

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra technologie staveb



DIPLOMOVÁ PRÁCE
Zařízení staveniště v BIM prostředí

Bc. Kateřina Adamová

2016

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jaroslav Synek

Prohlášení

**Prohlašuji, že jsem předkládanou diplomovou prací vypracoval(a)
samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu
citované literatury.**

V Praze dne 8.1.2017

Jméno a příjmení

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Ing. Jaroslavu Synkovi za ochotu, věnovaný čas a věcné připomínky. Dále děkuji firmě Metroprojekt Praha a.s. za podklady k mé práci. Dále děkuji Ing. Jakubovi Veselkovi a Bc. Filipu Kalinovi za rady ohledně modelování.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Tháškurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Adamová Jméno: Kateřina Osobní číslo: 395668

Zadávací katedra: K122 - Katedra technologie staveb

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Zařízení staveniště v BIM prostředí

Název diplomové práce anglicky: Site facilities in the BIM environment

Pokyny pro vypracování:

Předmětem práce bude vypracování 3D modelu stavební jámy a rozmístění objektů zařízení staveniště. Model bude propojen s podklady zařízení staveniště.

V práci budou zachyceny specifické požadavky pro zařízení staveniště pro budování metra.

Součástí bude časový plán budování zařízení staveniště.

Seznam doporučené literatury:

Mechanizace a provádění staveb-Zařízení staveniště doc.Ing.Miroslav Pinkava

Revit ve stavební praxi- Oktaedr

BIM příručka 2013

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Jaroslav Synek

Datum zadání diplomové práce: 3.10.2016

Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

6.10.2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

V Praze dne 4. 1. 2017
Č. j. 4023/17/11921/DS

Věc: Odklad zveřejnění diplomové práce

V souladu se zákonem o vysokých školách č. 111/1998 Sb., § 47 b rozhoduji tímto o odkladu zveřejnění níže uvedené práce po dobu 3 let.

Jméno studenta: Bc. Kateřina Adamová
Název práce: Návrh zařízení staveniště připravený v prostředí BIM
Studijní program: Stavební inženýrství
Datum odevzdání práce: 8. ledna 2017
Obhajoba práce proběhne v období státních závěrečných zkoušek zimního semestru 2016/17, tj. 6.2. – 17.2. 2017.

Důvodem odkladu je skutečnost, že studentka čerpala podklady pro svoji práci z konkrétního výstavbového projektu, tento projekt je nyní ve fázi projektové přípravy a po zpracování projektu bude jeho realizace předmětem výběrového řízení. Zveřejnění údajů uvedených v diplomové práci není vzhledem k budoucímu výběrovému řízení žádoucí.



prof. Ing. Alena Kohoutková, CSc.
děkanka

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
166 29 Praha 6, Thákurova 7
ICO: 68407700
-3-

Anotace

Autor této práce navrhuje zařízení staveniště pro stanici metra. Zařízení staveniště bude využíváno jako technologické zázemí pro výstavbu traťových tunelů metra a současně pro výstavbu stanice metra. Traťové tunely budou raženy technologií TBM. Zajištění stavební jámy a návrh zařízení staveniště autor zpracoval v BIM prostředí. V práci je dále rozebrána problematika BIM modelování.

Klíčová slova

BIM, TBM, Zařízení staveniště, Autodesk, Revit, Navisworks Manage

Annotation

The author of this thesis proposes site facilities for the underground station, from which the excavation will be carried out using the TBM technology. Site facilities will be used as technological base for the construction of railway tunnels underground and also for the construction of metro station. Rail running tunnels will be excavated using the TBM technology. Author elaborated design of securing of the pit and design of the site facilities in a BIM environment. The thesis also solves the issue of BIM modeling.

Keywords

BIM, TBM, Site facilities, Autodesk, Revit, Navisworks Manage

Úvod.....	10
1.1 Výběr tématu	10
1.2 Cíl a důvody práce.....	10
1.3 Základní informace o stavbě	11
1.4 Umístění zařízení staveniště	12
2 Rozbor stavu problematiky a současných řešení v ČR.....	14
2.1 Úvod do problematiky BIM	15
2.2 Důvody pro zavedení BIM modelování	17
2.3 Fáze projektu	19
2.4 Porovnání BIM modelování s konvenčním procesem tvorby dokumentace	23
2.5 Technologie TBM použitá pro ražbu	27
2.6 Objekty zařízení staveniště v místě referenční stanice.....	28
2.6.1 Provozní zařízení staveniště.....	29
2.6.2 Sociální zařízení staveniště	31
2.6.3 Doplnující zařízení staveniště	32
2.7 Postup prací	37
2.7.1 První etapa.....	37
2.7.2 Druhá etapa	38
2.7.3 Třetí etapa.....	39
2.7.4 Čtvrtá etapa	40
2.7.5 Pátá etapa	43
3 Navrhované a použité postupy a výsledky	44
3.1 Výstupy z použitého řešení	44
3.1.1 Vývoj zařízení staveniště a skladba objektů v závislosti na postupu výstavby.....	44
3.1.2 Vývoj dotčených okolních pozemků.....	52
3.1.3 Potřeby zařízení staveniště v čase	55

3.1.4	Dopravní trasy.....	60
3.1.5	Časový plán a animace vývoje ZS	60
3.2	Zhodnocení výsledků	65
3.2.1	Porovnání a zhodnocení dnes obvyklých a s BIM spojených potřeb (vstupů) a výstupů.....	65
3.2.1.1	Vstupy pro BIM.....	65
3.2.1.2	Postup a potřeby pro zpracování (knihovny).....	65
3.2.1.3	Práce s modelem a jeho výstupy	66
3.2.2	Ukládání a přístup k datům modelu	73
3.2.3	Animace změn.....	73
3.2.4	Zhodnocení kladů a záporů použitého řešení - shrnutí	74
	Závěr.....	78
	Použitá literatura	80
	Seznam tabulek.....	82
	Seznam obrázků	83
	Zdroje	86
	Zkratky	87
	Vysvětlivky	88
	Seznam příloh	89
	Seznam příloh – výkresová část.....	89

Úvod

1.1 Výběr tématu

Autorka se ve své bakalářské práci zabývala technologiemi speciálního zakládání. Tomuto tématu se chtěla věnovat i nadále. Protože během studia získávala zkušenosti ve firmě Metroprojekt Praha a.s., vybrala si téma spojené s metrem. Profesně se začala věnovat činnostem týkajícím se POV a tématem diplomové práce chtěla na tuto činnost navázat, aby prohloubila své teoretické znalosti. Vzhledem k rozšiřování BIM projektování v praxi zvolila téma plánování a organizace výstavby zpracované v BIM prostředí.

1.2 Cíl a důvody práce

Cílem práce je ověřit a zhodnotit možnost zpracování přípravy zařízení staveniště pro rozsáhlou, nesourodou stavbu v prostředí BIM. Výchozím podkladem je záměr vybudování ZS pro připravovanou trasu I.D metra. Uvažované ZS je dlouhodobého charakteru s dobou využívání pět let. Staveniště je rozsáhlé a nesourodé, protože záměrem je jeho využití jako technologické zázemí pro výstavbu traťových tunelů metra a současně pro výstavbu stanice metra v bezprostřední blízkosti ZS.

Ověření BIM prostředí bude vyzkoušeno v programech od firmy Autodesk. Programy od této firmy jsou nejpoužívanější v komerční sféře na území České republiky. Jedná se o produkt Revit a Navisworks Manage. Pro ověření bude vymodelován model zařízení staveniště, který bude obsahovat objekty potřebné k zajištění stavební jámy, pro ražbu a výstavbu konstrukce stanice. V práci bude detailně vymodelováno zajištění stavební jámy pilotovou stěnou pomocí programu Revit Architecture. Konstrukce stanice, včetně zajištění stavební jámy bude napojena na časový harmonogram pro animaci výstavby. Animace bude obsahovat i jednotlivé objekty zařízení staveniště jako jsou sklady, kanceláře a stroje. Bude vytvořena v programu Navisworks Manage. K modelování některých povrchů bude použita nástavba programu Revit, Site Designer. Touto aplikací budou vytvořeny komunikace a některé výkopy a násypy.

Model zajištění stavební jámy bude obsahovat potřebné vlastnosti materiálů. U modelu celého zařízení staveniště je většina prvků pouze na úrovni modelu použitého k časovému plánování.

Důvodem pro využití informačního modelu stavění, je ověření možnosti efektivnější přípravy, realizace, provozování a spravování zařízení staveniště, stavebního dvora z hlediska soustředění potřebných informací v jednom modelu stavby a jejich další využití, ověření potřeb pro práci v BIM prostředí a porovnání se standardním postupem.

1.3 Základní informace o stavbě

Jedná se o stanici metra, která se bude nacházet na trase nové linky D pražského metra.

Tato stanice bude zajištěna pomocí pilotové stěny. Na části se bude nacházet tangenciální pilotová stěna a zbytek zajištění bude řešen pomocí volně stojících pilot se stříkaným betonem a výztužnou sítí. Kotvení bude provedeno dočasnými pramencovými kotvami, které jsou rozmístěny až do 6 pater. Piloty budou v koruně svázány pomocí železobetonového prahu. V místech ocelových přemostění bude proveden zapuštěný železobetonový úložný práh se závěrnou zídkaou.

Pilotová stěna bude sloužit pouze k zajištění stavební jámy. Po dokončení konstrukcí stanice uvnitř stavební jámy se vnější povrch konstrukce stanice opatří PVC izolací proti podzemní vodě a vlhkosti. Prostor mezi konstrukcí stanice a stěnami stavební jámy se vyplní zeminou.

Pro vjezd a výjezd do stavební jámy slouží rampa, která je zajištěná záporovým pažením. Záporové pažení je v části kotvené a v části rozepřené.

Stanice je rozdělena na pět dilatačních dílů. Konstrukčně ji lze rozdělit na čtyři části. Část pod jižním vestibulem, která je tvořena čtyřpatrovým trojlodním rámem. V místě nástupišť se jedná o jednolodní dvoupatrový i jednopatrový rám. Směrem k severnímu vestibulu dochází k zahloubení stanice a konstrukci tvoří dvoupatrový trojlodní rám. [1]

Celá stavba je rozdělena na dva hlavní stavební oddíly a to stavbu stanice a stavbu traťových tunelů. Zařízení staveniště bude sloužit pro oba tyto oddíly.

Traťové tunely budou z velké části raženy technologií TBM. Pouze dva úseky budou raženy metodou NRTM (Nová Rakouská Tunelovací Metoda). V práci jsou řešeny pouze ražby s využitím strojů TBM.

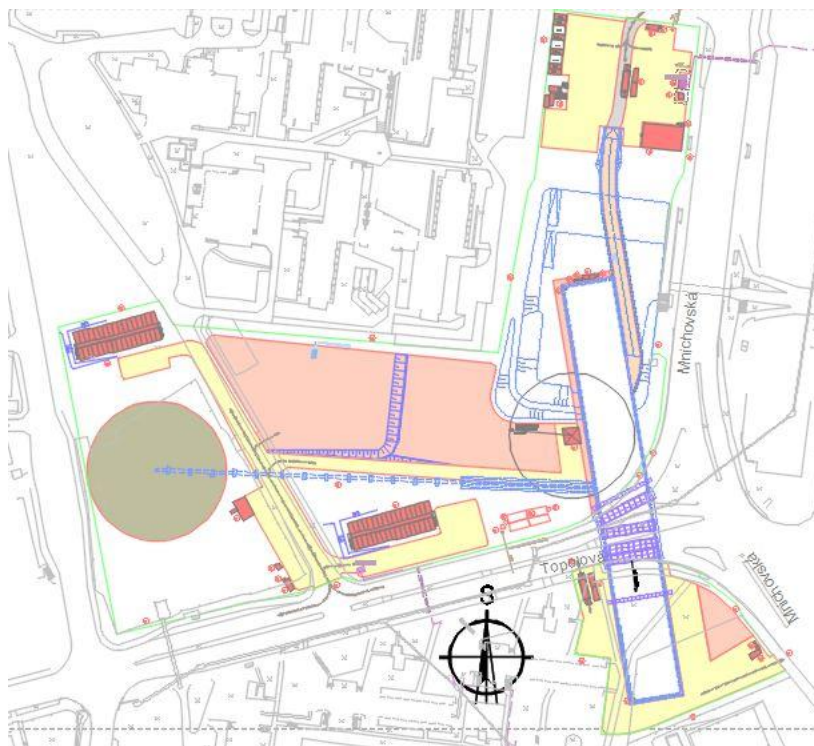
Počátek stavebního oddílu traťových tunelů je ve stanici Depo Písnice. Traťové tunely končí s ražbou ve stanici Pankrác, kde je přestup na metro C. Ražba stroji začne ve stanici Depo Písnice, kde bude veškerá technologie pro ražbu. Po ražbě určité části tunelů, se tato technologie přeloží do místa referenční stanice diplomové práce. Z této stanice bude dokončena ražba do stanice Pankrác.

Z důvodu obchodního tajemství jsou názvy ulic uváděné v diplomové práci smyšlené. Referenční stavba odpovídá reálné situaci a podklady pro práci vychází ze skutečných návrhů, které jsou majetkem firmy. Z důvodu neuveřejnění podkladů, není podrobně rozvedena výstavba stanice.

1.4 Umístění zařízení staveniště

Zařízení staveniště se nachází u velmi frekventované křižovatky mezi ulicemi Mnichovská a Topolová. Ulicí Topolová je staveniště rozděleno na dvě části. Část ZS 2 bude jen pro zajištění stavební jámy. Druhá část ZS 1 je na rozlehlé ploše mezi ulicemi Mnichovská a Topolová. V této druhé části se bude nacházet mezideponie ornice a výrubu, zásobovací plocha tybinků, veškerá technologie pro TBM a hlavní zařízení staveniště.

Na ploše zařízení staveniště v místě referenční stanice, bude veškerá technologie potřebná k ražbě stroji TBM. Ze situace na obrázku č. 1 je vidět rozlehlost staveniště.



Obrázek 1: Velikost zařízení staveniště

Dopravní zatížení je v ulicích Topolová a Mníchovská velmi vysoké, proto bude stavební jáma přemostěna pomocí ocelových provizorií. Přemostění bude provedeno ve dvou etapách tak, aby byla doprava jen minimálně přerušena.



Obrázek 2: Přemostění pro silniční dopravu a přeložky sítí

Po přemostění budou vedeny také přeložky sítí, aby nedošlo k přerušení sítí, které se nachází v místě stavební jámy.

2 Rozbor stavu problematiky a současných řešení v ČR

V současné době je problematika zařízení staveniště na okraji zájmu investorů, kteří veškerou agendu spojenou se zařízením staveniště přesouvají (s výjimkou nejrozsáhlejších staveb) na dodavatele. Generální dodavatelé pak obvykle zařízení staveniště řeší ad hoc, podle okamžitých potřeb stavby. Tím je způsobena nedostatečná připravenost staveniště.

Důvody, které vedou k tomuto stavu, jsou spojeny s výrazným urychlením většiny výstavbových projektů oproti minulosti. Pouze v případě rozsáhlých, dlouhodobých projektů (energetika, doprava) jsou zařízení staveniště budována podle připraveného záměru, který obvykle zpracovává generální dodavatel stavby spolu s projektantem.

Projekty zařízení staveniště se často provádí jen pro formální stránku dokumentace, proto staveniště nelze řádně plánovat. V současnosti se nejčastěji používá kreslení 2D dokumentace pomocí softwaru AutoCad od Autodesku, které je oproti modelování BIM jednoduché a rychlé. Bohužel tento konvenční přístup kreslení má mnoho nevýhod.

Pro zpřehlednění a zefektivnění přípravy stavby se začíná používat u výstavbových projektů BIM modelování i při přípravě i realizaci stavby. Výhody oproti konvenčnímu přístupu jsou: [2]

- Kvalitnější projekty a snížení nákladů při výstavbě pomocí koordinace a logistiky na stavbě
- Díky koordinaci projektové dokumentace se eliminuje riziko prodloužení výstavby a nákladů
- Rychlejší a přesnější tvorba výkazů výměr (automatické generování přesných výkazů)
- V jednom modelu je obsažena informační databáze celého projektu
- Kontrola subdodavatelů a technologií je přesnější (přesné výkazy vs. skutečnost)
- Správnost modelu je ověřena před výstavbou a tím se předchází budoucím vícepracím

2.1 Úvod do problematiky BIM

V překladu znamená zkratka BIM - Building Information Modeling nebo také Building Information Management. Rozlišuje se BIM model jako forma informační databáze a BIM jako proces modelování, který využívá BIM modelu k výměně a sdílení informací. [3]

B – Building ze zkratky znamená obecně stavbu a stavební proces, který se nesoustředí pouze na budovy. Metodika práce informačního modelování se může použít pro jakoukoli stavbu. [3]

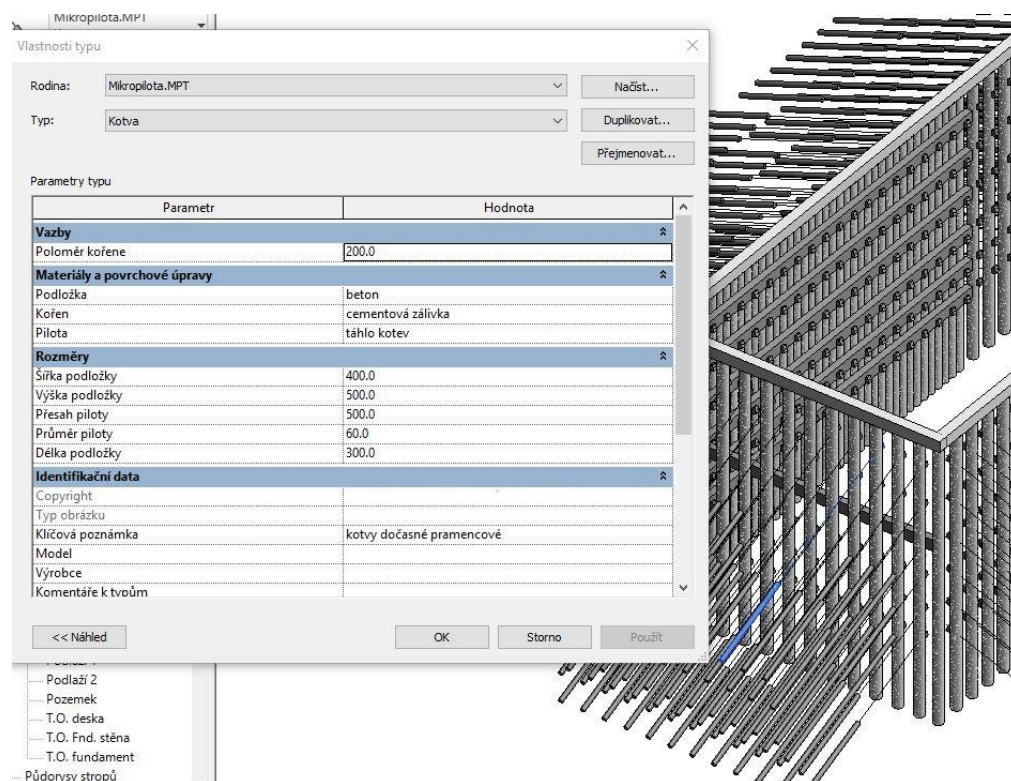
BIM není jen 3D model, který slouží pro názornost a vizuální představu o stavbě. Hlavním cílem je parametrický popis stavby, který slouží jako informační databáze pro výměnu dat, sdílení informací a obecně pro snadnější komunikaci. To by mělo fungovat mezi projektanty při tvorbě projektu a následně mezi projektanty a zhotoviteli. Sdílení informací a snadná komunikace, by měla být použita i při další fázi – provozu budovy. [3]

Tato informační databáze zahrnuje kompletní data od prvního návrhu, přes proces výstavby a provozu budovy až po demolici, včetně ekologické likvidace. [3]

- **Definice modelu**

Jedna z definic modelu BIM od NIBS - National Institute of Building Sciences, USA je:

Digitální model reprezentuje fyzický a funkční objekt s jeho charakteristikami. Slouží jako otevřená databáze informací o objektu pro jeho zrealizování a provoz po dobu jeho užívání. [3]



Obrázek 3: Materiály pro jednotlivé konstrukce

- **Aktuálnost modelu a jeho ukládání**

Velkou výhodou BIM modelu obecně je generování výkresů půdorysů, řezů a pohledů z jednoho modelu. Pokud se změní jedna konstrukce v určitém pohledu, změna se provede v ostatních pohledech. BIM prostředím je myšlen nejen výkres, ale i data, která má výkres obsahovat. Například soubory s kontakty na zpracovatele dokumentace, poznámky z kontrolních dnů a další soubory, které má projekt obsahovat. Tyto soubory by se měly ukládat ve stejném formátu na stejné místo podle stanovených standardů. Tím se zabrání ztrátě materiálů při předávání informací. Na uloženém místě se nachází jen nejaktuálnější soubor pro lepší orientaci. To nazýváme CDE (Common Data Environment), jehož definice je:

Jednotná datová struktura je jediným zdrojem informací použitým při shromažďování, správě a šíření dokumentace, včetně grafických vzorů a dat pro celý projektový tým. Usnadňuje spolupráci mezi členy projektového týmu a pomáhá se vyhnout duplicitě. Jednotlivé modely od různých členů se neovlivňují, mají jasné autorství a zůstávají oddělené. [4]

Při kreslení 2D dokumentace se změna v jednom výkresu musí ručně přenést do dalších výkresů. Jedná se jen o čárový výkres bez dat a informací.

BIM model by měl být vždy aktuální. Tím by měly odpadnout problémy s dohledáváním nejaktuálnějších informací. Technické zprávy by měly odpovídat informacím v modelu. Praxe bude bohužel zatím fungovat jinak, ale alespoň část dokumentů a výkresů bude automaticky aktualizovaná.

2.2 Důvody pro zavedení BIM modelování

BIM modelování má různé výhody a nevýhody oproti konvenčnímu zpracování dokumentace. V následujících odstavcích budou uvedeny.

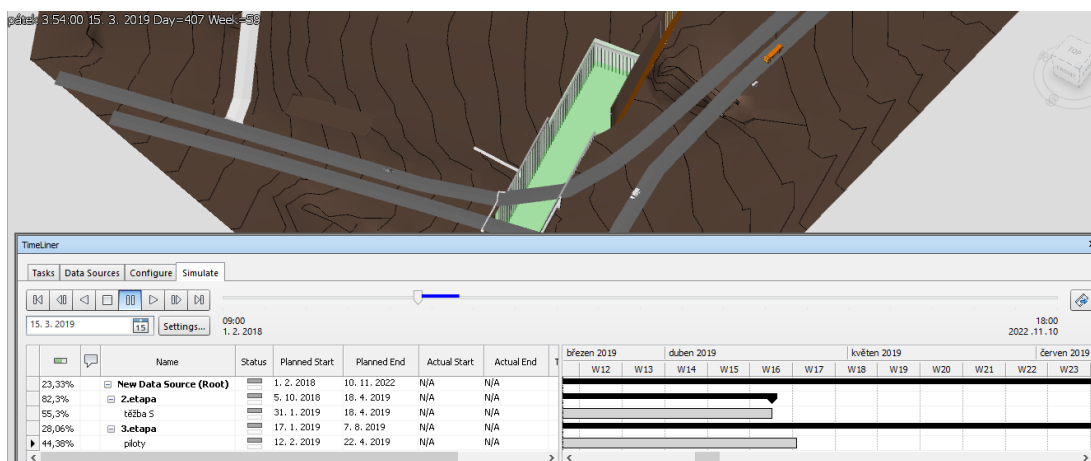
- **Používané dimenze**

Základem je 3D model, který kromě materiálových, fyzikálních, konstrukčních a statických parametrů může obsahovat také další dimenze a informace. Další dimenze slouží k názorné vizualizaci, při hledání kolizí, lepší představitivosti, dodržení technologických postupů a bezpečnosti práce při výstavbě.

Ze základního 3D modelu je tvořena 2D výkresová dokumentace, která je pro stavbu také důležitá. Tato dimenze je součástí modelu a nesmí být opomíjena.

Další dimenze:

- 4D (čas) - časový průběh realizace, který by měl být v průběhu výstavby průběžně aktualizován [3]



Obrázek 4: Časové plánování výstavby

- 5D (náklady) - při napojení na harmonogram jsou známy aktuální náklady, dále se lépe tvoří rozpočty podle např. podlahových ploch [3]
- Další dimenzí může být bezpečnost práce, kdy se již při vytváření modelu myslí na bezpečnost osob, a proto se už v této fázi navrhuje bezpečnostní opatření [3]

Díky těmto vlastnostem probíhá lepší koordinace všech profesí i zjednodušené hledání chyb, které se tímto odhalí už před samotnou výstavbou a ušetří tak náklady spojené s nepředvídatelnými událostmi. [3]

- **Časové plánování**

Časové plánování aneb 4D představuje simulaci stavebních postupů v čase a prostoru. Díky názornosti modelu si lze plánování lépe představit a jednotlivé objekty rozdělit do příslušných etap. [3]

Zahrnuje prostorovou koordinaci, rozvržení staveniště, evidenci materiálů, prefabrikátů atd. BIM model může zahrnovat plán logistiky na staveništi a s tím spojená např. bezpečnostní opatření. Model může evidovat subdodávky, výrobu, dopravu a jeřábnické práce. Vše je na jednom místě a tím je zlepšena koordinace těchto činností.

V plánování může být zavedena také kontrola kvality, která je v dnešní době ve stavebnictví důležitá.

BIM model má z hlediska plánování výstavby tyto přínosy: [3]

- Model výstavby v čase i prostoru
- Možnost sledování stavu objednávek materiálu
- Před prováděním eliminujeme kolize
- Časová omezení spojená s výstavbou, včetně milníků
- Názornější nakládání se zdroji jako jsou materiály, práce, čas
- Snazší komunikace na stavbě, omezení výkresové dokumentace
- Lepší komunikace mezi projektanty a dodavateli stavby
- Rychlejší tvorba rozpočtů, např. zpevňujících ploch

Plánování by se také dalo využít k modelování výstavby celého metra místo současného cyklogramu. 4D model by sloužil daleko názorněji nejen pro projektanty a zhotovitele, ale také pro veřejnost.

BIM model může také zahrnovat dodávky materiálů. Například do prefabrikátů se dají dát mikročipy s datem výroby, třídou betonu a dalšími informacemi. Model pak obsahuje umístění tohoto prefabrikátu. Tím je zjednodušena dodávka, doprava po staveništi a případné vady z výroby.

V současné praxi se podle autorova názoru nejvíce používá, i když také v malé míře, časové modelování, pro vyhledávání kolizí a zjednodušenou představu o výstavbě. Kolize lze využít např. u dočasných konstrukcí a pohybu jeřábu.

2.3 Fáze projektu

Pro různé fáze dokumentace je třeba mít dané určité stupně podrobnosti pro BIM modelování. Proto se zavádí LOD.

- **LOD**

„Level Of Detail“ byl zaveden hlavně kvůli oceňování stavebních elementů. Je to měřítko zpracování stavebního elementu. V dnešní době se jedná hlavně o geometrickou podrobnost.

Pro použití podrobnosti u celkového informačního modelu např. u analýz a plánování byl zaveden Level Of Development od American Institute of Architects (AIA). Level Of Development specifikuje danou spolehlivost informačního modelu.

LOD podle dokumentu AIA E202 2008 zhotoveného American Institute of Architects (AIA).

- LOD 100 – objemový model, plochy, umístění a orientace v 3D modelu
- LOD 200 – stavební elementy jako generalizované systémy nebo seskupení s přibližným množstvím, mohou obsahovat i negeometrické informace
- LOD 300 – specifické skupiny stavebních elementů, obsahují přesné rozměry, umístění a informace
- LOD 400 – obsahují navíc informace o zhotoviteli a podrobné detaily
- LOD 500 – stavební elementy jsou modelovány, tak aby byly dodány s přesnými rozměry, tvary, umístěním a informacemi, použití pro facility management [3]

Popis LOD je z literatury z roku 2013, v současnosti proběhly změny.

- **Informační model staveniště použitý v Itálii**

Pro nedostatečnou specifikaci LOD, byl v Itálii Level Of Detail nahrazen informačním modelem staveniště. Jedná se o místní formu zpracování dokumentace zařízení staveniště v BIM prostředí.

U zařízení staveniště je třeba rozvíjet model při různých fázích procesu výstavby, stejně jako je to u konstrukcí budovy. Z tohoto důvodu se zpracovává informační model staveniště „Construction site information model” (CoSIM). Pro tento informační model by měl být zpracován soupis BIM prvků a vyrobené 3D modely (rodiny) obsahující dané informace. Tento soupis byl navržen Technickou univerzitou v Miláně, katedrou Architektury, Urbanismu a Stavebního inženýrství. Soupis je dán pro typ prvků, jako je vybavení a zařízení podle funkce na staveništi. Byla určena grafická úroveň podrobnosti modelu a jeho prvků. Byly definovány jednotlivé rodiny s příslušnými typy. Dále model obsahuje informace o rozvoji výstavby a převod modelu do správných výstupů. [5]

Modelováním zařízení staveniště jsme schopni zefektivnit proces výstavby, zlepšit dodržování časového harmonogramu, nákladů a zvýšit bezpečnost. Pro modelování je důležité vědět, ve které fázi výstavby se projekt nachází.

Tyto fáze se rozdělují na přípravnou a realizační.

Přípravná fáze zařízení staveniště:

- Okolní prostředí - Je třeba, aby byly modelovány přesné rozměry prvků, pro odhalení kolizí. Každý prvek je popsán ohledně svého kritického místa
- Funkční, prostorová a technologicko-výrobní struktura - Do této oblasti patří např. zařízení, přístřešky, manipulační stroje, ploty, lešení. Tyto objekty lze znázornit prostorovým modelem s celkovým uspořádáním, který se v další fázi upřesní podle standardizovaného soupisu BIM prvků včetně grafické úrovně. U technologií by měl být uveden minimální nebo maximální výkon
- Proces analýzy a plánování výstavby – Výstupem je pracovní plán s jednotlivými etapami, vizualizace a časové plánování, v konečné fázi jde o kontrolu kolizí a bezpečnosti práce.
- Organizace bezpečnosti práce na staveništi – Model obsahuje pro každou fázi všechny prvky zajištění bezpečnosti práce. To usnadňuje výpočet množství a ceny bezpečnostních prvků [5]

Tabulka 1: Fáze projektu [5]

Fáze	Předběžný CoSIM návrh	Definitivní CoSIM návrh	Prováděcí CoSIM návrh
Okolní prostředí	Grafický detail ještě není kompletně vyvinut. Neobsahuje identifikační barvu, správnou dimenzi a pozici. Informační detail také není vyvinut a může obsahovat chyby.	Stejný jako v předběžné fázi. Dodávání informací, které byly zjištěny.	Jsou požadovány informace pro detekci kolizí.
Funkční a prostorová struktura	Grafický detail je definován objemy na obecném místě.	Určí se jednotlivé prostory pro jednotlivé fáze výstavby. Prvky jsou převzaty z vyrobeného soupisu prvků s vytvořenými rodinami.	Aktualizace modelu a zpřesňování.
Technologicko-výrobní návrh	Grafický detail je zobrazen jednoduchými objekty pro zařízení staveniště.	Definování grafického detailu a informací, které objekty obsahují. Rozdělení na různé fáze výstavby. Použití předem vytvořených rodin.	Aktualizace a zpřesňování návrhu a jednotlivých pracovních ploch.
Proces analýzy	Analýza hlavního vybavení, časové spotřeby a nákladů.	Detailní analýza pracovních ploch, plánování technologických postupů a přesnější určení časové	Aktualizace pracovních činností a vylepšení časového harmonogramu včetně ceny.

		náročnosti a nákladů.	
Proces plánování	Jsou dány definitivní hlavní fáze podle projektu rozvoje.	Jsou dány definitivní fáze výstavby podle prováděcích prací.	Vylepšení pracovního plánu pro definitivní zvýraznění potenciálních kolizí.

Realizační fáze: [5]

- Organizace staveniště a řízení provozu – Přípravná dokumentace je zpřesňována jak graficky, tak informačně. Pro tuto fázi byly vytvořeny skutečné modely vybavení, které jsou používány na staveništích
- Technologický postup
- Plánování bezpečnosti práce – Souvisí s procesem analýzy návrhu. Z návrhu CoSIM jde do detailů návrhu a specifických procedur. Díky tomuto je možno studovat jednotlivá pracovní místa a ohodnotit skutečnou proveditelnost dané operace pro bezpečnost pracovníka. Dále si mohou pracovníci své úkoly zobrazit např. na tabletech. Tím získají lepší představu o své činnosti a přesném umístění montážních prvků

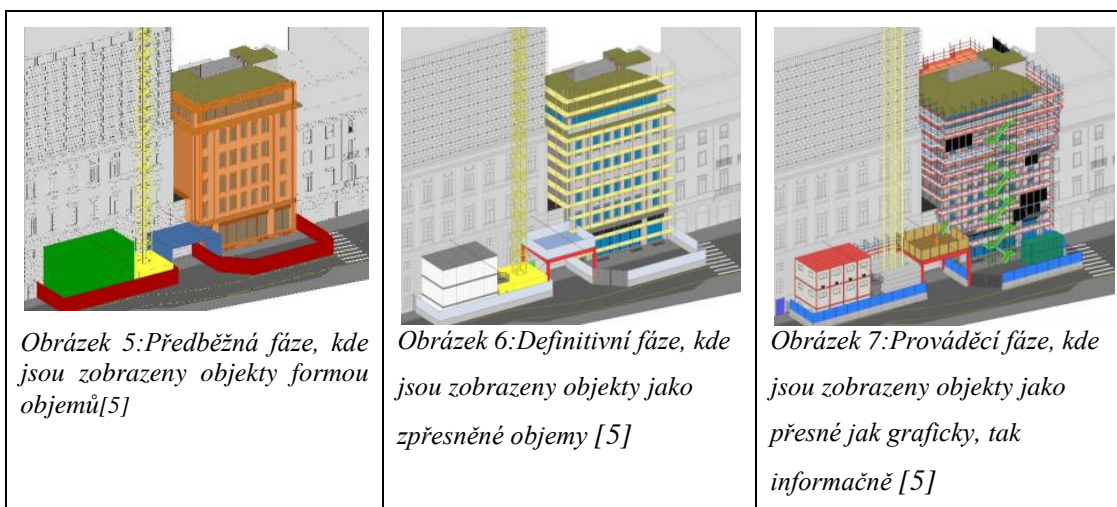
Informační model staveniště CoSIM byl vytvořen pro fázi přípravnou i prováděcí.

Tato metoda byla navrhuta a využita v centru města Milána pro bytový dům v zástavbě. Hlavním přínosem modelu bylo zobrazení okolních budov pomocí jednoduchých objektů a zobrazení kritických míst. [5]

Názorný postup zpřesňování modelu je vidět na obrázku č. 5, 6, 7. K těmto modelům by měla být dále vytvořena tabulka se specifikací objektu staveniště jako je např. lešení, ploty, jeřáb a přístřešky.

Příkladem je lešení, v první fázi je uvedena plocha lešení, podle které se určí náklady. V další fázi jsou zobrazeny kromě této plochy také schodiště a zábradlí.

Dále může být zobrazena postupná montáž lešení se zobrazením polohy pracovníků a zajištění jejich bezpečnosti.



Podle autorova názoru je tento způsob vytváření modelu pro zařízení staveniště ve třech etapách jednodušší a názornější než používání LOD, které je obdobné.

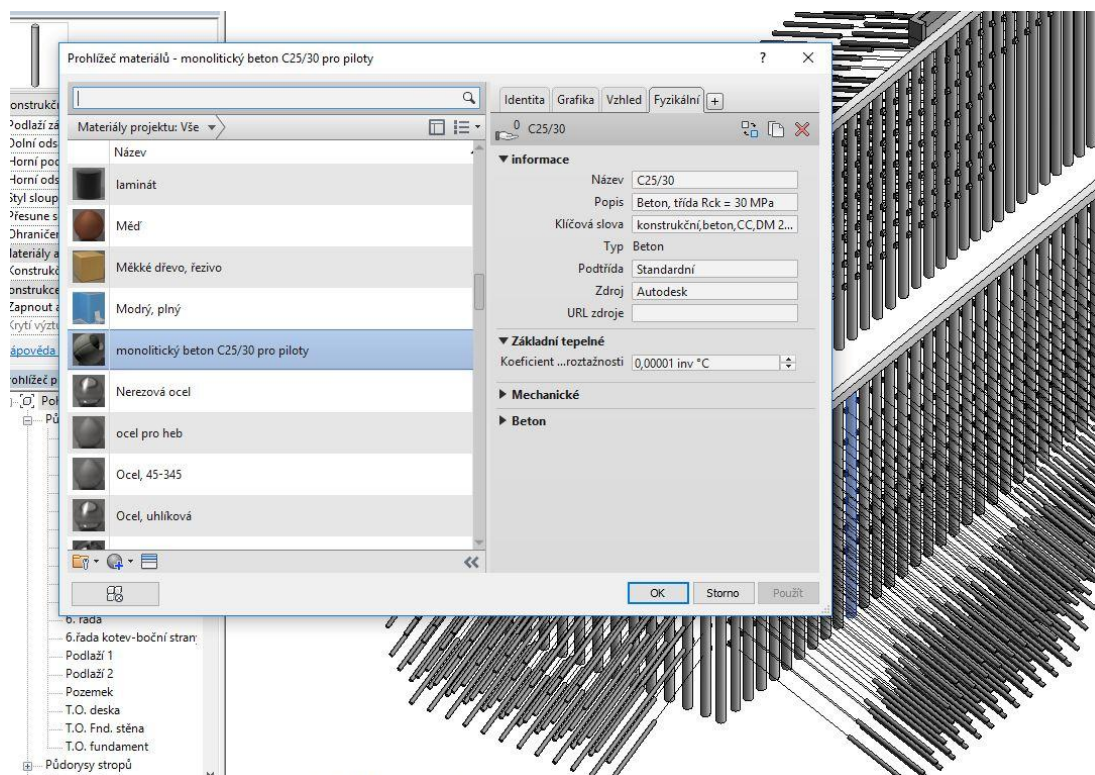
2.4 Porovnání BIM modelování s konvenčním procesem tvorby dokumentace

Konvenčním přístupem, který se v současné době nejvíce používá, je myšleno kreslení 2D dokumentace pomocí softwaru AutoCad od Autodesku. Dále budu v práci tento přístup uvádět jako 2D dokumentaci.

- **Materiálové vlastnosti**

Model má obsahovat vlastnosti materiálů, které se při aktualizaci budou také měnit a zpřesňovat s jednotlivými stupni dokumentace. Postupným doplňováním informací v na sebe navazujících dokumentacích musí být jednotlivé standardy provázané. Proto by měly být zavedeny jednotlivé standardy pro určité stupně dokumentace, které specifikuje LOD.

V 2D dokumentaci jsou materiály znázorněné pouze šrafy a popisem v legendě. Např. betonové konstrukce už nejsou dále specifikovány, jako to může být u BIM modelu.



Obrázek 8: Materiály pro jednotlivé konstrukce

- **Výkaz výměr**

Výkaz výměr je při každé změně aktuální a přesný u většiny konstrukcí, pokud jsou dodrženy určité standardy, které by měly být zavedeny. Příkladem je sendvičová stěna, kde je přesný výkaz vytvářen pro každou část konstrukce zvlášť. V 2D dokumentaci se výkaz přepočítává po každé změně, u většiny konstrukcí se dělá ručně a tím je náchylnější k chybám. V 2D dokumentaci se například při konstrukcích z trubek bere většinou jen délka bez kloubů. Výkaz z modelu BIM je v tomto pohledu daleko přesnější.

V současnosti zpravidla nebývá model propojen přímo s rozpočtářským programem. Programy podporující BIM vytváří rozpočty podle objektů v modelu. V České republice se rozpočty tvoří po jednotlivých činnostech podle třídníku stavebních prací, proto se nedá vytvořit rozpočet jednoduše. V praxi je zatím používaným nástrojem pro orientační ocenění a investiční záměry v BIM prostředí, databáze RYRO neboli rychlé rozpočtování. [6]

- **Výhody a nevýhody počátečního nastavení**

Počáteční nastavení a vyhotovení šablon, musí být zpracováno kvalitně. Pokud je nekvalitně zpracováno počáteční nastavení, zejména šablon, pozdější

změny jsou velice problematické a náročné. Proto by měl ve firmě být BIM manažer, který se stará o počáteční nastavení, koordinaci projektů a správu rodin.

- **Vizuální model**

Další výhodou je, že odpadá vizuální model od architekta pro veřejnost. BIM model se dá použít i jako vizualizace. Díky tomu můžeme tvořit BIM model již od prvního návrhu architekta.

- **Koordinace a orientace v projektu**

BIM model usnadní přípravu stavby a orientaci v projektu. Informace jsou koncentrovány na jednom místě a tak se usnadní činnosti dalších zpracovatelů, např. přípraváře.

Na stavbě má stavbyvedoucí všechny výkresy v tabletu místo velkých formátů papírových výkresů. Pro názornost vidí 3D model.

Při koordinaci modelů je provedena kontrola správnosti. Tím se předejde budoucím vícepracím, které by vznikly v průběhu výstavby.

- **Kolize**

Kolize jsou trojího typu: [7]

- Tvrdé – Objekty se protínají a jsou vedeny stejným místem. Příkladem jsou dvě potrubí jdoucí přes sebe
- Měkké – Do této kategorie patří geometrické tolerance. Příkladem jsou ochranná pásma objektů nebo průchozí výšky
- 4D/ Časové kolize – Řeší střety v plánování. Příkladem může být stavba konstrukce ještě před dodáním potřebného materiálu nebo předčasné umístění stroje

Před započítáním stavby jsou zkontrolovány kolize. Tím odpadá vícepráce, a stavba není zdržována.

- **Implementace do firem**

Nevýhodou je časově náročnější projektování a implementace v inženýrských a stavebních firmách. Počáteční investice do pracovních nástrojů jsou nákladnější, ale usnadní výstavbu. Např. redukuje vícepráce a následný provoz stavby, kdy se už

při návrhu odstraní problémy, které by vznikly po dostavbě a tím ušetříme čas i náklady.

- **Možnost zaměření**

Model plochy se dá využít i k zaměření. Vytyčovací body mohou být zobrazeny přímo v modelu. Pro stavby hlavně dopravního charakteru se zaměření z modelu dá použít do řízených strojů, které vyrovnávají nebo stavějí nový povrch. Laserovým skenováním lze následně provést kontrolu kvality. Pro účely zařízení staveniště se řízené stroje používají pro přesné srovnání plochy u rozlehlých staveb bytových komplexů. [8]

Projekt skutečného provedení se tímto dá tvořit průběžně a je daleko přesnější.

- **Použití BIM modelování v reálném zahraničním projektu**

Referenční model použitý pro diplomovou práci je obdobný projektu BIM modelování ražby tunelu ve švýcarském městě Rasttat.

Jedná se o pilotní projekt rychlodráhy, tunelu Rasttat, na trati Karlsruhe – Basel. Hlavním cílem projektu byla detekce kolizí při ražbě. Zatím byla tato metoda provedena pouze jako přibližné zjišťování kolizí na modelech domů, pod kterými bude probíhat ražba. Umístění domů bylo vytvořeno laserovým skenováním. Ještě před výstavbou se zjišťovaly statické změny domů nad tunelem. Tím bylo zabráněno případným poruchám domů. Pokud by byly známy v modelu sítě od jednotlivých správců, byla by detekce kolizí velkou výhodou. [9]

V tomto projektu stavbyvedoucí zaznamenával aktuální časy výstavby a podle toho aktualizoval harmonogram prací včetně nákladů. Model byl také použit pro tunelování, při kterém se sledovaly deformace na prstenci stroje. [9]

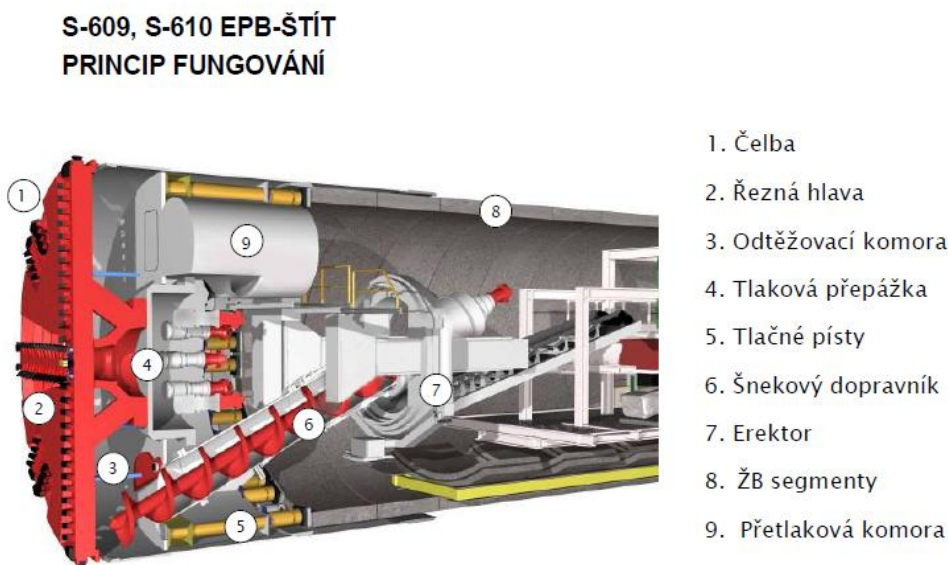
Laserové skenování může sloužit také pro zjišťování následných sedání domů po razících pracích.

U běžné tvorby dokumentace ve 2D nejsou tyto možnosti kontroly před výstavbou vůbec dostupné.

2.5 Technologie TBM použitá pro ražbu

Stavba nového pražského metra D je podobná se stavbou prodloužení linky metra A do stanice Motol. Proto budou pro ražbu použity stroje podobných rozměrů jako pro poslední realizovaný úsek metra A. jedná se o dva stroje TBM (Tunnel Boring Machine), takzvané zeminové štíty EPBM (Earth Pressure Balance Machine). Podle podkladů firmy Metrostav a. s. je průměr řezné hlavy 6080 mm, celková délka stroje přesahuje 100 m a váha je téměř 900 tun. Řezná hlava se skládá ze tří částí pro snadnější demontáž. Řezná hlava je osazena dvojitými valivými dláty a jednoduchými obrysovými dláty, kterými lze zvětšit ražený průměr až o 20 mm. [10] Stroj TBM bude stanicí, která je řešena v diplomové práci, projíždět.

Ražba těmito stroji je založená na rozpojování horniny na čelbě tunelu pomocí rotující řezné hlavy s řeznými nástroji. V řezné hlavě jsou otvory, odkud odchází rozpojená hornina do odtěžovací komory. Tam se promíchává s již rozpojenou rubaninou. Působením tlakové síly od tlačných válců se přenáší síla do rozpojené rubaniny tlakovou přepážkou. Tím brání nekontrolovatelnému pronikání rubaniny z čelby do tlakové komory. [11]



Obrázek 9: Princip fungování [12]

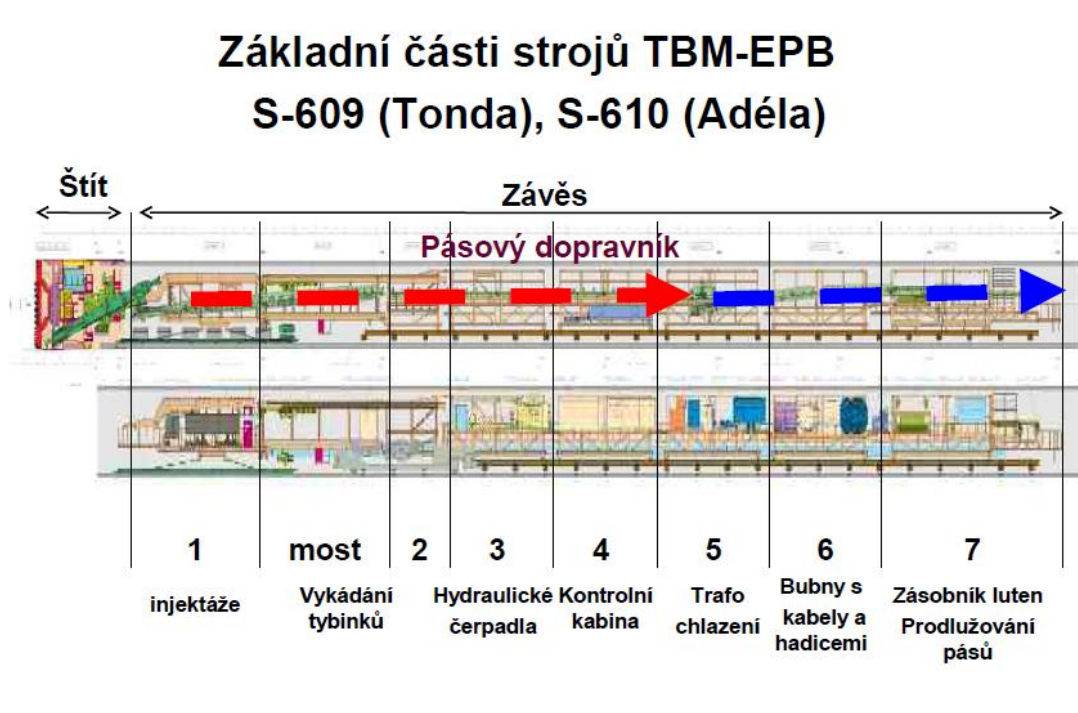
Z odtěžovací komory přepravujeme rozpojenou rubaninu šnekovým dopravníkem do tunelu na tunelový pás. Ten je v místech, kde se již nachází atmosférický tlak. [11]

Řezná hlava, odtěžovací komora a pohon řezné hlavy jsou spojeny v jeden celek. Kompaktní celek (štít) je doplněn o přetlakovou část. Po obvodě ho doplňují dvojice tlačných hydraulických pístů. Ty se vysouvají a opírají o vystavěný prstenec segmentového ostění. Tím se posouvá celý komplex stroje se závěsem vpřed. [11]

Motorová část a závěs stroje je spojena mostní konstrukcí pro volný transport segmentového ostění. K montáži ostění slouží vakuový erektor. [11]

Za mostem je řídicí kabina, kterou řídí pilot a jsou v ní všechna data o výkonech stroje. Dále je pásový dopravník s jednotlivými technologickými centry, jako jsou hydraulické pumpy, trafostanice, bubny s vlečnými kabelem a potrubím a sekce pro prodlužování veškerých vedení v tunelu atd. [11]

Schéma stroje:



Obrázek 10: Části strojů TBM [12]

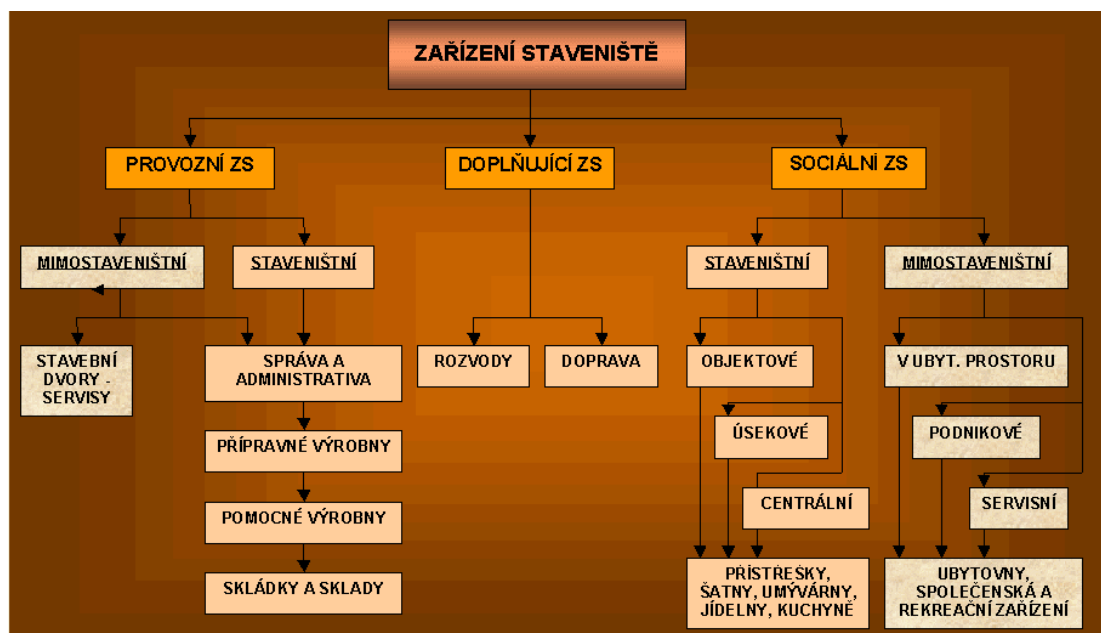
2.6 Objekty zařízení stavenišť v místě referenční stanice

Zařízením stavenišť je podle definice: *souhrn všech trvalých i dočasných objektů a výrobních i nevýrobních prostředků budovaných i umístěných na staveništi nebo mimo staveniště sloužících po dobu výstavby k hospodárnému provádění stavebních a montážních prací.* [13]

Zařízení staveniště můžeme dělit na tři části. Část provozní, která slouží k vlastnímu budování stavby. Sociální zařízení slouží pracovníkům stavby pro sociální, hygienické a kulturní potřeby. Doplňující zařízení staveniště je souhrn prostředků pro část provozní i sociální. [13]

Dále dělíme zařízení staveniště podle místa výroby na staveništní a mimostaveništní.

Další rozdělení zařízení staveniště je na centrální, objektové a úsekové.



Obrázek 11: Schéma základního dělení staveniště [14]

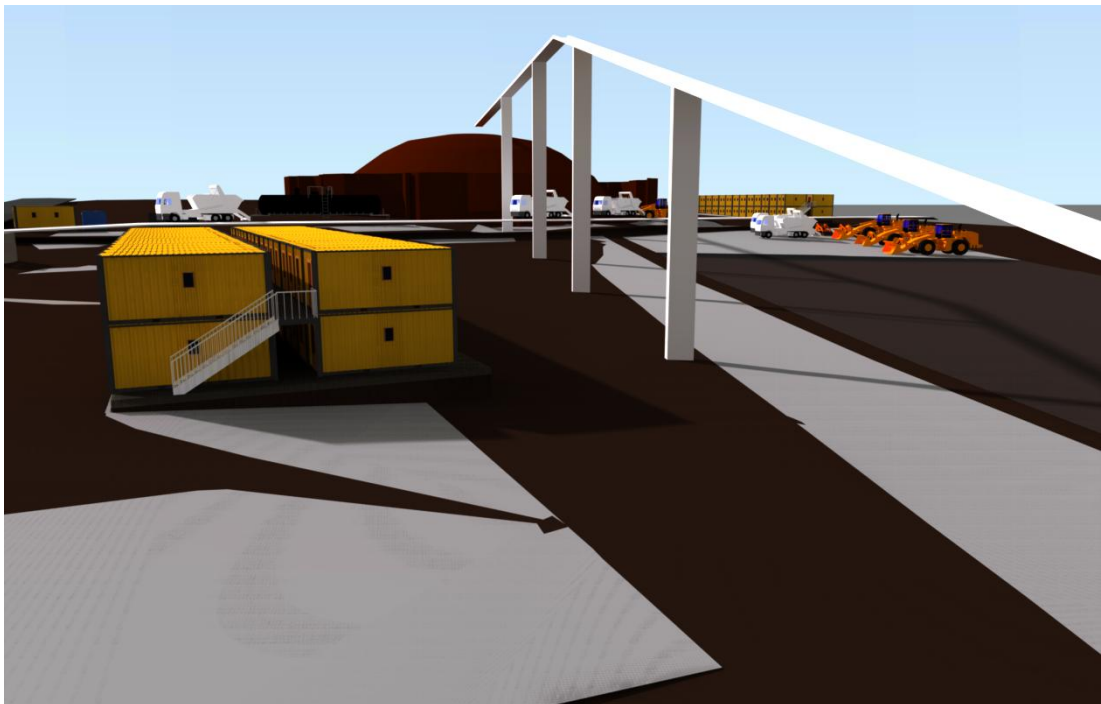
2.6.1 Provozní zařízení staveniště

Provozní část je hlavním zařízením pro výstavbu a výrobu. Patří do ní výrobní, sklady a kanceláře pro staveništní provoz. [13]

Kanceláře:

- Buňkoviště - Na staveništi se budou nacházet dvě buňkoviště. Každé buňkoviště bude o půdorysné ploše cca 600 m² a bude dvoupatrové. Na staveništi se budou pohybovat pracovníci pro dva stavební oddíly. Jedná se o stavební oddíl stanice a stavební oddíl traťových tunelů. Proto uvažujeme o takto velkém buňkovišti
 - Na staveništi se může pohybovat až tisíc lidí během dokončovacích prací. Největší počet lidí na stavbě bude při překládce sítí, stavbě stanice a montáži technologií

- Podle počtu pracovníků by měla být plocha okolo 13-19 m² na sto provozních zaměstnanců v administrativní části pro dodavatele. Pro dodavatele technologií je třeba 40 m² na 51-75 osob [13]
- Na stavbě se budou pohybovat různí zhotovitelé jednotlivých stavebních objektů, proto je třeba mít buňkoviště rozdělené i podle zhotovitelů
- Každý zhotovitel má své vedení, administrativní zaměstnance, přípraváře, stavbyvedoucí, mistry, dělníky. Na stavbě se bude pohybovat technický dozor, investor, koordinátor bezpečnosti, technologové atd.
- V dolních patrech se budou nacházet hlavně šatny pro dělníky.
V horních patrech budou kanceláře a zasedací místnosti
- Zasedací místnost – Na stavbě budou probíhat různá jednání, proto je třeba mít více zasedacích místností
- Lampárna – Sklad pomůcek pro dělníky, kteří vstupují do důlních prostor



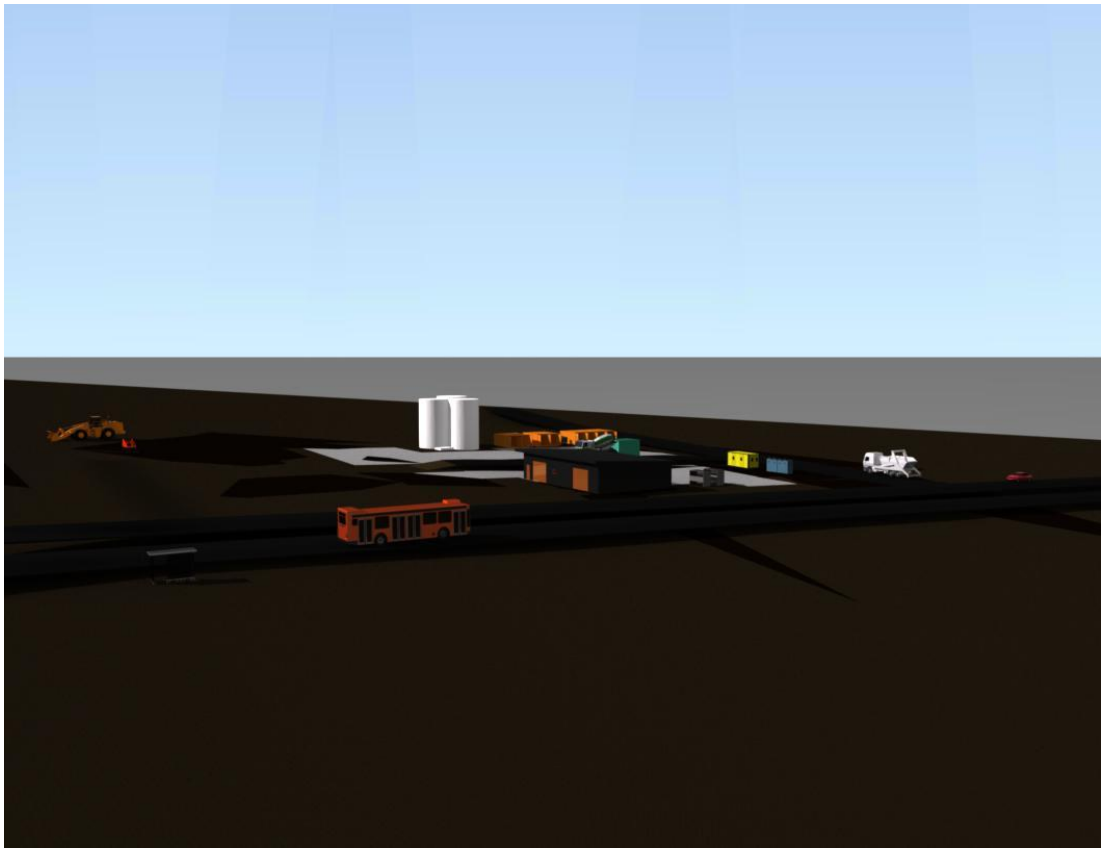
Obrázek 12: Model buňkoviště

Skladové plochy:

- Mezideponie – Slouží pro vytěženou zeminu ze stavební jámy a výrub z ražby tunelu. Kolem mezideponie jsou štětovnicové zábrany kvůli tekutému výrubu
- Skladové kontejnery a kontejnery na odpad
- Skladové plochy – Pro prefabrikáty, hlavní plochu zaberou tybinky
- Skladové plochy pro hrubou stavbu – Jsou potřeba vyhrazené plochy pro armaturu a bednění
- Plocha pro ošetření bednění

Výrobní v místě staveniště:

- Míchací centrum – Mezi ostěním a horninou proběhne dvoukomponentní injektáž, část se bude vyrábět v míchacím centru (směs cementu, bentonitu a přísad) na povrchu a pomocí podtlakových čerpadel bude dopravena až ke stroji TBM, ve kterém je směšovač s vodním sklem ze zásobníku [15]
- Dílna pro TBM



Obrázek 13: Model s míchacím centrem, dílnou a sklady – pohled z ulice

2.6.2 Sociální zařízení staveniště

Sociální zařízení je rozděleno podle účelu a zaměření zajišťující potřeby na hygienické a sociální. [13]

Pro hygienické zařízení slouží:

- Šatny
- Umývárny
- Sprchy
- Kontejner s bojlerem na ohřívání vody
- Kuchyňka
- Záchody – Na staveništi se nachází mobilní záchody TOI TOI a vnitřní záchody v sanitárních buňkách

Pro sociální potřeby se na staveništi nachází:

- Kantýna
- Ošetřovna

Pro kulturní potřeby se na staveništi nenachází žádné rekreační zařízení, jelikož je staveniště uprostřed Prahy a zaměstnanci nejsou na místě ubytováni. [13]

2.6.3 Doplnující zařízení staveniště

Hlavním účelem doplňujícího zařízení staveniště je doprava materiálu a rozvody sítí.

Na výstavbu stanice jsou pro doplňující zařízení staveniště potřebné následující objekty, stroje a rozvody sítí. [13]

K zajištění pohybu materiálu po stavbě je potřeba:

- Jeřáb - Pro přemístování tybinek, které budou od stavební jámy dále. Ostění se skládá z 5+1 tybinků a celé váží 60 tun. Přemísťovat budeme pouze jeden kus, tedy 10t. Jeřáb bude následně využit pro stavbu stanice
- Jeřáb pro výstavbu hrubé stavby stanice – Jeřáb bude sloužit pro přesun armatur a bednění
- Stabilní čerpadlo – Pro stavbu stanice budou na staveništi dvě stabilní čerpadla

- Stroje - Na staveništi bude také vrtná souprava, betonážní mixy, rypadla, autojeřáb, čerpadlo, nakladače, nákladní auta atd.

Dopravní komunikace na staveništi:

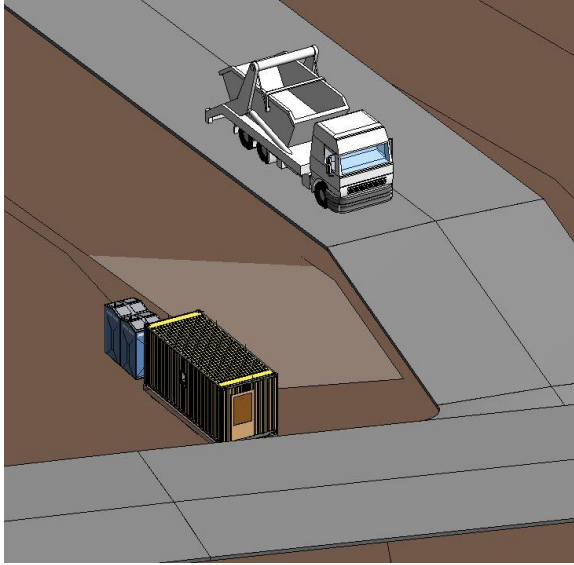
- Zpevněné plochy – Dopravní trasy jsou zpevněné betonovými panely. Sklárky mají zpevněné a odvodněné podloží
- Rampa – Do stavební jámy vede štěrková rampa pro vjezd a výjezd strojů
- Parkoviště pro stroje – Pod stroji musí být zpevněná plocha



Obrázek 14: Model s míchacím centrem, dílnou a sklady – pohled z ulice

Ochrana staveniště z hlediska bezpečnosti:

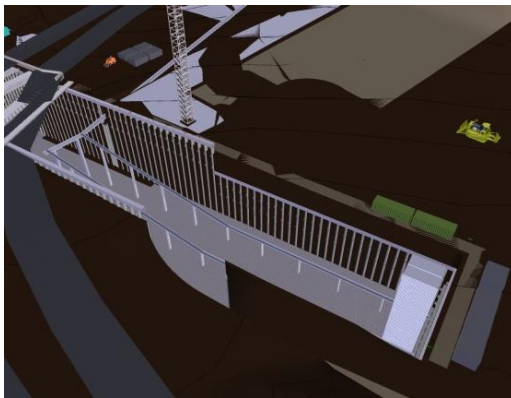
- Plot – Oplocení kolem zařízení staveniště je 1,8 m vysoké podle přílohy č. 1 nařízení vlády č. 591/2006 Sb., o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích, ve znění pozdějších předpisů (Nařízení vlády č. 136/2016 Sb.) [15]
- Myčka vozů – Po dobu zemních prací bude u hlavních výjezdů ze staveniště umístěna myčka kol stavebních strojů
- Staveništní komunikace – Rozdělení pěších zón od nákladní dopravy
- Ostraha u vjezdů a výjezdů



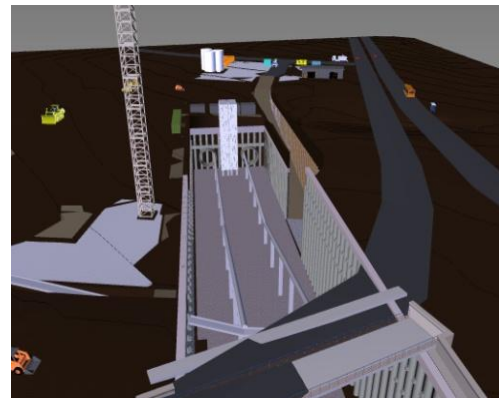
Obrázek 15: Kontejnerové buňky s ostrahou

Objekty potřebné k ražbě:

- Pásová doprava – Zemina z ražby se pomocí pásové dopravy dostane na mezideponii, šířka pásu vedeného z tunelu je 600 mm a max. sklon je 14 stupňů. Pro pásovou dopravu k mezideponii vede výkop zajištěný záporovým pažením



Obrázek 16: Část modelu ZS-Zajištění stavební jámy s pásovou dopravou



Obrázek 17: Část modelu ZS-Zajištění stavební jámy s pásovou dopravou

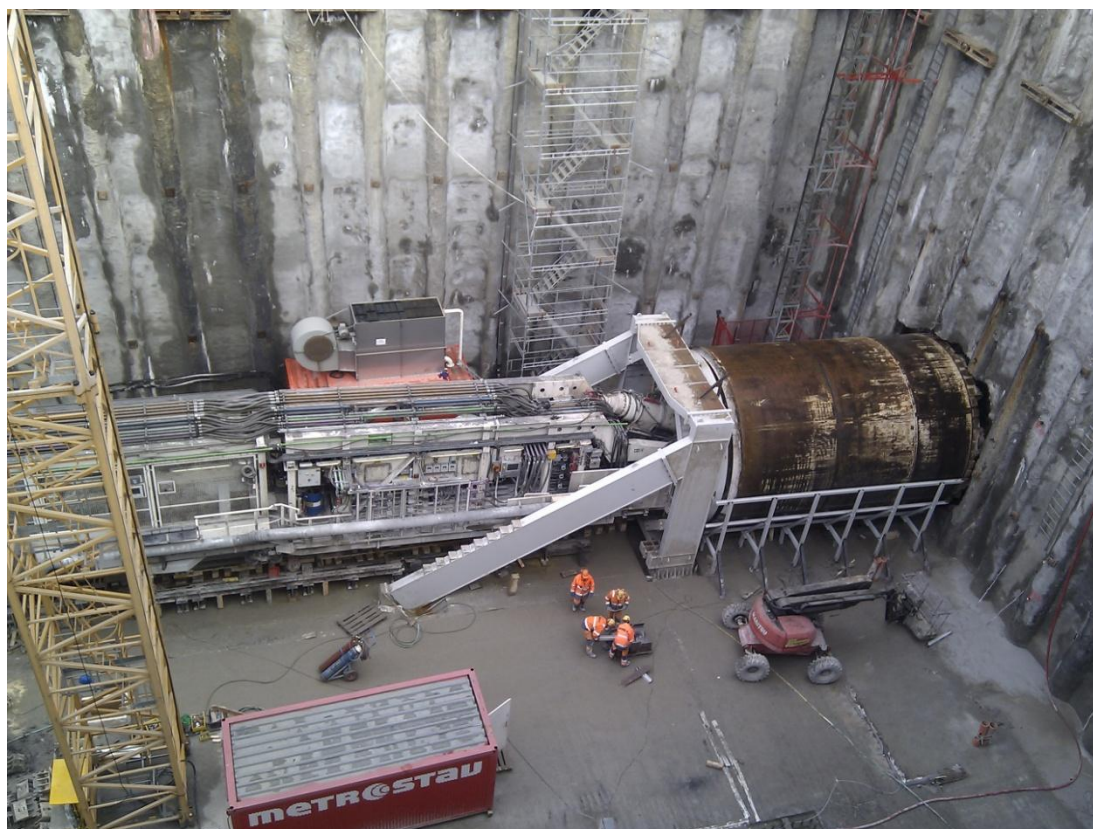
- Chladicí kontejnery pro TBM
- Napínací věže – Slouží k napínání pásu při pásové dopravě v tunelu (názorně jsou ukázány na obrázku č. 18)



Obrázek 18: Pásový dopravník, napínací věže na reálné stavbě

- Startovací konstrukce pro ražbu – Pod startovacím rámem stroje budou připravené základy
- Ocelová konstrukce kolébky – Slouží pro přejezd TBM stroje jámou
– Při ražbě mezistaničních úseků je stroj posunován pomocí tlačných lisů, které se opírají o poslední zabudovaný

prstenc, ve stanici se však žádný prstenc nenachází, proto se stroj odráží od provizorních rámmů zabudovaných v instalovaných kolébkách [16]



Obrázek 19: Startovací konstrukce, konstrukce kolébk

Přípojky zařízení stavenišť:

- Vodovodní přípojka
- Kanalizační přípojka
- Elektro přípojka – Na staveništi se nachází dvě trafostanice pro rozvod elektřiny 22 kV (1000 kVA)
- Rozpínací stanice – Pro napájení TBM stroje slouží rozpínací stanice 5500 kVA, která se po 2200 kVA rozdělí pro oba tunely

Potřebné zařízení k čerpání vody:

- Čerpací šachta
- Čerpací studna
- Sedimentačních nádrže
- Měřicí šachty
- Uklidňovací jímka

- Kolesační odlučovač ropných látek

2.7 Postup prací

Stavba je rozdělena do 5 etap. V časovém harmonogramu je postupováno podle cyklogramu celé trasy metra I.D.

Hlavními body výstavby v jednotlivých etapách jsou:

- První etapa
 - Příprava staveniště včetně přeložek, rozdělení na severní a jižní staveniště
 - Zemní práce
- Druhá etapa
 - Zajištění provozu pomocí provizorií a zajištění stavební jámy. Nejdříve zajistíme severní část
 - Odtěžování stavební jámy s postupným zajišťováním kotvami
- Třetí etapa
 - Zajištění jižní části včetně zajištění dopravy přes vozovku
 - Postupné odtěžování ze severní části k jižní s průběžným zajišťováním pilotové stěny kotvami
- Čtvrtá etapa
 - Protážení štítů a přeložení pásové dopravy ze stanice Písnice, kde stroj zahajuje ražbu
 - Výstavba dvou dilatačních úseků stanice – hlavní nosné konstrukce
- Pátá etapa
 - Ukončení pásové dopravy a stavba zbytku stanice
 - Úklid zařízení staveniště, úprava terénu a rekonstrukce podchodu

2.7.1 První etapa

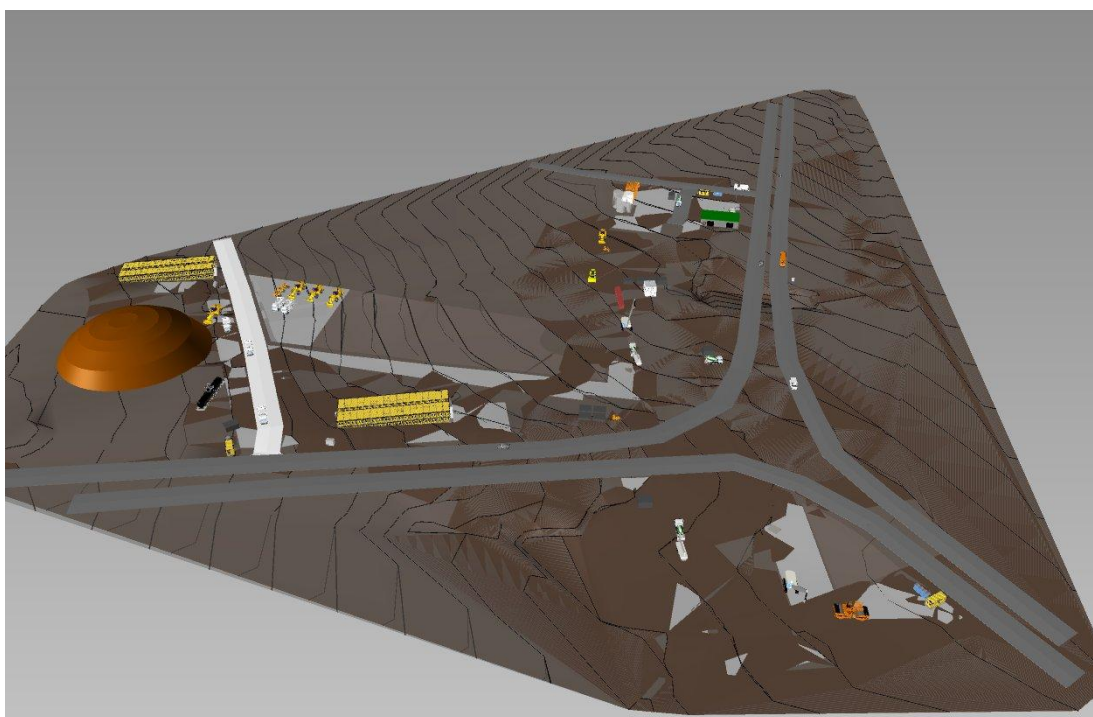
Během první etapy začnou přípravné práce na zařízení staveniště, které je rozděleno na severní – ZS 1 a jižní – ZS 2. Tyto práce zahrnují vytyčení a oplocení staveniště, dále sejmutí ornice, kácení a případnou ochranu dřevin, demolice stávajících objektů a vozovek. Proběhne příprava ZS jako je ochrana inženýrských sítí, vjezdy a výjezdy na staveniště. Také je potřeba zavést staveništní přípojky vody, kanalizace a elektřiny.

Poté jsou zpevněny plochy a přivezeny objekty zařízení staveniště – buňky, skladové plochy a rozvody elektřiny, kanalizace a vody.

Staveniště se nachází v rušné lokalitě a bude zasahovat do komunikace, proto je třeba udělat provizorní chodníky a přeložit signalizační zařízení.

Po dokončení přípravy staveniště, začnou přípravné práce pro zemní práce. Následně bude probíhat svahování stavební jámy.

Po svahování přístupu k jámě se začnou pomocí vrtné soupravy vrtat piloty a beranit záporny pro zajištění budoucí rampy.



Obrázek 20: Model pro 1. etapu

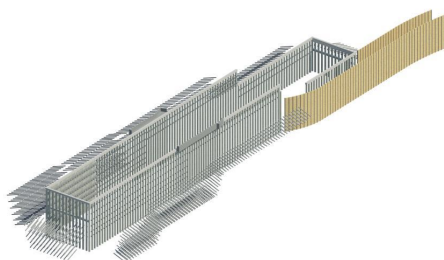
2.7.2 Druhá etapa

Druhá etapa se týká hlavně přeložek a zajištění stavební jámy k severní části vozovky.

Jedná se o část ZS 1. Přeložky budou vedeny přes jámu přes provizorní přemostění.

Mostním provizoriem bude také řešena doprava. Část ulice blíže k ZS1 bude uzavřena, a proběhne zde výstavba pilot. Po zajištění pilotami a vybudování ŽB prahu s opěrami pro provizorium, odtěžíme část zeminy. Po odtěžení usadíme mostní

provizoria a obnovíme dopravu. Poté provedeme zajištění zbytku stavební jámy na této části. Od severu začne těžba s postupným zajišťováním kotvami.



Obrázek 21: Model zajištění jámy



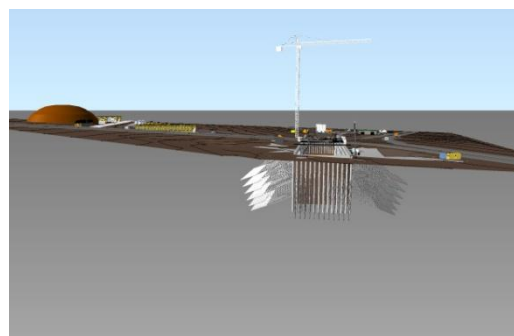
Obrázek 22: Model pro 2. etapu

2.7.3 Třetí etapa

V třetí etapě je dokončeno zajištění stavební jámy. V části vozovky blíže k ZS 2 bude přerušena doprava. Bude zahájena pilotáž v místech vozovky, a po malém odtěžení zeminy ze stavební jámy, vsazena provizoria a obnovena doprava. Proběhne zajišťování stavební jámy pilotami v místě ZS 2, provizorní přeložky budou vedeny přes mostní provizoria. Těžba bude postupná od severní části k jižní, včetně zajištění kotvami.



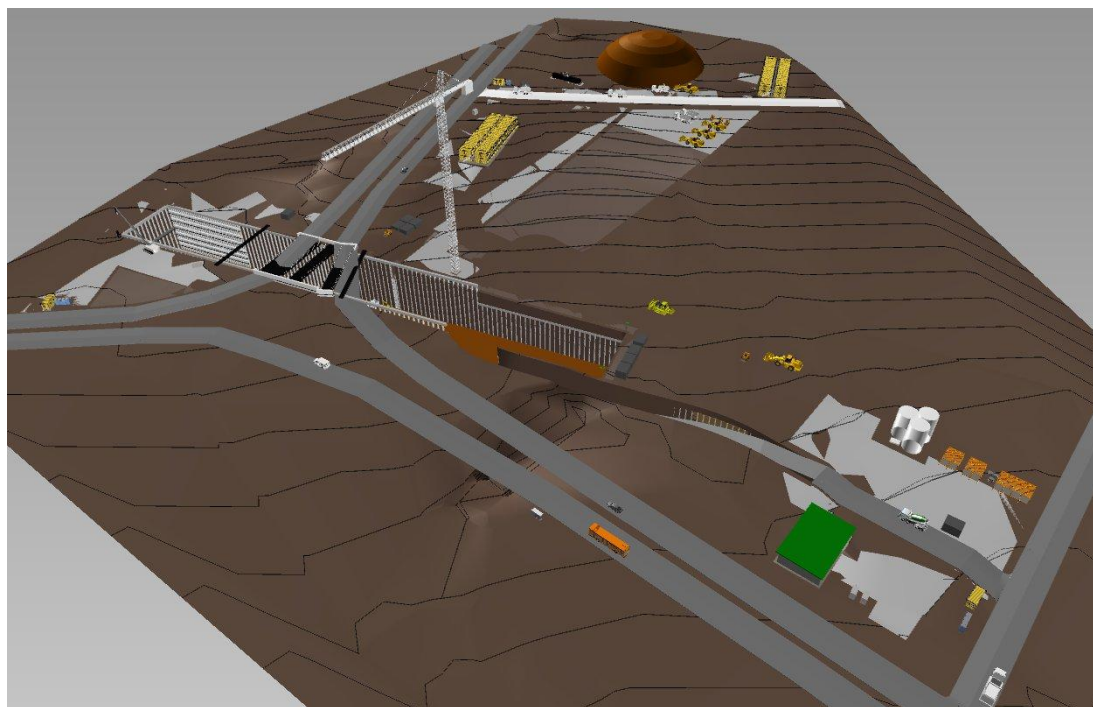
Obrázek 23: Pohled v zajištěné jámě



Obrázek 24: Pohled pod povrch na již zajištěnou jámu kotvami

V místech, kde bude prováděna ražba, bude zajištění stavební jámy provedeno jiným způsobem. Jednou z variant je kotvení pomocí speciálních sklolaminátových kotev. Armokoše v této části nebudou mít plnou délku piloty. Podle této varianty je zpracován model.

Další variantou je vynechání pilot v místech ražby. Piloty by byly ukončeny nad železobetonovou převázkou. Pod ní by byl stříkaný beton zajištěný IBO kotvami, které budou před proražením štítem, odstraněny pomocí trhavin. Příprava staveniště pro ražbu je popsána v kapitole 2.7.4.



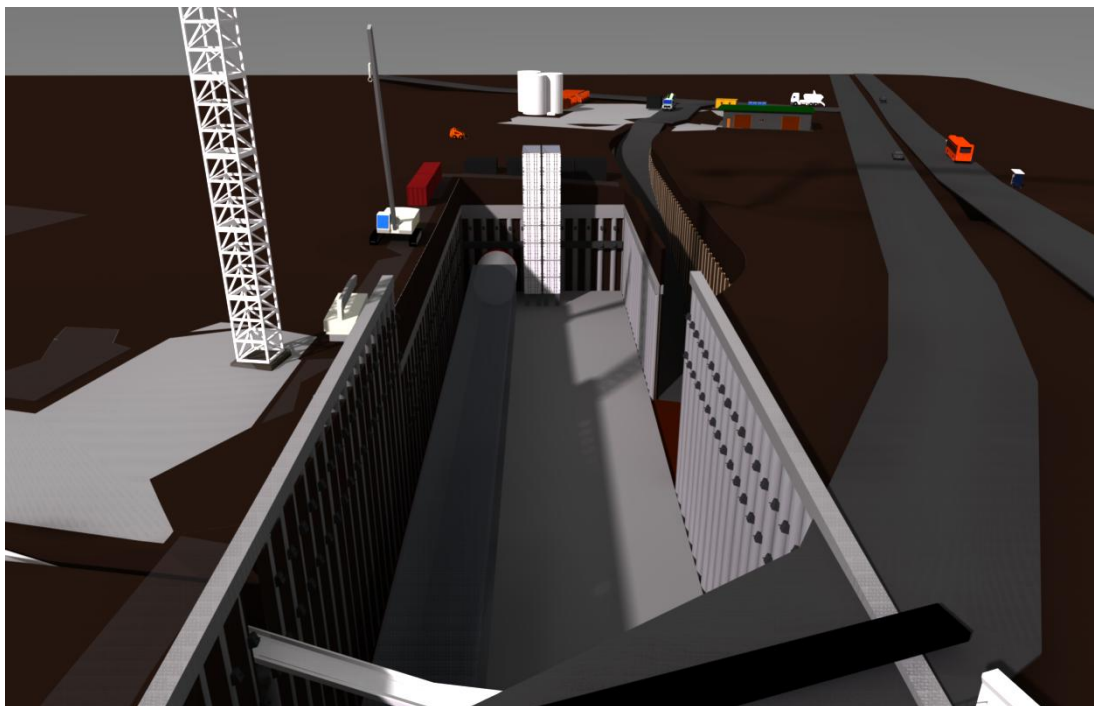
Obrázek 25: Model pro 3. etapu

2.7.4 Čtvrtá etapa

Čtvrtá etapa se týká ražby TBM a výstavby základních nosných částí stanice prvních dvou dilatačních dílů.

Vzhledem k pozici stanice bude ražba prováděna ze směru Písnice, kde bude na počátku stavby metra hlavní zařízení pro TBM technologii. Stroj TBM dorazí k jižnímu portálu.

Před příjezdem stroje bude postavena základová deska, nebo alespoň základové pasy pro konstrukci ocelové kolébky.



Obrázek 26: Model pro 4. etapu – základová deska s kolébkou a přeloženým levým TBM k ražbě

Jeden ze strojů vyjede z jámy na kolébkou, která pomáhá posunu na druhou stranu. Stroj TBM se opírá pomocí tlačných lisů o koleje, instalované v kolébkce místo prstenců v tunelu. Provedeme případné opravy stroje a začne ražba. Ocelová kolébka se demontuje a postaví k druhému tunelu. Po vyjetí druhého stroje se operace opakuje. [16]



Obrázek 27: Vyjetí TBM z raženého tunelu na kolébku pro přeložení

Podle celkového cyklogramu bude hlavní část stavby, včetně nosných konstrukcí, probíhat až po dokončení ražby v cílové stanici. Před přetažením štítu proběhne výstavba základové desky, která bude podle potřeb navýšena po projetí stroje stavební jámou. Ve stavební jámě není dostatečný prostor pro stavbu nosných konstrukcí v severní části, vzhledem k velikosti pásové dopravy, napínacích věží, které jsou umístěny v jámě, konstrukcí pro rozjezd stroje TBM a zásobování tybinkami. Výstavba prvních dvou dilatačních dílů stanice se uvažuje až po vjetí stroje TBM do zeminy.



Obrázek 28: Model pro 4. etapu



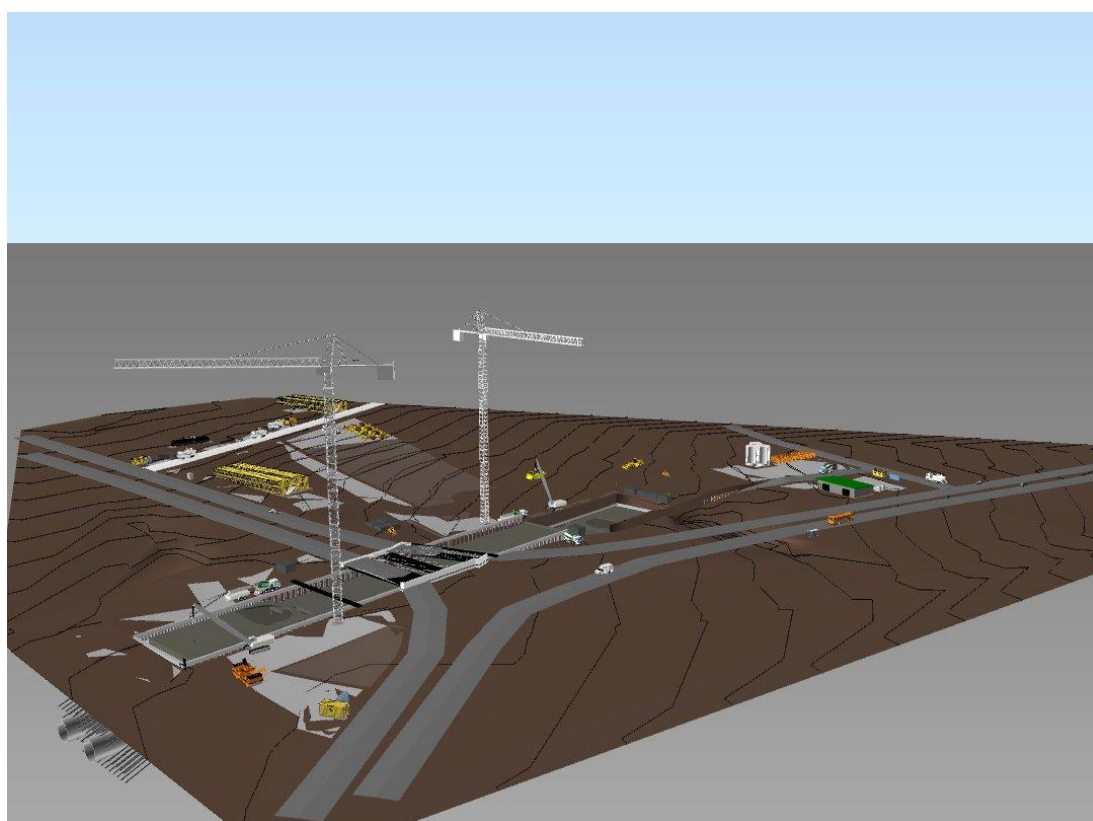
Obrázek 29: Pásová doprava během 4. etapy

Po přeložení technologie včetně pásové dopravy, začne ražba ve směru k Pankráci. Proběhne dobetonování základové desky a betonáž obvodových stěn,

včetně vnitřních nosných stěn v prvních dvou dilatačních úsecích. Po dokončení ražby v cílové stanici, bude demontován pásový dopravník a ostatní technologie potřebné k ražbě. Podle celkového harmonogramu proběhne dostavba zbytku stanice po ukončení ražby.

2.7.5 Pátá etapa

V páté etapě proběhne dostavba stanice, včetně všech technologií a architektonických prvků. Dále proběhne rekonstrukce stávajícího podchodu, která bude rozdělena kvůli omezení dopravy na dvě části.



Obrázek 30: Model pro 5. etapu

V příloze se nachází Harmonogram výstavby stanice metra a Celkový harmonogram stavby trasy metra.

3 Navrhované a použité postupy a výsledky

Protože uvažované ZS je rozsáhlé a dlouhodobého charakteru, je vhodné k ověření možnosti použití postupů využívaných v informačním modelování výstavby. Jeho postupy umožňují efektivněji zpracovávat a především využívat hotové podklady. Umožňují modelování realizace a provozování ZS s ohledem na postup výstavby a zásahy stavby do okolí staveniště (krátkodobé a dlouhodobé zábory, přeložky, vjezdy a dopravní obsluha aj.).

3.1 Výstupy z použitého řešení

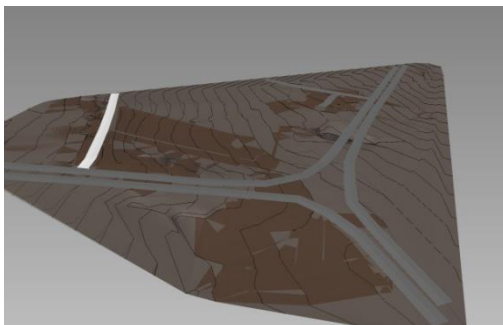
Výstupy jsou jednotlivé etapy z animace, která byla vytvořena programem Nawisworks Manage od Autodesku. Zeleně označené objekty jsou ve stavu výstavby.

3.1.1 Vývoj zařízení staveniště a skladba objektů v závislosti na postupu výstavby

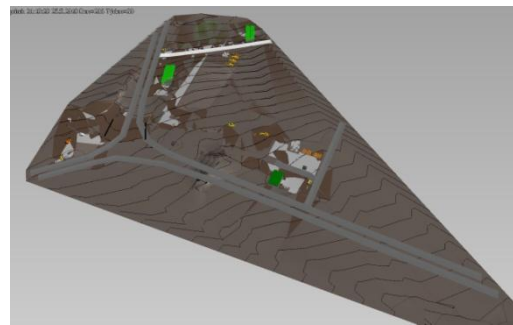
V animaci výstavby byly kromě hlavních objektů stavby řešeny také objekty pomocné pro výstavbu. V jednotlivých etapách se měnily stroje a pomocné konstrukce.

- **První etapa**

V první etapě proběhne výstavba objektů zařízení staveniště, přeložení sítí a zpevnění ploch. Na staveništi jsou zobrazeny potřebné stroje pro tuto etapu. Např. válec pro zpevnění ploch, mobilní jeřáb pro umístění těžkých objektů. V zařízení staveniště jsou vymodelovány hlavní objekty, které budou postaveny v této etapě. Mezi objekty patří buňkoviště, míchací centrum, sklady, vrátnice, myčka kol a jiné.



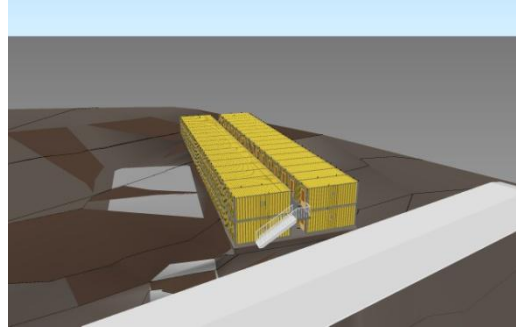
Obrázek 31: Zobrazení původní plochy



Obrázek 32: Výstavba objektů ZS a zpevnění ploch, včetně přemostění pro přeložky



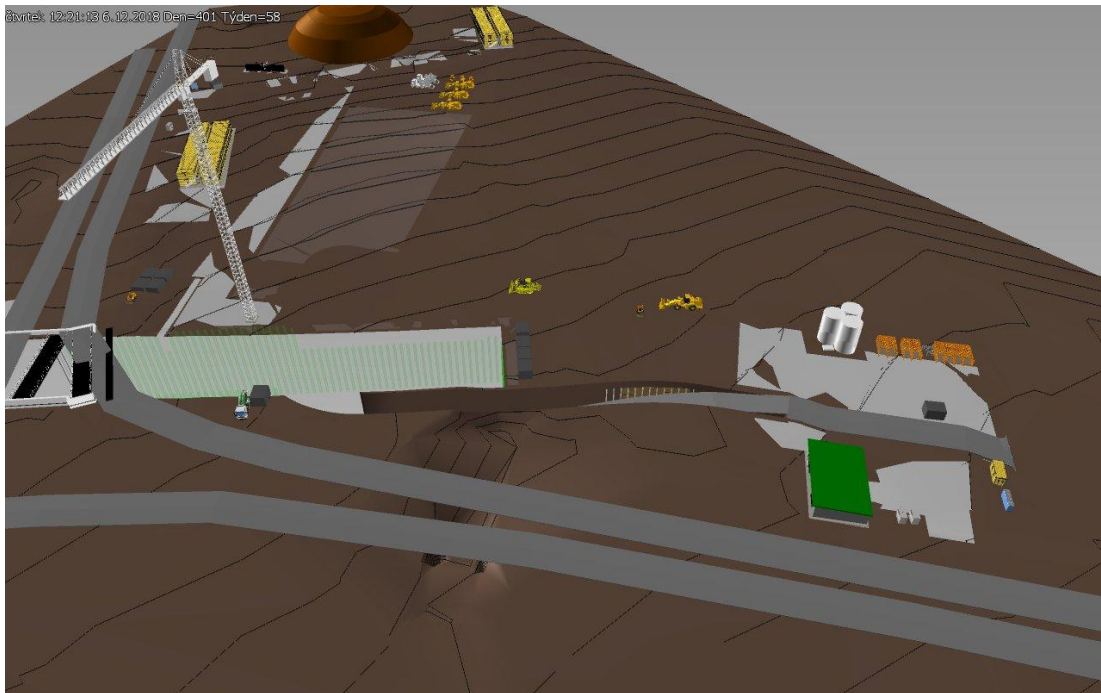
Obrázek 33: Zobrazení vstupu na ZS 2 a strojů



Obrázek 34: Zobrazení postaveného buňkoviště

- **Druhá etapa**

V druhé etapě je provedeno zajištění stavební jámy v severní části v místech ZS 1. Pro vjezd do stavební jámy bude nejprve zajištěna rampa záporovým pažením. Další zajištění bude probíhat od silnice, kde nejprve bude provedeno přemostění. Na obrázku č. 35 jsou vidět již hotové piloty pod přemostěním, zbytek pilot je ve výstavbě. Hlavními stroji používanými v této etapě je vrtná souprava, jeřáb, betonážní mixy a stroje pro těžbu.



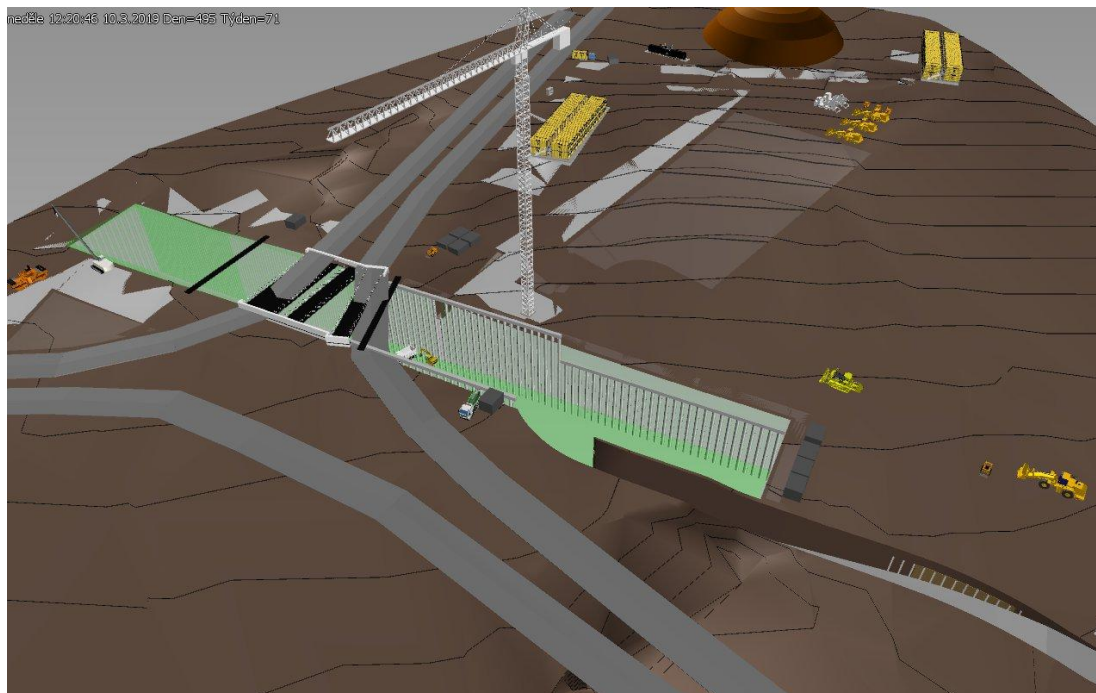
Obrázek 35: Vybudovaná rampa a přemostění, výstavba zajištění stavební jámy pilotami



Obrázek 36: Zobrazení výjezdu z ulice Topolová, mezideponie z těžby a čerpací stanice pohonných hmot

- **Třetí etapa**

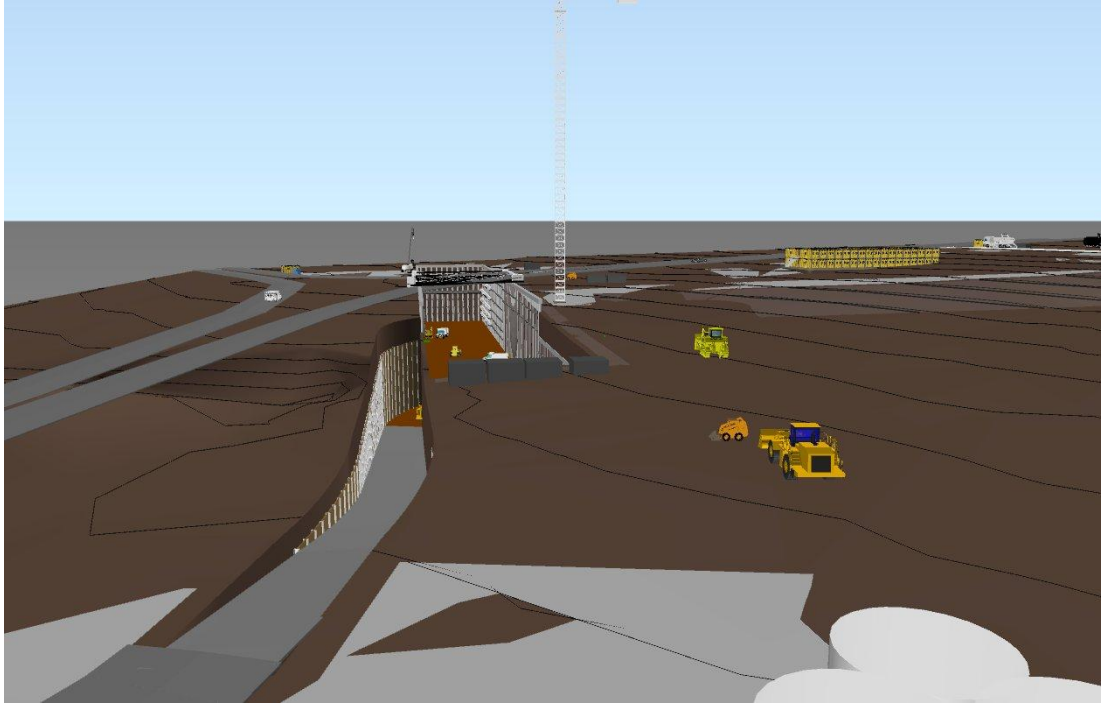
Ve třetí etapě bude dokončeno zajištění stavební jámy. Zajištění bude provedeno od silnice k jižnímu portálu. Přes silnici bude nejprve postaveno provizorní přemostění. Celá jáma bude odtěžena. Pro těžbu je ve stavební jámě vyznačeno postavení strojů.



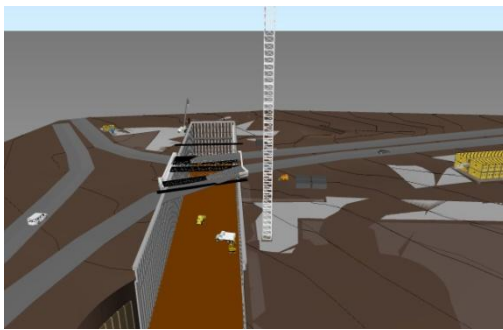
Obrázek 37: Zobrazení zajišťování jižní části stavební jámy pilotami



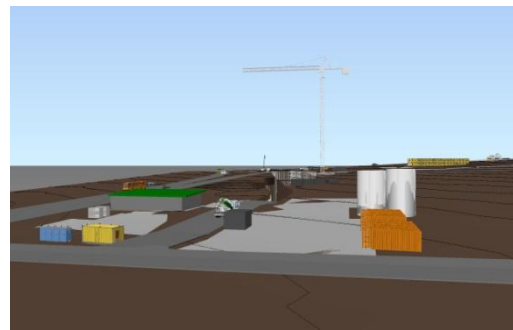
Obrázek 38: Severní část je již vytěžena a probíhá těžba jižní části



Obrázek 39: Pohled na rampu



Obrázek 40: Pohled do stavební jámy



Obrázek 41: Pohled na vstup z ulice Jabloňová, vidět jsou sklady, dílna TBM, vrátnice s mobilními záchody typu TOI TOI, míchací centru, mycí centrum kol vozů

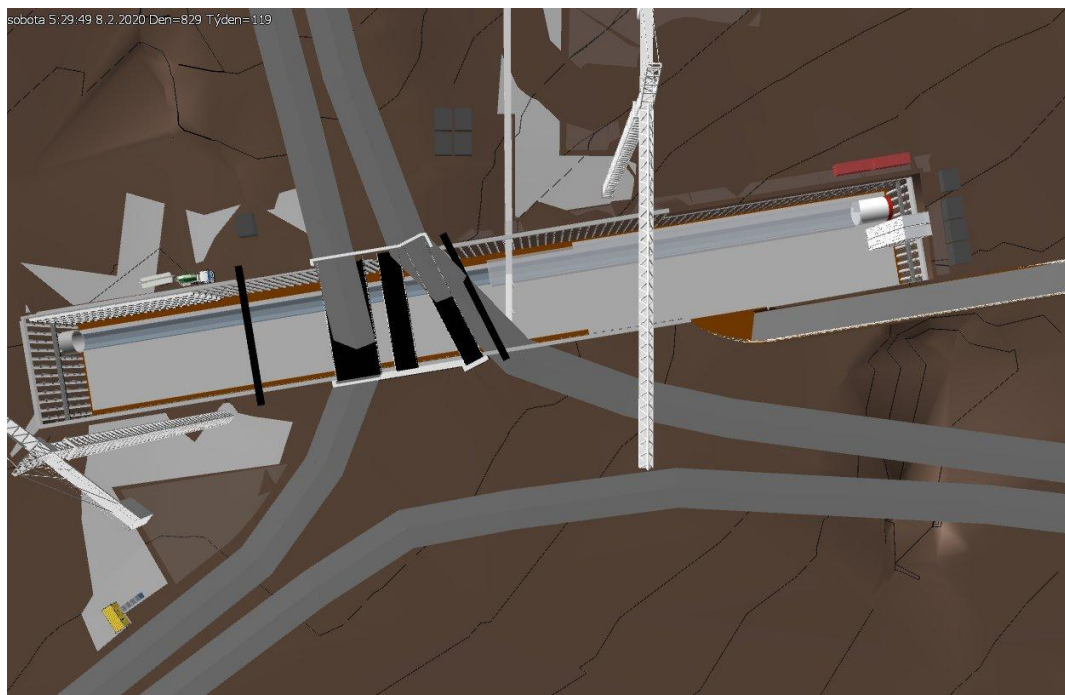
- **Čtvrtá etapa**

Ve čtvrté etapě bude probíhat ražba traťových tunelů. TBM stroj projede stavební jámou po připravené kolébce. Poté se stejným způsobem přeloží druhý razicí stroj. Mezitím se postaví pásový dopravník k deponii. Okolo deponie budou beraněny štětovnice kvůli tekutému výrubu. Po zahájení ražby TBM stroji povede z tunelu pásový dopravník. Pro napínání pásů pásového dopravníku v tunelu slouží napínací věže.

Během ražby traťových tunelů proběhne výstavba hlavních konstrukcí dvou dilatačních dílů jižní části.

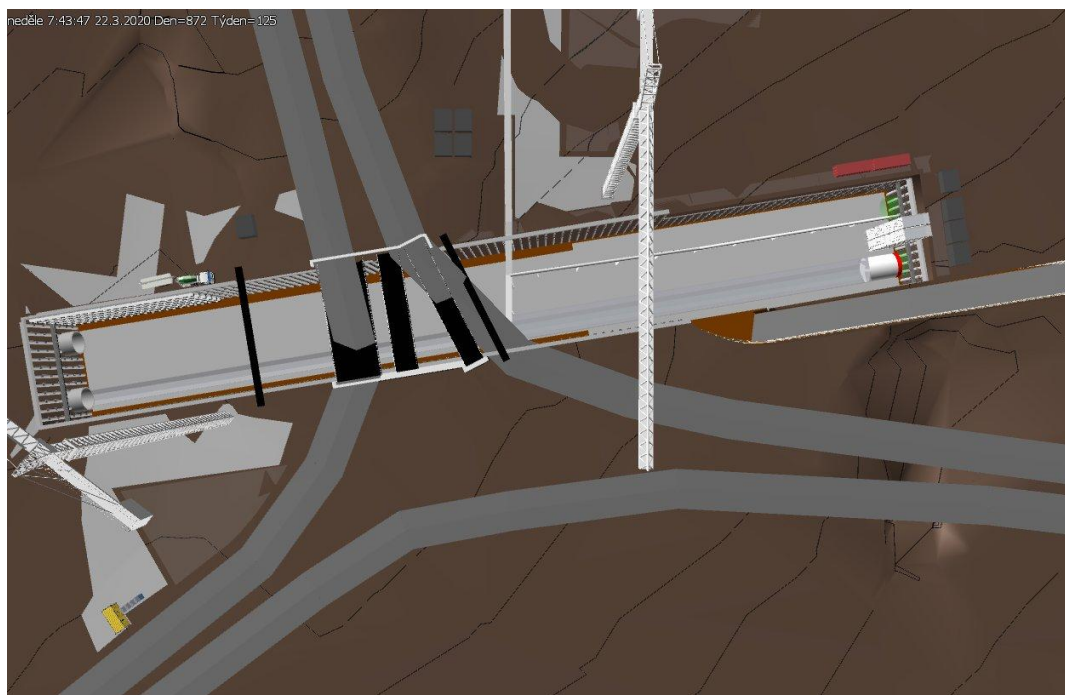
Pro tuto etapu bylo zapotřebí vymodelování veškeré pásové dopravy a potřebných objektů k ražbě. Objekty jsou modelovány schematicky podle daných rozměrů s přesnou polohou umístění.

Na obrázku č. 42 je vybudována základová deska a probíhá přeložení levého TBM stroje po kolébce a příprava pásového dopravníku na deponii.



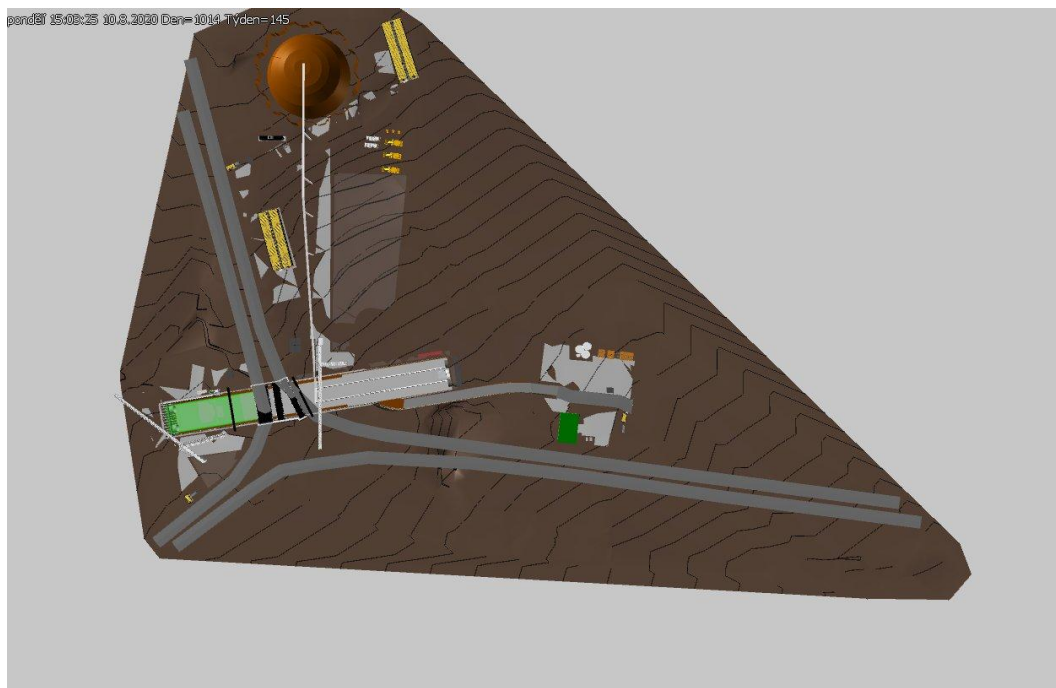
Obrázek 42: Překládání TBM

Na obrázku č. 43 levý TBM stroj již razí a probíhá přeložení pravého stroje.



Obrázek 43: Překládání druhého TBM

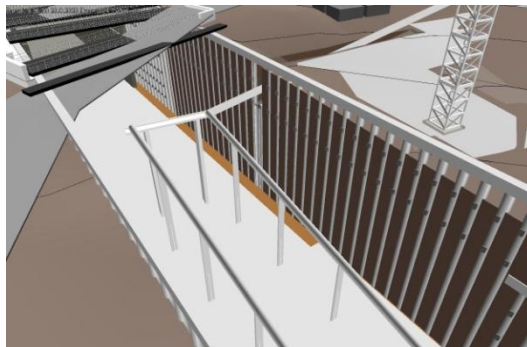
Na obrázku č. 44 probíhá ražba obou traťových tunelů a výstavba dvou dilatačních dílů hlavních konstrukcí stanice.



Obrázek 44: Situace při ražbě traťových tunelů



Obrázek 45: Pohled na pásovou dopravu



Obrázek 46: Detailní pohled na oba pásové dopravníky

- **Pátá etapa**

Po dokončení ražby obou tunelů, bude odstraněna pásová doprava a technologie, která sloužila k ražbě. Bude zahájena stavba stanice včetně dokončovacích prací a veškerých technologií. Pro betonáž konstrukcí stanice jsou v zařízení staveniště umístěna dvě stabilní čerpadla.



Obrázek 47: Výstavba stanice



Obrázek 48: Finální stanice, po které proběhne úklid staveniště

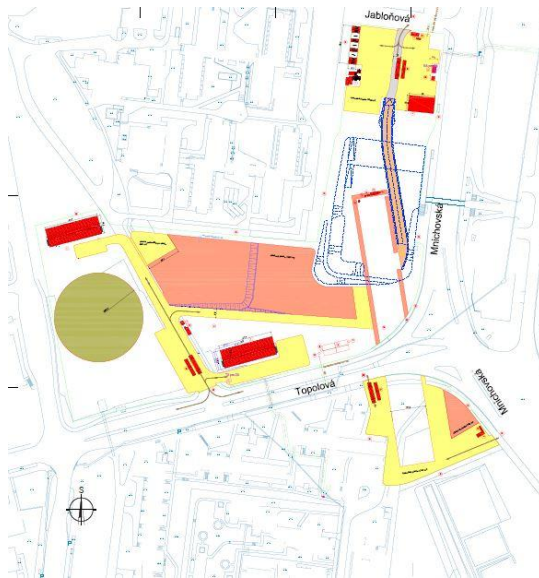
3.1.2 Vývoj dotčených okolních pozemků

- **Situace změn zásahu do okolí**

Oplocení staveniště bude po celou dobu výstavby stejné. Na obrázcích č. 49-53 jsou uvedeny změny staveniště vůči okolí.

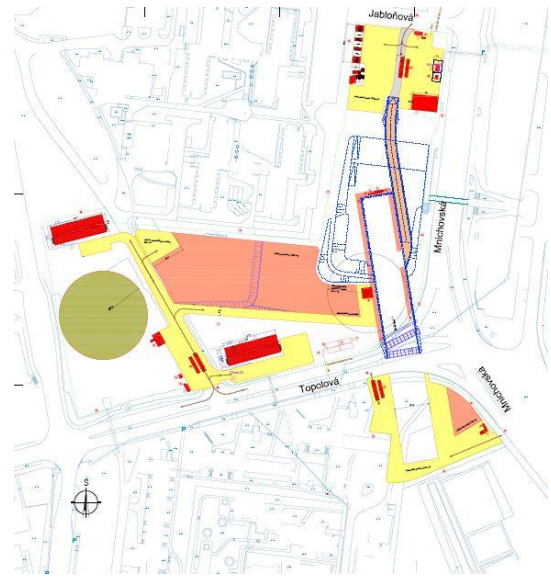
Oplocení staveniště zamezí průchod lidem z okolní zástavby. Okolo staveniště budou vybudovány provizorní chodníky.

Ovlivněna bude i městská hromadná doprava. Zastávky, které zasahují nebo znemožňují vjezd a výjezd nákladní dopravy budou přesunuty.



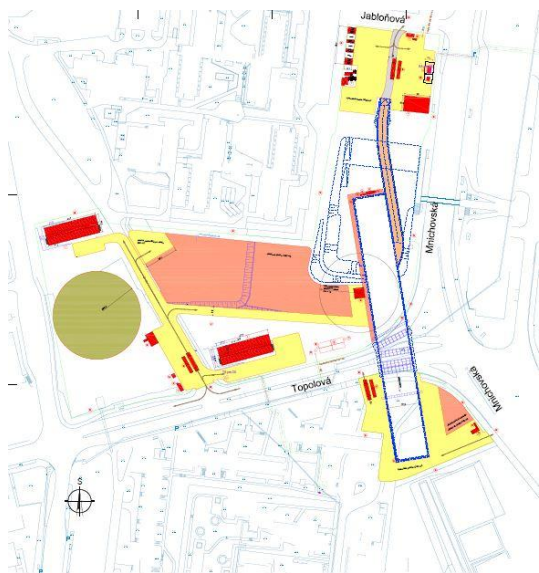
Obrázek 49: Situace ZS v první etapě.

Zásah do okolí pouze pro zvýšené dopravy nákladních automobilů.



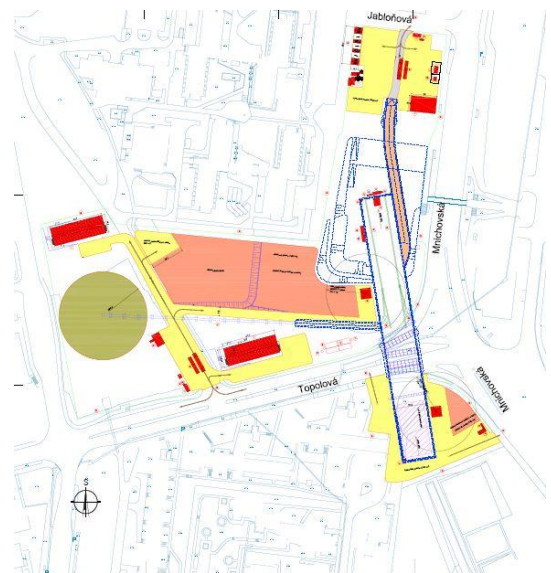
Obrázek 50: Situace ZS v druhé etapě.

Přerušení dopravy v severní části vozovky ulice Topolová. V druhé části etapy je doprava vedena po provizorním přemostění.



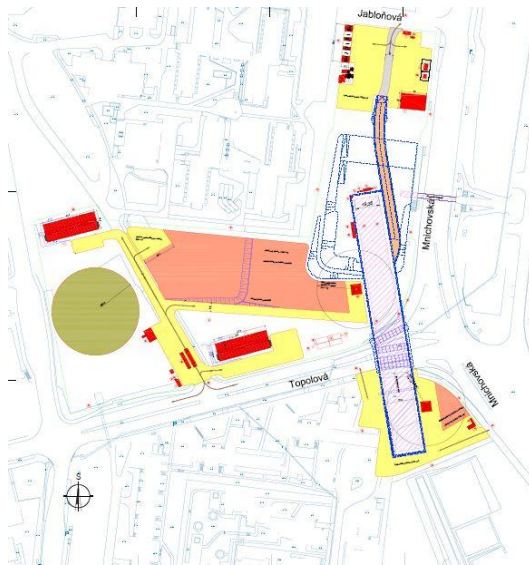
Obrázek 51: Situace ZS v třetí etapě.

Přerušení dopravy v jižní části vozovky ulice Topolová. V druhé části etapy je doprava vedena po provizorním přemostění.



Obrázek 52: Situace ZS v čtvrté etapě.

Doprava vedena po provizorním přemostění.



Obrázek 53: Situace ZS v páté etapě.

Doprava je vedena po provizorním přemostění. Dále je odkloněna po částech doprava v ulici Mníchovská kvůli rekonstrukci podchodu. Podchod bude uzavřen pro pěší.

- **Krátkodobé a dlouhodobé zábory**

Plocha zařízení staveniště je uvažována jako dlouhodobý zábor. Do krátkodobého záboru zahrnujeme veškeré síť mimo plochu zařízení staveniště, chodníky, provizorní signalizační zařízení atd.

Do trvalého záboru uvažujeme výlezy s přístřešky ze stanice metra na povrch. Pokud by v okolí stanice byl vystavěn park nebo jiná změna oproti původnímu terénu, budeme tuto změnu považovat také za trvalý zábor.

Z důvodu tajemství firemních podkladů je krátkodobý zábor zakreslen pouze u přípojek pro zařízení staveniště a dlouhodobý zábor neodpovídá realitě.

Výčet možných krátkodobých záborů:

- Splašková kanalizační přípojka staveniště
- Nefekální kanalizační přípojka staveniště
- Jednotná kanalizační přípojka staveniště
- El.přípojka VN (vysoké napětí) pro staveniště
- Vodovodní přípojka staveniště

- Přeložka a ochrana VO v průběhu výstavby
- Provizorní SSZ (světelné signalizační zařízení)
- Přeložky sítí mobilních operátorů
- Přeložka plynovodu
- Přeložka horkovodu
- Kanalizační přípojky stanice
- Přeložky kabelů NN (nízkého napětí)

Zábory se v praxi zakreslují do katastrální mapy. Tvorba záborových křivek proto musí být provedena v půdorysném pohledu i u prostředí BIM na podloženou katastrální mapu. Podložení katastrem pro program Revit umožňuje např. aplikace BIMTech.

- **Přípojky a přeložky sítí**

Etapy výstavby jsou popsány v kapitole 2.7. Z postupu výstavby je známo, že budou nejdříve přivedeny přípojky pro zařízení staveniště. Přípojky jsou znázorněny ve výkresech staveniště v příloze ve výkresové části. Dále budou přeloženy sítě ze ZS 1 a komunikace přes budoucí severní část jámy po provizorním přemostění. Pro sítě na ploše ZS 2 bude přes jižní část jámy vedeno druhé provizorní přemostění pro vedení sítí.

Soupis možných sítí v krátkodobém záboru je sepsán v kapitole 3.1.2.

- **Dopravní obsluha**

Vjezdy a výjezdy budou tři. Z ulice Topolová bude vjezd a výjezd k mezideponii pro odvoz zeminy a výrubu. Hlavní vjezd ke stavební jámě a vjezd pro betonážní mixy je z ulice Jabloňová. Vjezd i výjezd na ZS 2 je z ulice Mnichovská i Topolová.

Dopravní obsluha staveniště je obstarána staveništní dopravou po zpevněných komunikacích a jeřáby více popsaných v kapitole 2.6.3.

3.1.3 Potřeby zařízení staveniště v čase

- **Bilance objektů**

Seznam prvků pro obě části zařízení staveniště jsou v tabulce č. 2. Objekty použité pro staveniště pro výstavbu metra a ražby TBM technologií jsou popsány

v kapitolách 2.6.1 - 2.6.3. Bilance objektů je brána u takto velké stavby odhadem a zkušeností z praxe.

Tabulka 2: Soupis prvků jednotlivých ZS

Soupis prvků ZS		Výskyt objektů v etapách						
Název				1	2	3	4	5
		ZS1	ZS2					
Provozní ZS								
Kontejnerové buňkoviště	136			x	x	x	x	x
Kontejner kancelářský - (2,5x6m)	122			x	x	x	x	x
Schodiště venkovní	4			x	x	x	x	x
Dílenská hala pro TBM	1			x	x	x	x	x
Skladový kontejner - (2,5x6m)	6			x	x	x	x	x
Míchací centrum	1			x	x	x	x	x
Sociální								
Chemické WC				x	x	x	x	x
(1,1x1,1m)	6	4						
Kontejner sanitární - (2,5x6m)	14			x	x	x	x	x
Doplňkové								
Vrátnice, ostraha ZS				x	x	x	x	x
Kontejner kancelářský - (2,5x6m)	2	1		x	x	x	x	x
Trafostanice 630 KW	1			x	x	x	x	x
Trafostanice 630KW	1			x	x	x	x	x
Rozpínací stanice	1			x	x	x	x	x
Čerpací stanice PHM	1			x	x	x	x	x
Kontejner pro chlazení TBM	1						x	
Mobilní myčka kol s nádrží na vodu	2	1		x	x	x	x	
Sedimentační nádrž důlních vod	1			x	x	x	x	
Odvoz kalu								
kontejner na kal				x	x	x	x	
(3,85x2,05x1,05m)		1						
Koalescenční odlučovač ropných látek	1			x	x	x	x	
Neutralizační stanice		1		x	x	x	x	
Kompresorová stanice	1						x	x
Vzdušník	1						x	
Ventilátor TBM	1						x	

Vjezdová vrata dvoukřídlá	1		x	x	x	x	x
Oplocení ZS (m)	1120	330	x	x	x	x	x
Osvětlení ZS			x	x	x	x	x
Pasový dopravník						x	
Napínací věže						x	
Jeřáb	1	1		x	x	x	x
Zpevněné plochy-panely (m ²)	8260	3140	x	x	x	x	x
Zpevněné plochy (m ²)	8290	500	x	x	x	x	x
Množství výkopů (m ³)	110100	51100					

- **Bilance osvětlení**

Pro zajištění bezpečnosti staveniště je třeba mít osvětleny venkovní i vnitřní prostory. Osvětleny musí být práce na staveništi a hlavní i vedlejší dopravní trasy podle nařízení vlády č. 591/2006 Sb., o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích, ve znění pozdějších předpisů (Nařízení vlády č. 136/2016 Sb.) Požadavky na osvětlení stanoví zvláštní právní předpis. Nařízení vlády č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci, ve znění nařízení vlády č. 523/2002 Sb. a nařízení vlády č. 441/2004 Sb, který je k datu 31. 12. 2007 zrušen.

Hodnoty pro osvětlení staveniště jsou brány z praxe.

Minimální hodnoty osvětlení vnitřních prostor se pohybují od 3 – 13 W/m².

Minimální hodnoty osvětlení venkovních prostor jsou uvedeny v tabulce.

S těmito hodnotami je dále počítáno v bilanci energií.

Tabulka 3: Spotřeba elektrického proudu na venkovní osvětlení

Druh prací	Celkové střední osvětlení (lux)	Měrný výkon na 1 m ² plochy (W)
Zemní práce mechanizované	5	0,8
Betonářské práce mechanizované	5	0,8
Provádění pilot a zvláštní zakládání	2	0,3
Osvětlení hlavních cest pro vozy a pěší	0,5	500 W na 100 m
Osvětlení ostatních cest pro vozy a pěší	0,2	300 W na 100m

Bezpečnostní osvětlení	0,1	200 W na 100m
------------------------	-----	---------------

- **Bilance energií**

Pro zjištění spotřeby energie na staveništi se počítá předběžná bilance energií. Do této rozvahy započítáváme hlavní elektrické spotřebiče pro fungování staveniště, elektromotory pro stroje a nářadí. Do celkové rozvahy se započítává i venkovní a vnitřní osvětlení.

Předběžná rozvaha o celkovém odběru je počítána:

P_i – příkon instalovaný

P_s – příkon soudobý

k – koeficient ztrát napětí v síti (1,1)

$\cos \varphi$ - průměrný účinník všech spotřebičů (0,5-0,7)

β - průměrný součinitel náročnosti:

- elektromotorů (0,6-0,75)

-venkovního osvětlení (1)

$$P_s = \frac{k}{\cos \varphi} (\beta P_i)$$

Tabulka 4: Výpočet spotřeby energie

Elektrické spotřebiče, elektromotory

	[kW]	počet [-]	celkem [kW]
Vrátnice, ostraha ZS	4	3	12
Kontejnerové buňkoviště	4	122	488
Kontejner sanitární	6	14	84
Dílenská hala	28	1	28
Čerpací stanice	4	1	4
Myčka kol	48	3	144
Chladicí kontejnery	100	2	200
Míchací centrum	11	1	11
Stříhačka	3	7	21
El. svářečky	8	4	32
Skladovací kontejnery	4	5	20
Stabilní čerpadlo	40	2	80
Jeřáb	50	2	100
Pásový dopravník	28	2	56
Drobné elektrické nářadí	20		20

Čerpadlo na vodu ze stavební jámy	10	3	30
		P₁=	1330,00

Venkovní osvětlení

	na 1m ² [kW]	plocha [m ²]	celkem [kW]
Zemní práce mechanizované	0,0008	10000	8,00
Provádění pilot a zvláštní zakládání	0,0003	5300	1,59
Betonářské práce mechanizované	0,0008	5000	4,00
Osvětlení hlavních cest pro vozy a pěší			2,85
Osvětlení ostatních cest pro vozy a pěší			0,51
Bezpečnostní osvětlení			2,50
		P₂=	19,45

Vnitřní osvětlení

	na 1m ² [kW]	plocha [m ²]	celkem [kW]
Pracoviště	0,013	700	9,10
Kanceláře	0,013	1100	14,30
Šatny	0,006	240	1,44
		P₃=	24,84

Maximální současný příkon

b ₁ =	0,65	-
P ₁ =	1330,00	[kW]
b ₂ =	1	-
P ₂ =	19,45	[kW]
b ₃ =	0,8	-
P ₃ =	24,84	[kW]

$$(\beta_1 \cdot \sum P_1 + \beta_2 \cdot \sum P_2 + \beta_3 \cdot \sum P_3) =$$

$$P_s = 903,82 \text{ kW}$$

Pro soudobý příkon 903 kW jsou navrženy dvě transformační stanice o příkonu 630 kVA a 630 kVA. Pro ražbu a stroj TBM je na staveništi rozpínací stanice, která se počítá zvlášť a má mít soudobý výkon 5,5MW.

- **Objem zeminy**

Na staveništi bude skrývka ornice a dále budou srovnány a odvodněny plochy pro sklady a buňkoviště.

Celkový objem výkopu z těžby stavební jámy je 165 000m³. Objem výrubu z ražeb není znám.

Zjištění přesného objemu zeminy pro úpravy povrchu plochy staveniště např. pod buňkovištěm, by bylo vhodné zjišťovat a tvořit programem Civil. Srovnaný povrch v modelu je tvořen deskou stavby a v okolí nemá tvořeno svahování.

3.1.4 Dopravní trasy

Pro mimostaveništní dopravu je třeba projekt DIO-dopravně inženýrského opatření. V místě staveniště bude zhuštěná doprava vzniklou dopravou materiálu pro stavbu a odvoz zeminy. Protože část ulice Topolová bude uzavřena na několik dní před výstavbou přemostění, doprava musí být odkloněna a vyřešena objízdná trasa. Bude upraveno dopravní značení a světelné signalizační značení.

Odvoz zeminy a rubaniny bude průběžný. Rubanina bude po částečném vyschnutí nakladači naložena na nákladní auta.

Pro představu zhuštění dopravy při zemních pracích, konkrétně při těžbě stavební jámy, bude doprava navýšena o cca 60 nákladních aut denně.

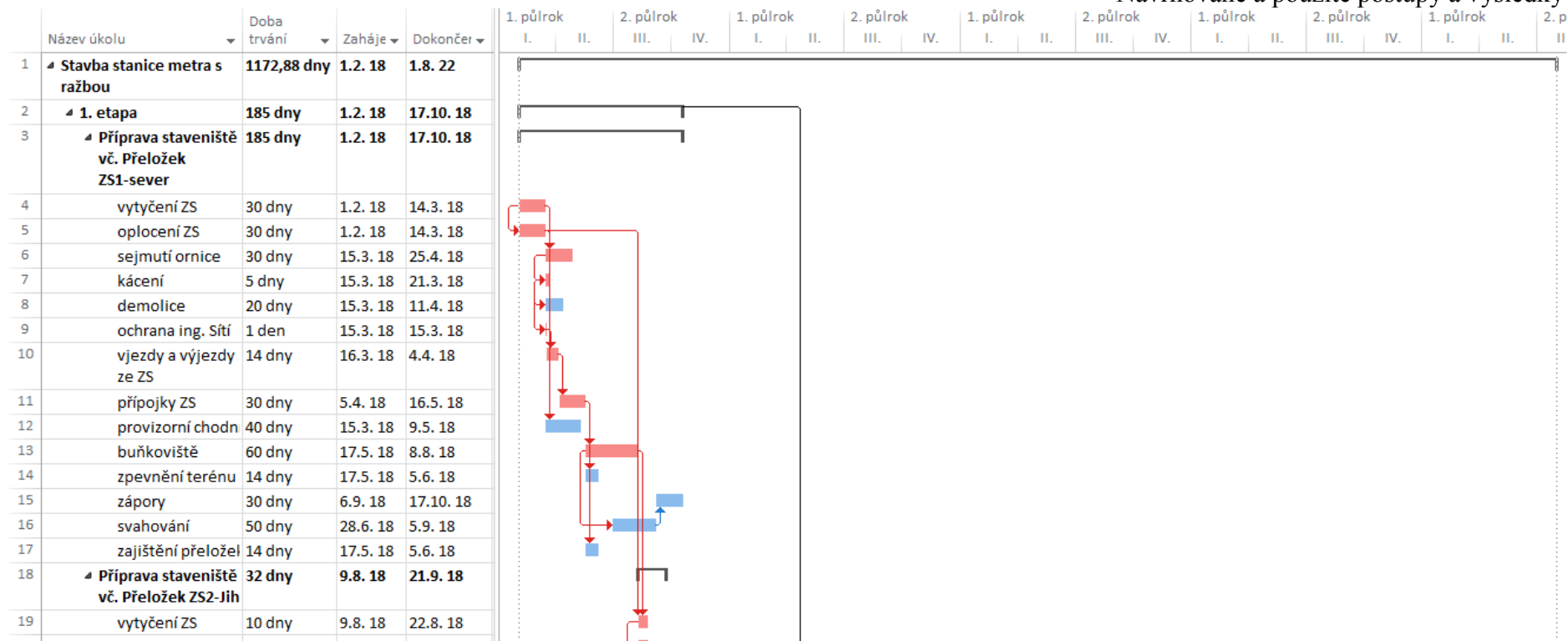
3.1.5 Časový plán a animace vývoje ZS

Harmonogram výstavby stanice metra včetně období, kdy budou probíhat ražby, jsem uvažovala podle reálných časů výstavby. Doba zajištění stavební jámy pilotami je počítána podle normových časů z praxe. Viz. technologický rozborový list v příloze.

Na obrázcích č. 54 - 56 je harmonogram od přípravy staveniště po překládku TBM stroje.

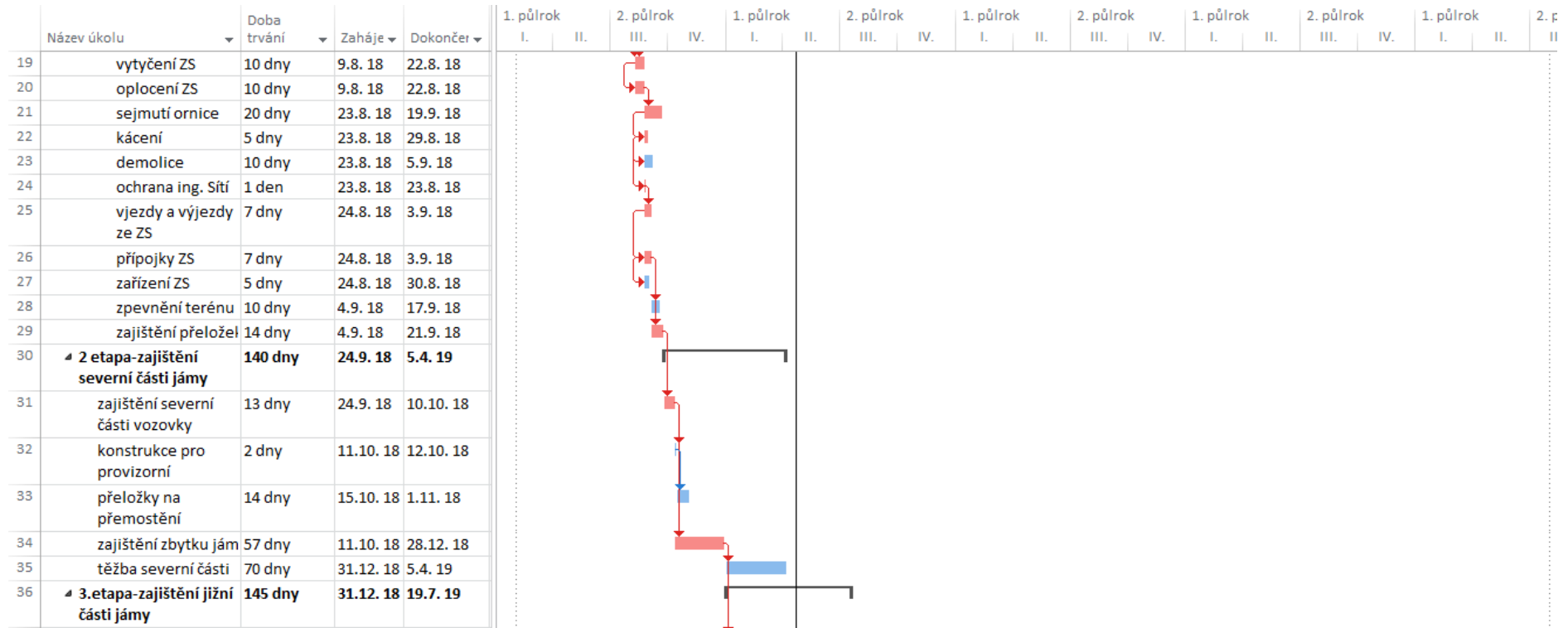
Na obrázku č. 57 je vidět prostředí tvorby propojování harmonogramu s jednotlivými konstrukcemi pro animaci. Importovaný harmonogram je zjednodušený a obsahuje pouze položky, které obsahuje referenční model. V praxi se pro kontrolu časových kolizí napojují na skutečný harmonogram všechny objekty, které model obsahuje.

Navrhované a použité postupy a výsledky



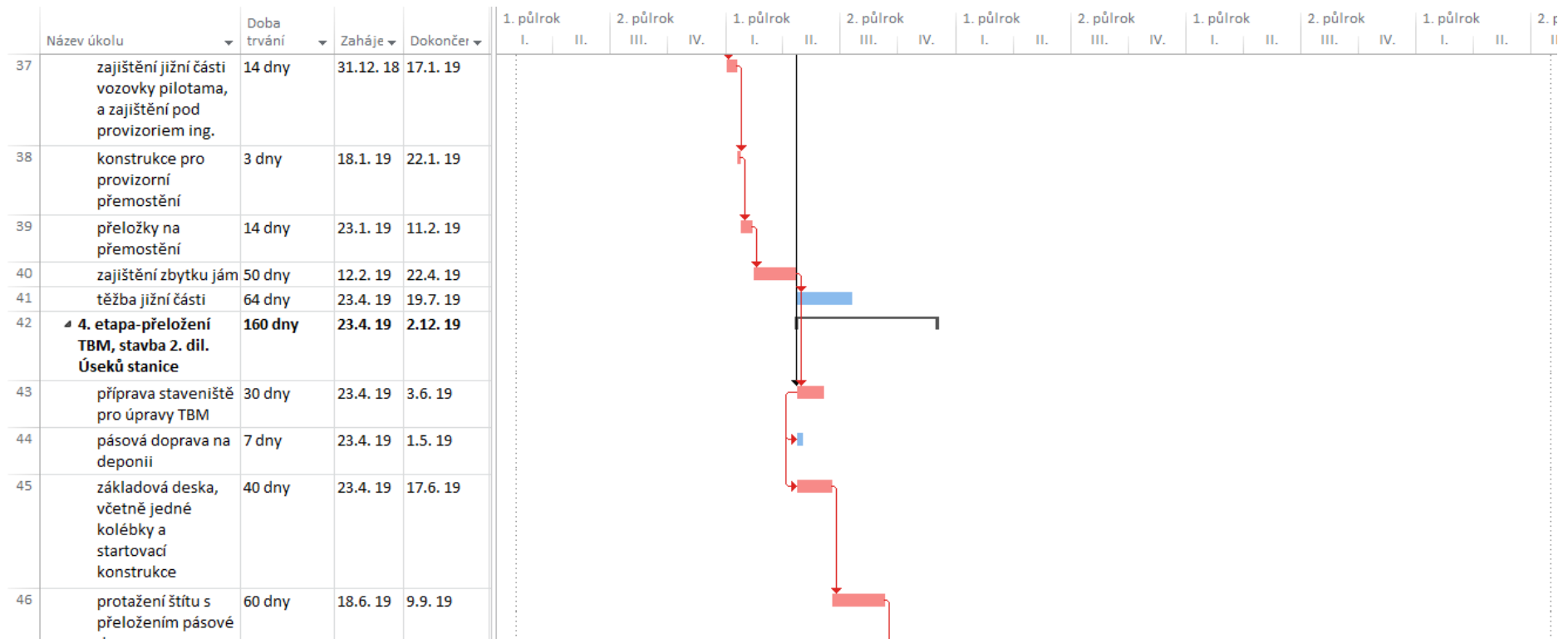
Obrázek 54: Ukázka části harmonogramu-1. etapa

Navrhované a použité postupy a výsledky



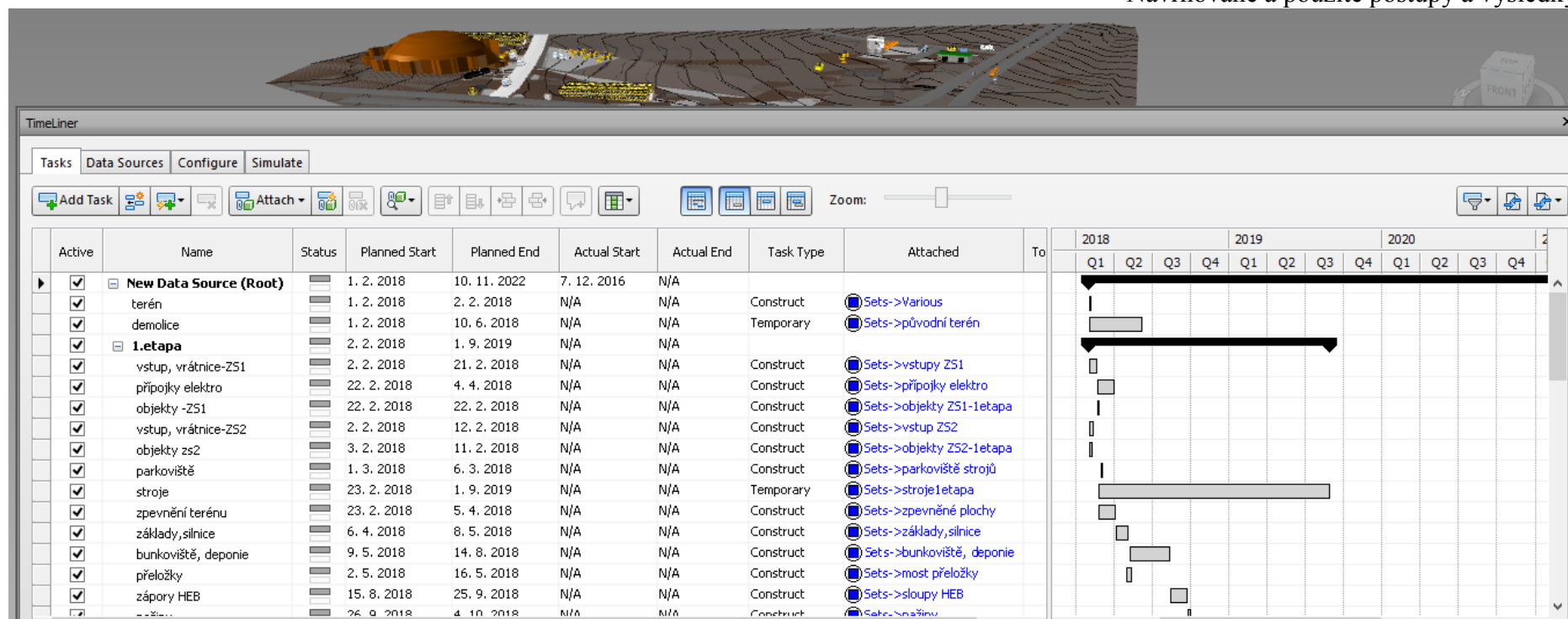
Obrázek 55: Ukázka části harmonogramu-1. a 2. etapa

Navrhované a použité postupy a výsledky



Obrázek 56: Ukázka části harmonogramu-3. a 4. etapa

Navrhované a použité postupy a výsledky



Obrázek 57: Ukázka tvorby propojení harmonogramu s jednotlivými konstrukcemi v Navisworks Manage-1.etapa

3.2 Zhodnocení výsledků

3.2.1 Porovnání a zhodnocení dnes obvyklých a s BIM spojených potřeb (vstupů) a výstupů

3.2.1.1 Vstupy pro BIM

Pro tvorbu referenčního modelu jsem použila podklady ze zdrojů firmy Metroprojekt Praha a.s.

Pro tvorbu modelu zajištění stavební jámy – pilotovou stěnu včetně kotev, jsou použity reálné výkresy. Model zajištění stavební jámy i model celého zařízení staveniště byl vytvořen v programu Revit. Animace je vytvořená v programu Navisworks Manage. Harmonogram výstavby byl importován z programu Microsoft Project, kde byl vytvořen.

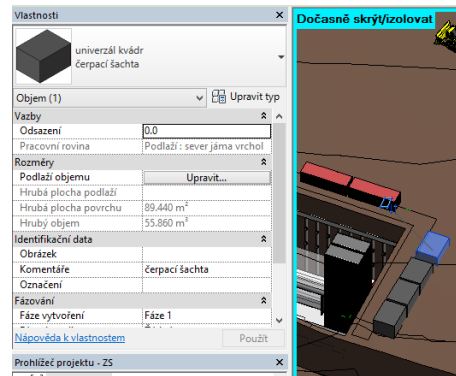
Pro tvorbu povrchu bylo třeba reálné zaměření, které bylo k dispozici ve formě 3D zaměření v Autocadu.

Kromě podkladů pro zpracování bylo třeba získat rodiny strojů a objektů potřebných pro výstavbu.

3.2.1.2 Postup a potřeby pro zpracování (knihovny)

Knihovna funkčních rodin v České republice v současnosti chybí. Rodiny si firmy tvoří vlastní. Pro zařízení staveniště se dají rodiny nalézt na internetových stránkách BIM objektů nebo přímo výrobců strojů po celém světě. Bohužel rodiny nemají jednotný standart a většina je pouze 3D model. Správně tvořené rodiny strojů, by měly mít definovány základní parametry např. minimální a maximální výkon stroje nebo objem lopaty.

Pro práci jsou použity rodiny stažené z internetových stránek, některé z nich např. stavební buňky jsou upravené pro potřebu práce. Rodiny, které nebyly k dispozici jsou nahrazeny jednoduchým objemem – kvádrem. Je důležité, aby na staveništi byli všechny objekty, alespoň objemově ztvárněné např. kvůli detekci kolizí.

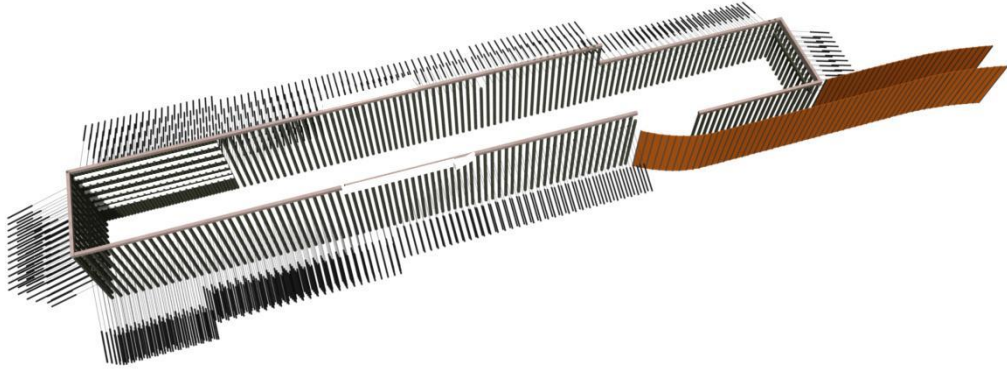


Obrázek 58: Ukázka objektů zařízení staveniště ztvárněných objemy

Dále by rodiny měly být tvořeny podle daných LOD. Pro potřeby zařízení staveniště ještě nejsou definovány veškeré prvky podle LOD. Definován je povrch, přípojky a sítě, různé pomocné prefabrikované konstrukce, plechové skladové haly a ochranná zábradlí, lešení a některé stroje.

3.2.1.3 Práce s modelem a jeho výstupy

Výstupem z práce je animace výstavby stanice metra včetně postupů týkajících se ražby v místech stanice. Pro animaci bylo třeba vytvořit potřebné objekty zázemí zařízení staveniště a objekty potřebné pro stavbu. Tyto objekty jsou většinou pouze jako 3D modely pro použití k animaci výstavby. Dále bylo potřeba vymodelovat zajištění stavební jámy. Tento model obsahuje pilotovou stěnu okolo stavební jámy a záporové pažení pro zajištění stavební rampy. Pilotová stěna je zajištěná dočasnými kotvami. Model obsahuje informace o všech materiálech.

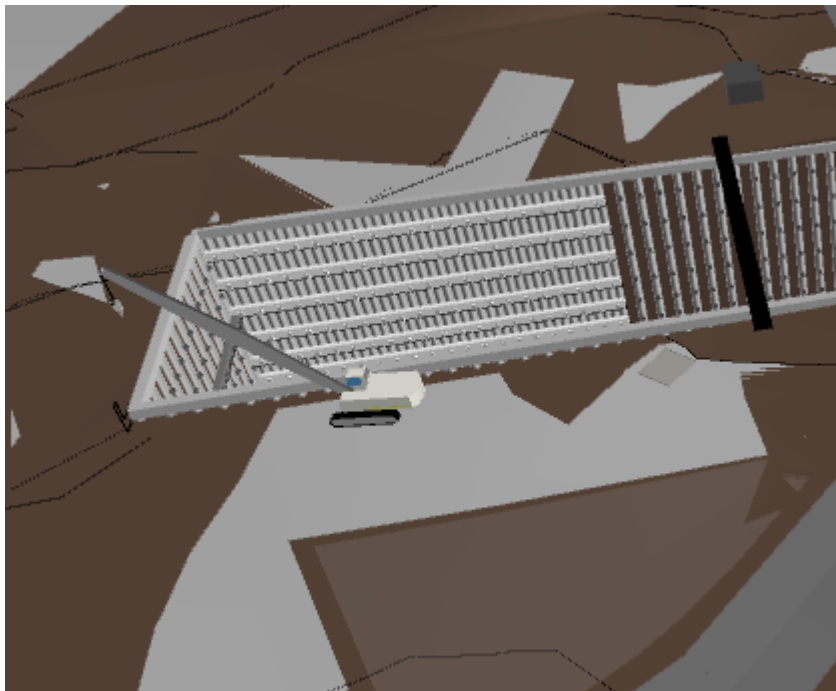


Obrázek 59: Model zajištění stavební jámy

Protože se jedná o podzemní stavbu, v modelu jsem značně pracovala s terénem. S tím byly spojeny určité problémy, které jsem při tvorbě modelu nacházela a komplikovaly práci. Další odstavce jsou této problematice použití BIM prostředí věnovány.

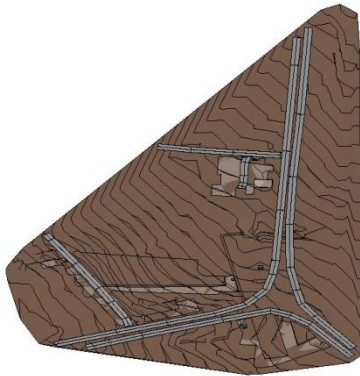
- **Práce s povrchy**

Jedním z problémů, který se při modelování objevil, je špatné zobrazování ploch. Pro oddělení ploch staveniště, které jsou různě zpevněné, je použita funkce podoblast. Terén v místě staveniště je složitý a podoblasti terénu nejsou správně vykreslovány. Špatné vykreslení je nejvíce vidět při animaci nebo spuštění harmonogramu výstavby. Plochy blikají a nezobrazují se správnou barvou.

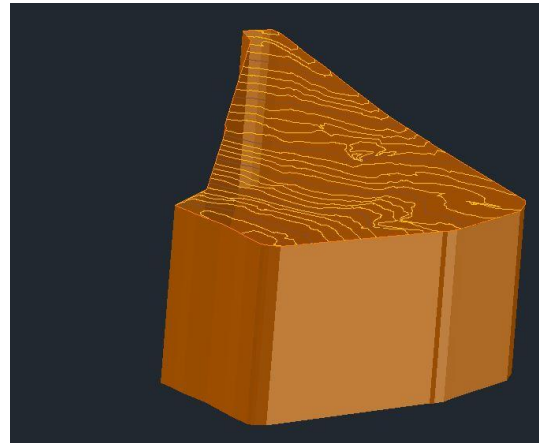


Obrázek 60: ukázka nespojitých a špatně zobrazených ploch

Program Autodesk Revit, do kterého jsem importovala terén, není zatím uzpůsoben k zobrazování povrchů, zvláště komunikací a různých materiálů ploch atd. K tomu slouží program Civil 3D od Autodesku. Pro zařízení staveniště je vykreslování okolních komunikací podle mého názoru v tomto programu zbytečné. Pokud je dobře provedené stávající zaměření terénu, do programu Civil 3D se dají zanést kromě vrstevnic terénu i silnice a okolní objekty. Bohužel v podkladech pro práci chyběly některé výškové údaje u zaměření komunikací, proto se v modelu silnice nezobrazují názorně. Vytvoření stavební jámy a svahování pro předvýkop je v programu Civil mnohem jednodušší. Sklon povrchu terénu je také daleko názornější.

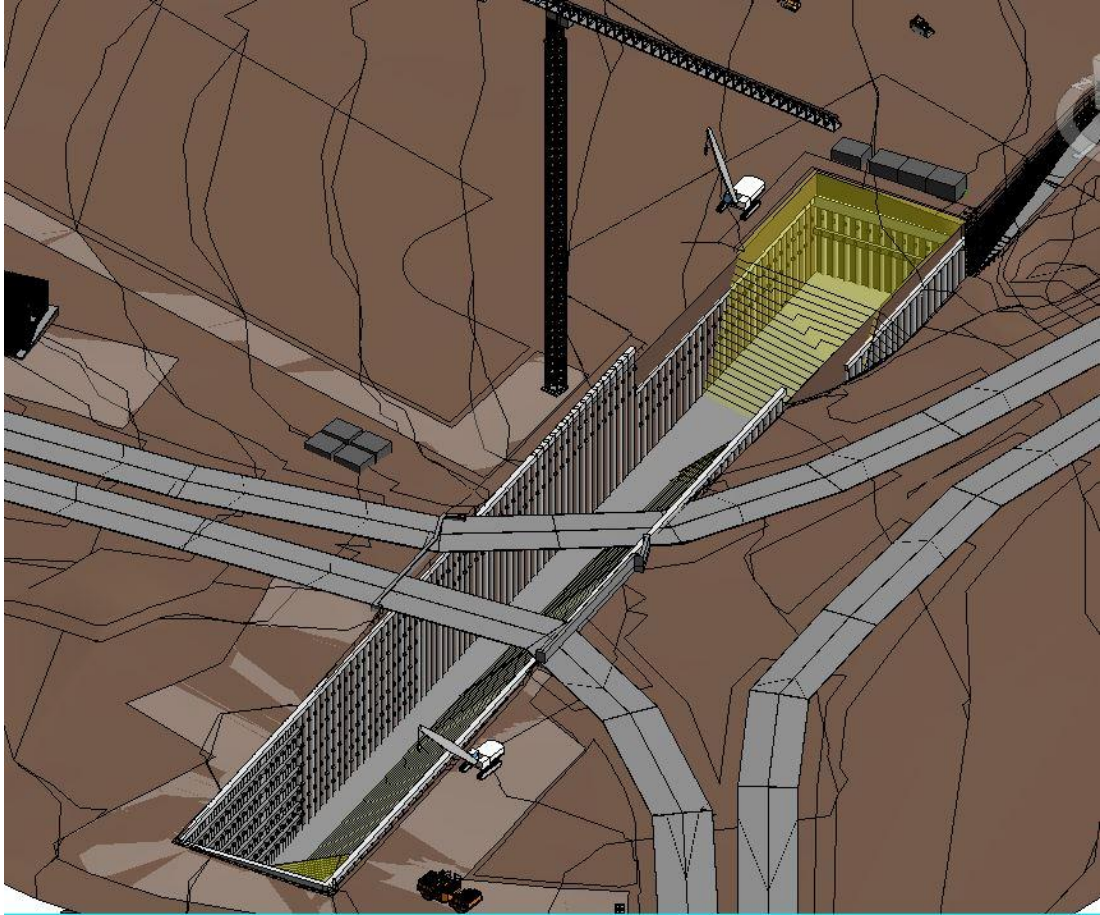


Obrázek 61: Terén v programu Autodesk Revit s domodelovanými silnicemi



Obrázek 62: Terén v programu Autodesk Civil 3D ze stávajícího zaměření

Pro práci s terénem jsem v modelu vyzkoušela nadstavbu Site Designer, od firmy Autodesk. Nadstavba je pro studenty k volnému stažení. K práci byla použita tato nadstavba pro vymodelování komunikací, náspů a výkopů. Problém této aplikace vidím v následném upravování většiny objektů. Bohužel referenční model obsahoval mnoho dat a různých podoblastí, při kterých tento program nedokázal správně pracovat. Velký výkop se v některých místech zhroutil a části jámy se zasypaly. Další tvoření výkopů už nebylo možné. Program je nedokázal zobrazit. Sesypání stavební jámy je vidět na obrázku č. 63.



Obrázek 63: Model komunikací z programu Side designer a ukázka zobrazení ploch a sesypaná jáma

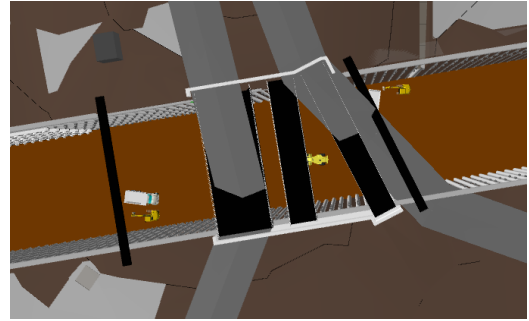
Z toho důvodu jsem všechny tyto vytvořené výkopy musela vymazat a nahradit objektem - deskou stavby. Bohužel funkcí deska stavby, nelze vytvořit např. předvýkop ke stavební jámě, který jsem předtím v modelu použila.

Vytváření terénu deskou stavby je u složitějších tvarů obtížné. Vytváří se na povrchu, který pod ním není vidět. Proto se u složitějších tvarů může stát, že nekopírují přesně konstrukci pod zemí.

Aplikací Side Designer, jsou tvořeny hlavně jednoduché komunikace. Tento program neumožňuje modelování složitých křižovatek, proto nejsou v referenčním modelu detailně vytvořeny. Komunikace jsou tvořeny rodinami, které nelze zpětně upravovat. Při tvorbě jsem se řídila koordinační situací. Výškově rodinu silnice bohužel nelze srovnat a napojit na přemostění. Tato rodina se dá tvořit jen na terén.



Obrázek 64: Zobrazení křižovatky z koordinační situace



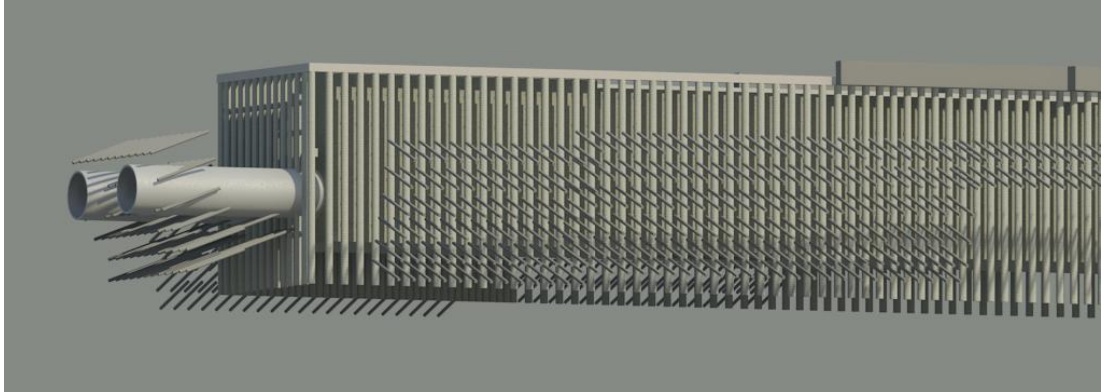
Obrázek 65: Model přemostění

Díky vytvořenému modelu jsem si uvědomila, jakým způsobem se musí srovnat povrch například u pracovních ploch.

Dále je názorně vidět napojení pásových dopravníků na hlavní dopravník k mezideponii. Pásový dopravník na deponii je veden skrz pilotovou stěnu a první částí je veden v zemi. To z 2D výkresové dokumentace není názorně vidět. Bez modelu terénu nelze jednoduše zjistit délku zajištění záporovým pažením v okolí dopravníku.

- **Koordinace modelu**

Z referenčního modelu se dají zjišťovat kolize při koordinaci modelu. Při koordinaci jsem odhalila kolize mezi zajištěním stavební jámy s kotvami a tubusy stanice. Při spojení zajištění stavební jámy s modelem stanice byla zjištěna kolize klasických kotev s místem, kde bude provedena prorážka. V místě prorážky by měly být laminátové kotvy, pro lepší proražení. Laminátové kotvy mají oproti normálním kotvám kořen po celé délce. Umístěny jsou v prvních třech řadách odspodu. V 2D dokumentaci nebyl udělán koordinační výkres zajištění stavby se stanicí, proto kolize nebyla zjištěna



Obrázek 66: Model zajištění stavební jámy s tubusy metra

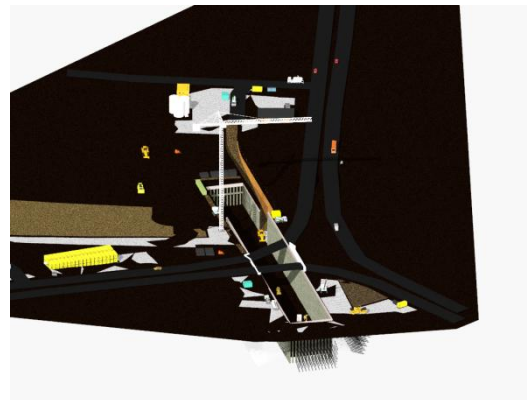
Další výhodou u modelu, který obsahuje objekty pro ražbu je výšková poloha objektů. Příkladem je kolébka pro přeložení TBM stroje. Pod kolébkou je vybudována základová deska, která zatím nemá požadovanou výšku. Koordinaci stroje ve výšce budoucího tunelu, pod kterým je kolébka, upravíme desku na potřebnou výšku.

- **Obrazové výstupy**

V modelu zařízení staveniště je velký rozdíl v rendrování ploch v programu Revit a Navisworks manage. Při stejné době rendrování je kvalita rozdílná.



Obrázek 67: Rendrování z Autodesk Revit pro 3. etapu, povrch je bez podoblastí - nastavení vysoké kvality



Obrázek 68: Rendrování z Navisworks Manage pro 3. Etapu – nastavení nízké kvality

Většina obrázků v diplomové práci jsou obrázky z uživatelského prostředí Navisworks Manage – prostředí Shadov, pro časovou náročnost rendrování. Kvůli malému výkonu počítače, jsem nebyla schopná rendrovat na nejvyšší kvalitu.

3.2.2 Ukládání a přístup k datům modelu

V současnosti je velkým problémem přístup k modelům. Pro otevření modelu v programech pro úpravu je potřeba výkonných počítačů, které nejsou všude dostupné. Model musí být dostupný pro projektanty, investory, stavební úřady, ale i pro dělníky na stavbě. Proto se zavádí různá řešení zobrazování. Zavádí se cloudové řešení, online modely a různé aplikace pro mobilní zařízení a tablety.

Je snaha mít možnost zobrazení 3D modelu, ale i 2D výkresů, technických údajů o materiálech, kontakty na zpracovatele, stavbyvedoucí různých částí a přiřazení kontrolních zkušebních plánů nebo bezpečnostních opatření na jednom místě. Proto, je třeba, aby správné ukládání a práci v BIM prostředí respektovali všichni účastníci výstavby.

3.2.3 Animace změn

Řešení zobrazování modelu souvisí i s animací vývoje stavby. Účastníci výstavby by měli mít možnost vidět změny vlivu na okolní prostředí i samotnou stavbu v čase, názorně. Animací můžeme přiblížit výstavbu a okolní změny i veřejnosti.

Pro možnost časového plánování jsem zpětně v modelu v programu Revit dělila vytvořené rodiny a povrch. Tyto prvky bylo nutné rozdělit na úseky podle výstavby. Časový harmonogram je také upravený. Obsahuje jen prvky, které se v zařízení staveniště nacházejí.

Protože se jedná o model zařízení staveniště, v časovém harmonogramu je použita většina objektů staveniště jako konstrukce, místo dočasných konstrukcí, pro lepší zobrazování a přehlednějšímu časovému harmonogramu.

Rodiny strojů v práci nemají žádný standard, proto nelze vytvářet sety do harmonogramu pomocí vyhledávání. Informace rodin jsou nedostatečné. Vzhledem k modelu zařízení staveniště, kde je v různých etapách různý počet strojů, příkladem může být jeřáb, vyhledávání položek do setů musí být ruční.

Jak jsem se již zmínila, zobrazování povrchů při zemních pracích není ideální. Není tomu jinak ani u animace. Výkop stavební jámy se nedá v animaci rozdělit na dvě části. Povrch s jámou musí být v animaci od začátku.

Animace výstavby pomáhá k lepším představě o výstavbě. Díky animaci výstavby, autorka při práci odhalila chyby, které se při tvorbě harmonogramu vyskytly.

3.2.4 Zhodnocení kladů a záporů použitého řešení - shrnutí

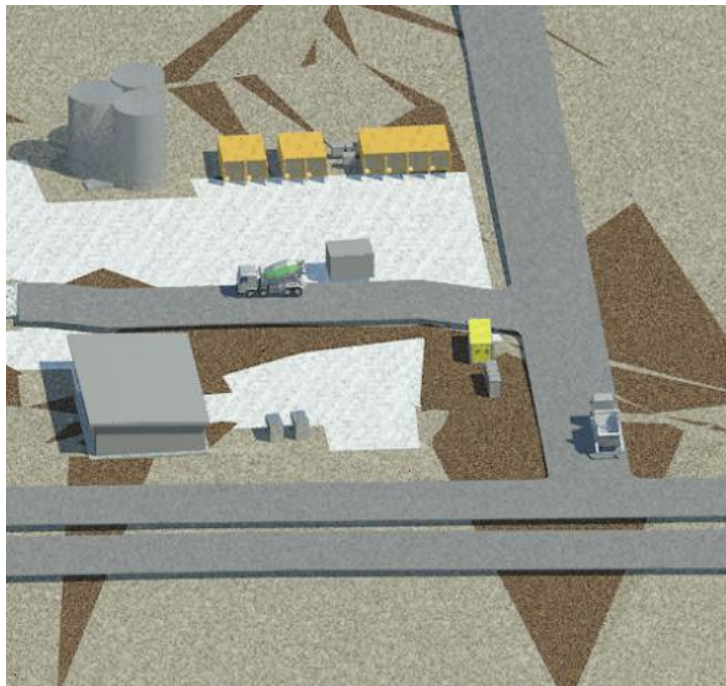
Shrnutí konvenčního způsobu tvorby 2D dokumentace zařízení staveniště a modelování zařízení staveniště v BIM prostředí z mého pohledu, zjištěného tvorbou referenčního modelu.

Tabulka 5: Porovnání dokumentace

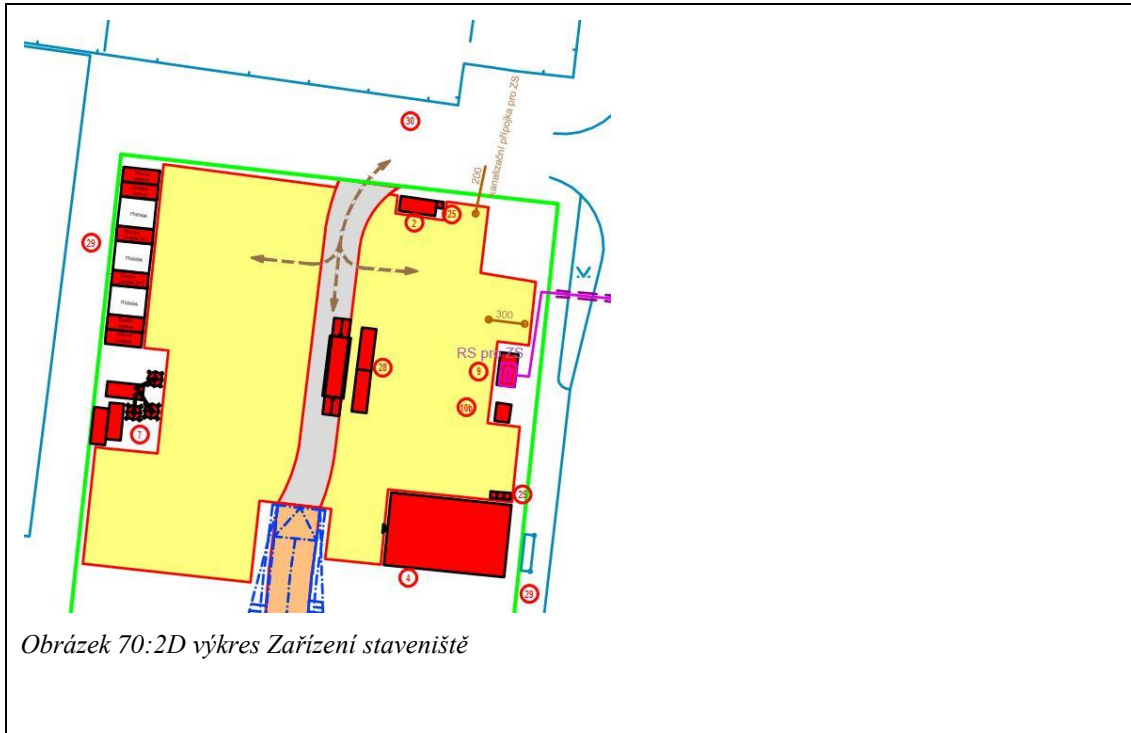
	2D dokumentace	BIM Model
Uložení dat	- Pro postup výstavby je třeba pro každou etapu nový výkres	+ Všechny objekty jsou v jedné souboru, pouze pro rozdělení etap se postupně skrývají nebo zobrazují
Možnost spojení s harmonogramem	- Tato možnost u 2D výkresu není. Výkres i harmonogram je zvlášť	+ Možnost postupné výstavby s napojením na harmonogram
Kolize	- Pouze hledáním vlastním okem	+ Možnost použití hledání kolizí v modelu, tak v modelu v čase
Informace o objektech	Popis informací může být napsán ručně v tabulkách	+ K prvkům je možnost přiřadit URL odkaz výrobce, případné přesné údaje o např. výkonu strojů
Čas projektování	+ Čas rýsování dílčích projektů je kratší než tvorba modelu	- Vytvořit model zabere mnohonásobně více času než výkres v 2D
Náročnost projektování	+ Pouze vypracování návrhů řešení výstavby, případně kreslení nových	- Znalost práce s více programy, vyhledávat a tvořit rodiny a navrhovat postup výstavby

	objektů jako schémat	
Požadavky na techniku	<p>+ menší nároky na techniku</p> <p>Např. Autocad není tak náročný pro 2D výkresy.</p> <p>Větší výkonnost je požadována pro vytváření koordinačních situací. Pro zařízení staveniště je potřebujeme jen zobrazovat</p>	<p>- model zařízení staveniště obsahuje kromě konstrukce i pomocné konstrukce, stroje a povrch</p> <p>Je třeba výkonnější počítač s kvalitnější grafickou kartou pro správné zobrazování modelu</p> <p>Potřeba většího monitoru – programy pro modelování obsahují spoustu vlastností, které je třeba mít zobrazené v postranních lištách, ty zabírají velkou plochu obrazu</p>
Zobrazování povrchů	<p>+ V 2D dokumentaci použití šraf pro jednotlivé povrchy s legendou</p>	<p>- Zobrazování materiálů na jednotlivých plochách není v aplikaci Autodesk Revit vyřešené</p> <p>+Plochy mají přidělen skutečný materiál</p>
Vizualizace	<p>-není implementována</p> <p>Možnost pouze mapového výkresu</p>	<p>+ Názorný model s možností použití konkrétního prostředí (je možnost použití dalších programů, které toto umožňují)</p>
Výšková koordinace	<p>- není možná</p>	<p>+ lze výškově uspořádat jednotlivé objekty ZS</p> <p>Koordinace prováděná v řezech je v programu Revit kvůli povrchu nepřehledná</p> <p>Lepší je využití programu Navisworks manage pro měření a výškovou</p>

		<p>kontrolu</p> <p>Využití např. při navrhování výšky kolébky závislé na základové desce a technologii TBM nebo napojení pásových dopravníků</p>
Výstupní forma dokumentace	+ zhotoviteli se předá PDF nebo tištěná verze dokumentace	- zhotoviteli je třeba předat celý model v určitém formátu (např. IFC)
Nutné programové vybavení	+ pouze 1 program umožňující rýsování	- využití více programů podle situace modelování Každý program ovládá jiné funkce modelování, koordinace, kolize, plánování, okolní objekty



Obrázek 69: Model zařízení staveniště



BIM modelování má spoustu výhod, ale i nevýhod. Za hlavní nevýhodu považují velkou časovou náročnost a tím i finanční náročnost pro firmy. Tato nevýhoda může být podle mého pro firmy stěžení. Za velkou výhodou považují zjišťování kolizí ještě před začátkem stavby.

K této tématice nejsou vytvořeny technické standardy využitelné většinou projekčních organizací. Firmy nemají prostředky pro parametrické modelování zařízení staveniště. Chybí rodiny, u kterých vytvoření trvá dlouho, déle než u klasických stavebních konstrukcí. Pokud by vznikla národní BIM knihovna, která by obsahovala i objekty zařízení staveniště, modelování by bylo jednodušší a více využívané.

Závěr

V této diplomové práci jsem ověřila použití prostředí BIM v modelu zařízení staveniště.

V části diplomové práce jsem se zabývala ražbou pomocí technologií TBM a postupem prací při stavbě hloubené stanice metra. Vytvořila jsem harmonogram stavby, včetně celkového harmonogramu stavby celého metra I.D. V práci jsou popsány jednotlivé etapy výstavby doplněné obrázky z animace. Dále mám popsány jednotlivé objekty zařízení staveniště potřebné pro stavbu stanice a ražbu traťových tunelů.

Tuto část jsem zkombinovala s modelem zařízení staveniště modelovaném v programu Revit od firmy Autodesk. Následně jsem obě části propojila v programu od Autodesku, Navisworks Manage. Podle časového harmonogramu výstavby, jsem udělala animaci výstavby stanice metra.

Z referenčního modelu, který jsem vytvořila, jsem zjistila nedostatky programu Autodesk Revit, hlavně při zobrazování povrchů. To je nedostatek, pro který se podle mého názoru zatím nedá tvořit model zařízení staveniště, pokud se jedná o základy a zemní práce a jakékoliv jiné modelování povrchu. Pokud bych měla znova pracovat na modelu s vytvářením složitého povrchu, raději bych použila jiný program např. Civil 3D od firmy Autodesk.

Práce obsahuje také vytvořený BIM model zajištění stavební jámy podle 2D dokumentace. Jednotlivé objekty (rodiny) jsou doplněny o příslušné materiály s vlastnostmi.

Pro porovnání jsou nakresleny 2D výkresy zařízení staveniště pro pět etap výstavby stanice.

V práci jsem popsala jednotlivé výhody a nevýhody oproti konvenčnímu tvoření 2D výkresové dokumentaci, která se v současné době používá.

Podle mé zkušenosti z vytvoření referenčního modelu pro diplomovou práci, je v současnosti tvoření modelu zařízení staveniště po časové a tím i finanční stránce pro firmy v České republice dosud málo využitelné. Tvorba modelů týkajících se zařízení staveniště je na začátku. Pro širší používání bude nutné zavést jednotné

technické standardy pro knihovnu prvků zařízení staveniště. Tím by modelování bylo snadnější a rychlejší a bylo by více využíváno.

Za nejdůležitější výhody a nevýhody BIM prostředí považují:

Výhody:

- Předcházení budoucím vícepracím ověřením a koordinací modelu před výstavbou
- V jednom modelu může být celá informační databáze
- Koordinace projektu a předcházení kolizím
- Vizualizace pro názornější představu a hledání chyb
- Rychlá tvorba výkazu výměr

Nevýhody:

- Složitější a časově náročnější modelování oproti tvorbě 2D dokumentace
- Nutnost použití více programů
- Špatné zobrazování ploch v některých programech

V diplomové práci nebyla řešena logistika na staveništi, tvorba jednotlivých přípojek nebo tvorba rodnin podle standardů. Řešení uvedených témat by mohlo být předmětem dalších prací.

Použitá literatura

[1] Čipera, Jaroslav a kol. *Výstavba trasy I.D metra v Praze, provozní úsek Pankrác - Depo Písnice, dokumentace pro stavební povolení*. Technická zpráva. IČD 11-5440-003-60-01-00-000. Praha: Metroprojekt Praha a.s., 2013.

[2] KROŠOVÁ, Ivana. *CESTI BIM a řízení stavebních projektů ve Skanska*. CESTI [online]. 2014, 2014(2.1) [cit. 2017-01-03]. Dostupné z: <http://www.cesti.cz/wc14/02-01.pdf>

[3] Černý, Martin a kolektiv. *BIM Příručka*. Odborná rada pro BIM. Thákurova 2077/7, 166 29 Praha 6 – Dejvice, <http://www.czbim.org>. 2013. ISBN 978-80-260-5296-8

[4] designingbuildings wiki. *Common data environment*. [online]. 7.12.2016 [cit. 2016-12-07]. Dostupné z: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Common_data_environment_CDE

[5] Marco L. Trania , Manuele Cassanoa , Davide Todaro , Benedetta Bossia. *BIM level of detail for construction site design*. Creative Construction Conference 2015 (CCC2015). A.B.C. Department, Politecnico di Milano, Via Ponzio 31, 20133 Milano, Italy. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815032129>

[6] *Bim-informacni-modelovani-staveb*. Urspraha [online]. Praha: URS [cit. 2016-12-22]. Dostupné z: <http://cinnosti.urspraha.cz/zakladni-cinnosti-spolecnosti/bim-informacni-modelovani-staveb/>

[7] *What-is-clash-detection-how-does-bim*. Thebimcente [online]. [cit. 2016-12-22]. Dostupné z: <http://www.thebimcenter.com/2016/03/what-is-clash-detection-how-does-bim-help.html>

[8] Ing. Žák, Josef. Ph.D.,FSvČVUT *BIM v dopravních stavbách*. In: CESTI [online]. Praha: Technologická agentura, [cit. 2016-12-22]. Dostupné z: <http://www.cesti.cz/wc14/02-02.pdf>

[9] ARUP. *Tunnel Rastatt: BIM design to complete in January*. Vydáno 6.1.2016 [online]. 7.12.2016 [cit. 2016-12-07]. Dostupné z: http://www.arup.com/news/2016_01_january/06_january_tunnel_rastatt_bim_design_will_be_completed_in_january

- [10] hornictví .*TBM*. [online]. 7.12.2016 [cit. 2016-12-07]. Dostupné z: <http://www.hornictvi.info/podzemi/tbm/tbm.htm>
- [11] Metrostav, *technologie_tbm,popis štítu*[online]. [cit. 30.11.2016]. Dostupné z: http://www.metrostav.cz/cz/technologie_tbm/metro/popis_stitu
- [12] David Cyroň , Metrostav a.s , Patrick Rennkamp , Herrenknecht. *PREZENTACE stroje TBM – EPB pro projekt Metro VA. S-609, S-610 TBM*. Metro Praha 6.09.2011
- [13] Pinkava, Miroslav. *Mechanizace a provádění staveb, Zařízení stavenišť*. Druhé přepracované vydání. Praha. České vysoké učení technické v Praze, Ediční středisko ČVUT, Praha 1, Husova 5. Rok 1981. SI 3848.
- [14] Járský,Čeněk.*Multimediální učebnice Příprava a realizace objektů a staveb*. ČVUT. [cit. 30.11.2016]. kapitola 6,obrázek 62. Dostupné z: <http://technologie.fsv.cvut.cz/aitom/podklady/online-priprava/kap6/obr62.html>
- [15]*o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích*. nařízení vlády č. 591/2006 Sb., ve znění pozdějších předpisů (Nařízení vlády č. 136/2016 Sb.)
- [16] Metrostav a. s., divize 8, *Prodloužení trasy A metra v Praze, úsek V.A, Dejvická – Motol*. Vydáno 2012. [cit. 30.11.2016]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/13841740-Zarizeni-staveniste-e2.html>

Seznam tabulek

Tabulka 1:Fáze projektu [5]

Tabulka 2:Soupis prvků jednotlivých ZS

Tabulka 3:Spotřeba elektrického proudu na venkovní osvětlení

Tabulka 4:Výpočet spotřeby energie

Tabulka 5:Porovnání dokumentace

Seznam obrázků

Obrázek 1:Velikost zařízení staveniště

Obrázek 2: Přemostění pro silniční dopravu a přeložky sítí

Obrázek 3:Materiály pro jednotlivé konstrukce

Obrázek 4:Časové plánování výstavby

Obrázek 5:Předběžná fáze, kde jsou zobrazeny objekty formou objemů[5]

Obrázek 6:Definitivní fáze, kde jsou zobrazeny objekty jako zpřesněné objemy [5]

Obrázek 7:Prováděcí fáze, kde jsou zobrazeny objekty jako přesné jak graficky, tak informačně [5]

Obrázek 8:Materiály pro jednotlivé konstrukce

Obrázek 9: Princip fungování [12]

Obrázek 10:Části strojů TBM [12]

Obrázek 11:Schéma základního dělení staveniště [14]

Obrázek 12: Model buňkoviště

Obrázek 13:Model s míchacím centrem, dílnou a sklady – pohled z ulice

Obrázek 14:Model s míchacím centrem, dílnou a sklady – pohled z ulice

Obrázek 15:Kontejnerové buňky s ostrahou

Obrázek 16:Část modelu ZS-Zajištění stavební jámy s pásovou dopravou

Obrázek 17:Část modelu ZS-Zajištění stavební jámy s pásovou dopravou

Obrázek 18:Pásový dopravník, napínací věže na reálné stavbě

Obrázek 19:Startovací konstrukce, konstrukce kolébky

Obrázek 20:Model pro 1.etapu

Obrázek 21:Model zajištění jámy

Obrázek 22:Model pro 2.etapu

Obrázek 23:Pohled v zajištěné jámě

Obrázek 24:Pohled pod povrch na již zajištěnou jámu kotvami

Obrázek 25:Model pro 3.etapu

Obrázek 26:Model pro 4.etapu – základová deska s kolébkou a přeloženým levým TBM k ražbě

Obrázek 27:Vyjetí TBM z raženého tunelu na kolébkou pro přeložení

Obrázek 28:Model pro 4.etapu

Obrázek 29:Pásová doprava během 4. etapy

Obrázek 30:Model pro 5.etapu

- Obrázek 31:Zobrazení původní plochy
- Obrázek 32:Výstavba objektů ZS a zpevnění ploch, včetně přemostění pro přeložky
- Obrázek 33:Zobrazení vstupu na ZS 2 a strojů
- Obrázek 34:Zobrazení postaveného buňkoviště
- Obrázek 35:Vybudovaná rampa a přemostění, výstavba zajištění stavební jámy pilotami
- Obrázek 36:Zobrazení výjezdu z ulice Topolová, mezideponie z těžby a čerpací stanice pohonných hmot
- Obrázek 37:Zobrazení zajišťování jižní části stavební jámy pilotami
- Obrázek 38:Severní část je již vytěžena a probíhá těžba jižní části
- Obrázek 39:Pohled na rampu
- Obrázek 40:Pohled do stavební jámy
- Obrázek 41:Pohled na vstup z ulice Jabloňová, vidět jsou sklady, dílna TBM, vrátnice s mobilními záchody typu TOI TOI, míchací centru, mycí centrum kol vozů
- Obrázek 42:Překládání TBM
- Obrázek 43:Překládání druhého TBM
- Obrázek 44:Situace při ražbě traťových tunelů
- Obrázek 45:Pohled na pásovou dopravu
- Obrázek 46:Detailní pohled na oba pásové dopravníky
- Obrázek 47:Výstavba stanice
- Obrázek 48: Finální stanice, po které proběhne úklid staveniště
- Obrázek 49: Situace ZS v první etapě.
- Obrázek 50: Situace ZS v druhé etapě.
- Obrázek 51: Situace ZS v třetí etapě.
- Obrázek 52: Situace ZS v čtvrté etapě.
- Obrázek 53: Situace ZS v páté etapě.
- Obrázek 54:Ukázka části harmonogramu-1. etapa
- Obrázek 55:Ukázka části harmonogramu-1. a 2. etapa
- Obrázek 56:Ukázka části harmonogramu-3. a 4. etapa
- Obrázek 57:Ukázka tvorby propojení harmonogramu s jednotlivými konstrukcemi v Navisworks Manage-1.etapa
- Obrázek 58:Ukázka objektů zařízení staveniště ztvárněných objemy
- Obrázek 59:Model zajištění stavební jámy

Obrázek 60:ukázka nespojitých a špatně zobrazených ploch

Obrázek 61:Terén v programu Autodesk Revit s domodelovanými silnicemi

Obrázek 62:Terén v programu Autodesk Civil 3D ze stávajícího zaměření

Obrázek 63:Model komunikací z programu Side designer a ukázka zobrazení ploch a sesypaná jáma

Obrázek 64:Zobrazení křižovatky z koordinační situace

Obrázek 65:Model přemostění

Obrázek 66:Model zajištění stavební jámy s tubusy metra

Obrázek 67: Rendrování z Autodesk Revit pro 3.etapu, povrch je bez podoblastí - nastavení vysoké kvality

Obrázek 68: Rendrování z Navisworks Manage pro 3. Etapu – nastavení nízké kvality

Obrázek 69:Model zařízení staveniště

Obrázek 70:2D výkres Zařízení staveniště

Zdroje

Jako podklad pro diplomovou práci jsem použila projekt Metro D z firmy Metroprojekt Praha a.s.

Podkladem pro výpočet doby trvání zajištění stavební jámy byla bakalářská práce
Přednášky na BIM Day 2016

Přednášky z předmětu YBM1

Pro výuku Autodesk Revit jsem použila knihu:

Cimala, Lukáš, Novotný, Jakub, Remeš, Josef, Vyhnálek, Rudolf. REVIT ve stavební praxi. Oktaedr. 2014. ISBN 978-80-214-4965-7

Návody a videa pro výuku jsou z www.youtube.com

Fotografie k této práci poskytla firma Metroprojekt a.s.

Rodiny strojů a objektů zařízení staveniště jsou stažené z:

www.cadforum.cz

www.revitcity.com

www.seek.autodesk.com

www.bimobject.com

www.nationalbimlibrary.com

Knihovna rodin Metroprojekt a.s.

Zkratky

ZS – Zařízení staveniště

POV – Plánování a organizace výstavby

ŽB – Železobetonový

BIM – Building Information Modeling

LOD – Level Of Detail(Development), stupeň podrobnosti

CDE – Common Data Enviroment

IFC – Industry Foundation Classes, výměnný formát ve stavebnictví

CoSIM - Construction site information model, informační model staveniště
používaný v Itálii

NIBS-National Institute of Building Sciences

TBM – Tunnel Boring Machine

NRTM - Nová rakouská tunelovací metoda - princip tvorby podzemních děl, na
základě spolupůsobení horninového masívu s primárním ostěním

EPBM - Earth Pressure Balance Machine, plnoprofilový zeminový štít, je druhem
tunelovacího stroje TBM

VN – Vysoké napětí

NN – Nízké napětí

SSZ – Světelné signalizační zařízení

DIO – Dopravně inženýrské opatření

Vysvětlivky

Tybinky - Obloukové tvárnice, z nichž se obezdívky (prstence) při ražení tunelů (např.) a důlních chodeb

IBO kotvy – vrtná tyč opatřená ztracenou vrtnou korunkou, je ze speciální válcované oceli s otvorem uprostřed umožňujícím výplach během vrtání a následnou injektáž kotvy

Cloud - Obecný pojem pro cokoliv, kde jde o poskytování pronajímaných služeb přes Internet

Sety - Funkce programu Navisworks manage pro rozdělování objektů do skupin

Seznam příloh

Technologický rozborový list pro pilotovou stěnu jižní část

Technologický rozborový list pro pilotovou stěnu severní část

Technologický rozborový list pro těžbu

Model zajištění stavební jámy

Harmonogram výstavby stanice metra

Celkový harmonogram stavby trasy metra

Seznam příloh – výkresová část

Výkres zařízení staveniště – 1.etapa

Výkres zařízení staveniště – 2.etapa

Výkres zařízení staveniště – 3.etapa

Výkres zařízení staveniště – 4.etapa

Výkres zařízení staveniště – 5.etapa

Technologický rozborový list piloty jih 113 pilot	m.j.	množství	jednotková pracnost	celková pracnost	počet strojů	prac. doba	prac. Fond	trvání procesu (směn)	dnů	stroje
vodící zídky	m	186	0,387	71,982	1	8	8	8,99775	9	rypadlo, jeřáb, mix
vrtání, pažnice	m	780	60- 80m/den					11,142857	12	vrtná souprava s dutým vrtákem
vrtání, pažnice	m	2158	60- 80m/den					30,828571	31	vrtná souprava s dutým vrtákem
výztuž pilot betonovaných do země	t									jeřáb
betonáž celé piloty-pod přemostěním	m2	496,2	40m3/hod	12,405	1	8	8	1,550625	2	mix, betonážní roura, jeřáb
betonáž celé piloty-zbytek	m3	1373	40m3/hod	34,3205	1	8	8	4,2900625	5	mix, betonážní roura, jeřáb
odbourání vrchní části piloty s vytáhnutím pažnice-železobeton	m3	73,28	0,3	21,9852	1	8	8	2,74815	4	bourací kladivo IPH
								celkem	63	dní

Technologický rozborový list piloty sever 136 pilot	m.j.	množství	jednotková pracnost	celková pracnost	počet strojů	prac.doba	prac. Fond	trvání procesu(směn)	dnů	stroje
vodící zídky	m	276	0,387	106,812	1	8	8	13,3515	14	rypadlo, jeřáb, mix
vrtání, pažnice pod přemostěním	m	754	60-80m/den					10,771429	11	vrtná souprava s dutým vrtákem
vrtání, pažnice	m	2286	60-80m/den					32,657143	33	vrtná souprava s dutým vrtákem
výztuž pilot betonovaných do země	t									jeřáb
betonáž celé piloty-pod přemostěním	m2	479,7	40m3/hod	11,9915	1	8	8	1,4989375	2	mix, betonážní roura, jeřáb
betonáž celé piloty-zbytek	m3	1415	40m3/hod	35,37075	1	8	8	4,4213438	5	mix, betonážní roura, jeřáb
odbourání vrchní části piloty s vytáhnutím pažnice-železobeton	m3	108,7	0,3	32,6232	1	8	8	4,0779	4	bourací kladivo IPH
								celkem	69	Dní

Technologický rozborový list Těžba	plocha	výška	objem	pracnost	počet strojů	prac.doba	prac. Fond	trvání procesu(směn)	dni	stroje
svahování	5000	8	40000	50m3/hod	2	8	16	50	50	
sever	1716	26	44616	50m3/hod	3	8	24	37,18	38	
sever	1416	18	25488	50m3/hod	3	8	24	21,24	22	
jih	1964	26	51064	50m3/hod	2	8	16	63,83	64	
celkem			161168						174	rypadlo, nakladač, nákladní auta

