ZAKLÁDÁNÍ

Časopis ZAKLÁDÁNÍ STAVEB, a. s. 4/2010 Ročník XXII

- Metro V. A: Převrtávaná pilotová stěna pro zajištění montážní šachty
- Metro V. A: Technologie TBM EPB pro ražbu jednokolejných tunelů
- Zajištění stavební jámy pro objekty City DECO a City ELEMENT v Praze na Pankráci
- Suché nádrže (poldry) – požadavky na výstavbu

ZAKLÁDÁNÍ® STAVEB

Časopis ZAKLÁDÁNÍ
vydává:
Zakládání staveb, a. s.
K Jezu 1, P. O. Box 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 Štěrba
členové redakční rady:
Ing. Martin Čejka
Ing. Jan Masopust, CSc.
Ing. Jiří Mühl
Ing. Michael Remeš
Ing. Jan Šperger

Redakce:
Ing. Libor Štěrba
Jazyková korektura:
Mgr. Antonín Gottwald

Foto na titulní straně:
Montážní šachta, prodloužení trasy metra V. A (str. 20)
Foto: Libor Štěrba
Překlady anotací:
Mgr. Klára Koubská

Design & Layout:
Jan Kadoun
Tisk:
H.R.G. spol. s r.o.

Ročník XXII
4/2010
Vyšlo 10. 2. 2011 v nákladu 1000 ks
MK ČR 7986, ISSN 1212 – 1711
Vychází čtyřikrát za rok

Pro rok 2011 je cena časopisu 90 Kč.
Roční předplatné 360 Kč vč. DPH, balného a poštovného.

Objednávky předplatného:
ALL PRODUCTION, s. r. o.
Areal VGP
Budova D1 F V. Veselého 2635/15
193 00 Praha 9 – Horní Počernice
tel.: 234 092 811,
fax: 234 092 813
E-mail: obchod@allpro.cz
http://allpro.cz/
http://predplatne.cz/

Podávání novinových zásilek povolila PNS pod č.j. 6421/98

Obsah

Seriál

Stavební stroje kdysi, část 8. – dokončení seriálu
Jednou za čas… 2
Zdeněk Bauer

Ze zahraničních časopisů

Moně Lise pod nosem, Aneb založení nové galerie v pařížském Louvru 6
Podle článku „Under Mona Lisa´s Nose“, European Foundation, winter 2009, napsal RNDr. Ivan Beneš, Zakládání staveb, a. s.

Teorie a praxe

Vysokofrekvenční technologie vrtání hornin 8
Petr Brandejs, Zakládání staveb, a. s.

Technologické poruchy podzemních stěn 10
Ing. Jindřich Řičica

Revize evropských norem pro speciální zakládání staveb 12
Doc. Ing. Jan Masopust, CSc., VUT v Brně;
Ing. Jindřich Řičica, předseda ADSZS

Dopravní stavby

Ražba jednokolejných tunelů na metru V. A technologií TBM EPB (Tunel Boring Machine – Earth Pressure Balance) 15
David Cyroň, Štefan Ivor, Jan Prajer, Filip Schiffauer, Petr Hybský

Metro V. A, staveniště BRE 1: Převrtávaná pilotová stěna pro zajištění montážní šachty (SO 07-17), stavební jáma a zajištění portálu pro přístupovou štolu (SO 07-10/01) 20
Montážní šachta (SO 07-17)
Ing. Jan Šperger, Zakládání staveb, a. s.
Statické řešení konstrukce montážní šachty
Ing. Jaroslav Kelíšek
Stavební jáma a zajištění portálu pro přístupovou štolu (SO 07-10/01)
Pavel Pavlů, Zakládání staveb, a. s.

Občanské stavby

Zajištění stavební jámy pro objekty City DECO a City ELEMENT v Praze na Pankráci 26
Ing. Marek Žniva, Zakládání Group, a. s.

Vodohospodářské stavby

Požadavky na přípravu a výstavbu suchých nádrží (poldrů) 30
Ing. Pavel Svatoš, Povodí Labe, s. p.

Na dvou spojených pískových lodích byl uprostřed vyroben rošt a na něj přejelo po kolejích pozemní korečkové rypadlo ze strojírny Lübeck v majetku firmy Lanna. Parník vzal soulodí do vleku a v červnu 1899 dopravil bagr proti proudu Vltavy z Libčic do Troje, kde bylo třeba vyhrabat plavební kanál nového zdymadla. Fotograf se v té době zrovna věnoval stavbě zdymadla v Klecanech, kudy transport proplouval, a díky tomu zůstala událost zvěčněna.

Stavební stroje kdysi, část 8. – dokončení seriálu Jednou za čas…

Osmým pokračováním končí krátký výlet do minulosti našich velkých staveb. Představily se nám při něm všelijaké více i méně kouřící stroje, které se ve 20. století staly neodmyslitelnou součástí každé větší stavební činnosti. Jejich každodenní práce byla po většinu stavby pořád stejná: rypadla a bagry hrabaly zeminu, lokomotivy a parníky ji kamsi odvážely, jeřáby zvedaly kameny a beton, čerpadla neúnavně odsávala stále přitékající vodu, beranidla pravidelně bušila do hlav pilot a larsenek, točily se bubny míchaček a nad hlavou běhaly vozíky lanovek i kočky kabelových jeřábů. Stále dokola, tam a zpátky. Všední den na stavbě byl při pozorování přes plot ohrady jednotvárný až nudný. Kdo byl u toho všeho hemžení po nějakou dobu blízko, ví, jak to je doopravdy. Kolik překvapení a problémů přináší každý nový den. Jenže o tom se už dnes po létech mnoho nedozvíme. Leda když má někdo to štěstí, že může vzít do ruky ohmataný stavební deník a začít v něm listovat. Se vší tou technikou bylo samozřejmě hodně potíží. Tu prasklo lano při tahání starých a téměř zkamenělých kmenů ze dna řeky, tam si lokomotiva postavila hlavu, že nepotáhne, protože

Firma Škoda si z přepravy svého nového lopatového rypadla, které čerstvě prodala podnikatelství Nejedlý, Řehák a spol., udělala v létě 1924 propagační akci. Z železniční stanice Brezová pod Bradlom ho do 11 kilometrů vzdálené Myjavy po částech dotáhl tehdy také zcela nový parní traktor Škoda-Sentinel. Fotografie zachytila transport výložníku dvoukubíkového rypadla.

nebyl čas na vymytí kotle a bylo v něm už víc kamene než vody. Pak se zas telefonovalo a jelo pro novou součástku a někdy jako by se s poruchami roztrhl pytel. Jednou vedla vada materiálu ke zlomení hřídele, jindy chyba obsluhy k vytavení ložiska, často přispělo i počasí. Za války, když se už šetřilo všude a na všem, se k tomu ještě přidaly díly vyrobené z „náhradních“ materiálů. Ale to všechno patřilo stále k všedním a obyčejným starostem stavby, ač příhody to byly někdy dost kuriózní. Za všechny aspoň dva zápisy z jednoho stavebního deníku: (úterý) Odpoledne byla lokomotiva zatopena a v 16 hodin ji odjeli vyzkoušet… (středa) Zvedání a nakolejování včera převrácené lokomotivy.
Byly ale také události, k nimž docházelo jen jednou za čas. Některé sice přímo souvisely se stavebním děním, jako třeba přesuny strojů, jejich montáže a rozebírání, ale docházelo k nim většinou jen na začátku a na konci stavby. V těchto činnostech byli tehdejší pracovníci opravdovými mistry. Složit na louce, bez

Motorové rypadlo Menck-Hambrock stavebního podnikatele Pažouta se z nádraží v Letohradu stěhovalo ve smontovaném stavu „po svých“. Na fotografii z konce září 1933 je vidět zájem obyvatel podorlické vesnice o přepravu stroje na stavbu pastvinské přehrady.

Na mnoha vodních stavbách se sice budovaly provizorní dřevěné mosty pro převážení zeminy z jednoho břehu na druhý, to ale nebyl případ stavby Trilčova jezu v Českých Budějovicích. Když proto pracovníci firmy Litická, a. s., potřebovali v únoru 1938 převézt lokomotivu (výrobek Českomoravské strojírny) na protější stranu Vltavy, pomohli si dřevěným pontonem.

Ne vždycky ale přeprava po vodě skončila úspěšně. Parní lokomotivy, předtím znárodněné společnosti Lanna, se vozily po Vltavě na stavbu slapské přehrady. V říjnu 1950 se jednu z nich sice podařilo bez problémů vyložit, ale při vytahování po strmém břehu vzhůru povolilo kotvení kladkostroje a lokomotiva sjela dolů. Naštěstí zůstala téměř nepoškozená na břehu a neskončila ve štěchovické nádrži. Obrázek je z jejího vyprošťování v následujících dnech. (foto Mühlbach)

U Přelouče poblíž Lohenic, v místě, kde začínal další průkop nového řečiště Labe, se počátkem dubna 1911 začalo montovat korečkové rypadlo Breitfeld-Daněk. Na prvním obrázku vidíme čtyři sloupy pomocného lešení a vůkol malebně poházené vozíky polní drážky, součásti rypadla a dámu s holčičkou. Pak několik týdnů usilovně pracovali dělníci i příroda. Zatímco stromky obrostly listím, rypadlo je na druhém snímku už téměř sestavené a dámu nahradili zaměstnanci stavební firmy Kruliš. Zbývá ještě smontovat a zavěsit korečkový dopravník, aby se 20. května mohlo začít bagrovat.

Vykolejení vozíků nebo lokomotiv, pokud se obešlo bez vážnějšího zranění, se přecházelo bez povšimnutí. Vrátit zpátky na koleje vozík trvalo pár minut, s mašinkou to bylo trochu delší, ale pokud se nepřevrhla, i to se dalo s heverem nebo aspoň sochorem a trochou vhodného dříví zvládnout do půl hodiny. Takové nehody, jako je ta na fotografii, se ale často nestávaly. Tady už bylo zapotřebí hodně úsilí a „tvůrčích" schopností, aby se všechno napravilo. O příčinách nehody dnes nic nevíme, ani o tom, zda se obešla bez následků pro osádku lokomotivy. Stalo se to firmě Nejedlý, Řehák a spol. v roce 1926 na stavbě dráhy u Myjavy v km 36,0. Nasypával se tu materiál do náspu a podle obrázku se zřejmě pod mašinou italského původu zřítilo dřevěné lešení v místě, kde ještě nebylo zasypáno. Asi tam lokomotiva neměla co dělat, lešení bylo určené jen pro vozíky s hlínou. Strojvedoucí nejspíš včas nezastavil a vlak se sesypal. Odhodlaní muži teď budou muset nanosit spoustu pražců, aby z nich pod mašinou vytvořili podpěru, a pak přijdou na řadu zvedáky, lana a řetězy. Vyprostit vozíky už bude hračka.

jeřábu, jen za pomoci dřevěného lešení a ručního kladkostroje, veliké korečkové rypadlo, to potřebovalo hodně fortele a fištrónu. Dalo se to zvládnout za týden se vším všudy, pokud se ale všechno čistilo a sem tam něco opravilo nebo vyměnilo, dával se stroj dohromady i přes měsíc. Proto, když to jen trochu šlo, přepravovaly se stroje raději vcelku nebo rozebrané jen zčásti. Ale na železniční vagon se celý bagr nevešel, stejně jako parník. I ten však uměli tenkrát rozebrat. Na kratší vzdálenosti se velké stroje dopravovaly nejlépe „po svých". U kolejových bagrů nebo lokomotiv to ovšem znamenalo zaměstnat partu dělníků k neustálému překládání kolejových polí. Na vodních stavbách se často stroje přeplavovaly, tažené parníkem, po cestách i necestách se převážely s pomocí koňských či volských spřežení nebo různých silničních parostrojů. Auta přišla na řadu až mnohem později. Jiné události by si ale každý stavbyvedoucí nejraději odpustil. Některé z nich byly sice „radostné", ale znamenaly spoustu práce navíc a nakonec ne vždycky velkou pochvalu

Příval velké vody vytrhl 2. září 1910 na Labi u Přelouče malý plovoucí bagr firmy Kruliš z kotvení a pohřbil ho pod vodou. Po opadnutí vody bylo napřed zapotřebí ručně vyhrabat a odvézt 26 (!) pontonů naplaveného písku. Teprve po měsíci začalo 4. října vyprošťování bagru, ale moc se nedařilo. Aby toho nebylo málo, dva dny na to do bagru narazil plující vor a vzápětí se znovu začala nebezpečně zvedat hladina Labe. Teprve 17. října byl bagr konečně vytažen. A pak přišel koncert strojníků, kteří ho střelhbitě vyčistili a promazali, zatopili v kotli a o dva dny později už bagr spokojeně hrabal.

Zima v roce 1940 byla krutá. Drtivý tlak ledových ker na Vltavě zcela zdevastoval staveniště štěchovické přehrady. Firma Lanna musela odepsat jeden parní jeřáb, řadu vozů a lodí i další menší kusy z inventáře. Parní lokomotivy sice přežily, dalo však hodně práce je před příchodem jara doslova vykopat z ledového hrobu a potom opravit poničené části, většinou naštěstí jen ty plechové.

Ledová záplava u Mělníka v únoru 1909 sice příliš neublížila korečkovému rypadlu podnikatelství Lanna, zato zdemolovala ruční tzv. Prášilův jeřáb, na jehož zbytku pózuje jeden z hlídačů stavební firmy.

od vedení firmy. To byly různé návštěvy potentátů, komisí či dokonce hlavy státu. Nepříjemnější byly různé nehody od ujetých vozíků přes převržené rypadlo až po odvázaný a odplutý bagr. Pokud nedošlo k úhoně na zdraví nebo životech či k větší hmotné škodě, nevěnovala se jim ale velká pozornost. Běžné škody se díky dostatku šikovných a pracovitých rukou podařilo rychle odstranit. Větší pohromu představovala všelijaká řádění přírodních živlů. Bouřky zpoprážely stromy, ale někdy i jeřáb, hlavně však způsobovaly výpadky proudu a zastavení čerpadel. Pokud nebyla po ruce parní lokomobila, v níž se dalo rychle zatopit, byla důsledkem zaplavená stavební jáma se vším, co se z ní rychle nepodařilo odtáhnout. Stejnou spoušť po sobě zanechaly záplavy, které sice většinou nepřicházely úplně nečekaně, ale ani tak se už před nimi nedalo mnoho zachránit. Utopené bagry a lokomotivy, strhané provizorní mosty, odplavené a rozbité vozíky a další materiál, to byly nemalé položky v účetních výkazech. O ně se pak často vedly dlouhé spory s úředníky, zda aspoň něco ze škod na inventáři zaplatí stát nebo jiný investor. V zimě býval sice na stavbách klid, ale příroda na to moc nedbala. Pohyb mohutných ker na řece mohl způsobit ještě větší katastrofu než voda v tekuté podobě. Tou úplně největší pohromou všech staveb byly samozřejmě dvě světové války se všemi průvodními jevy: málo lidí, málo uhlí, nedostatek téměř všeho, rekvírování strojů a nakonec i úřední zastavení stavební činnosti. To jsou ale už problémy z jiného soudku, které se navíc těžko ukazují na obrázcích. Fotografie na těchto stránkách jsou malou ukázkou toho, co se na dávných stavbách dělo jen jednou za čas…

Zdeněk Bauer

Koncem srpna roku 1907 uspořádal tzv. Středolabský komitét projížďku pozvaných hostů podél celého středního toku Labe na podporu regulačního stavebního programu. Začínalo se prohlídkou budoucího staveniště přehrady Les království nad Dvorem Králové a končilo v Mělníce, odkud význační hosté odpluli parníkem Marie Valerie do Prahy. Cesta s mnoha zastávkami trvala několik dnů a byla jistě únavná. Nejdůležitějším osobám posloužily dva automobily, ostatní se vezli v kočárech. Že nebylo tenkrát nejpříjemnější počasí, dokazují i deštníky, které panstvo třímá. Foukal studený vítr a občas pršelo. Po staveništi firmy Kress & Bernard, která prováděla regulační práce u Hradce Králové, provezl hosty vlak stavební drážky, čítající pět vozíků s podélnými lavicemi. Polstrovaná byla ale jen jedna, určená pro ministerskou a místodržitelskou suitu. Za vyzdobenou lokomotivou Orenstein & Koppel, tehdy starou jen čtyři roky, byl obyčejný vůz pro doprovod, protože tam padalo nejvíc sazí. Fotografie zachytila pana ministra obchodu dr. Pacáka, který vážil cestu z Vídně, jak z improvizované „tribuny“ vede proslov. Muž v klobouku na lokomotivě je nefalšovaný strojvedoucí.

Předváděcí akce ve vápencovém lomu

VYSOKOFREKVENČNÍ TECHNOLOGIE VRTÁNÍ HORNIN

Dne 17. prosince 2010 se konala poblíž belgického města Kanne předváděcí akce revoluční technologie vysokofrekvenčního vrtání hornin – Sonic Drilling. Jedná se o maloprofilovou technologii příklepového vrtání vrtnou tyčí nebo pažnicí, kdy nástroj vniká do horniny kombinovaným, vibračně-rotačním působením bez kladiva.

Prezentaci pořádala holandská firma SonicSampDrill. Návštěvu z ČR organizovala firma Vrtací technika Svoboda, s. r. o. Akce se zúčastnilo přibližně 45 osob z mnoha zemí Evropy, z toho z ČR asi 13.
Technologie „sonického vrtání" je známá již téměř 100 let a je používána v zemích celého světa. Kromě Ameriky, odkud pochází, pak převážně v Japonsku, Africe a nyní se začíná prosazovat i v Evropě.
Zdrojem vibrační energie je speciální **vrtná hlava**, ve které rotující excentry generující mechanické pulzy s frekvencí 50–180 Hz. Vysokofrekvenční energie je předávána do horninového prostředí přes vrtací tyče a vrtací korunku nebo přímo na kolonu pažnic. Při průniku vrtacího nástroje do zeminy dochází vlivem vysoké frekvence kmitů ke vznosu zeminy. Materiál v okolí vrtné kolony prakticky „teče" a minimalizuje se tak tření. Při vrtání rostlé horniny je vrtná drť vynášena vodním, vzduchovým nebo kombinovaným výplachem. Tato technologie má oproti klasickým metodám několik předností. Je to zejména 3–5x vyšší rychlost vrtání (od 30 cm za minutu až po 30 cm za vteřinu), 2x nižší instalovaný výkon soupravy, vodní, vzduchový nebo pěnový výplach s nesrovnatelně nižší spotřebou vody nebo vzduchu a rovněž menší zátěž pro okolí, protože převážná část vrtné drti zůstává pod povrchem. Ve většině nadloží lze vrtat přímo pažnicí, takže odpadá kombinace dalších pažicích systémů. Vibrace při odtěžování pažnic snižuje plášťové tření, což minimalizuje nebezpečí uvíznutí kolony ve vrtu. Sonic Drilling technologie umožňuje operátorovi měnit frekvenci dle specifického horninového prostředí. Vrtání je možné bez přerušení až do skalního podloží v proměnlivých geologiích, jako jsou hlína, písek, naplaveniny, jíl, štěrk s valouny. Navíc vibrace z vrtného nástroje prakticky nejsou přenášeny do okolí vrtu.

Vrtná souprava SDC 550 – 14t

Vysokofrekvenční vrtná hlava typ 50K

Vytlačení jádra do PVC rukávu

K nevýhodám technologie patří vyšší investiční náklady na vrtací soupravu – zejména na vrtací hlavu a vrtné nářadí. Maximální dosažitelná hloubka vrtu je kvůli ztrátám energie přibližně 200 m. Nutná je rovněž vysoká profesní úroveň obsluhy vrtné soupravy.
Technologie Sonic Drilling je vhodná pro vrtání geotermálních vrtů, vrtání studní, stavební vrtání, hloubení vrtů pro kotvy, mikropiloty, jádrové vrtání pro odebírání vzorků z různých hloubek, pro monitorovací studny a pro výzkumné vrty seismické aktivity.
Během předváděcí akce ve vápencovém lomu na belgicko-holandských hranicích bylo návštěvníkům prezentováno vrtání s jádrovací korunkou prům. 125 mm do hloubky 60 m. Předem deklarované parametry této technologie se opravdu potvrdily. Překvapil nás tichý chod soupravy bez zjevných rázů, vysoká rychlost vrtání (cca 1 m/20 sec) a prakticky zanedbatelný výnos horniny. Jako obtížně pochopitelné se nám jevilo použití jádrovací korunky bez nabírání jádra do plné délky vrtné tyče. A to i v homogenním, byť nikterak tvrdém vápenci. Je to způsobeno udržováním hydraulického tlaku sloupce vody nad vrtací korunkou, který nedovolí průnik jádra do soutyčí. Bylo nám rovněž předvedeno odebírání vzorků z 10metrové skrývky, tj. než se narazilo na vápenec. Jádro bylo po vytažení z kolony vytlačeno vibrací do PVC rukávů, které za tím účelem obsluha nasunula na pažnici. Ze vzorků bylo patrné, že skrývka obsahuje nejen měkké jíly a písky, ale i křemenné valouny, se kterými si souprava snadno poradila, a to vrtáním prakticky bez rotace.
Vrtání „Sonic Drilling“ na nás udělalo opravdu silný dojem. Zejména snadnost propažování nesoudržných formací a následné zcela bezproblémové odtěžování pažnic nemá ve stávajících systémech propažování konkurenci. Pro firmy, které při své každodenní praxi musí používat některé z pažicích systémů – dvojité hlavy nevyjímaje, by použití „sonicu“ znamenalo obrovský skok v produktivitě vrtání.
Pořádající firma usiluje o předvedení této efektivní technologie při vhodné příležitosti také v ČR. Bude určitě zajímavé ji vyzkoušet v našich proměnlivých geologiích a porovnat s klasickým vrtáním.

***Petr Brandejs**, Zakládání staveb, a. s.*
Foto: autor

Vrtná korunka

High-frequency technology for rock drilling

On December 17, 2010 a revolutionary technology of high-frequency rock drilling – named Sonic Drilling – was demonstrated near the Belgian town of Kanne. It is a low-profile hammer drilling technology using a drilling rod or casing – the tool is driven into the rock by combined vibro-rotating impacts without a hammer.

Pozvánka na odborný seminář Olšanka 2011

ARCADIS Geotechnika, a. s., pořádá společně s Českou silniční společností dne 23.2. 2011 již 15. odborný geotechnický seminář, který se uskuteční v kongresovém centru hotelu Olšanka v Praze 3.

Hlavním tématem semináře budou

DRUHOTNÉ A RECYKLOVANÉ MATERIÁLY V ZEMNÍM TĚLESE POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

Odborným garantem semináře je Ing. Vítězslav Herle z ARCADIS Geotechnika, a. s.

Seminář je určen především projektantům inženýrských a dopravních staveb, pracovníkům investorských organizací a zhotovitelských stavebních firem, inženýrským geologům i geotechnickým specialistům. Seminář je zařazen do projektu celoživotního vzdělávání ČKAIT a je hodnocen jedním kreditním bodem. Součástí semináře bude doprovodná výstavka odborných firem.

Na semináři bude předneseno osm příspěvků včetně přednášky

TRVALE UDRŽITELNÝ ROZVOJ PŘI VÝSTAVBĚ A ÚDRŽBĚ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ VE SPOJENÉM KRÁLOVSTVÍ,

kterou přednese britský odborník Dr. J. Murray Reid z laboratoře TRL Limited.

Pozvánky včetně závazných přihlášek budou rozesílány během ledna 2011. Více informací najdete na **www.arcadisgt.cz**

Vzpomínka na Ing. Aloise Koubu

Koncem léta loňského roku jsme se rozloučili s naším dlouholetým spolupracovníkem Ing. Aloisem Koubou, který zemřel po dlouhé a těžké nemoci dne 11. září 2010. Ing. Alois Kouba se narodil 8. dubna 1938 v Praze. Základní předpoklady pro svou budoucí profesní praxi získal při studiu na Vyšší průmyslové škole geologické. Následně, po dokončení studií na Stavební fakultě Vysoké školy dopravní, nastoupil jako stavební inženýr v roce 1962 do zaměstnání ve Vodních stavbách, o. p. Zde se již od samého začátku živě zajímal o všechny technické novinky, a proto, když byl v roce 1967 založen odštěpný závod 07 speciálního zakládání staveb, nebylo překvapením, že již byl platným členem tohoto nově vznikajícího kolektivu stavebních techniků, před kterými se otvíraly nové obzory. Byl tedy jedním z prvních pracovníků, kteří zaváděli v Československu metody speciálního zakládání, zejména pak různé technologie injektáže, do stavební praxe. Své profesi a práci v závodě 07 Vodních staveb, pozdějšímu samostatnému podniku Zakládání staveb, a. s., zůstal věrný po celý aktivní pracovní život. Pracoval zde postupně v různých funkcích, především v technické oblasti, jako vedoucí technického úseku, vedoucí odboru řízení jakosti a technický náměstek. V posledním období se pak věnoval převážně problematice certifikace, kdy pod jeho vedením byla úspěšně dokončena certifikace společnosti Zakládání staveb, a. s., podle ČSN EN ISO 9001, ČSH EN ISO 14001 a OHSAS 18001. Ing. Kouba stál také u zrodu odborného časopisu Zakládání a byl dlouholetým členem jeho redakční rady. Velmi aktivně spolupracoval se Stavební fakultou ČVUT v Praze, katedrou geotechniky, a to jak při zavádění nových technologií, tak i při začleňování nových absolventů do praxe. Také každoročně pořádané oborové konference Zakládání staveb v Brně byly místem, kde svým aktivním přístupem a poctivou prací v přípravném výboru i přímo při jejich konání výrazně přispěl k propagaci „speciálního zakládání staveb“.
I po odchodu do důchodu v roce 2002, tedy po plných čtyřiceti letech práce v jednom podniku, dál vypomáhal při řešení dílčích úkolů ve „svém podniku“ až do roku 2009. Očima blízkých spolupracovníků byl vždy vnímán především jako čestný, velmi pracovitý a na slovo vzatý odborník v problematice speciálního zakládání, který vždy dovedl své kolegy povzbudit a pomoci jim, když to potřebovali. Jeho odchodem ztrácíme nejen skutečného odborníka v oboru geotechniky, ale i spolehlivého spolupracovníka a přítele.

Čest jeho památce!

Technologické poruchy podzemních stěn

Vážné poruchy při provádění podzemních stěn na zahraničních stavbách v posledních letech vedly ke zkoumání příčin jejich vzniku. Závěry nizozemského výzkumného týmu autor textu shrnuje a na základě svých dlouholetých zkušeností doplňuje o doporučení, jak zajistit odpovídající kvalitu podzemních stěn za všech okolností.

Od provedení první podzemní stěny v roce 1954 v Miláně uběhlo již 56 let. Za tu dobu prošla tato technologie mnoha drobnými vylepšeními i většími inovacemi, jako bylo například zavedení koutových pažnic s waterstopy nebo těžba hydrofrézou. Zkušenost z nesmírného počtu úspěšně provedených staveb v různých podmínkách během několika desetiletí potvrzuje, že klíčem ke kvalitnímu výsledku je především přísné dodržování technologické disciplíny a vysoká pozornost věnovaná lokálním podmínkám a jejich změnám. Přesto se v poslední době objevily na několika stavbách v zahraničí velmi vážné poruchy, z nichž několik mělo téměř katastrofální následky, a vedly dokonce některé odborníky na nedávné mezinárodní konferenci v Londýně k položení otázky, zda je řešení hlubokých výkopů v městském území podzemními stěnami spolehlivé [1]. To je po letech úspěchů velmi překvapivá otázka, na níž je třeba hledat odpověď.

Tohoto úkolu se ujal nizozemský prof. van Tol se svým výzkumným týmem. Pro vyvážený pohled na věc připomenul, že kvalita podzemních stěn rozhodně nebyla příčinou dvou skutečně katastrofálních nehod na stavbách Nicole Highway v Singapuru a metra v Kolíně nad Rýnem ani velké nehody na stavbě budovy Europlex ve Varšavě. V Singapuru došlo k selhání rozpěr, v Kolíně nad Rýnem k prolomení dna jámy a ve Varšavě havaroval přilehlý vodovodní řad. Prof. van Tol však zkoumá řadu neobvyklých, řetězových, těžkých nehod podzemních stěn na jiných velkých stavbách.

Výskyt technologických poruch

Mediálně nejvíce známé jsou poruchy na stavbě Centrální tepny v Bostonu v USA, v 90. letech, a to násobné průvaly v zámcích lamel podzemních stěn, o kterých je všeobecně známo, že jejich příčinou byla nízká „firemní kultura“. Řečeno méně zaobaleně: dodavatel neuměl uplatnit výše uvedené zásady, zejména technologickou disciplínu.

Prof. Van Tol se však podrobněji zabýval především nebývalou eskalací problémů podzemních stěn v Nizozemsku a Belgii. Uvedl, že před rokem 2007 se za dvacet sledovaných let nevyskytly na cca 2000 provedených zámcích lamel podzemních stěn v Nizozemsku žádné těžké průsaky. Od tohoto roku se tam však během dvou let vyskytly na několika stavbách čtyři kritické průvaly s těžkými následky, a to na celkem 795 zámcích. Přitom tři tyto poruchy nastaly na jedné stavbě – Amsterdam Metro, Vijzelgracht, se 120 zámky. Další porucha se vyskytla na stavbě Rotterdam Central Station se 450 zámky. Výzkumný tým zaměřil svoji pozornost rovněž na dvě obdobně závažné nehody na stavbách v Belgii při výstavbě podzemního parkoviště v Deinze a na stavbě přívalové nádrže v Bruselu-Vorst.

Shrneme-li základové podmínky těchto staveb, jednalo se vždy o staveniště v nivách velkých řek s mocnými aluviálními náplavami a vysokou hladinou podzemní vody v husté zástavbě. Těžba byla prováděna konvenčními drapáky pod bentonitovou suspenzí a použity byly koutové pažnice typu CWS s waterstopem. Typ poruch byl vesměs stejný – mohutné inkluze bentonitové směsi v zámku. Po částečném vytěžení jámy vždy následovaly průvaly vody a jemnozrnných písků neuvěřitelných objemů. Důsledkem bylo velké sedání okolí, někdy nenahraditelné porušení přilehlých historických budov. Sanační opatření, zahrnující zpětné zásypy, polyuretanové injektáže, tryskové injektáže atd., představovaly pro dodavatele tu menší část celkových nákladů. Větší částí byly náhrady na opravy budov a penále za porušení kontraktu.

K těmto poruchám bohužel nejsou k dispozici všechny podrobnosti, ale v tabulce 1 jsou uvedeny alespoň hlavní dostupné údaje.

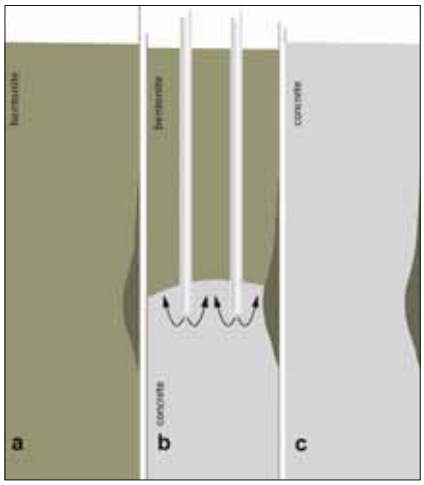
Je zajímavé, že výzkumný tým nenalezl ani v jednom případě přesnou příčinu technologické poruchy, která inkluzi způsobila. Částečně též pro nedostatek podrobností v záznamech staveb. Uvedl jen obecné schéma jejich vytvoření (viz obr. 1). Na tomto schématu je však třeba kriticky oponovat možnosti vzniku inkluze již při těžbě (1a). Určitý souvislý koagulát bentonitu může sice při prodlevě od dotěžení na betonové ploše sousední lamely vzniknout, ale nikoli takovéto naznačené hnízdo. To patrně vznikne až dodatečnou napadávkou při betonáži a spojí se s nečistotou, sedimentovanou v suspenzi na dně rýhy. Znečištěná suspenze je normálně vytlačována betonovou směsí, ale při souběhu dalších technologických nedostatků může být takové hnízdo nečistot odtlačeno k zámku a tam stoupající směsí obtečeno (obr. 2).

Název	Hl. [m]	Tl. [m]	H.p.v. [m]	Inkluze [m]	Sedání [mm]	Zemina [m³]	Voda [m³/h]
Amsterdam 1)	46,5	1,2	–3,5	0,4x1,0	140	?	?
Amsterdam 2)	46,5	1,2	–3,5	0,2x2	250	?	?
Rotterdam	36	?	?	?	?	200	100
Deinze	24	0,8	–2,5	?	?	30	?
Brusel	36	1,0	?	?	?	800	?

Tabulka č. 1: Přehled těžkých poruch zámků podzemních stěn v Nizozemsku a Belgii, 2007–08 (podle [1])

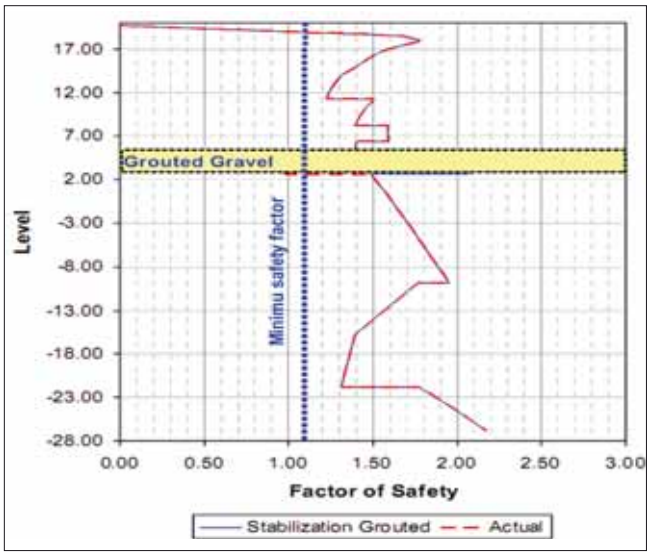
Firemní kultura

V příspěvku týmu vedeném prof. van Tolem se uvádí důvodné pochyby o kvalitě prací dodavatele a jeho řemeslné profesionalitě. Za pravděpodobné příčiny poruch podzemních stěn jsou označeny prostoje mezi operačními fázemi, nedostatečné čištění lamel před betonáží a špatný postup betonáže, nedostatky v kvalitě betonu a poruchy jeho dodávky. Tedy obvyklé chronické chyby, které se načítají do výsledné poruchy. Na schématu je například ukázána betonáž dvěma kolonami sypákových rour, ačkoli bylo známo, že někdy byla prováděna betonáž i 5,2 m dlouhých lamel jen jednou kolonou. Při veřejné diskusi na konferenci, dotýkající se tohoto příspěvku, ale zejména z neoficiálního vyjádření přítomných odborníků v kuloárech, bylo zřejmé, že hlavním důvodem těchto nedostatků byla již zmíněná nedostatečná „firemní kultura“. A jsme tedy opět u stejného pojmu jako ve zmíněném případě v USA – zde se jednalo o místního dodavatele s vysokou odbornou kompetencí v technologii provádění pilot, který překvapivě uspěl



Obr. 1: Vytvoření bentonitové inkluze během pracovních operací (podle [1])
a – nedostatečné vyčištění hnízda bentonitu v lamele (viz výhrada k této části obrázku výše v textu)
b – uzavření hnízda bentonitu při betonáži
c – výsledný stav s inkluzí

Obr. 2: Ukázka okrytého a očištěného hnízda bentonitu v zámku podzemní stěny, před sanací (archiv autora)



Obr. 3: Vyhodnocení stability rýhy – efekt stabilizační injektáže (podle [2]) Porovnání původní (červeně) a získané stability (modře)

v boomu tendrů na podzemní stěny, ale nedisponoval potřebnou tzv. firemní kulturou právě v této, pro něj nové technologii.

Při řešení problémů kvality prací se tak dostáváme z oblasti ryze technické spíše do oblasti řízení práce. Jak zajistit zaškolení, výcvik a dodržování technologických postupů? Úkol přenesení firemní kultury technologie podzemních stěn je komplexním problémem, u nějž hraje důležitou roli nejen systematický přístup předávající firmy a citlivá volba správných školitelů, ale stejně důležitý je i výběr pracovníků přejímajících technologii s vysokou motivací po řemeslné dokonalosti. V tomto druhém aspektu jsme zřejmě u kořene problému. Autor asistoval u podobného úkolu přenesení technologie podzemních stěn do Polska. Tam se podařilo najít pracovníky relativně nezkažené dosavadními pracovními návyky a dychtivé po získání vyšší, prestižní profesionální úrovně. Proto byly firmou rychle dosaženy vysoce kvalitní výsledky a získána nejlepší pozice na místním trhu.
V tomto ohledu je trh s pracovní silou v západních, vyvinutých zemích, k nimž se můžeme počítat přiměřeně i my, v posledních letech značně oslabován. Došlo ke generační změně, do důchodu postupně odešla celá generace profesionálů, techniků i dělníků, pro něž byla práce v kdysi moderním oboru speciálního zakládání skutečným povoláním, ke kterému cítili jistou řemeslnou hrdost. Dnes je však situace odlišná. Není k dispozici dostatek nových inženýrů a techniků, u dělnických profesí dochází k nástupu méně kvalifikovaných sil, často s odlišným kulturním zázemím z jiných zemí. Tito dělníci mají mnohdy k práci odcizený postoj námezdní síly. U technologických operací, které probíhají trvale pod hladinou suspenze, bez možnosti jednoznačné kontroly všech detailů, je spolehlivost prováděcího personálu nenahraditelná.

Reakce na změnu geologických podmínek
Dodržování technologické kázně není ovšem pro dobrý výsledek práce postačující. Personál musí být také schopen zpozorovat a vyhodnotit odlišnosti reálných podmínek v terénu od předpokladů a projektu a včas a adekvátně na ně reagovat. To dobře ilustroval jiný příspěvek na uvedené konferenci [2]: i dobře připravená renomovaná firma narazila při hloubení podzemních stěn stavby metra v Káhiře na dva nečekané, avšak poměrně typické problémy.
Na stanici Abbassia byla v hloubce 25 m zastižena vrstva jílů, která se ukázala jako velmi lepkavá, což následně způsobovalo ucpávání dopravního potrubí hydrofrézy. Problém byl vyřešen dávkováním sody přímo na řezné kotouče u vstupu sacího potrubí.
Na stanici El-Guish se první lamela délky 7,0 m a hloubky 46 m zavalila, přilehlé budovy byly ale naštěstí od této lamely dostatečně vzdáleny. Jako příčina byl označen nedostatečný průzkum vrstev štěrkopísku, které se ukázaly jako balvanité, s malou výplní mezer jemnou frakcí. Gravitační výpad balvanů ze stěn rýhy pak způsobil její nestabilitu i pod pažicí suspenzí. Řešením byla předběžná zpevňující injektáž těchto vrstev podél budoucí stěny. Výsledné zlepšení stability je patrné z obr. 3.

Závěr
Klíčovými podmínkami pro zabránění vzniku poruch podzemních stěn jsou tedy přísné dodržování technologických pravidel výroby a úprava případných nedostatečných podmínek pro jejich správné provádění.
Obě jsou výrazně závislé na kvalitě a kompetenci personálu. Přestože je v oboru speciálního zakládání metoda podzemních stěn relativně jednoduchá, monotónní a vysoce mechanizovaná, její závislost na lidském činiteli zůstává vysoká. Prof. van Tol důrazně upozorňuje, že požadavky normy EN 1538 Podzemní stěny jsou jenom naprostým a kritickým minimem, proto doporučuje dodavatelům tyto požadavky ve firmě podstatně zpřísnit.

Ing. Jindřich Řičica

Literatura:
[1] *A. Frits van Tol, Deltares, Delft University of Technology, Delft, Netherlands Vasco Veenbergen, Deltares, Delft, Netherlands, Jan Maertens, Bvba, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgium DIAPHRAGM WALLS, A RELIABLE SOLUTION FOR DEEP EXCAVATIONS IN URBAN AREAS?, Conference Proccedings, Geotechnical Challenges in Urban Regeneration, London, May 2010.*

[2] *Ashraf Wahby, M. Hammam, E. Toema and M. Sherif, all Bauer Egypt, Cairo Egypt and Bjoern Hoffmann, Bauer Speziatiefbau GmbH, Schrobenhausen, Germany, : CAIRO METRO LINE 3 PROJECT, PHASE 1, NON TRADITIONAL METHODS FOR INSTALLING DEEP DIAPHRAGM WALLS AND HORIZONTAL GROUT PLUGS, Conference Proccedings, Geotechnical Challenges in Urban Regeneration, London, May 2010.*

Technological defaults on diaphragm walls

Frequent occurrence of severe defaults in course of carrying out diaphragm walls in the last years resulted in investigations into their causes. The author of the following article summarises conclusions of a Dutch investigatory team as well as provides certain recommendations on how to ensure required quality of diaphragm walls under all circumstances.

Revize evropských norem pro speciální zakládání staveb

V příspěvku přinášíme informace o současném stavu v oblasti tzv. prováděcích norem v oboru speciálního zakládání staveb. Tyto normy, jejichž garantem a spolutvůrcem je EFFC (Evropská federace dodavatelů speciálního zakládání staveb), začaly vycházet před více než 10 lety a tak, jak to zejména v technických oborech bývá, poměrně rychle zastarávají a musí být tedy revidovány. Normy odrážejí skutečnou problematiku při přípravě, realizaci a monitoringu prací speciálního zakládání a jsou odbornou veřejností ve všech evropských zemích přijímány velmi kladně a jsou součástí všech technických podmínek při realizaci těchto staveb. V loňském roce došlo tedy k revizi dvou základních (a současně nejstarších) norem tohoto souboru, a to EN 1536 Provádění speciálních geotechnických prací – Vrtané piloty a EN 1538 Provádění speciálních geotechnických prací – Podzemní stěny. Obě normy byly již přeloženy do českého jazyka a vydány budou do března 2011. Některé podrobnosti a významné změny oproti původní verzi těchto norem jsou obsahem tohoto příspěvku. Rovněž je uveden přehled stavu ostatních norem tohoto souboru.

Úvodní přehled

Evropská federace dodavatelů speciálního zakládání staveb (EFFC), jejímž členem je za Českou republiku ADSZS, je garantem, spolutvůrcem a propagátorem souboru evropských prováděcích norem, jež mají společnou první část názvu: Provádění speciálních geotechnických prací a v návaznosti pak příslušnou technologii, které se norma týká. Tyto normy, zabývající se podklady a podmínkami pro provádění, vlastní technologií, monitoringem a kontrolou nad prováděním, si za posledních 10 let vydobyly v Evropě významné postavení a jsou odbornou veřejností považovány za velmi přínosné a užitečné, neboť odrážejí dlouholeté zkušenosti a jsou vytvářeny skutečnými specialisty. Tak jako v jiných oborech lidské činnosti, i v našem oboru jde o vývoj velmi bouřlivý, jenž je dán na jedné straně především technologickým pokrokem, který se projevuje snahou o dosažení co nejvyšší produktivity práce s minimem nákladů, na straně druhé pak snahou o harmonizaci prací v rámci Evropy a dodržování základních bezpečnostních opatření, jež by celkově směřovaly k udržitelnému rozvoji ve stavebnictví s návrhem a prováděním bezpečných a trvanlivých konstrukcí. Je tedy zřejmé, že sebelepší předpisy a normy mají jen velmi omezenou životnost a musí být relativně často revidovány a přepracovány, a to nejen na základě nových poznatků ve vědě a technice, ale též v souvislosti s harmonizací norem pro navrhování, provádění a testování. To je ostatně i případ norem pro provádění speciálních geotechnických prací, zvláště těch starších, jež vyšly již před více než 10 lety. V současné době je stav následující:

– ČSN EN 1536: Provádění speciálních geotechnických prací – Vrtané piloty byla revidována v r. 2010; revize je již přeložena do českého jazyka a Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví ji vydá do konce března 2011; podrobněji o této normě pak v kapitole 2.

– ČSN EN 1538: Provádění speciálních geotechnických prací – Podzemní stěny byla rovněž revidována v r. 2010, je také přeložena do češtiny a vydána bude rovněž do konce března 2011; podrobněji o této normě v kapitole 3.

– ČSN EN 1537: Provádění speciálních geotechnických prací – Injektované horninové kotvy z r. 2001 stále platí, neboť její revidovaná verse z r. 2009 je ve stadiu přednormy. Důvodem pro to, že nemá statut evropské normy, je skutečnost, že mnoho termínů, definic a ostatně i pracovních postupů se týká tří dokumentů, a to zejména ČSN EN 1997-1 Navrhování geotechnických konstrukcí, část 1 Obecné zásady, normy ČSN EN 1537 a připravované normy prEN ISO 22477-5 Geotechnical Investigation and Testing – Testing of Geotechnical Structures – Part 5: Testing of Anchorages, která, jak vidno, je rovněž ve stadiu přednormy, není tedy přeložena do češtiny a zabývá se zkoušením kotev, tedy z praktického hlediska způsoby, postupy a metodami napínání kotev. Bohužel tyto tři normy, jež se svým obsahem (v případě EC 7-1 částečně) týkají stejné geotechnické konstrukce, každá svým dílem, nejsou důsledně harmonizovány. Jednou z příčin byla skutečnost, že každou z nich připravovala jiná technická komise (TC) v jiném časovém období. Na posledním společném zasedání těchto TC bylo konstatováno, že bude nezbytné mnoho údajů sjednotit, což si zřejmě vyžádá i jistou revizi EC 7-1. Příslušný termín byl zatím stanoven na rok 2011.

– ČSN EN 12 699: Provádění speciálních geotechnických prací – Ražené piloty z r. 2001 bude revidována v roce 2011. Důvodem je především snaha o harmonizaci s normami 1536 a 1538 v oblasti materiálů a výrobků, dále odstranění některých chyb a sjednocení s normou ČSN EN 12 794: Betonové prefabrikáty – Základové piloty. Tuto revizi vyžaduje zejména Německo, Nizozemí a Dánsko, tedy země, kde tyto piloty mají významné zastoupení.

– ČSN EN 14 199: Provádění speciálních geotechnických prací – Mikropiloty z r. 2005 bude rovněž revidována v r. 2011, a to stejnou pracovní skupinou jako v případě normy předchozí. Důvodem je také harmonizace s normou 1536 a nově deklarovaná snaha o zvětšení rozsahu v případě vrtaných mikropilot až na průměry 500 mm, když v současné době je hranice mezi vrtanými pilotami a mikropilotami 300 mm. Skutečnost je však taková, že v případě vrtaných pilot průměrů od 300 do 500 mm je dodržení některých předpisů problematické, např. betonáž pod vodou v případě železobetonových pilot. Dalším důvodem je revize článků týkajících se antikorozní ochrany mikropilot.

– ČSN EN 12 715: Provádění speciálních geotechnických prací – Injektáže z r. 2001 byla shledána bez závad, tedy bez potřeby revize v nejbližším období.

– ČSN EN 12 716: Provádění speciálních geotechnických prací – Trysková injektáž z r. 2002 rovněž nepotřebuje revizi v nejbližší době.

– ČSN EN 12 063: Provádění speciálních geotechnických prací – Štětové stěny z r. 2000 je na tom stejně jako obě předchozí, tedy bez potřeby revize.

– ČSN EN 14 679: Provádění speciálních geotechnických prací – Hloubkové zlepšování zemin z r. 2005 je určena k revizi v r. 2012, tedy v následujícím období po revizi norem 12699 a 14199.

– ČSN EN 14 731: Provádění speciálních geotechnických prací – Hloubkové zhutňování zemin vibrováním z r. 2005 je rovněž určena k revizi nejdříve v r. 2012.

– ČSN EN 14 490: Provádění speciálních geotechnických prací – Hřebíkování zemin je relativně nová – byla vydána v r. 2010.

Revize ČSN EN 1536: Provádění speciálních geotechnických prací – Vrtané piloty

Revidovaná norma má rozsah větší o 20 stran a obsahuje celkem 11 kapitol a 4 přílohy. Tak, jako tomu bylo v původní verzi, týká se vrtaných pilot s kruhovým průřezem a průměrem větším než 0,30 m, dále pak lamel podzemních stěn, jež jsou betonovány

v celém průřezu najednou, nicméně již v definicích a v předmětu normy jsou jisté rozdíly:
– je definována minimální délka pilot (lamel podzemních stěn), pro něž norma platí, a to poměrem L/D(W) ≥ 5 (v původní normě nebyla délka pilot nijak omezena, což mohlo být poněkud zavádějící),
– v případě lamel podzemních stěn je zvětšena přípustná plocha příčného řezu na A ≤ 15 m^2.

Ostatní definované tvary pilot a jejich přípustné rozměry zůstávají. Rovněž je výslovně uvedeno, že norma neplatí pro mikropiloty, vmíchávané sloupy, sloupy vytvářené tryskovou injektáží, zlepšování základové půdy pro pilotáž, piloty ze zeminového betonu a podzemní stěny, jež svými rozměry a zejména způsobem betonáže neodpovídají příslušné definici.
Kapitola 2 obsahuje normativní odkazy, jež jsou pochopitelně přízpůsobeny stavu v r. 2010. Z nich je pro naše účely zejména důležitá norma ISO/DIS 22477-1: Geotechnický průzkum a zkoušky – Zkoušení geotechnických konstrukcí část 1: Statické zatěžovací zkoušky pilot – osově zatížené piloty *(Geotechnical investigation and testing – Testing of geotechnical structures – Part 1: Pile load test by static axially loaded compression)*, která je rozhodující pro provádění statických zatěžovacích zkoušek pilot, není však zatím přeložena do českého jazyka.
Ve 3. kapitole jsou názvy a definice, jež jsou oproti předchozí verzi rozšířeny o následující pojmy:
– *dočasné pažení* – ocelová roura k zajištění stability vrtu při jeho hloubení (např. v nestabilní základové půdě), která je vytažena během betonáže nebo bezprostředně po betonáži;
– *trvalé pažení* – ocelová roura k zajištění stability vrtu při jeho hloubení (např. v nestabilní základové půdě), která zůstane trvale v zemi jako trvalé souvislé zapažení, stává se součástí piloty a může působit jako ochrana nebo jako nosný prvek; tato definice nahrazuje původní název „ztracené pažení“;
– *úvodní pažnice* – krátká dočasná pažnice, použitá k ochraně proti ztrátě stability ohlubně a horní části vrtu pod pracovní plošinou;
– pojem *pažicí suspenze* byl nahrazen obecnějším pojmem ***pažicí kapalina***;
– *zkouška jádrovým vrtem* – zkouška integrity prováděná prostřednictvím jádrových vrtů v dříku vrtané piloty;
– pojmy *injektážní suspenze*; *injektážní malta* byly nahrazeny pojmem ***injektážní směs*** – homogenní směs cementu a vody, která může obsahovat příměsi a přísady (zde došlo k vyloučení jemnozrnného kameniva, tudíž k vyloučení injektážní malty, jež však tak jako tak nebyla v praxi používána);
– *krytí oceli betonem* – vzdálenost mezi vnějším povrchem výztužných prutů a povrchem betonu, (povrch betonu je dán tvarem stěny vrtu a je vytvářen pomocí vrtného nástroje);
– *realizační dokumentace* – soubor dokumentů, zahrnující všechny výkresy, technická data a požadavky potřebné pro provádění předmětného díla. (Realizační dokumentace není pouze jedním dokumentem, nýbrž je souhrnem dokumentů potřebných pro účely provádění stavby, která je zajišťována od projektanta až po zhotovitele. Obsahuje projektové dokumenty potřebné k zajištění kvality díla ve smyslu této evropské normy, jakož i národních zkušeností příslušných k místu realizace);
– *projektové specifikace* – projektová dokumentace popisující požadavky pro určitou stavbu (pilotážní práce).

Část pojmů byla přeřazena z původní přílohy A do této kapitoly, přičemž v nové příloze A revidované normy zůstalo jen několik původních pojmů, novým je pouze:
– *kotva* – základový prvek sloužící k přenosu tahové síly do únosné vrstvy základové půdy.

Kapitola 4 má nový název: *Informace potřebné pro provádění vrtaných pilot* a je rozdělena do dvou podkapitol – na soupis všeobecných informací a na údaje zvláštní. Rovněž tak kapitola 5 se nově nazývá: G*eotechnický průzkum*, přičemž obsah jednotlivých článků nevykazuje žádné významnější změny.
Kapitola 6: *Materiály a výrobky* je značně přepracována a je rozdělena na podkapitoly týkající se výchozích materiálů, pažicích kapalin, betonu, injektážích směsí, výztuže a dodatečně zabudovaných prvků. V případě výchozích materiálů jde zejména o rozšíření škály přípustných cementů, viz tab. A.
V případě nejpoužívanější bentonitové pažicí suspenze byla tabulka požadovaných vlastností rozšířena o požadavek na max. tloušťku filtračního koláče, jenž v případě čerstvé suspenze nesmí přesáhnout 3 mm a v případě suspenze znovu použité pak 6 mm.
Poněkud přepracována byla tabulka 4, týkající se požadované konzistence čerstvého betonu (je povolen poněkud větší rozptyl). Tabulka 3, týkající se minimálního obsahu cementu do betonu pro piloty pro betonáž do sucha a pod vodu či suspenzi, zůstala nezměněna.

Je zdůrazněno, že beton konzistence třídy F5 a vyšší (respektive S4 a vyšší) smí být vyráběn bez použití vysoce účinných superplastifikátorů, které redukují obsah vody.
V článcích týkajících se odběru vzorků betonu a jejich zkoušení je jistá změna v tom, že se má postupovat podle ČSN EN 13 670 Provádění betonových konstrukcí, jež se stává obecnou platnou normou pro realizaci všech stavebních konstrukcí z betonu. Tato norma ovšem neobsahuje nic o prvcích speciálního zakládání staveb, o jejich specifických požadavcích a zvláštnostech. Proto v revizi ČSN EN 1536 zůstala kapitola týkající se technologie betonáže ve zhruba stejném rozsahu, jako tomu bylo v původní verzi. Vize betonářů je ovšem taková, že veškerá technologická pravidla by měla být soustředěna v jedné normě – tedy EN 13 670. To by ovšem znamenalo její příslušné rozšíření a rovněž budoucí vypracování jakési normy EN 206-X, která by soustředila požadavky na vlastnosti a výrobu betonu pro piloty a podzemní stěny. Budoucí vývoj normalizace v této oblasti zatím není jistý. V popisované revizi EN 1536 zůstalo tedy vzorkování v podstatě beze změn. Rovněž tak nezměněna je v podstatě kapitola týkající se betonářské výztuže a geometrických výrobních tolerancí.

– Portlandský cement	– CEM I;
– Portlandský struskový cement	– CEM II/A-S a II/B-S;
– Portlandský cement s křemičitým úletem	– CEM II/A-D;
– Portlandský pucolánový cement	– CEM II/A-P a II/B-P;
– Portlandský popílkový cement	– CEM II/A-V a II/B-V;
– Portlandský cement s kalcinovanou břidlicí	– CEM II/A-T a II/B-T;
– Portlandský cement s vápencem	– CEM II/A-LL;
– Portlandský směsný cement	– CEM II/A-M (S-V) a CEM II/B-M (S-V);
– Portlandské směsné cementy	– CEM IIA-M (S-LL, V-LL) a CEM IIB-M (S-LL, V-LL);
– Vysokopecní cement	– CEM III/A, III/B a III/C.

Tab. A (viz text)

Stupeň rozlití Ø (mm)	**Sednutí kužele** H (mm)	**Typické podmínky použití** (příklady)
500 ±30	150 ±30	betonáž do sucha
560 ±30	180 ±30	betonáž betonážním čerpadlem nebo pomocí sypákové roury pod hladinu podzemní vody
600 ±30	200 ±30	betonáž pomocí sypákové roury v případě pažicí suspenze
POZNÁMKA: Změřený stupeň sednutí kužele (H) nebo rozlití (Ø) se zaokrouhlí na nejbližších 10 mm.		

Tabulka 4: Konzistence čerstvého betonu při různých podmínkách

Přepracována je kapitola 9 nazvaná Dohled, zkoušení a monitoring. Především je stanoveno, že zkoušky pilot se řídí ustanoveními Eurokódu 7 a vlastní realizace statických zatěžovacích zkoušek osově zatížených pilot je upravena normou EN ISO/DIS 224 77-1: *Geotechnical investigation and testing – Testing of geotechnical structures – Part 1: Pile load test by static axially loaded compression*, která – ač platná – ještě neexistuje v českém překladu. Soubor těchto ISO/DIS norem bude v budoucnu rozšířen o statické zatěžovací zkoušky pilot v tahu, příčné zatížení a o zkoušky dynamické. Rovněž tak jednou z těchto norem bude ta, jež se týká zkoušení (tedy napínání) kotev. Kapitola je doplněna články týkajícími se zkoušek integrity vrtaných pilot. Je zajímavé, že speciálně nejsou jmenovány u nás oblíbené zkoušky PIT/SIT, hovoří se zde pouze o zkouškách ultrazvukem nebo o jádrových vrtech. To samozřejmě neznamená, že jednoduché zkoušky PIT by neměly být v budoucnu prováděny, pouze je třeba přisoudit jim reálnou vypovídací schopnost.
Zbývající kapitoly jakožto dodatky A, B, C a D zůstaly v podstatě beze změny. Jde zejména o vzory protokolů o výrobě vrtaných pilot různých typů, které se běžně používají.

Revize ČSN EN 1538: Provádění speciálních geotechnických prací – Podzemní stěny
Oproti předchozí (původní) verzi, platné u nás od dubna 2001, došlo v této normě k některým podstatným změnám a úpravám. V revizi šlo především o skutečnou odezvu praktického uplatňování předchozí verze normy, ale také o aktualizaci odkazů a vazeb na související normy. Revidovaná norma se však rozrostla jen o pět stránek. Velkou formální a na první pohled patrnou změnou je podrobnější strukturování textu do kratších, očíslovaných odstavců a doplňujících poznámek. Jsou tak umožněny přesnější a podrobnější odvolávky na ustanovení normy v různých aplikačních technických textech.
Některé formální změny v terminologii mají ale důležité obsahové pozadí, související s nárůstem významu oboru geotechniky a s rozvojem technologií speciálního zakládání v posledních desetiletích. Příkladem je používání termínu ***geotechnický průzkum*** namísto předchozího *průzkumu staveniště*. S tím rovněž souvisí nově zavedená příloha „A. Vysvětlivky“, týkající se některých důležitých, úzce odborných termínů, nyní obecně používaných. K inovaci terminologie bylo přihlédnuto i při překladu, a to větším příklonem k doslovnému převodu původního anglického textu, a tedy odklonem od staršího, volnějšího českého názvosloví, aby tak byl dosažen těsnější soulad s mezinárodním kontextem. Tady může být příkladem nahrazení dříve používaného výrazu *podzemní stěny monolitické* souslovím ***podzemní stěny na místě betonované***.
Větší změny obsahu i rozsahu doznaly některé kapitoly. Některé z hlavních změn jsou dále uvedeny. Na prvním místě je třeba upozornit na podstatné rozšíření ***kapitoly 5.1 o geotechnickém průzkumu***. V čl. 5.1.1 a jeho poznámkách, jakož i v následných článcích 5.1.2 až 5.1.4, je s odvoláním na ČSN EN 1997-1 (Eurokód 7) formulována důležitost odpovídajícího průzkumu a jeho podstatných aspektů. Tato ustanovení normy vylepšují pozici projektanta a dodavatele pro jednání o základních dokumentech daného projektu s ostatními partnery. Lze si jen přát, aby nový český Národní aplikační dokument k EN 1997-1, který je v přípravě, šel v tomto směru ještě dále.
Zásadně přepracována je ***kapitola 6. Stavební hmoty a výrobky***, která se podrobněji věnuje některým složkám, například cementům. Pozornost je dále zaměřena i na beton, kde se snaží vyřešit disproporci v nárocích souvisejících norem, například odkazem na prováděcí specifikaci a důrazem na zkoušení konzistence betonu i v průběhu betonáže. Právě tyto otázky jsou mimořádně důležité pro výslednou kvalitu díla, což platí i pro vrtané piloty; proto také Asociace dodavatelů speciálního zakládání staveb (ADSZS) ve spolupráci s Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků (ČKAIT) zadala vypracování odborné směrnice pro správný postup v této oblasti. Revidovaná norma je v tomto ohledu klíčovým dokumentem.
V kapitole ***7.2 Stabilita lamely*** je uvedený fenomén rozpracován nyní poněkud podrobněji, například s ohledem na problémy v kyprých píscích nebo v měkkých zeminách nebo na problémy se ztrátou pažicí kapaliny. Upřesňují se zde také okolnosti použití zkušební těžby.
Velmi důležitá operace betonáže je v ***kapitole 8.8. Betonování a odbourání*** také rozpracována podrobněji. Pozornost je zde věnována zejména betonáži pod pažicí kapalinou, kde je nově uplatněn český termín „sypákové roury“, adekvátně k anglickému výrazu „tremie pipes“. Zde je možno uvést příklad odstavce 8.8.3.9 o zahájení betonáže, který dobře ilustruje drobné formulační změny v revidovaném znění normy, kvůli kterým je nutno se s ní velmi pečlivě a podrobně seznámit. Původní norma uváděla, že: „…se betonážní roura spustí až na dno rýhy a po jejím naplnění betonem se nadzvedne o 0,1 m“. Nové znění je však upraveno tak, že: „…se sypáková roura musí spustit až na dno rýhy a potom nadzvednout zhruba o 0,1 m“. Jde zde o reakci na předchozí praxi, kdy mohlo dojít po deformaci oddělovacího pístu k promíchání betonové směsi se suspenzí v sypákové rouře, ucpané opřením o dno rýhy. Nyní je tedy hned zpočátku umožněn plynulý výtok ze sypákové kolony, a tím vytlačení suspenze bez turbulencí. Dále je zdůrazněna nutnost monitorování polohy sypákových rour, pro něž norma nově doporučuje podrobnou formu záznamu, uvedenou v příloze C. Také se nově v *kapitole 8.8.4 Ztráta ponoru sypákové roury* stanovují postupy pro řešení této technologické nehody.
Kapitola 9. Dohled, zkoušení a monitoring zavádí zejména ve svých přílohách B.1 až B.5 mnohem podrobněji strukturovaný přístup ke kontrolním postupům, požadované detaily a četnosti (v původní normě to byly tabulky 3 až 6). Nová norma však zato úplně vypouští příklady všeobecných a provozních protokolů (předchozí tabulky B.1 až B.11). Doufejme, že revidovaná verze této normy, do níž promítlo své zkušenosti z nesčetných staveb v různých podmínkách mnoho uznávaných odborníků, bude dobrou pomůckou pro všechny účastníky nových stavebních projektů.

***Doc. Ing. Jan Masopust, CSc.**, VUT v Brně (Úvodní přehled, Revize ČSN EN 1536);*
***Ing. Jindřich Řičica**, předseda ADSZS (Revize ČSN EN 1538)*

Revision of European standards on special foundation engineering

This article brings information on the current situation in the area of so called performance standards in the field of special foundation engineering. These standards have been supervised as well as partly created by the EFFC (European Federation of Foundation Contractors) for more than 10 years; due to relatively fast development in the technical sciences they tend to outdate quickly and thus need regular revision. The standards reflect real issues concerning preparation, realisation and monitoring of special foundation works and as they become a part of all technical requirements for construction realisations the professional public in all European countries positively approves of them.
Two following major (as well as oldest) standards within this group were revised last year: EN 1536 – Execution of special geotechnical work – Bored piles and EN 1538 – Execution of special geotechnical work – Diaphragm walls. Both standards were already translated into Czech and shall be published until March 2011. This article discusses some details as well as important changes in the original version of these standards. It also gives an overview of the current situation regarding the other standards in the field.

Obr. 1: Přebírka razicího stroje ve firmě Herrenknecht

Ražba jednokolejných tunelů na metru V. A technologií TBM EPB *(Tunnel Boring Machine – Earth Pressure Balance)*

Tak jak se nasazení razicích štítů na prodloužení trasy metra V. A z Dejvic do Motola stává pomalu realitou, v odborné i laické veřejnosti narůstá požadavek na popis a vysvětlení celé technologie ražby jednokolejných tunelů. V tomto souhrnném článku od několika autorů z různých oborů jsme se proto rozhodli komplexně představit celou technologii ražeb TBM EPB. Popsány jsou v něm parametry razicího štítu, použitá logistika ražeb, zhotovení výplňové injektáže a konečně i výroba vlastních segmentů.

Obecná část a popis nasazení razicích štítů

Traťové tunely prodloužení trasy A metra v Praze ze stanice Dejvická do stanice Motol budou raženy technologií TBM EPB. Tato zkratka je odvozena od anglického názvu *Tunnel Boring Machine – Earth Pressure Balance* a specifikuje typ použité technologie TBM, kdy vyrovnávání tlaků během ražby je prováděno za pomoci rozpojené zeminy.

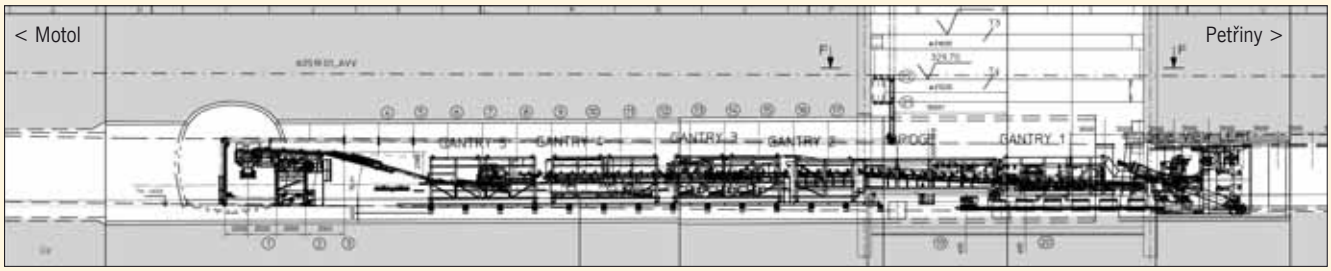
Pro ražbu jsou vyrobeny štíty s pořadovými čísly S-609 a S-610; tímto způsobem označuje výrobce, firma Herrenknecht (Německo), štíty s průměrem větším než 5 m.

Razicí štíty budou po částech dopraveny na staveniště BRE1, ležící východně od křižovatky Vypich asi 500 m před stanicí Petřiny. Jednotlivé díly pak budou spouštěny na předem připravená lůžka ve dně **montážní šachty** z převrtávaných pilot průměru cca 21 m a hloubky 34 m, kde bude probíhat kompletace stroje. Razicí komplex pak bude spojen v jeden celek a dostrojen v montážní komoře, což je dvoukolejný tunel metra, navazující na montážní šachtu (obr. 2).

Celou trasu, kterou stroje na ražbách do stanice Dejvická musí urazit, je možno rozdělit na dva hlavní úseky. První začíná na zařízení staveniště BRE1 a končí na staveništi E2, situovaném přibližně v polovině trasy. Druhý pokračuje z E2 a končí před stanicí Dejvická.

Ražby jednokolejných tunelů metodou TBM budou zahájeny na levé tunelové troubě (pohled ve směru ražby) pomocí stroje S-609. Montáž a zahájení ražeb pomocí druhého stroje, jehož označení je S-610, jsou plánovány s tříměsíčním odstupem.

Stanicí Petřiny, tj. stavebním oddílem SO 07 ST Petřiny, budou oba štíty pouze protaženy předem vyraženými dílčími výruby jednolodní stanice. Za stanicí Petřiny pak bude ražba jednokolejných tunelů pokračovat v SO 06 TÚ Veleslavín–Petřiny bez přerušení v délce 1066 m až do třílodní stanice Veleslavín. Touto stanicí budou štíty protaženy předem vyraženými bočními loděmi stanice a poté zahájí krátkou ražbu délky cca 150 m v SO 04 TÚ Červený vrch–Veleslavín až do otevřené stavební jámy na staveništi E2. Touto jámou budou protaženy a na jejím konci zahájí ražbu o délce cca 100 m. Po projetí obou strojů jámou E2 bude zahájen

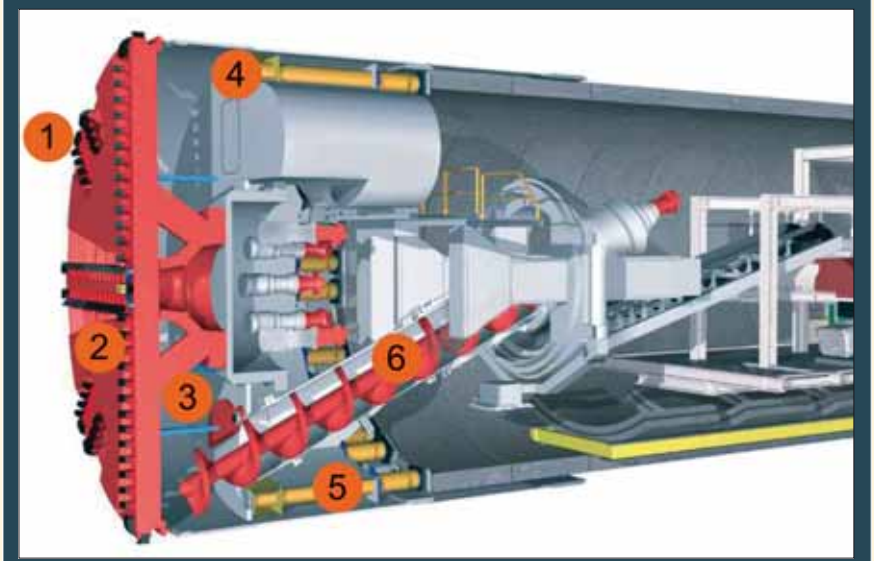


Obr. 2: Razicí komplex sestavený v montážní komoře (dvoukolejném tunelu metra směrem ke stanici Motol), navazující na montážní šachtu z převrtávaných pilot

přesun kompletního technologického vybavení (systém pásových dopravníků, chlazení, míchací centrum a ostatní) ze zařízení staveniště BRE1 na zařízení staveniště E2, čímž se pro provádění definitivních ostění stanic uvolní první úsek včetně dvou stanic Petřiny a Veleslavín.
Jednolodní stanicí Červený vrch (SO 03) budou oba štíty protaženy bez ražení. Za stanicí Červený vrch pak stroje zahájí nejdelší a nejsložitější úsek ražeb z pohledu předpokládaného geologického prostředí. Tento úsek o délce cca 1760 m (SO 02 TÚ Dejvická–Červený vrch) končí ve stanici Dejvická (SO 01), kde budou oba stroje demontovány a po částech přesunuty na povrch.
Celkově oba stroje TBM EPB vyrazí jednokolejné tunely o délce cca 8100 m (2x4050 m).

Princip ražby stroji TBM EPB

Princip ražby stroji TBM EPB je založen na rozpojování horniny na ***čelbě tunelu (1)*** *pomocí řezných nástrojů, umístěných na rotující* ***řezné hlavě (2)****. Rozpojená hornina pak prochází přes otvory v řezné hlavě do* ***odtěžovací komory (3)****, kde se promíchává s již rozpojenou rubaninou (obr. 3). Tlaková síla od tlačných válců je pak přenášena do rozpojené rubaniny prostřednictvím* ***tlakové přepážky (4)****. Tímto pak brání nekontrolovanému pronikání rubaniny z čelby tunelu do tlakové komory. Rovnovážného stavu je dosaženo, jakmile rozpojená rubanina v odtěžovací komoře brání samovolnému pronikání rubaniny do odtěžovací komory stroje, které je způsobeno horninovým a hydrostatickým tlakem na čelbě tunelu. Horninový tlak na čelbě tunelu pak zhruba odpovídá tlaku ve zbytku odtěžovací komory. Jestliže pak roste tlak vyvolaný rozpojenou rubaninou v tlakové komoře stroje během vyrovnávání tlaků, rubanina v odtěžovací komoře a hornina na čelbě tunelu dále konsoliduje, což může způsobit otřesy před štítem. Pokud je však tlak v komoře snižován, může rubanina před řeznou hlavou stroje pronikat do odtěžovací komory stroje a způsobovat sedání povrchu nad strojem TBM. Snahou je, aby výsledné ovlivnění zeminového prostředí v okolí stroje a povrchu nad strojem TBM bylo minimální.*
Rozpojená rubanina je z odtěžovací komory dopravována pomocí ***šnekového dopravníku (6)*** *do tunelu na tunelový pás, kde je již atmosférický tlak.*
Řezná hlava, odtěžovací komora a pohon řezné hlavy jsou pak spojeny v jeden kompaktní celek, doplněný o přetlakovou část, což je přetlaková komora, sloužící pro adaptaci pracovníků na zvýšený tlak v případě nutnosti opravy řezné hlavy a výměny řezných nástrojů v přetlaku.
Tento kompaktní celek (štít) po obvodě doplňují dvojice tlačných ***hydraulických pístů (5)****, které se vysouvají a opírají o poslední zbudovaný prstenec segmentového ostění a tím posouvají celý komplex stroje i se závěsem vpřed.*



Obr. 3: Princip ražby stroji TBM EPB, legenda výše v textu

Tunnel Boring Machine – Earth Pressure Balanced Shield
TBM EPBs neboli zeminový štít

Tyto stroje s vyrovnáváním tlaků během ražby za pomoci rozpojené zeminy se vyznačují řadou technických detailů, které stojí za pozornost.
Především se jedná o zeminový štít s řeznou hlavou průměru 6080 mm; celková délka stroje přesahuje 100 metrů, váha je téměř 900 tun. Řezná hlava je rozdělena do tří celků pro usnadnění její demontáže po ukončení ražeb. Osazena je sedmnácti dvojitými valivými dláty a čtyřmi jednoduchými obrysovými dláty (obr. 1), která lze vysunout a zvětšit tak ražený průměr na 6100 mm. Pro ražbu v zeminách je možno kompletně vyměnit valivá dláta za řezné nože, které v měkkém prostředí pracují lépe.
O pohon řezné hlavy se stará šest hydraulických motorů s příkonem 1200 kW. Šestnáct dvojic hydraulických pístů generuje maximální přítlak na čelbu o velikosti 39 000 kN (obr. 4). Aby se do hlavního ložiska nedostala rubanina nebo voda, je tento systém chráněn ztrátovým kanálkovým mazáním za použití maziva HBW.
Pro případ přerušení ražeb na delší dobu v nestabilním, případně zvodněném, prostředí je na stroji nachystán rozvod bentonitu, který lze načerpat jak do odtěžovací komory a před řeznou hlavu, tak i do prostoru mezi výrub a štít. S jeho pomocí je eliminováno rozvolňování výrubu a případné následné sedáním povrchu.
Závěs stroje je s touto motorovou částí spojen ocelovou konstrukcí v podobě mostu (obr. 5). Ten je zde proto, aby celá spodní část tunelu zůstala volná pro transport a budování segmentového ostění. K montáži ostění slouží vakuový erektor, dopravující jednotlivé segmenty ostění do správné pozice (obr. 6).
Za mostem se nachází řídicí kabina (obr. 7) a další nezbytná zařízení, jako například pásový dopravník, který probíhá celým komplexem závěsu stroje. Závěs tvoří jednotlivá technologická centra, potřebná pro chod celého systému. Jedná se o sekci obsahující hydraulické pumpy, trafostanice, bubny s vlečnými kabely a potrubím, sekci pro prodlužování veškerých vedení v tunelu atd.

Obr. 4: Střední část štítu s rozpěrnými písty a lávkou na erektoru

Obr. 5: První třetina razicího stroje

Logistika pro zajištění ražeb stroji TBM EPB

Celá koncepce logistiky byla navržena na maximální možný postup zeminového štítu, a to 900 m/měsíc. Při 30 pracovních dnech v měsíci to je 30 m/den, tzn. 20 prstenců denně na jedno EPBM. Při maximálním postupu obou štítů naráz je potřeba přivézt 40 prstenců na mezisklad tybinků a poté je distribuovat ke štítům. Z uvedeného vyplývá, že je nutno ke stroji dopravit minimálně jeden prstenec za hodinu.

Při ražbě štíty vzniká v jednom cyklu přibližně 45 m^3 rubaniny, kterou je potřeba dopravit od štítů na mezideponii, která je umístěna v prostoru zařízení staveniště na povrchu. Dále je nutné přivést ke stroji 4,6 m^3 výplňové injektážní směsi pro zainjektování prostoru mezi výrubem a vnějším pláštěm prstence.

Při návrhu logistiky byly důležité především tyto skutečnosti:

- typ stroje (průměr štítu, výrobce, typ štítu),
- vedení ražených tunelů (délka, stoupání atd.),
- odhad skupenství rubaniny (s přihlédnutím ke geologii),
- geologie v trase ražeb,
- velikost a rozvržení zařízení staveništ.

Výsledná koncepce logistiky:

- **odtěžení rubaniny za pomoci Systému pásových dopravníků (CBS):**
  - ZS BRE1 2x tunelový pás 650 mm, 1x pás v přístupové štole 800 mm;
  - ZE E2 2x tunelový pás 650 mm;
- **doprava tybinků na kolové platformě MSV:**
  - 4x MSV 16t, výkon 147 kW;
  - 2x Men-box na dopravu osob;
  - 1x jeřábová platforma s nosností 2 t;
- **dvousložková injektážní směs, čerpání injektážní směsi na štít v potrubí:**
  - potrubí 2,5“, míchací zařízení na komponentu A v rámci ZS;
  - komponenta A – směs cementu, bentonitu, vody, stabilizačních a plastifikačních a přísad;
  - komponenta B – urychlovač, je uskladněna na štítu v 2 m^3 nádrži, doplňována z kontejnerů dopravovaných MSV;
- **využití přístupové štoly, řešení ZS:**
  - vedení pásů umožňující přesyp mezi tunelovými pásy a pásem v přístupové štole, pohyb MSV mezi povrchem a podzemím;
  - věžový jeřáb na povrchu, určený výhradně pro dopravu a manipulaci s tybinky;
- **odbourání součinností:**
  - protiražba NRTM směrem ke stanici Motol nebude probíhat;
- **nezávislost technologických tras:**
  - doprava hlavních komodit k razicím štítům je oddělená a každý stroj má svou vlastní nezávislou dopravní cestu.

Na základě požadavku na maximální postupy štítů TBM EPB bylo nutné vytvořit cyklogramy, které ověřily, zda navržený koncept logistiky bude dostatečně kapacitní k požadavkům postupu ražeb. Cyklogramy byly nastaveny na nejhorší možné podmínky. To znamená, že se např. modelovaly nejdelší možné vzdálenosti mezi ZS E2 a Dejvicemi či možné míjení souprav, stejně jako nejnižší rychlosti souprav, resp. nejdelší možné časy manipulací materiálů, a časy nutné pro pohyb zařízení při nakládce a vykládce apod.

Výsledky vyhodnocení cyklogramů a nákladových kalkulací potvrdily správnost výběru jednotlivých technologií.

Zajímavostí ve výběru použitých technologií je speciální kolová platforma MSV (Multi Servise Vehicle) (obr. 8). Jedná se o víceúčelová kolová vozidla, která byla zatím použita úspěšně jen na několika projektech, např. Soči (Rusko), Istanbul (Turecko). Jejich výhodou je možnost dopravy přímo mezi podzemím a povrchem při zvládnutí 15% stoupání i s nákladem.

Tento koncept logistiky zajistí plynulý chod obou štítů EPB a plánované měsíční postupy, a to i v případě komplikací. Použití těchto technologii v konečném důsledku přinese úspory energií, náhradních dílů a samozřejmě především nákladů.

Při použití strojů TBM je návrh logistiky pro konečný úspěch ražeb zcela zásadní. Troufáme si říct, že námi navržená kombinace technologických zařízení a vlastní logistiky ražeb je světově unikátní a dosud nebyla nikde použita.

Obr. 6: Erektor s podavačem tybinků (v dolní části obrázku)

Obr. 7: Kabina operátora stroje

Obr. 8: Speciální víceúčelové vozidlo MSV bude díky schopnosti zdolat až 15% stoupání dopravovat tybinky mezi povrchem a podzemím.

Výplňová dvoukomponentní injektáž pro segmentové ostění jednokolejných tunelů metra V. A

Nedílnou součástí všech tunelových staveb, jejichž ostění je zhotovováno z prefabrikovaných segmentů, je nutnost vyplnit prostor nacházející se za vnějším lícem jednotlivých prstenců. Význam výplňové injektáže je v zásadě dvojí. Za prvé je nutno zmonolitnit prstenec, který je sám o sobě dle teorie stavební mechaniky konstrukcí staticky přeurčitou a díky zmonolitnění se z něj stane stabilní konstrukce staticky neurčitá. Velmi zásadní je i ta skutečnost, že vyplněním mezilehlého prostoru dojde ke spolupůsobení ostění s okolním horninovým masivem a dojde k vyrovnání zatížení, které na ostění působí. Zároveň jsou minimalizovány deformace okolního horninového prostředí, které by se jinak projevily nežádoucím sedáním povrchu nad raženým dílem.

Při ražbě technologií TBM je průměr štítu větší než vnější průměr prstenců skládaného ostění. V případě ražení TBM na trase metra V. A se jedná o mezikruží o tloušťce cca 13 cm. Po vložení prstenců ostění vzniká tedy za ocasní částí štítu mezi ostěním a horninovým masivem nezanedbatelný volný prostor, který je třeba v co možná nejkratší době vyplnit. Děje se tak na konci štítu injektážním zařízením. Výplňová malta je řízeně tlakově injektována kontinuálně spolu s postupující ražbou. Tím je zajištěno, že prostor za ostěním je bezprostředně vyplněn maltou.

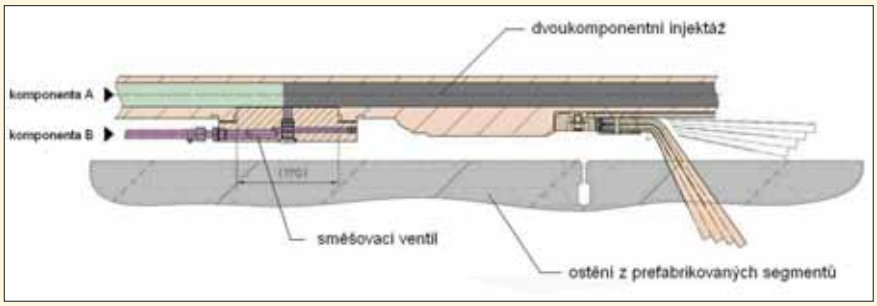
Injektážní směs je připravována na povrchu v míchacím zařízení, v našem případě v mobilním míchacím zařízení MCM 5500 firmy Häny, a pomocí potrubí průměru 100 mm v tunelu je čerpána až do tanku o objemu 6 m^3 k injektážnímu zařízení za obálkou štítu. Aby nedocházelo k ucpávání potrubí, musí injektážní směs splňovat speciální požadavky na čerpatelnost a kontrolovatelný náběh tuhnutí. Doba stabilního stavu malty bez náběhu tuhnutí se vyžaduje zpravidla 72 hod., neboť vzdálenosti, na které je nutno potrubím injektážní směs transportovat, mnohdy přesahují hranici jednoho i více kilometrů. Na druhé straně je nutné, aby výplňová malta za vnějším lícem ostění byla po zaplnění prostoru co nejdříve tuhá a aby se svojí pevností co nejdříve přiblížila hodnotám zajišťujícím, zejména v obloucích, stabilní polohu prefabrikovaného ostění ve vyraženém výrubu tunelu.

Tyto dva protichůdné požadavky byly vyřešeny použitím dvoukomponentní výplňové malty. Komponenta A se skládá z vody, cementu, bentonitu, plastifikační a stabilizační přísady. V přesných hmotnostních poměrech je dle zvolené a předem odzkoušené receptury míchána v míchacím zařízení, umístěném na staveništi. Odtud je potrubím dopravována do tanků na razicím štítu, kde je k ní těsně před vyplněním prostoru za ostěním v přesně stanoveném poměru přidávána komponenta B. To je urychlovací přísada, vedená ke stroji z kontejneru samostatným potrubím.

Na obr. 9 je naznačen způsob, jakým dochází k míchání komponenty A a B a následnému vyplňování prostoru za vnějším lícem ostění výplňovou maltou.

Vyplňování prostoru tryskami za vnějším lícem ostění je tedy nanejvýš důležitou operací. Problémy týkající se právě injektážní výplňové malty by totiž mohly vést k ovlivnění rychlosti, či dokonce zastavení postupů ražeb, ohrožení správné statické funkce tunelového ostění či vyvolání nadměrných velikostí sedání povrchu terénu. Z těchto důvodů se procesu injektáže a hledání optimální receptury dvoukomponentní výplňové malty věnuje nemalá pozornost.

Ve čtvrtém listopadovém týdnu proběhly poloprovozní zkoušky různých receptur dvokomponentních výplňových malt pro projekt Metro V. A – ražba TBM. K těmto účelům bylo firmou Herrenknecht zapůjčeno testovací zařízení (obr. 10), které má věrně simulovat podmínky směšování obou komponent tak, jak se to bude dít přímo na stroji TBM. Zkoušky byly prováděny laboratoří firmy Zakládání staveb, a. s.; tato firma rovněž pro účel zkoušek zapůjčila svoji míchačku.



Obr. 9: Míchání komponenty A a B a následné vyplňování prostoru za vnějším lícem ostění výplňovou maltou

Obr. 10: Testovací zařízení firmy Herrenknecht určené pro simulování reálných podmínek směšování komponent A a B

Obr. 11: Stacionární ocelové formy pro odlévání segmentů

Obr. 12: Výroba armokošů

Segmentové ostění jednokolejných tunelů metra V. A

Ostění jednokolejných tunelů je navrženo jako železobetonové prefabrikované. Je tvořeno segmentovými prstenci, které tvoří 6 dílčích částí (tzv. tybinků), jež jsou tvarově rozdílné a označené jako dílce: A1, A2, A3, B, C a K. Jejich vyskládáním se vytvoří ucelený prstenec s vnějším průměrem 5800 mm a vnitřním průměrem 5300 mm. Šířka prstence je 1500 mm s konicitou 30 mm. Tloušťka segmentů je 250 mm, beton je třídy C 50/60 XA2, XC3–Cl 0,20 – $\mathbf{D}_{max}$ 6 mm (podle ČSN EN 206-1), pro výztuž je použita betonářská výztuž B500 B.

Pro výrobu tybinků vzniklo sdružení „Metro V. A segmenty TBM“ z firem Doprastav, a. s., Metrostav, a. s., přičemž výroba prefabrikátů probíhá v závodě Prefa Senec. Jednotlivé segmenty prefabrikovaného betonového ostění vznikají ve výrobně prefabrikátů společnosti Doprastav, a. s., ve stacionárních ocelových formách, jejichž dodavatelem je společnost Herrenknecht Formwork Technology GmbH. Každá forma se skládá ze čtyř ocelových rektifikovatelných základových desek, kotvených do betonové podlahy výrobní haly. Formy jsou uchyceny k deskám pomocí tlumičů vibrací a vybaveny příložnými pneumatickými vibrátory s rozvodem stlačeného vzduchu a regulačním ventilem (obr. 11).

V současné době je v závodě v provozu devět bednicích forem pro výrobu tybinků. S výrobou se začalo 5. října 2010. Dnes jsou již v maximálním provozu všechny formy pro betonáž s denní produkcí 54 ks tybinků. Zhotoveno je již zhruba 1500 ks tybinků, což odpovídá přibližně 4,5 % z celkového plánového počtu potřebných kusů. Při výrobě je třeba dodržovat velmi přísné maximální výrobní odchylky segmentů: ±0,5 mm v šířce; ±2,0 mm v tloušťce a ±0,6 mm v délce po oblouku.

Výroba ocelových armokošů probíhá v armovací hale, kde jsou jednotlivé části vázány na základě výkresů výztuže pro jednotlivé segmenty. Následně je armokoš přepraven a umístěn do betonářské formy v betonářské hale (obr. 12). Beton je dopravován pomocí betonářských košů (bádií) ke každé bednicí formě z betonárky, která je součástí výrobní haly. Betonáž probíhá dle daného technologického postupu výroby a veškeré výrobní procesy jsou dokumentovány v kontrolních listech výroby.

Hlavním místem pro výrobu segmentů je výrobní hala, ve které jsou umístěny stacionární formy, a to tak, aby byla zabezpečena jejich obsluha, přísun vstupních materiálů, oceli a betonu a potřebných médií. V hale jsou určena místa pro krátkodobé skladování hotových výrobků, jejich vysprávku a aplikaci gumového těsnění, roznášecích desek a vodicích tyčí.

Pro manipulaci se segmenty, tedy zejména pro vybírání tybinků z forem, se používá výlučně vakuové zdvihací zařízení rovněž od společnosti Herrenknecht.

Předpokládaným termínem pro transport dílců do Prahy je únor roku 2011 s tím, že denní přepravní výkon spediční firmy bude přímo závislý jak na výrobě, tak zejména na rychlosti ražeb (obr. 13).

David Cyroň, Štefan Ivor, Jan Prajer, Filip Schiffauer, Petr Hybský

Foto a obrázky: autoři

Obr. 13: Skladování segmentů v závodě Prefa Senec

Boring single-track tunnels for the V. A underground line with TBM EPB technology

As tunnelling shields became a true part of the construction of the prolonged V.A underground line from Dejvice to Motol, both professional and general public have sought description and explanation of the whole boring technology for single-track tunnels. The following summarising article by several authors representing different fields provides complex description of the TBM EPB (Tunnel Boring Machine – Earth Pressure Balance) technology. It includes information on tunnelling shield parameters, boring logistics, carrying out in-filling groutings as well as the production of segments.

Metro V. A, staveniště BRE 1: Převrtávaná pilotová stěna pro zajištění montážní šachty (SO 07-17), stavební jáma a zajištění portálu pro přístupovou štolu (SO 07-10/01)

Zahájení prací na prodloužení trasy A pražského metra se stalo v roce 2010 skutečností. Nová trasa o délce 6 km propojí v roce 2014 další části Prahy, jako jsou Červený Vrch, Veleslavín, Petřiny a Motol. Výhledově se počítá s prodloužením trasy A až k letišti Ruzyně. Trasy tunelů jsou navrženy jako ražené, přičemž pro větší část jednokolejných tunelů bude použita technologie TBM (Tunnel Boring Machine) s využitím dvou razicích štítů. A právě pro nasazení razicích štítů byla zhotovena montážní šachta, která se nachází poblíž křižovatky Vypich na staveništi BRE 1. Šachta bude sloužit pro montáž technologického zařízení TBM a následně společně s nedalekou přístupovou štolou pro jeho zásobování až do doby převedení stavby na zařízení staveniště ve Veleslavíně (E2). Funkce šachty je dočasná s předpokládaným využitím po dobu 4 let. Obě výše uvedené přístupové konstrukce, které zhotovila společnost Zakládání staveb, a. s., budou podrobněji popsány v následujících textech.

Montážní šachta (SO 07-17)

Šachta kruhového průřezu je pažena stěnou z 88 ks převrtávaných pilot průměru 1180 mm a délky 35 m, které leží v osové vzdálenosti 885 mm. Šachta má průměr 24,8 m (na osu pilot) a dosahuje hloubky 33,9 m od upraveného terénu. Piloty ležící nad profilem tunelu byly příslušně zkráceny tak, aby nebránily v následném provádění výrubu tunelu.

Geologické poměry:
- 0,0–6,0 m – navážky (hlíny, písky, stavební odpad),
- 6,0–26,0 m – pískovec jemnozrnný až střednězrnný,
- 26,0–31,0 m – jílovec, prachovec,
- 31,0–32,0 m – pískovec křemencový,
- 32–níže – břidlice prachovitá.

Hladina podzemní vody se zde vyskytuje v pískovcových polohách v hloubce cca 20 m pod terénem.

Realizace

Zahájení těžby vrtů pro piloty předcházelo zřízení vodicích šablon, resp. vodicích zídek, které na povrchu přesně vymezovaly nasazení pažnic. Vrty byly hloubeny vrtnou soupravou Bauer BG 25 s využitím dopažovacího zařízení Leffer. Na základě zkušeností z předchozích akcí, jako byla šachta podobných rozměrů na tunelu Březno, jsme pro dosažení projektem požadovaných geometrických tolerancí – do 1 % z délky piloty – opětovně nasadili dvouplášťové pažnice těžké

↑ *Provádění jedné z celkového počtu 88 ks pilot, které tvoří plášť montážní štoly*
← *Montážní šachta na staveništi BRE 1 v blízkosti křižovatky Vypich mezi stanicemi Motol a Petřiny budované trasy metra V. A bude sloužit především pro montáž razicích štítů technologie TBM EPB.*

Vrtná souprava Bauer BG 25 s dopažovacím zařízením Leffer při provádění převrtávaných pilot

Odtěžená a očištěná stěna montážní šachty na úrovni převázek T2 a T3, prováděna je právě masivní převázka T4 nad klenbou budoucích tunelů metra

řady HD. Při hloubení vrtů byla důsledně kontrolována jejich svislost pomocí laserového měřiče.
Armokoše pro sekundární piloty celkové délky 35 m se skládaly ze tří částí, které se spojovaly ve svislé poloze nad vrtem. V horní části byly vyztuženy profily R20, ve spodních částech profily R32. Stykování jednotlivých částí bylo provedeno přesahem.
Betonáž pilot probíhala přes sypákové roury betonem C30/37–XC2, XA1, Cl 0,2, D_{max} 22 mm, konzistence S4. Objem betonu pro jednotlivé piloty dosahoval množství cca 40,0 m^3. Pro sekundární pilotu byla receptura betonové směsi upravena pro pomalejší nárůst pevnosti v tlaku.
Před zahájením těžby šachty byl v hlavách pilot zhotoven železobetonový trám T1. Vlastní výkop šachty byl prováděn rypadlem, umístěným přímo v šachtě, a následně lanovým drapákem přesunován na povrch. S postupem těžby byly ve třech výškových úrovních zhotoveny železobetonové celokruhové převázky T2, T3 a T4. Ve spodní části šachty, v místě prostupu tunelem, byla jako stabilizační prvek provedena ve dvou výškových úrovních dílčí železobetonová převázka, kotvená šesti osmipramencovými kotvami.
Výsledky kontrolního geodetického přeměření svislosti pilot ukázaly, že předepsaná výše uvedená tolerance (1 %) nebyla překročena. U více než 70 % pilot bylo dokonce dosaženo vynikajícího výsledku s odchylkou od svislosti do 0,3 %. Díky uplatnění zkušeností z jiných staveb a přísnému dodržování technologických postupů tak pracovníci společnosti Zakládání staveb, a. s., střediska stavbyvedoucího T. Kukly, odvedli na této stavbě skvělou práci.

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

Statické řešení konstrukce montážní šachty

Statický výpočet zajištění stavební jámy montážní šachty vychází ze základního principu chování kruhového objektu, tj. při rovnoměrném zatížení po obvodu vznikají v průřezu pouze osové síly. V praxi ovšem konstrukce není zcela symetrická (vliv provedení pilot) a není zatížena symetricky (nerovnoměrné zatížení na povrchu, deformace konstrukce), a tedy v průřezech vznikají ohybové momenty. Základním předpokladem navrhované konstrukce je tedy dodržení svislosti převrtávaných pilot. Při provádění pilot však dochází k odklonu od svislice ve všech směrech a tím ke zmenšování či dokonce vymizení propojovací části primární piloty. Pak přestává působit efekt radiální osové síly a piloty jsou po své délce namáhány ohybovými momenty.
Při návrhu konstrukce šachty bylo využito zkušeností firmy Zakládání staveb, a. s., z prová-dění obdobné šachty na tunelu Březno (Zakládání 1/2007) či zajištění jámy výtahové šachty stanice metra Florenc (Zakládání 1/2006).
V projektu bylo uvažováno s odklonem pilot 1 %, což znamenalo, že propojovací část primární piloty ztrácí funkci v cca 18 metrech. V průběhu pilotáže byla průběžným měřením svislosti pilot zjištěna maximální odchylka cca 0,5 %. Na základě těchto výsledků byl upraven i model konstrukce, kde zbylé části primárních pilot byly do modelu zahrnuty v celé délce.
Ztužující prvky jámy – převázky – zajišťují stabilitu konstrukce jak během hloubení šachty, tak při ražbě traťových tunelů. Horní hlavová převázka především zachycuje vlivy zatížení na povrchu od těžicích strojů a dopravy a především pak od reakcí patek jeřábu během spouštění velmi těžkých dílů razicího štítu. Rozteč dalších převázek byla ovlivněna navazujícími traťovými tunely – masivní převázka T4 byla provedena nad klenbou tunelů, poloha převázek T2 ,T3 byla určena s ohledem na namáhání pilot a zajištění paty zkrácených pilot nad tunely. Ve spodní části šachty mezi traťovými tunely, kde nebylo možné provést ztužující převázky kolem celého obvodu, byly zhotoveny dílčí kotvené převázky.

Výpočetní model
Pro vlastní výpočet konstrukce byl v programu NEXIS sestaven prostorový model celé konstrukce. Jednotlivé sekundární vyztužené piloty byly nahrazeny stěnovými prvky přibližně stejného průřezu a modulu setrvačnosti jako pilota průměru 1180 mm. Zbytek primárních pilot po převrtání byl modelován stěnovými prvky z prostého betonu s proměnnou tloušťkou ubývající s hloubkou. Propojení prvků sekundárních a primárních pilot bylo modelováno průběžnými klouby, přenášejícími kromě osových sil jen poměrnou část momentu v hodnotě únosnosti průřezu nevyztuženého betonu. Piloty jdoucí pode dno jámy byly v patě pružně podepřeny ve všech směrech s vyloučením momentů, paty pilot v místě traťových tunelů podepřeny nebyly. Dále byla konstrukce osově podepřena na krajích kotev. Zvýšení zemního tlaku vlivem deformací konstrukce bylo modelováno pružnými podporovými body v dané oblasti.
Převázka v hlavě kotev byla modelována jako průběžný stěnový prvek pevně spojený s prvky pilot. Vnitřní převázky osazené

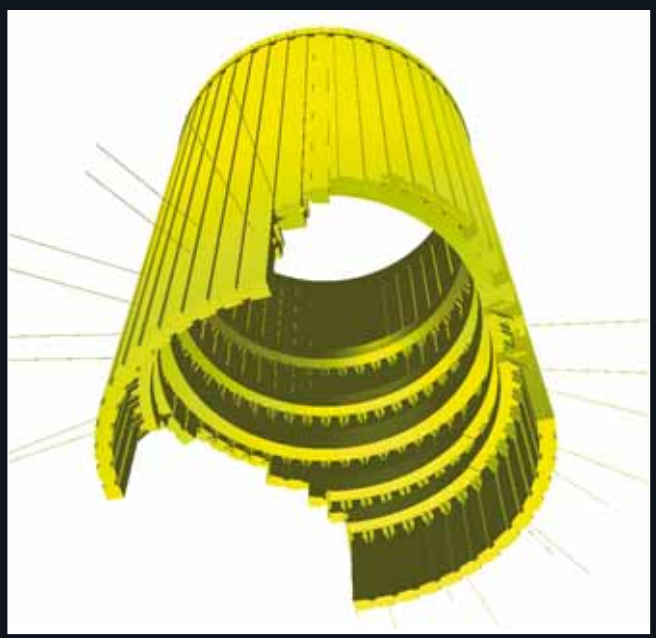
Ve dně montážní šachty probíhají přípravné práce pro instalaci technologie TBM EPB (pohled směrem ke stanici Petřiny)

na piloty byly nahrazeny průběžnými prutovými prvky, excentricky připojenými na piloty pomocí vodorovných a šikmých tuhých kyvných spojek. Pramencové kotvy ve spodní části konstrukce byly nahrazeny lanovým prvkem zatíženým osovým napětím (s vyloučením tlaku) v celkové hodnotě napínací síly. Určení vnitřních sil v jednotlivých prvcích konstrukce bylo provedeno nelineárním výpočtem programem NEXIS.

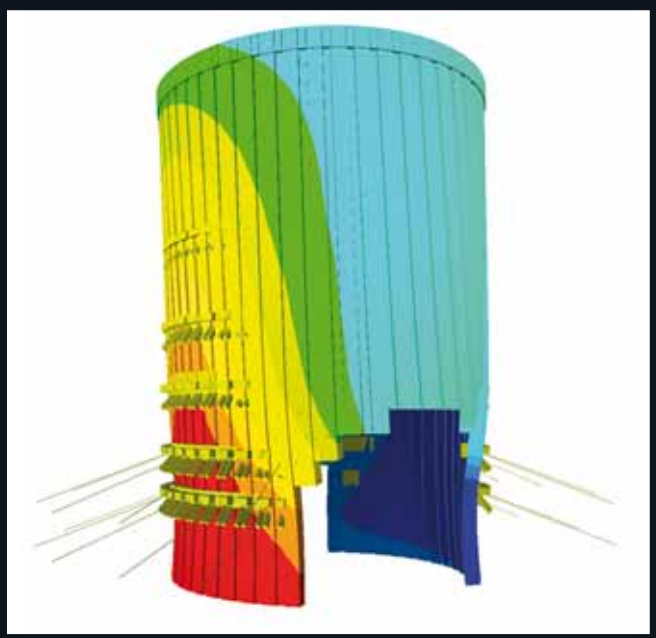
Uvažovaná zatížení byla tato:

- vlastní váha konstrukce,
- zatížení zemním tlakem – uvažován klidový tlak,
- zatížení aktivním tlakem z nahodilého zatížení na povrchu – ve výpočtu bylo uvažováno s bodovým zatížením 2130 kN od patek jeřábu; okraj podložky patky je vzdálen min. 2,5 m od osy pilot,
- osové síly v kotvách v hodnotě 800 kN,
- zatížením vodním tlakem – vodní sloupec byl uvažován od úrovně 20,4 m pod terénem v oblasti pískovců; v jílovcích a břidlici bylo uvažováno s jednotným tlakem v hodnotě 20 kPa.

Vlivem zkrácení pilot v místě přístupové štoly je konstrukce geometricky nesymetrická. Rovněž zatížení působící na konstrukci je nesymetrické. Těmito vlivy dochází v pilotách ke vzniku ohybových sil jak ve vodorovném, tak svislém směru.



Prostorové zobrazení konstrukce šachty

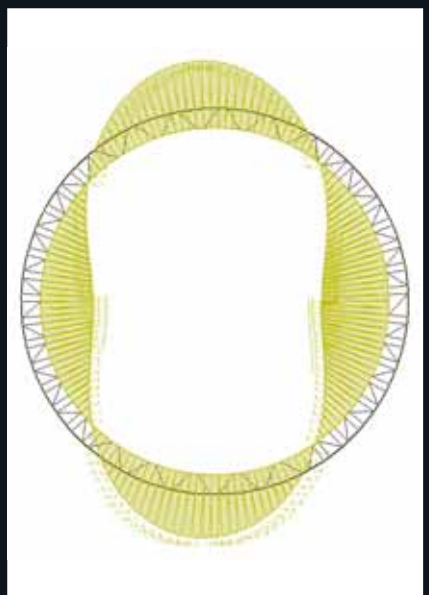


Na prostorovém modelu jsou zobrazeny deformace montážní šachty

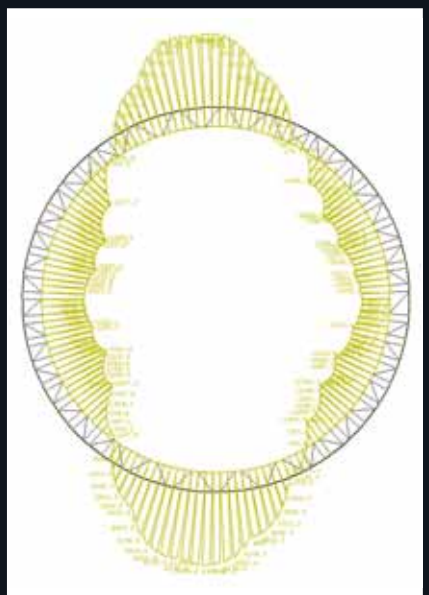
Impozantní prostor montážní šachty hloubky 33,9 m a průměru 24,8 m

V průběhu těžby byl tvar konstrukce pečlivě monitorován; sledována byla především její ovalita (po obvodě bylo postupně osazováno osm geodetických bodů). V hloubce jámy 22 m pod terénem byla naměřena maximální vodorovná odchylka 18 mm, což dobře koresponduje s předpoklady výpočtu. Důkladné vyhodnocení jednotlivých pohybů bodů s ohledem na časový průběh těžby jámy, traťových tunelů a s přihlédnutím k nerovnoměrnému okolnímu terénu a zatížení povrchu bude provedeno po ukončení provozu šachty.

Montážní šachta z převrtávaných pilot je velmi náročným dílem osazeným v zemním prostředí, jehož chování má na konstrukci zásadní vliv a lze ho vystihnou jen přibližným modelem. Proto bylo třeba provést mnoho dílčích výpočtů a variant možného chování – v této části odvedl velkou práci ing. Petr Hurych z FG Consult, s. r. o., za což mu patří poděkování.



Jeden z modelových stavů deformace převázky T4



Odpovídající průběh momentů M_z převázky T4

Seznam použitých podkladů:
ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí.
ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení.
ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
ČSN EN 206-1 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda.
ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla.
ČSN EN 1536 Provádění speciálních geotechnických prací – Vrtané piloty.
Program NEXIS.
Program FINE GEO – ZEMNÍ TLAKY.
Program FINE EN – BETON, OCEL.

Ing. Jaroslav Kelíšek
Obrázky: autor

Stavební jáma a zajištění portálu pro přístupovou štolu (SO 07-10/01)

Součástí staveniště BRE 1 v blízkosti křižovatky Vypich je kromě výše popsané montážní šachty i přístupová štola, která bude sloužit k výstavbě montážní komory TBM, přístupových tunelů do stanice, traťových tunelů na oddíle 06, ražené jednolodní stanice Petřiny a traťových tunelů oddílu 08. Společnost Zakládání staveb, a. s., zajišťovala pro přístupovou štolu stavební jámu pro sjezdovou rampu a portálovou část přístupové štoly.
Délka rampy ve svahové jámě činí 58,9 m, hloubka u portálu cca 17,8 m. Geotechnické poměry na staveništi byly obdobné jako u výše popsané montážní šachty.
Návrh zajištění stavební jámy vjezdové rampy a portálu přístupové štoly vycházel samozřejmě z místních podmínek a byl výsledkem vzájemně propojených požadavků: trasa přístupové štoly, její konstrukce, geologické a hydrogeologické poměry, postup výstavby, výskyt trubních a kabelových sítí, rozsah záborů staveniště, provoz na staveništi BRE 1, zařízení staveniště v blízkosti projektované stavení jámy atd.

Stavební jáma s příjezdovou rampou pro přístupovou štolu před ražbou portálu
Vpravo dole: Přístupová štola zhruba po půl roce

Na základě výše uvedených vztahů bylo zajištění stavební jámy provedeno takto:
a) Horní část jámy byla svahována ve sklonu 1 : 1,2 až po úroveň horní lavičky šířky 1000 mm. Svah byl zajištěn stříkaným betonem tloušťky 150 mm s jednou vrstvou svařované ocelové sítě 8x8/150x150 mm a dvěma řadami hřebíků z betonářské oceli 2x R16 v podélné osové vzdálenosti 2 metry. Délka hřebíků v těchto úrovních byla 7 m. Pro možnost bezpečného převedení dopravy na staveništi kolem jižní části stavební jámy byla na žádost objednatele jižní část portálového svahu změněna na sklon 1,2 : 1 a zajištěna pomocí dočasných pramencových kotev ve dvou úrovních v osové vzdálenosti cca 2 metry. Roznášecí prvek hlavy kotvy tvoří vodorovně osazená štětovnice IVn délky 1000 mm, která byla po osazení podbetonována.
b) Střední část jámy je provedena ve sklonu 1 : 1 až po úroveň lavičky o šířce 1000 mm. Svah je zajištěn stříkaným betonem tloušťky 150 mm s jednou vrstvou svařované sítě a dvěma řadami hřebíků v podélné osové vzdálenosti 2 metry. Délka hřebíků v této části je 8,5 m a u spodní řady 6 m. Všechny hřebíky měly sklon 15° a byly osazovány střídavě.
c) Spodní část jámy byla provedena ve sklonu 2 : 1 až po definitivní úroveň sjezdové rampy. Svah byl zajištěn stříkaným betonem tloušťky 150 mm s jednou řadou sítí a dvěma řadami hřebíků. Délky hřebíků v této části jsou 6 metrů.
d) Zajištění portálu bylo provedeno stejným způsobem jako u přilehlých svahů, tj. stříkaným betonem a hřebíkováním. Prostor v místě ražby přístupové štoly je zajištěn injektovanými sklolaminátovými kotvami 2xP30x5 délky 6 m v rastru 2x2 m. Nad obrysem štoly byl pro zpevnění nadloží proveden ochranný deštník z mikropilot 114/6,3mm. Tyto mikropiloty byly tlakově zainjektovány, aby byly v požadovaném kontaktu s přilehlou horninou. Hlavy mikropilot byly poté zavázány do betonového portálového věnce.
e) Práce na štole byly ukončeny vybudováním odvodňovacího žlabu z betonových prefabrikátů, který bude zachytávat dešťovou a průsakovou vodu do jímacích jímek.

V průběhu provádění prací byly nasazeny vrtné soupravy Klemm 602, a to zejména v první části vzhledem k zastižené geologii, vrtná souprava HBM 12CB a pro zajištění portálu mikropilotami vrtná souprava HUCA.

Celkové výměry provedených prací:
- 1380 m^2 zemních hřebů,
- 1980 m^2 čtverečních stříkaných betonů,
- 168 m mikropilot.

Při zajištění nadloží pomocí ochranného deštníku z mikropilot panovaly v počáteční fázi obavy objednatele z nepřesnosti provádění, neboť pro ražbu daného úseku měl být použit razicí štít. Tyto obavy však byly rozptýleny hned po prvních metrech ražby; bylo zřejmé, že i bez použití moderních pomůcek pro vytyčování byly mikropiloty provedeny přesně a s rezervou v mezích povolených odchylek.

Pavel Pavlů, *Zakládání staveb, a. s.*
Foto str. 20–25: Libor Štěrba

Generální dodavatel stavby:
Sdružení metro V. A (Dejvická–Motol), zastoupené firmami Metrostav, a. s., a Hochtief CZ, a. s.

Underground line V. A – construction site BRE 1: Secant pile wall securing a mounting shaft (SO 07-17), foundation pit and securing the access shaft portal (SO 07-10/01)

In 2010 works on the Prague underground line A extension were finally started. Until 2014 a new line stretching to the distance of 6 km will have connected several Prague suburbs including Červený Vrch, Veleslavín, Petřiny and Motol. Future plans also involve further extension of the line to reach Ruzyně Airport. The tunnel tracks were designed as bored; a substantial part of the single-track tunnels will be carried out with the TBM (Tunnel Boring Machine) technology using two boring shields. Fitting of these shields created need for a mounting shaft located near the Vypich crossroads on the BRE 1 construction site. The shaft will be used for the TBM technological equipment assembly and for its further supply until the construction will have moved to the E2 construction site on Veleslavín. The shaft has a temporary use planned for approx. 4 years. Both access structures described above have been supplied by the Zakládání staveb Co. and their description is given in the following texts.

Požadavky na přípravu a výstavbu suchých nádrží (poldrů)

Suché nádrže jsou jednoúčelová technická opatření k zadržení určité části objemu povodňové vlny, snížení kulminačního průtoku nebo alespoň časového posunu kulminace. Článek se zabývá podmínkami potřebnými pro zajištění bezpečného provozu těchto suchých nádrží. Podrobně je popsán i nedávný příklad poruchy suché nádrže a její nápravy.

Opatření protipovodňové prevence

Extrémní srážky a s nimi související povodně jsou v poslední době poměrně častým jevem na celém světě, tedy i u nás. Proto je problematika protipovodňové ochrany v současné době velmi aktuálním tématem. Před zahájením výstavby protipovodňových opatření je však nutno vyřešit všechny nedůležitější aspekty stavby, kterými jsou především: dostatečně účinné technické řešení, majetkoprávní vztahy, financování a přijatelnost stavby ve vztahu k životnímu prostředí.

Technických opatření, kterými jsme schopni tuto protipovodňovou ochranu zajistit, je několik typů s mnoha variantami. Jejich použití je však vždy nějakým způsobem limitované, stejně jako jejich účinnost.

Jednou z možností je provést kapacitně vyhovující regulaci toku, případně výstavbu ochranných hrází. To je však často velmi problemati-cké a občas prakticky nemožné s ohledem na požadované technické parametry, které by znamenaly neúměrné náklady na realizaci a vypořádání majetkových nároků.

V minulých dobách byla obvyklým řešením výstavba vodních nádrží. Ta je však podmíněna nalezením vhodného profilu v té části toku, kde její retenční účinky budou významným přínosem pro protipovodňovou ochranu. To znamená morfologicky daný, dostatečný retenční prostor a geologické podmínky, umožňující technicky proveditelnou výstavbu tělesa hráze při vynaložení odpovídajících nákladů. V současné době jsou však návrhy na tento typ opatření terčem kritiky ze strany ekologů a z jejich pohledu zcela nepřijatelné.

Někdy lze zvýšit retenční objem stávající nádrže a tím zlepšit její ochrannou funkci. Jedná se však o případy výjimečné; úpravy stávajících nádrží jsou zaměřeny především na zvýšení jejich bezpečnosti a provozuschopnosti.

Posledním, v poslední době poměrně často používaným opatřením, zajišťujícím transformaci povodňové vlny především v horních částech povodí, je **výstavba suchých nádrží**, označovaných též jako poldry. Suché nádrže jsou jednoúčelová technická opatření k zadržení určité části objemu povodňové vlny, snížení kulminačního průtoku nebo alespoň časového posunu kulminace.

Je-li určitou oblast nutno chránit proti povodním, je v přípravné fázi hlavním úkolem projektanta nalézt co nejúčinnější proveditelné opatření. Je téměř pravidlem, že pouze jedním typem opatření nedocílíme požadovanou efektivitu. Navrhovány jsou proto kombinace opatření zajišťujících transformaci povodňové vlny a současně zkapacitnění koryt vodních toků jejich úpravou, případně pomocí regulačních staveb.

Poznatky z hlediska provozu a technicko-bezpečnostního dohledu

Za posledních zhruba deset let bylo Povodím Labe, s. p., realizováno a uvedeno do provozu osm suchých nádrží a další jsou v různé fázi přípravy. I přesto, že suché nádrže jsou v provozu relativně krátkou dobu, je možno již nyní zobecnit některé poznatky o jejich provozních potřebách a problémech. Naší snahou je, aby tyto zkušenosti byly využity v předprojektové a projektové fázi přípravy a pochopitelně i fázi realizační u těch suchých nádrží, které jsou a budou do realizace připravovány. To by mělo přispět ke zvýšení bezpečnosti, zkvalitnění provozní údržby a jejímu snadnějšímu provádění při následném provozu.

Skutečný provoz dosud realizovaných suchých nádrží ukázal, že některá řešení mají k optimálnímu stavu velmi daleko. Jako příklad můžeme uvést poznatek, že nehrazené trubní spodní výpusti se vtokovým

objektem u návodní paty hráze jsou z provozního hlediska velmi problematické, do jisté míry neodpovídající současně platné normě pro suché nádrže. Takto koncipované výpusti téměř vylučují ověřovací provoz, při nastoupání hladiny neumožňují čištění vtokových česlí a mají nulovou možnost regulace odtoku, která sice pro běžnou funkci není vyžadována, ale v některých případech by mohla být žádoucí.
Většina pravidel a zásad návrhu, realizace a provozu platí pro nádrže obecně. Suché nádrže svými parametry poměrně často spadají do kategorie malých vodních nádrží, které jsou právě vzhledem ke svým parametrům většinou zařazeny z hlediska technickobezpečnostního dohledu do IV., v lepším případě III. kategorie. To může vést k mylnému dojmu, že se nejedná o plnohodnotné vodní dílo a není třeba mu věnovat příliš velkou pozornost. ČSN používaná pro suché nádrže do roku 2006 tento náhled nepřímo podporovala svou benevolentností a stručností. Z tohoto důvodu byla v roce 2006 novelizována.
U vodních děl je někdy obtížné zjistit počáteční příčiny havárie, protože stav konstrukcí po havárii velmi často neumožňuje jejich jednoznačné určení. Např. protržení sypané hráze přehrady na Bílé Desné v roce 1916 je dodnes nejasné a je spojováno jen s mnoha domněnkami a hypotézami. Toto dvojnásob platí pro suché nádrže, které nemají stálou osádku, takže s velkou pravděpodobností nebude k dispozici žádný záznam či popis průběhu události.
Pro zajištění účinné prevence či nastane-li situace, kdy je třeba provést vyhodnocení zjištěných anomálních jevů s prognózou jejich vývoje nebo hledat jejich příčiny, je třeba mít odpovídající dokumentaci. Ta však u historických vodních děl někdy zcela chybí, někdy neodpovídá realitě.

Nutné podmínky pro zajištění budoucího bezpečného provozu suchých nádrží

Pochopitelně stoprocentně bezpečný provoz nelze ve skutečných podmínkách garantovat asi nikdy. K minimalizaci rizika lze však podniknout několik kroků, které mají obecnou platnost.
1) Zajistit dostatečné podklady pro zpracování PD (např. stanovení odpovídajícího rozsahu inženýrsko-geologického, případně hydrogeologického průzkumu, geodetické zaměření terénu v profilu hráze a nádrže).
2) Důslednou kontrolou v průběhu projekčních prací napomoci kvalitnímu zpracování projektu ve všech stupních (v souladu s ČSN a se zohledněním výsledků průzkumných prací) – konkrétně jde o stanovení parametrů hráze, statické posouzení hráze, dimenzováni výpustí, přelivů, odpadních koryt a v neposlední řadě stanovení opatření v podloží hráze, nejlépe na základě modelu proudění a posouzení materiálového zabezpečení stavby.
3) Pro realizaci mít zpracovaný kontrolní a zkušební plán, na jehož základě v odpovídajícím rozsahu provedené zkoušky potvrdí dodržení projektovaných parametrů stavby.
4) Již v průběhu realizace je nutno pracovat na aktualizaci prováděcí dokumentace, aby po dokončení stavby byla investorovi předána reálná dokumentace skutečného provedení s podchycením všech změn včetně jejich zdůvodnění.
5) U významných suchých nádrží bez stálé osádky zajistit trvalé sledování základních veličin (srážky, hladina v nádrži, případně přítok a odtok) pomocí automatického monitorovacího systému.
Výše uvedené podmínky jsou pouze základem. Vzhledem k tomu, že každá suchá nádrž má své specifické vlastnosti a většinou teprve provoz odhalí skryté problémy, záleží pak již na provozovateli, jaká další opatření bude muset přijmout.

Problémy vyplývající ze specifických podmínek provozu

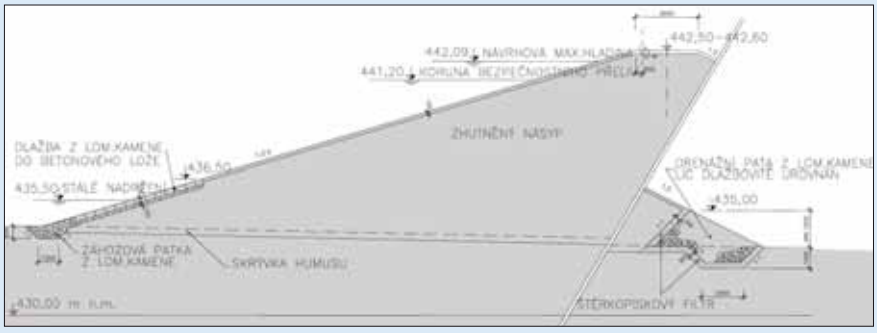
Několikaletý provoz suchých nádrž ukázal, že problémy mohou být velmi rozmanité. Ve většině případů se jedná o přírodní vlivy související s faunou, flórou nebo klimatickými či morfologickými podmínkami. Bohužel nezřídka se setkáváme i s lidskou hloupostí, v horším případě s vandalismem.
V souvislosti s faunou a flórou je možno zmínit např. narušení návodního líce tělesa hráze hlodavci či uchycení náletových dřevin. S klimatickými podmínkami se pojí tvorba ledové celiny na hladině a nebezpečí poškození vtokového objektu ledem, případně omezení kapacity vtoku nápěchem ledu na česlích.
Tyto problémy u nádrží s dostatečným stálým nadržením v podstatě nepřipadají v úvahu, u suchých nádrží jsou však reálné. U dlouhých a v zimě nevyužívaných přístupových komunikací nastává problém s udržováním jejich sjízdnosti a tím možnosti operativního zásahu na díle.
Do jaké kategorie, zda hloupost nebo vandalismus, zařadíme snahu o ucpání spodních výpustí či vtokových česlí za účelem zvýšení hladiny v nádrži ke koupání, asi není důležité. Podstatné je, že správná a bezpečná funkce díla je takovýmito „úpravami“ ohrožena.
Specifickou kategorii představuje splach plovoucího spláví z povodí nad suchou nádrží (vzniklý přírodně, či častěji lidskou činností). Za určitých podmínek, bez ohledu na zdroj plavenin, může dojít obdobně jako u ledových ker k velmi významnému omezení kapacity na vtoku do spodní výpusti. Plaveniny jsou většinou přineseny do nádrže v počáteční fázi povodně a nízká hladina vody v nádrži znamená vyšší možnost ucpání vtoku.
Za zmínku stojí i rozdíl mezi zatěžovacími stavy u nádrže se stálým nadržením a suchou nádrží. U suché nádrže jde o relativně krátkodobý, ale velmi rychlý vzestup hladiny prakticky z nulové hodnoty až na maximální návrhové parametry s následným velmi rychlým poklesem na původní hodnotu.

Příklad propustného podloží hráze na poldru č. IV na Dětřichovickém potoce a následná sance

Nejhoršími se však ukazují problémy související s chybami v přípravné a realizační fázi stavby. Jaké následky budeme muset řešit, podceníme-li přípravnou fázi výstavby, dokazuje následující případ poldru č. IV na Dětřichovském potoce. Jedná se o suchou nádrž, která byla postavena v údolním profilu se značně propustným podložím. Jeho propustnost je dána širokými otevřenými nevyplněnými puklinami podložních opuk a nedostatečnou funkcí těsnicí vrstvy dna a svahů nádrže, takže prostor nádrže je propojen s puklinovým systémem. Přesto, že tento stav byl znám z inženýrsko-geologického průzkumu provedeného jako podklad pro zpracování prováděcí dokumentace, byla hráz navržena a realizována bez jakéhokoliv zásahu do podloží! Bohužel nutno říci, že v souladu s tehdy platnou normou.

Parametry vodního díla:

– Typ hráze: sypaná homogenní hráz,
– Výška hráze: 9 m,
– Délka hráze: 92 m,
– Objem nádrže: 250 tis. m^3.



Příčný řez hrází

Výrony v oblasti vzdušné paty hráze

Projevy propustnosti hráze

První projevy nepřípustného průsakového režimu byly pozorovány v roce 2004 při napuštění nádrže na kótu hladiny stálého nadržení. Její úroveň byla zvolena tak, aby byly zajištěny pokud možno ustálené poměry na základové spáře tělesa hráze a v jeho podloží. Po napuštění byly zjištěny průsaky, a to zejména v oblasti paty hráze u levobřežního zavázání, kde se objevil vývěr v množství cca 1 l/s a další vývěr v odpadním korytě od bezpečnostního přelivu. Ten však nebylo možno přesně specifikovat s ohledem na opevnění dna i svahů koryta těžkým kamenným záhozem.

Při hledání zdroje vyvěrající vody byly zjištěny na levém svahu těsně před hrází otevřené vstupy do puklin podložních vrstev, vystupujících v těchto místech k povrchu dna nádrže. Na základě porovnání zaměření terénu před stavbou a po ní bylo zjištěno, že těsnicí jílová vrstva dna nádrže v těchto partiích byla odtěžena při výstavbě a použita do tělesa hráze. Předpoklad, že po provedení sanace opětovným zřízením těsnicího koberce na ploše cca 55x25 m, který měl obnovit těsnicí vrstvu a zamezit vnikání vody z nádrže do podložních vrstev v předpolí levého zavázání hráze, bude problém vyřešen, se ukázal jako mylný. Při přirozeném naplnění nádrže v době tání sněhu v březnu 2005 na kótu cca 438,50 m n. m., tj. zhruba do poloviny výšky hráze, byly znovu zaznamenány četné výrony vody na vzdušní straně hráze v oblasti patního drénu a obou boků údolí pod hrází. Tentokrát byly mnohem mohutnější; přítok dvou největších byl odhadnut na 10 l/s. Po zaklesnutí hladiny vývěry ustaly a místa, kudy pronikala voda do puklinového systému, se nepodařilo nalézt. Můžeme se jenom dohadovat, že vstupů nad úrovní hladiny stálého nadržení bylo větší množství a puklinový systém umožňoval komunikaci i na větší vzdálenosti.

Při dalším přirozeném naplnění nádrže v době povodně na přelomu března a dubna 2006 na kótu cca 441,20 m n. m. se situace opakovala s mnohem výraznějšími projevy průsakového režimu. Vzhledem k tomu, že hladina v nádrži vystoupila až po hranu bezpečnostního přelivu, situace se opět zhoršila. Výrony byly mnohem četnější a kapacitu okolo 10 l/s dosahovaly již čtyři z nich.

U nového výronu, který se objevil u paty pravého zavázání, byl zjištěn výnos jílovitého materiálu, který mohl pocházet z tělesa hráze. Po několika hodinách byl zjištěn nad tímto výronem „zátrh“ asi v polovině výšky hráze a nebylo možno vyloučit, že dojde k částečnému sesuvu vzdušného líce tělesa hráze v této oblasti. Patu a dolní část svahu proto bylo nutno stabilizovat přitěžovací lavicí z těžkého kamenného záhozu.

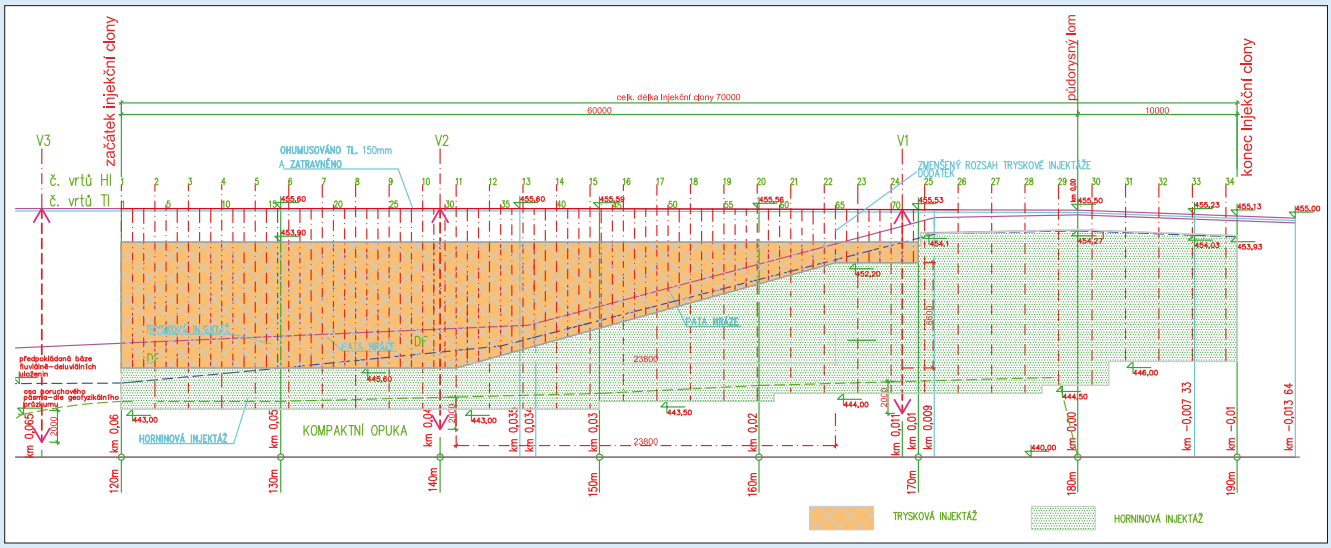
Přitěžovací lavice v pravém zavázání

Sanace hráze

Pro získání více informací o vlastnostech podloží byly provedeny doplňující průzkumné práce a geofyzikální měření. Výsledky potvrdily vysokou propustnost, hlavně otevřeným puklinovým systémem v podloží. Tento stav byl vyhodnocen z hlediska bezpečnosti vodního díla jako nepřípustný. Na základě získaných informací bylo rozhodnuto o provedení sanace, a sice pomocí **těsnicí injekční clony** z koruny hráze do podloží a její zavázání do tělesa hráze. Vzhledem k vlastnostem injektovaného prostředí bylo v projektu navrženo použití injektážní směsi na bázi cementu. Nehomogenita podloží vyžadovala použití jak klasické horninové injektáže na sanaci puklinového systému, tak tryskové injektáže navazující na injektáž horninovou v přechodové oblasti sedimentů. Na základě zkušeností z praktického provádění bylo zhotovitelem navrženo a investorem odsouhlaseno, že vhodnější bude nakonec použití injekční směsi z mleté strusky.

Do skalního podloží v pravém svahu a pod pravobřežní zavázání hráze byla navržena hloubka injekční clony cca 7,0 m; v oblasti levého svahu a levobřežního zavázání hráze včetně podloží bezpečnostního přelivu cca 6,5 m a ve dně údolí do hloubky min. 5,0 m. Tyto hloubky byly ověřovány během provádění vodními tlakovými zkouškami a dle jejich výsledků se souhlasem investora upravovány. Vrtné a injekční práce byly prováděny z koruny hráze přes těleso hráze. Půdorysně je clona provedena v koruně blíže k návodnímu líci. Na levém břehu je clona přetažena až za těleso bezpečnostního přelivu se zavázáním do svahu údolí.

Na pravém břehu, kde byl pozorován výron s výnosem materiálu, je navíc provedeno podélné křídlo těsnicí clony ve svahu, které odklání případné průsaky do dostatečné vzdálenosti od tělesa hráze. Půdorysná délka clony v hrázi je 115 m, křídlo v pravém svahu má délku 19 m.



Těsnicí injekční clona provedená z koruny hráze do podloží, podélný řez

Těsnicí clona je vytvořena dvěma odlišnými technologiemi:
Horní část těsnicí clony tvoří vzájemně se překrývající **sloupy tryskové injektáže**. Její pomocí je utěsněna přechodová oblast sedimentů na dně údolí mezi rozpukanými opukami a tělesem hráze. To je cca 1,5–5 m pod základovou spáru. Tryskovou injektáží je sanováno i místo původního koryta. Horní část clony byla provedena jako první.
Dolní část těsnicí clony je vytvořena pomocí klasické **horninové sestupné injektáže**. Vrty jsou situovány v ose horní části clony z tryskové injektáže, čímž je zajištěno vzájemné propojení a spolupůsobení obou částí clony. Hloubka clony ve skalním podloží je proměnná a zasahuje až do méně narušených opuk. Během prací byly navržené parametry horninové injektáže upřesňovány na základě výsledků vrtných a injekčních prací a následně prováděných vodních tlakových zkoušek.

Účinnost hotové injekční clony byla odzkoušena srovnávací vodní tlakovou zkouškou – VTZ po dokončení těsnicí clony. Předpoklad, že navržené řešení omezí průsaky puklinami v podloží hráze i v břehových zavázáních cca o 60 %, byl splněn. Takto navržené kritérium koresponduje s požadavkem, že provedené opatření nemá za úkol úplně utěsnit podloží hráze, ale upravit průsakový režimu tak, aby nebyla ohrožována stabilita hráze.
V nedávné době byl na nádrži zprovozněn monitorovací systém, který sleduje, a v případě potřeby on-line přenáší na vodohospodářský dispečink v Hradci Králové, data o průběhu hladiny v takto sanované suché nádrži.
Dalším krokem k ověření skutečného stavu tohoto vodního díla byla instalace speciálního provizorního uzávěru na nehrazenou spodní výpust. Ten umožnil za vhodných hydrologických podmínek naplnit nádrž a realizovat tak krátkodobou provozní zkoušku díla po realizaci těsnicí clony.
Popsaná sanace tak splnila svůj účel. Je však jasné, že podobné dodatečně prováděné opatření je finančně mnohem náročnější než opatření provedené již v rámci stavby.
Výše uvedený příklad by neměl vzbudit dojem, že suché nádrže jsou špatným řešením. Naopak, i přes relativně krátkou dobu existence byly nově postavené suché nádrže již ve funkci a svůj úkol splnily, i když některé byly naplněny jen zčásti.

Provádění tryskové injektáže z koruny hráze

Závěr

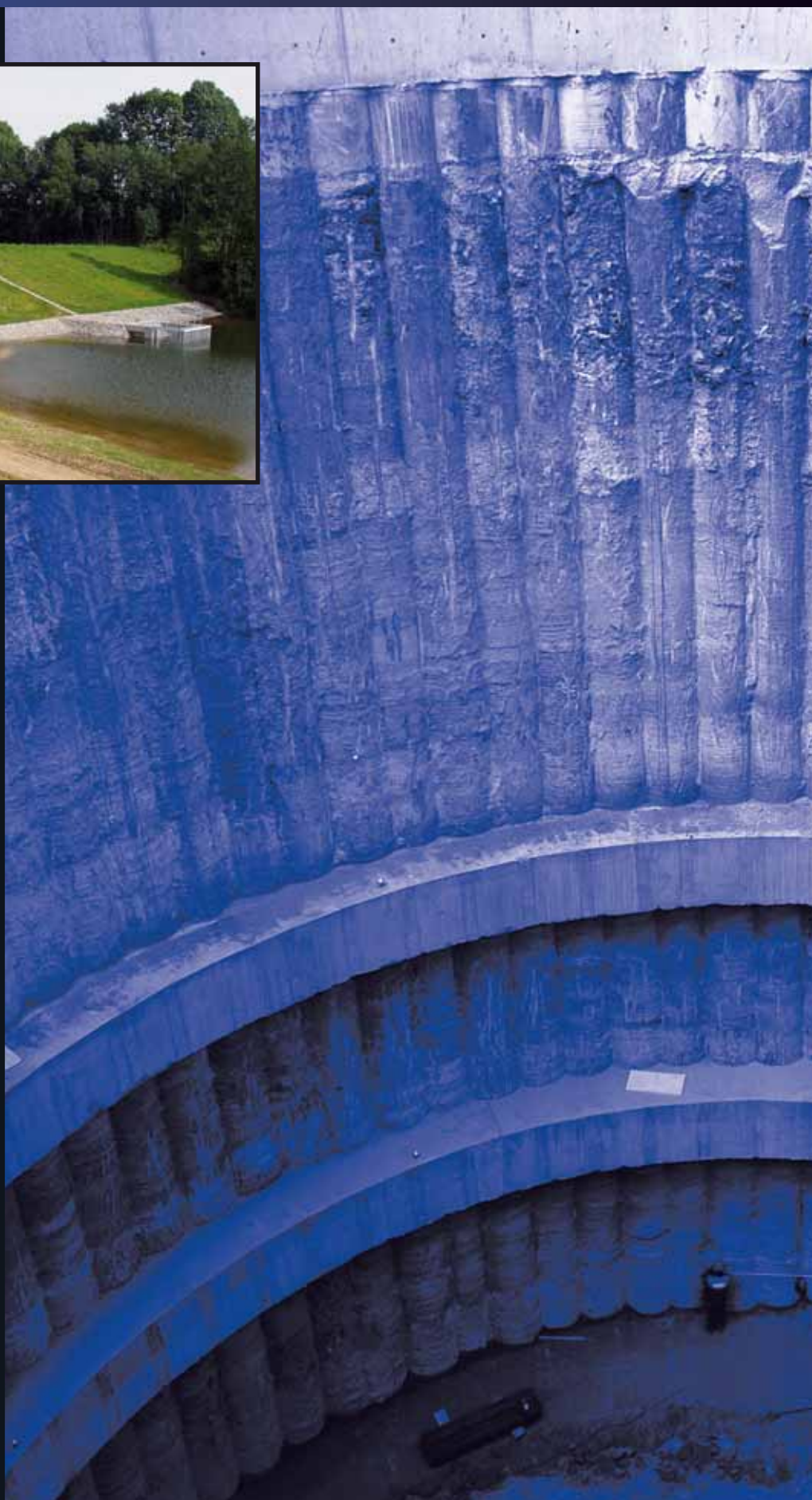
Protipovodňová opatření se stávají běžnou součástí našeho života. Jde o technická opatření, navržená a realizovaná na určité povodňové průtoky, zohledňující místní podmínky a respektující technické a ekonomické parametry stavby. Aby plnila správně svoji funkci, je třeba jim na jedné straně věnovat odpovídající pozornost od samého počátku. Na druhou stranu však nemohou řešit vše a jejich účinnost bude vždy určitým způsobem omezená.

***Ing. Pavel Svatoš**, Povodí Labe, s. p.*
Foto: autor, Ing. Petr Vávra, Ing. Marek Žniva

Requirements on preparation and construction of dry pools (polders)

Polders are defined as single-purpose technical solutions aimed at retaining partial volumes of flood waves, reducing flood peaks or at least postponing peak times. The following article describes necessary measures to ensure safe operation of polders. It also gives detailed information on a recent case of polder breakdown and its repair.

www.zakladani.cz
www.zakladani.com



ZAKLÁDÁNÍ® STAVEB

ZAKLÁDÁNÍ STAVEB, a. s.
K jezu 1, P.O. Box 21
143 01 Praha 4
tel.: 244 004 111
fax: 241 773 713
e-mail: mailbox@zakladani.cz
www.zakladani.cz
www.zakladani.com