

Ražba a betonáž stanice Bořislavka

V rámci prodloužení metra linky A jsou nyní v rámci etapy V. A. budovány 4 nové stanice – Bořislavka, Nádraží Veleslavín, Petřiny a Nemocnice Motol. Investorem prodloužení trasy je Dopravní podnik hl. města Prahy a.s., obstaravatelem je Inženýring dopravních staveb, a.s. Výstavbu zajišťuje Sdružení metro V. A. (Dejvická – Motol), jehož členy jsou Metrostav a.s. a HOCHTIEF CZ a.s. Realizaci stanice Bořislavka provádí pro HOCHTIEF CZ a.s. sdružení firem HOCHTIEF CZ a.s. a PROMINECON CZ a.s.

TECHNOLOGIE RAŽBY

Stanice Bořislavka (dříve Červený Vrch) je navržena jako jednodílná ražená stanice s ostrovním nástupištěm šířky 10,06 m a vzdáleností os kolejí 13,0 m. Celková šířka stanice je 20 m, výška 15 m, délka 193 m, celková plocha čelby činí 243 m². Celá je situována pod ulicí Evropská západně od křižovatky s ulicí Horoměřická.

V dokumentaci pro výběr zhotovitele projektant investora předpokládal, že celá kaverna bude ražena v dobrotivském souvrství, které bude zastoupeno dvěma odlišnými faciemi. Silně až středně rozpukanými skalečnými křemenci se střední pevností R2 řazenými z hlediska tunelování do TT3 a jílovitými břidlicemi s pevností R5 – R4 řazenými z hlediska tunelování do TT4 až TT5a. Předpokládalo se, že obě facie budou tvořeny stabilními horninami se střední, až velkou hustotou diskontinuit. Polohy křemenců i jílovitých břidlic lze charakterizovat jako víceméně kompaktní tělesa, prostoupená několika přesně neurčenými poruchami. Investor ve výkazu výměr DVZ předpokládal, že 59 % ražeb proběhne v TT4 a 41 % v TT5a. Ražba byla navržena v horizontálním členění s dílčí vertikálním členěním. Vzhledem k předpokládané geologii se jedná o neefektivnější a nejrychlejší způsob ražby metodou NRTM. Při takovémto ražbě jsou minimalizovány nároky na čas zejména vlivem velké plochy otevřené čelby a velkých objemů jednotlivých záběrů. Rovněž jsou minimalizovány potřeby času na přesuny techniky mezi jednotlivými operacemi, na čištění techniky po aplikacích stříkaných betonů a injektážích směsí, a protože nedochází k souběhu prací čelby v různých výškových úrovních, není spotřebováván čas na cyklické budování a demontáže ramp a jiných dočasných železobetonových konstrukcí.

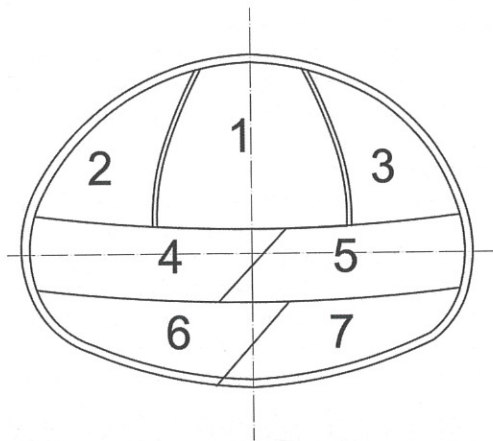
ZASTIŽENÁ GEOLOGIE

Ražba stanice byla prováděna z předražené přístupové štoly. Při ražbě této štoly jsme se postupně začali významně odchýlovat od předpokládané geologie. Geologie v místě první čelby stanice, byla nakonec natolik jiná, že musely být pozastaveny v tu dobu již běžící projekční práce a zhotovitel musel provést dodatečný geologický průzkum. Bylo provedeno pět horizontálních jádrových vrtů. Rozbořem materiálu z vrtů bylo zjištěno, že výrub bude realizován převážně ve zvětřalých jílovito-prachovcových břidlicích GT4-OBz. Minimálně západní část stanice dokonce v intenzivně tektonicky porušených – typu GT4*-OBz. Na základě výsledků presiometrických zkoušek byla rovněž snížena hodnota modulu přetvárnosti E_{def} pro gt typ GT4*-OBz na 30 MPa a pro gt typ GT4-OBz na 50 MPa. Výsledky dodatečného geologického průzkumu doložily komplikované, složité a pro ražbu jednodílné stanice značně nepříznivé inženýrsko-geologické poměry uvnitř výrazně tektonicky porušené zóny.

PRVNÍ ČÁST POSTUPNÉHO ROZŠÍŘOVÁNÍ VÝRUBU

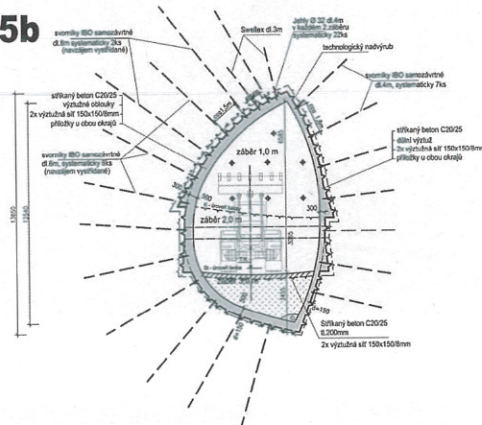
Pro zachování tvaru stanice bylo nutné na základě nových informací dodatečného geologického průzkumu změnit způsob zajištění ražby. Bylo navrženo vertikální členění ražby stanice na tři štoly – pravou, levou a střední. S tím, že každá štola se dále horizontálně dělí na tři výškové úrovně – kalotu, opěří a dno. Opěří bočních výrubů bylo opatřeno dočasným železobetonovým dnem. Byla určena nová třída NRTM 5b s délkou záběru 1 m.

V první etapě v úseku 1. až 13. TM (tunel metru), se na konci přístupového tunelu při vstupu do prostoru staniční kaverny změnil průřez na prvním metru na lichoběžníkový průřez se šířkou dna cca

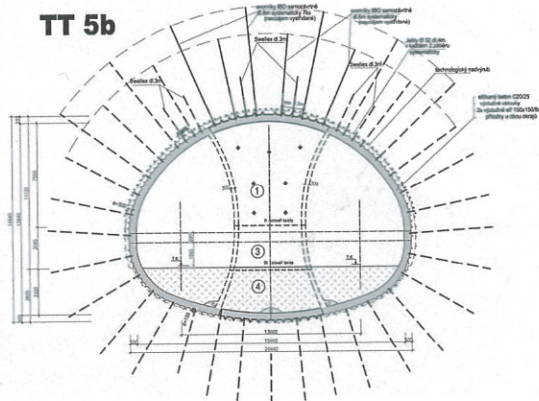


Členění výrubu dle zadávací dokumentace

TT 5b



TT 5b



Řez bočním výrubem a stanicí – třída NRTM TT5b

7,5 m, stropu cca 3,5 m a výškou 10,1 m. V dalších metrových krocích docházelo k postupnému rozšiřování prodloužením horní klenby a oddalováním boční severní stěny (levě ve směru ražby), až do úplné boční klenby kaverny stanice. Jižní stěna dílčího výrubu (pravá ve směru ražby) se neměnila a dno postupně klesalo. Celý prostor tak připomínal trychtýř. Horní klenba (strop) dílčího výrubu s tloušť-

kou 500 mm byl již součástí klenby primárního ostění kaverny stanice. Na posledním kroku první fáze rozrážky byla zhotovena čelní stěna v ploše kaloty a opěří levého a středního dílčího výrubu. Kóta dna konce rozrážky byla základní pracovní úroveň pro zbytek ražby. Definitivní strop a stěna stanice jsou vyztuženy kari sítěmi s příhradovými výtuznými oblouky a stříkaným betonem o tloušťce 500 mm. Dočasné boční stěny jsou vyztuženy kari sítěmi, rámy z TH výtuzí a stříkaným betonem o tloušťce 300 mm. Dno rozrážky je z 300 mm stříkaného betonu vyztuženého kari sítěmi.

Po zhotovení první části rozrážky pokračovala ražba stanice levým dílčím výrubem. Nejříve byly vyraženy tři záběry kaloty, následně dva záběry opěří a poté opět kalota. Po 17 m kaloty a 15 m opěří bylo postupně uzavíráno dno levého bočního výrubu. Takto se postupně pokračovalo při dodržování maximálních a minimálních odstupů čel dílčích výrubů stanovených projektantem, či upravených na základě výsledků geomonitoringu.

ZAJIŠTĚNÍ PŘÍLEHLÝCH OBJEKTŮ

Rozrážka se nemohla začít provádět i na jižní (levé) straně stanice, protože přímo nad levou stěnou stanice se nachází roh panelového domu č.p. 603 – 607 z šedesátých let minulého století. Dům je obdélníkového půdorysu o rozměrech cca 90 × 11 m a má jedno podzemní a sedm nadzemních podlaží označovaných jako 1. PF, 1. NP – 7. NP. Svislé nosné konstrukce tvoří železobetonové panely. Ke dni místního šetření 26. října – 12. listopadu 2009 nebyly v posuzovaném objektu č. p. 603–607, ul. Kamerunská, Praha 6, zjištěny žádné viditelné staticky závažné poruchy, které by snižovaly nosnou způsobilost konstrukcí objektu a ohrožovaly jeho stabilitu. Zjištěny byly trhlinami (šířek zpravidla do 1,5 mm) překreslené spáry mezi stropními a stěnovými panely. Podle aktualizovaných geotechnických výpočtů se část objektu nacházela v poklesové kotlině ražby stanice. Severní roh mohl poklesnout až o několik centimetrů, což by způsobilo nepřijatelný náklon domu. S ohledem na zjištěný rozvoj výskytu trhlinek, neznalosti skutečného stavu spojů nosné konstrukce bylo nutné omezit další vnučené deformace na minimum, a proto bylo zajištěno následující opatření.

Mezi jižním chodníkem ulice Evropská a domem č.p. 603 (těsně podél chodníku) se vybudovala pilotová stěna tvořená 10 ks pilot Ø 0,90 m pažených bentonitovou suspenzí, hlubokých 40 m (těsně pod úroveň dna stanice), osově mezi sebou vzdálených 1,25 m. Piloty byly vrtány pod ochranou bentonitové suspenze a betonovány do foliové obálky tak, aby se minimalizovaly hodnoty pláštěvého tření

po obvodu pilot. Piloty měly přerušit poklesovou kotlinu tak, aby deformace základu domu č. p. 603 vlivem ražby byly minimální. Teprve poté mohlo být přistoupeno k ražbě jižní části stanice.

Po zajištění panelového domu č. p. 603–607 bylo možné přistoupit k rozšíření začátku stanice na jižní (pravou stranu). Pravá strana stávajícího rozšíření byla postupně demolována a kaverna rozšiřována na pravou stranu. Nakonec se čelo rozrážky stanice rozšířilo na kaloty a opěří levého, středního a pravého dílčího výrubu. Při provádění rozrážky se ukázalo opatření v podobě pilotové clony jako velice účinné. Po celou dobu ražby se náklon objektu pohyboval hluboko pod kritickými hodnotami pro rozvoj trhlin, i když pokles v nejnižším bodě kotliny se pohyboval kolem 60 mm. Poté byla zahájena paralelní ražba pravého dílčího výrubu opět v členění kalota, opěří, dno.

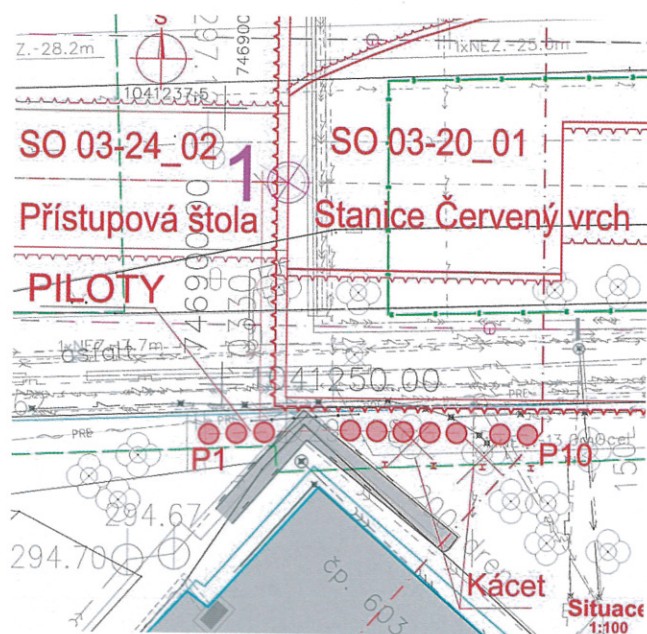
Při ražbě pravého dílčího výrubu v úseku TM 45 – 51 byly zastíženy v kalotě nepříznivě ukloněné horniny pevnosti R4 – R5, místy R6, které se na kontaktu s vodou v krátké době rozmáčely. Vzhledem k lokálnímu zastížení zvodněných partií a z důvodu neustálených deformací v oblasti domu č. p. 599 bylo nezbytné zaujmout rychlé a technicky proveditelné řešení. Z důvodu již probíhajících ražeb v blízkosti domu nebylo možné použít technologii „plovoucích“ pilot, jejíž funkčnost byla prokázána při zajištění domu č. p. 603. Jako nejoptimálnější řešení bylo zvoleno provedení horizontálního mikropilotového deštníku z 16 ks trubek 114/7 vrtaných pod úhlem 12°. První 3 rámy pod deštníkem a primární ostění v těchto záběrech bylo nutné následně přezmáhat na správný profil.

Po provedení opatření byl nepříznivý projev deformací ustálen. Následující ražby, již probíhaly bez dalších dodatečných úprav pro zajištění povrchových objektů.

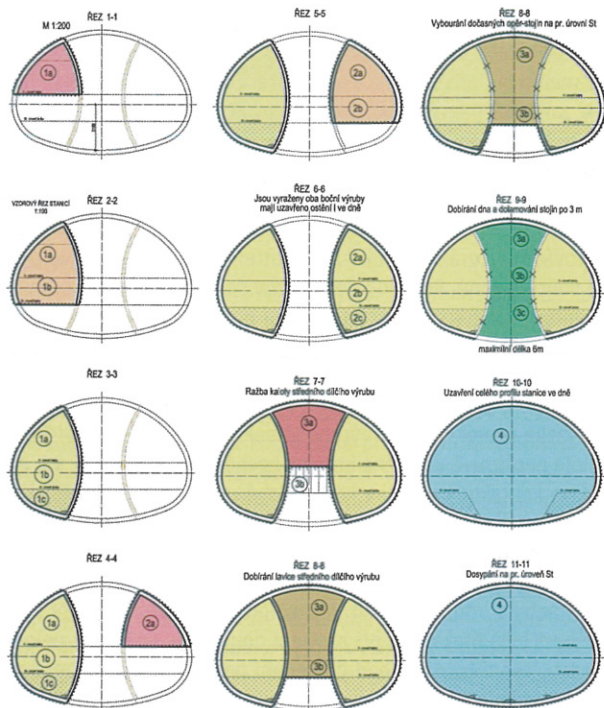
RAŽBA V PLNÉ SESTAVĚ NA TŘI ČELBY

Po té, co byl dosažen dostatečný odstup levého, a pravého bočního výrubu od pilíře jsme přistoupili k ražbě středního dílčího výrubu. Ze základní pracovní úrovně se zhotovila rampa na úroveň pro ražbu kaloty. Tu jsme razili v metrových záběrech v úseku 15 m. Jednotlivé výtuzné příhradové rámy byly napojovány na již zabudované prvky pravé a levé kaloty. Dočasné boční stěny plnily funkci přenášení napětí. Následně se ražba v kalotě přerušila, vystříhal se šesti metrový takt bočních stěn na levé a pravé straně a následně se uzavřelo dno ve dvou 3m záběrech. Pak se opět zhotovila rampa, demontovalo se dalších šest metrů dočasných opěr a veškerá činnost se přesunula na dalších 6 metrů dna. Po té se opět pokračovalo v ražbě kaloty na délku 12 m a operace se opakovala.

Po dosažení optimálních vzdáleností pracovišť probíhala ražba na třech čelbách současně s výjimkou času, kdy se provádělo dno středního výrubu. Zde byl výkop takového rozsahu, že neumožňoval zachování průjezdného profilu k čelbě bočních výrubů. Bohužel prostor pro zařízení staveniště, který jsme měli k dispozici, byl velmi omezený. Neumožňoval zbudování mezideponie vytěženého materiálu. Proto musel být veškerý rozpojený materiál přímo z čelby nakládán nakladači a transportován přístupovou štolou přímo na nákladní automobily a odvážen ze staveniště. Doprava ovšem nemohla probíhat v noci, z důvodu zajištění povolených koncentrací hluku mezi 22 hod – 6 hod, tak jsme byli nuceni v přístupové štolě vybudovat výklenek pro skladování rubaniny z noční směny. Přístupová štola byla navržena v profilu, který je pro jakoukoli dopravu pouze jednosměrný a neumožňoval pohyb více strojů současně. To znamenalo, že při nástřiku betonu na jedné čelbě musela být přerušena přeprava výrubu z druhé čelby. Dokud nebyla vyražena alespoň třetina stanice i ve středním výrubu, musela být důlní technika přesunuta vždy po ukončení dané operace na povrch. Při přesunu stroje ze stanice na povrch musel být zastaven přesun rozpojeného materiálu, dopravy betonu a jiných materiálů. To vše značně komplikovalo práce a vedlo k značnému omezení činností na ostatních pracovištích.



Situace zajištění domu č. p. 603 pilotovou stěnou



Vertikální postup ražby

KOORDINACE RAŽEB TBM A NRTM

Ražba stanice probíhala od počátku v rozdílném členění výrubu a v zásadě odlišné geologii, než předpokládala zadávací dokumentace. To vedlo k větší spotřebě materiálu na zajištění výrubu, ale také prodloužení jednotlivých operací pro vlastní ražbu. Původní HMG stavby předpokládá, že do doby než do stanice dorazí razicí štíty S 609 a S 610, bude ražba ukončena. Jakmile bylo zřejmé, že geologická situace v celém prostoru stanice je obdobná, jako v úvodní části a že zcela jistě nedojde k razantnímu zlepšení směrem k zadání, bylo nezbytné přijmout fakt, že stanici nebude možné dojezdu štítů vyrazit. Proto jsme se rozhodli na cca dva měsíce pozastavit ražbu středního dílčího výrubu a urychlit tím ražbu bočních výrubů, aby byly práce hotovy do doby příjezdu TBM. Při příjezdu TBM do stanice byly veškeré práce na levém i pravém dílčím výrubu dokončeny a ve středním zbývalo vyrazit 43 m. Vzhledem k tomu, že betonáž definitivního ostění se nachází na kritické cestě HMG celé stavby prodloužení metra V. A. a přímo navazuje na ukončení ražby TBM ve stanici Dejvická, museli jsme přijít s metodou, jak razit současně střední dílčí výrub stanice Červený Vrch a zachovat ve stanici v chodu technologii pro ražbu TBM, zejména dopravu prvků ostění TBM a zajistit pro všechny zúčastněné bezpečnost.

PŘIJATÁ OPATŘENÍ PRO SOUBĚH RAŽBY TBM A NRTM

Opatření pro zajištění souběhu ražby středního dílčího výrubu s ražbou TBM byly celkem tři.

Prvním opatřením bylo vytěžení celého zásypu v levém dílčím a pravém dílčím výrubu v délce posledních 50 m a jeho nahrazení mezerovitým betonem. Tato činnost byla provedena ještě před příjezdem TBM do stanice. Toto opatření zesílilo budoucí dopravní cestu k TBM pro okamžik, kdy bude probíhat ražba dna středního dílčího výrubu a boční cesty budou obnaženy a zatíženy dopravníkem ve-zoucím tybinky k TBM.

Druhé opatření spočívalo v návrhu a zbudování posuvného ocelového bednění po stranách středního výrubu délky 8 m. Toto opatření mělo zabránit padání drceného betonu a výztuže při odstraňování dočasných stěn středního výrubu do prostoru dopravních cest k TBM. Zde se nacházely dopravní pásy, elektrické rozvody, rozvody stlače-



Ražba dna ve středním dílčím výrubu



Ochranná konstrukce TBM při dorážce středního dílčího výrubu

ného vzduchu, vody apod. a probíhala zde také doprava tybinků.

Třetí opatření spočívalo ve vypracování dopravního řádu, pracovních postupů a příkazů závodních a zejména pravidelné koordinaci činností týmu ražeb stanice a ražeb TBM na všech úrovních.

Všechna opatření se ukázala jako velmi účinná a potřebná. Ražba zbytku stanice probíhala bez komplikací a provoz TBM nebyl nijak narušen. V průběhu dvou měsíců se podařilo ražbu dokončit bez jakýchkoli komplikací.

ZAHÁJENÍ BETONÁŽÍ DEFINITIVNÍHO OSTĚNÍ DŇA PŘI SOUBĚHU S RAŽBOU TBM

Aby bylo možné dodržet plánovaný termín zahájení betonáže klebe ve stanici, potřebovali jsme zahájit práce na betonáži definitivní-

ho ostění dna ihned po dokončení ražeb, ještě v době, kdy stanici procházel technologický proud zajišťující činnost štítů TBM. Museli jsme proto přijít s další úpravou postupů. Bylo potřeba zajistit, aby dopravníky MSV do stanice vyjízděly pouze jedním traťovým tunelem, v části stanice jely pouze po jedné straně ve výšce traťových tunelů, pak se rozdělily a ze stanice odjížděly již v obou traťových tunelech. My jsme poté byli schopni v první části stanice odtěžit provozní násyp, zaizolovat a vybetonovat část definitivního ostění spodní klenby.

S dodavatelem projektu jsme dohodli úpravu projektu definitivního ostění dna vložením pracovní spáry tak, aby v první polovině stanice bylo možné zachovat v levé straně provoz dopravníků MSV ke štítům TBM a zbylo zde místo na napojení izolace a výztuže. Dále jsme v první polovině stanice původní dopravní cesty k TBM zajistili svislou železobetonovou stěnou kotvenou IBO kotvami do primárního ostění dna stanice. Tím jsme docílili toho, že pracovní násyp ve stanici mohl být odtěžen a dopravní trasa vedoucí do stanice zůstala v levé části stanice zachována. V druhé polovině stanice jsme zřídili zpevněnou betonovou plochu, na které se MSV rozdělily a následně ze stanice vyjízděly již oběma traťovými tunely ke svým štítům.

Bohužel celé to komplikoval fakt, že v první polovině stanice se nachází sypaná sjízdná rampa zajištěná ocelovou konstrukcí a dřevěným bedněním.

PRVNÍ FÁZE BETONÁŽE DNA

Po zbudování betonové kotvené stěny podél první poloviny levé dopravní cesty pro MSV jsme do stanice navezli izolaci, bednění a výztuž nutné pro zbudování prvních 40 m části spodní klenby definitivního ostění. Dále musely ve stanici zůstat stroje nezbytné pro betonáž spodní klenby, montáž výztuže a bednění a hlavně pro odtěžení a rozebrání přístupové rampy. Poté byla postupně rampa odtěžována

a materiál deponován v zadní části stanice. Současně s těžbou byla konstrukce rozebírána tak, aby se nepoškodilo bednění stěn rampy a ocelová konstrukce rampy, které byly také uloženy v zadní části stanice. Následně byla provedena profilace a izolace dna v prvních 40 m stanice a v několika krocích byla postupně zabetonována spodní klenba (bez levé části). Po celou dobu nebyl možný příjezd do stanice žádným strojem a byl zajištěn pouze přístup osob pomocí lezného oddělení v obou čelních stěnách! Všechny materiály a stroje byly neustále pouze ve stanici! Její prostor byl využit naprosto beze zbytku. Současně stále nepřerušena probíhala doprava tůbinek pomocí MSV k TBM. Po dokončení první etapy spodní klenby byla na ní opět postavena ocelová konstrukce přístupové rampy, která byla postupně vyplněna násypem. Poté byl obnoven vjezd do stanice a byly dokončeny spodní



Zakotvení levé strany pro dopravní cestu k TBM



Ražba na třech čelbách stanice současně



Sklad materiálu v zadní části stanice



Profilace dna po demontáži rampy

klenby v první polovině stanice. Následně byly demontovány dopravní trasy pro TBM a betonáž dna ve stanici probíhala již dle původních plánů na celou šíři stanice. Pomocí tohoto opatření se nám podařilo vybetonovat nad rámec původních plánů cca 1/3 dna stanice ještě za provozu technologie TBM.

SOUČASNÝ STAV

V současné době je betonáž spodní klenby již dokončena, je ukončena i montáž hydroizolace klenby a probíhá armování a betonáž klenby definitivního ostění.

ZÁVĚR

Základní změna v geologických poměrech dotčeného území proti plánům ze zadávací dokumentace způsobila velké prodlení v počátku ražby, neboť bylo nutné vyčkat na výsledky dodatečného geologického monitoringu a až poté znovu zahájit projektování technického řešení ražby. Ražící práce byly rovněž významně delší, než předpokládal harmonogram. Ale díky mimořádnému nasazení všech pracovníků a pomocí všech přijatých opatření byla stanice vyražena včas, bez negativních vlivů na své okolí, bez mimořádných událostí a úrazů a rovněž spodní klenby stanice byly vybetonovány včas, takže bylo možné zahájit betonáž klenby bez zpoždění v souladu s harmonogramem stavby metra V. A.

Ing. Vít Pastrňák,
HOCHTIEF CZ a. s.,
www.hochtief.cz

Ing. Radek Kozubík,
PROMINECON CZ a. s.,
www.prominecon.cz



Opětovně postavená rampa na spodní klenbě



Bednění klenby stanice

ODKAZY:

- [1] Prodloužení trasy ze stanice Dejvická – Provozní úsek V.A – Dejvická (mimo) – Motol
SOD 03 Červený Vrch
SO 03-20 Stanice Červený Vrch
Praha, Metroprojekt Praha a.s., ing. Otakar Hasík
- [2] Závěrečná zpráva geotechnického průzkumu pro stavbu „Prodloužení trasy A metra Praze ze stanice Dejvická“ mezi stanicemi Dejvická a Motol – DSP, Praha, Stavební geologie – GEOTECHNIKA, a.s., Mgr. Lucie Bohátková (říjen 2008)
- [3] Závěrečná zpráva doplňujícího inženýrsko-geologického průzkumu pro stanici Červený Vrch na trase metra V.A, Praha, prosinec 2010, Mgr. Rout
- [4] Zhodnocení inženýrsko-geologických poměrů ve staničení TM 0,00 – 25,00 SOD 03 Stanice Červený Vrch na trase metra V.A, březen 2011, Mgr. Bohátková, Mgr. Tlamsa

Boring and Concreting of Bořislavka Station

Four new stations – Bořislavka, Nádraží Veleslavín, Petřiny and Nemocnice Motol are being constructed at the moment within the phase V.A of the metro line A extension. The Prague Public Transport Company, a. s. is the investor of the line extension while Inženýring dopravních staveb, a. s. is its supplier. The construction is performed by Sdružení metro V. A. (Dejvická – Motol) including Metrostav a. s. and HOCHTIEF CZ a. s. The implementation of Bořislavka Station (former Červený vrch) is performed by the association of companies: HOCHTIEF CZ a. s. and PROMINECON CZ a. s. for HOCHTIEF CZ a. s.