly vyřešit situace s dopadem na rozsah, kvalitu, náklady a termíny projektu. V případě dodatečných změnových požadavků zainteresovaných stran je třeba výše uvedený postup opakovat.

Následně by již tým projektantů upravoval detailní modely tak, aby se pracovalo zároveň na několika částech projektu a docházelo k jejich postupnému dokončování, řešení kolizí a k validaci. Potenciálně nejvíce konfliktů dochází v technických zázemích budov (strojovny), proto je nutné v tomto případě koordinovat činnosti nejvíce. Současně s uvolňováním jednotlivých částí mohou dodavatelé připravovat svoje dodávky na stavbu.

Na detailních modelech začnou postupně spolupracovat projektanti TZB. Jako první by se měl zapojit projektant VZT. Ten může již při dokončení návrhu stavebně konstrukčního

řešení části budovy začít projektovat jeho detailní výkresy. Další profesí by měla být zdravotníka. Stejně jako v předchozím případě by mělo zapojení proběhnout během návrhu předešlé části, ale pouze v již dokončených oblastech. Následují elektrorozvody a jako poslední by se mělo projektovat rozvedení sprinklerů.

Důležitým aspektem koordinace projektu jsou pravidelné (obvykle týdenní) schůzky mezi hlavním projektantem, manažerem projektu a koordinátorem BIM. Předmětem těchto schůzek by měl být postup a koordinace prací tak, aby projekt probíhal plynule bez zpoždování, s minimalizací chyb a bez navyšování nákladů.

3.5. Technologický postup návrhu a instalace TZB a VZT

U projektů s využitím BIM je postup instalace na stavbě obdobný jako u standardních projektů. Tyto nástroje však pomáhají při lepším plánování činností, materiálů, lidí a techniky.

Pro instalaci TZB je nutné nejprve splnit stavební připravenost. V praxi to znamená, že před montáží zařízení je potřeba dokončit hrubé podlahy, omítky, stropy a malbu stropu. Technologický postup je na každé stavbě individuální a velmi flexibilní. Přesto by se měly dodržovat níže uvedené doporučené postupy. Dle profesí by se mělo postupovat od stropu dolů tedy od největších kusů po nejmenší.

Nejdříve by se proto měla osazovat vzduchotechnika, a to zejména kvůli velkým rozměrům potrubí a jednotek. Vzduchotechnika může mít strojovnu v suterénu i na střeše a dle tohoto umístění se následně dělají rozvody. Nejprve se montují páteřní rozvody, osazují se požární klapky, tlumičové jednotky, regulátory průtoku vzduchu, poté v rámci kompletací nastává dopojení do páteřních rozvodů.

Pokračuje se montáží kanalizace (KAN). Nejprve nastává ukotvení konzolí, na které se osazují pevné body, do kterých se následně ukládá potrubí s izolací. Poté se dopojí koncové prvky v rámci kompletací, tj. sprchy, WC, výlevky, kondenzáty od VZT a fan coil jednotek, od boilerů a ohříváčů teplé vody.

Jako třetí se instaluje ústřední topení a chlazení (UTCH). Nejdříve se zařídí strojovna a od strojovny se vedou páteřní rozvody v závěsech (konzolový systém). Dopojení na páteřní rozvody se uskutečňuje při kompletaci. U rozvodů chlazení a vytápění se izoluje vatou, tubolitem nebo kaučukem.

Následuje instalace stabilního hasicího zařízení (SHZ). Nejprve se instalují páteřní rozvody a poté dochází k dopojení koncových prvků, které se osazují buď do podhledu nebo v rámci uspořádání prostoru doplněním hlavic na páteřní potrubí.

Elektrozvody jsou předposlední instalací. Rozděluje se vedení silnoproudu, slaboproudu a kabelů měření a regulací (MAR). Páteřní rozvody jsou kovové žlaby, ve kterých jsou vedeny společné kabelové trasy a instalují se nejdříve. Následuje dopojení v rámci kompletací, tj. kabeláže, kompletace koncových prvků, rozvaděčů nebo racku pro servery.

Jako poslední se instaluje voda. Určí se trasy a pevné body, do kterých se poté usadí potrubí. Následuje izolace a dopojení koncových prvků.

3.6. Vyhodnocení přínosu BIM pro koordinaci projektů VZT

Informační modelování staveb je jedním z největších trendů ve stavebním průmyslu. Přináší nové nástroje, jiné postupy, vyžaduje změnu myšlení. Jeho zavedení je dlouhodobý úkol, ale již nyní existují hmatatelné přínosy, jako například v této práci zmíněná detekce kolizí. BIM získává na popularitě u jednotlivých zájmových skupin. Zejména klienti a zadavatelé stavebních projektů budou očekávat nebo dokonce vyžadovat jejich použití jednotlivými dodavateli.

Konkrétní přínosy (podrobně popsané v kapitole 2.4) spočívají v nastavení výrazně vyšší míry spolupráce všech zainteresovaných stran a tím v pochopení vzájemného očekávání. K tomu slouží digitální 3D modely. Využití jednotného datového prostředí znamená existenci výkresů a dat dostupných pro všechny účastníky projektu na jednom místě. Propojenost výkresů a popisných dat přispívá ke zjištění dopadů návrhu a jeho změn na ostatní technické nebo manažerské profese. To přináší i lepší možnosti pro kontrolu postupu projektu. Paralelizace činností má dopad na zkrácení doby stavebního projektu. Možnost analýz a simulací, včetně identifikace kolizí, přináší výrazně větší kvalitu návrhu.

VZT je důležitá pro udržování mikroklimatu ve vnitřním prostředí budovy, navazuje na mnoho ostatních profesí v rámci stavebního projektu, současně je požadováno snižování jejích provozních nákladů. Toto vytváří velký tlak na koordinaci prací a přesnost návrhu. Proto se do modelu BIM zadává výrazně více dat než dříve, v dimenzích 3D až 7D.

Pokud je návrh špatně provedený, jsou pak parametry VZT nedostatečné a/nebo je VZT provozně neefektivní.

Díky BIM má projektant VZT mnohem více podkladových informací. Pro vlastní návrh může využít různé analýzy, simulace, identifikace kolizí a jeho výsledný projekt je přesnější. Dodavatel technologie i pracovník na stavbě má pak díky včasným a přesným informacím lepší možnosti pro přípravu dodávek i pro samotnou instalaci. Využitím BIM se tak stává celý proces projektové přípravy VZT a její realizace na stavbě lépe koordinovaný a efektivnější, což přináší oproti standardním projektům úsporu času i finančních prostředků.

Závěr

Při zpracování práce bylo čerpáno z českých a zejména zahraničních informačních zdrojů a byly využity nejnovější poznatky k problematice informačního modelování staveb. Získané teoretické znalosti a zkušenosti z konkrétní stavby byly aplikovány pro zpracování návrhu optimalizace koordinace VZT pomocí BIM.

Výsledky této práce ukáží, že detekce kolizí pomocí předpřipravených vyhledávacích algoritmů přináší rychlé a přesné informace o potenciálních problémech, které je možné vyřešit ještě ve fázi návrhu a tím předejít komplikacím na stavbě, zpoždování termínů a navyšování nákladů. Vyhodnocení přínosu řízení kolizí a využití BIM pro koordinaci VZT je podrobně uvedeno v kapitole 3.6. Podmínkou pro efektivní využití detekce kolizí jsou předem dobře nastavené vyhledávací algoritmy, připravená data v dohodnutém termínu, správné struktury a dostatečném detailu. Významnou úlohu v těchto činnostech má pracovník v roli BIM koordinátor.

V dalších letech se v BIM modelech staveb předpokládá větší využívání dat v dimenzích 4D (čas), 5D (náklady), 6D (udržitelnost) a 7D (správa budov) tak, aby bylo možné provádět včas co nejvíce analýz a simulací, včetně identifikace kolizí nejrůznějších typů. Bude velkou výhodou nasimulovat si předem dopady určitých rozhodnutí při realizaci projektu na náklady, harmonogram, energetickou náročnost stavby, požární vlastnosti, bezpečnost práce a na další související oblasti.

Budoucnost informačního modelování staveb bude ovlivněna i dalšími trendy. Větší využívání Internetu věcí a služeb přinese další podrobnější data a lepší možnosti pokročilé realizace výstavby a následné správy objektu, např. včasnou údržbu, snížení servisních zásahů, zrychlení doby reakce a dřívější odstranění problémů. Díky virtuální realitě bude možné lépe prozkoumat reálnou stavbu ve spojení s její digitální dokumentací a oba obrazy (reálný i digitální) konzultovat na dálku s dalšími odborníky. Drony s laserovým 3D skenováním přinesou pro kontrolní činnosti množství přesných informací o skutečných 3D rozměrech stavby a případných vadách. Větší důraz bude kladen na modulární konstrukce a prefabrikaci, což přispěje ke snížení nákladů a urychlení stavby, protože stavební prvky bude možné připravit a sestavit ještě před dodáním na stavbu. Technologie 3D tisku umožní rychle vytvářet modely budoucí stavby a následně stavět z velmi přesných stavebních prvků v krátkém čase.

Informační modelování staveb je spolu s ostatními technickými novinkami velkou příležitostí ke zlepšení koordinace VZT při přípravě stavebních projektů, k efektivnímu procesu výstavby a v konečném důsledku ke zlepšení ekonomických výsledků celého stavebnictví.

Seznam použité literatury

- 1) VRÁNA, Jakub a kol. *Technická zařízení budov v praxi: [příručka pro stavaře]*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007. Stavitel. ISBN 978-80-247-1588-9.
- 2) ČERNÝ, Martin. *BIM příručka*. Praha: Odborná rada pro BIM, 2013. ISBN 978-80-260-5296-8.
- 3) *Technická zařízení budov: stavebně-technické zásady pro navrhování, posuzování a realizaci veškerých vnitřních rozvodů a jejich zařizovacích předmětů*. Svazek 3. Praha: Verlag Dashöfer, 2007. ISBN 80-86229-31-9.
- 4) EUBIM TaskGroup. *Příručka pro zavádění informačního modelování staveb (BIM) evropským veřejným sektorem. Strategická opatření pro zvýšení výkonnosti stavebnictví* [online]. 2018. [cit. 20.3.2020]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/2018/4/GROW-2017-01356-00-00-CS-TRA-00.pdf>
- 5) ČSN EN ISO 19650-1. *Organizace a digitalizace informací o budovách a inženýrských stavbách včetně informačního modelování staveb (BIM) – Management informací s využitím informačního modelování staveb – část 1: Pojmy a principy*. ICS 35.240.67. Praha: Česká agentura pro standardizaci, říjen 2019.
- 6) ČSN EN ISO 19650-2. *Organizace a digitalizace informací o budovách a inženýrských stavbách včetně informačního modelování staveb (BIM) – Management informací s využitím informačního modelování staveb – část 2: Dodací fáze aktiv*. ICS 35.240.67. Praha: Česká agentura pro standardizaci, prosinec 2019.
- 7) Ministerstvo průmyslu a obchodu. *Koncepce zavádění metody BIM v České republice* [online]. 2017. [cit. 20.3.2020]. Dostupné z: [https://www.koncepcebim.cz/uploads/inq/files/Koncepce zavádění metody BIM v ČR.pdf](https://www.koncepcebim.cz/uploads/inq/files/Koncepce_zavadeni_metody_BIM_v_CR.pdf)
- 8) BIM Koncepce 2022. *Výstupy* [online]. Česká agentura pro standardizaci © 2018-2022. [cit. 18.4.2020]. Dostupné z: <https://www.koncepcebim.cz/439-vystupy>
- 9) Tech United. *BIM Tools*. [online]. February 2019. [cit. 20.4.2020]. Dostupné z: <https://www.techunitedllp.com/post/the-5d-model-and-various-dimensions>
- 10) UnitedBIM. *MEP Coordination – Everything you need to know* [online]. January 2019. [cit. 25.4.2020]. Dostupné z: <https://www.united-bim.com/mep-coordination-bim-importance-benefits-outsourcing/>

- 11) SWAPNESH, Raut, VALUNJKAR, Shrinivas. Improve the Productivity of Building Construction Project using Clash detection Application in Building Information Modeling. *International Research Journal of Engineering and Technology* [online]. March 2017, vol. 4, issue 3, pp. 1784-0056. [cit. 18.4.2020]. ISSN 2395-0056. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/316239689_Improve_the_Productivity_of_Building_Construction_Project_using_Clash_detection_Application_in_Building_Information_Modeling
- 12) The BIM Center. *What is clash detection? How does BIM help?* [online]. 2016. [cit. 20.4.2020]. Dostupné z: <https://www.thebimcenter.com/2016/03/what-is-clash-detection-how-does-bim-help.html>
- 13) Association of Construction&Development. *Clash detection in BIM Modeling* [online]. 2012. [cit. 20.4.2020]. Dostupné z: https://www.associationofconstructionanddevelopment.org/articles/view.php?article_id=10780
- 14) VŠB-TUO. *Dokumentace a pasportizace staveb v životním cyklu. Správní řízení a rozhodnutí.* [online]. 2016. [cit. 18.4.2020]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/222/zaklady-spravy-majetku/index.html?zdravotni_omezeni_2.htm
- 15) RIVERA, Felipe, VIELMA, Juan, HERRERA, Rodrigo, CARVALLO, Jorge. Methodology for Building Information Modeling (BIM) Implementation in Structural Engineering Companies (SECs). *Advances in Civil Engineering*. [online]. February 2019. [cit. 25.4.2020]. ISSN 1687-8094. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/ace/2019/8452461/>
- 16) Dodge Data & Analytics. *SmartMarket Brief: BIM Advancements in the Construction Industry* [online]. 2020. [cit. 27.4.2020]. Dostupné z: <https://www.smartmarketbrief.com/reports/SMBrief-BIM-Advancements-01.pdf>
- 17) Dodge Data & Analytics. *SmartMarket Report: The Business Value of BIM for Mechanical and HVAC Construction* [online]. 2020. [cit. 27.4.2020]. Dostupné z: <https://www.construction.com/toolkit/reports/business-value-BIM-mechanical-HVAC-construction>

- 18) MagiCad. *BIM Adoption in Europe: Current state, challenges and a vision of tomorrow* [online]. March 2019. [cit. 27.4.2020]. Dostupné z: <https://www.magicad.com/en/bim-adoption-2020-whitepaper/>
- 19) Bimfo. *BIM a koordinace* [online]. Leden, 2017. [cit. 22.3.2020]. Dostupné z: <https://www.bimfo.cz/Aktuality/BIM-a-koordinace.aspx>
- 20) TZB-info. *Co znamená TZB?* [online]. Topinfo s.r.o. © 2001-2020. [cit. 20.3.2020]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/co-znamená-tzb>
- 21) SEO, Jung-Ho, LEE, Beak-Rae, KIM, Ju-Hyung. Collaborative Process to Facilitate BIM-based Clash Detection Tasks for Enhancing Constructability. *Journal of the Korea Institute of Building Construction* [online]. 2012, vol. 13, issue 13, pp. 299-314. [cit. 16.4.2020]. ISSN 2233-5706. Dostupné z: <http://koreascience.or.kr/article/JAKO201219240566005.page>
- 22) UnitedBIM. *BIM Execution Plan (BXP)* [online]. 2018. [cit. 20.4.2020]. Dostupné z: <https://www.united-bim.com/bim-execution-plan-bep-guide-for-successful-bep-design-and-execution/>
- 23) UnitedBIM. *Level of Development – LOD 100, 200, 300, 350, 400, 500* [online]. 2018. [cit. 20.4.2020]. Dostupné z: <https://www.united-bim.com/bim-level-of-development-lod-100-200-300-350-400-500/>
- 24) ADEB-VBA. *Building Information Modelling – Belgian Guide for the Construction Industry* [online]. 2015. [cit. 20.4.2020]. Dostupné z: <http://adeb-vba.be/the-guide-to-bim.pdf>

Seznam obrázků

Obr. 1: Schematické členění stavebních oborů, zdroj: [1]	8
Obr. 2: Schéma tvorby interního mikroklimatu VZT, zdroj: [1]	10
Obr. 3: Návaznost projekčních prací, zdroj: autor	12
Obr. 4: Projektová dokumentace v jednotlivých fázích stavebního projektu, zdroj: [14]	14
Obr. 5: Dimenze datového modelu BIM, zdroj: [9]	22
Obr. 6: Porovnání obou variant průběhu projektu, zdroj: autor dle [10]	26
Obr. 7: Workflow pro detekci kolizí ve fázi návrhu, zdroj: autor	26
Obr. 8: Porovnání komunikace účastníků stavby v obou variantách projektů, zdroj: autor	28
Obr. 9: Porovnání tradičního postupu prací a postupu s využitím BIM, zdroj: autor dle [15]	30
Obr. 10: Nastavení parametrů kolizí, zdroj: autor	34
Obr. 11: Informace k vybrané kolizi, zdroj: autor	35
Obr. 12: Informace k vybranému prvku modelu, zdroj: autor	35
Obr. 13: Komentáře a úkoly (ToDos) k vybrané kolizi, zdroj: autor	36
Obr. 14: Znázornění kolize – příklad č.1, zdroj: autor	37
Obr. 15: Znázornění kolize – příklad č.2, zdroj: autor	38
Obr. 16: Znázornění kolize – příklad č.3, zdroj: autor	39
Obr. 17: Znázornění kolize – příklad č.4, zdroj: autor	39
Obr. 18: Znázornění kolize – příklad č.5, zdroj: autor	40
Obr. 19: Znázornění kolize – příklad č.6, zdroj: autor	41
Obr. 20: Znázornění kolize – příklad č.7, zdroj: autor	41

Seznam tabulek

Tabulka 1: Doporučené pořadí provádění profesí TZB, zdroj: autor.....	13
Tabulka 2: Doporučené pořadí fází a kroků projektování, zdroj: [19].....	14
Tabulka 3: Standardy související s BIM pro navrhování a provádění staveb, zdroj: autor	23

Seznam zkratk

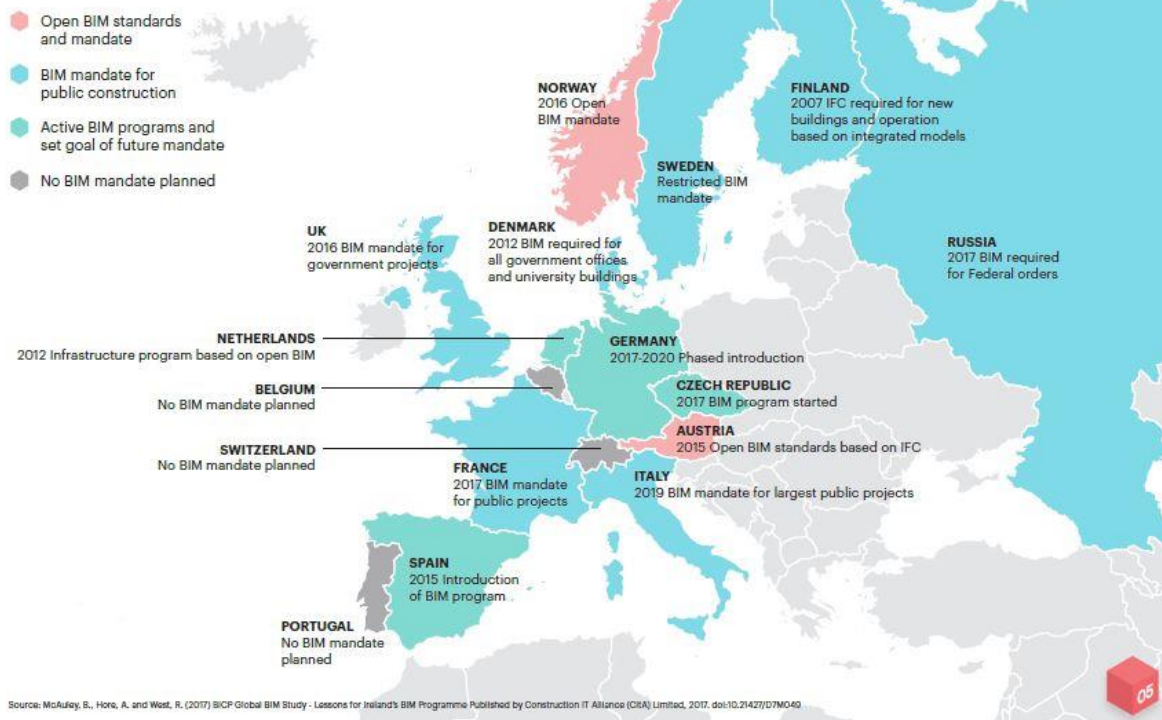
BEP	BIM Execution Plan, Plán realizace informačního modelování staveb
BIM	Building Information Modeling, Informační modelování staveb
CAD	Computer-Aided Design
CDE	Common Data Environment, Sdílené datové prostředí
ČSN	České technické normy
ČSN EN ISO	Česká verze mezinárodní normy
DSS	Datový standard stavebnictví
DWG/DXF	Formáty souborů programu AutoCAD
HDP	Hrubý domácí produkt
HW	Hardware
IFC	Specifikace Industry Foundation Classes
IM	Interní mikroklima
ISO	International Organization for Standardization, Mezinárodní organizace pro normalizaci
KAN	Kanalizace
LOD	Level of Development (USA), Level of Definition (UK)
MaR	Měření a regulace
MEP	Mechanical, electrical and plumbing, Technické zařízení budov
OSB	Oriented strand board, Dřevoštěpková deska
RVT	Formát souboru programu Revit
SHZ	Stabilní hasicí zařízení
SKP	Formát souboru programu SketchUp
SW	Software
TZB	Technická zařízení budov
UTCH	Ústřední topení a chlazení
ÚNMZ	Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví
VZT	Vzduchotechnika

Seznam příloh

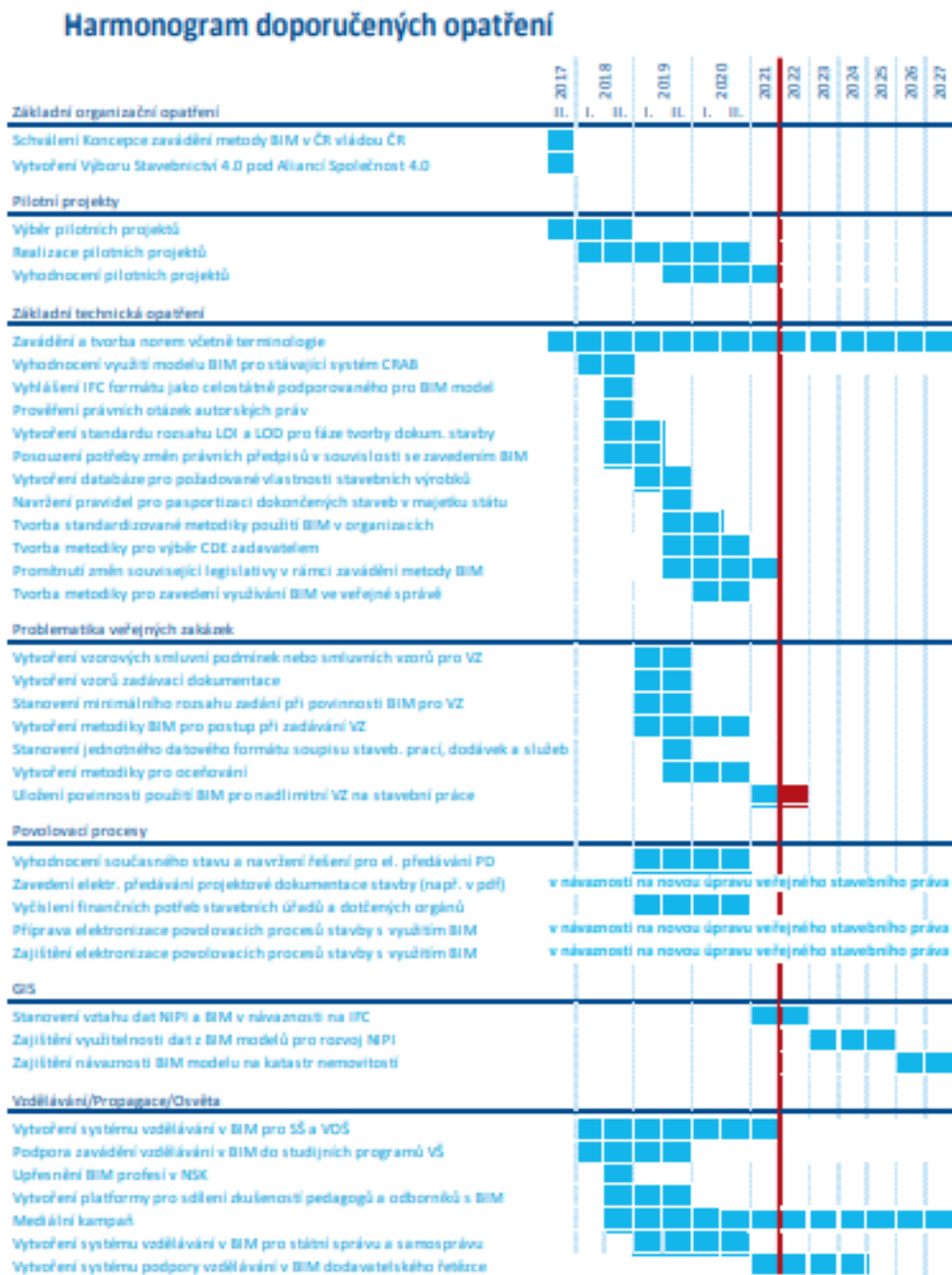
- Příloha č. 1 Stav přechodu na BIM v Evropě, zdroj: [18]
- Příloha č. 2 Plán postupného zavádění BIM v ČR, zdroj: [7]
- Příloha č. 3 Úrovně podrobnosti datového modelu, zdroj: [10]

Příloha č. 1 - Stav přechodu na BIM v Evropě, zdroj: [18]

BIM ADOPTION IN EUROPE



Příloha č. 2 - Plán postupného zavádění BIM v ČR, zdroj: [7]



Příloha č. 3 – Úrovně podrobnosti datového modelu, zdroj: [10]

