



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

Fakulta dopravní

Štěpán Zaoral

Využití informačních modelů staveb pro dopravní  
simulace

Diplomová práce

2019

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K620..... Ústav dopravní telematiky

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. Štěpán Zaoral**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**N 3710 – IS – Inteligentní dopravní systémy**

Název tématu (česky): **Využití informačních modelů staveb pro dopravní simulace**

Název tématu (anglicky): Building Information Modeling Utilization for Traffic Simulations

### Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Úvodní část diplomové práce bude zaměřena na rešerši zahraničních zdrojů věnujících se problematice informačního modelování staveb a datových standardů
- V rámci této rešerše bude kladen důraz na hledání takových případů, kde informační modely staveb byly použity pro dopravní simulace.
- Praktická část bude zaměřena na využití těchto dat pro dopravní simulaci.
- Dopravní simulace bude zohledňovat fáze výstavby dle harmonogramu a jejich dopad na kapacitu komunikace v průběhu realizace stavebních prací.
- Na základě této simulace a rešerše zahraničních zdrojů budou provedena doporučení pro strukturu / architekturu / obsah dat datového standardu s ohledem na efektivnější práci s těmito daty pro potřeby dopravních simulací.



Rozsah grafických prací: standardní

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: EU BIM Task Group. 2017. „Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector“. EU BIM Task Group, Co-funded by European Union.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Martin Langr, Ph.D.**

**Ing. Josef Žák, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce:

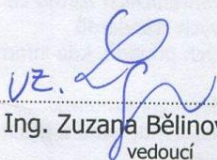
**28. července 2018**

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce:


**28. května 2019**

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia



Ing. Zuzana Bělinová, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu dopravní telematiky





doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.



Bc. Štěpán Zaoral  
jméno a podpis studenta

V Praze dne .....28. července 2018

## Poděkování

Moc rád bych tímto poděkoval vedoucím mé práce, panu Ing. Josefu Žákovi Ph.D., a panu Ing. Martinu Langrovi Ph.D. Rád bych také chtěl poděkovat panu Ing. Ivo Vykydalovi ze Státního fondu dopravní infrastruktury za uvedení do problematiky BIM a za umožnění účasti se všech důležitých jednání o BIM v ČR. Zároveň bych chtěl poděkovat firmě AF-Cityplan, konkrétně Ing. Marku Šídovi a Ing. Martinu Varhulíkovi za všechny cenné rady a poskytnutí zázemí pro psaní této diplomové práce. Rád bych samozřejmě poděkoval mé rodinně a přítelkyni za podporu během studia.

## Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 15.května 2019..... Podpis:

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Využití informačních modelů staveb pro dopravní simulace

Diplomová práce

2019

Štěpán Zaoral

### **Abstrakt**

Diplomová práce „**Využití informačních modelů staveb pro dopravní simulace**“ popisuje metodu BIM a její následné využití se softwaru pro dopravní simulace. V práci se čtenář seznámí s charakteristikou a hlavními výhodami BIM, a také dokumenty potřebnými pro její implementaci. Součástí této práce je představení největších projektů již zrealizovaných či ve výstavbě v BIM. V této práci je popsán proces hledání cesty pro propojení dat IFC se softwaru pro dopravní simulace. Budou představeny rovněž dopravní modely na jejichž základě jsou vydána doporučení pro nové infrastrukturní projekty projektované v BIM a jejich propojení s dopravními simulacemi.

### **Abstract**

Thesis „**Building Information Modeling utilization for traffic simulations**“ describes the method BIM and its utilization with softwares for traffic simulations. The reader is acquainted with its characteristics and its main advantages and documents needed for the implementation. Part of the thesis is presenting the biggest projects using BIM. In the thesis is described the way of finding out how to connect IFC data with softwares for traffic simulations. There are also recommendations for new infrastructure projects procejtjed with BIM based on traffic simulations.

## **Klíčová slova**

BIM, Infomační model staveb, Vissim, dimenze BIM, úrovně BIM, Autodesk, dopravní simulace, Infraworks, harmonogram, CDE, přínosy

## **Key words**

BIM, Building information modelling, Vissim, BIM dimensions, Level of Bim, Autodesk, traffic simulation, Infraworks, schedule, CDE, benefits

# Obsah

Obsah.....	5
Seznam použitých zkratek.....	8
Úvod do problematiky.....	9
1 Informační modelování staveb.....	12
1.1 Implementace BIM.....	14
1.1.1 CDE – Společné datové úložiště.....	14
1.1.2 BEP – Plán realizace BIM.....	17
1.1.3 EIR.....	17
1.2 Úrovně implementace BIM.....	18
1.3 Přínosy metody BIM.....	21
1.3.1 Přínosy při přípravě staveb.....	21
1.3.2 Přínosy pro realizaci.....	21
1.3.3 Přínosy pro investory při správě a údržbě.....	22
1.3.4 Přínos pro společnost, inovace a technologie.....	22
1.4 Dimenze BIM.....	23
1.4.1 3D BIM.....	24
1.4.2 4D BIM.....	25
1.4.3 5D BIM.....	26
1.4.4 6D BIM.....	27
2 BIM v ČR.....	29
2.1.1 Analýza SWOT.....	30
2.1.1.1 Silné stránky.....	31
2.1.1.2 Slabiny.....	31
2.1.1.3 Příležitosti.....	31
2.1.1.4 Hrozby.....	32
2.2 SmartCity a BIM.....	32

3	Využití informačního modelování v dopravě.....	34
3.1	Pozemní Stavby .....	34
3.1.1	Turecko .....	34
3.1.2	Spojené Arabské Emiráty .....	35
3.1.3	Panama .....	36
3.1.4	USA.....	37
3.1.5	Malajsie .....	38
3.1.6	Katar.....	38
3.2	Dopravní simulace .....	39
3.3	Infrastrukturní stavby .....	40
3.3.1	Švédsko.....	40
3.3.2	Velká Británie .....	42
3.3.3	Slovinsko .....	42
3.3.4	Nizozemsko.....	43
3.3.5	Estonsko.....	44
3.3.6	Česká republika.....	44
3.4	Shrnutí.....	45
4	BIM a SW pro dopravní simulace.....	46
4.1	Autodesk Navisworks .....	46
4.1.1	Export IFC .....	48
4.1.2	5D simulace Navisworks.....	49
4.2	Import IFC do SW pro dopravní simulace .....	51
4.2.1	VISSIM .....	51
4.2.2	Infraworks.....	53
4.3	Ostatní programy .....	58
5	Dopravní simulace Vissim.....	59
5.1	Dnešní situace po dokončení celého úseku D4 .....	62



5.2	Dopravní situace s dokončenou okružní křižovatkou a novým mostem.....	63
5.2.1	Varianta 1 .....	63
5.2.2	Varianta 2.....	65
5.3	Varianta s možným využitím BIM.....	65
6	Závěr .....	68
	Bibliografie.....	70
	Seznam tabulek .....	72
	Seznam obrázků.....	73
	Seznam příloh.....	75

## Seznam použitých zkratk

SFDI – Státní fond dopravní infrastruktury

MD – Ministerstvo dopravy

MPO – Ministerstvo průmyslu a obchodu

ŘSD – Ředitelství silnic a dálnic

SŽDC – Správa železniční dopravní cesty

IFC – Jednotný datový formát vycházející z BIM

BEP – Plán realizace BEP

CDE – Společné sdílené datové úložiště

ČR – Česká republika

BIM – Informační modelování staveb

EIR – požadavky investora na stavbu

3D – 3D model

4D - 3D model + harmonogram stavby

5D – 4D model + informace o nákladech

6D – 5D model + informace o údržbě a správě budovy

ASFINAG – Rakouský provozovatel komunikací

DARS – Slovinský provozovatel komunikací

D4 – dálnice D4

I/18 – silnice první třídy

II/18 – silnice druhé třídy

## Úvod do problematiky

Informační modelování staveb je proces, jehož název pochází z anglické zkratky BIM neboli Building Information Modelling. Je to proces, který se označuje jako brána do světa digitalizace stavebnictví. Jedná se o metodu propojení grafických a negrafických informací v modelu BIM. Grafická informace je charakterizována dílčími modely vytvořenými v počítačových softwarech, které jsou následně spojeny do jednoho výsledného modelu. Negrafické informace poskytují údaje o harmonogramu, nákladech, údržbě atd. O těchto údajích hovoříme, že vytváří až 6D dimenzi BIM. Všechny tyto informace jsou následně vloženy do jednotného datového formátu IFC. Toto propojení probíhá na úložišti CDE – Common data Environment. Jedná se o velmi komplexní modely, které obsahují miliony informací z různých částí stavby. Právě díky úložišti CDE jsou všechny tyto informace na jednom místě a nedochází k jejich ztrátám. Dle statistik metoda BIM a úložiště CDE přispívají k úspoře až 20 % finančních nákladů a času. Tato čísla přináší možnost investice do jiných projektů a také pro lepší obraz dopravního stavitelství obecně. Dnešní míra digitalizace ve stavebnictví není zdaleka na takové úrovni jako je tomu v jiných průmyslových odvětvích.

BIM je dnes již zaběhlým procesem především ve státech Severní Evropy. Norsko, Švédsko, Finsko nebo Dánsko pomocí této metody postupují již několik let. Ostatní státy v čele s Německem, Francií, Španělskem, ale i Českou republikou postupně tuto metodu zavádí také. Pro tuto implementaci je nezbytně nutné nejdříve zavést datové standardy, metodiky pro postup prací, vyhotovit plán realizace BIM a samozřejmě postupné testování BIM na pilotních projektech. Česká republika má v plánu, a to ze zákona, plně implementovat BIM do roku 2022.

K této technologii jsem se dostal díky mému zaměstnání ve Státním fondu dopravní infrastruktury. Díky tomuto zaměstnání jsem se seznámil s několika experty v oboru a účastnil jsem se řady jednání a konferencí týkajících se zavádění BIM v dopravě. Všechny tyto zkušenosti přispěly k úspěšnému dokončení mé práce. Při tvorbě této práce pro mě byly dále nezbytné konzultace týkající se dopravních simulací, za tímto účelem jsem pravidelně docházel do švédské firmy AF – Cityplan, kde mi bylo poskytnuto mnoho cenných rad pro práci s dopravními simulacemi.

Dopravní simulace slouží pro výzkum kapacity komunikace, analýzy křižovatek, projektování signálních plánů, sběru dat z komunikací, parkovišť, MHD, pohyb chodců atd. Slouží pro analýzu komunikací jak v intravilánu, tak v extravilánu. Pro tyto simulace využíváme na univerzitě program Vissim. Je to dnes jeden z nejspolehlivějších programů právě na vytváření

dopravních simulací. Software Vissim poskytuje analýzu mikroskopických modelů dopravy. Z těchto simulací získáme informace o zdržení, rychlosti nebo délce kolon. Při vytváření modelů potřebujeme rovněž využít makroskopickou simulaci, která se vytváří v programu Visum. Tento program nám poskytne informace o intenzitách vozidel, směrovém vedení dopravy nebo složení dopravního proudu. Následně tato data využijeme v programu Vissim, kde díky těmto datům vytvoříme dopravní simulaci.

Propojení BIM se softwary pro dopravní simulace nabízí možnost, jak omezit chyby při plánování nových staveb. Prostřednictvím BIM získáváme kompletní informace o stavbě, tedy i harmonogram. Díky tomuto harmonogramu můžeme vygenerovat několik dopravních situací v průběhu výstavby do formátu IFC a díky tomu průběžně posuzovat vliv stavby na propustnost komunikací. Můžeme tedy například získat 5 situací jednotlivých fází výstavby. Tím získáme kompletní síť komunikací již vytvořených v modelech BIM. Takto získaná data bychom následně jednoduše vložili do Vissim, tento krok nám ušetří několik hodin práce, při které je dnes nutné komunikace ručně kreslit v programu. Každou fázi bychom tedy mohli podrobit analýze v programu Vissim. Tím bychom získali informace o vlivu stavby na dopravu v jejím okolí během její výstavby. Kdyby následně bylo při dopravních simulacích objeven problém s propustností komunikací, došlo by k doporučení stavební firmy o změnu harmonogramu stavby či změny na projektu.

V první kapitole bude představen BIM, popsány úrovně implementace a rovněž jeho dimenze. Tyto dvě charakteristiky BIM jsou rozdílné a je nutné je rozlišovat. Budou rovněž vyjmenovány a popsány příležitosti které BIM může přinést. Závěrem této kapitoly budou představeny nejdůležitější dokumenty týkající se implementace BIM, které jsou naprosto nezbytné pro správné fungování BIM a pro informovanost firem, které k digitalizaci budou muset přistoupit na základě nového zákona.

Ve druhé kapitole bude popsána nynější situace v České republice, co se týče úrovně implementace BIM. Pro zavedení metody BIM v ČR jsem zpracoval rovněž zpracována analýza SWOT.

Ve třetí kapitole bude představeno několik velkých projektů realizované v BIM ve světě. Kapitola bude rozdělena do dvou částí, kde první se bude věnovat dopravním stavbám jako jsou rekonstrukce letišť, plavebních kanálů, vysokorychlostních tratí nebo odbavovacích hal. Ve druhé části budou přiblíženy infrastrukturní projekty. Ve mnoha státech dnes probíhají pilotní projekty, na kterých se BIM testuje. Úkolem tohoto výzkumu bylo rovněž nalézt takové projekty, které byly následně využity pro dopravní simulace.

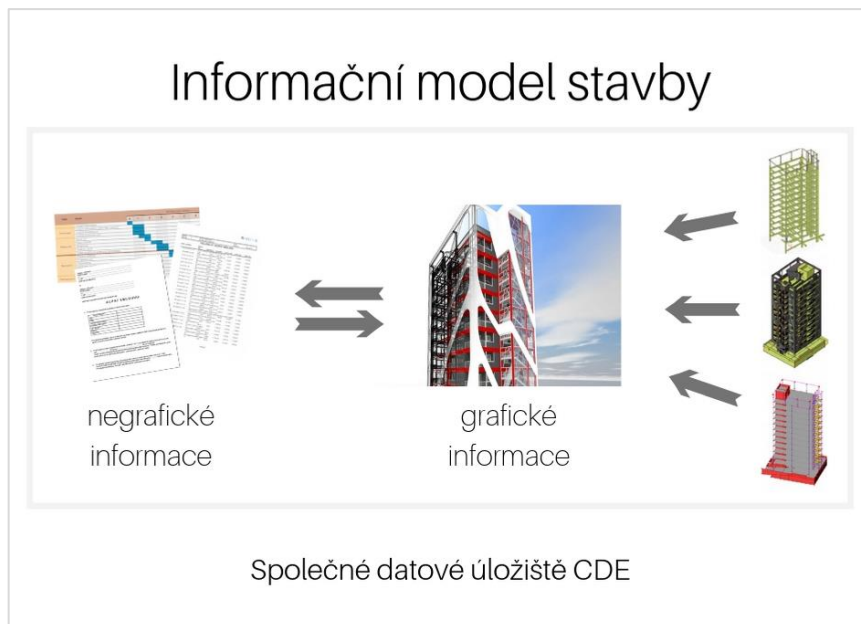
V další části bude podrobně popsán výzkum možnosti propojení dat IFC se SW pro dopravní simulace. Budou prezentovány softwary, které byly použity pro toto propojení, ať už úspěšně či neúspěšně. Budou vypsány hlavní problémy a nedostatky dnešní podoby programů a jaké kroky je nutné učinit, aby byla zajištěna maximální informovanost nových zájemců o tuto technologii. Dosud dostupné informace jsou velmi strohé a manuály pro práci jsou víceméně nedostupné.

V poslední kapitole jsou přestaveny dopravní simulace, které jsem vytvořil pomocí programů Vissim a VISUM od společnosti PTV. Nejdříve byl využit program VISUM. Díky tomuto programu jsem získal data o směrovém vedení vozidel. Zároveň jsem získal data o intenzitách vozidel na jednotlivých úsecích. Tyto intenzity následně byly využity jako vstupní data pro simulace. Tato data ještě byla rozšířena o data ze Směrového průzkumu ŘSD z roku 2016. Tři dopravní mikroskopické simulace dálnice D4 v úseku Skalka – II/118 byly vytvořeny v programu Vissim. První se týkala nynější situace po dostavbě dálnice, druhá se týkala fáze při dokončení nového kruhové objezdu a třetí je mým návrhem po pozměněném harmonogramu stavby. Na základě výsledků z mikroskopické analýzy byla vydána doporučení, které jsou nutné při přípravě staveb a její navázání na modely BIM.

# 1 Informační modelování staveb

Nejdříve musí být položena otázka, co je to vlastně BIM? Bylo by mylné se domnívat, že BIM je pouze 3D model zobrazený v rámci vizualizace stavby. BIM je proces. Proces, během kterého jsou sbírány informace před zahájením stavby, během života stavby i po jejím zániku. Sběr informací a jejich následné ukládání na společné datové úložiště CDE je charakteristickým rysem informačního modelování staveb. BIM je bránou do světa digitalizace ve stavebnictví. Jeho využití má mnoho různých výhod. Díky až 6D dimenzi mohou být vytvářeny velmi propracované modely, které obsahují co největší možné množství informací o stavbě. Takto sestavené modely můžeme následně vložit do chytrých telefonů či tabletů a kontrolovat pomocí nich průběh prací přímo na stavbě. Dále se jedná o digitalizaci samotného staveniště. Všechny stroje mohou být opatřeny chytrými technologiemi, podle kterých pracují. stroje jsou vybaveny prvky GPS a mohou tak srovnávat například zeminu s naprostou přesností bez pomoci geodetů. Bagrista má v kabině k dispozici všechny potřebné informace o tom, jak má při práci postupovat a jednotlivé úkoly má časově naplánované přesně podle harmonogramu stavby. Všechny tyto funkce mají za následek vysoké finanční i časové úspory dosahujících až 20 %. Vytvořit takové modely samozřejmě není jednoduché. BIM skládá několik dílčích modelů do jednoho výsledného celku, který je vložen do jednotného formátu IFC.

Na vytváření modelu BIM se podílí několik týmů, každý z nich se věnuje jiné části stavby. Součástí týmu mohou být v případě infrastrukturní stavby mostaři, tuneláři, stavbaři, geodeti atd. Vytvořit takový model zabere velké množství času a k jeho sestavení je potřeba velkého počtu specialistů, soubor standardizovaných postupů, a hlavně propracovanou spolupráci napříč týmy. Určitě není v silách jediné osoby vytvořit komplexní BIM model. Nicméně jakmile má subjekt pracující v BIM postupy zavedené a pracuje spolehlivě, přináší mu to obrovské výhody. Je efektivnější při realizaci zakázek a také transparentnější, ale hlavně zakázky s větší pravděpodobností dokončí v zadaném termínu a za nižší cenu. Díky BIM rovněž přesně víme, co zákazník požaduje. Na základě jeho podnětů můžeme model optimalizovat. V závislosti na jeho reakcích se mění cena, harmonogram nebo nároky na údržbu. Nemusíme neustále vytvářet nové dokumenty, ale pouze se změnit parametry stavby, které se následně projeví v každém týmu, spolupracujícím na projektu. Díky sdílení dat se každý investor může k projektu vyjádřit a může projevit své připomínky. Tyto změny jsou právě díky CDE zprostředkovány do každého projekčního týmu, který na základě těchto připomínek změní parametry jejich dílčího modelu.



Obrázek 1 – Informační model stavby

Obrázek 1 zobrazuje výměnu grafických a negrafických informací, která je základním principem BIM. U grafických informací se jedná o propojení modelů všech částí stavby. To zobrazují tři dílčí stavby v pravé části obrázku. Jednotlivé týmy vytvoří dílčí modely, které se poté vloží do jednoho komplexního modelu. Grafické informace infrastrukturních staveb jsou charakterizované skupinami vlastností vycházející s datových standardů:

- úpravy terénu,
- vozovka,
- mosty,
- tunely,
- kanalizace, elektrické sítě, telefonní sítě,
- odvodnění,
- protihlukové zdi,
- atd.

U negrafických informací se jedná o data, která doplňují a rozšiřují všechny skupiny vlastností dostupné z grafických informací.

- specifikací jednotlivých komponentů,
- časového harmonogramu,
- informace o údržbě, životním cyklu budovy, energetice,
- informace o nákladech, ceně, atd.

Všechny tyto informace jsou uloženy na úložišti CDE. Důležitá je jejich dostupnost pro každého člena týmu. Jejich vzájemná provázanost je důležitým faktorem při úpravách modelu zapříčiněných změnami cen nebo novými požadavky zákazníků. Když například v našem výsledném modelu klikneme na část vozovky, dozvíme se, že bude ve výstavbě od 1.1.2020 10:00 do 1.1.2022 14:00. Její cena bude 25 500 000 Kč, výkopy provede firma A, položení vozovky firma B, značení firma C atd. Dozvíme se zde také informace o následné údržbě, životnosti nebo hospodárnosti stavby.

Výše uvedené informace nám přibližují možnosti, které BIM přináší. Nyní si představíme postup implementace BIM.

## **1.1 Implementace BIM**

Proces implementace BIM je cestou na několik let. Jedná se o velikou změnu v celém chodu firmy. Implementace představuje změnu všech dosavadních postupů a procesů. Změna to určitě není jednoduchá. Jedná se o digitalizaci, která je řízená státem. I proto musí být daným státem vyhotoveny metodiky postupu prací, datové standardy a různé návody pro implementaci BIM. Nejdůležitějšími dokumenty pro implementaci BIM jsou:

- BIM Execution Plan – BEP – Prováděcí plán pro BIM,
- Common data environment – CDE – společné datové úložiště,
- Employer´s information requirements – EIR – Datový standard.

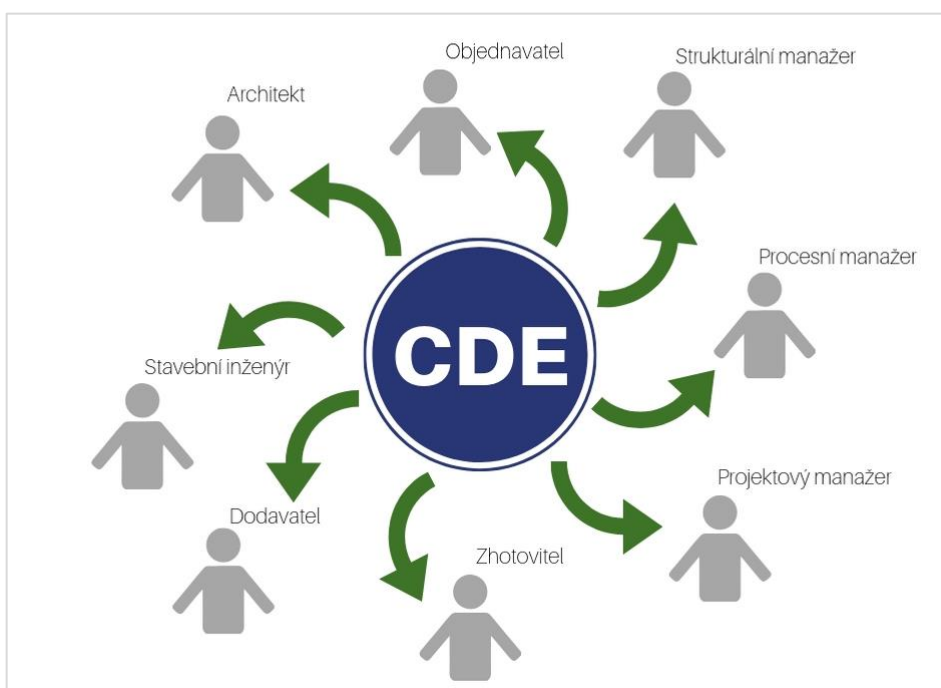
### **1.1.1 CDE – Společné datové úložiště**

Jelikož dnes je digitalizace ve stavebnictví stále na velmi nízké úrovni, je možným rizikem ohrožujícím časový rámeč stavby ztráta dokumentů či chybné zadání informací. Z těchto důvodů dochází k přepracování studií a tím pádem i k růstu nákladů a oddalování termínů dokončení stavby. Dnešní komunikace mezi větším množstvím subjektů podílejících se na projektu primárně probíhá prostřednictvím emailu. To má za následek chyby, které se dějí naprosto běžně.

Prvním krokem pro digitalizaci ve stavebnictví je vytvoření společného úložiště CDE. Toto úložiště může být vytvořeno na několika úrovních. Může jím být obyčejné cloudové úložiště, dnes běžně dostupné pro všechny osoby, nebo jím mohou být vyčleněné prostory na serverech či extranety. Nejznámějším SW pro správu úložiště je v současnosti Autodesk BIM 360. Tento produkt firma Autodesk zřídí na míru. Jak již bylo zmíněno, implementace



úložiště CDE má za následek více než 20 % ušetření celkových nákladů a 20% ušetření času při práci (1). Na největších projektech může jít až o 100 000 dokumentů uložených na jednom místě. Klíčové pro toto úložiště je ukládání formou revizí. Dokument se takto ukládá do původní verze a může na něm pracovat řada týmů současně. To je velkou výhodou například při složení týmu, který má svoje části na jiných místech či i kontinentech. Na obrázku 2 je schéma výměny informací uvnitř celého týmu. Všechny články spolu komunikací na jednom místě a každý se může vyjadřovat ke změnám v projektu. Díky revizím nedojde ke ztrátě dokumentu a nemusí být nahrávány neustále nové verze dokumentu a nedochází tak k jejich duplikaci. Jedná se zároveň o velmi transparentní nástroj. Na úložišti je dostupný chat, který využívají týmy pro vnitřní komunikaci.



Obrázek 2 - Schéma CDE

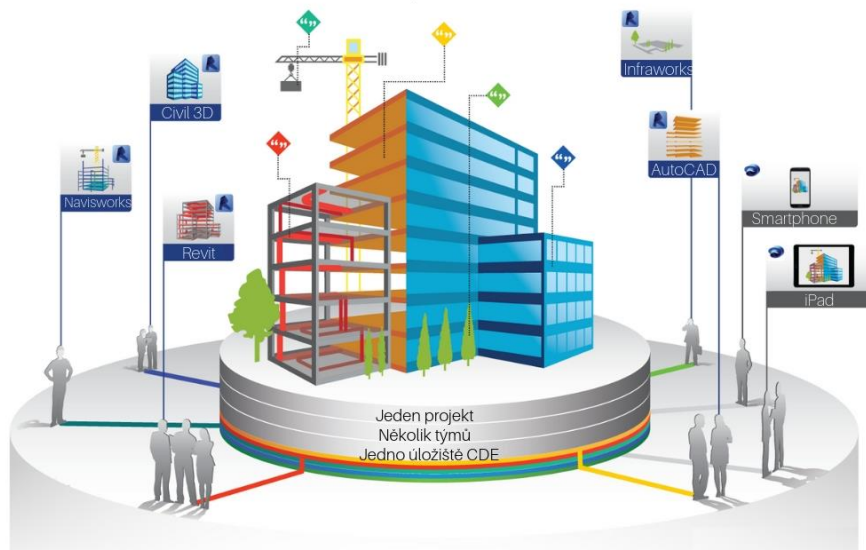
Pro přehled zmíním několik dalších funkcí CDE:

- sdílení souborů a jejich následná revize,
- prohlížení a úprava přímo v prohlížeči nebo stažených dat ve formátech (.xls,.pdf, .txt, .doc. atd),
- společný chat pro všechny zúčastněné,
- možnost auditů,
- určení jednotlivých úkolů,
- elektronické formuláře,

- uchovávání zápisů,
- sledování změn v reálném čase,
- nemožná ztráta dat.
- celkových, částečných, provozních nebo nákladech na údržbu,
- životním cyklu budovy,
- energetické náročnosti budovy,
- nároky na údržbu a správy budovy,
- společný chat,
- informace o změnách v systému,
- modely staveb,
- vizualizace,
- simulace,
- atd.

Jak už bylo zmíněno dříve, jedná se především o databázi dokumentů potřebných ke stavbě. Propojení grafických a negrafických informací probíhá právě zde. Zřízení takového úložiště je pro fungování v BIM nezbytné. Bez jeho realizace nemůžete nikdy dosáhnout úplné digitalizace.

Schéma využití programů od společnosti Autodesk a sběr informací do společného úložiště CD



Obrázek 3 - Programy Autodesk

<https://www.redstackshop.com.au/what-can-bim-do-after-construction-is-complete>

Společnost Autodesk poskytuje několik programů (Revit, Infracore, Civil 3D), které se týkají tvorby modelu BIM. Všechny tyto SW jsou navzájem propojené a mohou tak vytvářet data IFC. Tato data jsou ukládána na cloudové úložiště CDE, které rovněž zřizuje společnost Autodesk. Na obrázku 3 pozorujeme jeden projekt pozemní stavby, na kterém spolupracuje několik týmu s různými SW. Všechny vytvořené modely jsou poté spojeny do výsledného IFC.

### 1.1.2 BEP – Plán realizace BIM

Další metodikou, která je nutná při implementaci BIM je BEP – BIM Execution Plan. Je to dokument popisující základní parametry projektu, nástroje, podmínky, role, termíny a odpovědnost účastníků pro BIM. Jedná se o smluvní dokument, kterým se daný subjekt zavazuje ke konkrétním krokům v rámci implementace BIM. Takový smluvní dokument je k dispozici na stránkách Státního fondu dopravní infrastruktury. Podrobnosti viz. Dokument Plán realizace BIM. (2)

### 1.1.3 EIR

Tento dokument je nejobsáhlejší a také nejkomplicovanější. Zkratka EIR znamená Employer's information requirement – tedy Požadavky investora na BIM. Jedná se o metodiku pro přípravu staveb BIM. Specifikuje rovněž formáty, měřítka, jednotky a tzv. LOI – Level of information neboli úroveň podrobnosti. Jedná se o složitou databázi datového standardu ve stavebnictví. Obsahuje pravidla pro stavbu železničních a silničních objektů. Pro ukázkou bude přiblížen dokument datového standardu vytvořeným týmem Státního fondu dopravní infrastruktury.

Skupina elementů	Element	Šablona vlastností složená z následujících sad vlastností						Označení šablony PDPS	Typ entity / přesnost		
		SV-1	SV-S	SV-E	SV-Z	SV-M	SV-F		PDPS	ifcshaperepresentation	Přesnost
Trasa	Osa	2		1			1	SV-1-2+SV-E-1+SV-F-1	Osa	IfcAlignment2DHorizontal	p1
	Niveleta	2		1			1	SV-1-2+SV-E-1+SV-F-1	Niveleta	IfcAlignment2DVertical	p1
zemní práce	výkop/odkop	1	3	1	1	3	1	SV-1-1+SV-S-3+SV-E-1+SV-Z-1+SV-M-3+SV-F-1	3DPovrch	IfcTriangulatedFaceSet	P5
	násyp/aktivní zóna	1	1	1	1	3	1	SV-1-1+SV-S-1+SV-E-1+SV-Z-1+SV-M-3+SV-F-1	3DPovrch	IfcTriangulatedFaceSet	P5
	sanace	1	1	1	1	3	1	SV-1-1+SV-S-1+SV-E-1+SV-Z-1+SV-M-3+SV-F-1	3DPovrch	IfcTriangulatedFaceSet	P5
	sejmutí ornice	1	3	1	1	3	1	SV-1-1+SV-S-3+SV-E-1+SV-Z-1+SV-M-3+SV-F-1	3DTěleso	IfcSolidModel	P10
	rozprostření ornice (ohumusovan	1	1	1	1	3	1	SV-1-1+SV-S-1+SV-E-1+SV-Z-1+SV-M-3+SV-F-1	3DTěleso	IfcSolidModel	P5, P10
	záložení trávníku	1	1	1	1	3	1	SV-1-1+SV-S-1+SV-E-1+SV-Z-1+SV-M-3+SV-F-1	3DTěleso	IfcSolidModel	P5, P10
	úpravy svahů [dlažby z lom. kam	1	1	1	1	2;3	1	SV-1-1+SV-S-1+SV-E-1+SV-Z-1+SV-M-2;3+SV-F-1	3DTěleso	IfcSolidModel	P5
	zemní krajnice a dosypávky	1	1	1	1	3	1	SV-1-1+SV-S-1+SV-E-1+SV-Z-1+SV-M-3+SV-F-1	3DTěleso	IfcSolidModel	P5
	pláň	1	1	1	1	2	1	SV-1-1+SV-S-1+SV-E-1+SV-Z-1+SV-M-2+SV-F-1	3DTěleso	IfcTriangulatedFaceSet	P4
	odvodnění	přikopy	1	1	1	1	2	1	SV-1-1+SV-S-1+SV-E-1+SV-Z-1+SV-M-2+SV-F-1	3DTěleso	IfcTriangulatedFaceSet
štěrbinové žláby		1	2	1	1	1	1	SV-1-1+SV-S-2+SV-E-1+SV-Z-1+SV-M-1+SV-F-1	3DTěleso	IfcSolidModel	P4
trativod		1	2	1	1	1	1	SV-1-1+SV-S-2+SV-E-1+SV-Z-1+SV-M-1+SV-F-1	3DTěleso	IfcSolidModel	P5
vozovka/chodník	podkladní vrstva	1	1	1	1	3	1	SV-1-1+SV-S-1+SV-E-1+SV-Z-1+SV-M-3+SV-F-1	3DTěleso	IfcSolidModel	P2
	infiltrační postřik	1	1	1	1	2	1	SV-1-1+SV-S-1+SV-E-1+SV-Z-1+SV-M-2+SV-F-1	3DTěleso	IfcTriangulatedFaceSet	P2
	ložná vrstva	1	1	1	1	3	1	SV-1-1+SV-S-1+SV-E-1+SV-Z-1+SV-M-3+SV-F-1	3DTěleso	IfcSolidModel	P2
	spojovací postřik	1	1	1	1	2	1	SV-1-1+SV-S-1+SV-E-1+SV-Z-1+SV-M-2+SV-F-1	3DPlocha	IfcTriangulatedFaceSet	P2

Obrázek 4 - Datový standard

[https://www.sfdi.cz/soubory/bim/metodiky/bim\\_predpis\\_2018.pdf](https://www.sfdi.cz/soubory/bim/metodiky/bim_predpis_2018.pdf)

**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** ukazuje:

- Skupina elementů – zde jsou konkrétní skupiny elementů, které se týkají stavby:
  - trasa,
  - zemní práce,
  - odvodnění,
  - vozovka/chodník.
- Element – výpis jednotlivých elementů, který souvisí s danou skupinou elementů.  
V případě odvodnění například:
  - Příkopy,
  - štěrbinové žlaby,
  - trativod.
- Šablona vlastností a její označení:
  - Přidání hodnot každému elementu, podle důležitosti
- Typ entit:
  - osa,
  - niveleta
  - 3DPovrch,
  - 3D Těleso.
- IFC reprezentace
- Třída přesnosti.

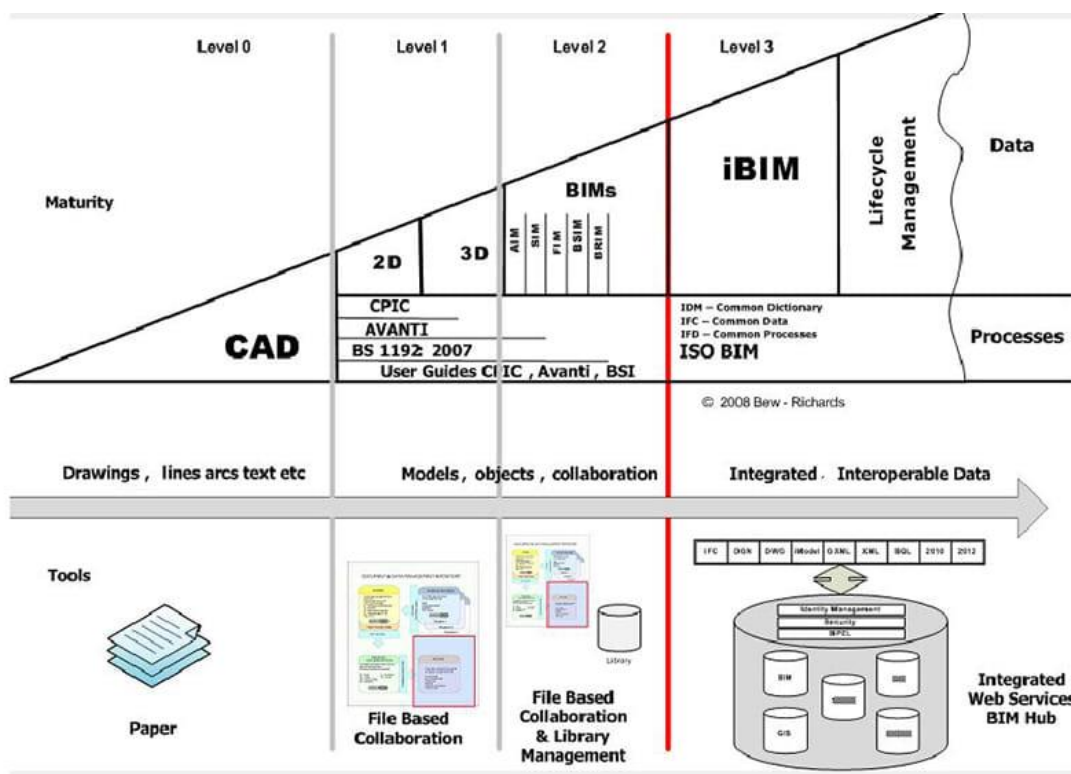
Jedná se pouze o zobrazení jedné části z celého datového standardu. Všechny tabulky a dokumenty týkající se tohoto standardu mají desítky stran a zpracovávají je odborníci na BIM v České republice.

## 1.2 Úrovně implementace BIM

Když se řekne BIM, je třeba si také definovat, na jaké úrovni BIM se vlastně daný subjekt pohybuje. V této práci bylo postupováno podle anglické stupnice, definované podle PAS 1192-2<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> PAS 1192-2 – dokument, který popisuje informační management BIM



Obrázek 5 - Levely BIM  
<http://www.bimplus.co.uk/analysis/explaining-levels-bim/>

Na obrázku 5 vidíme základní členění úrovní BIM podle PAS 1192-2, které si v následujících odstavcích vysvětlíme.

**Level 0 BIM** – Nejjednodušší forma implementace BIM. Jedná se pouze o výkresy vytvořené pomocí tužky a papíru. Tak je to známé u projektů minulého století. Dokumenty nejsou nijak provázané a komunikace a výměna informací probíhají jen na základě osobních setkávání (3).

**Level 1 BIM** – Zde už se jedná o kombinaci 3D CAD pro koncepční práci a 2D výkresů pro zákonné schvalování dokumentace a informací o stavbě. Jsou zavedeny CAD standardy a výměna dat je uskutečňována nejčastěji zhotovitelem. Toto je úroveň, většiny dnes působících firem. (3)

**Level 2 BIM** – Tato úroveň se odlišuje od ostatních velmi propracovanou spoluprací napříč všemi týmy konkrétního projektu. Všechna oddělení využívají jejich vlastní 3D modely, které poté navzájem propojí a vytvoří jeden komplexní informační model (3).

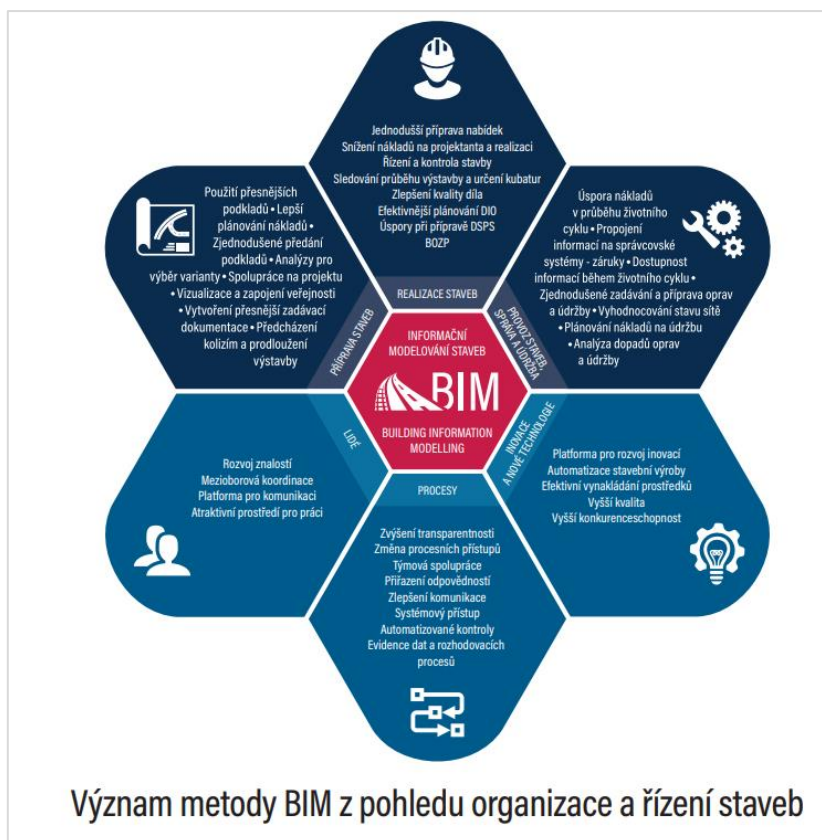
Aby se dosáhlo Levelu 2, daný subjekt musí mít daný subjekt zpracován BEP, CDE a datové standardy.

**Level 3 BIM** - Na uložišti jsou ukládána veškerá data o projektu a každý člen projektu k nim má přístup. Každá změna je v uložišti zaznamenána. Dokumenty jsou dynamické a jsou do nich automaticky doplňovány aktualizované informace. Všechny tyto údaje jsou poté vloženy do jednoho souboru formátu IFC, který obsahuje veškeré informace o stavbě:

- Cena,
- harmonogram,
- 3D modely,
- informace o údržbě,
- atd.

Označení formátu IFC znamená Industry Foundation Class (3).

Někdy se můžeme setkat i s výrazy jako je 4D, 5D a 6D BIM. Nejedná se o další úrovně BIM, ale o vyjádření dimenzí stavby. Této problematice se budu věnovat v další části mé práce. (3)  
(1)



Obrázek 6 - Výhody BIM

<https://www.sfdi.cz/bim-informacni-modelovani-staveb/>

V následujících bodech budou rozebrány výhody metody BIM vycházející z obrázku 6.

## **1.3 Přínosy metody BIM**

### **1.3.1 Přínosy při přípravě staveb**

- Koordinace
  - Díky CDE je spolupráce jednoduše koordinována i když se týmy nenacházejí na stejném místě.
- Použití přesnějších podkladů
  - Nástroje BIM umožňují zpracovat podklady z databáze a větší objemy dat pro vyhotovení přesnějšího návrhu.
- Spolupráce na projektu
  - Díky využití CDE nedochází k nedorozuměním a chybám. Každý v týmu je upozorněn na změny, které byly na projektu provedeny. Kdykoliv se na projektu něco změní, dojde k okamžité úpravě ceny, harmonogramu, přípravy, údržby a výstavby.
- Technické vizualizace a transparentnost
  - Zde se jedná o zapojení netechnické veřejnosti. Díky modelům a vizualizacím je projekt dostupnější pro veřejnost. Veřejnost má dostupné informace o harmonogramu. Stavba je transparentní a nezůstane tak zakryto její financování z veřejných prostředků, což je pro dnešní veřejnost důležitý faktor a zásadní. Předražené stavební zakázky, které jsou tunelovány a peníze daňových poplatníků nejsou využity ve jejich prospěch.
- Tvorba zadávací dokumentace
- Zjednodušené předávání projektu (4)

### **1.3.2 Přínosy pro realizaci**

- Příprava nabídek
  - Jednodušší příprava nabídek. Díky vypracovaným BIM modelům ještě před zahájením stavby máme záznamy o potřebách zákazníka a příprava nabídky je tak jednodušší a rychlejší.
- Automatizace
  - S existencí až 6D modelů je možné přenést tyto modely do chytrých zařízení jako jsou například tablety nebo iPady a na nich kontrolovat průběh a správnost postupu prací.

- Dalším prvkem jsou inteligentní stroje. Pod tím si lze představit několik strojů, které fungují pomocí GPS navigace. Řidiči v kabině mají všechno potřebné vybavení pro přesné srovnání zeminy atd.
- BOZP
  - V předchozím bodě byly zmíněny automatizační prvky, které mají za následek úbytek pracovníků na pracovišti. S tím souvisí i úlevy v rámci bezpečnosti práce.
- Řízení stavby
- Zlepšení kvality
- Zvýšení transparentnosti (4)

### **1.3.3 Přínosy pro investory při správě a údržbě**

- Snížení nákladů na přípravu, výstavbu a správu projektu
  - BIM díky společnému úložišti poskytuje neomezený přístup do databáze každé fáze projektu. Vše je díky úložišti CDE na jednom místě jako např. veškeré připomínky, jejich vypořádání a komunikaci mezi jednotlivými účastníky. Je to prevence proti chybám, zdražování projektu a neshodám mezi investory a zadavateli.
- Jednodušší plánování oprav a údržby a jejich analýza
  - Informační modely mohou být použity i pro zadání prací pro údržbu a správu stavby. Díky softwarům na nich lze provádět simulace a můžeme například sledovat dopad uzavírky na provoz ve městě.
- Transparentní kontrola jednotlivých fází
  - Díky úložišti a přístupu každého subjektu do každé fáze projektu je stavba přehlednější a jsou jasné deklarované investované prostředky.
- Vyhodnocování stavu sítě (4)

### **1.3.4 Přínos pro společnost, inovace a technologie**

- Rozvoj znalostí
  - Do této části je zahrnuto vzdělávání společnosti, které lze rozdělit do dvou skupin:
    - Kvalifikovaní pracovníci – ti by se měli starat o inovace ve stavebnictví. Měli by připravovat všechny nové pracovníky, kteří by následně měli šířit



informace na středních školách, vyšších odborných a vysokých školách. A to například formou workshopů nebo školení.

- Studenti – Zde je potřeba, aby byla tematika BIM zahrnuta do vzdělávacích programů v ČR. Cílem by bylo pochopit standardizaci, principy, návaznosti a jednotlivé procesy. Například díky zahraničním stážím. Nezbytná je spolupráce škol s reálným prostředím praxe. Cesta ke stavebnictví 4.0 je právě v rukou studentů.
- Atraktivní prostředí pro práci
  - Díky možnosti podílet se na projektech, které jsou až v 6D dimenzích, je pro jednotlivce určitě velmi zajímavé a obohacující být součástí týmu pracujícího s metodou BIM.
- Vyšší kvalita
  - S rozvojem znalostí ohledně metody BIM souvisí vyšší kvalita projektů a zakázek. Plyne to z kvalitnější přípravy, komplexnějších projektů a také s časovou a finanční úsporou.
- Vyšší konkurenceschopnost
  - Díky vyšší transparentnosti se zvýší i konkurenceschopnost. Zakázky již nebudou neprůhledné jako je tomu v dnešní době. Budou pro veřejnost dostupné a přehledné, tím se zvýší konkurenceschopnost menších firem, protože monopolní firmy už nebudou moci zakrývat své financování staveb. (4)

## 1.4 Dimenze BIM

Pro začátek je nutné definovat, že se jedná o dimenze BIM, nikoliv o levely implementace BIM. Jedná se o dva naprosto rozdílné pojmy. Když bude projekt zpracován v 6D dimenzi neznamená to, že se nachází na šesté úrovni implementace BIM. Jedná se o dimenze modelu, které vypovídají o jeho komplexnosti a provázanosti. 6D BIM je v tuto chvíli maximum, kterého lze při tvorbě modelu dosáhnout (1). Nejtěžším krokem je samotné zavedení metody BIM. Na obrázku 7 je k dispozici jednoduchý popis daných dimenzí.



Obrázek 7 - Dimenze BIM

#### 1.4.1 3D BIM

O této dimenzi se můžeme bavit, když si subjekt vytvoří 3D model pozemní stavby, infrastruktury nebo jakéhokoliv jiného objektu. V této dimenzi dnes pracuje v podstatě každý subjekt. Zde se jedná pouze o sbírku grafických informací. Není k nim přidána žádná další informace. Může se jednat o animace, simulace či vizualizace viditelné na obrázku 8.

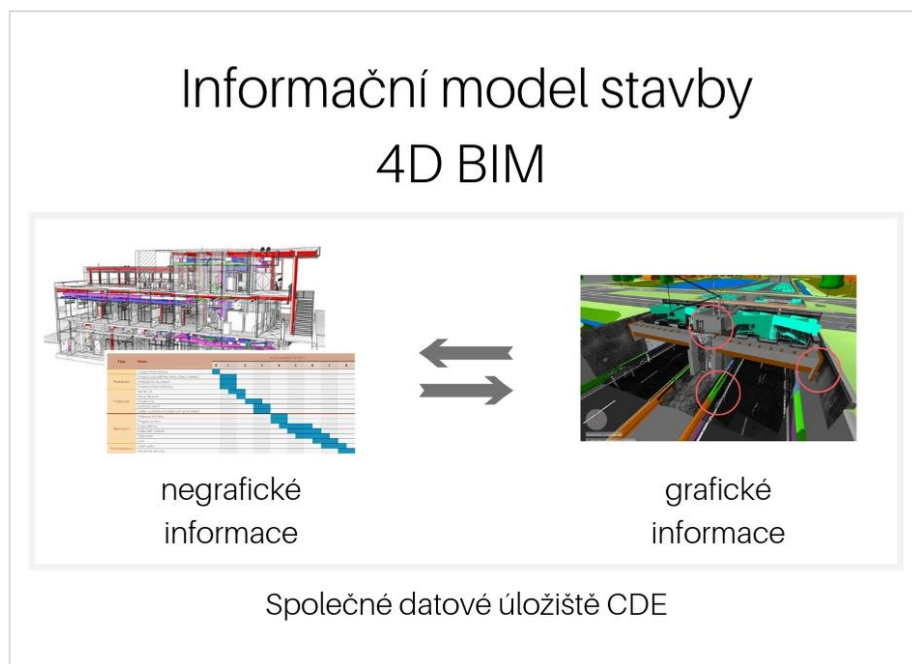


Obrázek 8 - LiDAR

[www.autodesk.com](http://www.autodesk.com)

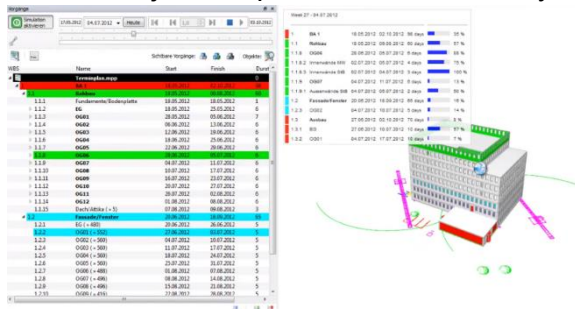
## 1.4.2 4D BIM

Dále 4D BIM nám obohacuje 3D model o časovou proměnnou. Jedná se o přidání informace o časovém průběhu stavby a propojení grafických a negrafických informací. 4D BIM poskytne informace o průběhu stavby, především o začátku stavby konkrétního elementu, délky výstavby a jeho dokončení. Na obrázku 9 je schéma 4D BIM. Všechna tato data jsou uložena na společném datovém úložišti CDE. Všechny elementy, obsahují informaci o harmonogramu výstavby daného elementu. (1)



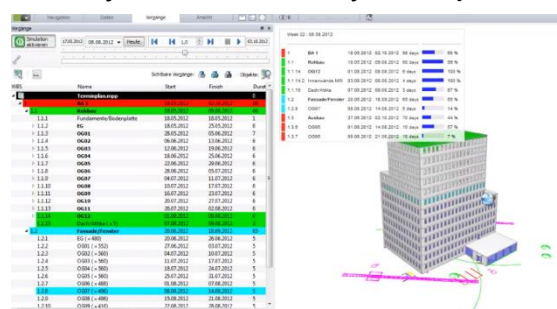
Obrázek 9 - 4D BIM

Na obrázku 10 a obrázku 11 je k dispozici model pozemní stavby v dimenzi 4D BIM. V levém sloupci (NAME) jsou jednotlivé elementy. Následující sloupce Start a Finish poskytují informace o začátku a dokončení stavby. Sloupec Duration vykazuje celkový počet dní stavby daného objektu. V pravé části obrazovky můžeme vidět jednotlivé elementy které jsou ve



Obrázek 11 - Harmonogram 4D BIM

<https://www.youtube.com/watch?v=hYahw5HRVq8>



Obrázek 10 - Harmonogram 4D BIM

<https://www.youtube.com/watch?v=hYahw5HRVq8>

výstavbě. Model rovněž poskytne informace o tom, kolik dní chybí do jeho dokončení a procentuální výkaz procesu stavby. V prostřední části je vizualizace modelu a průběh její stavby v reálném čase. Porovnání změny můžeme pozorovat na změně vzhledu stavby na obrázcích 10 a 11.

Dalším příkladem je využití této metody při infrastrukturních stavbách. Na obrázku 12 a obrázku 13 je porovnání dvou situací při rekonstrukci úseku dálnice. Na prvním obrázku je situace ze 17.4.2011 stavby nového mostu přes komunikaci. Stavba probíhá v pravém jízdním pásu a doprava je svedena do levého jízdního pásu. Na dalším obrázku vidíme situaci o dva měsíce později, kdy už je pravá část mostu hotová a nyní je ve výstavbě část levá. Doprava je svedena na protější stranu.

Toto je ukázkový příklad pro uvedení do problému propojení dat BIM s dopravními simulacemi. Díky harmonogramu je jednoduché organizovat dopravu v průběhu času. Díky BIM je tento proces velmi rychlý. Celé video, ze kterého byly obrázky převzaty, popisuje práce o celkové délce 46 týdnů, během které byl zkonstruován celý nový sjezd a nájezd na dálnici a nový most. Díky BIM byl ušetřen čas, finanční prostředky, vliv životní prostředí, ale především byly poskytnuty přesné informace o uspořádání dopravy. Díky navázání dopravních simulací na BIM můžeme simulovat dopravní modely, které zajistí plynulou dopravu v místě omezení. Během stavby se tím pádem bude lépe organizovat uspořádání pruhů, změny signálních



Obrázek 12 - Infrastrukturní 4D BIM

[https://www.youtube.com/watch?v=\\_wGRtJovpiE](https://www.youtube.com/watch?v=_wGRtJovpiE)

plánů, preference MHD, ale i objízdné trasy (1).



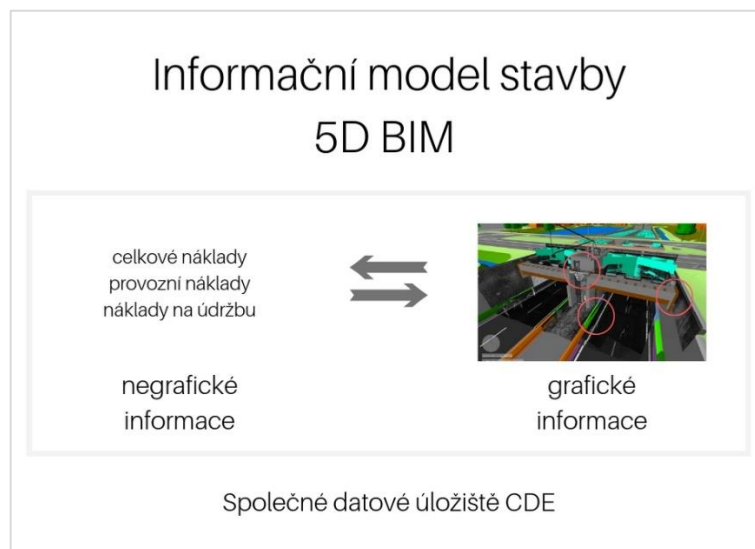
Obrázek 13 - Infrastrukturní 4D BIM

[https://www.youtube.com/watch?v=\\_wGRtJovpiE](https://www.youtube.com/watch?v=_wGRtJovpiE)

### 1.4.3 5D BIM

Další dimenzí je 5D BIM. Zde se jedná o rozšíření 4D BIM o další proměnnou, a to náklady. Jedná se opět o výměnu mezi grafickými a negrafickými informacemi v úložišti CDE. Na tomto

úložišti máme informace o provozních nákladech, nákladech na údržbu, mzdových nákladech, respektive i celkových nákladech (1). Schéma vidíme na obrázku 14.



Obrázek 14 - 5D BIM

vytvořeno v [www.canva.com](http://www.canva.com)

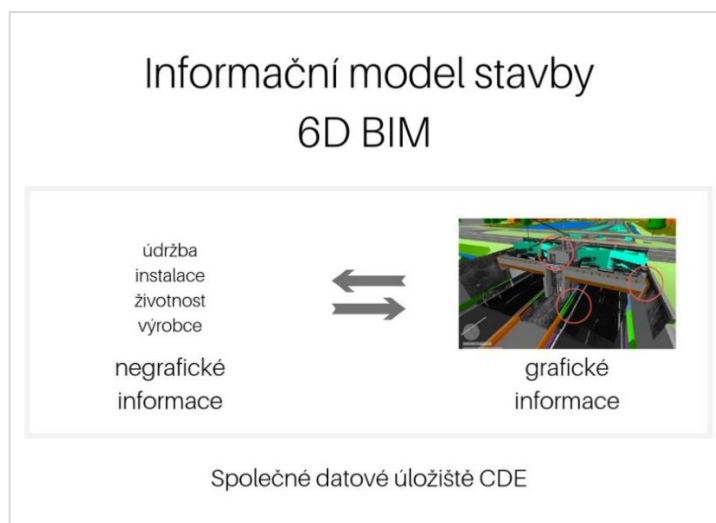
Součástí tohoto modelu je i vizualizace, kde vidíme průběh výstavby, jak v čase, tak i s náklady na stavbu. V čase vidíme měnící se cenu stavby. Jedná se opět o nástroj pro přehlednou a transparentní stavbu. Pro objednatele a investory je tato funkce velkou výhodou, jelikož mají přesný přehled o tom, do čeho investovali své prostředky. Samozřejmě i pro daňové poplatníky je vizualizace modelu zárukou toho, že využití veřejných prostředků lze spojit s konkrétním projektem.

#### 1.4.4 6D BIM

Tato dimenze je vrcholem, kterého lze při tvorbě stavebních projektů nyní dosáhnout. Je to svatý grál implementace BIM, ke kterému by se všechny subjekty podstupující změnu k BIM chtěly přiblížit. Jedná se o rozšíření 5D BIM o celý životní cyklus stavby (1). Jedná se opět o výměnu mezi grafickými a negrafickými informacemi. Negrafické informace se v tomto případě týkají životního cyklu stavby, do něhož můžeme zařadit:

- nároky na údržbu,
- instalaci daných objektů,
- životnosti objektů,
- údaje o výrobcích,
- atd.

Schéma vidíme na následujícím obrázku 15.



Obrázek 15 - 6D BIM

6D BIM zařídí objednateli informace o tom, jak má postupovat při údržbě. Vše samozřejmě opět souvisí s úložištěm CDE. To obsahuje informace o životnosti výrobků a způsobu jejich instalace. Objednatel má přesné informace o tom, kdy provádět úkony spojené s údržbou a lze díky tomu lépe plánovat opravy komunikací. Nemělo by tak, docházet k situacím, jako například u dálnice D1, kde byl výrazně překročen limit životnosti stavby. Objednatel bude upozorněn na to, že v dohledné době musí provést údržbu. Zároveň takto předchází neočekávaným situacím. 6D BIM zároveň poskytuje informace o hospodárnosti konstruované stavby (1).

## 2 BIM v ČR

V současné době se dopravní stavitelství v České republice nachází v ne příliš optimistické době. Příkladem jsou například problémy s rekonstrukcí D1 nebo problémy při výstavbě D3 a D35, nízká životnost materiálu na dálnici D5 a jeho nutná oprava již po 10 letech v provozu. Provozní systémy mezi jednotlivými subjekty nejsou koordinované a v důsledku toho pak dochází k chybám při přenosu informací mezi jednotlivými etapami výstavby. Z toho plynou zpoždění výstavby, zvýšení ceny zakázky a nespokojenost veřejnosti. V roce 2014 uznala Evropská Unie užitečnost BIM a směrnicí 2014/24/EU<sup>2</sup> dala možnost evropským státům zadání zakázek v celé Evropě pomocí BIM. V ČR je toto umožněno od 1.10.2016 zákonem č.134/2016 Sb<sup>3</sup>.

Hlavním subjektem, který se podílí na zpracování metody BIM je Státní fond dopravní infrastruktury (dále SFDI). Ten ve spolupráci s MD, MPO, ŘSD, SŽDC, Czbim apod., sestavil týmy odborníků, kteří mají na starost implementovat metodu BIM v ČR. Jako cíl bylo stanoveno datum 1.1.2022. Do té doby se má zpracovat metodologický postup a datový standard, stanovit BEP a CDE. (5)

Pro české stavebnictví by měla být tato cesta prioritou. Ze statistik vyplývá, že úspora finančních prostředků se při výstavbě metodou BIM pohybuje okolo 20 až 25 %. Z dat statistického úřadu lze vyčíst, že veřejné zakázky na stavební práce v roce 2015 činily cca 118 mld. Kč. Z toho můžeme vyvodit celkovou úsporu 29,5 mld. Kč (5). Dále se jedná o úsporu až 20% času. Kdybychom tedy v roce 2022, kdy má být BIM plně implementován, stavěli stejně jako v roce 2015, dosáhly bychom úspor až 30 mld. Kč, které by se daly využít například na opravy stávajících komunikací. Když vezmeme v potaz zároveň danou úsporu času, tak z 5 pracovních dnů jeden ušetříme. Vezmeme-li v průměru 250 pracovních dní ročně, tak při 20 % úspoře času mluvíme o 50denní úspoře. Tyto dny nám pomohou urychlit stavbu, zlepšit kvalitu stavby, a především zlepšit celkový obraz stavebnictví v ČR (5).

---

<sup>2</sup> Směrnice EU o veřejných zakázkách

<sup>3</sup> 134/2016 Sb – zákon o zadávání veřejných zakázek

Jak již bylo zmíněno dříve, pro to, aby se mohlo mluvit o BIM levelu 2 je nutné splnit tyto následující kroky. Je třeba stanovit BEP, CDE a datový standard. Dále zrealizovat pilotní projekty a vzdělávat veřejnost.

Dále popíši aktuální vývoj v ČR. SFDI uspořádalo 3 kulaté stoly ve formě konferencí, kde byla metoda BIM představena. Byly pozváni odborníci ze zahraničí a probíhala hromadná debata na půdě MD. V současnosti probíhá široká spolupráce mezi jednotlivými subjekty na poli českého stavebnictví. V listopadu 2018 byl dokončen nejdůležitější dokument: Datový standard. Z tohoto důvodu se konalo několik schůzek s vrcholnými reprezentanty českého stavebnictví, aby se našel, co nejlepší konsenzus pro znění dokumentu. K dokumentu byly sepsány připomínky, kterých bylo okolo 200. Dnes se připomínky vypořádávají a dokument se postupně upravuje. Zároveň již byl sepsán průvodce pro zřízení úložiště CDE a BEP. Situace je velmi optimistická a některé úkoly byly dokončeny dokonce s předstihem. SFDI a ním zřízený tým v tomto odvádí velmi dobrou práci. Státní firmy jako je SŽDC nebo ŘSD významně podporují metodu BIM a jsou připraveny na její implementaci. Spustily několik pilotních projektů, z kterých se budou sbírat informace a zkušenosti pro práci na dalších projektech.

V následující kapitole se budu snažit analýzou SWOT posoudit implementaci BIM na českém trhu stavebnictví.

### 2.1.1 Analýza SWOT



Obrázek 16 - Analýza SWOT



Vytvořenou SWOT<sup>4</sup> analýzu na obrázku 16 jsem zpracoval na základě svého vlastního pohledu na metodu BIM.

### **2.1.1.1 Silné stránky**

Silných vlastností má tato metoda několik a určitě převažují nad slabiny. Všechny výhody vyplývají již z kapitoly Přínosy metody BIM. Dalšími výhodami jsou jednoznačně: Detekce kolizí, dopravní simulace při různých fázích stavby, začlenění všech subjektů během fáze příprav, ekonomické řízení staveb.

### **2.1.1.2 Slabiny**

Jejich počet je dle mého názoru velmi nízký. Největší slabinou je vysoká pořizovací cena při pořizování nových technologií potřebných pro vytvoření celého modelu. Potřeba softwarů od Autodesk jako Revit, Navisworks a Civil 3D, popř. Infracore může vyjít i na několik milionů korun. Následné školení zaměstnanců, zaučení do nových technologií a hledání expertů na dané technologie také může pro firmu představovat nemalé pořizovací náklady.

### **2.1.1.3 Příležitosti**

Příležitosti opět ve velké míře převyšují hrozby. Největší příležitostí je zařazení se k vyspělým státům západní Evropy jako např. VB, Finsko, Švédsko, Norsko, Nizozemsko atd., a dospět tak k digitalizaci 4.0 ve stavebnictví. Další příležitostí je lepší spolupráce v několika týmech, které nemusí být na stejném kontinentu, ale díky CDE a výměně informací se prakticky nachází na stejném místě. Podle mého názoru největší příležitostí pro ČR je možnost lepšího plánování oprav a údržby. Tato oblast je v Česku na žalostné úrovni, kde příkladem může být oprava D1 nebo tragický stav pražských mostů. Další příležitost je samozřejmě pro nastupující generace, která se pohybuje téměř výhradně v digitálním světě a chce na složitých modelech pracovat raději na počítačích než kontrolovat stavby na papíře. Pro studenty se určitě jedná o výbornou příležitost učení se novým technologiím, zajímavé pracovní prostředí, zařazení BIM do studijních plánů středních a vysokých škol je velkou příležitostí, jak získat kvalifikované studenty již v školním věku.

---

<sup>4</sup> Analýza SWOT – nástroj systémové analýzy pro výzkum a hodnocení výhod a nevýhod projektu

#### 2.1.1.4 Hrozby

Největší hrozbu pro náš trh vidím v tom, že se firmy této technologie bojí. Bojí se prvotních nákladů a bojí se nové technologie na kterou nemají specialisty a nerozumí ji. Z toho plyne obava z nutných strukturálních změn v jejich dosavadních standardech výstavby a velkých pořizovacích nákladů na softwaru nutné pro práci v BIM. Hrozbou může být při implementaci rovněž nedostatek odborníků, které je v tuto chvíli nutné zvat ze zahraničí.

## 2.2 SmartCity a BIM

S rostoucím počtem obyvatelstva na Zemi, s vyššími nároky na ekologii, lepší hospodárnost, a celkově lepší životní úroveň obyvatel ve městě, se dnes dostal do středu zájmu projekt tzv. Smart Cities. Jedná se o města, která mají provázané systémy, zlepšují kvalitu života a jsou tzv. chytrá. Nabízejí maximální kvalitu za minimální náklady díky kombinaci několika chytrých řešení. Typickým příkladem města splňující parametry Smart City je, když využívá inteligentní řízení dopravy, výměnu informací mezi jednotlivými subjekty ve městě, inteligentní osvětlení nebo informace o parkování ve městě.

Co si dále představit pod pojmem Smart City? Většina radních, politiků a úředníků si pod tímto novým termínem představuje vybudování nových laviček s Wi-Fi připojením, monitorování odpadu konkrétního kontejneru ve městě nebo vybudování jednoho nového parkoviště s chytrým vybíráním poplatku. O chytrou technologii se možná jedná, ale rozhodně nemůžeme tvrdit, že když se ve městě vybuduje 5 chytrých laviček a dva chytré kontejnery, že se jedná o Smart City.

O Smart City můžeme mluvit, když jsou ve městě zavedené provázané systémy, které si spolehlivě vyměňují informace a zpřístupňují informace obyvatelům, kteří se jimi mohou řídit. Můžeme si to ilustrovat na situaci, kdy do města dojíždí mnoho obyvatel z okolí. V tomto případě je tedy nutné, dojíždějící informovat o možnosti parkování napojeným na MHD a dostupnosti jednotlivých parkovišť. Dále je třeba informovat o aktuální dopravní situaci ve městě, aby dojíždějící věděl, že má automobil odstavit na záchytném parkovišti. Mezi další příklady pro fungování Smart City patří například:

- inteligentní osvětlení,
- inteligentní vývoz odpadu a monitorování stavu kontejnerů,
- informace poskytované cestujícím MHD,
- inteligentní vozidlo, atd.

To vše souvisí s výměnou informací. A právě zde je velká výhoda metody BIM. Jak už jsem několikrát zmiňoval, BIM je především o výměně informací a jejich provázání. Právě toto je jedna z charakteristik Smart City charakterizovaným komplexními informacemi o situaci ve městě. Když si vezmeme například údržbu komunikací, tak dnes je údržba na zastaralých, zničených a neopravovaných úsecích MHD a silnic ve městě v některých případech v žalostném stavu. Záznamy o údržbě jsou špatně dostupné a při rekonstrukci komunikací dochází často ke zpožděním. Je to z důvodu nedostatku informací o stavu vozovky. Díky BIM jsou všechny tyto informace na jednom místě. Výměna informací mezi jednotlivými týmy, například magistrátem a firmou, která stavbu vyhotovila, je velmi důležitá. Město má díky vyhotovenému modelu BIM dostupné informace o celé stavbě a model sám je upozorní, že má dojít k údržbě jednotlivých úseků. Magistrát tak může výměnu vozovky nebo kolejí lépe plánovat a nemusí tak docházet k situacím jako v posledních letech, kdy byly například čtvrti Žižkov a Vinohrady v Praze v neustálém totálním dopravním kolapsu.

S existencí až 6D modelů by město mělo přehled o časovém průběhu, cenové hladině a informacích o údržbě a životním cyklu stavby. Již před zahájením stavby by tak mělo k dispozici celý projekt a mohlo by se daleko lépe připravit na organizaci dopravy ve městě během stavby. Přípravením dopravních simulací v různých fázích výstavby by pomohly velmi výrazně k lepšímu životu obyvatel ve městě. S tím souvisí, jak ušetřený čas, lepší kvalita vzduchu, tak spokojenost obyvatel. Nemusí se ale jednat jen o infrastrukturní stavby. BIM může samozřejmě nabídnout, jak pracovat například s tzv. „brownfieldy“<sup>5</sup>. Je to výzva, jak využívat neobydlené oblasti. Při stavbě nových budov by tak magistrát měl přehled o harmonogramu výstavby, nákladech na stavbu, energetické náročnosti budovy, jejím životním cyklu, a především by celá stavba byla transparentní. Tato metodika má označení CIM – City information modeling (6) (7).

---

<sup>5</sup> „brownfield“ – nezastavěná oblast v centrální části města – většinou kolem železnic a starých továrních komplexů

### 3 Využití informačního modelování v dopravě

V této kapitole se budu věnovat dopravním stavbám, které byly vyhotoveny metodou BIM. V první části se budu věnovat pozemním stavbám, především mimo Evropu, abych poukázal na rozšířenost BIM ve světě. Zde se budu soustředit především na projekty které souvisí s dopravou, ale nejsou přímo infrastrukturní stavbou. V další části už se budu věnovat přímo infrastrukturním projektům. U těchto projektů jsem se snažil rovněž nalézt jejich možné propojení se softwary pro dopravní simulace. I proto jsem v této kapitole představil detailnější popis dopravních simulací a co díky jejich pomoci můžeme získat za výhody. Tato rešerše byla zpracována kvůli nesporným výhodám propojení BIM a dopravních simulací. Následkem by bylo velké množství ušetřeného času, finančních prostředků, ale především lepší plánování staveb a analýzy vlivu těchto nových staveb na dopravu v okolí. Tyto výhody jsou založeny na možnosti generování dat IFC pro jednotlivé fáze výstavby daného projektu. Díky existenci 4D modelů máme k dispozici harmonogram stavby s přesnými informacemi o průběhu výstavby. S hotovým BIM modelem, tak můžeme získat například 5 časových úseků, ze kterých si vytáhneme data, která bychom mohli následně vložit do softwaru pro dopravní simulace. Bez další práce bychom jednoduše vytvářeli dopravní simulace založené na jednotlivých etapách stavby. V těchto etapách bychom testovali provoz v různých intenzitách a zjišťovali vliv stavby na dopravu. Cílem této kapitoly je objevit projekty, které tyto postupy použily.

#### 3.1 Pozemní Stavby

##### 3.1.1 Turecko

Jednou z největších staveb projektovaných tohoto desetiletí v BIM je rozhodně nové letiště v Istanbulu Grand Airport. To nahrazuje staré Atatürkovo letiště, které už kapacitně nestačilo rozvíjející se dopravě. Tento projekt byl schválen v roce 2013 a za pouhých 6 let byl také částečně realizován. Další etapy budou následovat. Na obrázcích 17 a 18 je k dispozici vizualizace.



Obrázek 17 - Grand Airport Istanbul

<https://www.autodesk.com/solutions/bim/hub/iga-istanbul-grand-airport>



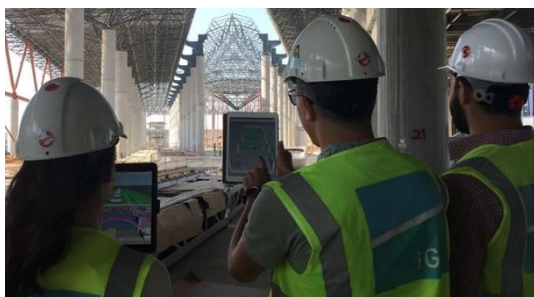
Obrázek 18 - Dominanta letiště - řídicí věž

<https://www.autodesk.com/solutions/bim/hub/iga-istanbul-grand-airport>

Dnes se jedná o třetí největší letiště na světě. Nicméně stavba ještě není dokončená, ale po jejím dokončení by se mělo jednat o největší letiště světa. Svou základnu zde má největší turecká aerolinka Turkish Airlines. Bude zde největší Duty-Free zóna a největší letištní hotel světa. Dále zde bude největší počet runwayí a také se zde odbaví nejvíce letadel a cestujících na světě. Mělo by se jednat až o 210 miliónů cestujících ročně.

Celý projekt se zpracovává v dimenzi 6D. Pro implementaci bylo zvoleno cloudové úložiště od firmy Autodesk, a to úložiště Autodesk 360. Byl vytvořen dosud největší 4D model na světě, do kterého bylo vloženo více než 30 tisíc se stavbou spojených činností (8). Rychlá výměna informací mezi grafickými a negrafickými informacemi byla nejdůležitější pro hladký průběh stavby. Celý tento projekt byl vyhotoven a přehledně sestaven do 4D modelu předtím, než byla zahájena výstavba. Při realizaci bylo využito více než 150 iPadů, které stavbyvedoucí využívali pro kontrolu stavby. V každém iPadu je nahraná část stavby a podle ní se kontroluje průběh a popřípadě se předá informace o změnách do centrálního úložiště (9). Na obrázku 19 a 20 jde o ilustrační obrázky z realizace letiště.

Letiště by mělo být celé postavené do 25 let, tedy do data x.x.20xx. Během té doby se postupně bude upgradovat do 6D modelu. To vše proto, aby měli objednatelé přehled o celém chodu letiště, jeho životnosti, cyklu stavby a údržbě. (9)



Obrázek 20 - Kontrola stavby na iPadu

<https://www.autodesk.com/solutions/bim/hub/iga-istanbul-grand-airport>



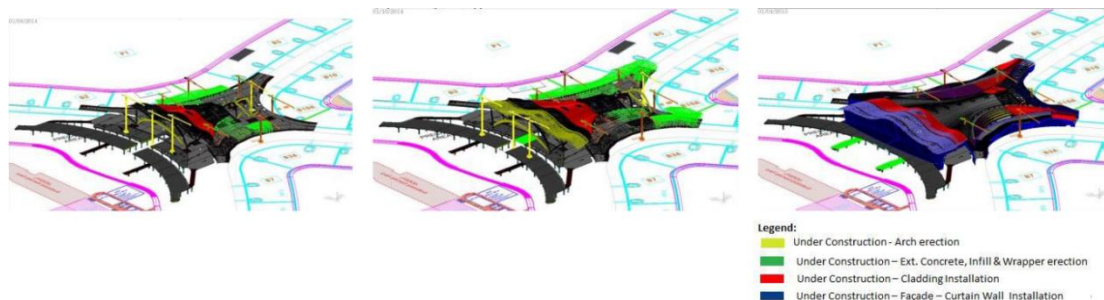
Obrázek 19 - Kontrola stavby na iPadu

<https://www.autodesk.com/solutions/bim/hub/iga-istanbul-grand-airport>

### 3.1.2 Spojené Arabské Emiráty

Projekt nového terminálu na druhém největším letišti ve spojených arabských emirátech je dalším příkladem v oblasti dopravních staveb, jak využít technologii BIM. Nový terminál bude schopen odbavit 65 letadel a až 8500 cestujících za hodinu. Což je více než jedno letadlo a téměř 400 cestujících za jedinou minutu. Vyhotovit celý 4D model s časovým harmonogramem trvalo vítězně firmě 8 měsíců a je k dispozici na obrázku 21. Vizualizace projektu je na obrázku 22. Díky již hotovému modelu mohli přesně určit, jak bude stavba

v budoucnosti vypadat a kontrolovat průběh prací. Vítězná firma uvádí, že díky CDE a všem standardizovaným postupům a chytrým technologiím ušetří během stavby 119 dní a 65 tisíc dolarů pouze v rámci jednoho bloku výstavby. Celkově stavba díky metodě BIM ušetří přes 1 mil. dolarů a 51 tisíc pracovních hodin. Stavba byla zahájena v roce 2017 a měla by trvat 4 roky. (10) (11)



Obrázek 21 - IFC data - Abu Zabí

<https://thebimhub.com/2017/11/20/bim-in-the-abu-dhabi-international-airport-part-2/#.XK78dpgzaUI>



Obrázek 22 - Abu Zabí - nový terminál

<https://www.theb1m.com/video/expanding-abu-dhabi-international-airport-with-bim>

### 3.1.3 Panama

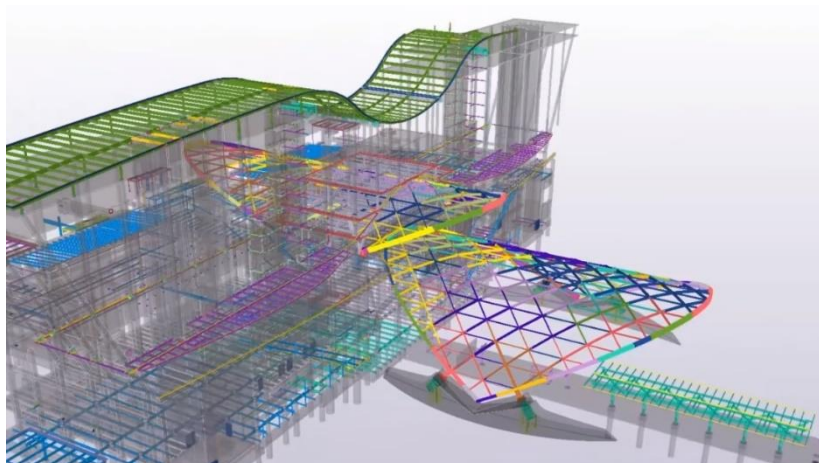
Panamský kanál představuje nejdůležitější dopravní tepnu ve střední Americe. Jelikož byl vystaven již na začátku 20. století, už v žádném případě nestačí kapacitám dnešního provozu. Ať už se to týká velikosti lodí nebo jejich počtu. Nezbytná rekonstrukce a rozšíření kanálu o nový plavební kanál, si vyžádaly obrovské investice. Díky BIM, ale opět došlo k úspoře několika milionů dolarů. Na projektu spolupracovalo několik týmů z celého světa a díky využití CDE mohli spolupracovat a vyměňovat si informace rychle a jednoduše, i když se jednotlivé týmy nacházeli na jiném kontinentu. Vytvoření 3D modelu, který obsahoval modely stavby

sloučené do jednoho výsledného modelu, velmi pomohlo při rekonstrukci a mohlo se tak předem kontrolovat dopad na provoz. Zároveň se zhotovitel snažil o zavedení BIM údržby, tzv. 6D modelu. Všechny elementy byly opatřeny čárovými kódy a zavedeny do databáze. Díky této skutečnosti má objednavatel přehled o vybavení kanálu a může lépe a jednoduše provádět údržbu. (12) (13)

### 3.1.4 USA

Letiště v Denveru, které je v současnosti 5. největší letiště v USA a ročně odbaví přes 53 miliónů cestujících, se dočkalo rekonstrukce, která byla realizována v BIM. Na letišti probíhá spousta procesů, které lze řídit díky BIM a jeho standardizovaným postupům. Vytvoření CDE zde bylo zásadní částí projektu, díky které mohlo spolupracovat několik týmů z celých Spojených států a mohli řešit všechny problémy na jednom místě. Jak už jsem několikrát zmínil, BIM není pouze o tom vytvářet celé modely staveb. BIM je hlavně o spojování informací na jednom místě a zamezení jejich ztrátě při komunikaci. Na obrázku 23 vidíme model BIM letiště v Denveru.

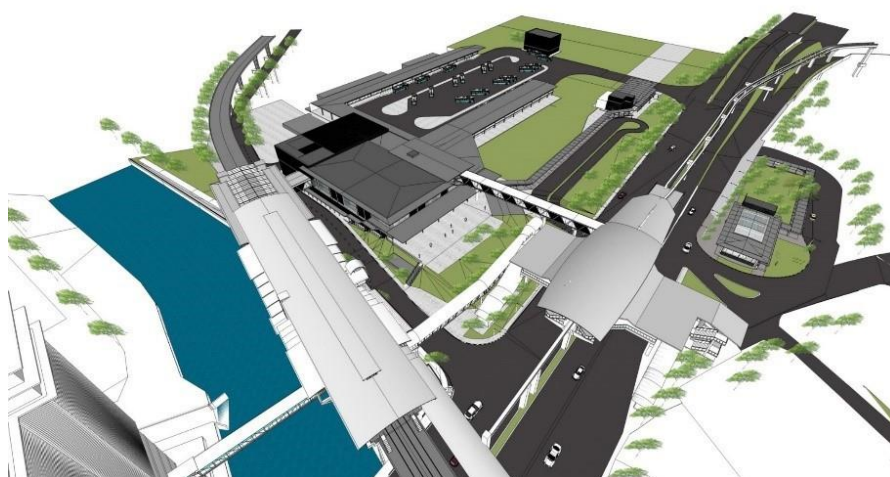
Naproti letišti vyrostl hotel s více než 500 pokoji pod kterým se nachází nádraží odbavující cestující do blízkého hlavního města státu Utah, Denveru. U této stavby se konstruktéři snažili zanést do modelu informace o údržbě, která je pro ně byla daleko důležitější než samotná 3D vizualizace. Mohou takto kontrolovat stavbu a mají kompletní přehled o jejím životním cyklu. BIM pomohl při této stavbě zlepšit spolupráci právě díky CDE, koordinovaným harmonogramem prací a rychlejší a spolehlivější výstavbou. Právě ve zmíněném hotelu tuto 6D technologii testují a podle ní budou postupovat při dalších projektech. (14)



Obrázek 23 - IFC model Denver Airport  
[https://www.youtube.com/watch?v=\\_DAa0yfcWjs](https://www.youtube.com/watch?v=_DAa0yfcWjs)

### 3.1.5 Malajsie

Obrázek 24 poskytuje náhled projektu, kde se Malajsie rozhodla pro aplikaci BIM úrovně 2 při budování nové linky zdejší KVMRT<sup>6</sup> dráhy. Jedná se o stavbu délky 52,5 km z čehož je 13,5 km pod zemí. Linka má celkem 35 stanic. BIM zde byl využit až do dimenze 5D, kdy byl v modelu obsažen jak harmonogram prací, tak projekce celkových nákladů stavby. Na tomto projektu se podílela společnost Bentley, která poskytla datové úložiště CDE, jenž zlepšilo produktivitu práce až o 35 % (15). Opět zde byl aplikován BIM hlavně kvůli dobré úrovni komunikace mezi jednotlivými subjekty. Všechny informace byly uloženy na jednom místě a každý zainteresovaný investor k nim měl přístup a mohl tak sledovat, jak jsou využity jeho vložené prostředky. Úložiště obsahovalo více než 2,3 TB dat. K datům mělo přístup přes 1500 subjektů a bylo zde uloženo více jak 280 000 dokumentů. (15)



Obrázek 24 - KVMRT dráha Malajsie

[https://www.bentley.com/cs/project-profiles/2017/mrt-corporation\\_klan-valley-line](https://www.bentley.com/cs/project-profiles/2017/mrt-corporation_klan-valley-line)

### 3.1.6 Katar

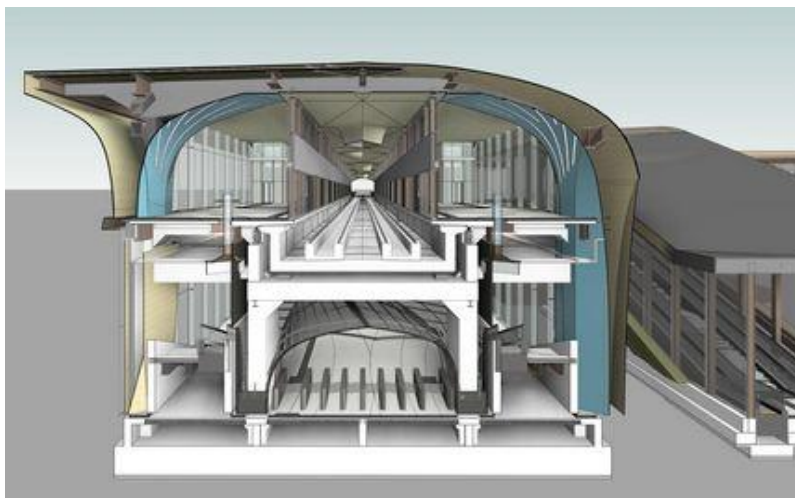
Ve státu Katar a v jeho hlavním městě Dauhá se jedná o stavbu nového metra, a sice Green line a Red line. Jedná se o jednu z největších staveb na Blízkém východě realizovanou právě v BIM. Pro projekt bylo vyhotoveno opět centrální úložiště CDE, na kterém subjekty komunikovaly, předávaly si data a shromažďovaly informace o stavbě. Na úložišti byl vyhotoven 4D model stavby tak, aby každý investor měl přehled o tom, jak bude výstavba

---

<sup>6</sup> Rychlostní linka Městské hromadné dopravy ve městě Kuala Lumpur – Hlavní město Malajsie



postupovat. Díky Autodesk Navisworks byly detekovány veškeré kolize v projektu. Byl vyhotoven BEP, důležitý článek při pilotních projektech. (16)



Obrázek 25 - model metra Dauhá

<https://www.modelical.com/en/records/red-line-south-doha-metro-architectural-finishes-bim-modelling/>

### 3.2 Dopravní simulace

Dopravní simulace jsou nástrojem pro analýzu mikroskopických či makroskopických modelů. Vytváříme je pomocí SW od společnosti PTV, konkrétně programy Vissim nebo VISUM. Pomocí programu Vissim můžeme modelovat situace jak v extravilánu, tak v intravilánu. Jde především o výzkum propustnosti komunikací, skladbu dopravního proudu, kapacity křižovatek či parkovišť. V něm můžeme vytvářet signální plány, ať už statické nebo dynamické, pro řízení dopravy na křižovatkách. Na těchto křižovatkách je možné měnit uspořádání, počty jízdních pruhů, přechody pro chodce atd. Můžeme zde modelovat dopravu MHD, ať už se jedná o autobusy, metro či tramvaje. V tomto případě se jedná například o simulace výstupu a nástupu osob do soupravy či kapacitu nástupišť nebo možnou evakuaci osob z nádražních budov. Při návrhu komunikací je zde možné navrhnout přednosti v jízdě, stop značky apod. Na komunikace je také možné umístit několik typů detektorů, které nám poskytnou bližší data o chování vozidel v jízdních pruzích. Jedná se například o výpočet délky kolon, úsekového měření rychlosti, zdržení, počet vozidel za čas, emise nebo směrové vedení vozidel. Jedná se o velmi propracovaný program, který nám zprostředkuje reálnou situaci v dopravě. Nastavujeme zde rovněž počet vozidel na vstupu do komunikace a jejich směrové vedení. Vozidla na vstupu jsou dělena na několik skupin. Jedná se například o osobní vozidla, lehká nákladní, těžká nákladní, dodávky, autobusy, motorky, cyklisty atd. Je pouze na tvůrci modelu, jak si skladbu dopravního proudu vytvoří.

Jako výchozí program pro získání dat pro simulaci ve Vissim se využívá program VISUM. Ten slouží jako makroskopický model. Získáme z něj data o intenzitách na vjezdech a také z něj zjistíme směrování vozidel. Na základě získaných dat poté tvoříme dopravní simulaci ve Vissim.

### **3.3 Infrastrukturní stavby**

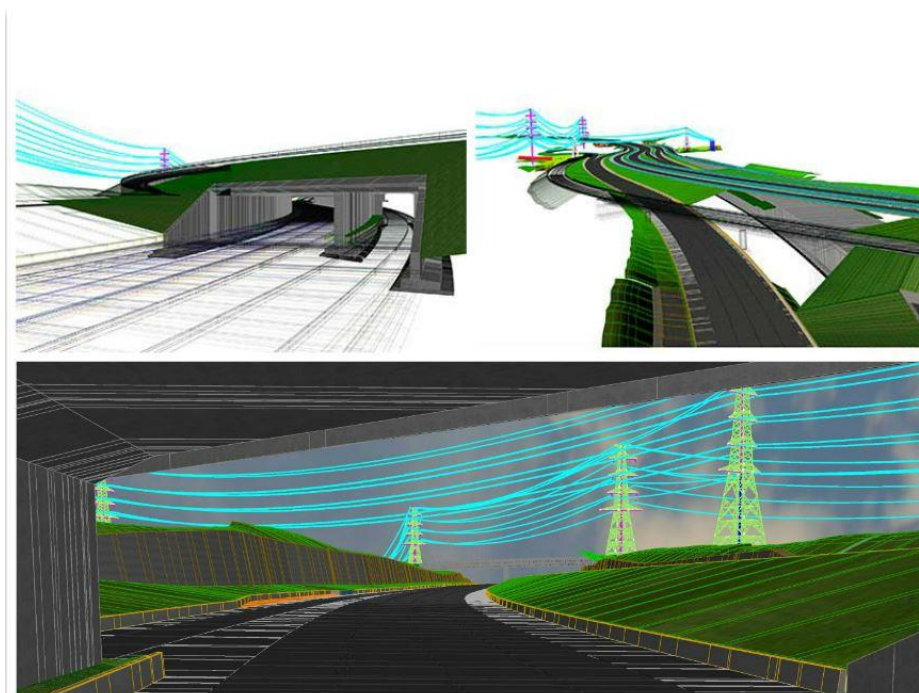
Je velkým problémem nalézt stavby projektované v BIM, které byly zároveň později využity při dopravních simulacích. Bohužel na území ČR takový projekt zatím vůbec neexistuje. I při vytváření nových projektů, které nejsou projektovány v BIM se můžeme setkat s vytvářením dopravních simulací až po otevření nové komunikace. V ČR dnes probíhají pouze pilotní projekty využívající BIM, u kterých se vůbec neuvažuje s jejich propojením se SW podporujícím dopravní simulace. V ostatních státech se setkáme s vizualizacemi, které jsou zpracovány v BIM a jsou v nich vidět pohybující se vozidla. Nicméně i to je velmi zavádějící. Tyto vozidla hrají roli jakési „dekorace“ a jejich pohyb je vytvořen pouze různými animacemi, které nesimulují reálnou dopravní situaci. Nicméně při zpracování této práce jsem nenalezl žádný projekt BIM, u kterého by objednavatel poptával i dopravní simulaci, která by zobrazovala stavbu v průběhu času výstavby a její vliv na okolí. V dalších kapitolách budou přiblíženy projekty, které popisují využití BIM v dopravní infrastruktuře ve světě. Tyto projekty byly vyhotoveny ve 4D dimenzi a do vizualizací byly pro ilustraci přidány animace vozidel.

#### **3.3.1 Švédsko**

Švédský projekt E4 Stockholm Bypass je dnes jednou z největších infrastrukturních staveb v Evropě realizovaných pomocí BIM. Jedná se o stavbu, která propojí jižní a severní část města Stockholm. Objednavatelem této stavby je ministerstvo dopravy Švédska (STA). Stavba byla zahájena v roce 2015 a plně dokončena by měla být v roce 2026. Jedná se o tunelový komplex v délce 21 kilometrů, z čehož 18 km bude vedeno pod zemí. Výhledově má v roce 2035 nový komplex využít až 140 tisíc vozidel denně. V každém směru budou tři jízdní pruhy. Zajímavé je porovnání s pražským tunelem Blanka. Ten je navržen ve většině jako dvoupruhový, přitom aktuální intenzita provozu zde dosahuje až 90 tis/voz/den (17), což je limitní stav. Stockholm má několikanásobně lépe propracované řízení dopravy ve městě, a i přesto buduje 3 pruhový tunelový komplex. Zde Praha udělala zásadní chybu a vzhledem k narůstajícím intenzitám měl být tunel Blanka rozhodně navržen ve stejném uspořádání. Probíhající stavba ve Stockholmu uleví všem nadzemním komunikacím. Součástí stavby jsou dvě velké křižovatky s navazujícími dálnicemi E4 a E18 a úprava komunikací v délce 14 kilometrů a 4 kilometry tunelových přivaděčů. Celkem bude vystavěno 6 křižovatek.

Projektovaná rychlost je mezi 80 a 100 km/h. Tunel bude vybaven veškerou moderní technologií zajišťující maximální bezpečnost provozu. Na provoz bude dohlížet 24/7/365 několik desítek kamer CCTV. (18)

Tohoto projektu se účastní největší švédské projekční firmy AF a AECOM. BIM byl vyhotoven díky BIM Bentley solutions. Dalšími zúčastněnými firmami jsou Skanska, Bravida nebo Strabag a vizualizace dat IFC je vidět na obrázku 26. Jedná se o velmi složitou stavbu, kde některé části tunelů jsou až 100 metrů pod zemí a vedou pod mořským dnem. Na projektu spolupracovalo více než 600 projektantů z 20 odvětví z 9 zemí světa. Tento megaprojekt potřeboval kvalitní spolupráci napříč všemi odděleními, což zajistilo společné datové úložiště CDE. Na něm bylo uloženo více než 50 tisíc dokumentů a dílčích projektů. Stavba byla projektována v 5D dimenzi. Díky několika programům se předešlo kolizím, zdržením, chybám atd.



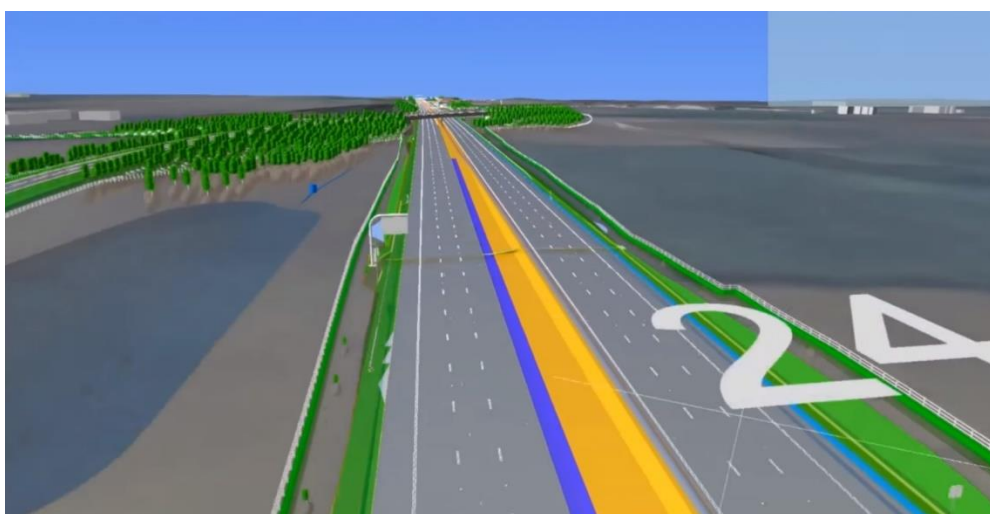
Obrázek 26 - BIM Stockholm Bypass

[https://communities.bentley.com/communities/other\\_communities/be\\_inspired/b/be\\_inspired\\_blog/posts/stockholm-bypasses-traffic-congestion-tag-tbt](https://communities.bentley.com/communities/other_communities/be_inspired/b/be_inspired_blog/posts/stockholm-bypasses-traffic-congestion-tag-tbt)

Bohužel u tohoto projektu jsem nebyl schopen nalézt informace o tom, jestli během stavby využili dopravní simulace ve spojení s BIM. I přes několik zaslaných e-mailů a telefonátů adresovaných společnosti AECOM, jsem bohužel odpověď o využitých technologiích a případném využití dat pro dopravní simulace neobdržel.

### 3.3.2 Velká Británie

Zde se jedná o dálnici A1 ve Velké Británii zobrazenou na obrázku 27. U tohoto projektu byla snaha o vytvoření komplexního 6D modelu. Při tvoření projektu bylo využito několik programů od společnosti Autodesk jako Civil 3D, Revit, AutoCAD nebo Navisworks. Opět jako při každé stavbě v BIM bylo využito CDE, zde od společnosti Autodesk, konkrétně BIM 360 obsahující přes 330 informačních modelů a 250 designových a konstrukčních pravidel. Díky BIM byl celý model projektu vyhotoven ještě před zahájením výstavby. Tím pádem se předešlo kolizím a zpožděním na stavbě, protože díky lepším informacím na jednom místě byla práce lépe organizovaná. (19) Je deklarováno, že díky BIM dosáhly úspory přes 1 mil liber.



Obrázek 27 - BIM A1

<http://www.infrastructure-reimagined.com/bim-on-the-a1m-leeming-to-barton>

Nicméně ani v tomto případě jsem nebyl schopen nalézt jakékoliv další využití modelu projektu pro dopravní simulace. Tyto informace jsem se opět snažil získat kontaktováním společnosti AECOM, avšak bohužel bez výsledku.

### 3.3.3 Slovinsko

Příklad z jižní Evropy dává za pravdu tomu, že technologie BIM se postupně rozšiřuje a je o ni čím dál větší zájem. Zde se jedná o tunel Karavanke na hranici Rakouska a Slovinska. Tunel je dnes pouze jednotubusový a jeho kapacita nevyhovuje dnešním potřebám zejména v období letních prázdnin. Dochází zde denně ke kongescím, ve kterých se můžete zdržet i hodiny. I proto se rakouský ASFINAG a slovinský DARS rozhodli pro výstavbu druhého tubusu. Byla jimi oslovena společnost Elea.ic a na obrázku 28 je vidět vizualizace dat IFC.

Při tvorbě modelu bylo použito opět uložiště CDE. Byla zde využita výměna informací až v 5D dimenzích čili k dispozici byly údaje o časovém harmonogramu a nákladech na stavbu. Jelikož se jedná o pilotní projekt obou zemí, byl vyhotoven BEP. Všechny dílčí modely, ať už se jedná o zemní práce, elektrické sítě, vodovody, odvodnění, telekomunikace, samotný povrch atd., byly vloženy do jednoho komplexního informačního modelu a byl vytvořen formát IFC, který obsahoval data v 5D. Při této stavbě bylo rovněž využito LiDARu, díky kterému byly získány přesné informace o okolním terénu. (20)



Obrázek 28 - Karavanke Tunnel

<http://www.infrastructure-reimagined.com/karavanke-tunnel/>

Bohužel ani v tomto případě jsem nenalezl žádné informace o propojení tohoto projektu s dopravní simulací. Ve vizualizačních videích jsou pouze pohybující se vozidla, která byla samostatně přidána a jejich pohyb je pouze výsledkem různých animací. I přes několik zaslaných e-mailů a hovorů se odpovědi o využitých technologiích při vizualizaci vozidel nedostavily.

### 3.3.4 Nizozemsko

Dalším státem, který je v oblasti BIM pokročilý je Holandsko. Zde se rozhodli BIM využít například při přestavbě historického tunelu, který vedl pod Kanálem severní cesty. Denně ho využije přes 65 tis. vozidel. Během rekonstrukce byl kompletně uzavřen po dobu 9 měsíců, proto nepřicházela v úvahu žádná zdržení přestavby. I proto se rozhodla vláda pro využití technologie BIM. Byl vyhotoven 5D model, který byl opět jako v několika předchozích

příkladech vyhotoven před samotnou stavbou. Bylo zřízeno úložiště CDE, které pomáhalo při komunikaci a revizích v modelech. Celý projekt byl nakonec díky BIM postaven ještě dříve a ušetřilo se nemalé množství finančních prostředků, než kdyby se stavělo původní metodou. Byla to jedna z prvních staveb v Nizozemí, která se týkala BIM. Bohužel ani v tomto případě nebyla nalezena informace o využití dat pro dopravní simulace.

### **3.3.5 Estonsko**

Estonsko je státem, který je vzorem v několika ohledech pro ostatní malé země. Zde už vyhotovili několik projektů v BIM. Jejich oficiální stránky zřízené vládou jsou krásně přehledné a poskytují mnoho informací o jejich stavbách. Je to také jediný subjekt, od kterého se mi dostalo reakce na zaslané e-maily. Díky této komunikaci jsem se dozvěděl, že v dnešní době je téměř nemožné propojit simulace s BIM. Při zhlédnutí jejich videí jsem měl možnost vidět pohybující se vozidla po dálnicích. Proto mé otázky na ně se týkaly právě toho, jak tyto modely vytvářejí. Bylo mi odpovězeno, že tyto vozidla tam jsou přidána pouze pro ilustraci a jejich pohyb je veden po předem nastavených bodech na dálnici. Nejednalo se tedy o žádné dopravní simulace, které by zohledňovaly intenzity, rychlosti a další charakteristiky reálného provozu.

### **3.3.6 Česká republika**

V České republice se zatím nedá mluvit o již zavedené technologii. Nicméně díky zapálené práci odborníků a koordinaci SFDI se podařilo uskutečnit několik pilotních projektů ze kterých jsou získávány zkušenosti a informace. Samozřejmě dnes je na každém zhotoviteli, jak si daný projekt realizuje. Nicméně pilotní projekty jsou právě řízeny objednavatelem, což je v České republice v silniční dopravě ŘSD a v železniční dopravě SŽDC. Co se týče silničních staveb, tak největším projektem, který by měl být vyhotoven v BIM, je silnice I/42 – VMO Žabovřeská. Dalšími menšími projekty jsou úprava křižovatky I/32 a II/125 na exitu dálnice D11 (přestavba na okružní křižovatku) a modernizace D1 na úseku 04 (stavby SO 04-221 a SO 04-151). Co se týče železničních staveb, tak prvním pilotním projektem je stavba Rekonstrukce nástupišť a zřízení bezbariérových přístupů v ŽST Roudnice nad Labem. Dalším projektem je stavba Zkapacitnění trati Nymburk – Mladá Boleslav. Největším projektem je pak Modernizace trati Rokycany – Plzeň. Součástí této stavby je nejdelší tunel v ČR, Ejpovický tunel. Celá tato stavba je projektována v BIM. (21)Všechny tyto stavby slouží především ke sběru informací a zkušeností při využití této nové technologie.

Důležité je, že obě tyto státní firmy jsou nové technologii výrazně nakloněny a jsou připraveny všechny stavby připravovat právě touto technologií. Hlavním cílem pro tým SFDI je nyní dokončit všechny metodiky a datové standardy, aby každá firma mohla mít jasně daný postup toho, jak má při práci postupovat a jaké softwary využít, aby jejich odhodlání vstoupit do světa BIM nebyla rušena tím, že v nich bude převládat strach z investic, které musí vynaložit.

### **3.4 Shrnutí**

Výsledkem této rešerše je bohužel důkaz o neexistujícím propojení mezi BIM a dopravní simulací. Bylo nalezeno několik projektů realizovaných v BIM. Žádný z nich ale nesplňoval daná kritéria. Vozidla pohybující se vizualizaci byly pouze dekorací, které zde byla přidána účelově a jejich pohyb je pouze animace pohybujících se vozidel po předem nastavených křivkách. Kdyby tuto možnost využili, mohli by analyzovat vliv stavby na dopravu v okolí a jaké následky by nové uspořádání komunikací mělo vliv na propustnost komunikací. To vše díky informacím obsažených v modelu BIM. Je vidět, že většina států metodu BIM používá především pro testování této technologie a využívá je pro získání zkušeností pomocí pilotních projektů, které v současnosti realizují. V další kapitole se toto propojení budu snažit analyzovat a upozornit na výhody či nevýhody, které by tato výměna poskytla.

## 4 BIM a SW pro dopravní simulace

Cílem této kapitoly je potvrdit či vyvrátit výsledky předchozí rešerše. Je nutné ověřit zda-li dnes dostupné softwary pro dopravní simulace umějí s BIM pracovat a jestli umožňují import těchto dat do daného programu. Základem snahy o toto propojení byla data od společnosti SKANSKA a.s. Jedná se o data o nové dálnici D4, úsek Skalka – II/118, délky 4,788 km, kategorie R 22,5/80. Předpokladem je využití těchto dat pro analýzu vlivu této stavby na okolí v průběhu její realizace. Díky BIM, který obsahuje harmonogram stavby je možné z tohoto projektu vygenerovat několik časových úseků výstavby a ten následně vložit do software pro dopravní simulace a v něm provádět analýzy vlivu stavby na dopravu. Díky tomuto propojení bychom získali informace o zdrženích, délkách kolon či době jízdy. Zjistili bychom, jestli je nová stavba a s ní související dopravní omezení a výstavba nových komunikací, připravena na špičkové hodnoty intenzit dopravy. Také jde ale o ušetření dnů práce při vytváření silniční sítě v SW. Dnes je nutné celou síť kreslit ručně pouze na základě mapových podkladů. S existencí BIM modelů bychom již jednoduše vzali hotový projekt a v něm bychom rovnou mohli provádět analýzy. Celý tento proces, od generování dat IFC z BIM až po vkládání dat do SW pro dopravní simulace, je popsán v následujících bodech.

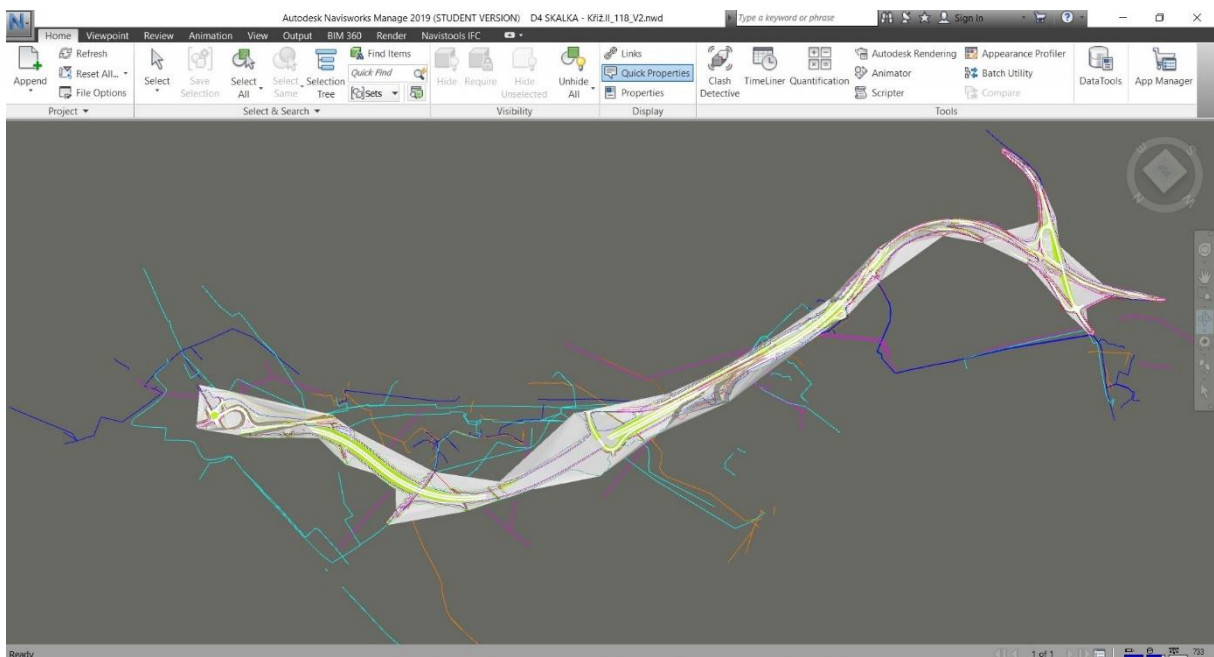
### 4.1 Autodesk Navisworks

Získaná data z dálnice D4 byla ve formátu NWD. Jedná se o formát programu Navisworks od společnosti Autodesk, který lze získat ve studentské verzi zdarma. V plné verzi je k dispozici za 2 175 dolarů na rok, což je v dnešním kurzu něco přes 45 tisíc CZK. Formát NWD je publikační formát, který obsahuje veškeré funkce pro vizualizace modelu BIM. Na obrázku 29 je k dispozici náhled celého modelu dálnice D4. Ten obsahoval informace o skupinách elementů:

- původní terén,
- dešťová kanalizace,
- vodovody,
- meliorizace,
- propustky,
- elektrické sítě,
- telekomunikační sítě,
- drenáže,
- svodidla,



- římsy,
- protihlukové stěny,
- mostní konstrukce,
- terén,
- podkladní beton,
- vozovka,
- krajnice,
- frézování,
- Atd.



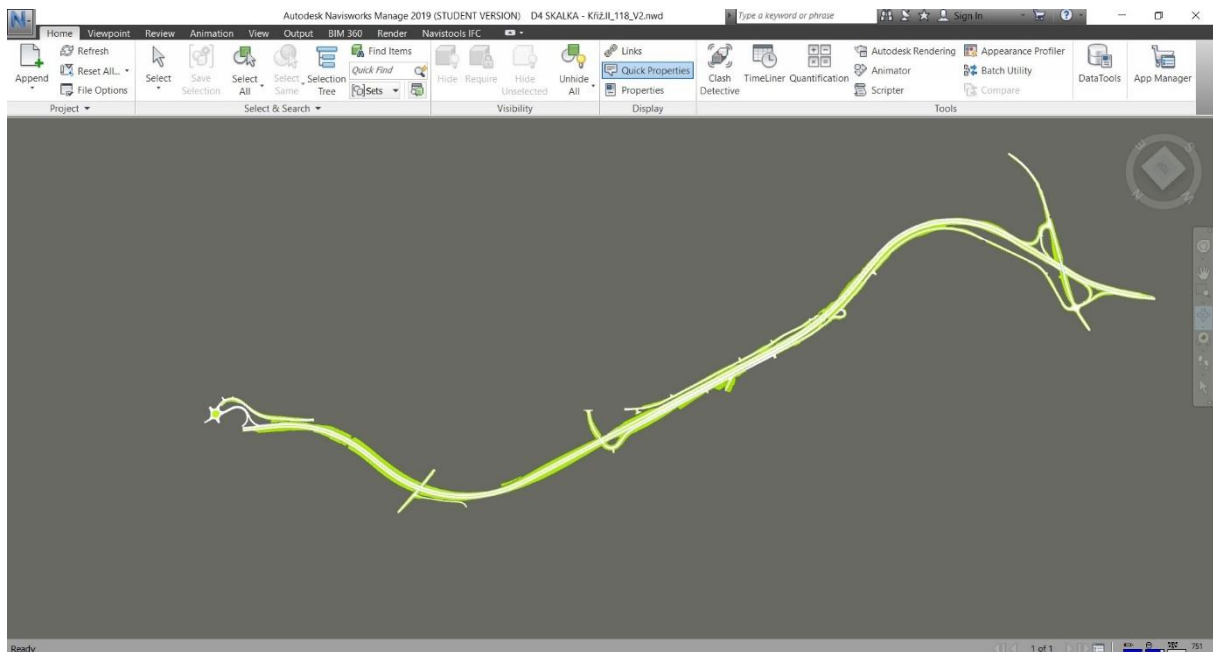
Obrázek 29 - Kompletní model - Autodesk Navisworks  
Skanska a.s.

Co se týče dopravních simulací, bylo zbytečné se všemi těmito skupinami zabývat. I proto bylo nutné se s programem důkladněji seznámit a zjistit, jak si vyfiltrovat jen to potřebné pro vytvoření nutného formátu IFC, který by bylo vhodné propojit se SW pro dopravní simulace. V počátcích výzkumu bylo definováno 10 hlavních skupin elementů, které byly pomocí funkcí Selection Tree a následných uložených Sets (pohledů) uloženy do výběru pohledů (sets selection). Tyto pohledy mohly být následně exportovány do formátu IFC potřebného pro výzkum propojení se SW pro dopravní simulaci. Vybranými skupinami elementů byly:

- krajnice,
- vozovka,
- terén,

- římsy,
- mostní konstrukce,
- nosný kámen,
- pilíř,
- protihlukové stěny,
- středový terén,
- svodidla.

Na obrázku 30 vidíme kompletní vyfiltrovaný model, tedy výběr pohledů.



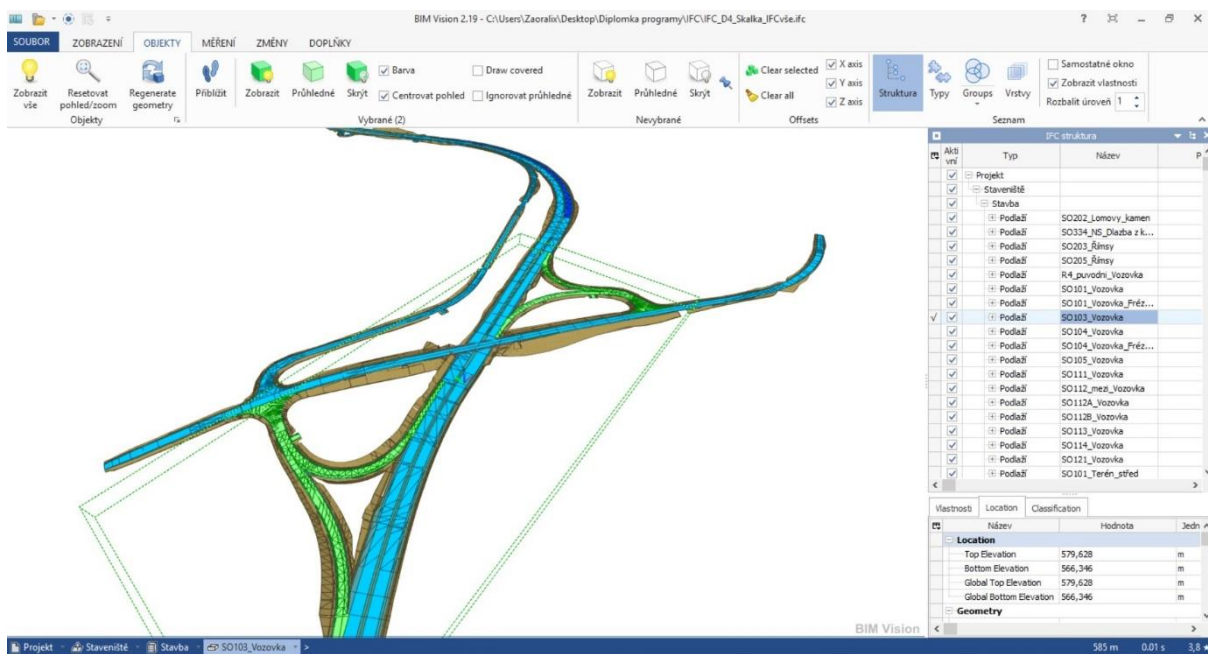
Obrázek 30 - Vyfiltrovaný model - Autodesk Navisworks

Skanska a.s.

#### 4.1.1 Export IFC

Z tohoto vyfiltrovaného modelu bylo cílem zjistit, jak celý tento model exportovat do formátu IFC, tedy formátu shromažďujícího veškeré informace o projektu. Autodesk Navisworks umí data do IFC exportovat pomocí Codemill IFC exporteru, který je dostupný i ve studentské verzi zdarma. V jiném případě je tento produkt za poplatek 500 euro na jedno zařízení. Pro jeho zřízení na studentské verzi je potřeba vyměnit si několik e-mailů s pracovníkem udělující licence. Ten je schopen poskytnout užitečné rady a vysvětlit, jak s programem pracovat. Díky získaným radám byly úspěšně exportovány jak všechny vyjmenované skupiny elementů dohromady, tak každá skupina elementů zvlášť.

Díky exportu bylo získáno několik desítek souborů IFC. Následně bylo důležité zjistit, jak tato data vlastně zobrazit. Díky nulovým zkušenostem s daty IFC proto bylo nutné nalézt jednoduchý program na vizualizaci dat IFC. Na základě provedené rešerše byl nalezen program BIM Vision. Ten postačil na jednoduchou vizualizaci dat IFC, kterou vidím na obrázku 31.



Obrázek 31 - BIM Vision - sjezd II/118  
Skanska a.s.

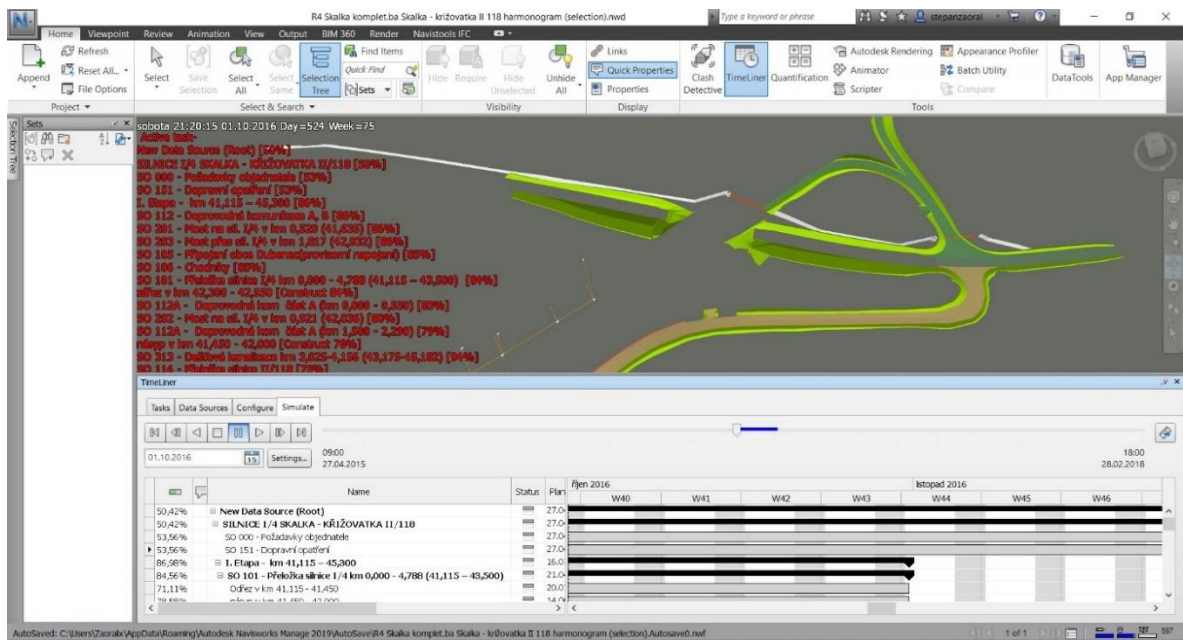
#### 4.1.2 5D simulace Navisworks

Informační modelování staveb umožňuje shromažďovat informace až do dimenze 6D. Autodesk Navisworks poskytuje možnosti pro tvorbu až 5D modelu. Tedy s plným časovým plánem a dílčími náklady na stavbu. Časový plán může být vytvořen jednoduše pomocí funkce TimeLiner v programu Autodesk Navisworks. Zde se jednoduše pomocí uložených Sets generuje harmonogram. Může se jednat, jak o jednoduchou simulaci průběhu stavby, tak o propracovanou vizualizaci celého průběhu stavby. Jednoduše ke každé sledované skupině elementů přiřadíme začátek a konec stavby. Z toho poté vyplývá celková doba výstavby každé skupiny elementů. Program nám během vizualizace nabídne i informaci o míře dokončení výstavby jednotlivých skupin elementů. Můžeme tak sledovat průběh celé stavby se všemi vysvětlivkami a podrobnými informacemi. K těmto informacím umí Navisworks přiřadit rovněž i údaje o nákladech. A to o:

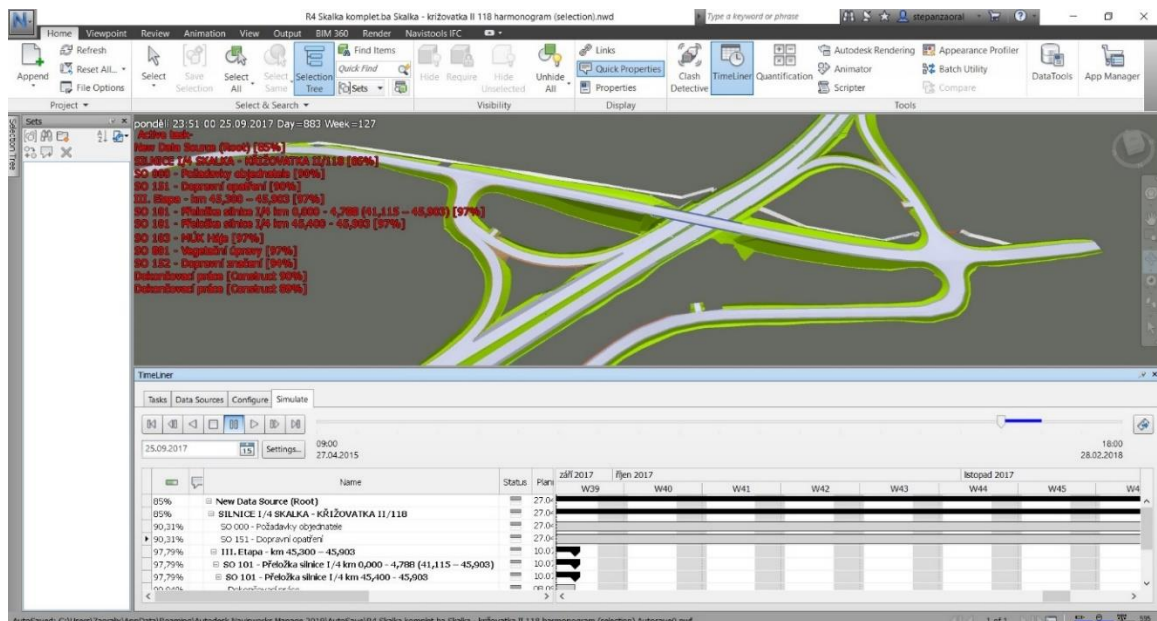
- Nákladech na materiály,
- mzdových nákladech,

- nákladech na vybavení,
- nákladech na subdodavatele,
- celkových nákladů.

I proto je součástí této práce vytvoření modelu 4D. Bylo samozřejmě i možné vytvoření modelu 5D, nicméně díky chybějícím údajům o nákladech, byla tato funkce vynechána.



Obrázek 32 - Simulace 4D 1.10. 2016 - Autodesk Navisworks  
data od Skanska a.s.



Obrázek 33 - Simulace 4D - 25.9.2017 - Autodesk Navisworks  
data od Skanska a.s.

Na obrázku 32 a obrázku 33 je zobrazena simulace 4D z programu Navisworks. Porovnání situace z října 2016 a září 2017. Je vidět rovněž procentuální výkaz prací a fáze výstavby.

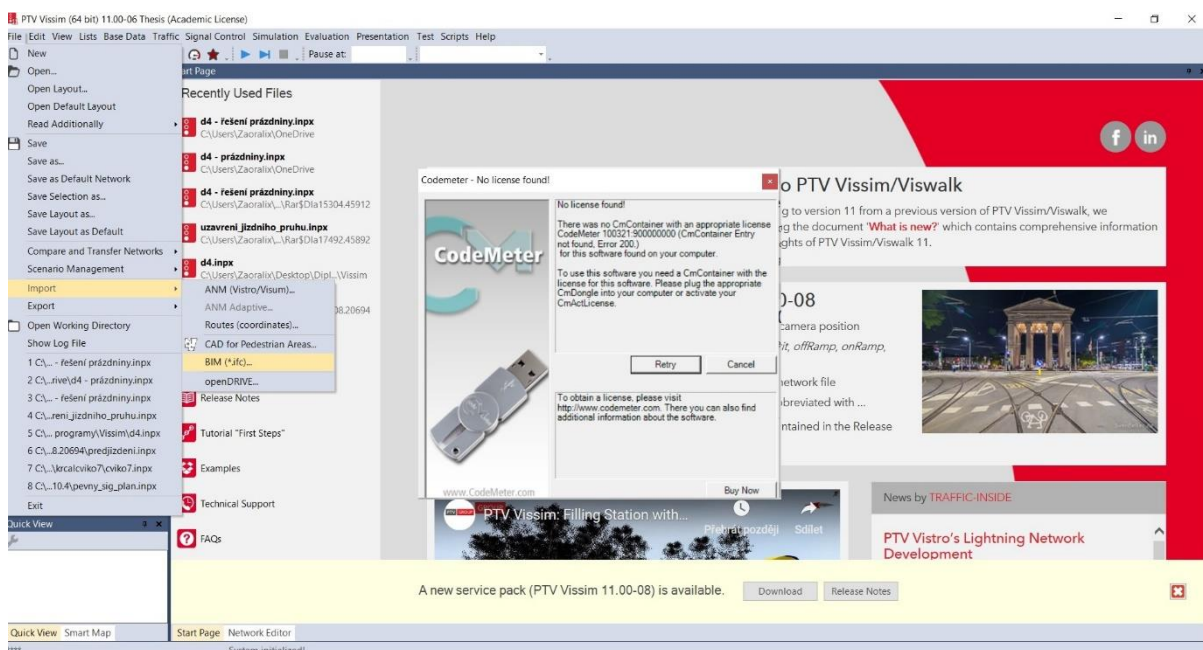
## **4.2 Import IFC do SW pro dopravní simulace**

BIM je technologií novou a poměrně neznámou, a proto také neexistuje mnoho softwarů, které by s ním uměly pracovat. Cílem kapitoly bylo propojit data IFC vycházející z BIM, která byla vytvořena v Navisworks, se softwary pro dopravní simulace. Během objevování možného propojení dat IFC s dopravními simulacemi bylo nalezeno několik softwarů, které by mohly požadované kritérium splnit. Bylo ale velmi složité se dopátrat manuálů či návodů k tomu, jak data IFC dále zpracovat a použít v dopravních simulacích. Na začátku výzkumu se ale objevil problém, který si vyžádal několikátýdenní řešení, nespočet napsaných e-mailů s firmami poskytující SW dopravních simulací, nespočet nevydařených pokusů o import do SW a bohužel ani jedna pozitivní zpráva ohledně informací o propojení IFC a dopravní simulací.

### **4.2.1 VISSIM**

Jako první software byl zvolen VISSIM od německé společnosti PTV. Jedná se o jeden z nejlepších programů na dopravní simulace. I vzhledem k tomu, že tento program nabízí hned v úvodním menu cestu na propojení BIM a VISSIM. Na získané studentské licenci ovšem tato možnost v cestě File -> Import -> BIM(.ifc) byla neaktivní (nepřístupná). Nicméně dalším krokem byla snaha zjistit, jak tento modul zpřístupnit pro studentskou licenci. Po rešerši na internetu a kontaktování firmy PTV bylo zjištěno, že tato varianta je zpoplatněná a to poplatkem 300 euro na jednoho uživatele. Nejedná se o závratnou částku, nicméně cílem bylo dosáhnout tohoto rozšíření zdarma. Díky několika doporučením byla nalezena švédská firma AF-Cityplan, která se zabývá dopravními simulacemi. Od této firmy mi byly poskytnuty informace o propojení BIM se softwarem VISSIM. Bylo mi sděleno, že s touto technologií prozatím zkušenost nemají a nevyužívají ji a rovněž ji nemají ve Vissim přístupnou. Tato firma ale byla velmi zaujata mou otázkou a rozhodla se o přímou komunikaci s PTV, aby mi poskytla podrobnosti o tomto propojení. Později jsem byl vyrozuměn, že modul pro propojení IFC a simulací je možný pouze po zakoupení pro jedno zařízení za již předem zmíněnou cenu nebo zakoupením modulu pro celou firmu. Na základě schůzek s vedoucím projektu pro dopravní plánování a simulace v AF-Cityplan mi byla nabídnuta spolupráce s firmou AF-Cityplan a následně mi bylo zprostředkováno zakoupení modulu pro účely této studentské práce.

Vyřízení takového modulu neproběhlo ze dne na den, ale během jednoho měsíce mi mělo být umožněno vložit data IFC do VISSIM. Během této doby byla vydána aktualizace firmy VISSIM. Zajímavé je, že se tak stalo po zaslání desítek e-mailů jak z mé strany, tak ze strany AF-Cityplan. Nicméně i poté, co byl modul zpřístupněn ve studentské verzi nebylo možné data otevřít. Neustále se při otevírání nového souboru objevovalo chybové hlášení zobrazené na obrázku 34.



Obrázek 34 - Import BIM  
PTV Vissim

Zajímavé je, že firma PTV neposkytla k tomuto novému možnému importu žádný podrobnější manuál. Na jejich stránkách nebyly žádné informace o tom, jak během tohoto importu postupovat. Data IFC jsou velmi komplexní a není rozhodně jednoduché je otevřít v jiném programu než v SW od Autodesk. Vzhledem k tomu, že se jedná o úplně novou technologii, zasloužilo by si toto nové téma určitě větší prostor i proto jaký má obrovský potenciál. Protože další postup práce byl znemožněn, bylo nutné vyčkat na začátek mé spolupráce v AF-Cityplan.

Hned při nástupu do AF-Cityplan mi bylo umožněno data IFC do VISSIM vložit. Nicméně i přes veškeré vložené naděje nebyl tento import možný. I díky strohým informacím společnosti PTV o možném importu bylo čím dál pravděpodobnější, že tento import nebude možný. Byly otestovány všechny možné varianty exportovaných IFC dat z Autodesk Navisworks. Všechny skončily hláškou ERROR. Bylo nutné zjistit, proč tahle možnost není k dispozici. Nakonec po

další komunikaci s PTV bylo mi bylo sděleno, že v současné době lze využít import IFC pouze pro jiný program s názvem VISWALK od společnosti PTV. V tomto programu je možné simulovat pohyb osob uvnitř objektů. V tuto chvíli tedy podle PTV není možné propojit infrastrukturní stavbu vytvořenou v BIM s VISSIM. Nakonec mi bylo ještě sděleno, že funkcionality propojení infrastrukturních projektů v IFC s Vissim bohužel není v tuto chvíli ani jejich prioritou.

Dle mého názoru je ovšem tento závěr velmi nešťastný. I díky postupující digitalizaci bude nutné k tomuto kroku program připravit. Od roku 2022 má být každý projekt infrastrukturní stavby v ČR připravován právě v BIM. Další státy se budou postupně připojovat nebo budou mít implementaci zařazenou do zákona již dříve. Díky informacím v předchozích kapitolách je zřejmé, že díky BIM a dimenzi 4D máme stavbu rozvrženou do několika časových úseků a díky exportu dat bychom dílčí data z harmonogramu stavby jednoduše mohli vložit do Vissim a zde provádět dopravní simulace. Jednoduše bychom takto z harmonogramu stavby exportovali například 4 IFC data z různého časového období výstavby. Ty bychom následně mohli vložit do Vissim a analyzovat různé dopravní situace. Mohli bychom takto využít několik dopravních simulací a odpovědět tak na otázku, zdali bude mít úprava komunikací v okolí stavby vliv na okolí. Mohla by se analyzovat propustnost nových komunikací, uspořádání nové okružní křižovatky, přizpůsobit délku signálních plánů atd. Územní správa by se tak mohla lépe připravit na řízení dopravy v místech omezení. Kdyby se poté našly chyby a byl by zjištěn nevyhovující stav, muselo by dojít ke změně v harmonogramu nebo upravení podoby nových komunikací. Dnes se tato situace řeší až při případných komplikacích po zahájení výstavby. Kdyby se tato varianta řešila před zahájením výstavby, došlo by k výraznému snížení rizik spojených s dopravními kongescemi a z nich plynoucí zdržení, zhoršení kvality vzduchu, ztráta finančních prostředků, ale hlavně neustálá nespokojenost řidičů s dopravní situací v okolí jejich bydliště. Program Vissim, který je dle mého názoru na práci výborný určitě takovou možnost musí během několika let zprostředkovat. Není možné postupovat tak jako je tomu v současnosti, že se budou překreslovat mapové či obrázkové podklady.

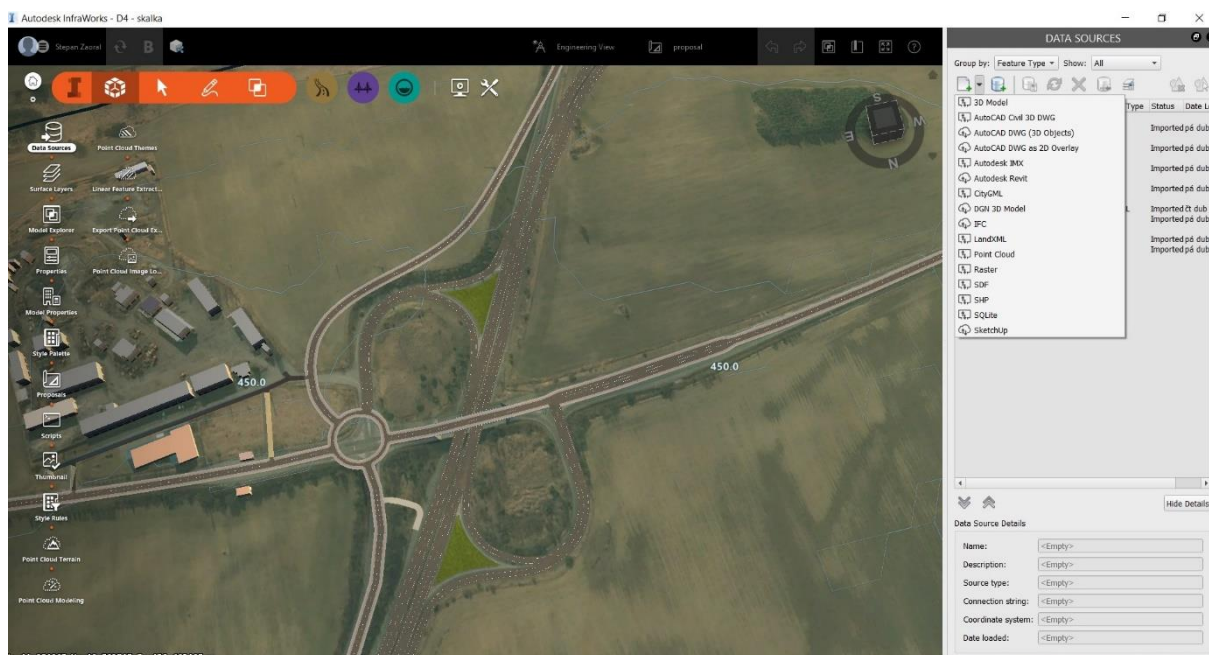
#### **4.2.2 Infracore**

Prvním krokem, který bylo nutné učinit po negativních výsledcích v softwaru VISSIM, bylo nalezení jiného programu, který by propojení dat IFC s dopravními simulacemi umožnil. Software Infracore od společnosti Autodesk toto kritérium po přečtení několika manuálů a zhlédnutí tutoriálů, viditelně prokazoval. Nicméně bylo opět nutné se se softwarem důkladně seznámit. Po prvních dnech jsem zjistil, že práce s Infracore nebude zrovna jednoduchá. Tento program má mnoho funkcí a uživatelské rozhraní není zrovna přívětivé.

Tento software poskytuje dvě možnosti tvorby dopravních modelů. První variantou je vložení dat do prázdného modelu. Druhou variantou je vkládání dat do modelu, který vám program sám vygeneruje, pomocí tzv. Model Builder.

První varianta se na první pohled zdála vhodnější. Infracad nabízí import široké škály formátů s kterými můžete později pracovat. Jedná se o následující formáty, které jsou k vypsání i na obrázku 35:

- 3D model (.3ds, .fbx, .dae, .dxf),
- Autocad Civil 3D, Autocad 2D,3D,
- IMX, REVIT,
- LandXML,
- Bodová mračna,
- SDF, SHP,
- IFC.



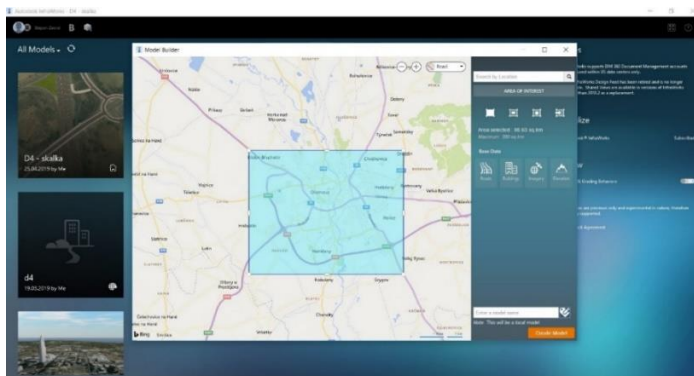
Obrázek 35 - Import dat  
Autodesk Infracad

Nicméně i po shlédnutí několika tutoriálů se mi nepodařilo data IFC do programu vložit. Nebylo možné určit, zda-li je to chybou mou nebo chybou programu. U importovaných IFC dat program vypsál komentář IMPORTED – Vloženo. Bohužel tato data nebyla do modelu vložena. Jediná data, která se do programu podařilo nahrát, byly Autocad 2D výkresy.

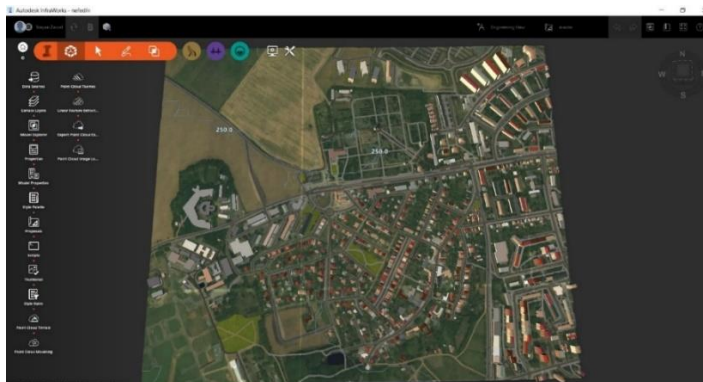


Kvůli výše uvedenému problému jsem následně vyzkoušel i druhou možnost tvoření modelu Infracore v podobě funkce Model Builder. Tato funkce pracuje ve spolupráci se společností BING, která zprostředkovává GIS data celého světa. Principem této funkce je vybrání oblasti současné situace pomocí map BING, kterou chceme podrobit našemu výzkumu. Situace je vidět na obrázku 36, kde je k dispozici podoba okna funkce Model Builder. Může zde být vybrána oblast kdekoli na světě o maximální rozloze 200 km<sup>2</sup>. Tuto oblast poté program sám vygeneruje. Tento proces trvá kolem 15 minut a závisí na velikosti zkoumaného území a složitosti oblasti. Vytvoření modelu celého města může zabrat i několik hodin. O dokončení modelu vás společnost upozorní e-mailem.

Obrázek 35 ukazuje vygenerovaný model pomocí funkce model Builder. Na obrázku 36 a 37 je model celé čtvrti města Olomouc. Vygenerovaný model je skutečně velmi detailní. Ukazuje reálnou situaci uspořádání komunikací nebo umístění budov. Samozřejmě jsou zde jisté nepřesnosti, ale ty si může uživatel sám upravit a vytvořit tak přesnou repliku toho, co se na daném místě vyskytuje ve skutečnosti. V tomto modelu si může každý uživatel dle svých potřeb vytvářet samozřejmě i úplně nové komunikace či vložit data IFC do těchto hotových modelů. Cílem výzkumu bylo tato tvrzení potvrdit.



Obrázek 36 - Model Builder  
Autodesk Infracore



Obrázek 37 - Model čtvrti Neředín - Olomouc  
Autodesk Infracore

Snahou bylo v tomto modelu vytvořit dopravní simulaci. Dopravní simulace v Autodesk InfraWorks ovšem rozhodně nedosahuje kvalit, které nabízí program Vissim. Není zde možné vytvořit simulaci, která by odpovídala potřebám pro kvalitní posouzení komunikace Jediné, co si může uživatel definovat, jsou návrhové rychlosti komunikace a s tím související rozhledy, které mu sám program upraví. Dále je možné nastavit intenzity na vjezdu. Nicméně není možné dopravní simulace dále obohacovat o další funkce. Vytvoření signálních plánů, posouzení kapacity komunikace, parkovišť, projektování MHD atd., tak zůstává doménou právě programu Vissim. Dle instruktážních videí a informací v nich obsažených jsem pochopil, že je ovšem v plánu tyto funkce v programu Autodesk InfraWorks dále přidávat a snad v budoucích letech bude možné vytvořit reálné dopravní simulace i v tomto programu.

Ovšem i dále jsem se snažil do Model Builderu vložit data IFC dálnice D4, které jsem si vytvořil v Navisworks. Bohužel stejně jako v prázdném modelu se mi tento import nepodařil. Jediné, co se podařilo byl import IFC projektů budov, které je možné umístit do modelu.

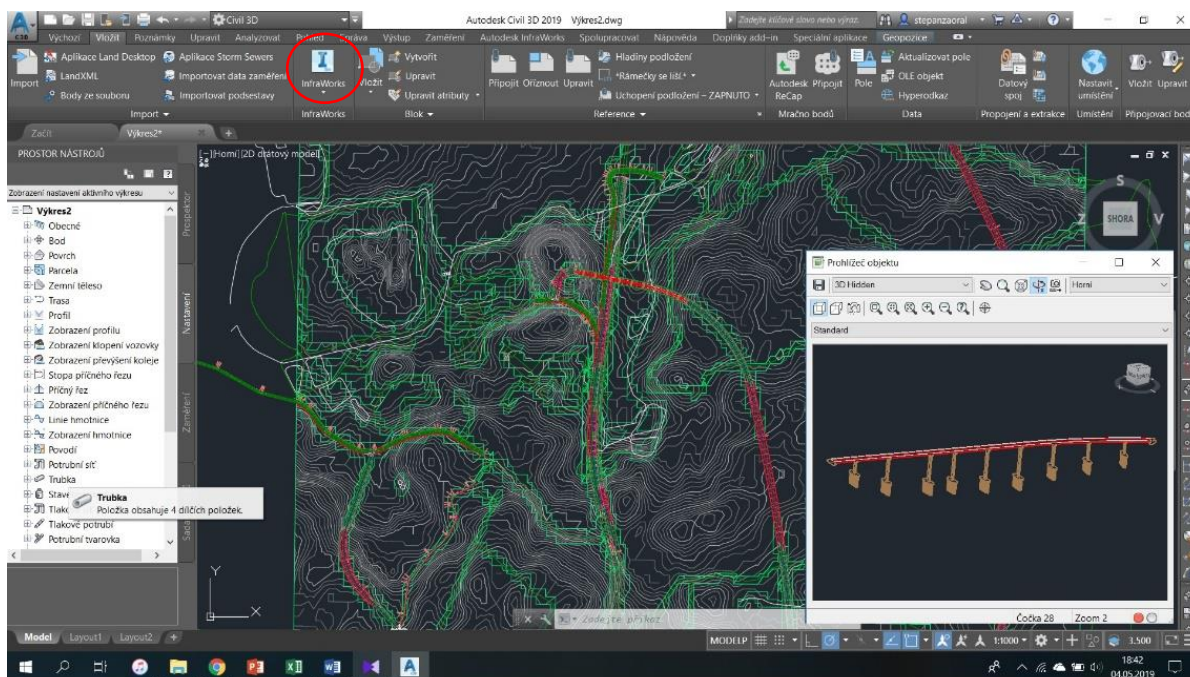
Je ovšem nutné poukázat na další funkce InfraWorks. Jde například o úpravu terénu, tvorbu nových mostů, tunelů nebo komunikací. V Model Builder jsem si vytvořil model současné situace dálnice D4 z roku 2019.



Obrázek 38 - InfraWorks Model  
vytvořeno v InfraWorks

Na obrázku 38 je k dispozici náhled současné podoby dálnice D4 v programu Infracworks. Tento program je v tvoření nových komunikací velmi přehledný. Jednoduše můžete kreslit nové komunikace a program vám ji sám výškově upraví. Na nově vytvořené komunikaci může být vytvořen nový most přes dálnici (červená elipsa). S tím souvisí i možnost posunu pilířů, jejich rozestup nebo i úprava délky mostů, která si můžete sám upravovat podle potřeb. Zároveň, co se týče tvoření nových silnic, program vygeneruje komunikaci v jedné výškové hladině. Vaším úkolem je tuto komunikaci upravit do reálné podoby. Proto je součástí Infracworks i možnost vytvoření tunelů v hlubokém zářezu (červený kroužek).

U tohoto programu je také velmi důležité jeho vzájemné propojení s programem Autodesk Revit a Civil 3D. Do programu Civil 3D je možné importovat váš celý model vytvořený v Infracworks. Civil 3D nabízí úpravy a filtrování různých hladin našeho modelu a detailnější práci s navrženými stavbami, které je nutné upravit do reálné podoby. Bohužel celý tento proces je pro uživatele, který s těmito programy nemá žádné zkušenosti, velmi náročný. Tato problematika by mohla být vzhledem k rozsahu, předmětem dizertační práce. Nicméně díky velkému množství instruktážních videí se podařilo dojít alespoň k dílčím výsledkům.



Obrázek 39 - Civil 3D - import z Infracworks  
Vytvořeno v Civil3D

Obrázek 39 ukazuje možnost importu modelu z Infracworks pomocí jednoduché funkce IMPORT INFRAWORKS (červený kruh). Zde se zobrazí okno, kde se pouze nastaví

souřadnice a model se cca po 2 minutách načte. K dispozici jsou výškové informace a součástí modelu jsou všechny stavby, které byly původně v Infracore vytvořeny. Ke každé komunikaci může být vytvořen příčný řez. To je velmi důležitá funkce, která je díky dostupnosti informací o výšce terénu, jednoduše přístupná. Součástí je rovněž detailní pohled na nově vytvořené stavby mostů či tunelů. Ty mohou být upravovány podle požadavků uživatele. Upravený model v Civil 3D může být opět jednoduše vložen zpět do Infracore, kde lze do modelu případně přidat nové komunikace. Všechny tyto funkce dokazují, jak může být práce s těmito programy přínosná a kolik nabízí možností. Celkový model v Civil 3D může být rovněž exportován do IFC. Takový model bude obsahovat veškeré informace o stavbě, k dispozici je tedy požadovaný BIM model.

### **4.3 Ostatní programy**

Dalším programem, který byl ozkoušen pro potřeby importu IFC byl software OpenRoads ConceptStation od společnosti Bentley. Bohužel tento program mi byl dostupný opět pouze ve studentské licenci. Komunikace se společností byla na velmi vysoké úrovni a dostalo se mi hned několika odpovědí. IFC import pro tuto chvíli není možný nicméně v budoucnu je plánován. Výhodou programu OpenRoads je podobně jako u Infracore jeho propojení s Model Builder, který využívá GIS data. Po vygenerování silniční sítě si můžete svůj model vygenerovat do formátu určeného pro program Vissim, který vygeneruje celou síť a na ní můžeme jednoduše bez dalšího kreslení komunikací rovnou provádět analýzy. I tato varianta způsobuje značnou úsporu času a je to varianta velmi výhodná alespoň po dobu, než bude umožněn import BIM do těchto softwarů. Bohužel tato možnost mi nebyla zpřístupněna, a tak jsem ji nemohl vyzkoušet, vycházel jsem pouze z instrukcí po emailu.

Dalším programem, který jsem vyzkoušel byl program Omnitrans, ten bohužel import BIM vůbec nenabízel a jejich internetové stránky neobsahovaly o BIM žádné informace.

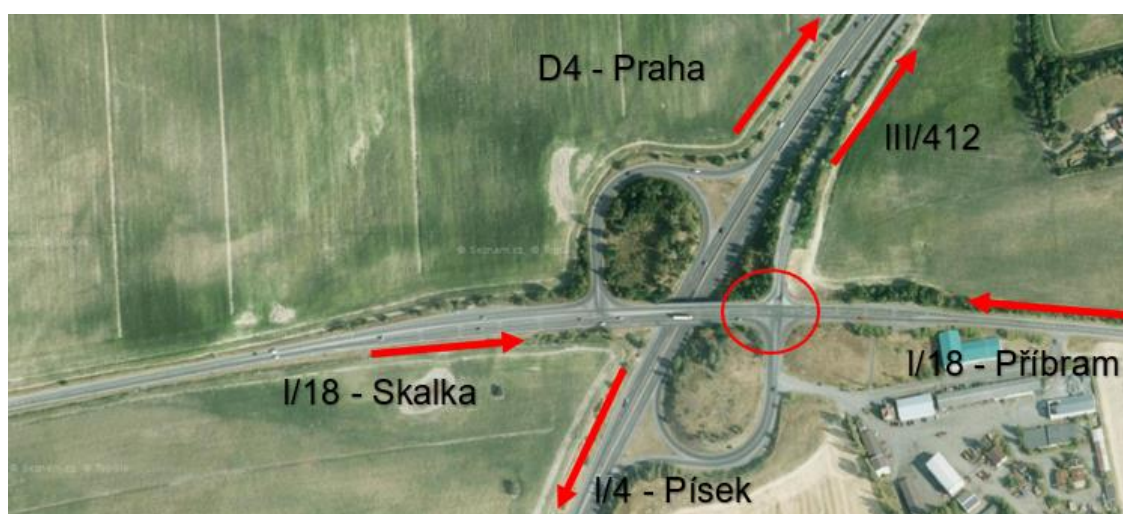
Software SUMO se kterým jsem měl pár zkušeností díky semináři na Fakultě dopravní rovněž import BIM nenabízel a bohužel jsem o tomto propojení ani žádné informace nenalezl.

Ostatní programy mi již bohužel nejsou známy.

## 5 Dopravní simulace Vissim

Cílem zde bylo vytvořit model dopravní simulace v úseku dálnice D4. Bohužel díky výše uvedenému nebylo možné vypracovat model, který by vycházel přímo z dat IFC, ať už se jedná o import do Infraworks či Vissim. Bylo tedy nutné se přizpůsobit a vytvořit model jiným způsobem. Nejjednodušším způsobem, jak dosáhnout kýženého výsledku, bylo obkreslit mapový podklad dálnice z Google Maps. VISSIM totiž nabízí pouze import obrázkových podkladů, které musí být pro vytvoření silniční sítě obkreslovány. Bylo tedy nutné seskládat mapový podklad z celkem 9 obrázků mapujících dopravní situaci a podobu BIM 4D si vytvořit ručně. Byly využity jak mapové podklady z internetových prohlížečů, kde je možnost porovnání situace v průběhu let, tak rovněž i mapové podklady z Autodesk Navisworks, kde jsem využil simulace 4D z mého vytvořeného návrhu, a tím získal informace o průběhu stavby v čase. Následně na základě těchto podkladů byla vytvořena silniční síť celého úseku dálnice D4. Součástí byly dvě mimoúrovňové křižovatky a 4,7 km dlouhá dálnice. Bylo nutné se naučit pracovat s tím, jak vytvořit linky v různých výškách. Bylo nutné definovat přednosti, vytvořit kruhový objezd. Dalším krokem bylo definování minimálních rychlostí, omezení rychlostí a také umístění dopravních detektorů. Na tento model byly využity dopravní detektory Data Collection Points, Nodes a Queue Counters. Přesný popis vytvoření simulace je k dispozici v Příloze 1. Po vytvoření komplexního modelu jsem následně vytvořil tři situace dálnice D4:

1. Dnešní situace po dokončení nového úseku dálnice D4.
2. Situace během letních prázdnin.
3. Možné řešení dopravní situace při zohlednění fází výstavby komunikace a využití 4D modelu BIM.



Obrázek 40 - Situace D4  
[www.google.maps.com](http://www.google.maps.com)

Na obrázku 40 je představena situace širších vztahů z roku 2015. Během stavby tohoto úseku došlo k novému uspořádání komunikací. Na silnici I/18 byl místo původní světelně neřízené křižovatky (červený kruh) vybudovaný nový kruhový objezd. Po dokončení okružní křižovatky bylo rovněž nutné odstranit most a postavit nový, který by vyhovoval nově budované dálnici D4. Následně byla doprava z původní dálnice D4 převedena na kruhový objezd nově vybudovanou příjezdovou silnicí III/412. Bohužel nová okružní křižovatka nevyhověla kapacitně vysokým intenzitám a následkem toho vznikaly dopravní kongesce. Vrcholem byla situace během letních prázdnin, kdy doprava o víkendech dosáhla vyšších intenzit a docházelo k několikahodinovým zpožděním.

Cílem této kapitoly je poukázat na možnosti, které nabízí využití BIM. Projekční tým dopravních simulací by jednoduše vzal model vytvořený v BIM a dle harmonogramu by si jednoduše exportoval jednotlivé fáze výstavby a ty jednoduše vložil do SW pro dopravní simulace. Vytvoření dopravních simulací při projektování nových staveb je dle mého velmi důležité a dnes se s tímto postupem často nesetkáváme. Je důležité si ověřit, jestli nová stavba nezpůsobí ještě větší problémy v okolí. Na základě dopravních simulací by se mohla optimalizovat podoba průběhu realizace či v případě D4 podoba kruhového objezdu, aby vyhovoval kapacitně. Rovněž by se mohly upravit příjezdové cesty k okružní křižovatce, tak aby bylo zajištěno, co nejmenší riziko dopravních kongescí.

Data intenzit dopravy pro vytvoření simulace byly získány ze Sčítání dopravy z roku 2016 Ředitelstvím silnic a dálnic. Směrový průzkum byl proveden pomocí programu Visum ve firmě AF-Cityplan. Toto řešení bylo provedeno z důvodu nemožnosti provedení dopravního průzkumu mou osobou z důvodu rozsáhlosti úseku. Bylo by potřeba nejméně 6 brigádníků pro hladký průběh průzkumu a náklady by nebylo z čeho financovat. Pro dopravní simulace byly využity dvě varianty intenzit provozu.

1. provoz v neděli během letních prázdnin (data ŘSD)
2. provoz ve všedním dni (data Visum)

Na základě získaných dat byly provedeny výpočty pomocí Microsoft Excel uvedené v následujících tabulkách.

Tabulka 1 – Legenda k následujícím tabulkám

Legenda	
OA	Vozidla do 3,5t
TN	Vozidla nad 3,5t
VDOA	Všední den vozidla do 3,5t
VDTN	Všední den vozidla nad 3,5t
HŠOA	Hodinová špička vozidla do 3,5t
HŠTN	Hodinová špička vozidla nad 3,5t
PK	Prázdninový koeficient

Tabulka 2 - Intenzity provozu - [voz/h]

Úsek - Směr	VDOA	VDTN	HŠOA	HŠTN	PK
D4 - Písek	1005	82	1340	278	1,37
I/4 - Praha	633	59	893	189	1,66
II/18 - Příbram	212	21	472	77	0,93
II/18 - Obory	362	42	894	128	0,96
III/118 - Příbram	69	5	96	15	1,22
III/118 - Jablonná	29	5	138	18	0,78

Tabulka 3 - Směrový průzkum v %

%%%	D4 - Písek	I/4 - Praha	II/18 - Příbram	II/18 - Obory	III/118 - Příbram	III/118 - Jablonná
D4 - Písek	<del>94,8</del>	75,4	5,6	16,7	1,9	0,1
I/4 - Praha	94,8	<del>15,2</del>	2,6	0,6	1,3	0,2
II/18 - Příbram	31,2	15,2	<del>27,5</del>	46,9	0,0	0,2
II/18 - Obory	68,9	2,2	27,5	<del>0,4</del>	0,4	0,0
III/118 - Příbram	47,9	17,4	0,1	1,4	<del>85,8</del>	32,5
III/118 - Jablonná	2,4	12,4	1,2	0,3	85,8	<del>0,2</del>

Tabulka 4 - Hodnoty vjezdů a směrové rozdělení – varianta 1 – [voz/h]

Vjezd - D4 - Písek	HŠOA	HŠTN	Vjezd - II/18 - Obory	HŠOA	HŠTN	Vjezd - III/118 - Jablonná	HŠOA	HŠTN
D4 - Písek	0	0	D4 - Písek	523	72	D4 - Písek	2	0
II/18 - Obory	451	89	II/18 - Obory	0	0	II/18 - Obory	0	0
III/118 - Jablonná	2	0	III/118 - Jablonná	0	0	III/118 - Jablonná	0	0
I/4 - Praha	1180	187	I/4 - Praha	14	0	I/4 - Praha	10	0
III/118 - Příbram	41	0	III/118 - Příbram	3	0	III/118 - Příbram	91	8
II/18 - Příbram	156	3	II/18 - Příbram	308	53	II/18 - Příbram	2	0

Vjezd - I/4 - Praha	HŠOA	HŠTN	Vjezd - III/118 - Příbram	HŠOA	HŠTN	Vjezd - II/18 - Příbram	HŠOA	HŠTN
D4 - Písek	1380	176	D4 - Písek	46	0	D4 - Písek	118	3
II/18 - Obory	13	0	II/18 - Obory	2	0	II/18 - Obory	253	62
III/118 - Jablonná	4	0	III/118 - Jablonná	55	13	III/118 - Jablonná	1	0
I/4 - Praha	0	0	I/4 - Praha	14	1	I/4 - Praha	47	13
III/118 - Příbram	22	1	III/118 - Příbram	0	0	III/118 - Příbram	0	0
II/18 - Příbram	56	11	II/18 - Příbram	0	0	II/18 - Příbram	0	0

Tabulka 5 - Hodnoty vjezdů a směrové rozdělení – varianta 2 - [voz/h]

Vjezd - D4 - Písek	OA	TN	Vjezd - II/18 - Obory	OA	TN	Vjezd - III/118 - Jablonná	OA	TN
D4 - Písek	0	0	D4 - Písek	221	24	D4 - Písek	1	0
II/18 - Obory	247	26	II/18 - Obory	0	0	II/18 - Obory	0	0
III/118 - Jablonná	1	0	III/118 - Jablonná	0	0	III/118 - Jablonná	0	0
I/4 - Praha	646	55	I/4 - Praha	6	0	I/4 - Praha	3	0
III/118 - Příbram	22	0	III/118 - Příbram	1	0	III/118 - Příbram	25	5
II/18 - Příbram	85	1	II/18 - Příbram	130	18	II/18 - Příbram	0	0

Vjezd - I/4 - Praha	OA	TN	Vjezd - III/118 - Příbram	OA	TN	Vjezd - II/18 - Příbram	OA	TN
D4 - Písek	590	55	D4 - Písek	27	0	D4 - Písek	57	1
II/18 - Obory	6	0	II/18 - Obory	1	0	II/18 - Obory	122	17
III/118 - Jablonná	2	0	III/118 - Jablonná	32	4	III/118 - Jablonná	1	0
I/4 - Praha	0	0	I/4 - Praha	8	0	I/4 - Praha	23	4
III/118 - Příbram	9	0	III/118 - Příbram	0	0	III/118 - Příbram	0	0
II/18 - Příbram	24	3	II/18 - Příbram	0	0	II/18 - Příbram	0	0

Tabulka 2 pojednává o intenzitách provozu v jednotlivých úsecích. Následně Tabulka 3 popisuje procentuální směrové rozdělení. Tabulka 4 vykazuje hodnoty ve špičce vynásobené prázdninovým koeficientem dle dat ŘSD. Dále Tabulka 5 vypisuje hodnoty vozidel jednotlivých vjezdů a jejich směrové rozdělení v normální provozu. Je nutné podotknout, že v tabulce 4 jsou vypsány hodnoty nákladních vozidel, ovšem ve víkendovém provozu je jejich vjezd na komunikaci omezen. Proto jsem se rozhodl tato čísla v simulacích vyjádřit 5% hodnotou z dat v tabulce.

Vyhodnocení dopravních simulací proběhne vždy od času 3600 sekund a bude trvat 3600 sekund, tak aby bylo zamezeno chybě z úvodu měření.

## 5.1 Dnešní situace po dokončení celého úseku D4

První dopravní simulace se týká dnešní situace a odpovídá předpokladům nově vybudované dálnici D4. Okolní vesnice, které byly původně protínány komunikací I/4, se dočkaly úlevy v podobě razantního snížení intenzit dopravy. Doprava je zde plynulá a nedochází ke kongescím. Dálnice byla navržena v kategorii R 22,5/80. Ve směru na Písek je komunikace u vesnice Bytíz rozšířena do tří pruhů z důvodu stoupání.

Na vypracovaném modelu hotové stavby D4 nedochází k žádným komplikacím a není proto důležité na ni sledovat zdržení nebo délky kolon. Tento model byl vytvořen z důvodu učení se s programem Vissim. Byl rovněž vytvořen jako výchozí model pro ostatní varianty uspořádání dopravy a intenzity dopravy, které budou popsány v dalších kapitolách.



## 5.2 Dopravní situace s dokončenou okružní křižovatkou a novým mostem

Tato situace se věnuje fázi stavby, kdy byl dokončen kruhový objezd a oprava mostu přes dálnici D4. Na základě simulace byly vyhodnoceny dvě varianty intenzit na vjezdu:

1. prázdninový provoz,
2. provoz pracovní den

### 5.2.1 Varianta 1

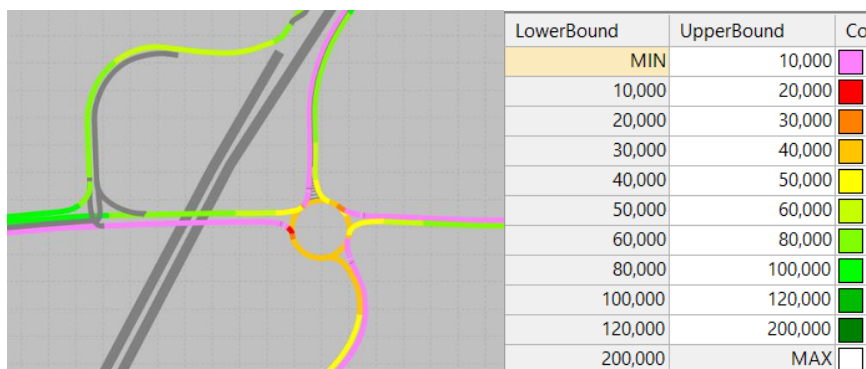
Za vstupní data pro osobní automobily byly zvoleny hodnoty z tabulky 2, sloupec HŠOA vynásobený prázdninovým koeficientem. Tento vstup byl zvolen právě z důvodu, že o prázdninách roku 2018 docházelo dle zhotovitelů k největším problémům na nové okružní křižovatce. Vstupní data těžké nákladní dopravy byla vyjádřena 5% hodnoty ze sloupce HŠTN z tabulky 2. Doprava ze všech směrů byla přivedena právě na nově vybudovaný kruhový objezd a tato situace takto zůstala až do konce výstavby.

Tabulka 6 - Data z detektorů na příjezdech ke kruhovému objezdu – varianta 1

Kruhový objezd			
Směr	průměrná délka kongesce[m]	zdržení [min]	počet zastavení[-]
1: I/18 -Příbram	6439	49	16736
2: I/4 - Písek	8692	39	41900
3: I/18 - Obory	1049	18	2320
4: D4 - Praha	5102	34	27708

Tabulka 6 dokládá vzniklé problémy a nedostatky na analyzovaném úseku. Tři ze čtyř směrů vykazovaly zdržení delší než 30 minut. Ve směru z Příbrami zdržení v průměru dosahovalo zdržení až 50 minut. Délka kolony dosahovala ve směru od Písku až téměř 9 km. Ve směru z Příbrami dosahovala kolona 6,5 km a ve směru z Prahy po D4 až 5 km. Dalším zajímavým ukazatelem je údaj o počtu zastavení. Tato hodnota se v součtu přes jednotlivé příjezdy pohybovala přes 80 tisíc.

Na tomto příkladu je vidět, jaký následek má výstavba na dopravu v okolí. Je jisté, že kdyby si objednatel nechal zpracovat analýzu na tuto variantu uspořádání a vedení dopravy, nikdy by k vybudování nového kruhového objezdu v této podobě nedošlo.



Obrázek 41 – Rychlost vozidel v modelu

Na obrázku 41 vidíme analýzu rychlosti příjezdu k okružní křižovatce. Tabulka rychlostí je odstupňována po 10 km/h. Je zde vidět, že všechny 4 příjezdy ke kruhovému objezdu jsou nižší než 10 km/h.



Obrázek 42 - Situace u kruhového objezdu  
Printscreen Vissim



Obrázek 43 - Situace u kruhového objezdu  
Printscreen Vissim

Na základě obrázků 42 a 43 je patrný absolutní nezáměr objednatele stavby o dopady, které bude mít nová stavba na dopravu v okolí. Vidíme, že v každém směru je kolona a doprava schází plynulost. K takovým situacím by při projektování nových staveb nemělo docházet. U probíhajících nových staveb se samozřejmě počítá s doprovodnými dopravními komplikacemi, nicméně při plánování stavby by měl být zohledněn i vliv stavebních prací na okolní dopravní

situaci. Proto by měla být ze strany firem vyvinuta snaha o propojení projektů s dopravními simulacemi a před zahájením výstavby podrobit celou stavbu několika testům.

## 5.2.2 Varianta 2

Do modelu byla vložena data z tabulky 2 – sloupce VDOA a VDTN vycházející z normálních hodnot provozu. Z tabulky 7 je patrné, že, i když nebyly intenzity zdaleka tak vysoké jako v prázdninové špičce, tak délka kongesce byla na kruhovém objezdu na vjezdu na D4 – Praha až tři kilometry dlouhá a zdržení v ní činilo v průměru 30 minut. Počet zastavení a rozjezdů vozidel zde činil kolem 20 tisíc. Je tedy jasné, že i tato varianta v některých časových úsecích během dne nebyla optimální.

*Tabulka 7 - Data z detektorů na příjezdech ke kruhovému objezdu – varianta 2*

Kruhový objezd			
Směr	průměrná délka kongesce[m]	zdržení [min]	počet zastavení[-]
1: I/18 -Příbram	3	0	86
2: I/4 - Písek	26	0	649
3: I/18 - Obory	165	2	1980
4: D4 - Praha	2922	31	16253

## 5.3 Varianta s možným využitím BIM

Tato varianta byla vytvořena na základě podkladů ze 4D simulace dostupné z mého vytvořeného modelu z Autodesk Navisworks. Následně byly využity mapové podklady z Google maps a import .dwg obrázků vygenerovaných z Autodesku. V této kapitole chci poukázat na výhody metody BIM ve spojení s dopravními simulacemi. Možnost propojení těchto dat by byla dle mého názoru zásadní pro využití dopravních simulací při přípravě staveb. Možnost využití již hotových projektů v BIM a následně je jen vložit do softwaru pro simulace, by ušetřila dny práce na obkreslování nynější situace z mapových podkladů. Na základě tohoto by se dala použít data z harmonogramu v Navisworks a vytvořit tak několik dopravních simulací v závislosti na průběhu výstavby. Výsledkem by byla doporučení pro stavební firmy týkající se úprav harmonogramu stavby či uspořádání komunikací.

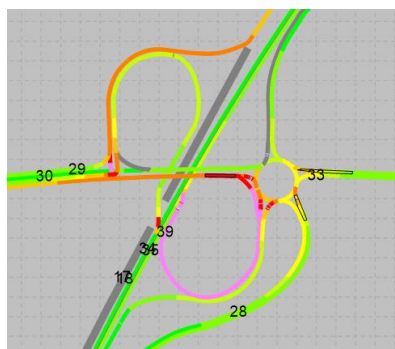


Obrázek 44 - Návrh nové situace  
Printscreen Vissim

Výsledkem této kapitoly je model zohledňující 4D simulace BIM. V tomto případě jsem napřed zvolil vybudování jednoho jízdního pásu nové dálnice vedle původní komunikace I/4. Zde by byla doprava po dokončení v uspořádání 1+1 jako vidíme na obrázku 44. Na tomto obrázku vidíme plynulý průběh dopravy a nedochází zde k žádným dopravním komplikacím. V další fázi by došlo k uzavření původní silnice I/4 a provoz by byl sveden na nový jízdní pás. Doprava z dálnice D4 by nebyla svedena na okružní křižovatku a na kruhový objezd by byla přivedena pouze vozidla ze silnice I/18. Tato varianta je využita pouze jako demonstrace výhod BIM 4D a jeho využití harmonogramu výstavby. Výsledky nového uspořádání s využitím 4D simulace BIM jsou vidět v tabulce 8.

Tabulka 8 - Data z detektorů Vissim- varianta 3

Kruhový objezd			
Směr	průměrná délka kongesce[m]	zdržení [min]	počet zastavení[-]
1: I/18 - Příbram	0	0	14
2: I/4 - Písek	0	1	0
3: I/18 - Obory	1	0	1
4: D4 - Praha	0	0	0
5: Dálnice D4 - zúžení	0	0	70
6: Kruh.obj. -> Praha	460	3	6495



Obrázek 45 - Rychlosti vozidel

Z tabulky 8 a obrázku 45 lze vyčíst, že díky novému uspořádání testovanému v simulaci, bylo výrazně sníženo zpoždění a také zkráceny délky kongescí. Na příjezdech ke kruhovému objezdu se podařilo snížit zdržení, délku kolon a počty zastavení téměř na nulu. Jediným problémem tohoto návrhu je menší zdržení na přivaděči na dálnici D4 ve směru na Prahu z kruhového objezdu. Zpoždění zde činilo maximálně 3 minuty a délka kolony byla v průměru 500 m. Tato varianta se zdá již dle tabulky 8 jako velmi vhodná.

Takových simulací by samozřejmě šlo vytvořit hned několik, bohužel časová náročnost vytvoření nové situace zabere několik dní práce. Proto byla vytvořena pouze jedna simulace demonstrující využití 4D BIM. Bohužel pouze na základě mapových podkladů a obkreslování fotek z Autodesk Navisworks. Kdyby bylo dostupné vkládání IFC do Vissim v potřebě, jakou ji potřebují, bylo by možné vytvořit hned několik situací a posoudit způsobilost komunikace na intenzity provozu z dopravní špičky.

## 6 Závěr

Z nalezených projektů BIM ve světě pozorujeme zvyšující se zájem o BIM ve stavebnictví. Její implementace na trhu se stává čím dál častější. Většina států Evropy se nyní snaží získat zkušenosti z pilotních projektů a postupně si doladit svůj postup k dosažení plné implementace BIM. Důležitým krokem v České republice je určení termínu pro stavbu v BIM pro každý nový infrastrukturní projekt od 1.1.2022. Dnes u nás probíhají pilotní projekty na několika železničních i silničních stavbách. Na základě nich dochází k debatě o tom najít nejlepší konsensus o znění nejdůležitějších dokumentů a metodik charakterizujících BIM. Výhody BIM jsou nesporné.

Ať už dojde k odkladu termínu pro BIM v ČR či ne, je jasné, že dříve nebo později budou pomocí BIM řešeny všechny nové projekty. Je nutné si uvědomit, že s existencí BIM modelů dochází k značné úspoře času a financí při výstavbě. Ovšem dle mého názoru se dá využít BIM i v dalších aspektech. A to v dopravních simulacích. Bohužel jsem v této práci nedokázal dojít k úspěšné realizaci propojení dat IFC vycházející z BIM a SW pro dopravní simulace. Dnes tuto výměnu neumožňuje žádný SW a žádný subjekt v ČR s touto možností nepracuje. Chybou je rozhodně nedostatečné řešení této situace vývojáři softwarů. Firma PTV a její produkt Vissim patří k nejlepším programům na vytváření dopravních simulací obecně. Tento program import IFC nabízí. Nicméně informace a manuály o tomto vkládání dat do Vissim jsou v podstatě neexistující. Pro takto nová data, jakým BIM bezesporu je, je nutné vytvořit několika stránkové manuály, aby uživatel měl možnost pochopit, jak Vissim popřípadě Infracore umí IFC vkládat a jak s nimi pracovat. Sám jsem vytvořil několik variant dat IFC, bohužel žádnou z nich nebyl možné do programu vložit. Dle mého názoru je nutné této problematice věnovat větší úsilí od samotné firmy, aby byl import infrastrukturních projektů umožněn. Program Autodesk Infracore tento import také nabízí, bohužel se mi s ním podobně jako s Vissim nepodařilo úspěšně data využít. OpenRoads od společnosti Bentley tento import vůbec nenabízí. OpenRoads ovšem nabízí propojení s programem Vissim, tento program podporuje vytvoření modelu z map BING. V jejich programu můžete celou vygenerovanou síť z map vložit do Vissim a na ní vytvářet dopravní simulace bez nutnosti kreslení silniční sítě. Bohužel tento postup mi nebyl umožněn, pravděpodobně z důvodu studentské licence.

Import BIM modelů do SW pro dopravní simulace je velkou možností pro urychlení stavby, ale především pro omezení situací, kdy bude docházet v okolí stavby k dopravním komplikacím, ať už během její realizace nebo po ní. Harmonogram výstavby a přesné informace o modelu BIM nám poskytnou nebývalou škálu výhod. Můžeme si takto vygenerovat v programu

Navisworks několik fází výstavby do požadovaných dat IFC a ty následně vložit do SW pro dopravní simulace. Je nutné si uvědomit, že kdyby toto propojení bylo umožněno, tak by se ušetřilo velké množství práce při vytváření dopravní sítě v SW. Dnes je nutné každý projekt samostatně nakreslit na základě mapových podkladů, což zabere dle vlastních zkušeností několik dní práce. S importem dat IFC bychom získali kompletní silniční síť v programu Vissim. Takto bychom mohli vytvořit dopravní simulace pro různé etapy a zajistili bychom tak analýzu vlivu výstavby na dopravu. Díky této analýze bychom například mohli měnit signální plány, upravit uspořádání jízdních pruhů, změnit přednosti vozidel či zvolit jiné objízdné trasy. Při vytváření dopravních simulací pro každou etapu bychom eliminovali kongesce, zdržení a vyšší cestovní doby. S existencí těchto simulací by následně byla vydána doporučení o změnu harmonogramu stavby či o jejím přepracování.

Na vypracovaných dopravních simulacích je vidět, že při projektování této stavby nebyl brán zřetel na možné důsledky výstavby. O prázdninovém provozu docházelo velmi často k velkým komplikacím. Vytvořené modely toto jen potvrzují. Jestliže se vložila do modelu data z dopravní špičky, docházelo na nedokončené stavbě k velkým zpožděním, největším hodnotou je 50 minut ve směru z Příbrami. Délky kolon dosahovaly přes 5 km. Řešení s novým kruhovým objezdem jednoduše nebylo nejšťastnější. Kdyby si daný subjekt nechal vytvořit dopravní simulaci nikdy by taková stavba nemohla být schválena. Samozřejmě k takovým situacím nedocházelo každý den, ale i při variantě 2 s mírnějším provozem bylo ve směru z Písku zdržení okolo 30 minut. Když jsem využil možnosti změny návrhu komunikace a harmonogramu stavby dle metodik BIM a vypracoval si jinou variantu uspořádání komunikací, snížilo se zdržení na 0 v téměř všech směrech, pouze v přípojovacím pruhu na dálnici D4 ze směru od Příbrami docházelo k maximálně k 5 minutovým zdržením. Je tedy jasné, že vypracování dopravních simulací při vytváření nových projektů je nezbytné. Možné propojení dat IFC s těmito softwary ušetří dny práce a bude pro firmy daleko výnosnější a efektivnější.

Dle mého názoru je nutné tlačít na vývojáře softwarů pro dopravní simulace, aby věnovali této problematice větší úsilí a import dat IFC do svých programů zařídili a zároveň, aby nové stavby podléhaly analýze dopravních simulací. S existencí BIM modelů vytváření těchto simulací bude jednodušší, a hlavně několikanásobně rychlejší. Je to možnost, jak předejít dopravním kolapsům na dálnicích při dopravních omezeních, jak řídit dopravu ve městě při rekonstrukci nebo změnu signálních plánů při jednosměrném provozu na opravovaném úseku. Dopravní simulace zajistí hladký průběh stavby, eliminuje dopravní kongesce a sníží dobu zdržení.

## Bibliografie

1. **Mills, Fred.** the B1M. *Bim for Beginners*. [Online] B1M. <https://www.theb1m.com/BIM-For-Beginners>.
2. **Expertní výkonný tým SFDI pro BIM - Václav Šafář a Josef Žák.** Plán realizace BIM - BEP. *Informační modelování staveb*. [Online] květen 2018. [https://www.sfdi.cz/soubory/bim/metodiky/01\\_plan-realizace-bim\\_shrnuti.pdf](https://www.sfdi.cz/soubory/bim/metodiky/01_plan-realizace-bim_shrnuti.pdf).
3. **State of Queensland.** Department of Transport. *BIM*. [Online] Květen 2017. <https://www.tmr.qld.gov.au/-/media/busind/techstdpubs/Road-planning-and-design/Building-Information-Modelling/BIM-Guideline.pdf?la=en>.
4. **Zbytěk Hořelica, Olga Mertlová, Ivo Vykydal, Josef Žáka a jeho expertní výkonný tým.** Plán pro rozšíření využití digitálních metod a zavedení modelování staveb pro dopravní infrastrukturu. *Informační modelování staveb*. [Online] září 2017. [https://www.sfdi.cz/soubory/bim/sfdi\\_publikace\\_bim.pdf](https://www.sfdi.cz/soubory/bim/sfdi_publikace_bim.pdf).
5. **Ministerstvo průmyslu a obchodu.** Koncepce BIM. [Online] září 2017. <https://www.koncepcbim.cz/uploads/inq/files/Koncepce%20zav%C3%A1d%C4%9Bn%C3%AD%20metody%20BIM.pdf>.
6. **Sitbon, David.** SmartCity: What is the role of BIM? *AECBLOG*. [Online] 4. prosinec 2018. [Citace: 19. březen 2019.] <https://www.oilgas-lifecycle-brainbox.com/2018/12/04/smart-city-what-is-the-role-of-bim/>.
7. **Maxwell, Lily.** From BIM to CIM: why building and city information modelling are essential to the development of Smart Cities. [Online] 16. červenec 2018. [Citace: 19. březen 2019.] <https://www.bimcommunity.com/news/load/917/from-bim-to-cim-why-building-and-city-information-modelling-are-essential-to-the-development-of-smart-cities>.
8. **Editor, The.** BIM in Turkey: Using BIM on Istanbul Grand Airport. [Online] 4. duben 2017. [Citace: 28. únor 2019.] <http://www.bimireland.ie/2017/04/04/bim-in-turkey-using-bim-on-istanbul-grand-airport/#prettyPhoto>.
9. **Autodesk.** IGA build the world's largest airport from scratch with BIM. [Online] [Citace: 28. únor 2019.] <https://www.autodesk.com/solutions/bim/hub/iga-istanbul-grand-airport>.
10. **BIMCommunity.** BIMCommunity. [Online] 06. listopad 2017. [Citace: 23. březen 2019.] <https://www.bimcommunity.com/experiences/load/50/abu-dhabi-international-airport>.



11. **Mills, Fred.** Expanding Abu Dhabi International Airport with BIM. [Online] 25. květen 2016. [Citace: 25. březen 2019.] <https://www.theb1m.com/video/expanding-abu-dhabi-international-airport-with-bim>.
12. **B1M, The.** Expanding Panama Canal with BIM. [Online] 29. červen 2016. [Citace: 25. březen 2019.] <https://www.theb1m.com/video/expanding-panama-canal-with-bim>.
13. **Signh, Karan.** Panama Canal and BIM. *CANBIM*. [Online] 18. únor 2017. [Citace: 25. březen 2019.] <https://www.canbim.com/single-post/2017/02/18/Panama-Canal-and-BIM>.
14. **Ball, Matt.** Denver's Airport Expansion. [Online] [Citace: 25. březen 2019.] <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/case-studies/denver-international-airport/dia-bim-for-facility-management.pdf>.
15. **Bentley.** MRT Corporation. [Online] 2017. [Citace: 26. březen 2019.] [https://www.bentley.com/cs/project-profiles/2017/mrt-corporation\\_klan-valley-line](https://www.bentley.com/cs/project-profiles/2017/mrt-corporation_klan-valley-line).
16. **Hochtief.** Doha Metro Green Line Underground. [Online] [Citace: 26. březen 2019.] [https://www.hochtief-vicon.com/vicon\\_en/Projects/Metro-Doha---Green-line-23.jhtml](https://www.hochtief-vicon.com/vicon_en/Projects/Metro-Doha---Green-line-23.jhtml).
17. **Blanka, tunel.** Brusnický, dejvický a Bubenečský tunel. *Intenzity dopravy v březnu 2019*. [Online] 4. duben 2019. [Citace: 23. duben 2019.] <http://www.tunelblanka.info/intenzity-dopravy-brezen-2019/>.
18. **Technology, Road Traffic.** E4 The Stockholm Bypass. *Road Traffic*. [Online] 2015. [Citace: 26. březen 2019.] <https://www.roadtraffic-technology.com/projects/e4-the-stockholm-bypass/>.
19. **Author, Guest.** BIM on the A1(M) Leeming to Barton. *infrastructure reimagined*. [Online] 12. únor 2015. [Citace: 24. březen 2019.] <http://www.infrastructure-reimagined.com/bim-on-the-a1m-leeming-to-barton>.
20. **Autodesk.** BIM on Karavanke Tunnel. *infrastructure reimagined*. [Online] 19. říjen 2017. [Citace: 10. únor 2019.] <http://www.infrastructure-reimagined.com/karavanke-tunnel/>.
21. **SFDI.** Příprava a realizace pilotních projektů. *BIM informační modelování staveb*. [Online] říjen 2017. <https://www.sfdi.cz/bim-informacni-modelovani-staveb/priprava-a-realizace-pilotnich-projektu/>.

## Seznam tabulek

Tabulka 1 – Legenda k následujícím tabulkám .....	61
Tabulka 2 - Intenzity provozu - [voz/h] .....	61
Tabulka 3 - Směrový průzkum v % .....	61
Tabulka 4 - Hodnoty vjezdů a směrové rozdělení – varianta 1 – [voz/h].....	61
Tabulka 5 - Hodnoty vjezdů a směrové rozdělení – varianta 2 - [voz/h] .....	62
Tabulka 6 - Data z detektorů na příjezdech ke kruhovému objezdu – varianta 1.....	63
Tabulka 7 - Data z detektorů na příjezdech ke kruhovému objezdu – varianta 2.....	65
Tabulka 8 - Data z detektorů Vissim- varianta 3.....	66

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Informační model stavby.....	13
Obrázek 2 - Schéma CDE .....	15
Obrázek 3 - Programy Autodesk.....	16
Obrázek 4 - Datový standard .....	17
Obrázek 5 - Levely BIM .....	19
Obrázek 6 - Výhody BIM.....	20
Obrázek 7 - Dimenze BIM.....	24
Obrázek 8 - LiDAR.....	24
Obrázek 9 - 4D BIM .....	25
Obrázek 10 - Harmonogram 4D BIM.....	25
Obrázek 11 - Harmonogram 4D BIM.....	25
Obrázek 12 - Infrastrukturní 4D BIM .....	26
Obrázek 13 - Infrastrukturní 4D BIM .....	26
Obrázek 14 - 5D BIM .....	27
Obrázek 15 - 6D BIM .....	28
Obrázek 16 - Analýza SWOT.....	30
Obrázek 17 - Grand Airport Istanbul .....	34
Obrázek 18 - Dominanta letiště - řídicí věž .....	34
Obrázek 19 - Kontrola stavby na iPadu.....	35
Obrázek 20 - Kontrola stavby na iPadu.....	35
Obrázek 21 - IFC data - Abu Zabí.....	36
Obrázek 22 - Abu Zabí - nový terminál .....	36
Obrázek 23 - IFC model Denver Airport.....	37
Obrázek 24 - KVMRT dráha Malajsie.....	38
Obrázek 25 - model metra Dauhá .....	39
Obrázek 26 - BIM Stockholm Bypass.....	41

Obrázek 27 - BIM A1 .....	42
Obrázek 28 - Karavanke Tunnel .....	43
Obrázek 29 - Kompletní model - Autodesk Navisworks.....	47
Obrázek 30 - Vyfiltrovaný model - Autodesk Navisworks .....	48
Obrázek 31 - BIM Vision - sjezd II/118.....	49
Obrázek 32 - Simulace 4D 1.10. 2016 - Autodesk Navisworks .....	50
Obrázek 33 - Simulace 4D - 25.9.2017 - Autodesk Navisworks .....	50
Obrázek 34 - Import BIM.....	52
Obrázek 35 - Import dat .....	54
Obrázek 36 - Model Builder .....	55
Obrázek 37 - Model čtvrti Neředín - Olomouc .....	55
Obrázek 38 - Infracworks Model .....	56
Obrázek 39 - Civil 3D - import z Infracworks.....	57
Obrázek 40 - Situace D4.....	59
Obrázek 41 – Rychlost vozidel v modelu .....	64
Obrázek 42 - Situace u kruhového objezdu .....	64
Obrázek 43 - Situace u kruhového objezdu .....	64
Obrázek 44 - Návrh nové situace.....	66
Obrázek 45 - Rychlosti vozidel.....	66
Obrázek 46 - Printscreen Vissim.....	76
Obrázek 47 - Printscreen Vissim.....	76
Obrázek 48 - Printscreen Vissim.....	77
Obrázek 49 - Printscreen Visum .....	77
Obrázek 50 - řsd.cz .....	78
Obrázek 51 - Printscreen Vissim.....	79
Obrázek 52 - Printscreen Vissim.....	79
Obrázek 53 - Printscreen Vissim.....	80

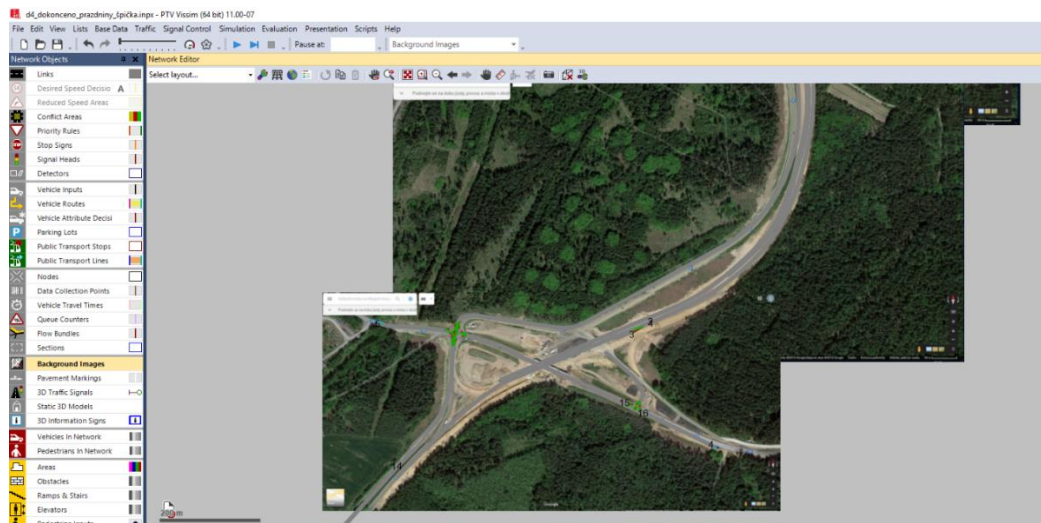
## **Seznam příloh**

Příloha A

## Příloha A

V této příloze bude uveden postup vypracování dopravní simulace z kapitoly 5.2.1

**Krok 1. – Obrázek 46** – Prvním krokem bylo vložení mapových podkladů z Navisworks a Google maps do programu Vissim. Na základě těchto podkladů jsem vytvořil komunikace pomocí funkce Links.



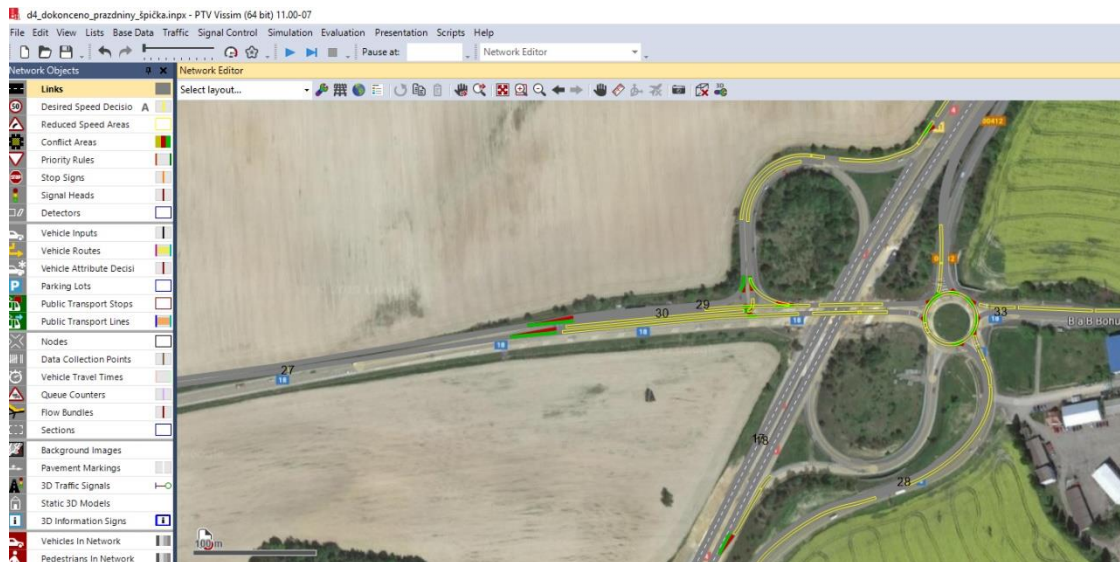
Obrázek 46 - Printscreens Vissim

**Krok 2. – Obrázek 47** – důležité je rovněž u mimoúrovňových křižovatek dbát na výškové rozdělení, aby simulace vypadala v reálné podobě. Toho dosáhneme v nastavení Links – start – end height.



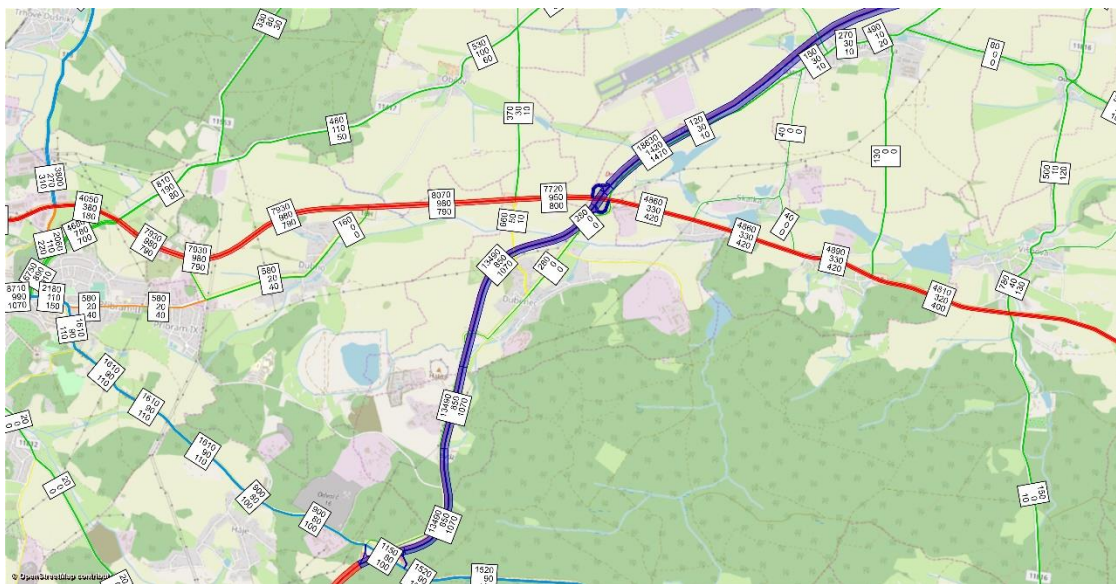
Obrázek 47 - Printscreens Vissim

**Krok 3. – Obrázek 48** – po vytvoření silniční sítě je nutné definování jízdních předností a omezení rychlostí.



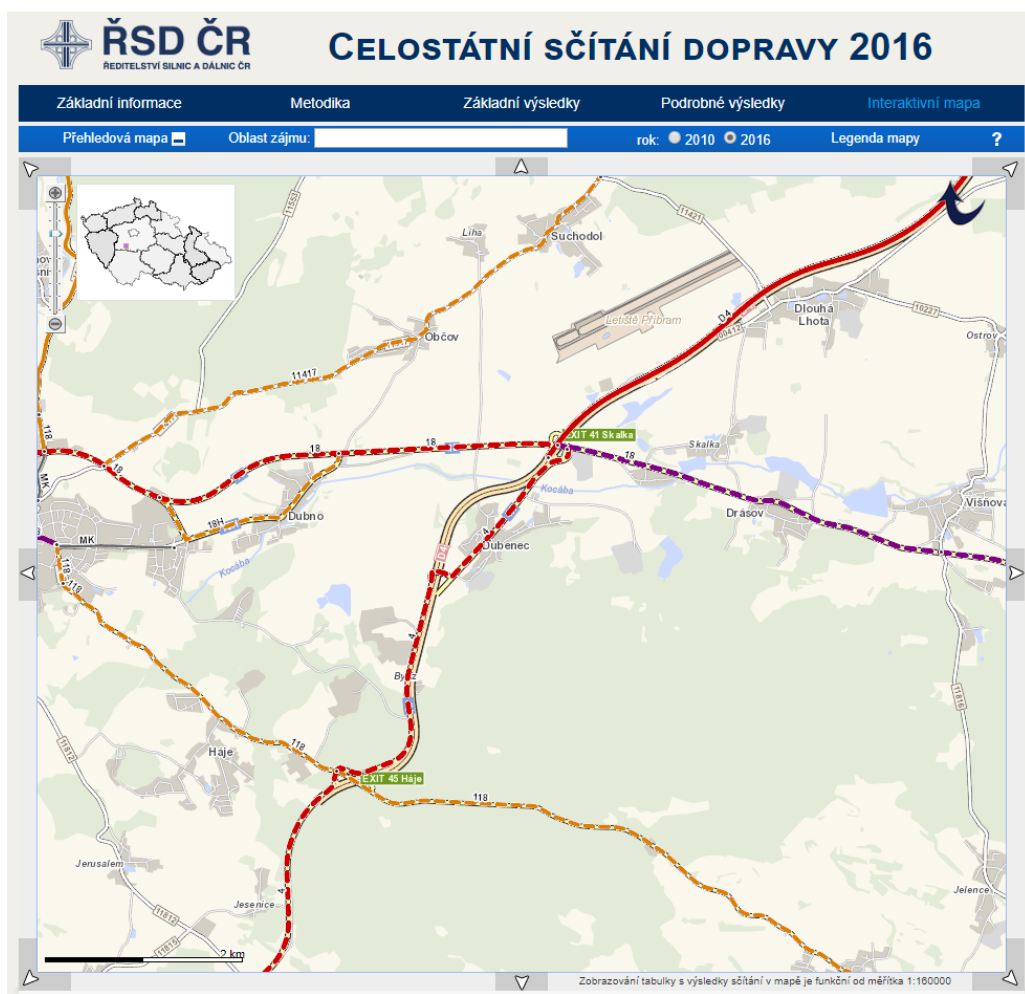
Obrázek 48 - Printscreen Vissim

**Krok 4. – Obrázek 49** – Následně jsem použil program Visum ve společnosti AF-Cityplan. Tento program vygeneroval intenzity vozidel osobních, lehkých nákladních a nákladních a jejich směrování.



Obrázek 49 - Printscreen Visum

**Krok 5. – Obrázek 50** – Ovšem potřeboval jsem i data z dopravních špiček, proto jsem využil data ze Sčítání dopavy ŘSD z roku 2016



Sčítání dopavy 2016 (sč.úsek: 1-0190)													... význam zkratk													
Roční průměr denních intenzit dopavy													LN	SN	SNP	TN	TNP	NSN	A	AK	TR	TRP	TV	O	M	SV
RPDI - všechny dny	voz/den	794	328	66	147	69	436	132	1	6	3	1 982	11 143	115	13 240											
RPDI - pracovní den (Po-Pá)	voz/den	1 014	419	86	188	90	568	153	1	8	4	2 529	11 900	107	14 536											
RPDI - volné dny (mimo svátky)	voz/den	243	101	17	45	18	111	80	0	2	1	618	9 250	135	10 003											
Hodinová intenzita dopavy													TV	SV												
Padesátirázová intenzita dopavy	voz/h												198		1 406											
Špičková hodinová intenzita dopavy	voz/h												188		1 258											
Těžká nákladní vozidla - TNV													TNV													
Hodnota TNV	voz/den														1 921											
Intenzita dopavy pro hlukové a emisní výpočty													OA	NA	NS	Celkem										
Roční průměr intenzit, den (06-18)	voz/den												8 883	1 177	413	10 473										
Roční průměr intenzit, večer (18-22)	voz/den												1 644	96	75	1 815										
Roční průměr intenzit, noc (22-06)	voz/den												731	138	82	951										
Emise													OA	LNA	TNA	NS	BUS	Celkem								
Roční špičková hodinová intenzita dopavy	voz/h												1 824	129	78	93	22	2 146								
Koeficienty nerovnoměrnosti dopavy													alfa	beta	gamma	PS										
Koeficient nerovnoměrnosti dopavy	-												1.66	0.77	2.16	75.25										
Intenzita cyklistické dopavy													C													
Cyklistická doprava	cyklo/den															0										

Obrázek 50 - řsd.cz



**Krok 6.** – Po získání dat o intenzitách a směrovém průzkumu jsem vytvořil ve Vissim na každé komunikaci Vehicle Input a Vehicle Routes, abych mohl přesně vyjádřit počet vozidel, jejich skladbu a jejich směrování – informace o hodnotách jsou v tabulkách 2 – 5.

**Krok 7.** – Dalším krokem bylo umístění detektorů pro vyhodnocování délky kolon, zdržení a cestovní doby. Pro tyto účely jsem zanesl do sítě detektory: Vehicle Travel Time, Queue Counters a Data Collection Points

**Krok 8.** – Následně jsem již spouštěl simulace a kontroloval průběh simulace. Důležité je si ověřit její správnost a reálnost. Jestli vozidla dávají přednost, nepřekračují rychlost, popř. chyby při kreslení komunikací.

**Krok 9. – Obrázek 51 – 53** – Nastavení pohledů v 3D pro možné vytvoření videozáznamu z dopravní simulace. Takových pohledů bylo vytvořeno 9. Z nich bylo pořízeno několik snímků pro demonstraci nevyhovující situace u kruhového objezdu.



Obrázek 51 - Printscreen Vissim



Obrázek 52 - Printscreen Vissim



Obrázek 53 - Printscreen Vissim

**Krok 10.** – vyhodnocení simulace, výsledky zdržení a délky kolon jsou v kapitole 5.