

# PRŮZKUMNÁ ŠTOLA MALEŠICKÉHO TUNELU

Michal Hnilička

Mott MacDonald CZ, spol. s r.o., Prague, Czech Republic

Aleš Veverka

Mott MacDonald CZ, spol. s r.o., Prague, Czech Republic

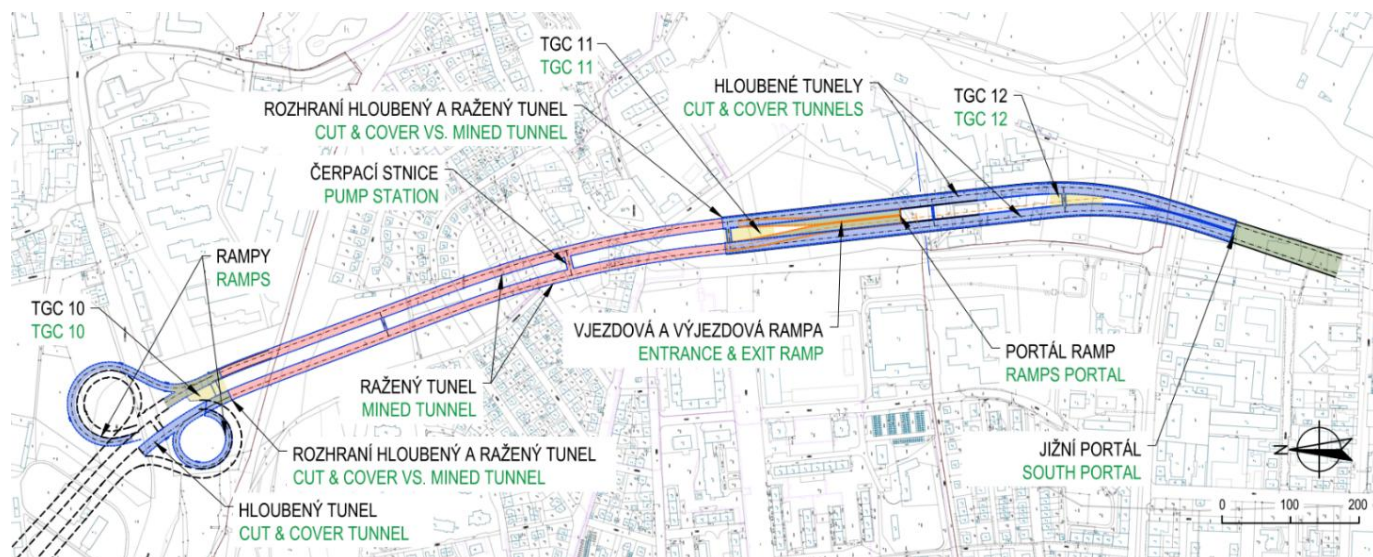
**ABSTRAKT:** Silniční tunel Malešický je součástí zbývajících zatím nerealizované severovýchodní části Městského okruhu (MO) v Praze, stavby MO č. 0094 v úseku Balabenka – Štěrboholská radiála (křižovatka Rybníčky). Článek navazuje na příspěvek z minulé konference, který představil technické řešení samotného tunelu, ale zaměří se na navržený podrobný inženýrskogeologický průzkum ve formě 450 metrů dlouhé průzkumné štoly. Z důvodu omezeného prostoru uprostřed městské zástavby nad tunelem bude přístup do průzkumné štoly řešen 19,2 m hlubokou šachtou s přilehlým velmi stísněným zařízením staveniště.

## 1. ÚVOD

Tunel Malešický je součástí Souboru staveb Městského okruhu a Libeňské spojky. Tento soubor tvoří asi 30 % Městského okruhu a jeho dokončením bude okruh kompletní. Stavby společně tvoří rozsáhlý tunelový komplex propojených a samostatně provozovatelných tunelových úseků. Tunel Malešický je součástí dílčí stavby Městského okruhu v Praze č. 0094 v úseku Balabenka – Rybníčky připravované sdružením firem SATRA spol. s r.o. a Mott MacDonald CZ, spol. s r.o.

Tunelový úsek prochází územím ze severu od Českobrodské ulice v katastrálním území Hrdlořezy na jih po Černokosteleckou ulici v katastrálním území Malešice a Strašnice. Především oblast Malešic a Strašnic je silně urbanizovaná, a to jak obytnou zástavbou v okolí Malešického náměstí, tak zástavbou průmyslového charakteru spolu s celou řadou významných páteřních inženýrských sítí. V ulici Černokostelecká je navíc vedena i tramvajová trať k ústředním dílnám Dopravního podniku, kde nejsou možné delší výluky provozu.

Od severu Malešický tunel navazuje na tunel Jarovský v místě MÚK Českobrodská, jižní portál tunelu je umístěn cca 100 m jižně za křížením s ulicí Černokostelecká. Celková délka tunelových trub je 1660 m, resp. 1599 m. Výška průjezdného profilu tunelu hlavní trasy je 4,5 m, kategorie T-11,5 m v šířkovém uspořádání s třemi pruhy šířky 3,5 m, vodíci pružky 0,5 + 0,5 m a chodníky šířky 1,0 m. Část tunelů hlavní trasy je navržena jako ražené, zbytek pak včetně nájezdových a výjezdových ramp je pak navržen jako hloubený, viz obrázek 1. Ražené tunely budou budovány konvenční tunelovací metodou NRTM. Zahájení ražeb se předpokládá z jižního portálu, odkud bude ražba probíhat dovrchně. Příčný profil raženého tunelu je navržen se spodní klenbou, členěný horizontálně na kalotu, opěří a dno. Maximální výška nadloží je až 29,2 m.



Obrázek 1: Schéma Malešického tunelu

## **2. GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM**

### **2.1 FÁZE PŘEDBĚŽNÉHO GEOTECHNICKÉHO PRŮZKUMU**

V rámci předběžného průzkumu (SGG-PUDIS soubor staveb MO 11/2021) byly realizovány inženýrskogeologické jádrové vrty, z nichž byly získávány vzorky na laboratorní zkoušky. Ve vrtech následně probíhalo karotážní měření a deformační zkoušky horninového masivu. Vybrané vrty byly hydrogeologicky vystrojeny a využity k ověření hydraulických parametrů masivu. Následně budou hydrogeologické vrty sloužit i ke sledování kolísání hladiny podzemní vody a její kvality v dlouhodobém časovém horizontu. Nedílnou součástí průzkumu bylo i pozemní geofyzikální měření metodami mělké refrakční seismiky a elektrické odporové tomografie.

### **2.2 FÁZE PODROBNÉHO GEOTECHNICKÉHO PRŮZKUMU**

S ohledem na velmi složité geotechnické poměry v trase raženého úseku tunelu Malešický potvrzené dílčími závěry předběžného GTP (četná tektonická porušení masivu, zastížená náplavová deprese v oblasti jižního raženého portálu, ražba pod četnou historickou zástavbou starých Malešic a v blízkosti Malešického zámku), bylo rozhodnuto o provedení průzkumné štoly. Ta bude s ohledem na stratigrafickou skladbu území, morfologii terénu a výše zmíněné územní poměry situována do jižní části západního tunelového tubusu MO-B. Ve štole bude ověřena geologická stavba, vlastnosti hornin, jejich stupeň zvětrání i rozvolnění, charakter diskontinuit, míra tektonického porušení, geotechnické parametry horninového masivu, technologické vlastnosti zastížených hornin, velikost přítoků podzemní vody atd. Kromě toho bude nutné věnovat pozornost ověření a upřesnění plošného a hloubkového rozsahu výskytu zemin kvartérního pokryvu a zvětralinových zón horninového masivu. Dále bude třeba upřesnit hydrogeologické poměry v širším území, zjistit úroveň hladiny podzemní vody, její kolísání v čase, hlavní směry proudění podzemní vody i vydatnost jednotlivých zvodní. Z výsledků bude stanovena velikost očekávaných přítoků a současně bude zhodnocen vliv stavby na přirozený hydrogeologický režim v oblasti.

## **3. INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÉ POMĚRY**

Inženýrskogeologické poměry v trase tunelu byly zjišťovány v rámci předběžného GTP pro připravovanou stavbu (SGG-PUDIS soubor staveb MO 11/2021). V trase raženého tunelu jsou očekávány od severu letenské břidlice, v oblasti starých Malešic vinické břidlice a při jižním portálu i břidlice zahořanské. Hloubená část tunelu pak bude realizována v prachovitých zahořanských břidlicích a při ulici Černokostelecké i v jílovitých břidlicích bohdaleckých. Letenské břidlice byly dokumentovány z velké části v monotónním vývoji prachovitých břidlic, pouze v centrální části Malešického hřbetu i v typickém flyšovém vývoji se střídáním prachovců, břidlic a drob.

Ražená část bude prováděna v relativně pevnějších a obecně, v rámci pražské geologie, i kvalitativně lepších z pražských břidlic. Jejich geotechnické parametry jsou však lokálně významně snižovány intenzivními projevy tektoniky. Na její identifikaci a hodnocení bude zaměřena fáze podrobného průzkumu připravovaného s využitím průzkumné štoly.

Celá stavba bude realizována pod úrovní hladiny podzemní vody. Pro zachycení přirozeného stavu a výkyvů hladin v závislosti na srážkových úhrnech je realizován dlouhodobý monitoring hladiny podzemních vod ve vybraných hydrogeologických vrtech a studnách

## **4. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ**

### **4.1 ZÁKLADNÍ PARAMETRY PRŮZKUMNÉ ŠTOLY**

Pro provedení podrobného inženýrsko-geologického průzkumu prostoru ražby tunelu byla navržena průzkumná štola v celkové délce cca 450 m.

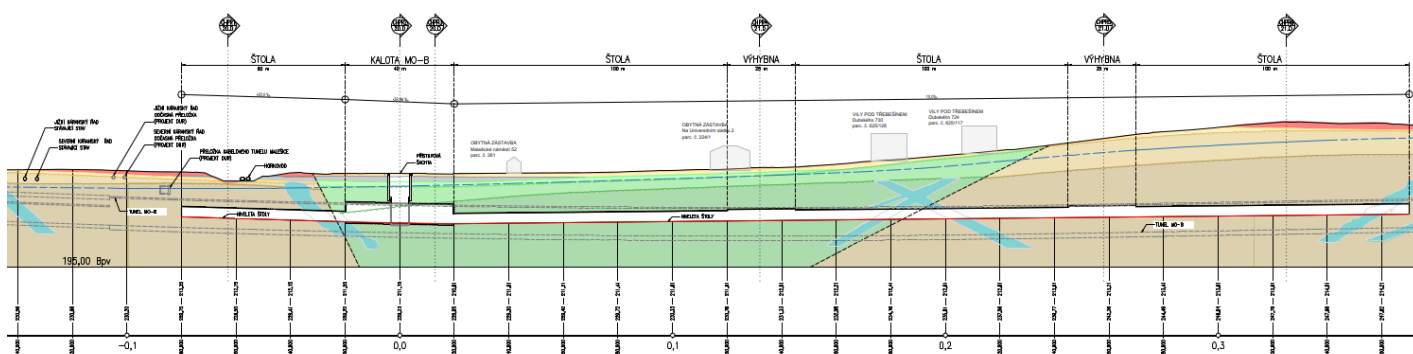
Přístup do úrovně ražby samotného průzkumného díla bude zajišťovat šachta hloubky 19,2 m. Umístění šachty vychází z omezených podmínek pro zábor území pro zařízení staveniště se všemi technologiemi nutnými pro zajištění ražby průzkumné štoly.

Ze šachty pak bude v prostoru kaloty tunelu MO-B ražena samotná průzkumná štola jižním i severním směrem. Na šachtu bude přímo navazovat ražba rozšířená na celý profil kaloty MO-B v délce 40 m. Vznikne zde prostor pro dočasné deponování rubaniny a přeložení na vertikální dopravu na povrch. Zároveň je zde možné odstavit stavební mechanismy a uložit stavební materiály.

Z prostoru kaloty bude směrem na jih pokračovat ražba štoly v délce 60 m do blízkosti jižního raženého portálu budoucích tunelů MO. Směrem na sever je navržena ražba o celkové délce 350 m s 2 výhybnami délky 25 m každých 100 m ražby. Výhybny jsou v podélném směru rozmístěny na základě výsledků předběžného geologického průzkumu mimo oblasti zvýšené četnosti tektonického porušení. V průběhu výstavby bude jejich pozice ověřena pomocí předvrtů a umístění případně přizpůsobeno zastíženým geologickým podmínkám.

## 4.2 SMĚROVÉ A SKLONOVÉ POMĚRY

Směrové řešení štoly vychází z budoucí trasy tunelové trouby MO-B. Sklonové poměry přímo kopírují výškové vedení trasy tunelu MO-B pouze v prostoru samotné kaloty, viz obrázek 2. Ostatní části štoly procházejí prostorem kaloty budoucího tunelu MO-B, ale jsou v jednotném sklonu – směrem na jih v podélném sklonu 3 % a směrem na sever ve sklonu 1 %. V obou případech je sklon směrem do kaloty MO-B, takže ražba štoly bude v obou směrech dovrchní. Počátek staničení průzkumného díla (00,0 m) je umístěn v patě šachty a vede směrem na sever k hodnotě +370,0 m. Směrem na jih je staničení díla záporné s koncem štoly ve staničení -80,0 m.



Obrázek 2: Podélný řez průzkumného díla

## 4.3 ODVODNĚNÍ PŘI VÝSTAVBĚ

Sklonové poměry celého díla zajišťují odvodnění jižní i severní části průzkumného díla do prostoru kaloty MO-B. Zde pak bude v nejnižším místě umístěna akumuláční a čerpací jímka, ze které bude voda čerpána na povrch výtlačným potrubím umístěným v šachtě. Na povrchu v prostoru zařízení staveniště bude prováděna úprava vody a následně bude voda vypouštěna do kanalizace.

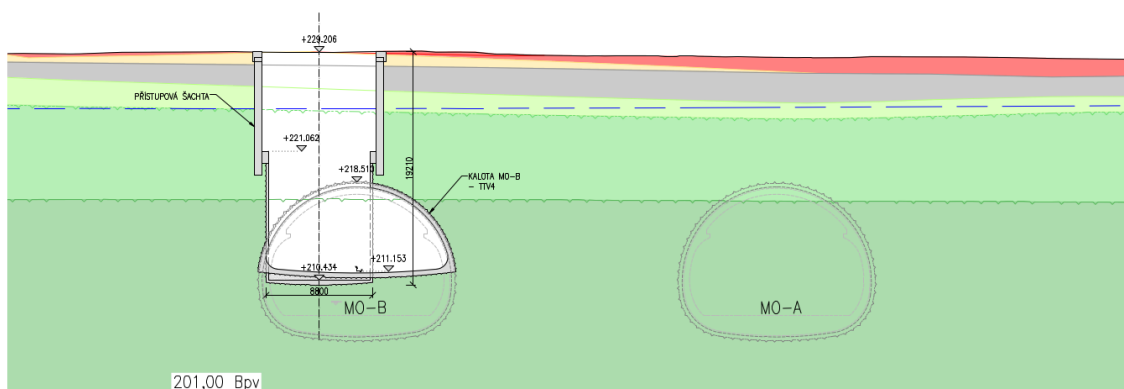
## 4.4 PŘÍSTUPOVÁ ŠACHTA

Šachta slouží pro vertikální přístup do prostoru průzkumné štoly, viz obrázek 3. V polohách navážek, kvartérních pokryvů a silně až zcela zvětralých břidlic Vinického souvrství je zajištění šachty navrženo z převrtávaných pilot délky 9,7 m. Vrtání pilot bude ukončeno těsně nad místem křížení šachty s kalotou MO-B proto, aby bylo vlastní křížení realizováno ve stříkaném betonu. Zajištění šachty je navrženo z celkem 62 ks pilot  $\varnothing$  630 mm v osové vzdálenosti 510 mm. Piloty budou provedeny vystřídáně, tj. 31 ks nevyztužených a 31 ks vyztužených pilot. Piloty budou pro větší stabilitu svázané pomocí železobetonového ztužujícího věnce o rozměrech 0,8 x 0,8 m a následně po odtěžení do úrovně 1 m nad patou budou piloty svázané spodní převázkou o průřezu 0,5 x 0,5 m.

Po vyhloubení šachty pod ochranou převrtávaných pilot a realizaci ztužující převázky bude výstavba šachty pokračovat ražbou metodou NRTM. Komplikované křížení šachty a kaloty MO-B bude realizováno pomocí zajištění horninového masivu stříkaný betonem. Ražba šachty o průměru 8,4 m a ploše výrubu 60,82 m<sup>2</sup> bude probíhat v technologické třídě výrubu (TTV) 3. Tato technologická třída je navržena do prostředí zvětralých až zdravých vinických břidlic v místě křížení šachty s kalotou MO-B.

Před zahájením ražby kaloty MO-B bude ze šachty proveden mikropilotový deštník nad budoucím profilem ražby. Mikropilotový deštník bude provedený po obvodu mikropilotami v rozteči cca 350 mm,

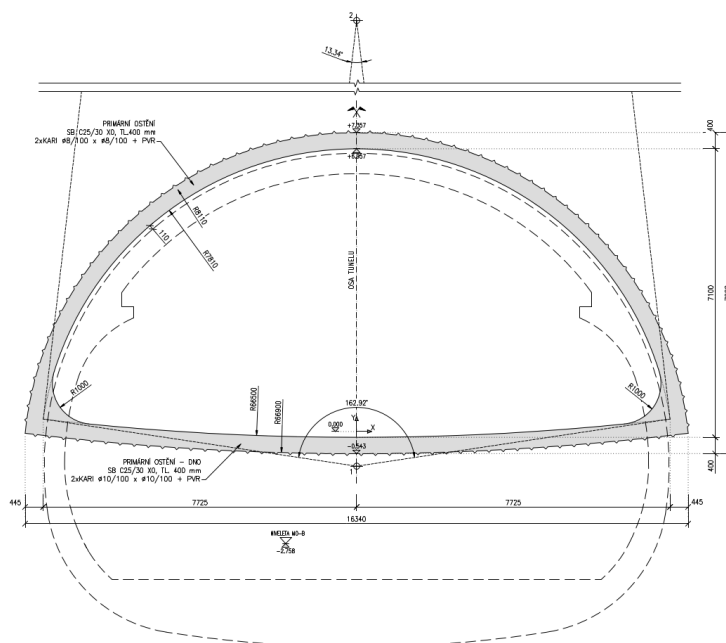
kteřé budou vzájemně spojeny betonovou převázkou tloušťky 0,2 m vyztuženou 2x svařovanou sítí 6/100x6/100. Mikropiloty budou provedeny ve dvou délkách a jejich vrtání bude realizováno ve sklonu -3 až 20° od vodorovné roviny tak, aby mikropiloty nezasahovaly do profilu budoucí kaloty MO-B.



Obrázek 3: Příčný řez s geologií v místě přístupové šachty

#### 4.5 KALOTA MO-B

Příčný profil odpovídá příčnému profilu kaloty budoucího třípruhového tunelu MO-B, viz obrázek 4. Příčný řez kaloty je nadvýšen o 110 mm, neboť po doražení na plný profil bude součástí primárního ostění MO-B třípruhového tunelu, do kterého bude následně provedeno hydroizolační souvrství a sekundární ostění. Kalota MO-B má výšku výrubu cca 7,9 m, šířku cca 16,3 m a plocha výrubu je 98,05 m<sup>2</sup>. Pro její ražbu jsou navrženy dvě technologické třídy výrubu: TTV 4 navržená do prostředí převážně zdravých břidlic Vinického souvrství s výskytem zvětralých poloh v horní části výrubu a TTV 5, která je navržena do prostředí navětralých až zdravých břidlic v místě předpokládaného výrazného tektonického porušení v oblasti rozhraní Vinického a Zahořanského geologického souvrství.

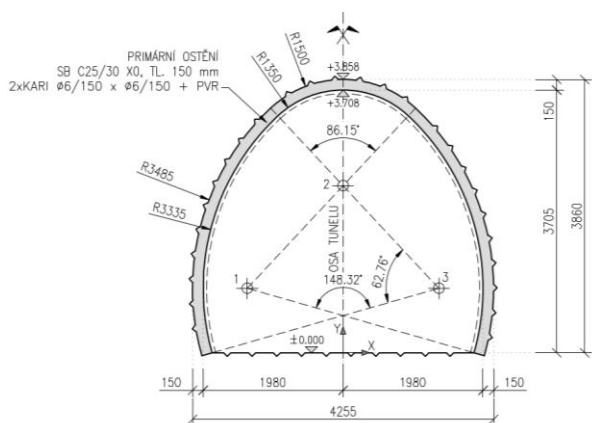


Obrázek 4: Příčný řez kaloty budoucího třípruhového tunelu MO-B

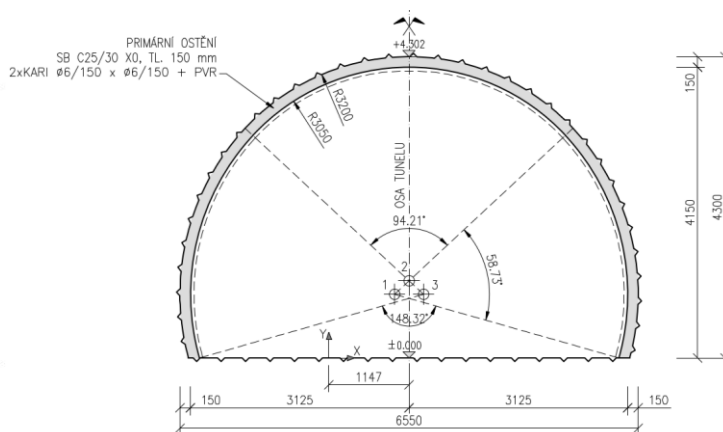
Rozrážka kaloty z prostoru šachty bude řešena postupným rozšiřováním výrubu v každém kroku (celkem v osmi krocích) až do dosažení plného profilu kaloty. Tento částečný výrub bude zajištěn standardním primárním ostěním v části finální kaloty, ale rozšiřující se část, která bude v dalším postupu přeražena, bude zajištěna primárním ostěním ze stříkaného betonu tloušťky 200 mm, vyztuženým svařovanou sítí 8/100x8/100 a doplněné radiálními kotvami délky 4 m v rastru 1,5 m. Nejdříve bude rozšíření vyraženo severním i jižním směrem a po dosažení konce ražby kaloty bude zpětnou ražbou přeražena střední část kaloty MO-B včetně primárního ostění šachty zasahujícího do prostoru kaloty.

## 4.6 ŠTOLA A VÝHYBNY

Profil štolý je navržen pro pohyb malé mechanizace o výšce výrubu cca 3,9 m a šířce výrubu cca 4,3 m s plochou výrubu 13,9 m<sup>2</sup>, viz obrázek 5. Za účelem vyhýbání mechanizace je po každých 100 m štolý navržena výhybna. Profil výhybny je navržen jako jednostranné rozšíření profilu štolý s výškou cca 4,3 m, šířkou 6,6 m a plochou výrubu 23,9 m<sup>2</sup>, viz obrázek 6. Součástí profilu štolý i výhybny je nadvýšení pro stavební tolerance 50 mm, profil se jinak nenadvyšuje, protože zde není aplikováno hydroizolační souvrství a sekundární ostění.



Obrázek 5: Příčný řez štolý



Obrázek 6: Příčný řez výhybny

Ražba štolý i výhybny je navržena ve dvou technologických třídách výrubu TTV 3 a TTV 4, které jsou obě vzhledem k velikosti výrubu navrženy bez dalšího členění. TTV 3 je navržena do prostředí navětralých až zdravých břidlic Vinických a Zahořanských souvrství bez výrazného tektonického porušení. TTV 4 je pak navržena do prostředí navětralých až zdravých břidlic Zahořanského souvrství v místě předpokládaného výrazného tektonického porušení v oblasti rozhraní Vinického a Zahořanského souvrství a zároveň do prostředí navětralých až zdravých břidlic Letenského souvrství, u kterého je v celé zastižené délce predikováno výrazné tektonické porušení masivu. Přehled všech profilů a TTV viz tabulka 1.

Tabulka 1: Přehled TTV

Profil	TTV	Primární ostění	Kotvení	Předháněná výztuž	Krok [m]
<b>Štola</b>	TTV 3	SB 150 mm + 2x síť 6/150	Radiální svorníky dl. 3 m, á 1,5 m	Jehly á 350 mm, dl. 3 m (dle potřeby)	1,5 - 2,0
<b>Štola</b>	TTV 4	SB 200 mm + 2x síť 6/100	Radiální svorníky dl. 3 m, á 1,2 m	Jehly á 350 mm, dl. 3 m	1,2 - 1,5
<b>Výhybna</b>	TTV 3	SB 150 mm + 2x síť 6/150	Radiální svorníky dl. 3 m, á 1,5 m	Jehly á 350 mm, dl. 3 m (dle potřeby)	1,5 - 2,0
<b>Výhybna</b>	TTV 4	SB 200 mm + 2x síť 6/100	Radiální svorníky dl. 3 m, á 1,2 m	Jehly á 350 mm, dl. 3 m	1,2 - 1,5
<b>Kalota MO-B</b>	TTV 4	SB 400 mm + 2x síť 8/100, dno 2x síť 10/100	Radiální svorníky dl. 6 m, á 1,5 m	Jehly á 350 mm, dl. 4 m (dle potřeby)	1,0 - 1,2
<b>Kalota MO-B</b>	TTV 5	SB 400 mm + 2x síť 8/100, dno 2x síť 10/100	Radiální svorníky dl. 6 m, á 1,2 m	Jehly á 350 mm, dl. 4 m, čelbové kotvy dl. 6 + čelba SB 100 mm	0,8 - 1,0
<b>Šachta</b>	TTV 3	SB 200 mm + 2x síť 6/100	radiální svorníky dl. 4 m, á 1,5 m	-	2,0 - 3,0

V místě předpokládaného umístění výhybny bude před zahájením jeho ražby proveden horizontální vrt, který ověří geologické podmínky a na základě těchto informací bude rozhodnuto o definitivním umístění výhybny. Tento průzkumný vrt je vykázán v průzkumné části této dokumentace.

Zahájení ražby výhybny bude probíhat postupným jednostranným rozšířením ražby profilu štolý. Toto rozšíření bude zajištěno stříkaným betonem a radiálními kotvami dle příslušné TTV.

## 5. ZAŘÍZENÍ STAVENIŠTĚ

### 5.1 POPIS ZAŘÍZENÍ STAVENIŠTĚ

Zařízení staveniště poskytuje technické zázemí pro realizaci průzkumných prací. Nachází se v městské části Praha – Malešice v zeleném trojúhelníku, který je tvořený ulicemi Dřevčická (z východní strany), ulicí Malešická (se severní strany) a jednosměrnou bezejmennou komunikací spojující ulice Malešická a Dřevčická, která je v současné době využívána zejména jako parkovací plocha, viz obrázek 7.

Součástí zařízení staveniště bude sociální a administrativní objekt, havarijní a bezpečnostní sklad, vodovodní přípojka, přípojka kanalizace, přípojka VN 22 kV, trafostanice, staveništní rozvody NN a osvětlení staveniště, odlučovač lehkých kapalin, sedimentační nádrž, staveništní rozvody kanalizace a staveništní rozvody vody. Sklad trhavin není navržen a předpokládá se dovoz trhavin pro denní potřebu z centrálního skladu.



Obrázek 7: Zařízení staveniště - širší vztahy

### 5.2 STAVENIŠTNÍ DOPRAVA

Zařízení staveniště je koncipované jako „jednosměrné“ s vjezdem ze severní strany z ulice Malešická a výjezdem z jižní strany do ulice Dřevčická. K průjezdu stavenišťem slouží stávající západní větev části ulice Dřevčická v délce cca 70 m.

Stěžejním provozem je postup při odvozu rubaniny při ražbě štol. Rubanina z ražby štol bude v podzemí odvážena z čelby ražby do prostoru přístupové šachty pomocí demprů nebo čelních kolových nakladačů. V prostoru přístupové šachty se rubanina přeloží do kontejneru, který bude zavěšen na jeřábu a vyzdvihne se na povrch, kde se vyklopí z kontejneru do prostoru skládky rubaniny. Odsud bude rubanina pomocí nakladače nebo rypadla naložena na nákladní automobil a odvážena ze staveniště v jeho jižní části (nepředpokládá se couvání nebo otáčení nákladního vozu) a bude pokračovat po veřejné komunikaci na skládku. U výjezdu z plochy staveniště je navržena mycí plocha pro případný oplach vozidel od znečištění zeminou nebo rubaninou.

## 6. ZAKONZERVOVÁNÍ DÍLA

Po dokončení podrobného průzkumu je předpoklad, že bude průzkumné dílo zakonzervováno. Bude zajištěna stabilita celého průzkumného díla a jeho znepřístupnění až do zahájení prací na MO č. 0094. Zároveň bude provedena redukce zařízení staveniště pro režim provozu a údržby průzkumné štol, aby mohlo dojít k obnově povrchových komunikací v maximálním možném rozsahu.

Na zařízení musí být zachována technologie a rozvody větrání pro zajištění bezpečného vstupu osob do podzemí z důvodu kontroly díla. Může dojít ke snížení výkonu větrání za předpokladu, že bude před vstupem osob do díla zaručena kompletní výměna vzduchu v celém díle.

Samotné průzkumné dílo pak bude pravidelně kontrolováno z pohledu jeho stability a životnosti. Pokud nedojde k výstavbě MO č. 0094 do dvou let od dokončení štoly, bude nutné provést posouzení statického stavu ostění všech částí díla, protože se jedná o dočasné konstrukce.

Vzhledem k tomu, že takto zakonzervované dílo vyžaduje pravidelné náklady na údržbu, je možné přistoupit k likvidaci celého průzkumného díla. Likvidace se provede zaplněním celého díla až do úrovně 2 m pod stávajícím terénem popílkobetonovým stabilizátem aplikovaným po vrstvách 0,3 – 0,5 m a bude zainjektována staveništní drenáž. Následně dojde k odbourání povrchových částí štoly do hloubky 2 m pod terénem, bude proveden zpětný zásyp zbylého prostoru a povrchové plochy budou uvedeny do původního stavu.

## **7. ZÁVĚR**

Realizace průzkumné štoly bude dalším malým, ale významným krokem směřujícím k dokončení celého souboru staveb Městského okruhu Prahy. Hlavní město se konečně dočká kompletního vnitřního silničního okruhu, který výrazně přispěje ke zjednodušení dopravy ve městě, a především ke zklidnění povrchové dopravy.

## **LITERATURA**

SGG-PUDIS soubor staveb MO, Předběžný geotechnický průzkum Soubor staveb č. 0081 Pelc/Tyrolka – Balabenka, č.0094 MO Balabenka – Štěrboholská radiála a č. 8313 Libeňská spojka, 11/2021

Společnost SATRA – MMD – Městský okruh, DÚR, stavba MO č. 0094 v úseku Balabenka – Rybníčky, 09/2022

Společnost SATRA – MMD – Městský okruh, projekt GP, F.1.7 Projekt podrobného GTP, 09/2023

**Titul, jméno, příjmení autora: Ing. Michal Hnilička**

**Pracoviště: Mott MacDonald CZ, spol. s r.o.**

**E-mail adresa: [michal.hnilicka@mottmac.com](mailto:michal.hnilicka@mottmac.com)**

**Titul, jméno, příjmení autora: Ing. Aleš Veverka**

**Pracoviště: Mott MacDonald CZ, spol. s r.o.**

**E-mail adresa: [ales.veverka@mottmac.com](mailto:ales.veverka@mottmac.com)**