

PRŮZKUMNÁ ŠTOLA JAROVSKÉHO TUNELU MĚSTSKÉHO OKRUHU V PRAZE

P. Bureš & L. Grünwald

SATRA s.r.o., Prague, Czech Republic

J. Rout

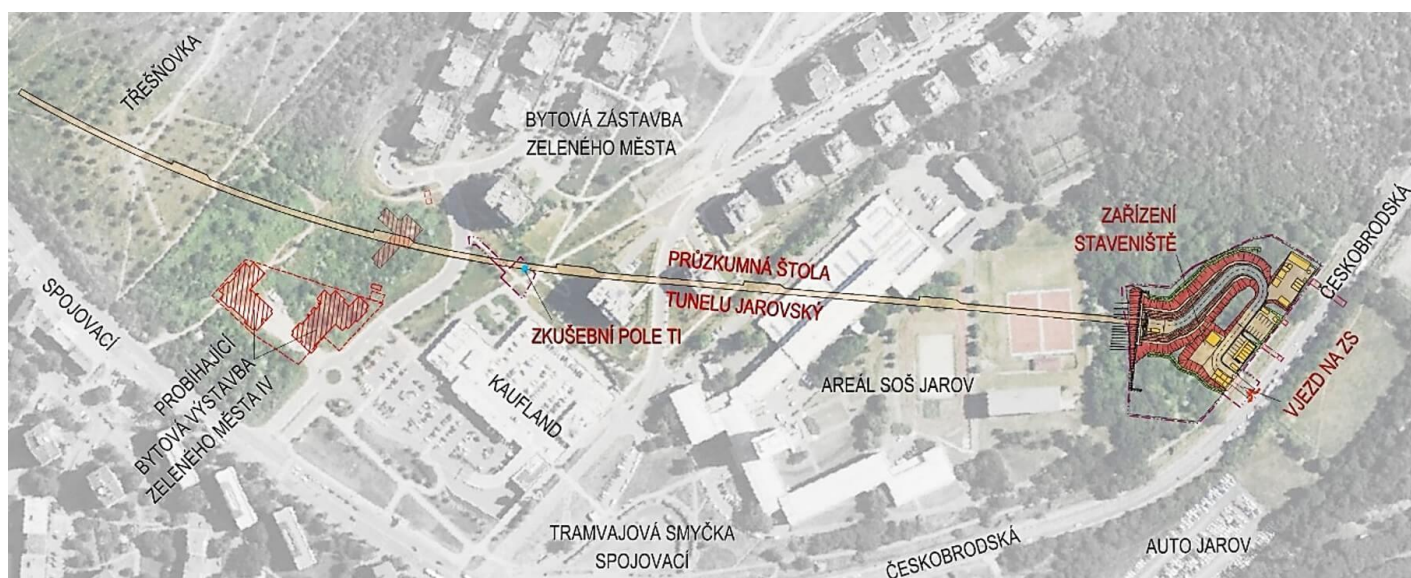
SG Geotechnika a.s., Prague, Czech Republic

ABSTRAKT: Jarovský tunel je součástí připravované stavby Městského okruhu č. 0094 v úseku Balabenka – Rybníčky. V rámci projektové přípravy této významné dopravní stavby je realizován podrobný geotechnický průzkum, jehož součástí je návrh průzkumné štoly.

Průzkumná štola dosahuje délky 790 m a je situována do kaloty budoucího silničního tunelu v trase MO-A. Štola prochází pod významnými urbanistickými celky v oblasti Jarova, zejména pod areálem Metropolitní univerzity Praha, obytným souborem Zelené město a návrším Třešňovka. Realizace průzkumné štoly umožní zpřesnit geologický a geotechnický model horninového prostředí v trase budoucího tunelu, ověřit technologické postupy ražby a získat důležité podklady pro optimalizaci návrhu tunelu a snížení geotechnických rizik při jeho realizaci.

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O STAVBĚ

Průzkumná štola tunel Jarovský je součástí podrobného geotechnického průzkumu zajišťovaného v rámci DÚR pro stavbu Městského okruhu č. 0094 v úseku Balabenka – Rybníčky. Průzkumná štola je situována v celé své trase na území Městské části Praha 9. Zařízení staveniště a ražený portál průzkumné štoly se nachází v katastrálním území Hrdlořezy severně nad ulicí Českobrodská na nezastavěných pozemcích mezi SOŠ Jarov a ulicí Horní Hrdlořežská, tj. v místě budoucí MÚK Českobrodská stavby MO č. 0094. Samotná průzkumná štola je umístěna v profilu budoucího raženého tunelu Jarovský v trase MO-A. Štola podchází Metropolitní univerzitu, dále objekty občanské zástavby Zeleného města a Vrch Třešňovka. Štola je ukončena v místě budoucího severního portálu tunelu Jarovský, který se nachází JZ od křižovatky ulic Spojovací a Pod Šancemi, aniž by vyústila na povrch.



Obrázek 1: Průzkumná štola tunelu Jarovský – širší vztahy

Projekt podrobného geotechnického průzkumu zahrnuje kromě projektu samotné průzkumné štoly také související komplexní geotechnický monitoring, související průzkumné práce z povrchu i podzemí a také navazující dlouhodobý monitoring HPV a jejího chemismu v zájmovém území stavby MO č. 0094. Tento

článek popisuje základní údaje o stavebně technickém řešení přístupové jámy, portálu a samotné průzkumné štoly, zařízení staveniště, zkušebního pole tryskové injektáže, GTM a souvisejících průzkumných prací.

1.1 RÁMCOVÝ HARMONOGRAM STAVBY

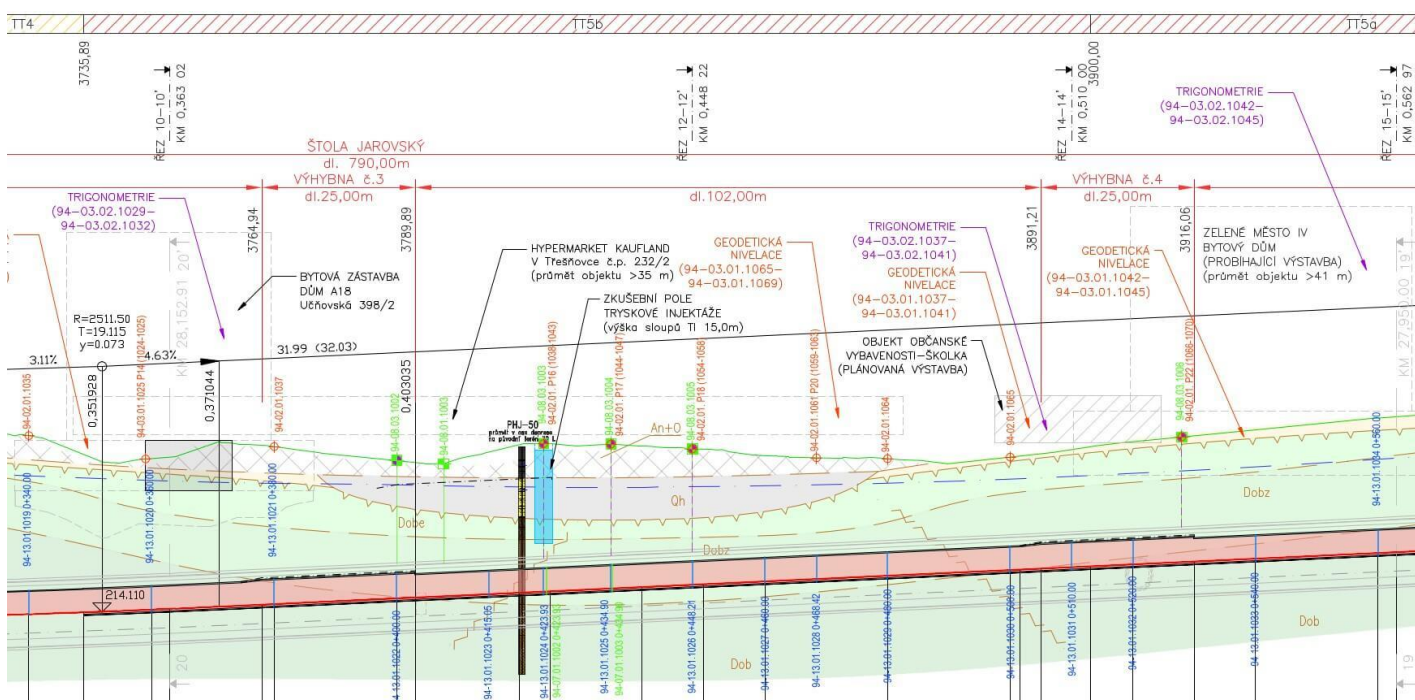
Předpokládaná doba výstavby zařízení staveniště včetně přípravných prací:	2 měsíce
Realizace sjízdné rampy (stavební jámy):	7-8 měsíců
Realizace průzkumné štoly:	1,5 – 2,0 roky
Redukce ZS po dokončení průzkumných prací:	1 měsíc
Likvidace průzkumné štoly, stavební jámy, ZS a uvedení do původního stavu:	16 měsíců

2. PŘEDPOKLÁDANÉ INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ PODMÍNKY

2.1 GEOLOGICKÉ PODMÍNKY

Zájmové území pro průzkumnou štolu Jarovského tunelu je součástí jednotky Paleozoikum Barrandienu a v jejím rámci patří k regionálně geologické podjednotce ordovik Barrandienu. Horninové podloží tvoří prakticky v celé trase ordovické sedimentární horniny. V užším zájmovém území se od Třešňovky ke Štěrboholům postupně v podloží objevují horniny ordoviku od nejstarších vrstev reprezentovaných šareckým souvrstvím, přes dobrotivské, libeňské, letenské, vinické, zahořanské až po souvrství bohdalecké. Na severním svahu Třešňovky probíhá linie pražského zlomu, která způsobuje opakování vrstevního sledu.

Kvartérní pokryv tvoří sedimenty deluviální, eolickodeluviální, fluviální i deluviofluviální. Svrchní vrstvu pokryvu představují často antropogenní sedimenty – navážky.



Obrázek 2: Podélný profil průzkumné štoly v místě údolní deprese Hrdlořezského potoka s měřickými body a profily geotechnického monitoringu

2.2 HYDROGEOLOGICKÉ PODMÍNKY

Trasa štoly přechází přes řadu údolních a splachových depresí, kterými v minulosti protékaly trvalé či občasně toky. Dnes jsou buď zatrubněny (Vackovský potok podél Českokbrodské ulice; pravděpodobně i Hrdlořezský potok v oblasti Zeleného Města na Jarově), nebo odvodněny kanalizací. Hlavním zvodnělým prostředím v trase jsou puklinově propustné horniny předkvartérního podkladu. Oběh podzemní vody je v nich vázán na zónu přípovrchového rozvolnění zasahující obvykle do hloubek 30-50 m. Další

zvodnění je očekáváno ve splachových či údolních depresích. Zde se jedná o zvodeň průlinovou, která může být hydraulicky propojena se zvodní vázanou na svrchní rozvolněnou zónu předkvartérního podkladu. Zvodeň vázaná na splachové deprese je charakteristická výrazným kolísáním hladiny v čase a úzkou vazbou na aktuální srážkové úhrny. V úseku stavebního staničení trasy v km 4,2 – 3,4 trasy MO č. 0094 jsou podle jednotlivých kvazihomogenních celků většinou očekávány přítoky během ražby do 0,1 l/s/100 m délky. Pouze v km 3,9 – 3,7 (oblast bytové zástavby Zeleného města) je očekáván zvýšený přítok až 6,1 l/s/100 m z důvodu významnějšího puklinového zvodnění vázané na zvětralé a tektonicky porušené horniny dobrotivských souvrství v ose údolní deprese.

2.3 GEOTECHNICKÉ POMĚRY NA TRASE

V trase průzkumné štoly, jsou očekávány komplikované inženýrskogeologické poměry a geotechnické podmínky pro ražbu. Portál a prvních cca 190 tm štoly se nachází v prostředí navětralých až zdravých libeňských břidlic. Na ně navazuje ražba skrz polohu řevnických křemenců. Počítat je zde nutno s obtížným rozpojováním vysoce pevných křemenců, zvýšenými přítoky vody do výrubu, i se sníženou stabilitou hornin ve výrubu. V nadloží se navíc nacházejí objekty areálu SOŠ a Metropolitní univerzity na Jarově.

V úseku km 3,74-3,9 při podchodu údolní deprese bývalého Hrdlořezského potoka se vyskytují výrazně tektonicky porušené a hluboce zvětralé dobrotivské břidlice. Při svém povrchu jsou pak ve významných mocnostech jílovitě rozložené. Zvětralé břidlice zde zasahují až téměř k počvě tunelu. Ve dně údolní deprese je rovněž významná výplň kvartérních splachových a náplavových sedimentů a v důsledku toho klesá mocnost horninového nadloží nad kalotou tunelu až k 1 m. Podchod údolní deprese bývalého Hrdlořezského potoka tak představuje jedno z kritických míst stavby, které bude vyžadovat velkou pozornost jak v dalších fázích průzkumu, tak i při návrhu předstihových opatření pro zajištění stability výrubu tunelu i minimalizace vlivů ražby na stávající objekty.

V úseku km 3,9 až 4,0 trasa pokračuje v dobrotivských břidlicích s menším stupněm zvětrání, ve zdravém stavu jsou tyto horniny obvykle velmi příznivým prostředím pro ražbu. Za nimi navazuje pruh skalečných křemenců budující z velké části návrší Třešňovky následovaný šáreckými břidlicemi. Pražský zlom i blízká příčná tektonika podél ulice Spojovací zde podmiňují relativně vysokou míru tektonického porušení horninového masivu, které bylo dokumentováno v některých vrtech předběžného průzkumu a je zde ve větší míře očekáváno. Ze severu linie pražského zlomu odděluje od sebe šárecké břidlice od bohdaleckých břidlic.

3. STAVEBNĚ TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Vjezd k zařízení staveniště štoly bude zajištěn v místě stávajícího vjezdu z ulice Českobrodská. Přístup k raženému portálu průzkumné štoly bude zajištěn sjízdou rampou s podélným sklonem do 12,5 %. Ražba štoly je navržena v souladu s principy NRTM. Zkušební pole sloupů tryskové injektáže je v rámci průzkumných prací navrženo pro ověření této technologie v in-situ podmínkách.

3.1 ZAŘÍZENÍ STAVENIŠTĚ

Budoucí zařízení staveniště se nachází v Hrdlořezích v nezastavěném území mezi Vyšší policejní školou MV ČR a SOŠ Jarov. Navržené zařízení staveniště zahrnuje sociální a administrativní objekt, havarijní a bezpečnostní sklad, zpevněné plochy a komunikace, vodovodní přípojku, přípojku VN 22 kV, trafostanici, staveništní rozvod NN a osvětlení staveniště. Pro nakládání s odpadními vodami je navržena čerpací jímka s výtlačným potrubím, usazovací a sedimentační nádrž a kanalizační přípojka. V rámci ZS není navrženo sklad trhavin, předpokládá se dovoz trhavin pro denní potřebu z centrálního skladu.

3.2 PŘÍSTUPOVÁ JÁMA A RAŽENÝ PORTÁL ŠTOLY

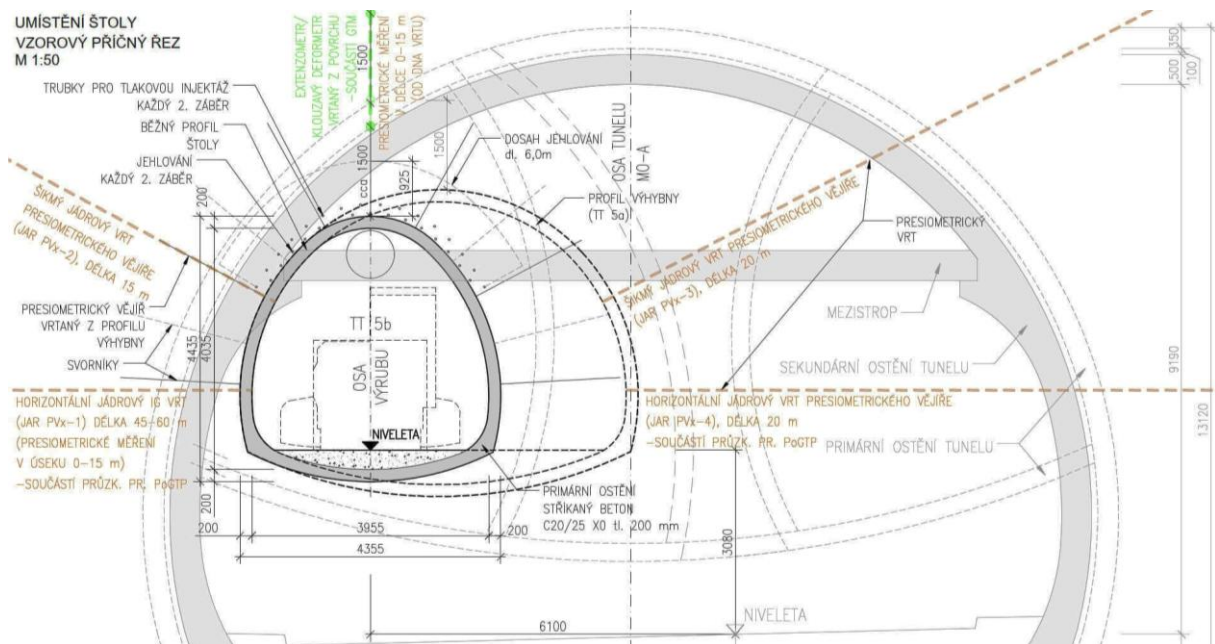
Z důvodu stísněných poměrů zařízení staveniště je navržen pro svážnou rampu podélný sklon dosahující až 12,5 %. Šířka vozovky je navržena v celé délce svážné rampy v min. šířce 6,0 m. Před portálem je konstrukce vozovky levostranně rozšířena o 3,0 m pro odstav vozidel a umístění technologie pro ražby včetně ventilátoru.

3.3 PRŮZKUMNÁ ŠTOLA

3.3.1 Základní informace

Průzkumná štola je navržena v trase MO-A stavby 0094 v části raženého Jarovského tunelu. Polohově je osa štoly umístěna do kaloty tunelu po levé straně 6,1 m od nivelety. Do staničení štoly 38,93 tm je trasa vedena v klesání 2,3 %. Na tento úsek navazuje údolnicový oblouk o poloměru 2500 m se středem ve staničení 265,61 m. V tomto místě se nachází také nejnižší místo štoly. Od něj je již zbývající úsek štoly celý ve stoupání až +4,6 %.

Pro potřeby míjení strojní mechanizace a jejich odstavení je po délce štoly navrženo 5 výhyben délky 25,0 m ve vzájemné vzdálenosti od 95 do 120 m. Celková délka průzkumné štoly je 790,0 m.



Obrázek 5: Umístění profilu štoly v budoucím raženém Jarovském tunelu v trase MO-A a schéma presiometrického vějíře ve výhybně štoly

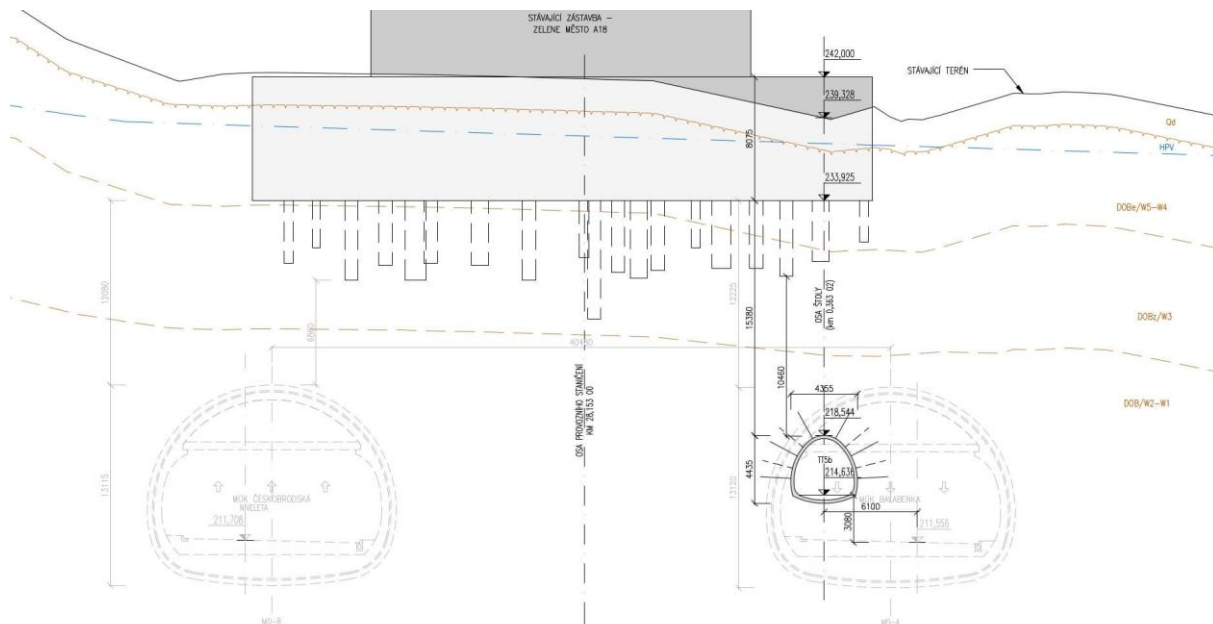
3.3.2 Ražba a technologické třídy výrubu

Ražba průzkumné štoly bude prováděna konvenčně metodou NRTM. Štola je rozdělena do technologických tříd TT3 až TT5. Technologických třídy jsou definovány klasifikací RMR s přihlédnutím k velikosti výrubu, reakcí horniny na otevření výrubu a dalších parametrů. Primární ostění je navrženo ze stříkaného betonu SB25 tloušťky 150–200 mm (dle TT NRTM), vyztuženého příhradovými rámy, svorníky a svařovanými kari sítěmi 8x150x150 mm při obou površích ostění. Z důvodu předpokládané zvýšené nestability nezajištěného výrubu u technologických tříd TT5a a TT5b (včetně výhyben) je navrženo jehlování vrtaných skrz příhradové rámy ze samozávrtných ocelových injektovatelných IBO tyčí R32 dl. 4,0 m v každém 2. záběru. Délka záběru je podle technologické třídy od 1,0 (TT3) do 1,5 m (TT5a/TT5b). V rámci dalších předstihových opatření jsou v TT5b uvažovány tlakové injektáže z cementových nebo organicko-minerálních hmot dle skutečně zastižených podmínek a velikosti přítoku podzemní vody do výrubu.

3.3.3 Odvodnění

Z hydrogeologického posouzení provedeného v rámci předběžného průzkumu je předpokládaný přítok podzemní vody do štoly celkem 4,7 l/s. Přítok do stavební jámy je odhadován na 0,8 l/s.

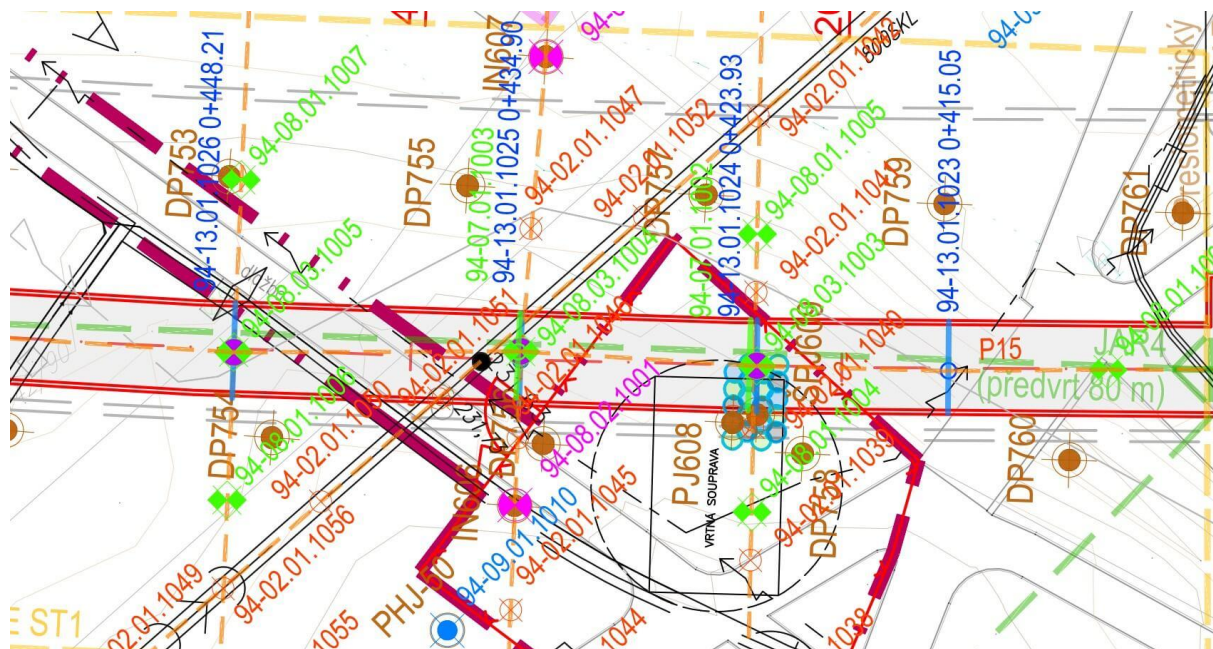
Odvodnění štoly bude provedeno drenáží DN 200 umístěnou ve dně raženého profilu štoly v TT s protiklenbou, u TT bez protiklenby bude provedena mělká rýha, která důlní vody odvede k nejnižšímu místa štoly, kde bude vybudována čerpací jímka. Z ní bude voda přečerpávána výtlačným potrubím do jímky u portálu štoly a následně do sedimentační nádrže umístěné v zařízení staveniště.



Obrázek 6: Charakteristický příčný řez v místě bytové zástavby Zeleného města (TT5b NRTM)

3.4 ZKUŠEBNÍ POLE TRYSKOVÉ INJEKTÁŽE

Pro zajištění bezpečné ražby budoucího třípruhového silničního Jarovského tunelu je nutné zlepšení pevnostních parametrů zemin a rozložených hornin v nadloží tunelu. I když se pro ražbu průzkumné štoly s využitím tryskové injektáže, jakožto systémového předstihového opatření pro ražbu štoly je rámci podrobného GTP v zájmovém území navrženo zkušební pole tryskových injektáží. Zkušební pole ověří účinnost této technologie a její použitelnost v místních podmínkách. Pole TI je navrženo z 20 pilířů v místě údolní deprese Hrdlořežského potoka, kde se očekávají nejsložitější geotechnické podmínky z důvodu nízkého nadloží tunelu a kvality zastižených hornin.



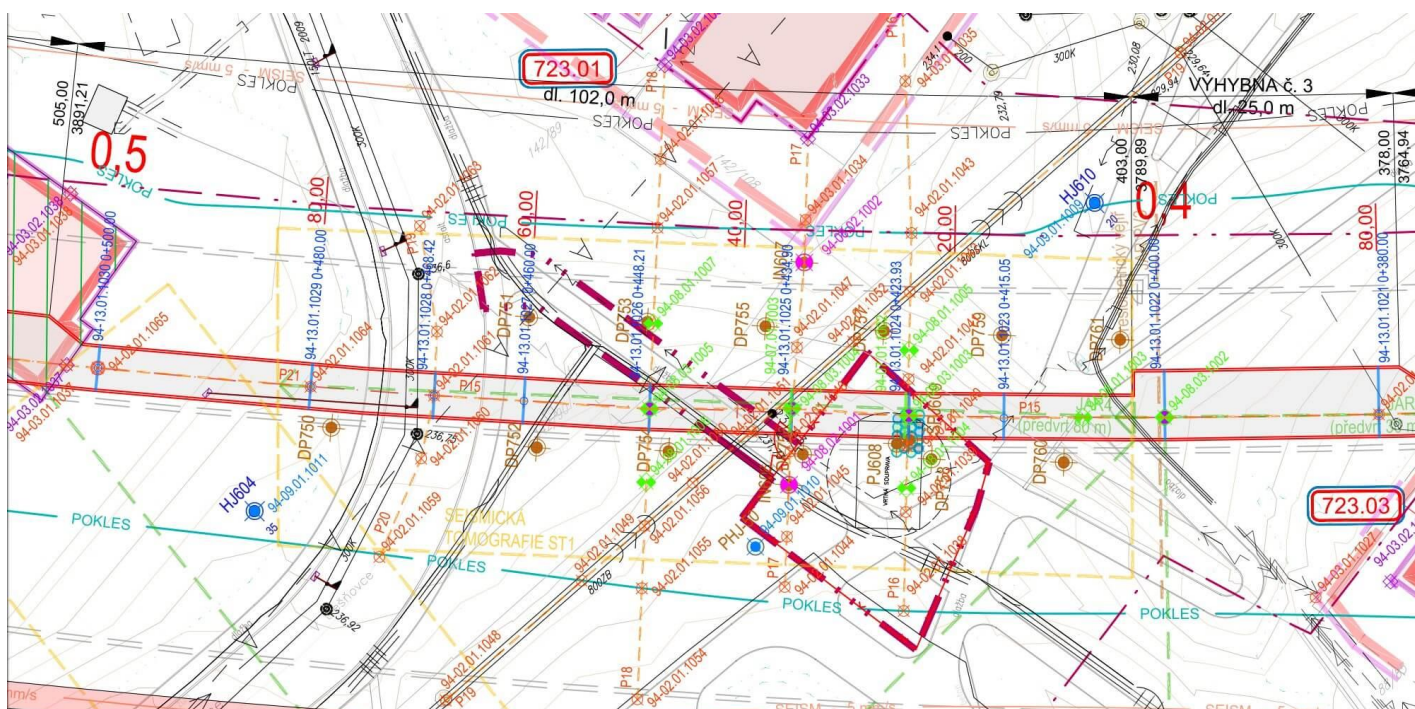
Obrázek 7: Zkušební pole tryskové injektáže a související měření geotechnického monitoringu

4. GEOTECHNICKÝ MONITORING

Součástí geotechnického monitoringu průzkumné štoly Jarovského tunelu a stavební jámy je rozsáhlá sada měření a sledování. Tato kapitola popisuje jen některé z nich. Mezi vybrané druhy měření související s observačním způsobem ražby štoly pomocí NRTM můžeme řadit například navržená konvergenční

měření profilu výrubu, měření deformací na povrchu pomocí přesné geodetické nivelace a trigonometrická měření bodů na povrchu terénu i objektech a inženýrských sítích v zóně ovlivnění stavbou. Nedílnou součástí GTM je měření přetváření horninového masívu ve vrtech pomocí extenzometrů, inklinometrů doplněné o klouzavé deformometry.

Velký důraz je kladen na měření vlivu ražby na okolí, zejména bytovou zástavbu a inženýrské sítě. Součástí geotechnického monitoringu je proto úvodní pasportizace a repasportizace objektů zástavby a sítí, sledování a měření případných poruch. Dále bude sledován vliv dynamických a akustických účinků ražeb na objektech v zájmové oblasti. Rozsah sledování je zpracován na základě projektu trhacích prací, který stanovuje základní parametry a omezující podmínky použití TP. V rámci průzkumu se počítá i s rozsáhlým hydrogeologickým monitoringem s průběžným sledováním HPV v hydrovrtech a studních doplněných o relevantní hydrologická data potřebná k vyhodnocení sezónních vlivů. Ovlivnění vodního režimu a kvality vod stavbou bude podloženo průběžným měřením důlních vod do výrubu, přítoků do stavebních jam, sledování srážkových úhrnů. Provádět se budou také kontrolní laboratorní rozborů kvality drenážních a odpadních vod.



Obrázek 8: Koordinační situace komplexního geotechnického monitoringu u bytové zástavby Zeleného města – výřez ze situace

Geotechnické a inženýrskogeologické sledování a dokumentace výrubů, pasporty stavebních jam a IG sledování a dokumentování vrtů a jádrových předvrtů je součástí souvisejících průzkumných prací.

5. SOUVISEJÍCÍ PRŮZKUMNÉ PRÁCE

V předmětné oblasti Pod Šancemi – Českobrodská jsou projektovány rozsáhlé průzkumné práce z povrchu i z podzemí. Program projektovaných průzkumných prací sestává z následujících činností:

- **průzkumné práce z povrchu:** vrtání a odkryvné práce, polní zkoušky, geofyzikální práce, laboratorní práce – zeminy a horniny, geodetické práce, hydrogeologické práce, korozní průzkum a další inženýrská činnost a výkony geologické služby.
- **průzkumné práce z podzemí:** Inženýrskogeologické a geotechnické sledování výrubu průzkumné štoly, průzkumné vrty ze štoly do oblasti druhé tunelové trouby a konce štoly, presiometrické vějíře z průzkumné štoly, průzkumné předvrty ze štoly (realizované v průběhu ražby) a geoelektrický korozní průzkum

E-mail adresa: lukas.grunwald@satra.cz

Mgr. Jiří Rout

Pracoviště: SG Geotechnika a.s. Praha, Česká republika

E-mail adresa: jiri.rout@geotechnika.cz