

Investor:

**Statutární město Brno**

Stavba:

**Prodloužení tramvajové trati Bystrc – Kamechy**

**D.1.9 Podzemní stavby**

## **D.1.9.01 TECHNICKÁ ZPRÁVA**

---

**Obsah:**

<b>1.</b>	<b>Identifikační údaje.....</b>	<b>3</b>
1.1	Údaje o stavbě .....	3
1.2	Údaje o žadateli .....	3
1.3	Údaje o zpracovateli dokumentace .....	3
<b>2.</b>	<b>600 – Objekty podzemních staveb.....</b>	<b>4</b>
2.1	SO 601 - Stavební jáma Bystrc .....	4
2.2	SO 602 - Přesypaný tunel a portál Bystrc .....	5
2.3	SO 603 - Ražený tunel – ražba, primární ostění .....	5
2.4	SO 604 - Ražený tunel – definitivní (sekundární) ostění .....	7
2.5	SO 605 - Přesypaný tunel a portál Žebětín .....	7
2.6	SO 606 - Stavební jáma Žebětín.....	8
2.7	SO 607 - Chodníky a stavební úpravy v tunelu .....	8
2.8	SO 608 - Odvodnění tunelu .....	9
2.8.1	Odvodnění PJD a chodníků v tunelu .....	9
2.8.2	Drenážní odvodnění.....	9
2.9	SO 609 - Požární suchovod v tunelu.....	9
2.10	SO 610 - Přípojka požární vody k tunelu.....	10
2.11	SO 611 – Stavební elektroinstalace v tunelu .....	11
2.12	SO 612 – Pomocná opatření při ražbě.....	11
2.13	SO 613 - Provozně-technologický objekt .....	11
2.13.1	Statická část.....	12
2.13.2	Stavební část .....	12
2.13.3	Stavební elektroinstalace .....	12
2.13.4	ZTI.....	12
2.13.5	Klimatizace, větrání a vytápění .....	12
2.13.6	MaR .....	13
<b>3.</b>	<b>Monitoring .....</b>	<b>13</b>
3.1	Měření v podzemí .....	14
3.2	Měření na povrchu .....	14
3.3	Sledování indukovaných účinků ražby .....	14
3.4	Monitoring – resumé .....	15
<b>4.</b>	<b>Doporučení pro podrobný geotechnický průzkum .....</b>	<b>15</b>

## 1. Identifikační údaje

### 1.1 Údaje o stavbě

Název stavby: Prodloužení tramvajové trati Bystrc – Kamechy  
Skupina objektů: D.1.9 – Objekty podzemních staveb  
Místo stavby: Kraj: Jihomoravský  
Obec: Brno; MČ Bystrc, MČ Žebětín  
K.ú.: Bystrc, Žebětín  
Předmět dokumentace: Dokumentace pro rozhodnutí o umístění stavby – DUR

### 1.2 Údaje o žadateli

Název: Statutární město Brno  
Adresa sídla: Dominikánské náměstí 196/1  
602 00 Brno  
IČ: 449 92 785

### 1.3 Údaje o zpracovateli dokumentace

#### Hlavní projektant:

Společnost „PK OSSENDORF + METROPROJEKT + AMBERG – TT Bystrc – Kamechy“

#### **Zastoupený:**

Obchodní název: PK Ossendorf s.r.o.  
Adresa sídla: Tomešova 503/1, 602 00, Brno  
IČO: 255 64 901  
Hlavní inženýr projektu: Ing. Petr Vyskočil, AI ČKAIT, ID00 č. 0010125  
Hlavní koordinátor projektu: Ing. Vlastislav Novák Ph.D., AI ČKAIT, ID00 č. 1002774  
Vedoucí projektu: Ing. Jan Charvát, AI ČKAIT, ID00 č. 1005810

#### **Zhotovitel dokumentace objektu:**

Obchodní název: AMBERG Engineering Brno, a.s.  
Adresa sídla: Ptašínského 10, 602 00 Brno  
IČO: 494 46 703  
Zodpovědný projektant: Ing. Veronika Kočíčková, AI ČKAIT, IG00 č. 1007190

## 2. 600 – Objekty podzemních staveb

Tramvajový tunel převádí projektovanou dvoukolejnou tramvajovou trať v km 0,862 50 – km 1,182 50 (staničení koleje 1). Trasa je vedena raženým tunelem s hloubenými příportálovými úseky.

Objekty podzemních staveb jsou členěny na následující stavební objekty:

SO 601	Stavební jáma Bystrc
SO 602	Přesypaný tunel a portál Bystrc
SO 603	Ražený tunel – ražba, primární ostění
SO 604	Ražený tunel – definitivní ostění
SO 605	Přesypaný tunel a portál Žebětín
SO 606	Stavební jáma Žebětín
SO 607	Chodníky a stavební úpravy v tunelu
SO 608	Odvodnění tunelu
SO 609	Požární vodovod v tunelu
SO 610	Přípojka požární vody k tunelu
SO 611	Stavební elektroinstalace v tunelu
SO 612	Pomocná opatření při ražbě
SO 613	Provozně-technologický objekt

### 2.1 SO 601 - Stavební jáma Bystrc

Provizorní portál tunelu je vytvořen z kotvené pilotové stěny ve tvaru „U“ ve staničení cca. km 0,892 50 až km 0,903 50. Výška stěny v místě zarážky tunelu je cca. 14,00 m. Stěna je kotvena ve třech úrovních. Stavební jáma pro zbytek přesypaného tunelu (SO 602) a pro PTO (SO 613) je tvořena kotveným záporovým pažením (cca. od km 0,864 00 do 0,892 50). Jako zápor jsou použity profily HEB 220 po 1,50 m. Piloty po zasypání tunelu odbourat tak, aby bylo možné provést nové komunikace, kanalizace a definitivní úpravy terénu.

#### Objekt zahrnuje:

- vícenásobně kotvenou převrtávanou pilotovou stěnu;
- vícenásobně kotvené stěny ze záporového pažení;
- terénní úpravy (odkopy).

## 2.2 SO 602 - Přesypaný tunel a portál Bystrc

Přesypaný tunel tvořící příportálový úsek na straně Bystrc je navržen v délce 40,0 m (přibližné staničení km 0,862 50 – km 0,902 50). Kolej zde vstupuje do tunelu v levostranném směrovém oblouku. Výškově je niveleta tunelu posunuta o 0,18 m níže oproti niveletě koleje 1. Profil tunelu je klenbový, opěří z vnější strany je tvořeno svislými stěnami. Tunel je složen z jednotlivých železobetonových pasů založených na železobetonových pasech. Konstrukce tunelu bude trvale chráněna deštníkovou hydroizolací, podél tunelu budou umístěny drenáže. První tunelový pas je vysunut z portálové stěny o cca. 1,80 m a v těchto místech nebude překryt hydroizolací (vodonepropustný beton). Výška zásypu tunelu roste ve směru staničení a pohybuje se v rozmezí 2,36 m – 5,90 m.

Definitivní portálová stěna je tvořena konstrukcí z vyztužené zeminy s lícem z ocelových sítí a skládaného kameniva. Sklon líce je 5:1. Vpravo od tunelu portálová stěna plynule přechází na konstrukci PTO (SO 613) a je ukončena kolmou gabionovou zídou navazující na pilotovou stěnu (SO 214). Vlevo od tunelu je portálová stěna protažena cca. 10,0 m do svahu za zárubní zdí (SO 213). Na horní hranu portálové stěny bude umístěno zábradlí. Na portále bude osazeno zařízení pro ochranu před nebezpečným dotykem. V ostění tunelu bude v portálovém pasu nad chodníkem výklenek s ručním kolejovým vozíkem pro jednotky IZS pro zásah v tunelu při MU.

### Objekt zahrnuje:

- přesypaný tunel tunelovou troubu včetně izolačního a ochranného systému;
- terénní úpravy (přesypání tunelu, konstrukce portálu);
- gabionovou zídou;
- odvodňovací prvky;
- zábradlí / ochranu proti pádu osob;
- ochranu před nebezpečným dotykem.

## 2.3 SO 603 - Ražený tunel – ražba, primární ostění

Ražený tunel převádí dvoukolejnou tramvajovou trať o vzdálenosti os kolejí 3,100 – 3,107 m. Délka ražené části je cca 245,0 m (přibližné staničení km 0,902 50 – km 1,147 50 dle staničení koleje 1). Výrubová plocha činí cca 74 m<sup>2</sup>.

Směrově je tunel trasován podle trasy koleje. Na začátku ražené části vstupuje kolej do tunelu v levostranném směrovém oblouku, ten přechází v km 0,924 03 do přechodnice. V km 0,978 01 se nachází inflexní bod, za nímž následuje přechodnice do pravostranného směrového oblouku, který začíná v km 1,032 00. V km 1,126 15 přechází do přechodnice, na niž v km 1,180 15 navazuje přímá.

Výškově je tunel ve staničení km 0,862 50 – km 0,978 01 veden odlišně od výškového řešení koleje 1 - niveleta tunelu je o 0,18m níže, než niveleta koleje 1. V km 0,924 03 – km 0,978 01 se niveleta tunelu lineárně přibližuje k niveletě koleje 1. Od km 0,978 01 je výškové řešení nivelety tunelu a nivelety koleje 1 totožné. Sklon nivelety tunelu je 1,00 % v km 0,862 50 – km 0,924 03, v km 0,924 03 – km 0,978 01 1,33 %, dále opět 1,00 % až do začátku vrcholového zakružovacího oblouku v km 1,155 99.

Z hlediska příčného uspořádání odpovídá průjezdný profil dvoukolejného tramvajového tunelu ČSN 28 0318. V trase raženého tunelu jsou umístěny čistící výklenky pro drenáž a ražená rozvodna R2. O nutnosti zřídit rozvodnu v ražené části tunelu bude rozhodnuto v dalším stupni projektu na základě zpřesněných údajů ohledně technologického vybavení a kabelových rozvodů.

Tunel bude ražen observační metodou (metodou NRTM) mechanickým rozpojováním tunelovým bagrem, v některých úsecích nelze vyloučit ani použití trhacích prací (bude upřesněno na základě podrobného IGP). Ražba bude probíhat v brněnském masívu tvořeném převážně granodioritem. Dle předběžného IGP je masiv přípovrchově intenzivně zvětralý, hlouběji méně intenzivně zvětralý. V horní části profilu bude tunel zasahovat do eluvia granodioritu G typu 6, v části trasy do metabazaltů G typu 9, v dolní části bude profil veden méně zvětralým granodioritem G typu 7. Podzemní vodu lze očekávat v eluvii granodioritu (G typ 6), na styku silně zvětralých a méně zvětralých granodioritů. Zvodnění je vázáno především na atmosférické srážky. Větší množství vody (lokální zvodně) lze očekávat v depresích na rozhraní méně a více zvětralé horniny.

Předpokládá se horizontální členění výrubu na kalotu a spodní lávku (jádro profilu), dále případně pro omezení účinků ražby na povrch vertikální rozdělení kaloty na dvě nebo tři části, v návaznosti na výsledky podrobného IGP. Předpokládá se dovrchní ražba z portálu Bystrc s gravitačním odvodněním čelby. Primární ostění bude tvořeno svorníky, stříkaným betonem a výztužnými sítěmi. Nepředpokládá se nutnost provádění spodní klenby. Tato se předpokládá pouze v krátkých úsecích poruchových zón s projevy nestability počvy – bude řešeno v průběhu ražby observační metodou a na základě výsledků souběžného geomonitoringu. Předpokládaná rychlost ražeb:

- tunel v kalotě cca 60 až 90 m za měsíc
- dobírka jádra tunelu cca 100 až 120 m za měsíc

Ražba tunelu spadá do působnosti Českého báňského úřadu – jde o činnost prováděnou hornickým způsobem (ČPHZ) s předpokládaným použitím trhacích prací malého rozsahu. Uvedené činnosti smí provádět pouze právnická osoba s patřičným oprávněním pro provádění ČPHZ. Projektová dokumentace pro tunel je zpracována osobou s oprávněním pro projektování činnosti prováděné hornickým způsobem. K ohlášení ČPHZ na OBÚ v Brně předloží zhotovitel potřebné doklady a dokumentaci dle požadavků příslušných báňských předpisů pro ohlášení ČPHZ.

Zóna ovlivnění a zóna sledování okolních objektů je pro samotný tunel vymezena zejména dosahem indukovaných dynamických účinků ražby – trhacích prací a mechanického rozpojování horniny. Součástí DÚR je inventarizace objektů v blízkosti ražené tunelové trasy, týká se především objektů na ulici Teyschlova. Šířka poklesové kotliny dle předběžného průkazu dimenzí se předpokládá 38,00 m symetricky rozložená od osy tunelu.

#### **Objekt zahrnuje:**

- ražbu a primární ostění tunelu;
- ražbu rozvodny R2.

## 2.4 SO 604 - Ražený tunel – definitivní (sekundární) ostění

Sekundární ostění je navrženo z prostého betonu bez spodní klenby, v místě ražené rozvodny a na koncových částech tunelu je navrženo ostění ze železobetonu. Trvalá nosná konstrukce bude chráněna proti podzemní vodě mezilehlou foliovou deštníkovou izolací s patními drenážemi, které budou odvádět podzemní vodu mimo tunel.

Pokud bude na základě zpřesněných požadavků na technologické vybavení v dalším stupni projektu zřízena rozvodna R2 cca v km 1,027 50, bude oddělená od dopravního prostoru tunelu zděnou příčkou a požárními dveřmi. Rozvodna bude mít tři místnosti (samostatné požární úseky) – vstupní chodba z tunelu a místnosti R2.1 a R2.2. Místnosti R2.1 a R2.2 budou nuceně separátně odvětrány do prostoru tunelu (D1018).

V ostění tunelu na portálech a ve vyztužených úsecích budou umístěny vývody pro měření bludných proudů. Dokumentace ochrany proti účinkům bludných proudů bude předmětem dalších stupňů projektové dokumentace.

### Objekt zahrnuje:

- sekundární ostění tunelu;
- sekundární ostění rozvodny R2.

## 2.5 SO 605 - Přesypaný tunel a portál Žebětín

Přesypaný tunel tvořící příportálový úsek na straně Žebětín je navržen v délce cca 35,0 m (přibližné staničení km 1,147 50 – km 1,182 50). Kolej zde přechází z pravostranné přechodnice do přímé. Niveleta tunelu je shodná s niveletou koleje. Profil a konstrukce tunelu jsou shodné s přesypaným úsekem na straně Bystrc. V km 1,167 50 je navržena přesypaná rozvodna R1, která bude oddělená od dopravního prostoru tunelu zděnou příčkou a požárními dveřmi. Rozvodna bude mít tři místnosti (samostatné požární úseky) – vstupní chodba z tunelu a místnosti R1.1 a R1.2. Místnosti R1.1 a R1.2 budou nuceně separátně odvětrány do prostoru tunelu (D1018).

Portálová stěna je tvořena konstrukcí z vyztužené zeminy s lícem z ocelových sítí a skládaného kameniva. Sklon líce je 5:1. Po stranách tunelu jsou kolmo na portálovou stěnu umístěny zídky z gabionů – tyto zídky jsou součástí SO 220. Ve výšce cca 338,71 m.n.m je portálová stěna ukončena a navazuje na ni svah ve sklonu 1:2,3 s rovinou z lomového kamene s vklínováním. Zához bude nad portálovou stěnou půdorysně zakružen a ohraničen zábradlím / ochranou proti pádu a vstupu osob. Před portálovou stěnou se předpokládá rovnanina z lomového kamene s vyklynováním i na svazích navazujících na gabionové zídky před portálem. Na těchto svazích se nachází eskalátory a schodiště (SO 221). Na portále bude osazeno zařízení pro ochranu před nebezpečným dotykem.

### Objekt zahrnuje:

- přesypaný tunel tunelovou troubu včetně izolačního a ochranného systému;
- rozvodnu R1;
- terénní úpravy (přesypání tunelu, konstrukce portálu);
- rovnaninu z lomového kamene;



- odvodňovací prvky;
- zábradlí / ochranu proti pádu osob;
- ochranu před nebezpečným dotykem

## **2.6 SO 606 - Stavební jáma Žebětín**

Provizorní portál tunelu a zajištění stavební jámy je navrženo jako převrtávaná pilotová stěna v přibližném staničení km 1,146 50 – km 1,192 50. Pilotová stěna je na pravé straně tunelu odskočena tak, aby bylo možné zřídit rozvodnu R1 cca. v km 1,167 50. Výška odkopu v místě zarážky tunelu je cca. 16,00 m. Délka pilot postupně klesá dle terénních úprav. Stěny jsou kotveny max ve čtyřech úrovních. Dle podrobného IGP a hydrogeologického průzkumu bude navrženo odčerpání hladiny podzemní vody.

### **Objekt zahrnuje:**

- vícenásobně kotvenou převrtávanou pilotovou stěnu;
- terénní úpravy (odkopy).

## **2.7 SO 607 - Chodníky a stavební úpravy v tunelu**

Nouzové chodníky v tunelu budou vedeny po obou stranách profilu. Výška chodníku je proměnná dle převýšení koleje, šířka chodníku je min. 1,28 m. Povrch chodníků je tvořen monolitickým betonem s příčným sklonem 2,0 %. V prostoru pod chodníky jsou vedeny kabelové multikanály, na každé straně 2x9 otvorů. V pravém chodníku je veden suchovod DN 100 (viz SO 609). V chodnících jsou zřízeny šachty na drenáž a šachty na suchovod. Tyto šachty jsou umístěny v čistících výklencích (šachty na drenáž oboustranně, šachty na suchovod pouze v pravém chodníku).

V tunelu je zřízena pevná jízdní dráha (dále jen PJD) vždy v jednotném sklonu obou kolejí dle převýšení kolejí (tzv. kuželová PJD). Šířka vany pro PJD je cca 6,30 m, vana je opatřena elastomerovou pryžovou protihlukovou, resp. antivibrační rohoží. Po stranách jsou umístěny betonové žlaby pro odvod dešťové vody stékající z projíždějících tramvajových souprav. PJD je zapanelována mezi kolejnicemi jednotlivých kolejí a mezi kolejemi pro umožnění pojezdu kolových vozidel jednotek IZS.

### **Objekt zahrnuje:**

- konstrukci chodníků
- kabelové multikanály
- šachty (včetně poklopů) na drenáž
- šachty (včetně poklopů) na suchovod
- PJD
- antivibrační rohož
- panely pro pojezd vozidel IZS
- bezpečnostní značení v tunelu.



## 2.8 SO 608 - Odvodnění tunelu

Stavební objekt odvodnění tunelu řeší odvádění vod z prostoru tunelu. Tento stavební objekt je možno dále dělit dle druhu odváděných vod. Budou instalovány dva oddělené odvodňovací systémy. Jeden systém odvádí vody dešťové z povrchu chodníků a PJD tramvajové tratě, které stékají z projíždějících tramvajových souprav. Druhý systém odvádí vody drenážní z rubu ostění. Během výstavby bude výrub odvodňován pomocí stavební drenáže ve středu počvy.

### 2.8.1 Odvodnění PJD a chodníků v tunelu

Odvedení povrchových dešťových vod (resp. vody z tramvajových souprav) z tunelu je navrženo pomocí 2 podélných betonových žlabů šířky 210 mm. V příčném řezu jsou žlaby umístěny na krajích PJD vlevo a vpravo u obrub chodníků. Žlaby jsou vedeny v celé délce tunelu. V podélném směru kopíruje sklon žlabů sklon tramvajové trati. Žlaby jsou ukončeny na portálech tunelu vpustími DN 300 s litinovými mřížemi a kalovým prostorem. Kanalizačními přípojkami DN 150 je voda z vpustí zaústěna do projektovaných dešťových (jednotných) stok vedených v předportálových zpevněných plochách.

### 2.8.2 Drenážní odvodnění

Trvalé odvedení drenážních vod zachycených deštníkovou izolací tunelu je navrženo rubovými patními drenážemi DN 200. Rubová drenáž je navržena v celé délce tunelu. Drenáž je vyvedena před portály a zde ukončena drenážní revizní šachtou DN 1000. Odtud je kanalizačními přípojkami DN 150 zaústěna do projektovaných dešťových (jednotných) stok před portály.

Na drenážním potrubí v tunelu jsou navrženy čistící drenážní šachty DN600 ve vzdálenostech cca 50 m, které jsou umístěny ve výklencích tunelového ostění.

**Objekt (oba systémy) zahrnuje:**

- povrchové žlaby š. 210 mm ukončené vpustími;
- kanalizační přípojky vpustí včetně napojení na dešťové stoky;
- stavební drenáž včetně zrušení;
- trvalou rubovou patní drenáž tunelu a štol včetně drenážních šachet čistících a koncových;
- kanalizační přípojky drenážních šachet včetně napojení na dešťové stoky;
- lože pro drenáže a obsypy (obetonování) drenáží.

## 2.9 SO 609 - Požární suchovod v tunelu

Stavební objekt SO 609 – Požární suchovod zajišťuje zásobování tunelu požární vodou pro zásah HZS. Stavební objekt tvoří nezavodněné požární vodovodní potrubí (dále jen suchovod). Suchovod bude sloužit především pro požární účely (případně pro údržbu a čištění tunelu), není určen pro odběr pitné vody.

Systém suchovodu v tunelu je tvořen jednou samostatnou větví DN 100, která je uložena v chodníku v celé délce tunelu. Suchovod bude proveden z tvárné litiny DN100 s cementovou výstelkou a vnější těžkou PKO. Obetonování potrubí v chodníku

tunelu zabezpečí další dodatečnou ochranu. Dodané trouby a armatury budou v tlakové řadě PN16.

Po délce suchovodu jsou zřízeny odbočky v rozteči cca 50 m ukončené nápojnými bajonetovými koncovkami C52 s víčkem a uzavíracím ventilem. Tyto odbočky budou vytaženy do šachtiček ve výklencích tunelu. Šachtičky vč. poklopů jsou součástí SO 607.

Přípojná armatura suchovodu pro napouštění bude nadzemní a umístěná na vnější boční stěně PTO směrem k portálu tunelu.

Ukončení suchovodu se předpokládá vyvedením do prostoru chodby před rozvodnou R1 v tunelu u portálu Žebětín (západ), kde bude v nejvyšším místě zakončen automatickým odvodušňovacím ventilem.

Napouštění (zavodnění) suchovodu požární vodou a natlakování se předpokládá primárně vozidlem a čerpadly HZS. Bude rovněž možné přímé propojení nadzemního hydrantu a suchovodu při dostatečném tlaku v potrubí hydrantové přípojky (viz SO 610) – podle informace provozovatele BVK a.s. je tlak Hst 0,37 MPa, což z hlediska PBR nebude ovšem vyhovující. Tento hydrant bude umístěn přímo před objektem PTO v blízkosti napojovacího místa suchovodu. Vzhledem k jeho kapacitě  $Q_p = 12,5$  l/s nebude deklarován jako požární.

Hlavní zdroj požární vody pro vozidla HZS bude zajištěn nadzemní hydrantem DN100, který bude zřízen v rámci SO 366 při vjezdu k předportálové ploše. Hydrant bude napojen na vodovod DN300 potrubím DN200, což zajišťuje dostatečnou kapacitu  $Q_p = 25$  l/s dle ČSN 730873.

S ohledem na nezavodněné potrubí požárního suchovodu není nutné řešit opatření proti promrznutí v zimním období.

Vypouštění vody z potrubí po případném použití suchovodu bude přes výpustnou šachtu, která bude umístěna rovněž před objektem PTO. Vypouštění bude do dešťové kanalizace odvodňující TT.

#### **Objekt zahrnuje:**

- suchovod v tunelu včetně armatur a tvarovek; celková délka suchovodu TLT 100 cca 320 m;
- vypouštěcí šachtu a výpustné potrubí včetně armatur.

### **2.10 SO 610 - Přípojka požární vody k tunelu**

Stavební objekt SO 610 je tvořen vodovodním potrubím TLT 100, které je napojeno ve vodoměrné šachtě příslušící do SO 377 a tvoří propoj mezi touto vodoměrnou šachtou a PTO, kde je potrubí zakončeno nadzemním hydrantem. Z hydrantu bude možno napojit nezavodněné požární potrubí v tunelu, případně ho využít pro požární účely. Vzhledem ke kapacitě  $Q_p = 12,5$  l/s se ovšem nejedná o požární hydrant.

Z navrženého potrubí TLT 100 je rovněž provedena odbočka k sociálnímu zařízení PTO. HUV se předpokládá uvnitř objektu PTO, zajištěn proti zamrznutí.

Vodovodní litinové potrubí bude vedeno v zemi a bude ukládáno do rýhy do pískového lože tl. 100 mm.

Objekt zahrnuje:

- vodovodní potrubí TLT 100
- odbočku k sociálnímu zařízení PTO
- nadzemní hydrant u portálu.

## 2.11 SO 611 – Stavební elektroinstalace v tunelu

V rámci tohoto stavebního objektu budou řešeny elektrické rozvody stavební elektroinstalace v tramvajovém tunelu, které budou sloužit pro servisní účely a osvětlení podružných rozvodů.

V tunelu budou rozmístěny po cca 120 m servisní elektrické zásuvky jedno a třífázové v místě čistících výklenků. Zásuvky budou dále také v podružných rozvodnách na zdi. Zásuvky v tunelu budou umístěny na ostění v uzamykatelných zásuvkových skříních. Zásuvky budou napájeny z rozvodny v provozně technologickém objektu nebo z podružné rozvodny ze samostatně jištěných vývodů. Jištění zásuvek bude řešeno 16A a 32A jističi (jedno a třífázové). Zásuvky budou napájeny z nezálohovaného rozvodu napájení, tedy při výpadku napájení z el. sítě a přepnutí napájení na záložní zdroj UPS budou tyto zásuvky bez napětí.

Osvětlení podružných rozvodů v tramvajovém tunelu R1 a R2 bude řešeno pomocí svítidel umístěných na stropě rozvodny. Rozmístění a typy svítidel budou řešeny v dalším stupni projektové dokumentace v závislosti na rozmístění rozvaděčů. Provozní osvětlení bude napájeno z nezálohované sítě z rozvaděče v příslušné rozvodně. Nouzové osvětlení rozvodů bude napájeno ze záložního zdroje – budou použita svítidla s vlastním vestavěným bateriovým zdrojem.

Veškeré kabely vedeny v prostoru tunelu musejí svým provedením vyhovovat ČSN EN 60 332 – nesmějí po svém povrchu šířit plamen. Kabely budou vedeny v lištách na povrchu stěn a na nosných konstrukcích – roštích, lávkách.

## 2.12 SO 612 – Pomocná opatření při ražbě

Při ražbě kaloty v eluvii granodioritu (G typ 6) za přítomnosti vody může docházet k nestabilitě horní části výrubu. Pro omezení této nestability je možno zřídit mikropilotové deštníky nebo vytvořit deštník pomocí jehel v kombinaci s předstihovou zpevňující injektáží.

Pro stabilizaci čelby lze použít kombinaci nástřiku čelby SB a horizontální svorníky/jehly, taktéž v kombinaci se zpevňující injektáží.

V případě nestability počvy nebo dna kaloty (v místě tektonických zlomů, poruchových zón) je potřeba zřídit protiklenbu (pouze dle výsledků geomonitoringu během stavby).

Nadvýlomy budou sanovány pomocí svorníků a vyztuženého SB.

## 2.13 SO 613 - Provozně-technologický objekt

Objekt (dále též PTO) je umístěn vpravo vedle portálu Bystrc. Jedná se o obdélníkovou stavbu z monolitického železobetonu s půdorysným rozměrem 8,00 x 16,00 m. V objektu se nachází místnosti pro technologická zařízení, chodba, WC, nouzové pracoviště a skladovací prostory. Podlaha pod technologickými místnostmi je zdvojená. Budova je navržena jako částečně přesýpaná s výškou zásypu do cca. 4,00 m. Na

nezasypané ploše střechy budou umístěny jednotky klimazařízení, VZT a rovněž stožár pro přenos rádiového signálu. Viditelná fasáda objektu bude zateplená a omítnutá – barevný odstín a struktura omítky viz celkové architektonické řešení (B.10).

V rámci tohoto stavebního objektu budou řešeny jako stavební podobjekty v dalším projektovém stupni:

### **2.13.1 Statická část**

Bude obsahovat založení objektu a nosné konstrukce PTO.

### **2.13.2 Stavební část**

Bude obsahovat vnitřní nenosné příčky, podlahy, zdvojené podlahy, výplně otvorů, izolace proti vodě, drenáž okolo PTO, čistící šachtu a přípojku do kanalizace, úpravy stěn a stropů, prostupy pro instalace.

### **2.13.3 Stavební elektroinstalace**

V jednotlivých místnostech v PTO budou na stěnách umístěny zásuvky. Zásuvky budou napájeny z rozvodny nezálohovaného napájení v PTO ze samostatně jištěných vývodů. Jištění zásuvek bude řešeno 16A a 32A jističi (jedno a třífázové). Zásuvky budou napájeny z nezálohovaného rozvodu napájení, tedy při výpadku napájení el. sítě a přepnutí napájení na záložní zdroj UPS budou tyto zásuvky bez napětí.

Osvětlení místností v PTO bude řešeno pomocí svítidel umístěných na stropě místností. Rozmístění a typy svítidel budou řešeny v dalším stupni projektové dokumentace v závislosti na rozmístění technologických zařízení v místnostech. Provozní osvětlení bude napájeno z rozvodny nezálohovaného napájení v PTO. Nouzové osvětlení místností bude napájeno ze záložního zdroje – budou použita svítidla s vlastním vestavěným bateriovým zdrojem.

Kabely budou vedeny v lištách na povrchu stěn a na nosných konstrukcích – roštech, lávkách.

### **2.13.4 ZTI**

Bude obsahovat vnitřní rozvody teplé a studené vody, vnitřní svislé a vodorovné splaškové kanalizace.

### **2.13.5 Klimatizace, větrání a vytápění**

Ve všech místnostech PTO bude nutné zajistit přípustné a požadované prostředí – teplota, výměna vzduchu apod. VZT zařízení jsou součástí D1018.

#### **Předpokládané prostředí v PTO:**

1.01 Chodba – teplota v rozmezí +0°C až +30°C, větrání přirozené.

1.02 UPS – teplota v rozmezí +5°C až +25°C, větrání nucené.

1.03 Rozvodna NN – záložní napájení - teplota v rozmezí +5°C až +25°C, větrání přirozené.

1.04 Rozvodna NN – hlavní napájení - teplota v rozmezí +5°C až +25°C, větrání přirozené.

- 1.05 Řídicí systém – slaboproud - teplota v rozmezí +5°C až +25°C, větrání nucené.
  - 1.06 Nouzové pracoviště - teplota v rozmezí +5°C až +25°C s možností ruční regulace, větrání nucené.
  - 1.07 Sklad (prostorová rezerva) – prostředí suché bez požadavku na regulaci teploty.
  - 1.08 WC - teplota v rozmezí +5°C až +25°C, větrání nucené podtlakové.
- Podrobnější stanovení prostředí (nejen v PTO) bude obsahem protokolu o stanovení prostředí v dalším stupni dokumentace.

### 2.13.6 MaR

Instalované systémy MaR zajistí požadované prostředí ve všech místnostech PTO – ovládání klimatizace, vytápění a VZT zařízení v PTO.

## 3. Monitoring

Ražba tunelu se předpokládá tzv. observační metodou, jejíž nedělitelnou součástí musí být monitoring účinků ražby. Účelem monitoringu je optimalizace pracovních postupů během stavby v rámci observační metody, objektivní stanovení rozsahu poškození nadzemních a podzemních objektů v zóně ohrožení nebo případné odmítnutí požadavků na náhradu škody, která nebyla stavbou způsobena.

Monitoring, někdy též nazývaný geotechnický monitoring nebo geomonitoring lze rozdělit na následující zásadní oblasti:

- měření v podzemí;
- měření na povrchu;
- sledování indukovaných účinků ražby – vliv na Hpv, sedání a případné poškození budov, deformace a poruchy inženýrských sítí .

Z hlediska časového rozlišení se monitoring zpravidla dělí na:

- premonitoring (pasportizace ohrožených objektů na povrchu a v podzemí, pasportizace vodních zdrojů, zeleně apod. v době nejdříve 6 měsíců před začátkem stavby, u vodních zdrojů a zeleně pak nejméně jeden rok před zahájením stavby), výstupem jsou pak nulová měření a výchozí stavebně technické stavy sledovaných objektů, ke kterým se pak vztahují následná měření během stavby a po stavbě;
- monitoring během výstavby - je vhodné prodloužit všechna měření a sledování i několik měsíců po ukončení stavby, aby mohly všechny deformace a účinky tzv. „doznít“;
- postmonitoring - sledování a měření vybraných instalovaných systémů obvykle po dobu záruky.

Účelem všech měření je získat v reálném čase všechny dostupné informace o účincích ražby a reagovat na tyto výsledky úpravou technologie ražby tak, aby výstavba tunelu byla bezpečná a přitom ekonomická. Současně je možné efektivně a operativně řešit případné vzniklé škody v zóně ohrožení.

Zhotovitel monitoringu by měla být na zhotoviteli stavby tunelu nezávislá právnická nebo fyzická osoba s příslušnými oprávněními a zkušenostmi.

Všechna měření a sledování musí být k dispozici všem účastníkům stavby neprodleně k dispozici, aby mohli okamžitě reagovat. Doporučuje se vhodná webová aplikace. Pro vyhodnocování měření a sledování se obvykle ustanoví tzv. Rada monitoringu (RAMO), v níž má mít zastoupení investor, zhotovitel stavby, projektant, zpracovatelé měření a sledování a případně též nezávislý expert / specialista pracující přímo pro investora.

### 3.1 Měření v podzemí

Pro ražený tramvajový tunel Kamechy s relativně velmi nízkým nadložím se předpokládá nasazení standardních metod:

- měření konvergencí (okamžité přetvoření výrubu a primárního ostění);
- geologický a geotechnický sled čeleb a průběžné zatřídění do technologických tříd výrubu;
- hydromonitoring (měření a sledování odtoku podzemní vody a současný monitoring vodních zdrojů v okolí stavby, pokud zde nějaké jsou, v rámci inventarizace nebyly žádné vodní zdroje v okolí tunelu zjištěny).

Další používané metody měření v podzemí, jako inklinometry, extenzometry tlakoměrné vaky dodatečná měření ve vrtech apod. u tohoto tunelu nejsou efektivní a nebude třeba je navrhovat.

### 3.2 Měření na povrchu

Předpokládají se geodetická měření (smysluplná pro tunel Kamechy):

- poklesová kotlina (nivelace příčných profilů nad raženou částí tunelu v dosahu předpokládané poklesové kotliny, vždy minimálně pět nivelačních bodů na terénu);
- poklesy budov a povrchových objektů (nivelace);
- náklony nadzemních objektů (instalované náklonoměry na ohrožených budovách, resp. v zóně ovlivnění);
- nivelační měření přístupných kanalizačních šachet (nivelace dna šachet).

### 3.3 Sledování indukovaných účinků ražby

Předpokládají se následující sledování:

- pravidelné prohlídky nadzemních a podzemních staveb se záznamem všech poškození a porovnáním s výchozím stavem dle pasportů;
- seismická měření na objektu Teyschlova (seismograf s kontinuálním odečítáním a nastaveným pro danou stavbu a dle hygienických předpisů přípustným limitem);
- hluková měření u obytné zástavby (ul. Teyschlova, obytné domy u portálu Žebětín);
- sledování stavu hladiny vody ve stávajících studních (pokud nějaké v okolí jsou).



### 3.4 Monitoring – resumé

Součástí dokumentace DUR je i příloha F.2.1.5 Inventarizace objektů v zóně ovlivnění, kde jsou specifikovány předpokládané sledované nadzemní objekty a jejich základní data. Seznam bude v dalším stupni projektu precizován jako obsah pasportizace.

V dalším stupni projektu bude zpracován samostatný projekt monitoringu s konkrétními specifikacemi všech měření a sledování včetně počtů a časových intervalů, bude obsahovat způsob vyhodnocování naměřených dat, statut RAMO a bude stanovat kritéria varovných stavů. Obvykle se stanovují kritéria, vycházející z projektu a statických výpočtů, pro následující varovné stavy:

- 1) stav přípustných změn (nejdou nutná žádná opatření, běžný režim stavebních činností);
- 2) stav zvýšené ostražitosti (nejdou nutná žádná okamžitá opatření, pouze pohotovost k provedení doporučených opatření, zvláštní režim na stavbě);
- 3) předhavarijní stav (jsou nutná okamžitá opatření ze strany stavby, mimořádný režim na stavbě);
- 4) havarijní stav (zastavení stavby, okamžité řešení a odstraňování škod, neprodlená implementace havarijního plánu stavby).

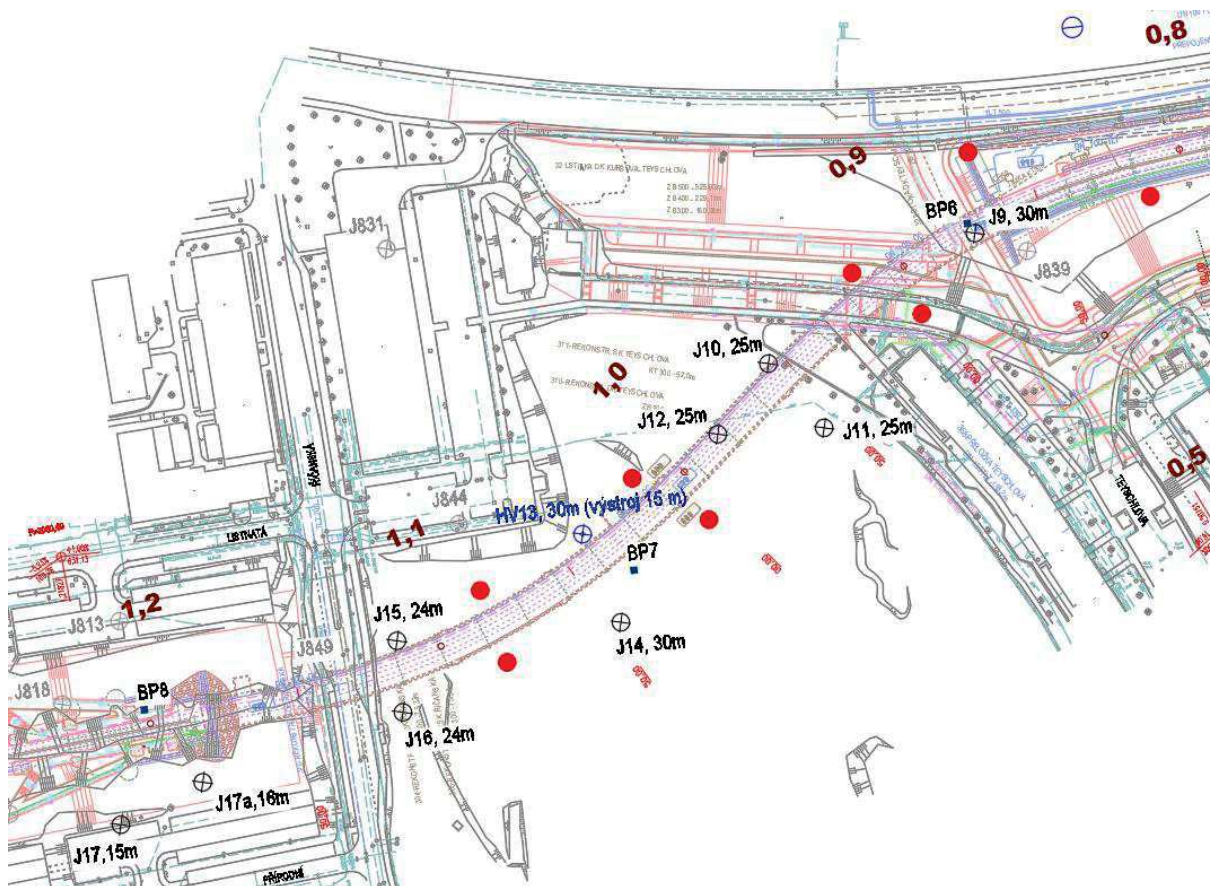
## 4. Doporučení pro podrobný geotechnický průzkum

Projektant důrazně doporučuje provést podrobný GT průzkum v lokalitě tunelu. Podle předběžného IGP průzkumu se v trase tunelu nachází několik výrazných tektonických zlomů s náhlou změnou geologie a krátké úseky, na kterých se výrazně změnila výška hladiny podzemní vody.

Jak pro ražbu, tak pro zhotovení stavebních jam pro výstavbu přesýpaných částí tunelu je potřeba upřesnit polohu a popis tektonických a poruchových pásem a zanést jejich průběhy nejen do podélného profilu, ale i do příčných řezů v trase tunelu. Za tímto účelem projektant doporučuje provedení dalších průzkumných vrtů v okolí tunelu (umístění viz obr. 1), pokud možno s odběrem vrtného jádra – v návaznosti provedení zkoušek mechaniky zemin a hornin (určení smykových a deformačních parametrů, pevností). Dle předběžného IGP je výrazný rozdíl pevnosti skalních a poloskalních hornin v závislosti na nasycení vodou, bylo by tedy vhodné určit hodnotu nasycení v přiloženém uložení a k ní odpovídající pevnost.

Podrobný GT průzkum by měl také blíže specifikovat režim oběhu podzemních vod, případně vytipovat místa výskytu lokálních depresí rozhraní méně a více zvětralého brněnského masívu, kde se předpokládá výskyt většího množství vody (lokální zvodně). Stávající hydrogeologické vrty a studny v okolí plánované tramvajové trasy by měly být v dostatečném předstihu před započítím stavby monitorovány.





Obrázek 1 Doporučení pro podrobný GT průzkum (PoGTP) – nově navržené jádrové vrtý ●

V Brně, duben 2022

Vypracovali: Ing. Veronika Kočíčková

Ing. Marek Machovec

Kontrola: Ing. Vlastimil Horák