

ZAKLÁDÁNÍ

časopis ZAKLÁDÁNÍ STAVEB, a. s.

4/2019

ročník XXXI



- ZALOŽENÍ ŽELEZNIČNÍHO MOSTU PŘES NOSICKOU PŘEHRADU NA VÁHU
- METRO D – STAVEBNÍ JÁMY PRO DOPLŇKOVÝ GEOLOGICKÝ PRŮZKUM ÚSEKU ID1
- SILNIČNÍ OBCHVAT STOCKHOLMU A RAŽBY POD JEZEREM MÄLAREN POD OCHRANOU MIKROPILOTOVÝCH DEŠTNÍKŮ





OBSAH

Časopis ZAKLÁDÁNÍ

vydává:

Zakládání staveb, a. s.

K Jezu 1, P. S. 21

143 01 Praha 4 - Modřany

tel.: 244 004 111

fax: 241 773 713

E-mail: propagace@zakladani.cz<http://www.zakladani.cz><http://www.zakladani.com>

Redakční rada:

vedoucí redakční rady:

Ing. Libor Štěrbá

členové redakční rady:

RNDr. Ivan Beneš

Ing. Martin Čejka

Ing. Jan Masopust, CSc.

Ing. Jiří Mühl

Ing. Petr Nosek

Ing. Michael Remeš

Ing. Jan Šperger

Redakce:

Ing. Libor Štěrbá

Jazyková korektura:

Mgr. Antonín Gottwald

Foto na titulní straně:

k článku na str. 14, foto Libor Štěrbá

Překlady anotací:

autoři,

Ing. Kristina Kadlecíková,

RNDr. Ivan Beneš

Design & Layout:

Jan Kadoun

Tisk:

H.R.G. spol. s r.o.

Ročník XXXI

4/2019

31. 3. 2020

MK ČR 7986, ISSN 1212 – 1711

Vychází čtyřikrát za rok

Pro rok 2020 je cena časopisu 90 Kč.

Roční předplatné 360 Kč vč. DPH,

balného a poštovného.

Objednávky předplatného:

SEND Předplatné spol. s r.o.

Ve Žlábku 1800/77

193 00 Praha 9 Horní Počernice

tel.: 225 985 225

E-mail: send@send.cz<http://www.send.cz/>

Podávání novinových zásilek

povolila PNS pod č.j. 6421/98

TEORIE A PRAXE

Stabilita pracovních ploch po americku

2

Článek Working Platforms z časopisu Deep Foundation, Sept/Oct 2019
přeložil a upravil RNDr. Ivan Beneš, Zakládání staveb, a. s.

DOPRAVNÍ STAVBY

Förbifart Stockholm – silniční obchvat Stockholmu

a ražby pod jezerem Mälaren pod ochranou mikropilotových deštníků

6

Ing. Tomáš Němeček, Subterra, a. s./SBT Sverige AS

Zajištění ražeb pod jezerem Mälaren mikropilotovými deštníky

12

Ing. Ján Mihálik, Zakládání staveb, a. s.

Modernizácia železničnej trate Púchov–Žilina

Založenie železničného mosta cez Nosickú priehradu na Váhu

14

Ing. Maroš Zaťko, Zakládání staveb, a. s., Ing. Jan Šperger, Zakládání staveb, a. s.

S využitím Technické zprávy od Ing. Ctibora Kostúra, SPAI, s. r. o.

Stavební jámy pro doplňkový geologický průzkum

úseku ID1 pro výstavbu Metra D

24

Ing. Tomáš Urbánek, METROPROJEKT Praha, a. s.

VODOHOSPODÁŘSKÉ STAVBY

Zkušební těžba sedimentů z vodního díla Sedlice na řece Želivce

31

Ing. Ondřej Novotný, PLOSAB s. r. o.,

s přispěním Martina Kapouna, Zakládání staveb, a. s.



FÖRBFART STOCKHOLM – SILNIČNÍ OBCHVAT STOCKHOLMU A RAŽBY POD JEZEREM MÄLAREN POD OCHRANOU MIKROPILOTOVÝCH DEŠTNÍKŮ

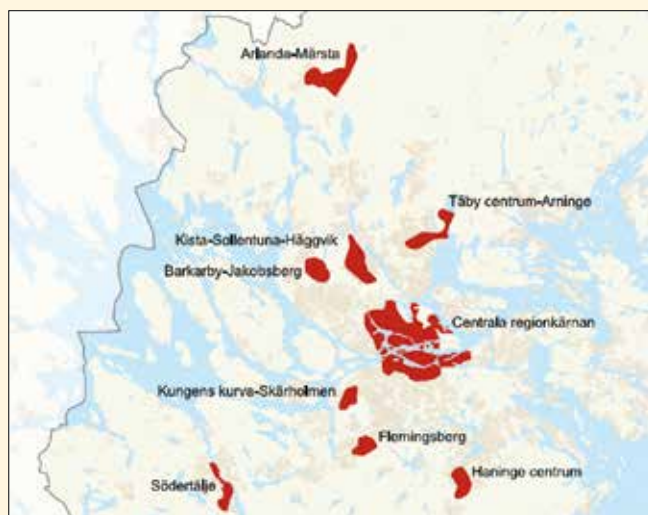
Největší současný infrastrukturní projekt ve Švédsku představuje silniční obchvat Stockholmu, Förfärd Stockholm. Zároveň patří mezi největší tunelové stavby světa realizované v městské oblasti. Trasa obchvatu je dlouhá 21 km, z čehož 18 km je vedeno tunely. Část silničního obchvatu je realizována českou společností Subterra, a. s., která na švédském trhu působí skrze svou dceřinou společnost SBT Sverige AB. Na dílčím projektu obchvatu, značeném FSE209, se koncem roku 2017 s razíci pracemi tunelu dostala do blízkosti úseku, kde tunely hlavní trasy procházejí pod jezerem Mälaren. Tehdy byly práce přerušeny, jelikož byla obava z nedostatečné připravenosti projektové dokumentace na možné komplikace, které investor, státní organizace Trafikverket, v průběhu projektu vyhodnotil jako pravděpodobné. V dalším textu přinášíme základní popis projektu Förfärd Stockholm, popis technologie ražeb na běžných úsecích, a především pak vývoj návrhů ražeb v komplikovaném úseku pod jezerem Mälaren, kde revidovaný projekt zavádí technologii ražby pod ochranou mikropilotových deštníků, který pro SBT Sverige AB provádí společnost Zakládání staveb, a. s.

Účel Förfärd Stockholm

Celá Evropa v posledních letech čelí problémům migrační krize. Švédsko je svým postojem vůči migrantům již historicky jednou z nejstřícnějších zemí unie, což v kombinaci s celkovou atraktivitou země způsobuje skokový nárůst populace, a to zejména ve velkých městských aglomeracích, jako jsou Göteborg, Malmö a Stockholm. Pro představu, dle údajů Migrationsverket (Švédský migrační úřad) očekává stockholmský region do roku 2030 nárůst populace ze současných 2 mil na 2,4 mil.

obyvatel. Bez funkční infrastruktury nebude možné takovýto přírůstek zvládnout. To je možné pozorovat již dnes, kdy průjezd městem z jihu na sever může trvat až několik hodin. Rozdělení Stockholmu způsobené nedostatečnou dopravní infrastrukturou je tak limitou pro další rozvoj města i celé země. Výstavba nových stockholmských staveb doposud probíhala na okrajích města, přičemž jeho hlavní služby a funkce byly soustředěny v jeho centru a toto v podstatě platí pro celý region. S nárůstem populace vyvstala potřeba vytvořit více

městských center s jejich rezidenčními částmi, službami i pracovními příležitostmi, a tak bylo vytipováno devět lokalit v regionu s takovým potenciálem (obr. 1). Co však chybí, je propojení těchto lokalit a vybudování efektivní silniční sítě a systému hromadné dopravy. V souvislosti s výše uvedeným roste počet pracovních míst na severu regionu, což způsobuje, že lidé stále častěji cestují přes jezero Mälaren (třetí největší jezero Švédska), rozdělující Stockholmský region, a Stockholmem pouze projíždějí. Alternativ pro takovou trasu má i tak



Obr. 1: Centrum Stockholmu a další blízká významná městská jádra



Obr. 2: Alternativy severojižního spojení přes jezero Mälaren v oblasti Stockholmu

velké město, jako je Stockholm, velmi málo. Soustředíme-li se na automobilovou dopravu, existují pouze tři, z toho dvě mají na celou situaci zanedbatelný vliv. Nejdůležitější z nich, tzv. trasa Essingeleden (obr. 2 - trasa A – červeně), je součástí vnějšího městského okruhu a zároveň celostátní silnice E4. Dále kapacitně výrazně slabší silnice 73 (obr. 2 - trasa B – modře), protínající centrum Stockholmu. A třetí, při níž je nezbytné využít lodní přepravu, vede přes ostrov Eköre (obr. 2 - trasa C – zeleně).

Nedostatečná dopravní propustnost těchto tří tras vedla již před více než deseti lety k rozhodnutí švédské vlády vybudovat zcela nový obchvat Stockholmu – tzv. Förbifart Stockholm.

Základní informace o Förbifart Stockholm

Jedná se o jeden z největších infrastrukturních projektů ve Švédsku, který dle vyjádření zadavatele Trafikverket zároveň patří mezi největší tunelové stavby světa realizované v městské



Obr. 3: Förbifart Stockholm – podélný řez trasy nově budovaného obchvatu města

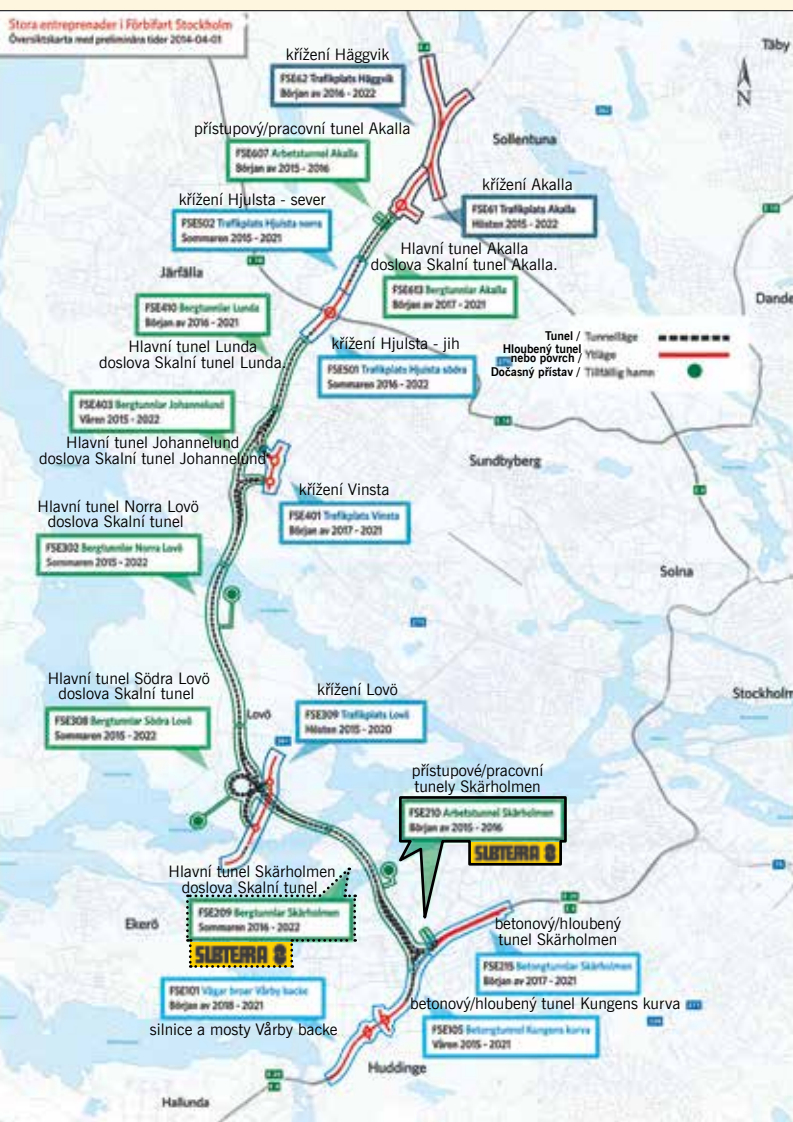
oblasti. Trasa obchvatu je dlouhá 21 km, z čehož 18 km je vedeno tunely. Dva paralelní autobusy tunelů hlavní trasy obchvatu povedou z městské části Skärholmen pod jezerem Mälaren až do části Lunda, což je trasa dlouhá 16,5 km (33 km ražeb). Součástí tunelů hlavní trasy obchvatu v tomto úseku jsou nájezdové a výjezdové rampy v podobě menších tunelů s profilem okolo 100 m² v celkové délce cca

20 km, dále pak tunelové propojky a pracovní tunely různého účelu. V části Lunda vychází trasa na povrch do křižování Hjulsta, ze kterého pokračuje do dalšího tunelového úseku zvaného Akalla dlouhého 1,8 km. Ten zahrnuje ražbu dvou tubusů tunelů hlavní trasy a menšího přístupového tunelu. Celá trasa obchvatu je znázorněna na podélném řezu trasy (obr. 3). Zadavatelem projektu je státní organizace Trafikverket (obdoba českého ŘSD), která celý projekt realizuje pomocí až dvou desítek hlavních dodavatelů s kontrakty v hodnotě 500 mil. až 3 mld. SEK. Práce na ražbách tunelů jsou kritickou částí celého projektu a jejich celkový objem je roven bezmála 6 500 000 m³ vytěžené horniny. Tyto práce jsou rozděleny do osmi dílčích projektů různé velikosti a charakteru (tab. 1 a obr. 4). Obchvat bude v šesti svých místech na povrchu napojen na existující silniční síť, a to skrze nově vybudovaná křižení, mosty, zářezy a hloubené i ražené tunely. Dvě velká křižení vzniknou poblíž E4 na začátku a konci obchvatu v oblastech Kungens Kurva a Häggvik, dále pak v oblasti Hjulsta se silnicí E18, se silnicí 275 ve Vinstě a silnicí 261 na ostrově Löve (obr. 3, 4).

Kapacita obchvatu je projektována na 140 000 aut/den ve třech pruzích v každém směru. Doba průjezdu celé trasy je 15 min. Förbifart Stockholm tím přispěje k rozvoji celého regionu, zajistí alternativní spojení přes jezero Mälaren, čímž se zvýší komfort stockholmského automobilového provozu.

HLAVNÍ TUNELOVÉ PROJEKTY				
označení projektu	název projektu	popis	objem vyražené horniny	Původní předpokládaná doba realizace
FSE209	Bergtunnlar Skärholmen	hlavní tunel a nájezdové rampy	1 400 000 m ³	2016–2022
FSE210	Arbets-tunnel Skärholmen	pracovní tunely a nájezdové rampy	91 000 m ³	2015–2016
FSE302	Bergtunnlar Norra Lovö	přístupový tunel, hlavní tunel	1 060 000 m ³	2015–2022
FSE308	Bergtunnlar Södra Lovö	přístupový tunel, hlavní tunel a nájezdové rampy	1 544 000 m ³	2015–2022
FSE403	Bergtunnlar Johannelund	hlavní tunel a nájezdové rampy	1 500 000 m ³	2015–2022
FSE410	Bergtunnlar Lunda	hlavní tunel	416 000 m ³	2016–2021
FSE607	Arbetslunnel Akalla	přístupový tunel	12 000 m ³	2015–2016
FSE613	Bergtunnlar Akalla	hlavní tunel	400 000 m ³	2017–2021

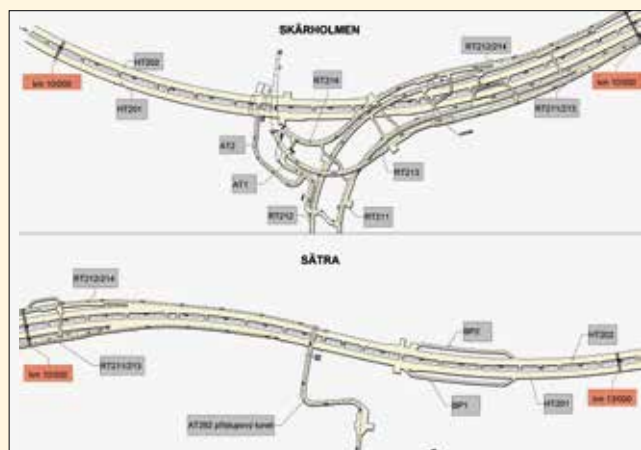
Tab. 1: Rozdělení prací na ražbách tunelů obchvatu do jednotlivých projektů



Obr. 4: Förbifart Stockholm – situace vedení trasy s vyznačením jednotlivých stavebních objektů

Základní informace o FSE209

Jedná se o jeden z celkem osmi samostatných projektů, do nichž jsou rozděleny stavební práce na obchvatu Stockholmu. Podle objemu prací se tento projekt řadí mezi tři největší tunelové stavby celého obchvatu. Projekt FSE209 přímo navazuje na práce projektu FSE210, který Subterra, a. s., ve sdružení s firmou STI, s. r. o., ukončila v únoru roku 2017. Projekt FSE 209 tvoří dva paralelní tubusy tunelů hlavní trasy obchvatu dlouhé 4015 m (km 9/935 až km 13/950), čtveřice nájezdových a výjezdových tunelových ramp a mnoho podzemních objektů, jako jsou tunelové propojky či výklenky. Situace je částečně patrná z obr. 5, který znázorňuje úsek projektu FSE209 mezi staničeními km 10/000 a km 13/000. Čtyřkilometrový úsek projektu FSE209 začíná ve staničení km 9/935 zhruba 10 m pod povrchem a dále pokračuje úpadně až do svého konce ve staničení 13/950, kde se nachází zhruba 60 m pod povrchem. Tunely hlavní trasy procházejí v blízkosti několika existujících objektů či pasážemi s kritickou výškou nadloží. První ze složitých úseků se nachází mezi staničeními km 10/760 a km 10/860. Zde totiž tunely hlavní trasy procházejí pod tunelovými rampami RT212 a RT214 a horninový pilíř mezi tunely bude dosahovat mocnosti okolo 8 m. To je patrné z řezu ve staničení km 10/805 hlavní trasy



Obr. 5: Úsek projektu FSE209 mezi staničeními km 10/000 a km 13/000

(obr. 6). Stojí za zmínku, že v tomto místě, ještě nad tunelovými rampami, vede ve vzdálenosti 10 m linka stockholmského metra (na obrázku není vyznačena). Projekt tuto část ražeb identifikoval jako úsek s omezenou délkou záběru a pravděpodobnou nutností členit výrub za účelem minimalizace seizmických účinků trhačích prací na blízkou tunelovou rampu RT212 a RT214. Podobná situace nastane ještě několikrát, jelikož další propojovací tunely tunelových ramp, které jdou zhruba od staničení km 10/900 paralelně s hlavními tunely, vedou nad tunely hlavní trasy. Za zmínku stojí také části, kde se na hlavní tunely napojují tunelové rampy. V těchto poměrně dlouhých úsecích napojení (okolo 300 m) se tunely hlavní trasy plynule rozšiřují až na 27 m a dosahují plochy výrubu 250 m². To je markantní nárůst v porovnání s typickým příčným řezem, ve kterém dosahují tunely hlavní trasy šířky 15,5 m a plocha výrubu lehce přesahuje 120 m². Zatím největší komplikací razících prací se stala část pod jezerem Mälaren mezi staničeními km 12/500 a km 12/700. Jak bylo naznačeno výše, práce byly před tímto úsekem přerušeny a byl proveden dodatečný průzkum nadloží i předpolí tunelu určený k ověření kvality horninového masívu. Nové řešení, blíže popsané dále v textu, zavádí novou technologii a činí z těchto cca 200 m časově kritický úsek pro celý projekt FSE209.

Geologické poměry

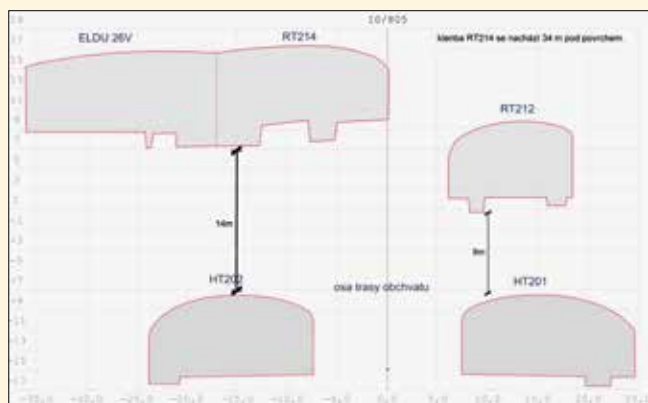
Stockholmský region se nachází na jižním okraji morfologického celku zvaného Svekofennium. Dominantním horninovým materiálem této oblasti jsou ruly a jemné či středně zrnité žuly, zvané Stockholmský granit. Hornina je zpravidla šedá a místy až načervenalá. Terén regionu se vyznačuje četnými elevacemi a erozními údolími vedoucími převážně směrem z východu na západ.

Inženýrskogeologický průzkum celého obchvatu byl rozdělen celkem do šesti oblastí. Projekt FSE209 spadá do dílčích oblastí I – Skärholmen, II – Sättra a III – Kungshat. Základem průzkumu v těchto oblastech byly skalní útvary přístupné z povrchu, skalní rýhy, existující podzemní prostory, jádrové vrty a geofyzikální metody pro určení úrovně skalního podloží a lokalizaci pravděpodobných míst oslabených zón.

PROCENTUÁLNÍ ROZDĚLENÍ HORNINOVÝCH TŘÍD

Tunel	HT I Q > 10	HT II 4 < Q ≤ 10	HT III 1 < Q ≤ 4	HT IV 0,1 < Q ≤ 1	HT V Q < 0,1
HT201	52 %	5 %	15 %	23 %	5 %
HT202	53 %	9 %	10 %	22 %	6 %
RT211	55 %	17 %	13 %	9 %	6 %
RT212	54 %	23 %	9 %	14 %	0 %
RT213	61 %	21 %	8 %	10 %	0 %
RT214	46 %	34 %	7 %	13 %	0 %

Tab. 2: Přehled horninových tříd a jejich předpokládaný výskyt v jednotlivých tunelech



Obr. 6: Tunely hlavní trasy (HT202 a HT201) procházejí pod tunelovými rampami (RT212 a RT214), mocnost horniny mezi tunely zde dosahuje pouze 8 m.

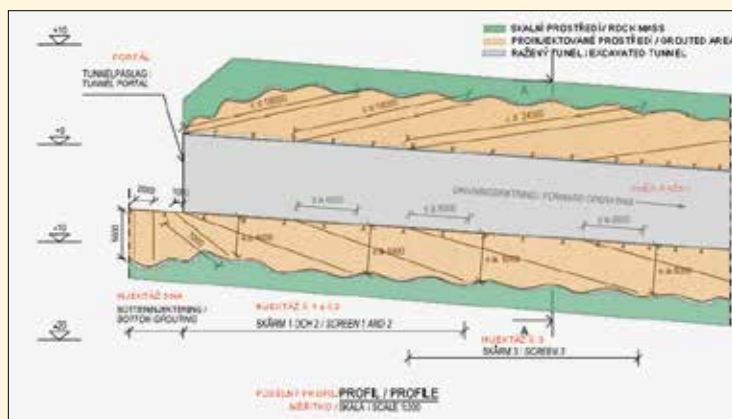
Na základě inženýrskogeologického průřezu je hornina klasifikována a rozdělena do pěti horninových tříd dle indexu Q (Barton), jež dále slouží pro určení třídy vyztužení výrubu a stupeň těsnící injektáže. Aktuální prognóza a rozdělení horninových tříd v úseku projektu FSE209 predikuje, že více než polovina razicích prací bude probíhat v dobrém horninovém prostředí s indexem $Q > 10$. Výstižnější přehled nabízí tabulka 2.

Technologie ražeb

Pro ražbu všech tunelů na obchvatu byla zvolena skandinávská metoda výstavby zvaná Drill & Blast s kontinuální těsnicí injektáží předpolí. Tato metoda, respektive její rychlost a bezpečnost, je ve stockholmském regionu dobře prověřena na mnohých jiných infrastrukturních projektech.

Razicím pracím předchází utěsnění předpolí tunelu, a to obvykle v délce 24 m po celém obvodu výrubu pomocí nízkotlaké injektáže, tlakem 20–35 bar. Tyto 24 m dlouhé těsnící vějíře se opakují každých 18 m, aby vzniklo 6m překrytí jednotlivých injektáží tak, jak je vidět na obr. 7. V případě FSE209 se jedná o cementovou injektážní směs na bázi mikromletého cementu. Injektáž běžného profilu velikosti 90 m² se provádí prostřednictvím 25–35 vrtů průměru 64 mm je spotřebováno 1,5–4 t cementu, v závislosti na permeabilitě masívu.

Vrty pro trhací práci se provádějí kolovými vrtacími vozy Boomer WE3 C30 a WE2 C30 od firmy Atlas Copco s řízeným vrtáním dle schématu, zobrazeného na displeji v kabině stroje a s navigací přes totální stanici. Žalom se vrtá válcový se čtyřmi volnými vrty průměru 102 mm, umístěnými ve vertikálním nebo ve čtvercovém uspořádání. Průměr ostatních vrtů je 48 mm. Pro rozpojování masívu je použita emulzní trhavina, míchaná ze dvou složek na místě spotřeby a strojně čerpaná z nabíjecí plošiny. Rozbušky jsou neelektrické, Indetshock TS, spojované do „bunchů“ 6 g/m bleskovicí Riocord, na kterou je připojena elektrická rozbuška pro roznět. Trhací práce se ideálně provádí na plný profil se záběrem 5,9 m, s použitím řízeného výlomu na obrysu. Celkový počet vrtů v jedné čelbě se liší podle velikosti profilu a bývá standardně 170 až 200 ks, celková spotřeba trhaviny na odstřel s délkou záběru 5,9 m bývá v rozmezí 1000 až 1300 kg se specifickou spotřebou trhaviny 2,2 kg/m³. Každý odstřel je před svým provedením



Obr. 7: Vějíře nízkotlakých injektáží délky 24 m předcházejí razicím pracím.

evidován v systému NCVIB, který je dálkově napojen na seizmografy, osazené na vytypovaných místech v okolí stavby. Po odstřelu je tak možné zhlédnout vlnový diagram a skutečnou hodnotu zatížení objektu technickou seizmicitou.

Větrání každého z tunelů je zajištěno axiálním ventilátorem Atlas Copco Svedvent AVH125 o průměru 1250 mm, spojeného redukčním dílcem s nevytlučenou lůtnou průměru 2000 mm. Ventilátory mají frekvenční měnič, který umožňuje plynulou regulaci otáček a výkonu.

Před každým novým postupem je nutné obtrhat výrub a odstranit kusy horniny rozvolněné po odpalu. Obtrhání se provádí nahrubo mechanicky pomocí skalního bagru typu Liebherr A924C, osazeného hydraulickým kláděm Atlas Tex 552. Následuje ruční obtrhání líce výrubu, prováděné z pracovní plošiny, a zajištění počvy.

Vzhledem ke kvalitě horninového masívu je běžné výrub zajišťovat každých 18 m, což při teoretické zabírce 6 m dovoluje provést tři postupy bez jakéhokoliv zajištění. Míra zajištění je určena geologem na základě geologického mapování. Projekt udává čtyři vyztužovací kategorie I-A až IV-A (tab. 3), které jsou voleny geologem na základě klasifikace horniny dle indexu Q a příslušné horninové třídy. Typové vyztužovací kategorie jsou různé pro různé světlosti ražených děl. Jednotlivé kategorie zajištění předepisují tloušťku a rozsah stříkaného betonu a hustotu sítě kotev dlouhých 3–6 m. Stříkaný drátkobeton třídy C 35/45, s předepsaným množstvím drátků 55 kg/m³, je aplikován strojem na stříkání betonové směsi a manipulátorem Meyco Potenza. Aplikaci předchází očištění tlakovou vodou pro odstranění prachu a drobných úlomků. Ke kotvení výrubu se používají převážně galvanizované SN kotvy s epoxidovým nátěrem.

Stručný popis konstrukce definitivního ostění tunelu

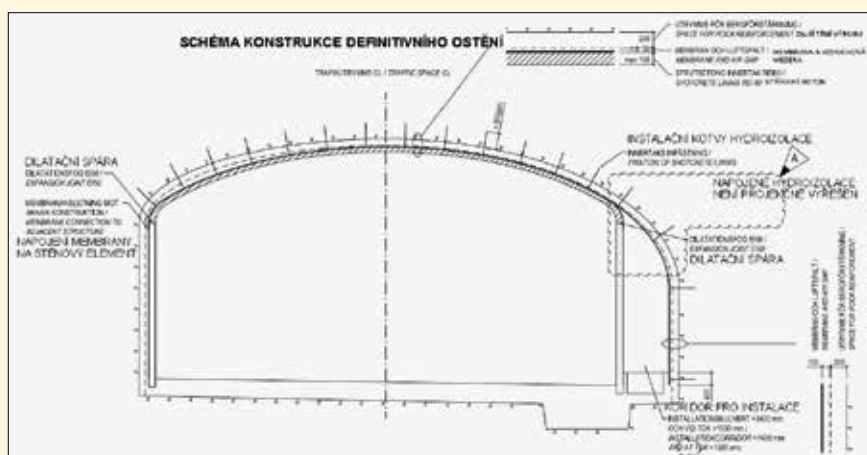
Součástí prací projektu FSE209 je mimo jiné také realizace definitivního ostění tunelu. Projekt o definitivním ostění hovoří pouze obecně, jelikož jeho projekce je na zhotoviteli. Zadání vychází z doporučených technických specifikací, kvalitativních požadavků a zejména pak z 3D informačního modelu.

Definitivní ostění v tunelech ochvatu slouží jako finální pohledová konstrukce dávající tunelu konečný tvar a dále ukrývá izolační vrstvu proti vodě. Postup při realizaci definitivního ostění začíná navrtáním instalačních kotev různé délky do stropu tunelu a jedné ze stěn tunelu tak, aby

horninová třída	index Q	kotvy				stříkaný beton vyztužený drátky		kategorie vyztužení
		rozmístění [m]		délka [m]		tloušťka [mm]		
		kalota	opěří	kalota	opěří	kalota	opěří	
I	$Q > 10$	selektivní	selektivní	3	3	50	0	I-A
II	$4 < Q \leq 10$	selektivní	selektivní	3	3	50	0	II-A
III	$1 < Q \leq 4$	1,7x1,7	1,7x1,7	3, 4, 5	3, 4, 5	75	50	III-A
IV	$0,1 < Q \leq 1$	1,5x1,5	1,5x1,5	3, 4, 5, 6	3, 4, 5, 6	75	50	IV-A

Tab. 3: Klasifikace horniny a vyztužení výrubu dle PD pro díla s šířkou 17 m

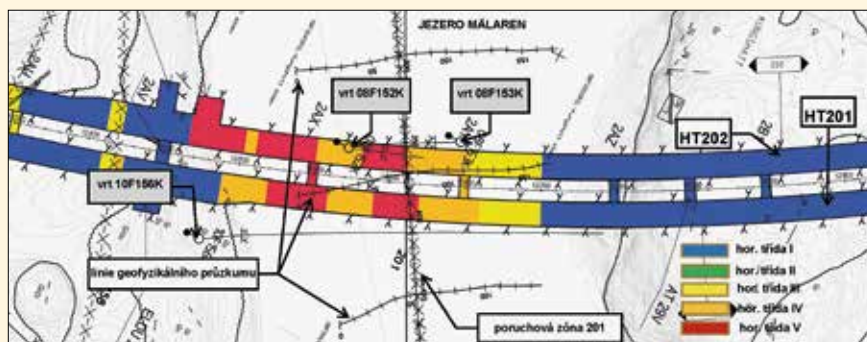
bylo dosaženo požadovaného tvaru tunelu. Na tyto kotvy bude připevněna hydroizolační fólie z LLDPE tloušťky 1,1 mm. Dalším krokem je zavěšení prefabrikovaných stěnových elementů o rozměrech 5x3x0,2 m na strop tunelu pomocí připravených instalačních kotev, a to po obou stranách tunelu, přičemž na straně, kde není hydroizolační fólie, bude element přiložen těsně ke stěně tunelu. Na druhé straně bude odsazen o 1,5 m, aby vznikl prostor pro instalaci a inženýrské sítě. Následně bude hydroizolace napojena na stěnové elementy a přestříkaná vrstvou stříkaného betonu tloušťky 150 mm. Celá konstrukce definitivního ostění je znázorněna na obr. 8.



Obr. 8: Schéma konstrukce definitivního ostění tunelu

Projektová dokumentace ve formě informačního modelu BIM

Budeme-li se věnovat podkladům pro samotné ražby, marně by se hledalo množství výkresů, které přesně definují, co je třeba vyrazit. Většina poskytnutých výkresů je pouze schematických a slouží jako podklad technických specifikací některých technologií ražeb. Existuje totiž 3D informační model vyraženého tunelu určený pro realizaci, který slouží geodetovi jako podklad pro vedení díla. Vzhledem ke složitosti systému tunelů na obchvatu se jedná pravděpodobně o nejlepší způsob, jak dodavateli poskytnout potřebné podklady. Bohužel je model velmi teoretický, a to ve smyslu detailu, v jakém je zpracován. Tato skutečnost velmi zaměštrává celý geodetický tým, který musí denně generovat nové podklady pro ražbu. Dalo by se říci, že každý jeden odpal je unikátní a při množství čeleb, které se současně razí, je práce s modelem velmi náročná. Je velmi časté, že se teoretický profil díla výrazně mění na několika málo metrech, a proto vyrazit dílo přesně dle 3D modelu není reálné a projekt si musí neustále připravovat proveditelná zjednodušení. Celou situaci ještě ztěžuje fakt, že k vygenerování dat potřebných pro vedení díla je třeba pracovat postupně s několika softwary tak, aby je bylo možné reálně použít. Projekt Förbifart Stockholm je prvním podzemním dílem ve Švédsku, kde se pracuje podle informačního 3D modelu. Je tedy pochopitelné, že procesy ještě nejsou ideálně nastaveny a možnosti BIM z daleka nejsou využity. Rozhodně se však jedná o optimalizaci, která v budoucnu usnadní práci projektantů a zhotovitelů a současně bude velmi užitečná během užívání díla.



Obr. 9: Vedení trasy pod jezerem Mälaren s vyznačením nepříznivých geologických podmínek (staničení 12/480–12/720 m)

Úsek pod jezerem Mälaren

Stručný popis výchozího projektového řešení

Projekt FSE 209 zahrnuje část trasy obchvatu mezi staničeními km 9/935 a km 13/955, přičemž ražba probíhá současně ve dvou lokalitách, jmenovitě Skärholmen, ve staničení km 10/500, a Sättra, ve staničení km 12/250. Každý z hlavních tunelů HT201 a HT202 je tak možné razit na čtyřech čelebách až do chvíle prorážení tunelů mezi Skärholmenem a Sättrou. Po prorážce budou veškeré razicí práce probíhat v úseku mezi Sättrou a severní hranicí projektu, a to pouze na dvou čelebách. Jakékoli zdržení v úseku mezi Sättrou a severní hranicí projektu (km 12/250 a km 13/955) tak bude mít přímý dopad na termín dokončení ražeb a následných prací na definitivním ostění. Pod jezerem Mälaren trasa obchvatu prochází právě touto kritickou částí, tj. v km 12/480 až km 12/720. Již výchozí projektová dokumentace předpokládala v této 240 m dlouhé pasáži pod jezerem nepříznivé geologické podmínky. Nacházejí se zde převážně

horninové třídy IV, V a částečně zmapovaná poruchová zóna, značená jako 201, jak je patrné z obr. 9. Podkladem pro tuto prognózu byly tři jádrové vrty do dna jezera, jejichž pozice je rovněž vyznačena na obr. 9, a dále seizmické a geoelektrické profilování pro lokalizaci úrovně skalního podloží. Data získaná z průzkumných vrtnů shrnuje tab. 4.

Dle původní realizační dokumentace byla ražba v tomto problematickém úseku významně omezena opatřeními vyplývajícími z výše uvedených předpokládaných geologických podmínek. V horninové třídě IV se jednalo o průzkumné jádrové předvrty a vrtané sondy do předpolí tunelu pro ověření kvality horninového prostředí a výšky nadloží, které nesmí být menší než 15 m. Zpráva inženýrskogeologického průzkumu uvádí, že minimální výška nadloží je 25 m. Dalším opatřením byly 6 m dlouhé jehly Ø 32 mm, vrtané pod úhlem 20° do předpolí v oblasti stropu kaloty a částečně také stěn tunelu s osovou vzdáleností 0,5 m. Každá jehla měla být osazena tak, aby minimálně 0,5 m svorníku čnělo z vrtu. Tato část svorníku

Vrt	Délka [m]	RQD (min/max, median/průměr)	J_n (min/max, median/průměr)	J_r (min/max, median/průměr)	J_a (min/max, median/průměr)	Q_{bas} (min/max, median/průměr)
08F152K	41	10/100,82/75	1/20,3/5	1/4,3/2,6	0,75/6,2/2,4	0,3/120,15/19
08F153K	56	10/100,72/64	1/20,6/8	0,5/4,2/2,5	0,75/8,2/2,5	0,1/300,5/44
08F156K	289	10/100,84/79	1/6,6/6	0,5/4,2/2,5	0,75/10,2/2,2	0,8/533,10,7/29,5

Tab. 4: Charakteristické parametry v provedených vrtech



Obr. 10: Jádrový výnos z vrtu po jezerem Mälaren ve staničení 12/505 m

pak měla být ohnuta a přikotvena k výrubu. Jehlování by se provádělo při každém záběru, který byl omezen na délku 3 m. Výrub by byl v této horninové třídě členěn na tzv. pilotní tunel, který může být 5–8 m široký, a následnou dobírku do plného profilu. K zajištění výrubu předepisovala projektová dokumentace min. 50 mm stříkaného drátkobetonu a radiální kotvení až 6 m dlouhými SN kotvami. V horninové třídě V bylo dále upraveno jehlování, které by se provádělo ve stropě i stěnách tunelu, a to s menšími rozestupy 0,3 m. Záběr byl zkrácen na 2,5 m a pilotní tunel by nesměl být širší než 6 m. K zajištění výrubu měla sloužit kombinace stříkaného drátkobetonu tloušťky minimálně 100 mm a radiálního systémového kotvení v rastru 1,5x1,5 m 6 m dlouhými kotvami. Geotechnický monitoring v podobě konvergenčních profilů pro sledování stability výrubu byl plánován pouze v horninové třídě V.

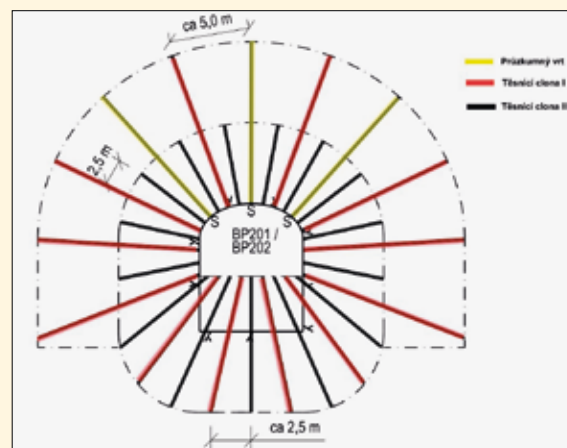
Doplňkový průzkum a nové projekční řešení

V prosinci roku 2017 se ražby tunelů hlavní trasy HT201 a HT202 dostaly do staničení km 12/480, kde byla stanovena hranice začátku pasáže pod jezerem Mälaren. Z tohoto místa byly zahájeny průzkumné jádrové vrty v obou tunelových troubách.

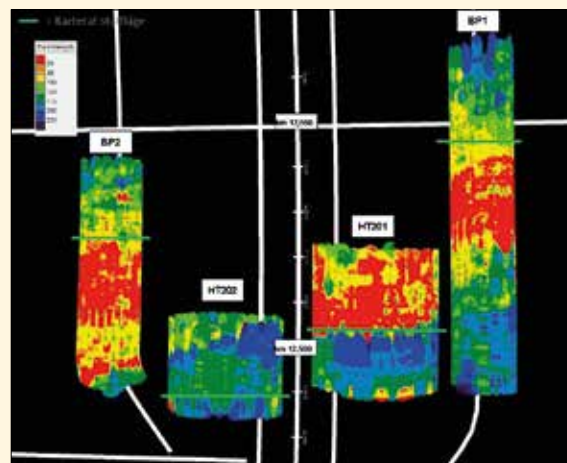
V tunelu HT201 byl proveden jádrový vrt v délce 201 m. Zhruba od staničení km 12/505 je možné pozorovat mokrou zónu, tvořenou zejména rozrušeným grafitem a kataklazitem, mocnou 30 m (obr. 10). Podobně rozrušené zóny se v úseku vyskytují ještě několikrát, přičemž zbylé horninové prostředí mezi nimi tvoří středně a silně rozpukaná rula s různě frekventovanými grafitovými vrstvami malé mocnosti, kolem kterých je obvykle možné pozorovat zvlhlý výnos jádra. V tunelu HT202 byl proveden 88 m dlouhý vrt, který ve své délce zastihuje v podstatě totožné podmínky, pouze v mírně jiných staničeních. Na základě těchto vstupních informací byla připravena revize projektu, jež bere v úvahu také fakt, že se jedná o časově kritický úsek. Investor se rozhodl, v předstihu před hlavními tunely, vyrazit pod jezerem dvojici průzkumných tunelů, zvaných Bypass I a Bypass II (BP1 a BP2), a to po obou vnějších stranách tunelů hlavní trasy.

Tyto dva nové tunely mají nejen funkci průzkumnou, ale jelikož jsou to díla výrazně menšího profilu a dočasného charakteru, nejsou z pohledu ražby tak časově náročná. Průzkumné tunely mají tedy poskytnout dostatek informací pro průběžnou optimalizaci ražeb tunelů hlavní trasy a zejména umožnit co nejrychlejší pokračování ražeb a následných prací na definitivním ostění za jezerem Mälaren.

Ražba tunelů hlavní trasy, stejně jako u průzkumných tunelů, začíná průzkumnými vrty a těsnicí injecktáží předpolí. K tomu slouží 16 m dlouhé průzkumné vrty, vrtané skrze uzavíratelný ventil, kterým je v případě potřeby možné zastavit přítoky vody do tunelu. Tyto průzkumné vrty jsou součástí vějíře těsnicí injecktáže, jedná se tedy zároveň o vrty pro utěsnění předpolí, tzv. pregROUTING (obr. 11). Ve vrtech se provádí měření přítoku vody, které je rozhodující pro způsob provádění následných injeckčních prací. Je-li naměřen přítok menší než 50 l/min, provede se injecktáž prvního vějíře těsnicí clony injeckční směsí na bázi cementu s vodním součinitelem 0,7. (Pozn.: Projekt předepisuje tři receptury, a to s vodním součinitelem 0,85, 0,7 a 0,6.). Následuje vrtání druhého těsnicího vějíře, jehož vrty jsou vrtány blíže k výrubu tunelu. Následuje injecktáž pomocí směsi č. 1 s vodním součinitelem 0,85. Těsnost masivu se nakonec ověřuje kontrolními vrty, v nichž je provedena vodní tlaková zkouška, tzv. Lugeon test (Lugeonuův koeficient je definován jako absorpce vody měřená v litrech na metr testovaného vrtu za minutu při tlaku 1 MN/m²). Injeckční práce se považují za úspěšné, je-li v kontrolních vrtech naměřena hodnota Lugeonu menší než 0,2. V situaci, kdy je v průzkumném vrtu naměřen přítok větší než 50 l/min, se v prvním kole injeckčních prací používá směs č. 3 s vodním součinitelem 0,6. Po dokončení prvního kola se ověřuje účinek injeckčních prací vodní tlakovou zkouškou v kontrolním vrtu. V druhém kole injeckčních prací se používá směs č. 2. Po dokončení druhého kola se opět vrtá kontrolní vrt a provádí se Lugeon test. Pro případy extrémních přítoků či neúčinné injecktáže pomocí cementových injeckčních médií je připravena chemická injecktáž dvousložkovou polyuretanovou pryskyřicí CarboPur WF.



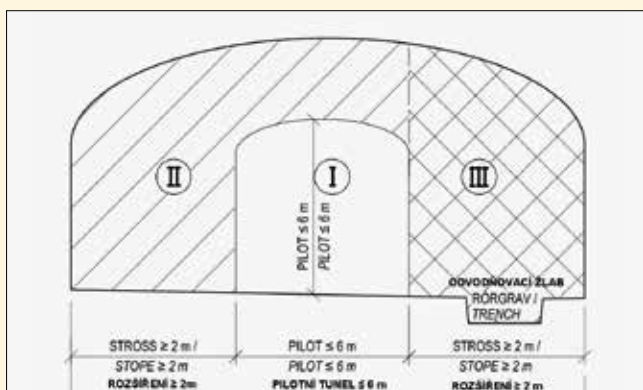
Obr. 11: Těsnicí clona doplněná o průzkumné vrty



Obr. 12: Grafické znázornění MWD dat zobrazuje kvalitu skalního prostředí

Veškeré vrty pro injeckční práce jsou využívány ke sběru MWD dat (Measurement While Drilling), která slouží jako doplňující nástroj geologa pro klasifikaci horninového prostředí. Grafické znázornění MWD dat je zobrazeno na obr. 12, kde je možné porovnat barevně odlišnou kvalitu horninového prostředí na skále barev od modré po červenou, kde modrá představuje zdravé skalní prostředí. Celý proces je analogický s průzkumnými tunely.

V horninových třídách IV a V, které jsou předpokládány v celé délce úseku, je v tunelech hlavní trasy vyprojektován 15 m dlouhý mikropilotový deštník, sestávající z 65 mikropilotů rozměru 10/139,7 (10 mm tloušťka stěny piloty, Ø piloty 139,7 mm), osově vzdálených 0,5 m, vrtaných do stropu i stěn tunelu. V horninové třídě IV je nejdříve vyražen pilotní tunel široký a vysoký 6 m v délce 10 m a následně je v 2,5 m záběrech tunel na dva-krát vyražen do plného profilu, jak je patrné z obr. 13. Výrub je po každém záběru stabilizován 200 mm stříkaného drátkobetonu, aplikovaného ve čtyřech 50mm vrstvách, na které jsou postupně instalovány dvě vrstvy vyztužovacích sítí NK500AB 8150 a radiální SN kotvy dlouhé 5 m v rastru 1x2 m. V horninové třídě V je výrub ještě více členěn, jak je zobrazeno na obr. 14. V horších geologických podmínkách může být kalota rozdělena



Obr. 13: Členění výrubu tunelu v horninové třídě IV

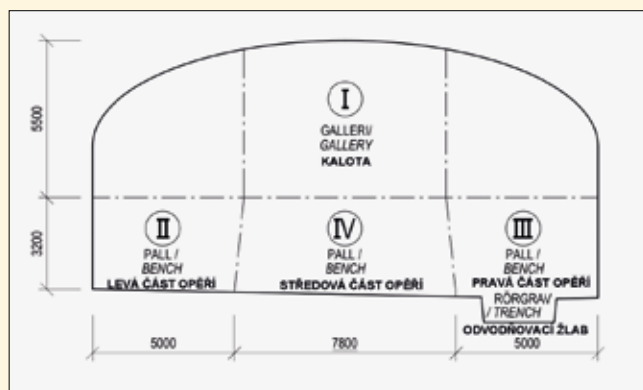
až na tři části. Opěří je vždy rozděleno na tři části, přičemž jeho středová část, dlouhá 4 m, je ponechávána jako přítěžovací prvek stabilizující čelbu. Čelba kaloty je zajištěna 15m samozávrtnými kotvami (Ischebeck Titan) vrtanými každých 10 m. Prvky zajištění stěn a stropu jsou totožné jako v horninové třídě IV. Kromě sedmi profilů pro měření konvergencí je geotechnický monitoring v tunelu doplněn o inklinometrické a extenzometrické měření, která budou součástí prvních dvou navrtaných mikropilotových dešťníků.

Ražby pod jezerem dle revidované projektové dokumentace

Práce na ražbách průzkumných děl dle nových podkladů byly zahájeny v létě roku 2018, kdy byl navrtán první mikropilotový dešťník typu Ischebeck v průzkumném tunelu BP1. K vrtání

mikropilot byla nasazena jednolafetová vrtná souprava Klemm 806-3, se kterou bylo v malém prostoru průzkumného tunelu vrtání obtížné. Trvalo několik týdnů, než se podařilo odstranit prvotní problémy, např. najít vhodnou vrtnou korunku či zajistit neustálý geodetický servis pro navigaci vrtání. Nakonec se výkony vrtání ustálily na čtyřech mikropilotách za den a podařilo se najít dobrý rytmus mezi ražbou a vrtáním mikropilot, takže bylo možné téměř plynule střídát operace mezi průzkumnými tunely BP1 a BP2, a to přibližně každé dva týdny.

V hlavních tunelech byly práce započaty o něco později. Nebylo totiž snadné najít ve Švédsku subdodavatele, který by byl schopen navrtat mikropilotový dešťník požadovaných parametrů. Po dohodě s investorem byla podepsána smlouva s českou společností Zakládání staveb, a. s., která se velice rychle



Obr. 14: Členění výrubu tunelu v horninové třídě V

zmobilizovala a v září 2018 navrtala první mikropilotový (MP) dešťník v tunelu hlavní trasy HT201. K vrtání je zde využívána upravená vrtná souprava Casagrande PG185, s níž se běžně navrtá 5–8 mikropilot za směnu (obr. 15, 16). Jelikož se ražba hlavních tunelů stále nachází v porušené zóně, jsou postupy velice pomalé a z pohledu optimalizací je v hlavních tunelech investor zatím opatrný. Doposud zaznamenané odchylky od projektu tunelů hlavní trasy převážně vyplynuly z technických možností strojů a mají minimální vliv na rychlost ražeb. O zajištění ražeb hlavních tunelů MP dešťníky se dozvíte v následujícím textu od stavbyvedoucího společnosti Zakládání staveb, a. s., Ing. Jána Mihálíka.

Ing. Tomáš Němeček,
Subterra, a. s./SBT Sverige AS

ZAJIŠTĚNÍ RAŽEB POD JEZEREM MÄLAREN MIKROPILOTOVÝMI DEŠŤNÍKY



Obr. 15: Příprava na osazení výztužné trubky MP dešťníku za pomoci vrtné soupravy Casagrande PG 185

V části tunelu pod jezerem, kde je zdravé skalní granitové podloží vystřídáné porušenými rulami a jílovitými oblastmi, bylo potřeba zajištění tunelu mikropilotovými (MP) dešťníky. Jedná se o 40 ks MP dešťníků po 20 ks ve dvou souběžných tunelových rouřích. Tyto MP dešťníky jsou tvořeny ocelovými perforovanými trubkami průřezu 139,7/10 mm celkové délky 16 m v počtu 61 ks v jedné a 63 ks v druhé tunelové rouři. Jednotlivé výztužné trubky MP dešťníku jsou v úrovni návrtných bodů vzdálené přibližně 0,5 m od sebe. Návrtné body jsou vyznačené na čelbě a směr každé rouře nastavuje a kontroluje geodet pomocí terče na zadní straně lafety vrtné soupravy Casagrande PG 185. Vlastní vrtání otvoru pro MP zajišťuje spodní vodou poháněné kladivo Wassara W100 osazené na začátku vrtných tyčí. Na pohon kladiva je použito vysokotlaké čerpadlo Techniwell TW 600, které ho zásobuje vodou pod tlakem 160 bar. Do kladiva je osazená korunka typu ring-bit od firmy Mincon, která zanechává celkový průměr vrtaného otvoru 150 mm. Tento systém vrtání umožňuje soustavné pažení vrtu tím, že výztužná trubka je

tahána za úvodní plnočelovou korunkou. Z toho důvodu jsou ocelové výztužné trubky předem upravované ve strojních dílnách Zakládání staveb, a. s., v Praze a pak následně dopravované na stavbu do Stockholmu. Úpravy spočívají v montáži injekčních ventilků, navaření pažnicové korunky a vnitřní úchytné prstýnkové manžety na úvodní pažnici, do které pasuje pilotní korunka upevněná na kladivu. Ta se pravotočivým pohybem uzamkne do prstencové manžety, a proto při vrtání fungují jako celek. Po dovtáčení vrtu se pak levotočivým pohybem pilotní korunka odemkne a společně s kladivem a vrtnými tyčemi se vytáhne vnitřkem výztužné trubky, zatímco pažnicová korunka navařená na trubce zůstává ve vrtu jako ztracená.

Jelikož jsou trubky kvůli přepravě dodávány v délkách 12 m a 4 m, je potřeba je spojovat pomocí závitových spojů na každé trubce. Stále se pracuje se dvěma kompletními kolonami tyčí, na jejichž začátku jsou kladiva s pilotními korunkami. Je to proto, že se s jednou kolonou tyčí vrtá a na druhou se pomocí rýpadla navlečou obě trubky, 12 m i 4 m. S takto předpřipravenou vrtnou sestavou se počká na dokončení předešlého vrtu a vytažená kolona tyčí se vymění za tu s připravenou MP trubkou. Na vrtačce se potom pomocí pažnicového hrnce obě trubky sešroubují dohromady a následuje vrtání dalšího vrtu. Tento postup se cyklicky opakuje. Jednotlivé vrty na MP deštníku se vrtají obkročmo, takže se začíná lichými čísly, což představuje 31 nebo 32 ks s následnou injektáží. Potom následuje odvrtání sudých MP, tj. 30 ks nebo 31 ks.

Před injektáží jsou k MP trubkám osazeny odvodušovací trubičky a spára mezi stěnou vrtu a trubkou je utěsněna PUR pěnou. Vlastní MP trubka je uzavřena hrncem se závitem a s uzavíracím ventilem. Injektáž se provádí strojem Unigrout se dvěma pumpami, a to tak, že po vytvoření cementového mléka s vodním součinitelem $v/c = 0,54$ dochází k plnění trubky s max. tlakem 8 bar a po vyplnění trubky se plynule přechází k injektáži s rychlostí plnění 4–6 l/min až po dosažení požadovaného tlaku 10 bar. Ventilkou osazené po celé délce MP trubky se při dosažení plnicího tlaku uvolní a dojde tak vyplnění celého mezikružního průřezu injektážní směsí do zastižených skalních puklin a poruch po celé délce.

Po kompletním dokončení jednoho MP deštníku je třeba vyklidit pracovní prostor, a to odvezením a uložením zbylých trubek, smotáním hadic a odstavením vrtačky s rýpadlem v bezpečné vzdálenosti od čelby, aby se zabránilo poškození těchto zařízení vymrštěnými úlomky skal při odstřelech čelby. Po odtěžení a kompletním připravení další čelby ve vedlejší tunelové rouře se mechanismy dostanou přepojovací chodbou do vedlejšího tunelu a následně na nové pracoviště. Během natahování a připojování tlakových hadic na vrtačku se rýpadlem upraví pracovní prostor a zhotoví se odvodušovací příkopy. Do takto připraveného prostoru se nastěhuje vrtačka, která se ustaví do požadované polohy a směru na vrtání. Následně se přivezou balíky s MP trubkami a začíná celý proces zhotovování MP deštníku nanovo. Všechny práce, které se týkají transportu zařízení nebo manipulace s MP trubkami v tunelu, jsou navíc omezené pohybem ostatních mechanismů a uspořádáním skladovacích prostor podél obou tunelových rour.



Obr. 16: Instalace trubky MP deštníku

Průběžné vyhodnocování údajů z injektáží čelby, tedy detekovaných geologických poměrů, slouží následně i pro přizpůsobování procesu ražeb. V současnosti dochází k revizi projektu vzhledem k zastiženému geologii příznivější pro ražbu.

Pro společnost Zakládání staveb, a. s., a její pracovníky se jedná o cennou zkušenost z významné zahraniční stavby, přinášející možnost srovnání se špičkou světového stavebnictví. Tyto zkušenosti do zajista zhodnotíme na dalších podobných stavbách, ať už v zahraničí či tuzemsku.

Ing. Ján Mihálik, Zakládání staveb, a. s.

Foto a obrázky u článku: Subterra, a. s., a SBT Sverige AS

Förfart Stockholm – Road Bypass around Stockholm and Tunnelling under the Mälaren Lake

Förfart Stockholm, a road bypass around Stockholm represents the largest current infrastructural project in Sweden. At the same time, it belongs to the largest tunnel structures in the world executed in a metropolitan area. The bypass is 21 km long, 18 km of which run through tunnels. A part of the road bypass is carried out by a Czech company Subterra, a. s., which in the Swedish market operates through its daughter company SBT Sverige AB. In a partial project of the bypass, named FSE209, at the end of the year 2017 it got into the vicinity of a section where tunnels of the main route pass under the Mälaren Lake. The work was suspended due to concerns about insufficient preparation of the planning documentation for possible complications which the investor, the state organization Trafikverket, in the course of the project assessed as probable.

Main features of the Förfart Stockholm project are described in the article, as well as tunnelling technologies employed in regular sections, and then especially the development of plans for tunnelling in the complicated section under the Mälaren Lake, where a revised project introduced a tunnelling technology under the protection of micropile umbrellas - executed by the company Zakládání staveb, a. s. for SBT Sverige AB.



Vznikajúci železničný most cez Nosickú priehradu, zachytené sú ešte neodstránené štetovnicové ohrádzky pre založenie pilierov P3, P4, P5 (zľava)

MODERNIZÁCIA ŽELEZNIČNEJ TRATE PÚCHOV–ŽILINA ZALOŽENIE ŽELEZNIČNÉHO MOSTA CEZ NOSICKÚ PRIEHRADU NA VÁHU

V rámci I. etapy Modernizácie železničnej trate Púchov–Žilina pre traťovú rýchlosť do 160 km/h na úseku Púchov–Považská Bystrica realizuje spoločnosť Zakládání staveb, a. s., od jesene roku 2016 až doteraz práce špeciálneho zakladania objektu SO 44.33.21.1 Nový železničný most nad Nosickou priehradou. Na projekte sa uplatnila široká škála technológií špeciálneho zakladania. Išlo o pilotáž z vodnej hladiny na pilieroch P3, P4, P5 a z terénu na P6, baraniace a montážne práce na výstavbe prístavných hrán, dvojítych štetovnicových ohrádzok umelých ostrovov pre piliere P3, P4, P5 a polostrova pre piliere P6, P7, a tesniacu tryskovú injekťáž na 4 základoch P3 až P6. Vzhľadom na dlhoročné skúsenosti a technologické vybavenie spoločnosti boli súčasťou dodávky aj poskytnutie a obsluha pontónov na zásypy dvojítych ohrádzok, montážne práce na vodnej hladine a rôzne ďalšie manipulačné a pomocné práce, ktoré vyžadovali použitie pontónových plošín a remorkérov. Technickou náročnosťou a významom predstavuje táto stavba jednu z najvýznamnejších zákaziek spoločnosti Zakládání staveb, a. s., v poslednom desaťročí.

Údaje o moste

Most prevádza železničnú trať s návrhovou rýchlosťou 160 km/h z tunela Diel ponad Nimnickú cestu II/507 Nimnica–Považská Bystrica a ďalej šikmo cez Nosickú vodnú nádrž. Na konci nadväzuje na SO44.33.21.2 – most pod dvojkoľajnú železničnú trať, ktorý prevádza cestu III/5171 z Milochova do Považskej Bystrice. Most bude po jeho dokončení umožňovať splavnosť dvomi plavebnými šírkami – v poli 3 a 4. Navrhnutá nosná konštrukcia 12poľového priamopásového mosta dvojkomorového prierezu z predpäťého betónu s typickým rozpätím 51,5 m zodpovedá povahe premostovanej prekážky a dĺžke premostenia.

Stavebníkom sú Železnice Slovenskej republiky, Bratislava, vrchným zhotoviteľom je Združenie Nimnica, pričom jej vedúci člen Doprastav, a. s., je priamym objednávateľom založenia mosta. Generálnym projektantom je spoločnosť Reming Consult, a. s., a zodpovedným projektantom založenia mosta je spoločnosť LKM Consult, s. r. o., projekt štetovnicových ohrádzok provedla SPAI, s. r. o.

Geológia

V rámci podrobného IGP neboli v hlbšej časti koryta Váhu realizované žiadne vrtné sondy. Úroveň mezozoického súvrstvia pieskovcov a ílovcov a prípadnej balvanitej zóny

bola určená len pomocou geofyzikálnych metód a pomocou baraniacich pokusov bola overená hĺbka, na základe ktorej je možné štetovnice zabaraňiť. Typická geológia v mieste vrtných pilót začínala vrstvou náplavových bahnitých sedimentov charakteru ílovitého piesku o mocnosti 4 m. Pod nimi nastupujú štrky s prímiesou jemnozrnného zeminy G3/G-F do hĺbky 7 m pod dnom. Do hĺbky 12 m sa vyskytujú štrky G3/G-F až G5/GC s ílovitou výplňou. Od 12 m do 14,5 m nastupuje podložie tvorené zvetranými pieskovecami, ktoré od 14,5 m hlbšie prechádzajú do zdravých pieskovcov strednej až vysokej pevnosti R3–R2.



Súčasná prebiehajúca realizácia štetovnicových ohrádzok a pilótového založenia

Prípravné práce

V rámci prípravných prác pre potrebu manipulácie na vode, nalodenie techniky a materiálu bola zrealizovaná prístavná hrana medzi pilierom P11 a P12 z baraných štetovnic stužených obvodovou previazkou. Z tejto hrany sa najprv pásovým žeriavom Kobelco 550 spustili na hladinu jednotlivé diely pontónu, ktoré sa postupne spájali tyčami do zostavy podľa požadovanej schémy.

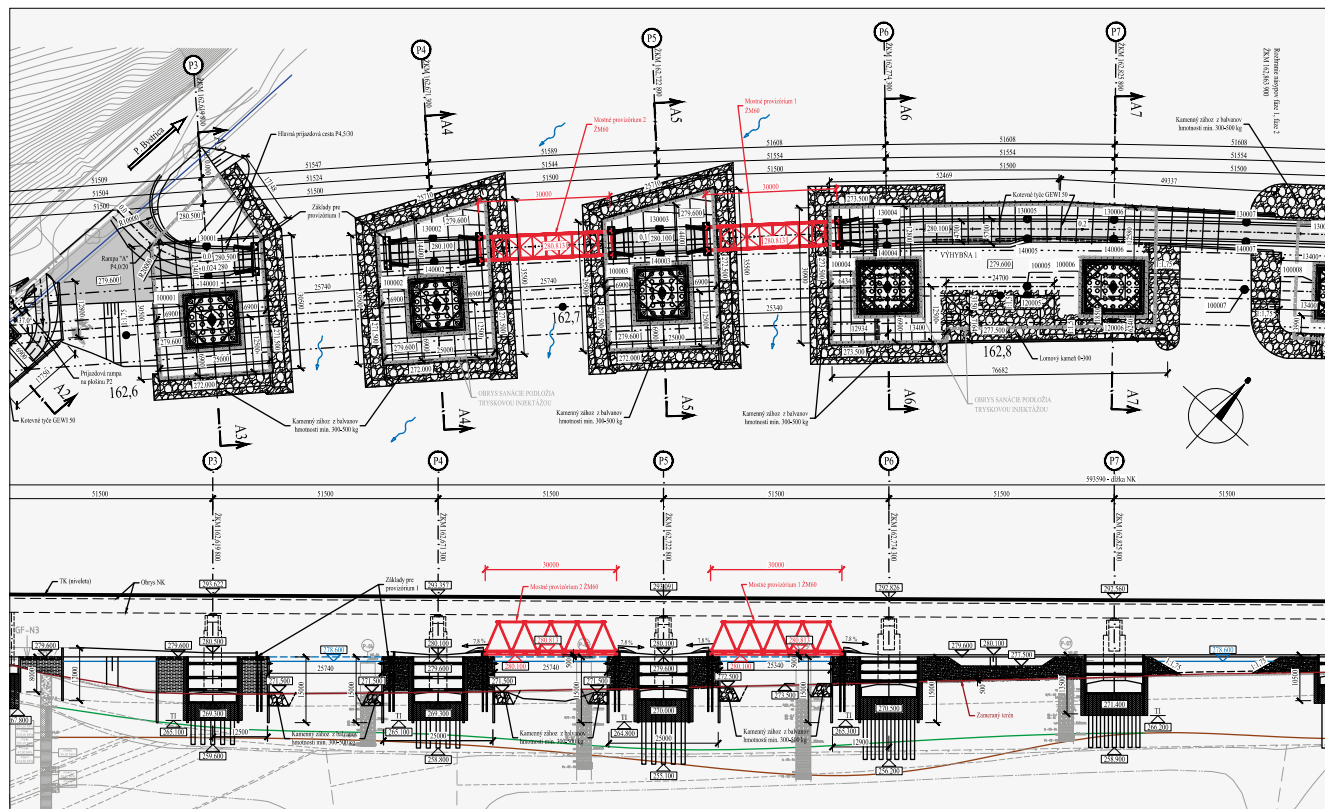
Na prelome februára a marca roku 2017 prebehla technologická skúška razenia štetovnic. Baraniaca zostava sa nalodila na pontónovú plošinu, tlačenu remorkérom Veronika II, a vyrazila na geodeticky vytýčené miesta budúcich prác. Baranenie bolo realizované

pomocou kalibrovanej štetovnice o dostatočnej dĺžke s ohľadom na požadovanú hĺbku baranenia jednotlivých jímok pilierov P3 až P12. Z hladiny priehrady boli realizované pokusy pre pilier P3 až P8. Pre piliere P9 až P12 sa baranilo už z realizovaného násypu. Výsledkom týchto pokusov bolo overenie skutočnej úrovne nebaraniteľného podlažia, pričom sa zistilo, že všeobecne sa nachádza vyššie, ako bolo predpokladané, čo viedlo k adekvátnemu skráteniu dĺžky štetovnic.

Harmonogram prác

Práce začali v máji 2017 realizáciou pilót a baraním štetovnic z vodnej hladiny. Pilotáž začala na základe P5 a ďalej pokračovala

smerom k druhému brehu (smer Nimnica) na P4 a P3, pričom realizácia pilót každého základu trvala približne 30 dní. Baraniace práce boli realizované výlučne z vodnej hladiny. Začalo sa razením štetovnic na polostrove P6, P7 ako predĺženie výbežku umelého násypu. Po jeho dokončení bolo násypové teleso budované z brehu postupným sypaním materiálu do vody do priestoru vymedzeného dvojítmí štetovnicovými stenami. Všetky štetovnicové ohrádzky boli navrhnuté ako dvojité steny so vzájomným spriahnutím vonkajšej a vnútornej štetovnicovej steny a súčasne naprieč celým vnútorným priestorom ostrova vo dvoch kolmých smeroch pomocou systému tiahel. Priestor stavebnej jamy, ohraničený



Pôdorys a pozdĺžny rez základania na dvojítmí štetovnicových ohrádzkach P3, P4, P5 a spoločnom polostrove P6 a P7



Pilotové založení piliera P3 z pontónovej plošiny, montáž rozperného rámu vnútornej jímky P5

vnútornou štetovnicovou stenou, bol pri výkope na základovú škáru stabilizovaný a zabezpečený systémom spúšťaných oceľových rozperných vencov.

Priestor medzi dvojicou štetovnicových stien ostrova bol vyplnený vhodným zásypovým materiálom. S výnimkou jímky P6, teda na jímkach pro P5, P4 a P3, nebol priestor vymedzený vnútornou stenou zasypávaný, teda spodok takto vytvorenej jamy tvorilo miestne dno Váhu a jej priestor bol naplnený uzavretou povrchovou vodou. Po dobaranení polostrova P6, P7 baraniaca pontónová zostava pokračovala baraním ostrovov P5 a P4, kde medzitým už bola dokončená realizácia pilót z pontónu. Po troch mesiacoch pilotážnych prác na vode nasledovalo vylozenie vrtné súpravy a nájazd na medzitým dokončený polostrov P6, P7. Tu bola celá plocha štetovnicového polostrova presypaná na úroveň pilotážnej plošiny, z ktorej boli potom realizované piloty na P6.

Zároveň s pilotážou začala na pilieri P6 trysková injektáž s cieľom utesniť budúcu hlbokú stavebnú jamu ako aj zlepšiť stabilitu násypového telesa a po dokončení pilót bol realizovaný blok tryskovej injektáže aj medzi pilótami a pod základom oceľového mostného provizória M60.

Podobne sa postupovalo aj na štetovnicových ohrádzkach pro piliere P5, P4 a nakoniec P3. Po dokončení baraniacich prác nasledovali zásypové práce. Vonkajšie obsypy pätý štetovnic boli riešené pomocou plávajúcej plošiny, ktorou boli nákladné autá s ťažkým kamenným záhozom dopravené k vonkajšiemu obvodu štetovnicovej ohrádzky, kde náklad vysypali. Na vnútorný zásyp dvojítych štetovnicových ohrádzok ostrovov P4 a P5 boli

využitú dočasné pontónové mosty, po ktorých sa nákladnými autami dopravoval materiál. Po dokončení zásypov sa z povrchu štetovnicových ohrádzok realizovala trysková injektáž, ktorá zabezpečila dno stavebnej jamy proti prítoku, prelomeniu dna a súčasne plnila statickú funkciu vo forme spevnenia podložia. Dno rieky v tomto úseku totiž tvoria bahnité sedimenty hrúbky viac ako 1,0 m.

Ako posledná bola z druhého brehu priehrady baranená dvojíta štetovnicová ohrádzka polostrova P3, ktorej realizácia mohla začať až po dokončení prác na pilieri P6 a čiastočnom odťazení umelého polostrova P6, P7, aby bol dodržaný prietokový profil priehrady. Po dokončení baraniacich, montážnych a zásypových prác bola aj na tomto polostrove realizovaná trysková injektáž.



Pilotové založení piliera P3 z pontónovej plošiny, vľavo dole potrubie pre transport betónu na polystyrénových plaváčkach

Jednou z hlavných okrajových podmienok priebehu prác na stavbe bol hladinový režim na Nosiskej priehrade. Minimálna prevádzková hladina priehrady je 274,60 m n. m. a maximálna 279,60 m n. m., pričom pre statický návrh dočasných konštrukcií v koryte bola uvažovaná minimálna návrhová hladina 276,00 m n. m. Bežný režim stavebných prác bez obmedzenia bolo možné vykonávať v pásme nad min. návrhovú hladinou 276,00 m n. m. a pod max. prevádzkovou hladinou 279,60 m n. m. Hlavne pre montážne a zvaračské práce pri realizácii štetovnicových ohrádzok bolo potrebné držať na úrovni max. 277,6 m n. m.

Pilotážne práce pro piliere P3, P4, P5 a P6

Pilotové skupiny pod piliermi P5, P4 a P3 pozostávali každá z 30 ks pilót v rastri 5x6 a boli realizované v profile 900 mm z vodnej hladiny za použitia pontónovej zostavy vhodnej konfigurácie, ktorá sa ukotvila oceľovými lanami k vopred zabaraneným štetovniciam v toku. Pre potreby vrtných prác bola pontónová plošina upravená pridaním zvarného oceľového rámu slúžiaceho na vedenie vrtných kolón, na jej vyvesenie a zaistenie. Na pontóne boli umiestnené dva údržbové polkontajnery, elektrocentrála, stojan betonárskych rúr s násypkou a vrtné náradie. Pontónová zostava bola najprv navádzaná geodeticky z brehu na približné miesto návrtu remorkérom. Počas týchto manévrov bol pontón väčšinou ukotvený dvomi lanami proti prúdu ku kotveným štetovniciam, aby manipulácia s ním bola v prúdnicí jednoduchšia. Na presnejšie ustavenie polohy pontónov slúžili ručné naviaky s oceľovými lanami na štyroch rohoch pontónovej zostavy. Keď bola poloha zostavy správna, spustili sa stabilizačné nohy. Tie minimalizovali horizontálne pohyby zostavy vplyvom prúdu a krútiaceho momentu pri vrtaní alebo odpažovaní a zároveň bránili



Dovŕanie pílôty, čistenie päty pílôty hrncom s plochým dnom za prítomnosti geologického dozoru



Ohrádzka P5 rozopretá v 3 úrovniach rozpernými rámmi, prebieha ťažba na základovú škáru a búranie prebetonávky hláv 30 ks pílôt

vertikálnym pohybom, ktoré by boli nebezpečné pre stabilitu pontónu. Správna poloha vrtné kolóny sa z brehu geodeticky kontrolovala na stred pažnice spustenej na hladinu. Pílôty základu P3 mali dĺžku 11 m, na P4 12 m, na P5 v najhlbšom mieste toku to bolo 16,5 m a na P6 16 m. Podmienkou projektu bolo prispôsobenie dĺžky pílôty podľa konkrétnej geológie a aj armokôš sa mal predĺžiť alebo skrátiť predpísaným spôsobom, čo riešil projekt už pri návrhu armokôšov predĺžením stykovej dĺžky hlavnej pozdĺžnej výstuže. Pri vŕtaní každej pílôty bol v zmysle KSP prítomný geologický dozor, ktorý kontroloval súlad geologického profilu s projektom a päť pílôty, ktorá mala byť podľa projektu zviazaná 1 m do skalného podložia a dôkladne začistená hrncom s plochým dnom.

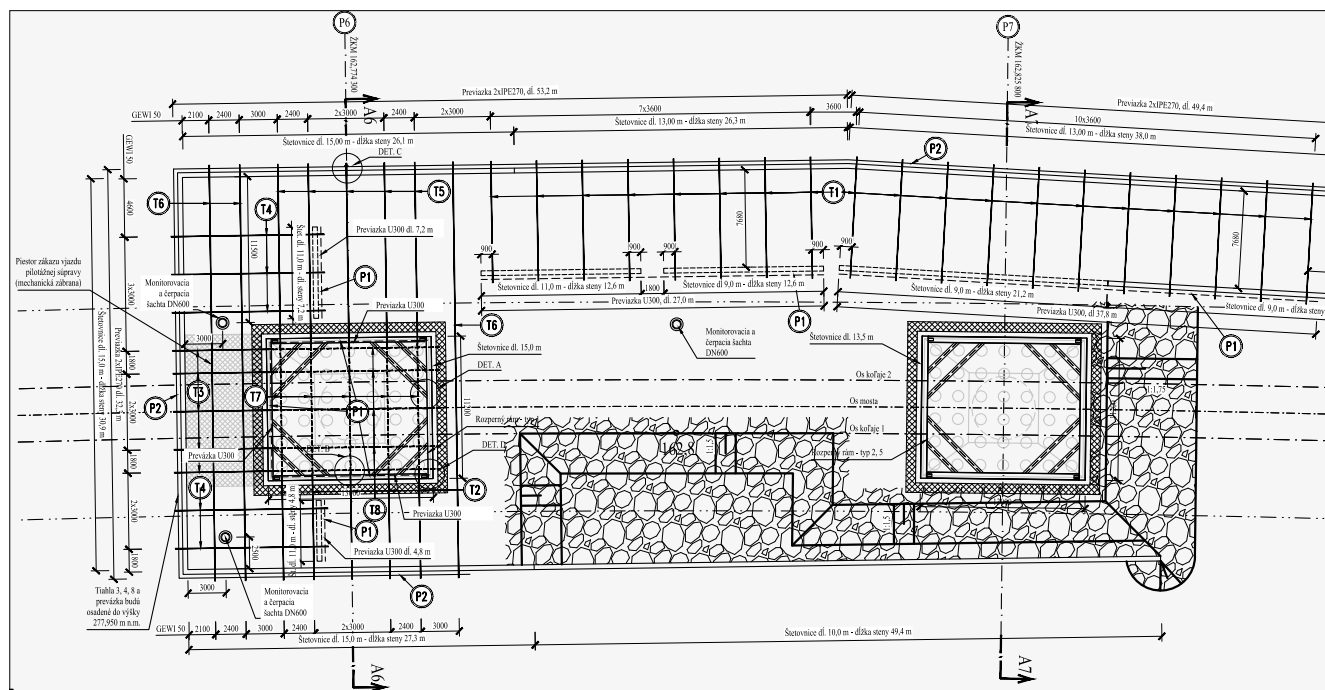
Pre účely betonáže bolo pripravené plávajúce potrubie svetlosti 150 mm zložené zo 6 m dlhých kusov. V strede každého bol pripevnený polystyrénový kváder, ktorý ho mal udržať na hladine v stave, kedy je potrubie plné

betónu. Spojením všetkých dielcov vzniklo potrubie o dĺžke až 150 m, ktorým bolo možné za použitia pumpy MECBO Pulsar 6,80 dopraviť betónovú zmes po vodnej hladine až k vyvŕtanej pílôte. Vzhľadom na ťažko predvídateľný tvar hornej časti pílôty v bahenných usadeninách boli pílôty prebetonované výrazne viac, ako je bežné, aby bola istota, že aj v hornej časti bude driek pílôty plnohodnotný. Po dokončení pilotáže základov P5 až P3 z vodnej hladiny sa vrtná súprava vylodila z pontónovej plošiny a prešla na polostrov P6, P7, kde vrtné práce na základe P6 boli realizované z terénu medzicasom vybudovaného umelého polostrova. Tu bolo realizovaných 42 pílôt v rastri 6x7 pílôt.

Baraniace a montážne práce na dvojitých štetovnicových ohrádzkach polostrova P6, P7 a ostrovov P5, P4 a P3

Baraniace práce začali na polostrove P6, P7. Začalo sa baranení dvoch obvodových rovnobežných stien polostrova vo vzájomnej

vzdialenosti 7,7 m z konca umelého násypu smerom k prúdnici toku. Po čiastočnom dokončení vonkajších stien ohrádzky sa prešlo k baraneniu a uzavretiu vnútornej ohrádzky P6 ktorej priestor vymedzoval budúca stavebná jama základovej pätky a pilera P6. Postupne boli na vonkajšom obvode stien inštalované vodorovné priebežné previazky z 2x IPE270 a v projektovaných miestach boli cez tieto previazky steny zviazané tiahľami GEWI pr. 50 mm. Po dobaranení vnútornej ohrádzky sa dokončila vonkajšia ohrádzka a polostrov sa uzavrel. Na vybraných štetovnicových vnútornej ohrádzky boli ešte pred zabaranením na vnútornej strane v presnej výškovej úrovni navarené konzoly na polozenie spodného z troch rozperných rámov. Pokračovalo sa zváraním oceľových rozperných rámov o rozmeroch 12x11 m, ktoré pozostávali po obvode z profilov 2x IPE400 v rohoch vystužených dvomi diagonálami HEB300. Najprv bol nad hladinou zvarový a zmontovaný spodný rám, ktorý sa žeriavom spustil pod



Pôdorys zakladania polostrova P6, P7 – štetovnicové steny, vodorovné previazky spriahnuté tiahľami, rozperné rámy vnútorných ohrádzok

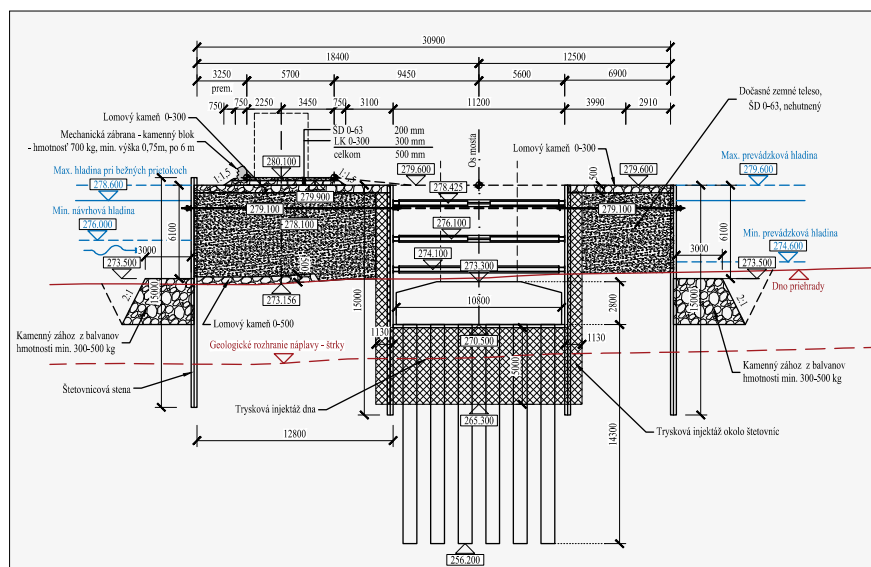


Pohľad na dvojitú rozoprenú ohrádzku pre pilier P4, prebiehajúce zásypy vonkajšieho obvodu ohrádzky ostrova

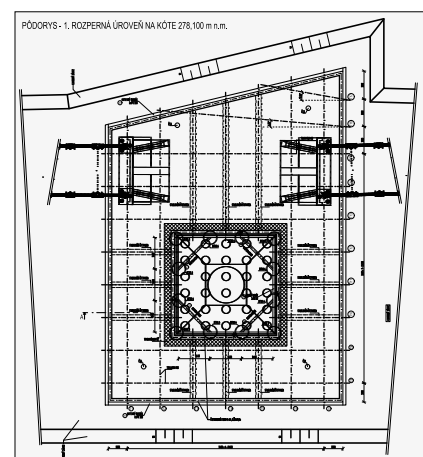
hladinu, kde sa položil na spomínané konzoly privarené na štetovnice. Pri tejto operácii asistoval potápač, ktorého úlohou bolo skontrolovať polohu dosadeného rámu a inštalovať vymedzovacie klíny medzi IPE profily a štetovnice na zaktivovanie rámu. Po osadení spodného rámu sa zmontoval a osadil horný rozperný rám, cez ktorý prechádzali tiahla na previazanie vonkajšej a vnútornej ohrádzky. Montáž stredného rozperného rámu sa realizovala v neskoršej fáze už vybudovaného ostrova pri výkope vnútornej ohrádzky na základovú škáru. Po dokončení montážnych prác sa začal vnútorný priestor dokončeného

polostrova vyplňať zásypovým materiálom a zároveň bol pomocou bagra na návodnej strane štetovnic ukladaný ťažký kamenný obrys z balvanov min. 300 kg. Sypaný materiál pred sebou v jímke tlačil riedke bahnnité sedimenty, ktoré bolo postupne treba vyberať, aby sa nezneškodil materiál telesa násypu. Tento jav bol najviditeľnejší, keď sa zo zásypom došlo ku koncu polostrova. Počas realizácie zásypov polostrova sa prejavili viditeľné zmeny tvaru stien a štetovnice vonkajšej obvodovej steny mierne vyduli smerom von. Zásyp vo fáze jeho realizácie tlačil na steny vnútornej jímky, kedy ešte táto nebola

obsypaná zo všetkých štyroch strán rovnako, čím ju začal nakláňať a postupne deformovať. Na stenách vnútornej jímky sa tieto zmeny prejavili v maximálnej miere po dokončení zásypu, kedy zaťažená vonkajšia stena ťahom cez GEWI tyče deformovala vnútornú jímku. Ako protiopatrenie bol realizovaný dodatočný vonkajší obrys polostrova ťažkým kamenným záhozom v problémových miestach, aby sa poistila aj stabilita päty štetovnic, neskôr boli doplnené tiahla do exponovaných miest a bola realizovaná sanačná trysková iniektáž. Baraniace práce ostrovoch P5, P4 a polostrova P3 boli realizované rovnakým postupom. Po zabaranení troch vonkajších stien za realizovala vnútorná ohrádzka, namontovali sa previazky a rámy a nakoniec sa uzavrela



Priečny rez dvojitej štetovnicovej ohrádzky P5 (totožná s P4)



Pôdorys - 1. ROZPERNÁ ÚROVEŇ NA KÓTE 278,100 m n.m. (totožná s P4)

vonkajšia ohrádzka, nainštalovali sa tiahla a ostrov sa dokončil. Nasledovalo uloženie vonkajšieho obsypu, realizovaného pomocou plávajúcej pontónovej zostavy tlačenej dvojicou remorkérov s nákladnými vozidlami naplnenými materiálom. Potom sa zrealizoval dočasný pontónový most, po ktorom sa dopravoval a vysýpal materiál do priestoru štetovnicovej ohrádzky. Po skúsenostiach z polostrova P6, P7 boli všetky tiahla zvrchu ochránené stabilizačnými štetovnicami, ktoré prenášali vzperné účinky a stabilizovali steny ohrádzky. V strede dĺžky stien oboch ohrádzok boli privarené 2 m vysoké trubky, ktoré slúžili na geodetické meranie potenciálneho náklonu štetovnicových stien. Uplatnením vyššie uvedených opatrení sa zamedzilo nepriaznivým deformáciám ohrádzok vplyvom tlakov umelého násypu.

Tvar vonkajšieho obrysu štetovnicových ohrádzok bol navrhnutý v súlade s hydrodynamic-kou štúdiou, ktorá sa zaoberala rýchlosťou pretekajúcej vody v zúženom profile rieky Váh. Dôvodom bola snaha o zníženie prúdového tlaku vody na ohrádzku.

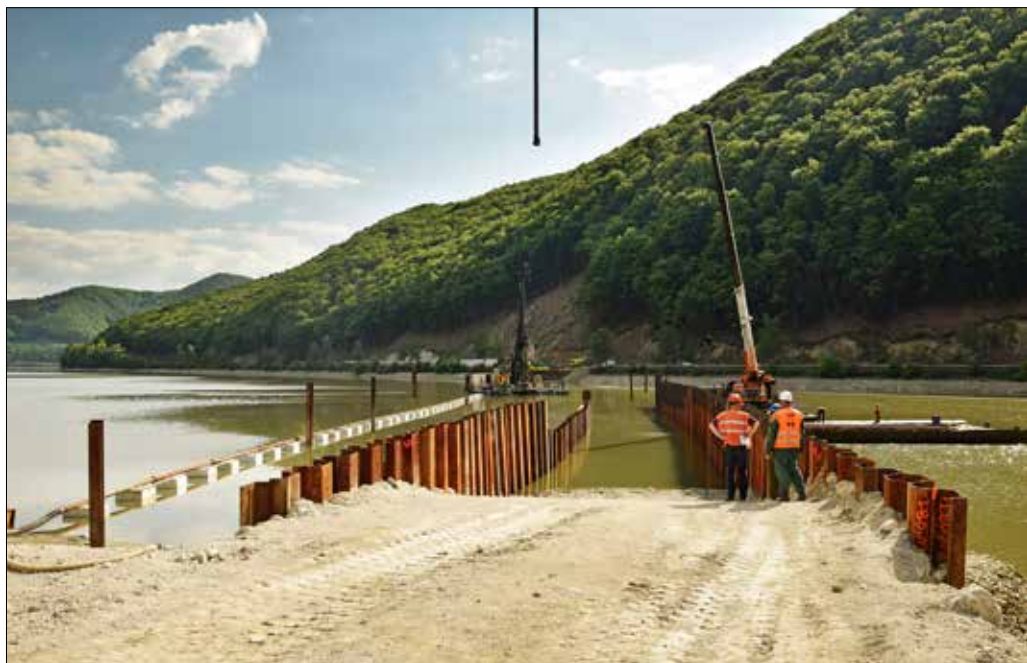
Zásypový materiál pre ostrovy

Pri statických a stabilitných výpočtoch sme uvažovali zásypový materiál, ktorý je blízky miestnym štrkom. Parametre zásypovej zeminy (štrk s prímiesou jemnozrnnej zeminy G3/ G-F):

- objemová hmotnosť: $\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3$,
- efektívny uhol vnútorného trenia: $= 29^\circ$,
- efektívna súdržnosť: $c = 4 \text{ kPa}$.

Materiál musel mať dobrú priepustnosť a musel byť zbavený kameňov väčších ako 125 mm. Reálne použitý zásypový materiál posudzoval geológ v súčinnosti so zodpovedným projektantom geotechniky.

Pod základovou škárou (na okraji štetovnicovej steny) boli umiestnené malopriemerové zberné studne pre občasné odčerpávanie priesakových, resp. zrážkových, vôd. Do



Baranenie vonkajšej a vnútorných stien polostrova pre piliere P6 a P7, súčasne prebieha pilotáž na pilieri P5

zasýpaného priestoru medzi stenami boli umiestnené štyri čerpacie studne. Ich úlohou bola regulácia hladiny vody uzavretej medzi štetovnicovými stenami pri náhlom poklese vonkajšej hladiny a veľmi nízkych stavoch hladiny vo Váhu. Toto opatrenie malo význam pre reguláciu extrémnych namáhání jednotlivých statických prvkov ohrádzky.

Na baraniace práce bola navrhnutá zostava piatich pontónov, takže rozmery plošiny boli 15x9 m. Na plošinu bol umiestnený kolesový žerjav Liebherr LTM30, ktorý sa zapätkoval a reťazami prikotvil k palube. Za ním bol umiestnený servisný polkontajner a hydraulický agregát poháňajúci vibrobaranidlo ICE1423. Na obsluhu takejto baraniacej zostavy slúžil vojenský pontón PS50, na ktorom sa dopravovali štetovnice, tiahla, ocelové profily a iný potrebný materiál. Menší diel pontónu tohto typu slúžil ako pracovná plošina pre pracovníkov realizujúcich veľké množstvo zväračských a zámočníckych prác okolo štetovnicových jímok. Pracovníci sa po hladine

prepravovali motorovým člnom, ktorý tiež slúžil na obhliadku stavby a kontrolu prác.

Trysková injektáž

Použitie technológie tryskovej injektáže pri špeciálnom zakladaní mostných pilierov malo štyri ciele:

- vytvorenie vodotesnej tesniacej clony po vonkajšom obvode vnútornej štetovnicovej ohrádzky budúcej stavebnej jamy za účelom vylúčenia priesaku vody cez štetovnicovú stenu (na obrázku v strede strany 20 vyznačené zelenou farbou),
- utesnenie a spevnenie dna budúcej stavebnej jamy piliermi T1 medzi základovými pilótami a vytvorení hydraulicky odolného bloku o hrúbke 4–5 m,
- sanácia násypov s cieľom obmedziť nerovnomerné deformácie telesa násypu, eliminovať riziko naklonenia vrtných súprav, celkové sadanie násypu okolo základov mostných provizórií a okolo plošín pre žerjav; zároveň mal účinok T1 zvýšiť celkovú tuhosť



Detail ohrádzky P5 behom inštalácie horného rozperného rámu



Inštalácia rozperného rámu štetovnicovej ohrádzky P5



Realizácia tryskovej injektáže z masívnych nosníkov IPE 700 na vnútornej ohrádzke medzi pilótami piliera P5

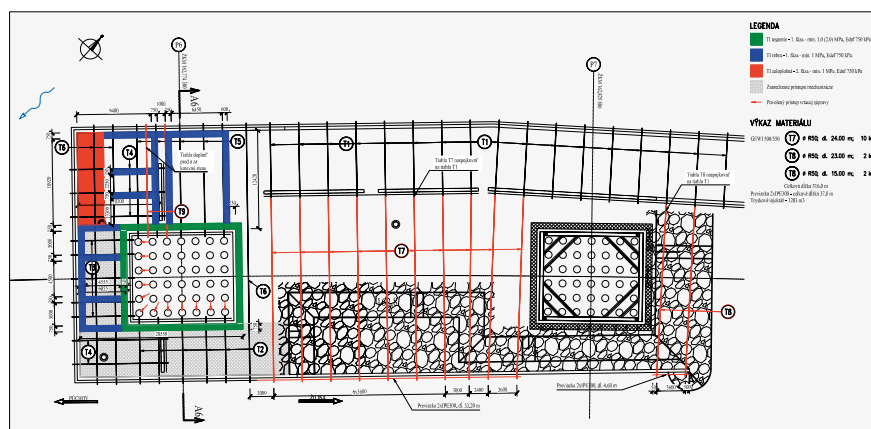


Schéma sanačnej a tesniacej tryskovej injektáže ohrádzky P6

a odolnosť telesa ostrova pri extrémnom nápoře v prípade povodne (na obrázku vyššie vyznačené modrou farbou),
– vytvorenie bloku z tryskovej injektáže bolo navrhnuté v okolí všetkých mikropilótových základov mostných provizórií (viď ďalej v texte) na P3, P4, P5 a P6, P7 (na obrázku vyššie červenou farbou).

Mobilizácia technológie tryskovej injektáže bola naplánovaná po dokončení zásypov a realizácii pilót na polostrove P6, P7. Najprv sa zrealizovali rebrá z usmernenej tryskovej injektáže M1 do hĺbky 6 m (modrá), následne blok pilierov metódou M2 priemeru 900 a 1200 mm do hĺbky 6 m pod mostné provizorium (červená), tesnenie obvodu štetovnicových stien z usmernenej tryskovej injektáže M1 do hĺbky 14 m (zelená) a nakoniec blok tryskovej injektáže vo dne jímky P6 medzi pilótami o hrúbke 5,2 m (medzi pilótami – nevyznačené). Tento pracovný postup bol v zásade rovnaký pre všetky základy P6 až P3 s tým rozdielom, že na P6 bola jímka vyplnená násypom a injektážna vrtná súprava sa pohybovala na teréne. Na P5, P4 a P3 neboli vnútorné jímky vyplnené násypom, ale vodou, preto tu boli namontované špeciálne oceľové rámy s masívnymi nosníkmi IPE700. Na ne sa

položila podlaha zo 6 m dlhých štetovnic VL604, čím sa vytvorila pracovná plošina pre pojazd vrtné súpravy. Štetovnice nad miestom návrstu sa vždy dočasne odložili podľa potreby a vrtná tyč sa cez stĺpec vody spustila na dno jímky a zavrtala do dna, pričom celková dĺžka vrtu bola 15 m. Navrhnuté piliere T1 priemeru 1200 mm a 900 mm boli tryskané vzostupne metódou M1 alebo dvojfázovou vzduchovou M2. Takto boli na jednotlivých pilieroch realizované bloky hrúbky 5,2 m a minimálnej pevnosti 2 MPa. Z oceľových plošín boli realizované aj tesniace clony z vonkajšej strany vnútornej jímky. Tu bola

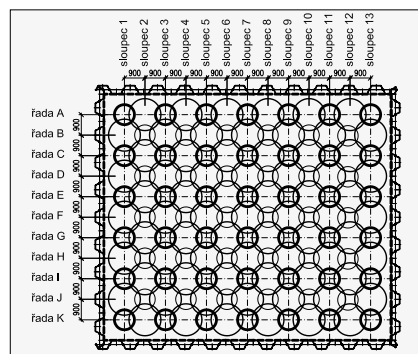
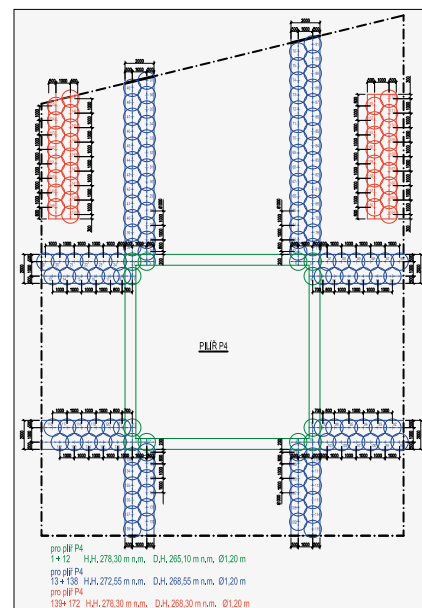


Schéma tryskovej injektáže medzi pilótami na P6 – piliere injektáže pr. 900 mm a 1200 mm – nie sú vykreslené piliere po vnútornom obvode štetovnic na dotiesnenie

použitá dvojradová usmernená trysková vzostupná injektáž M1 s osciláciou s rozstupmi vrtov 1,5 m (0,75 m striedavo a 0,4 m medzi radami), pričom tryskaná dĺžka bola 11–15 m. Vyplavený materiál ostával na dne jímky a vyťažil sa pri výkope jímok na základovú škáru. Pracovný postup a technologické prestávky medzi susednými piliermi boli sledované vzhľadom na citlivú povahu násypu a riziko vzniku neprimeraného tlaku v podloží. Ako hĺbkový základ pre dočasné mostné provizoria M60 pre vzájomné prepojenie ostrovov P4, P5 s polostrovom P6, P7 boli realizované dve trojice mikropilót TR 114/12,5 mm dĺžky 12 m s injektovaným koreňom dl. 9 m pod každou oporou situované v bloku tryskovej injektáže (na detailnom obrázku nižšie vyznačené červenou farbou).

Práce na vode, kamenný obsyp na vonkajšej strane ostrovov

Okrem vyššie spomínaných technológií na vodnej hladine bolo pri realizácii vonkajších obsypov a vnútorných zásypov štetovnicových zostav rôznych úprav a usporiadaní na menej tradičné úlohy. Pri uložení ťažkého kamenného záhozu okolo ostrovov P5 a P4 bola použitá pontónová plošina rozmerov 15x18 m. Manipuláciu s ňou zabezpečovala dvojica remorkérov Veronika II. Pre nalodovanie bola na okraji polostrova P6, P7 zmontovaná prístavná hrana s dorazmi a kĺbovo upevnený nájazd na spôsob padacieho mostu, ktorý bol zdvíhaný a spúšťaný žeriavom. Na palube mohli byť štyri nákladné vozidlá s celkovou hmotnosťou 160 t. Nakoľko sa jednalo o pomerne zložitú a rizikóvu činnosť, bol na ňu vypracovaný posudok autorizovaným znalcom v obore, kde bol predpísaný spôsob vykonania celej operácie. Vozidlá



Sanačná trysková injektáž na ohrádzke P4 (totožné s P5)

postupne nacúvali na pontón po nájazde na presne určené miesto na pozíciu 2, 3, 1 a 4, aby sa pontón zaťažoval rovnomerne od stredu smerom ku krajom.

Pred nalodením každého vozidla sa nájazd zdvihol, pontón sa posunul v priečnom smere a nájazd sa opäť položil, aby na plošine autá nemanévrovali, ale hýbali sa len v priamom smere. Po ich zaistení vložení klinov pod kolesá sa pontón presunul na určený úsek štetovnicovej steny, kde sa o ňu lanom zahákol a autá postupne striedavo cúvali na okraj pontónu a náklad vysypali tesne vedľa štetovnic. Po zrealizovaní vonkajších obsypov bola pontónová zostava rozobratá a prestavaná na pontónový most, po ktorom autá navážali a sypali materiál do jímky P5 alebo P4. Pontóny boli potrebné pri ďalších prácach, ako boli presuny materiálu, polozenie káblov na dno priehrady alebo rezanie štetovnic za asistencie potápača. Zhotoviteľ mostnej konštrukcie využíval pontóny pre rýpadlo pri spätnom odťažovaní zásypu na úroveň pôvodného dna koryta pri likvidácii ostrovov a tiež pri demontáž častí posuvnej skruže v strede rozpätí nad hladinou, ktoré by inak bolo ťažko realizovateľné.

Všeobecne platilo, že na návodnej strane vonkajších štetovnic bol nasýpaný ochranný obsyp z kameňov 80 až 100 cm. Navyše medzi ostrovmi P3 – P4 a P4 – P5 bol tento obsyp aplikovaný kobercovite – celoplošne. Dôvodom bola skutočnosť, že rýchlosť vody, podľa hydrodynamickej štúdie, dosiahne až do 4,0 m/sek. Účelom bolo zabrániť erózii dna rieky. Eróziou dna, tzn. odplavením ílovitých náplavov, sa mohli dramaticky zmeniť uvažované statické výpočtové schémy s následným možným kolapsom ostrovov. V prípade potreby sa mohutnosť týchto zásypov operatívne upravovala podľa sledovaných deformácií štetovnicovej steny.



Ukladanie ťažkého kamenného obsypu okolo ostrovov P5 a P4 z pontónovej plošiny so štyrmi nákladnými automobilmi celkovej hmotnosti 160 t

Doplnkové riešenie v dôsledku lokálnej zmeny geologických pomerov

Príbrežný pilier P3 je umiestnený tesne v úpätí Strážovských vrchov, kde skalné podložie vystupuje bližšie k terénu. V trase vnútornej ohrádzky piliera P3 sa nachádzalo lokálne skalné podložie, resp. balvan, vyššie, ako uvažoval projekt. Nebolo možné zabaraňiť v tomto mieste niektoré štetovnice na požadovanú hĺbku a vznikol stabilitný problém. Za týchto okolností bola vážne ohrozená stabilita vnútornej ohrádzky, prípadne hrozili také deformácie päty štetovnicovej steny, že by mohlo prísť k strate tesnosti tejto stavebnej jamy pod úrovňou hladiny vody rieky Váh. Podľa protokolov o baraní a tryskovej inekťáže bolo špecifikovaných šesť kritických štetovnicových profilov VL604, ktorých päta bola na úrovni základovej škáry, resp. len asi 500 mm pod jej úrovňou. Tento deficit votknutia bol vyriešený osadením mikropilót (MP), zabudovaných zo statických dôvodov na strane výkopu stavebnej jamy, a to tesne ku kritickým štetovniciam. MP mohli byť však zabudované len na pozíciách, kde medzi profilom a rozpernými ráhami bolo miesto na ich osadenie, takže len do každej druhej

štetovnice. MP tak boli zabudované v štetovniciach č. 3, č. 5 po dva kusy a v štetovniciach č. 7 až 9 po jednom kuse. Vystrojenie MP bolo navrhnuté z hrubostennej trubky 89/10 mm, dĺžky 10,0 m. Trubka bez úpravy bola osadená do vrtu v cementovej zálievke. MP boli voči hornej hrane ohrádzky osadené tak, aby zasahovali cca 3,5 m pod základovú škáru. MP bola pripravená v štyroch úrovniach k príľahlej štetovnici tak, aby nedošlo k jej „vylomeniu“ pri plnom zaťažení zemným tlakom.

Záver

Od začiatku zakladania mostu v máji 2017 prešlo niekoľko menších povodní a občasné nepriaznivé výška hladiny v súčte zbrzdila práce o niekoľko týždňov. Napriek tomu sa práce na stavbe blížila k zdarnému koncu. Aktuálne je dokončené vyťaženie násypov a vytiahnutie štetovnic polostrova P6, P7, ostrovov P5, P4 a čiastočne P3. Predpoklad dokončenia prác Zakládání staveb, a. s., je na konci mája 2020. Práce na moste by mali byť kompletne ukončené do konca roka 2020.

Výstavba mostov v tokoch a priehradách so sebou prináša množstvo nevšedných problémov, ale ponúka priestor pre použitie zaujímavých riešení, najmä vo fáze zakladania, keďže po vybudovaní pilierov sa už postup od podobného mostu v suchozemských podmienkach veľmi nelíši.

Na stavbe bolo zabaranených 12 200 m² štetovnic, 185 t ocele. konštrukcií a 2200 m GEWI ťiahel, zrealizovaných 1500 m pilót a 8400 m tryskovej inekťáže. Do ostrovov P3 až P5 bolo zabudovaných takmer 36 tis. kubických metrov násypu.

Ing. Maroš Zaťko, Zakládání staveb, a. s.

Ing. Jan Šperger, Zakládání staveb, a. s.

S využitím Technické zprávy od

Ing. Ctibora Kostúra, SPAI, s. r. o.

(Stavba: ŽSR – Modernizácia železničnej trate Púchov–Žilina na rýchlosť 160 km/h, Objekt: Nový železničný most nad Nosickou priehradou, Časť: Štetovnicové ohrádzky pre podpory P3, P4 a P5)



Postupná výstavba pilierov v ohrádzkach ostrovov P3, P4, P5, čiastočne odťažený polostrov P6, P7



Armovanie piliera P3, hotové drieky a hlavice všetkých ostatných pilierov

Rekapitulácia základných technických parametrov, príklad na ohrádzke pre podperu P4

Rozmery:

- vnútorná štetovnicová stena – štvorec, min. vnútorné rozmery 11,20x11,20 m. Vo zväčšených rozmeroch je zahrnutá tolerancia odklonu štetovnic od zvislice 1 %, čo predstavuje hodnotu cca 200 mm (hodnota aj s rezervou);
- vonkajšia štetovnicová stena – obdĺžnik 25,76x36,36 m;
- dĺžka profilov VL604 15,0 m;
- horná hrana ohrádzky: 279,60 m n. m.;
- vzájomné spriahnutie štetovnicových stien – vodorovné tiahla;
- počet vnútorných rozperných rámov – 3 ks;
- hĺbka stavebnej jamy: ZŠ = 269,10 m n. m.

Postup prác pre zriadenie ohrádzky:

- Zarazenie štetovnic vnútornej steny ohrádzky, najskôr sa razia steny rovnobežné s prúdením vody, uvažovaná pracovná hladina max. 279,10 m n. m.
- Zarazenie štetovnic vonkajšej ohrádzky z troch strán kvôli prístupu k montáži rámov.
- Montáž a spustenie spodného rozperného rámu na pred tým navarené konzolky – za asistencie potápača.

- Dobaranenie a uzatvorenie vonkajšej ohrádzky.
- Montáž obvodových previazok na vonkajšej ohrádzke a horného rozperného rámu na vnútornej ohrádzke
- Spriahnutie vnútornej a vonkajšej steny vodorovnými tiahľami na úrovni 278,10 m n. m., uvažovaná pracovná hladina max. 277,90 m n. m.
- Osadenie vodorovných ochranných a stabilizačných štetovnic nad všetky tiahla.
- Vyplnenie medzipriestoru ohrádzky po jej hornú úroveň na 279,60 m n. m. zásypovou zeminou – realizované rovnomerne.
- Realizácia roštu pre pojazd vrtnej súpravy na tryskovú injektáž vo vnútornej ohrádzke nad vodnou hladinou.
- Realizácia tryskovej injektáže z pracovnej plošiny a z oceleového roštu na úrovni 279,60 m n. m.
- Demontáž tiahel vo vnútornej jímke (bránili by prácam a kolidovali by s driekom podpery).

- Odčerpanie uzavretej vody vo vnútornej ohrádzke – montáž stredného rozperného rámu.
- Výkop a odčerpanie vnútra ohrádzky na základovú škáru.
- Ošramovanie hláv pilôt, osadenie pomocných zberných studní pre pomocné čerpanie, realizácia základového bloku podpery.
- Odstránenie spodného rozperného rámu (jeho účinok nahradený prítomnosťou betónového základového bloku podpery).
- Realizácia drieku podpery.

Postup prác pre odstránenie ohrádzok:

- Postupný zásyp vnútorného priestoru – jadra ohrádzky a súbežné postupné odstraňovanie rámov v poradí stredný a horný (spodný rám už odstránený).
- Pred odstránením horného rámu opätovné spriahnutie tiahel ponad jadro ostrova s pripojením na tiahla v medzipriestore (tiahľami musí byť spriahnutý celý ostrov).
- Výkop zásypu vonkajšej aj vnútornej ohrádzky pomedzi tiahla, po odľahčení zásypu postupná deaktivácia tiahel. Odvoz materiálu po pontónovom moste. Ťažba prebiehala z ostrova, v záverečnej fáze sa umiestnilo rýpadlo na pontón.
- Vytiahnutie štetovnic.
- Zosypný zvyšný zásypový materiál sa z dna rieky odťažil do pôvodného tvaru koryta.



Betonáž mostovky medzi piliermi P5 a P6

Modernization of the Railway Line Púchov – Žilina Foundation of a Railway Bridge over the Nosice Dam on the River Váh

Since autumn 2016 Zakládání staveb, a. s. has been executing special foundation work on the structure 44.33.21.1 – New Railway Bridge over the Nosice Dam, within the I. Phase of the Modernization of the Railway Line Púchov - Žilina for the speed of up to 160 km/h in the section between Púchov and Považská Bystrica.

A wide range of special foundation technologies have been employed in the project, be it producing piles from the water level for pillars P3, P4, P5 and from the ground for the pillar P6, ramming and assembly work for landing areas, double sheet-pile enclosure of artificial islands for pillars P3, P4, P5, a peninsula for pillars P6, P7, and sealing jet grouting on 4 foundations P3 to P6. Due to the long-time experience and technological equipment of the company, pontoons with personnel have been also a part of the delivery - for backfilling double dikes, assembly work on water as well as other handling and auxiliary work demanding the use of pontoon platforms and tow boats.

As for technical challenges and importance this construction work represents one of the outstanding contracts of the company Zakládání staveb, a. s. in the last decade.

I Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. ...



... čte časopis ZAKLÁDÁNÍ.

**ZAKLÁDÁNÍ®
STAVEB**





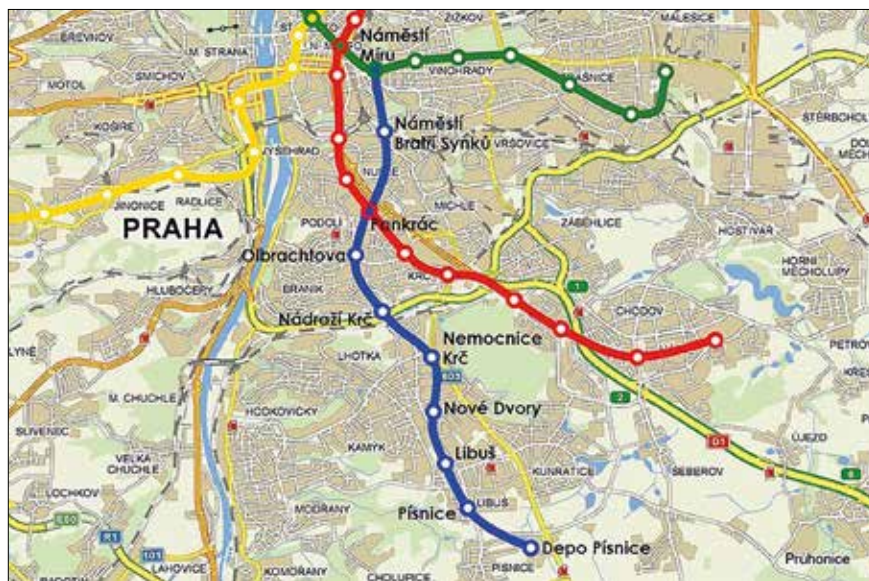
Šachta VO-OL pažená převrtávanou pilotovou stěnou po zahájení ražby průzkumného tunelu

STAVEBNÍ JÁMY PRO DOPLŇKOVÝ GEOLOGICKÝ PRŮZKUM ÚSEKU ID1 PRO VÝSTAVBU METRA D

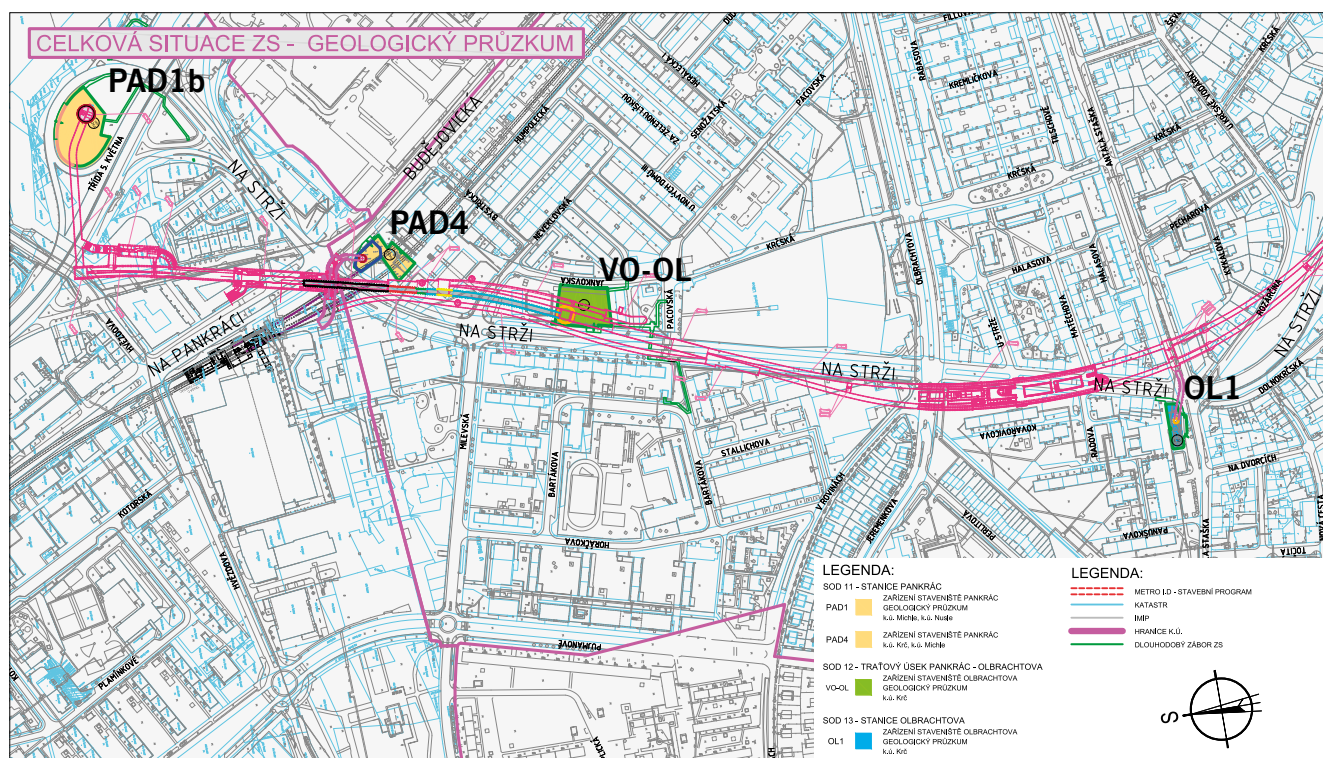
V červnu roku 2019 byla doplňkovým geologickým průzkumem úseku ID1a zahájena tzv. nultá etapa stavby Metra D. Průzkumné práce se provádějí v nejsložitějším uzlu plánované trasy D na Pankráci. Cílem průzkumu je zjištění co nejpodrobnějších informací o chování horninového masivu pro správný návrh a provedení budoucích staničních a mezistaničních tunelů metra D v úseku Pankrác – Olbrachtova – Nádraží Krč. Průzkumné práce jsou navrženy ze čtyř míst a jsou umístěny do lokalit budoucích zařízení stavenišť pro budování metra D, podle nichž jsou jednotlivá pracoviště pojmenována. Jedná se o staveniště PAD1b, PAD4, VO-OL, OL1, na nichž byly v rámci průzkumu provedeny stavební jámy, z nichž jsou vedeny průzkumné štoly nebo vrty. Zajištění tří z těchto kruhových jam (PAD4, VO-OL, OL1) prováděla technologii převrtávaných pilot společnost Zakládání staveb, a. s., včetně mikropilotových dešťníků pro zajištění následných ražeb průzkumných tunelů.

Složité tunelářský komplex v oblasti pankrácké pláně

Ražené tunely na stavbě nové trasy D pražského metra, I. provozní úsek Náměstí Míru–Depo Písnice, představují v oblasti pankrácké pláně rozsáhlý a technicky velmi náročný tunelářský komplex, který bude realizován ve složitých geologických poměrech. V prostoru křižovatky ulic Na Pankráci, Na Strži a Budějovická bude vyražena jednodlná stanice Pankrác D (dále jen PN-D). Navržené technické řešení umožňuje propojení se stanicí metra Pankrác C (dále jen PN) samostatným eskalátorovým tunelem ústícím ve stávajícím technologickém prostoru stanice PN na jiho-východní konec nástupiště. Pro výstup na terén využívá stanice PN-D stávající prostory vestibulu stanice PN, doplněné o výstup na opačném konci nástupiště do objektu Gemini na protilehlé straně ulice Na Pankráci.



Mapa s vyznačením nově budované trasy metra D



Situace umístění stavenišť pro doplňkový geologický průzkum budoucí trasy metra D v oblasti Pankráče

Stanice je navržena s bočními nástupišti, která mají na obou koncích zvýšené výstupní galerie. Základní profil staničního tunelu má plochu výrubu 343,7 m² a je dlouhý 129,7 m. Jak v prostoru stanice, tak i v přilehlých traťových tunelech je nová trasa vedena přibližně ve směru sever – jih. Na severní straně jsou součástí stanice obrátové koleje včetně demontážní komory pro zeminové štíty v místě budoucího napojení traťových tunelů trasy I. D3, přístupový tunel se strojovnou hlavního větrání metra a samostatný technologický tunel. Na jižním konci staničního tunelu je náročné prostorové uspořádání souvisejících objektů – příčné výstupní a přestupní tunely a v nadloží tubusy stávající trasy metra C. Navazující traťový úsek směrem ke dvoulodní ražené stanici Olbrachtova je nejsložitějším traťovým úsekem na celé trase I. D. Kromě převážně dvoukolejných traťových tunelů je tu velký rozplet do jednokolejného odstavného tunelu, umístěného vně trasy metra na východní straně. Rozplet je situován přímo pod stávající nadzemní vícepodlažní budovou. Na opačné straně, opět vně trasy metra, je situována ražená jednokolejná spojka mezi trasami D a C, která je před stanicí Olbrachtova v km 42,703461 LK zaústěna do pravého jednokolejného traťového tunelu. V tomto místě zároveň končí dvoukolejný traťový tunel rozšířeným profilem a pokračují dva jednokolejné tunely ke stanici Olbrachtova. Za touto stanicí trasa metra pokračuje jižním směrem dvěma jednokolejnými tunely do Krčského údolí. Na nároží ulic Na Strži a Antala Staška podchází pravý traťový tunel pilotové základy vícepodlažní budovy.

Stručný popis jednotlivých stavenišť

- **PAD1b** – Staveniště je umístěno v zeleném pásu u sjezdu z ulice 5. května (směrem do centra) do ulice Na Strži. V rámci průzkumu je zde provedena stavební jáma, z níž jsou vedeny dlouhé vodorovné geologické vrty. Jáma je navržena jako kombinace hloubené jámy z převrtávaných pilot a ražené jámy kruhového profilu o světlém průřezu 294 m² a celkové hloubce 27 m. Jáma může být v budoucnu využívána pro ražbu stanice Pankrác D. Realizaci tohoto úseku má na starosti firma Metrostav, a. s.
- **PAD4** – Staveniště je umístěno na rohu ulic Na Strži a Budějovická. V rámci stavebních prací je již vyhloubena stavební jáma a v současné době se razí průzkumná štola pod tunely metra C, která směrově, výškově i tvarově kopíruje budoucí přestupní chodby stanice Pankrác D. Z průzkumných prací je naplánováno provést dvě pole zkušebních injektáží, kdy budou porovnávány vlastnosti horninového masivu před injektáží a po ní, dále bude vyražena geotechnická rozrážka, ve které proběhnou zkoušky rostlého horninového masivu, a jako poslední budou provedeny dlouhé vodorovné geologické vrty do prostoru stanice a eskalátorových tunelů. Jáma je navržena jako hloubená z převrtávaných pilot o kruhovém profilu o světlém průřezu 45,4 m² a celkové hloubce 30 m, délka všech průzkumných štol je cca 120 m. V současné době se zpracovává studie na využití stavební jámy pro umístění výtahu pro cestující ze stanice Pankrác D na povrch. Realizaci tohoto úseku má na starosti firma Metrostav, a. s.

- **VO-OL** – Staveniště je umístěno mezi ulicemi Na Strži a Jankovská. V rámci průzkumu je zde provedena stavební jáma, průzkumná štola, která směrově, výškově i tvarově kopíruje část traťových tunelů mezistaničního úseku Pankrác–Olbrachtova a patní štoly ve stanici Pankrác D a dlouhé vodorovné geologické vrty. Jáma je navržena jako hloubená z převrtávaných pilot o kruhovém profilu o světlém průřezu 308 m² a celkové hloubce takřka 36 m, délka všech průzkumných štol je přes 320 m. Jáma může být v budoucnu využívána pro ražbu mezistaničního úseku Pankrác–Olbrachtova. Realizaci tohoto úseku má na starosti firma Hochtief CZ, a. s.
- **OL1** – Staveniště je umístěno na rohu ulic Na Strži a Antala Staška před supermarketem Albert. V rámci průzkumu je zde provedena stavební jáma, průzkumná štola a dlouhé vodorovné geologické vrty. Jáma je navržena jako hloubená z převrtávaných pilot o kruhovém profilu o světlém průřezu 28,3 m² a celkové hloubce 30,5 m, délka všech průzkumných štol je necelých 65 m. Jáma může být v budoucnu využívána pro ražbu mezistaničního úseku Olbrachtova–Nádraží Krč, vzduchotechnické propojky č. 3 a zejména pro podchycení základů výškového objektu Rozhledna před ražbou jednokolejných tunelů. Realizaci tohoto úseku má na starosti firma Strabag, a. s. V současné době (02/2020) jsou, kromě staveniště PAD1b (zde stále probíhá ražba jámy), dokončeny všechny stavební jámy, kterým je věnován tento článek, a dále probíhá ražba průzkumných štol.

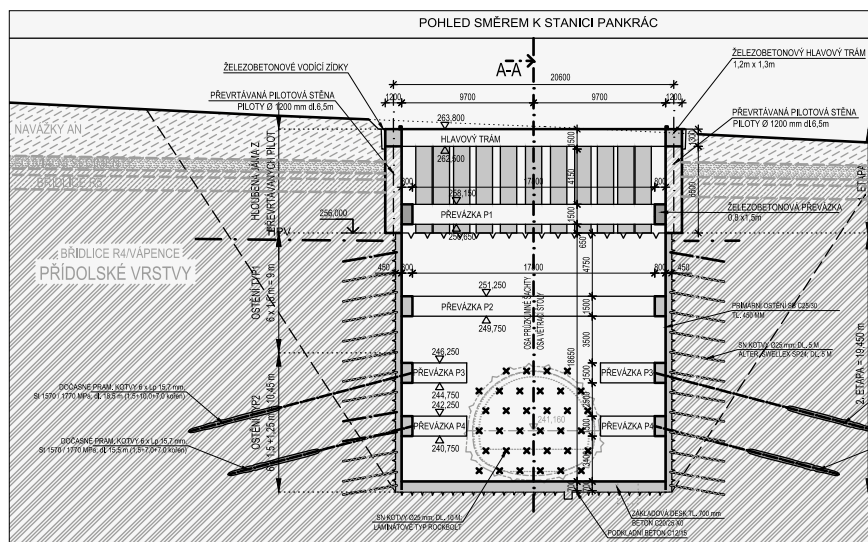


Stavební jáma PAD1b

Stavební jáma – PAD1b

Realizace stavební jámy je rozdělena na dvě etapy. V první etapě je vyhloubena stavební jáma pod ochranou převrtávané pilotové stěny. Ve druhé etapě je jáma ražena dle zásad NRTM.

1. etapa – Horní část jámy geologického průzkumu ze staveniště PAD1b je navržena kruhového průřezu o průměru 20,6 m (osa pilot) a hloubky 7,8 m. Je pažena převrtávanými pilotami průměru 1200 mm z betonu C 25/30 – X0. Navrženo je celkem 70 ks pilot délky 6,5 m, tj. v ose vzdálenosti



Příčný řez stavební jámou PAD1b

924 mm. 35 ks pilot bude primárních, tj. pouze z prostého betonu, a 35 ks sekundárních – vyztužených betonářskou výztuží B500B. Stabilita jámy je zajištěna příznivým působením tvaru (kruh), železobetonovou převážkou v hlavě pilot (ztužující věnec) a kruhovou převážkou P1 z železobetonu v místě přechodu na raženou část jámy. Ztužující věnec v hlavě byl proveden po odvrtání všech pilot a po ubourání vodicích zídek. Šířka věnce je 1200 mm a výška 1300 mm. Je navržen ze železobetonu C 25/30 – X0 a vyztužen pruty z betonářské výztuže B500B. Tento ztužující věnec zajišťuje jednak spojení hlav pilot a jednak přenáší zatížení od pojezdu strojů po povrchu. Převážka je navržena v místě nad zakončením hloubení jámy z převrtávaných pilot. Šířka převážky P1 je 800 mm, výška 1500 mm. Je navržena z betonu C 25/30 a vyztužena betonářskou výztuží B500B. Spojení s pilotovou stěnou je

provedeno pomocí trnů z betonářské oceli lepených do dodatečně vrtaných otvorů.

2. etapa – Pod patou pilot z první etapy dále probíhá ražba jámy dle zásad NRTM, rozpojování hornin je prováděno s využitím trhacích prací a dočišťování výrubu mechanizovaně. Hloubka ražené jámy je 19,45 m. Výrub je zajištěn primárním ostěním ze stříkaného betonu C 25/30 tl. 450 mm s výztužnými sítěmi, přídavnou vázanou výztuží a svorníky. Jeden záběr má délku okolo 1,5 m a stavební jáma je rozdělena na tři pracovní sekce, ve kterých probíhají jednotlivé práce. Další zajištění spočívá na třech železobetonových převážkách. Převážka P2 je navržena cca 4,55 m pod patou jámy z převrtávaných pilot. Má uzavřený kruhový tvar a není kotvená. Je navržena z betonu C 25/30 s výztuží B500B. Převážka P3 je navržena cca 3,5 m pod spodní hranou převážky P2 a převážka P4 je navržena cca 2,5 m pod spodní hranou převážky P3, rozměry převážek

Geologické poměry

Předkvartérní podloží na pankrácké pláni tvoří horniny paleozoika, a to převážně ordoviku a v blízkosti osy barrandienské synklinály (ta je cca 480 m severně od středu stanice Pankrác D), v úseku délky cca 600 m jsou to i silurské horniny. V přehledu jsou ražena horninová souvrství od nejstarších po nejmladší, a proto začneme proti směru staničení trasy D od Krčského údolí. Tam začíná mohutný masiv **bohdaleckého souvrství** délky cca 1,9 km, který končí před stanicí Pankrác cca v km 42,425. Tvoří ho obvykle velmi jemné jílovité břidlice černošedé barvy, velmi drobně slídnaté, místy tektonicky porušené. Zastiženy budou horniny od zcela zvětralých až po zdravé, avšak velmi silně rozpukané, podrcené a rozpadavé. Navazuje **královédvorské souvrství** mocnosti 60 až 80 m. Jsou to opět jílovité břidlice velmi jemně slídnaté, tence vrstevnaté až lupenité. Jejich barva je šedá až zelenošedá. Podléhají intenzivnímu a hlubokému zvětrání a rozpadají se na zelenohnědou jílovitou hlínu. Cca 70 m před jižním koncem staničního tunelu stanice Pankrác D začíná **kosovské souvrství**. Je to nejmladší ordovické souvrství, které je zde zastiženo ve flyšovém vývoji. Dochází k rychlému střídání zelenavých jílovitých, prachovitých a písčitých tence vrstevnatých břidelic a destičkovitě až lavicovitě odlučných křemenných pískovců, křemenců a drob. Ve svrchní části souvrství převládají hrubozrnné lavicovité pískovce. Celková mocnost souvrství se pohybuje kolem 80–100 m. Horniny jsou také značně tektonicky porušené, silně rozpukané a na odlučných plochách silně limonitizované. Vlivem flyšového charakteru jsou také náchylné k sesouvání. Na podložních ordovických horninách spočívají mladší konkordantně uložené silurské horniny. V siluru sedimentace jílovitých a písčitých sedimentů postupně přechází do sedimentace karbonátové a je spjata s vulkanismem,

jehož produktem jsou diabasy. **Liteňské souvrství** jsou tmavě šedé až černé jílovité až prachovité vápnité břidlice a ve své svrchní části obsahují časté polohy a čocky velmi pevných vápenců. Časté jsou také polohy tufitů. Celková mocnost liteňských vrstev je kolem 30–80 m. Navazující **kopaninské souvrství** je faciálně velmi pestré. Spodní část je vyvinuta převážně jako hnědošedé až černé vápnité jílovité a prachovité břidlice, které obsahují hojně polohy čockek a kongrecí vápenců a polohy s příměsí vulkanických hornin – tufitických břidelic a tufů. Na rozhraní liteňských a kopaninských vrstev je v celé oblasti vyvinuta poloha tufů, tufitů a diabasů. Celková mocnost souvrství je cca 110–250 m. **Přídolské vrstvy** jsou nejmladší horniny silurského souvrství a současně nejmladší horniny zastiženy v trase metra I. D vůbec. Jsou tvořeny především šedými kalovými vápenci s vložkami slínitých břidelic. Vápence jsou deskovitě až lavicovitě odlučné, značně rozpukané a jsou postiženy intenzivní zlomovou tektonikou. Vyskytují se jen omezeně a tvoří vlastní jádro barrandienské synklinály. Celková mocnost souvrství je cca 20–40 m. Na svrchnoordovické a spodnosilurské sedimenty je vázán **diabasový vulkanismus**. Diabasy jsou zelenavě šedé, obecně velmi tvrdé horniny, které tvoří především proniky ložních žil nebo plošné výlevy v různých hloubkách sedimentace. Diabasové žíly zde dosahují maximální mocnosti 10–30 m.

Hydrogeologické poměry

Zvodnělé horniny skalního podloží lze řadit k hydrogeologickému masivu s puklinovou propustností a volnou nebo jen slabě napjatou hladinou podzemní vody. Hladina podzemní vody zjištěná v prostoru stanice Pankrác se pohybuje na bázi kvartérních sedimentů v hloubkách 5–8 m pod povrchem a je ovlivňována drenážním účinkem okolních staveb.

P2, P3 a P4 jsou 800 mm (šířka) a 1500 mm (výška). Převázky P3 a P4 jsou rozděleny na dvě kruhové výseče tak, aby bylo možné v budoucnu bezkolizně provést ražbu tunelů a přístupových štol metra D.

Převázky jsou propojeny s primárním ostěním pomocí trnů z betonářské výztuže. Tyto trny byly již osazeny během zhotovení primárního ostění. Vzhledem k tomu, že se u převázek P3 a P4 jedná o kruhové výseče, mezi kterými bude v budoucnu primární ostění šachty vybouráno, bylo nutné provést kotvení převázek P3 a P4 předpínanými pramencovými kotvami z pramenců 6x Lp 15,7 mm (0,62") z oceli St 1570/1770 MPa. Byť se jedná o dočasnou konstrukci, je předpoklad, že kotvy budou svou funkci plnit i několik let, proto byly kotvy zhotoveny s antikorozií úpravou.

Stavební jáma – PAD4

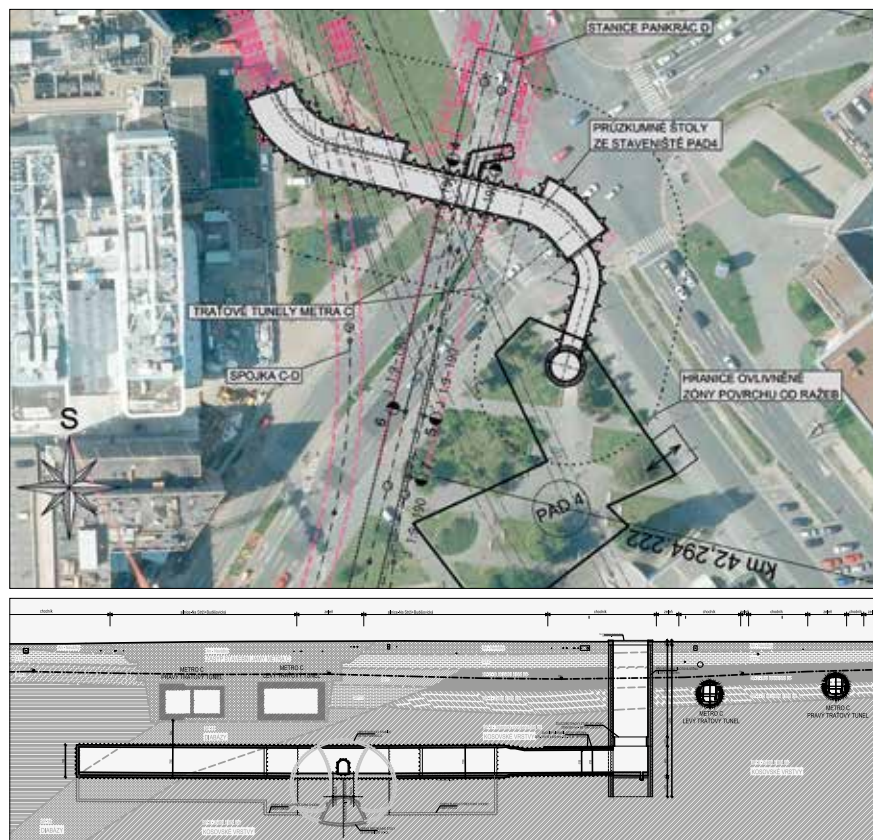
Jáma geologického průzkumu na staveništi PAD4 je kruhového průřezu o průměru 8,6 m (osa pilot) a hloubky 29,9 m. Je pažena převrtávanými pilotami průměru 1000 mm. Navrženo je celkem 44 ks pilot délky 33 m, resp. 22 m, tj. v osové vzdálenosti 614 mm. 22 ks pilot je primárních, tj. pouze z prostého betonu, a 22 ks sekundárních – vyztužených. V místě průniku štol geologického průzkumu do šachty byla pilotová stěna zkrácena tak, aby kopírovala tvar tunelu a neztěžovala postup ražby. V místě vynechaných pilot je ostění zajištěno střikaným betonem C 25/30 tl. 300 mm. Do armokoše piloty S04 byla osazena inklinometrická



Provádění převrtávaných pilot pro šachtu PAD4

pažnice pro inklinometr IN1 a v průběhu výstavby dochází k jeho měření. Jako zesilující prvek v hlavě pilot byl po odvrtání všech pilot a po ubourání vodicích zídek proveden ztužující věnec pilot šířky a výšky 1000 mm. Je navržen ze železobetonu C 25/30 – X0, ocel B500B. Tento ztužující věnec zajišťuje jednak spojení hlav pilot, jednak přenáší zatížení od pojezdu strojů po povrchu. Nad zaústěním průzkumných štol do jámy je provedena železobetonová převázka kruhového průřezu. Šířka převázky je

300 mm, výška 2000 mm. Je navržena z betonu C 25/30, vyztužena sítí KY49 – Ø R8x8/100x100 mm při obou površích. Spojení s pilotovou stěnou bylo provedeno pomocí trnů z betonářské oceli lepených do dodatečně vrtaných otvorů. Před zahájením ražby průzkumných štol se ze stavební jámy provedlo nad jejich obrysem zpevnění nadloží pomocí ochranného deštníku z injektovaných mikropilot. Ocelové mikropiloty jsou navrženy z trubek profilu 114/10 mm celkem ve dvou řadách.



Na stavení jámy PAD4 navazuje ražený vodorovný průzkumný tunel celkové délky 117 m



Šachta PAD4



Šachta PAD4 a ražba navazujícího průzkumného tunelu

Vzdálenost mikropilot mezi sebou je 400 mm. Mikropiloty jsou navrženy délky 15 m. Mikropiloty jsou odsazeny o cca 250 mm od vnějšího obrysu navýšeného výrubu tunely (první řada), resp. o 400 mm (druhá řada). Trubky byly ve vrtech tlakově zainjektovány, aby byly v dobrém kontaktu s přílehlou horninou a vyplnily přilehlé pukliny a dutiny.

Na stavební jámu navazuje ražený vodorovný průzkumný tunel celkové délky 117 m. Je rozdělen na čtyři typy výrubu dle velikosti a tvaru.



Zajištění kaloty průzkumného raženého tunelu ze šachty PAD4

Stavební jáma – VO-OL

Jáma průzkumného díla na staveništi VO-OL je kruhového průřezu o průměru 21,0 m (osa pilot) a hloubky 36,6 m. Jáma je od úrovně terénu do hloubky 26 m zapažena pomocí převrtávaných pilot průměru 1200 mm. Pod touto úrovní je pažení jámy zajištěno pomocí sekundárních armovaných pilot vrtaných z úrovně terénu až do hloubky 39 m a střikového betonu, prováděného mezi pilotami při hloubení jámy. Kruhové pažení jámy je po výšce postupně rozpíráno pomocí hlavového věnce, převážky P1 až P3 a v dolní části šachty pomocí čtvrtkruhových kotvených převážek P4 a P5. Navrženo je celkem 74 ks pilot délky v osové vzdálenosti 890 mm. Z toho 37 pilot bude primárních, tj. pouze z prostého betonu

(dl. 24,5 m), a 37 ks bude sekundárních vyztužených (převážně v délce 37,5 m). V místě průniku navazujícího průzkumného tunelu do šachty byla vyztuž sekundárních pilot šachty zkrácena tak, aby kopírovala tvar tunelu a neztěžovala postup ražby. Přitom bylo uvažováno nejen s tvarem prvního dílčího výrubu (průzkumná štola), ale konečného tvaru dvoukolejného tunelu. Ztužující věnec v hlavě byl proveden po odvrtní všech pilot a po ubourání vodících zidek. Šířka věnce je 1200 mm, výška 1500 mm. Věnec je navržen ze železobetonu C 25/30 – XC2, ocel B500B. Tento ztužující věnec zajišťuje jednak spojení hlav pilot, jednak přenáší zatížení od pojezdu strojů po povrchu. Převážky P1, P2 a P3 jsou po celém obvodu šachty navrženy ve třech úrovních. Šířka a výška převážek je 1000 mm. Jsou navrženy z betonu C 25/30 – XC2 s vyztuží B500B. Spojení s pilotovou stěnou bylo provedeno pomocí trnů z betonářské oceli lepených cementovou maltou do dodatečně vrtaných otvorů. Spodní dvě převážky P4 a P5 jsou pouze čtvrtkruhové délky 17,1 m a 16,3 m, opět šířky a výšky 1000 mm z betonu C 25/30 s vyztuží B500B. Spojení s pilotovou stěnou bylo provedeno pomocí trnů z betonářské oceli B500B lepených cementovou maltou do dodatečně vrtaných otvorů. Přes tyto převážky jsou vedeny pramencové kotvy v pěti kusech na jeden čtvrtkruh převážky, šestá pramencová kotva je provedena přes sousední vyztuženou pilotu. Na úrovni převážky P4 ve směru k tunelové spojnici D-C jsou navrženy 8pramencové kotvy, stejně jako ve směru k odstavnému tunelu. Na úrovni převážky P5 jsou navrženy 8pramencové kotvy směrem



Dva pohledy na stavební jámu VO-OL z převrtávaných pilot rozpíraných hlavovým věncem a převážkami

Pokusné injektáže ze zařízení staveniště PAD4

Pro ověření vlastností injektovaného prostředí jsou navržena dvě pokusná injektážní pole, a to ve výrubech TYP2 a TYP4. Navržený rastr vrstev vychází ze schopnosti penetrace horninového prostředí, která byla ověřena injektážním pokusem. Vrtvy budou prováděny z levé části kaloty do prostoru následného rozšíření výrubu do pravé části kaloty. Rastr vrstev v příčném řezu po 0,5 m a v podélném směru po 0,75 m. Vzhledem k vějířovitému uspořádání jsou vrtvy navrženy tak, aby prostor mezi nimi dosahoval v nejširším místě cca 1 m. Tímto způsobem budou zlepšeny pevnostně-deformační parametry horninového prostředí kosovského i liteňského souvrství.

Pokusné injektáže ze zařízení staveniště VO-OL

Pro ověření účinnosti horninových injektáží v královodorském souvrství je v rámci tohoto průzkumu navrženo jedno injektážní pole v prostoru kaloty prvního dílčího výrubu tunelu v délce 16,5 m. Injektovaná oblast je orientovaná vlevo (ve směru ražby tunelu) od průzkumného tunelu a zasahuje do vzdálenosti 4,0 od rubu primárního ostění. V příčném řezu se injektovaná oblast pohybuje od vodorovné osy po vrchol klenby. Injektážní pole je po délce rozděleno na tři sekce délky 4,5 m pro tři druhy injektážních hmot. Odkouší se postupně hmoty na bázi mikrocementu, jednosložkových polyuretanových pryskyřic a dvousložkových polyuretanových pryskyřic.

Geotechnický monitoring

Na všech staveništích je prováděn podrobný geotechnický monitoring, což je soubor měření, pozorování a hodnocení zaměřený na sledování a kontrolu reakce horninového prostředí a dočasné výstroje na stavbu (ražbu) tunelů a na sledování všech indukovaných účinků v oblasti dotčené stavbou. U vlastních měření jsou pak výsledná měření porovnávána s předem stanovenými hodnotami jako hranicemi jednotlivých varovných stavů. V případě hloubení a ražení stavebních jam jsou zejména sledovány:

- geologické a geotechnické chování výkopu;
- konvergenční měření;
- HG vrtvy, studně a prameny z hlediska hydrogeologického;
- 3D deformace osazených bodů na ohlubi a pilotách;

- inklinometr v pilotě a inklinometry v těsné blízkosti stavebních jam.

Závěr

V rámci doplňkového geologického průzkumu nyní probíhají práce na čtyřech lokalitách. Během těchto prací jsou získávána neocenitelná data z geologického sledování výkopu a výrubu, což pak společně s hodnotami z geotechnického monitoringu dává projektantovi zpětnou vazbu k navrženému způsobu ražeb a zajištění mezistaničních tunelů a ražených stanic trasy metra D v okolí Pankráce.

Ing. Tomáš Urbánek,
METROPROJEKT Praha a. s.

Foto: Libor Štěrbá, autor
a archiv METROPROJEKT Praha a. s.

Construction Pits for Additional Geological Survey of the Section ID 1 for the Underground D Line

In June 2019 the so-called O-Phase of the Underground D Line construction was launched by an additional geological survey of the Section ID1. The survey is conducted in the most complicated junction of the planned line D in Pankrác. The survey is aimed at finding out the most detailed information possible on the behaviour of the rock mass for a correct design and construction of future station and interstation tunnels of the Underground D in the section Pankrác – Olbrachtova – Railway Station Krč. The survey work is planned from four locations placed on future building sites for constructing the Underground D, after which the individual positions are named. These are the building sites PAD1b, PAD4, VO-OL, OL1, where construction pits, from which survey tunnels or boreholes lead, were excavated within the survey. Securing three of these circular pits (PAD4, VO-OL, OL1) was carried out by the company Zakládání staveb, a. s., including micropile umbrellas for securing subsequent excavation of survey tunnels.

ZAKLÁDÁNÍ

Odborný časopis o všem podstatném
a aktuálním v oboru speciálního zakládání staveb

HLUBOKÉ STAVEBNÍ JÁMY - LINIOVÉ STAVBY V MĚSTSKÉM PROSTŘEDÍ - STAVBY NA VODNÍCH TOCÍCH - PRESTIŽNÍ ZAHRANIČNÍ STAVBY - HISTORIE OBORU



Vydává:
ZAKLÁDÁNÍ STAVEB, A. S.,
K Jezu 1, Praha 4, 143 01
tel: 244 004 111,
www.zakladani.cz

