ZAKLÁDÁNÍ

Časopis ZAKLÁDÁNÍ STAVEB, a. s. 1/2012 Ročník XXIV

- Oprava plynovodů DN 500 ve vodní nádrži Nové Mlýny
- Tunel Blanka dva roky před dokončením
- Zakládání staveb, a. s., účastníkem výstavby dálniční sítě v Polsku
- Metro V.A v Praze, staveniště Motol – stavební jámy pro hloubené konstrukce

ZAKLÁDÁNÍ® STAVEB

ZAKLÁDÁNÍ STAVEB®

Výrobní program

- Podzemní stěny konstrukční, pažicí, těsnicí a prefabrikované
- Vrtané piloty, CFA piloty, pilotové a záporové pažicí stěny
- Mikropiloty a mikrozápory
- Kotvy s dočasnou a trvalou ochranou
- Injektáže skalních a nesoudržných hornin, sanační injektáže, speciální injekční směsi
- Trysková injektáž M1, M2, M3
- Beranění štětových stěn, zápor, pilot apod.
- Zemní práce z povrchu, těžba pod vodou
- Zlepšování základových půd
- Realizace všech typů hlubinného založení objektů
- Pažení stavebních jam
- Sanace rekonstrukce a rektifikace občanských, průmyslových a historických objektů a inženýrských staveb
- Vodohospodářské stavby, rekonstrukce jezů, retenční přehrážky
- Shybky
- Skládky ropných produktů a toxických látek, jejich lokalizace a zabezpeční
- Ochrana podzemních vod
- Geotechnický průzkum, studie, projekty, konzultace
- Zatěžovací zkoušky a zkoušky integrity pilot
- Projekční a poradenská činnost

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

Časopis ZAKLÁDÁNÍ
vydává:
Zakládání staveb, a. s.
K Jezu 1, PP 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:
Libor Štěrba, k článku na str. 25
Překlady anotací:
Mgr. Klára Koubská

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

Ročník XXIV
1/2012
Vyšlo 16. 5. 2012 v nákladu 1000 ks
MK ČR 7986, ISSN 1212 – 1711
Vychází čtyřikrát za rok

Pro rok 2012 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

U vody přibývá velkých staveništ 2
Zdeněk Bauer

Teorie a praxe

Technologické vlivy ve speciálním zakládání staveb
– příspěvek k jejich klasifikaci 6
Ing. Jindřich Řičica, ADSZS

Zahraniční stavby

Zakládání staveb, a. s., účastníkem výstavby dálnice A4
mezi městy Rzeszów a Jaroslaw v Polsku 11
Jan Králík, Zakládání staveb, a. s.
Ing. Martin Čejka, Zakládání staveb, a. s.

Dopravní stavby

Tunelový komplex Blanka dva roky před dokončením 14
Ing. Alexander Butovič, Satra, spol. s r. o.

Průmyslové stavby

Oprava vysokotlakých plynovodů DN 500 ve vodní nádrži Nové Mlýny II 20
Ing. Miroslav Dušek, FG Consult, s. r. o., a Ing. Michal Ručka, Zakládání staveb, a. s.

Dopravní stavby

Metro V.A, staveniště Motol (SOD 09) – stavební jámy pro hloubené konstrukce 25
Ing. Petr Chaura, odpovědný projektant stanice Motol, METROPROJEKT Praha, a. s.
Metro V.A, hloubená stanice Motol – vývoj projektového řešení
trvale kotvené pažicí podzemní stěny (SO 09-20/01) 27
Ing. Petr Hurych, FG Consult, s. r. o.
Realizace trvale kotvené podzemní stěny stanice Motol, SO 09-20/01 29
František Šedivý, Zakládání Group, a. s.
Zajištění stavební jámy hloubené části obratových kolejí SO 09-18/50 30
Ing. Marek Motýl, Ing. Petr Tomáš a Ing. Petr Svoboda, Mott MacDonald CZ
Ing. Petr Chaura, METROPROJEKT Praha, a. s.

Stavba jezových polí pod Střekovem firmou Nejedlý, Řehák a spol. v roce 1931

U VODY PŘIBÝVÁ VELKÝCH STAVENIŠŤ

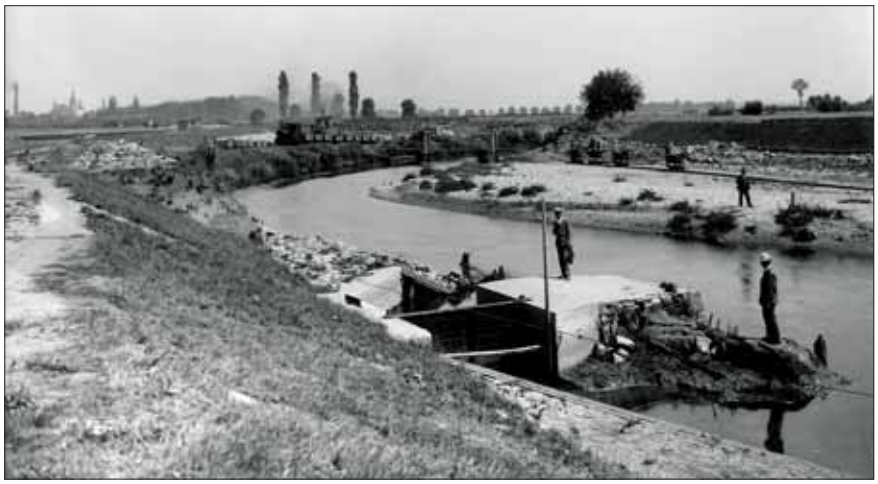
V roce 1918 nově vytvořený mnohonárodnostní stát se jménem Československá republika měl před sebou k řešení hodně naléhavých problémů. Jeden z hlavních byl na očích už při pohledu na mapu: přehnaně dlouhý pás země bez jediné průběžné hlavní dráhy od západu k východu. Projekty komunikací ale potřebovaly nějaký čas a po válce bylo nutné především zajistit obživu obyvatel. Proto museli úředníci nově vzniklých ministerstev nejprve obnovit práci na přerušených stavbách, což byly především úpravy řek.

Pokud to bylo jen trochu možné, ožila na jaře 1919 staveniště na středním Labi a některá nová k nim ještě přibyla. Zpočátku se většinou pracovalo v režii státní správy, což ale nevyhovovalo ani státu, ani firmám. Jakmile byly vytvořeny aspoň trochu reálné tabulky nových jednotkových cen, vrátil se režim staveb do obvyklých poměrů.

Nedostatek uhlí i dalších materiálů, chybějící kvalifikované pracovní síly, to vše ještě nějakou dobu stavební činnost brzdilo. Přesto bylo oživení staveb poměrně rychlé a na Labi přibývalo nejen staveništ, ale i nových firem. I když se na své stavby většinou vrátila původní podnikatelství, v Litoli vystřídali firmu Kress-Bernard podnikatelé Nejedlý a Řehák, v Černožicích se objevila nová firma Khaml-Novák, u Brandýsa pak inženýr Dickkopf. Ve 20. letech se seznam firem na středním Labi dále rozmnožil o jména Bukovský, Hannauer, Hlava-Kratochvíl, Raynal-Balzar a Secký. I když někteří z nich už podnikali před válkou, teď se konečně mohli úspěšně ucházet i o státní zakázky. Jen málokterý přitom natrvalo neuspěl, většinou se jejich jména objevovala stále znovu jak u vody, tak na silnicích a hlavně na železničních novostavbách. Bezesporu nejznámějšími se na úpravách nejen středního, ale hlavně dolního Labe a mnoha dalších velkých stavbách stali inženýři **Augustin Nejedlý** (1884–1957) a **Emanuel Řehák** (1884–1953), kteří svou společnou firmu založili v roce 1919. Proslavilo je především zdymadlo na Labi pod Střekovem, kterému se stavěly do cesty nejen přírodní překážky, ale také nedokonalý a přepracovávaný projekt, který stavbu protáhl na celých 12 let. Vybudovali vodní elektrárnu na Jizeře u Spálova či přečerpávací elektrárnu u Hojsovy Stráže na Šumavě, pracovali také na železnici u Myjavy. Poté, co v roce 1927 odkoupili krachující firmu Lanna, dali se pod jejím tradičním jménem do budování betonových přehrad u Vranova na Dyji a u Karlových Varů na Teplé, pokračovali

Ing. Augustin Nejedlý

Ing. Emanuel Řehák



Tak vypadal tok Labe pod Smiřicemi v srpnu 1928, když se do jeho úpravy pustili podnikatelé Khaml a Novák

V červenci 1929 firma Secký napřímovala tok Labe u Týnce a při tom odstraňovala části pobřežních skal, jak je vidět v pozadí vpravo

ale také v úpravách na středním Labi. Když později ing. Řehák skončil své podnikání a věnoval se správě svého velkostatku v Dětenicích, pokračoval ing. Nejedlý jako jediný majitel firmy Lanna ve vodních a železničních stavbách, které završil výstavbou přehrady a elektrárny ve Štěchovicích. Protože Němci za okupace uvalili na firmu nucenou správu, mohl se ing. Nejedlý jejího řízení znovu ujmout už jen na krátkou dobu v letech 1945–48.

Inženýr **Josef Khaml** se věnoval úpravám řek ve východních Čechách už před první světovou válkou. Vstoupil do firmy Kress & Bernard, ale roku 1919 založil v Hradci Králové podnikatelství s ing. **Josefem Novákem**. Jejich firma získala zadání na úpravy Labe ve Smiřicích a Černožicích včetně stavby smiřického Tyršova mostu. Po Khamlově smrti v roce 1933 založili bratři Josef a František Novákové společnou firmu, která pokračovala na Labi v Němčicích a u Čelákovic a na vodních stavbách v Hradci Králové. Josef Novák zemřel v únoru 1938.

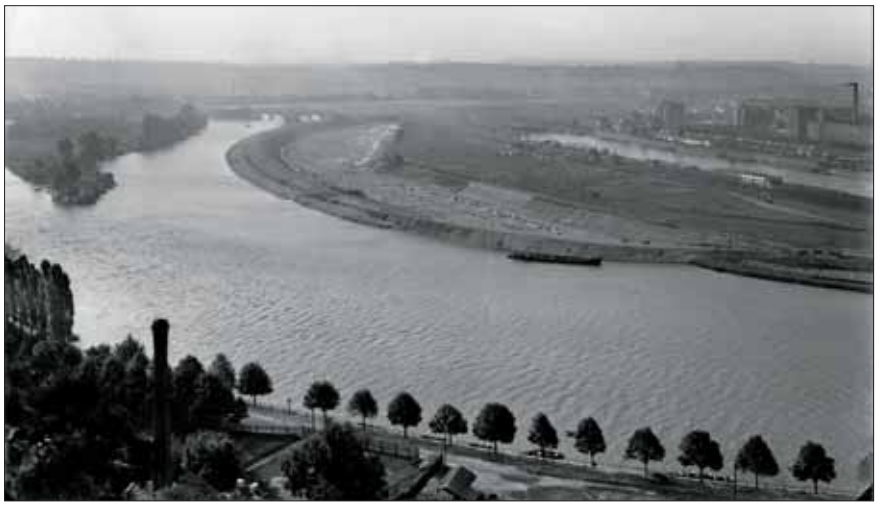
Rodák z Chrudimska Ing. **František Secký** (1885–1933) se věnoval od roku 1919 téměř výhradně vodním stavbám na Chrudimce (od Pardubic až po rekonstrukci přehrady Hamry) a na středním Labi (Řečany, Týnec, Srnojedy). Firma, sídlící na pražských Vinohradech, přešla po předčasném úmrtí zakladatele do správy pozůstalých. Ti rozšířili její působnost i na

Ing. František Secký

Vltavu v Českých Budějovicích a na plzeňské řeky. Podnikatelství přečkalo až do znárodnění.

Původně českobudějovický a od roku 1922 pražský podnikatel Ing. **Karel Bukovský** je dnes také téměř neznámou osobou. Jeho doménou bylo střední Labe, kde pracoval na více úsecích bez budování zdymadel. V Praze byl ve 20. letech znám díky stavbě povltavské silnice od Zbraslavi k Davli a také postavením tehdy důležité železniční spojky mezi „horním“ nádražím v Libni a výhybnou Vítkov směrem do tunelu a Wilsonova nádraží. V letech 1924–30 byl jeho společníkem Ing. **Jan Kottland**, který se pak vrátil k samostatné práci na Vltavě i na železničních stavbách. Na počátku 20. let se začala množit staveniště i na ostatních českých a moravských řekách. Rozeběhly se regulační práce na Tiché, Divoké i Spojené Orlici, kde pracovali převážně místní podnikatelé z východních Čech jako Souček, Novotný, Andrle, Jirásek, ale občas se přiživily i větší firmy. V úpravách Moravy pokračovala zpočátku zemská správa

Otevření průkopu pro nové řečiště Labe „U světice“ přilákalo 11. prosince 1931 množství diváků z okolí Brandýsa



Pohled z Bílé skály v září 1924 na staveniště „Maniny“: výkop nového řečiště Vltavy je přibližně uprostřed obrázku, vlevo od něj původní řečiště s vjezdem do libeňského přístavu na kraji, napravo je bazén holešovického přístavu. Libeňský most se ještě nezačal stavět, místo něj fungoval provizorní dřevěný most.

ve vlastní režii, od konce 20. let ale stále častěji předávala některé úseky brněnským a jiným moravským i slovenským stavebním podnikatelstvím (Bartoš, Fohr, Hamburger, Jáchymek, Letovský, Redlichové, Šamánek). Bagrování a úpravy dolní (hraniční) Moravy pod soutokem s Dyjí ovládla slovenská firma podnikatele Waita. Stavitel ing. **B. Letovský** z Modřic byl společníkem Fr. Schöna na regulaci Moravy u Hodonína i na úpravách Svratky od Brna po Židlochovice. Po Schönově smrti fakticky převzal jeho firmu a později se podílel i na budování nové tratě Brno–Tišnov.

Bratislavský podnikatel Ing. **Jozef Wait** nejdříve jen zajišťoval ruční odkop břehu na slovensko-rakouském toku Moravy, dovážel kámen a dlažbu, později si opatřil i malý plovoucí bagr. Zúčastnil se také výstavby železnice z Púchova do Horní Lidče a ve 40. letech stavěl silnice na hornatém středním Slovensku.

Po delší přestávce ožila čilým stavebním ruchem i Vltava. Úpravy řeky a stavba nových jezů probíhaly od roku 1923 na jihu Čech od Českých Budějovic po Hlubokou za účasti firem Vlček, Kindl, Lanna, Litická a Bořkovec. Dosud nezmiňovaná **Litická a. s.** se sídlem v Praze, která vlastnila lomy v Liticích nad Orlicí a ve Skutči, provozovala ve 30. letech také stavební činnost. Stavěla Trilčův jez v Českých Budějovicích, podílela se na výstavbě pohraničního opevnění i na stavbě dálnice za Protektorátu. Pracovala také na některých železničních stavbách, především v České Třebové.

V Praze po dokončení složité stavby jezů a plavebních komor mezi Smíchovem a Novým Městem bylo nutné zkrotit řeku v holešovicko-libeňském meandru, kde tvořila divoká ramena a nevyužitelnou oblast „manin“. Vyhloubení nového regulovaného toku řeky se ujalo v letech 1923–28 Sdružení podnikatelů Maniny (Bořkovec, Kress, Kruliš, Redlichové, Vlček), další firmy k tomu postavily dva nové mosty a pozměnily tvar libeňského přístavu. Ve stejné době upravilo a prohloubilo podnikatelství Kruliš Vltavu u Štěchovic, aby v návaznosti na to mohl stavitel Hlava se společníky ve 30. letech vybudovat zdymadlo ve Vraném. To už se pracovalo na projektech vltavské kaskády a vyměřovala místa budoucích hrází u Štěchovic a Slap, kde se také budovaly příjezdné silnice. Štěchovické zdymadlo začala stavět na konci 30. let konsorcia Hlava-Lanna (hráz a obě části elektrárny) a Domanský-Kress (plavební komora a nádrž přečerpávací elektrárny na Homoli).

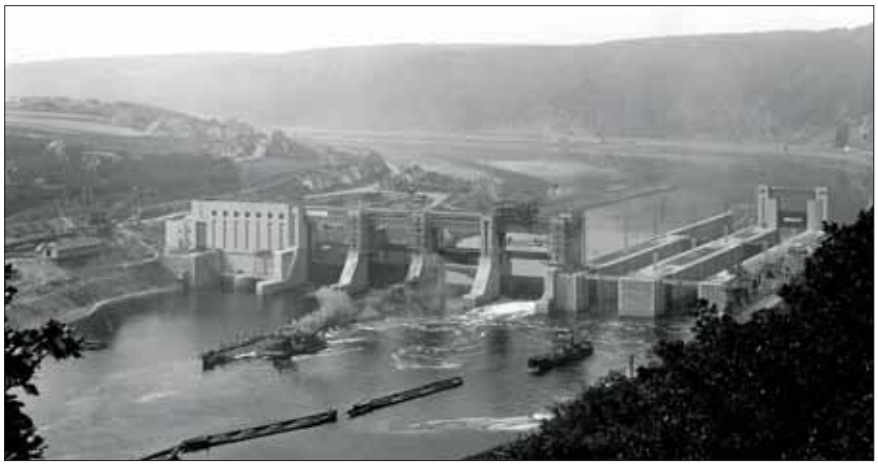
Ing. **Bedřich Hlava** (nar. 1887) byl nejen stavitel, ale také znalec přírody a odborník v lesním hospodářství. Patřil k nejznámějším představitelům meziválečné stavitelské generace a propagoval nejnovější poznatky ve stavebnictví včetně co největší mechanizace prací. Nejprve spolupracoval ve firmě se spolužákem Kratochvílem, později s kolegou Domanským. Dr.-Ing. **Antonín Kratochvíl** (nar. 1887) začínal jako asistent na pražské Technice, kde získal doktorský titul. Společně s Hlavou upravovali Orlici v Chocni a Ústí, Labe u Lobkovic, postavili vysoké mosty u Krnska (Stránova) a v Bechyni, ale i Trojský a Libeňský most v Praze a vybudovali přehradu Sedlice na Želivce. Na začátku stavby zdymadla ve Vraném ale spolupráci ukončili a novým společníkem Hlavy se v roce 1930 stal Ing. **Jakub Domanský** (nar. 1885). V této dvojici dokončili zdymadlo i jeden z úseků dráhy Horní Lideč–Púchov. Po sedmi letech se i jejich cesty rozešly a dál každý působil samostatně. Sešli se jako konkurenti na stavbě štěchovické přehrady, kde Hlava pracoval se společností Lanna a Domanský s firmou Kress. Hlava kromě toho stavěl pevnost Hanička, budoval železnice Banská Bystrica–Diviaky a Tišnov–Německý (Havlíčkův) Brod a postavil most přes Vltavu u Podolska. Domanský se zase zúčastnil stavby protektorátní dálnice.

Po celou dobu první republiky se ještě stavěly zděné přehradní hráze, bylo však zřejmé, že jejich doba se chýlí ke konci. Nově byly zahájeny stavby zděných přehrad Sedlice na Želivce (Hlava-Kratochvíl), Seč na

Ing. Bedřich Hlava

Dr.-Ing. Antonín Kratochvíl

Ing. Jakub Domanský



Zdymadlo ve Vraném nad Vltavou těsně před dokončením v létě roku 1935, kdy byla jeho nádrž už částečně napuštěná. Stavbu dokončilo podnikatelství Hlava-Domanský.

Chrudimce (V. Dvořák), Pastviny na Divoké Orlici (Pažout) a Husinec na Blanici (Štěrba), zatímco sypané hráze Fryšták a Horní Bečva vyrostly v režii moravského zemského výboru.

Úlohu pracně sestavovaného zdiva či zemní navážky ale přebíral beton. Na počátku 30. let se začalo téměř současně pracovat na stavbě betonových hrází Vranov na Dyji a Březová na Teplé u Karlových Varů (obě Lanna s dalšími firmami), později u Brna na Svratce (Kapsa-Müller) a na štěchovickém díle na Vltavě (viz výše). Na Slovensku bylo započato s výstavbou přehrady na Oravě, avšak ve 30. letech zde bylo zahájeno rozsahem ještě větší stavební dílo, totiž kanalizace a energetické využití Váhu. Jako první se stavěl jez v Dolních Kočkovcích u Púchova s kanálem k elektrárně v Ladcích. Uplatnilo se tu konsorcium „Slovensko-česká stavební společnost“ (Kruliš, Redlichové, Jáchymek a sdružení slovenských firem), elektrárnu získala společnost Lanna. Další stupně v Ilavě a Dubnici přišly na řadu už za jiných podmínek v letech 1940–41.

V minulém odstavci se objevila další nová jména stavitelů: bratři Miloslav a František Pažoutovi, inženýři z Prahy, vstupovali do soutěží o veřejné zakázky každý za sebe, až je někdy obtížné poznat, kdo kterou stavbu provedl. **Miloslav Pažout** stavěl přehradu Pastviny v Orlických horách, použitá velká technika ale patřila Františkovi. Ten je také podepsán na sídlišti Spořilov v Praze, úpravě Berounky u Dobřichovic a Chrudimky u Vestce či na přítokové štole k přehradě Sedlice. Další stavební firmu měl Františkův syn Vladimír; všechna tři podnikatelství Pažoutových byla v roce 1948 znárodněna. Inženýr **Emil Štěrba** (nar. 1883) byl synovcem bratrů Velflíků – profesora Alberta a stavitele Jaroslava, u kterého začínal svou profesní dráhu jako stavbyvedoucí na přehradě Les království. Od roku 1920 působil jako stavitel v Berouně, postavil přes 70 železobetonových mostů a zděnou přehradu u Husince. Ve 40. letech jeho firma budovala úsek protektorátní dálnice u Děkanovic.

Zdeněk Bauer

Betonová hráz přehrady Pastviny na Divoké Orlici, kterou stavěl ing. Pažout, při dokončování vozovky v roce 1938

Dokončování sypané hráze ve Fryštáku v povodí Moravy, postavené v režii zemské správy

Staveniště základů budoucí betonové hráze přehrady Březová na Teplé u Karlových Varů. Přehradu stavěla firma Lanna v majetku podnikatelů Nejedlého a Řeháka.

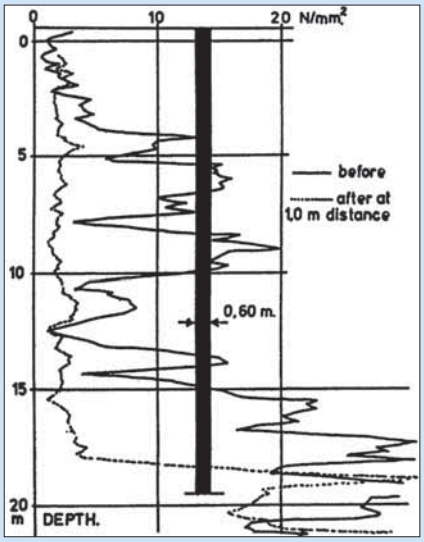
Jez v Dolních Kočkovcích na Váhu je hotov, pod ním v přívodním kanálu k elektrárně v roce 1935 trojice rypadel konsorcia Kruliš-Jáchymek-Redlichové bagrovala usazovací nádrž

Technologické vlivy ve speciálním zakládání staveb – příspěvek k jejich klasifikaci

Při navrhování a realizaci metod speciálního zakládání se projevují technologické vlivy, které je třeba pro spolehlivou analýzu a řízení rizik těchto prací dobře znát. Snaha o systematickou klasifikaci technologických vlivů naráží však na značné formální i faktické nesnáze, protože se jedná o obtížně zachytitelné jevy. Je to však z dlouhodobého hlediska snaha velmi potřebná, neboť popsané a definované vlivy potřebujeme jako vstupy do modelů chování základů. Od počítačových technologií lze pak očekávat významnou asistenci v jejich utřídění a v lepší orientaci v daném procesu, samy však nevyřeší podstatný problém poznatelnosti relevantních jevů.

Význam technologických vlivů

Technologické vlivy působí v procesu instalace základového prvku do horninového prostředí. Na jejich rozhraní se vytváří specifická přechodová vrstva, která má významný vliv na přenosové jevy, které nastávají v průběhu zatěžování základového prvku. Následkem těchto vlivů může dojít k menší či větší degradaci v jeho funkci. Někdy je souvislost mezi způsobem instalace prvku v daných podmínkách a následnou odchylkou od jeho předpokládané funkce velmi jasně doložitelná – jak dokumentuje obr. 1 [1]. Nesprávným postupem vrtání piloty CFA, nadměrným přibržďováním vniku nástroje zde došlo k nakypření okolních písků a tím k poklesu únosnosti piloty.



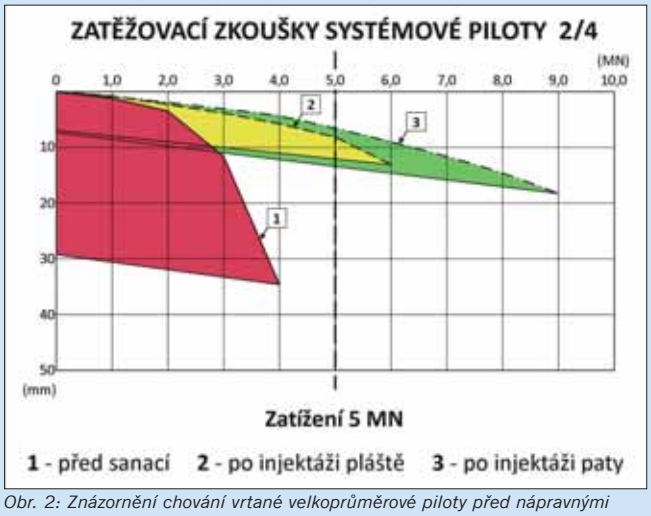
Obr. 1: Znázornění poklesu únosnosti písčité základové půdy v okolí nevhodně vrtané piloty CFA dle srovnání zkoušek CPT před a po zhotovení piloty (v místě piloty a ve vzdálenosti 1 m) [1]

Jindy však může dojít ke zřetězení více nepříznivých vlivů s následným úplným selháním prvku a k nutnosti náročné nápravy. Takovým případem je havárie vrtaných pilot, kde bylo nutno pro dosažení požadované funkce dodatečně injektovat jejich plášť i patu (obr. 2 [2].)

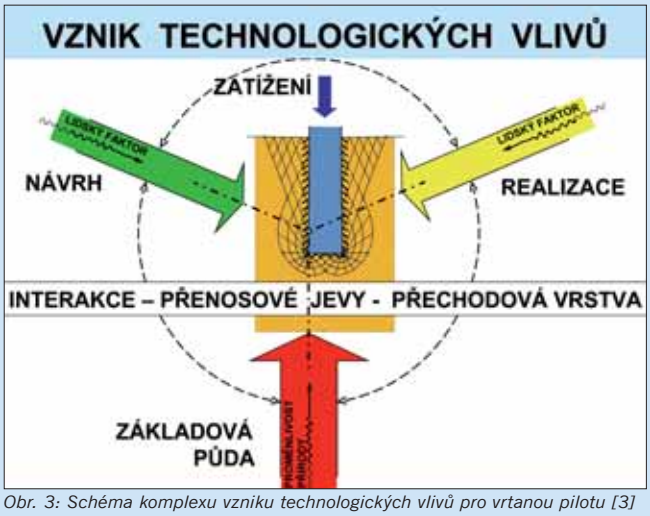
Schematické, zjednodušené znázornění tohoto komplexu jevů je patrno z příkladu piloty na obr. 3 [3]. V hromadných činitelích návrhu a realizace je naznačena přítomnost chybujícího lidského faktoru. A obdobně je v činitelích základové půdy naznačena přítomnost faktoru nepostižitelné proměnlivosti přírody. Následky technologických vlivů jsou tak vždy složitou kombinací jejich faktorů.

Typický základový prvek – pilota

Předpokládejme v dalším uvažování pilotu jako modelový, typický základový prvek.
A povšimněme si nejprve, na jaké úrovni je vědomí o významu technologických vlivů pro funkci tohoto základového prvku. U nás se podrobně tímto fenoménem zabýval Feda [4], který vytvořil moderní bázi speciální vědy o pilotách, z níž lze citovat výroky platné dodnes: „Rozbor technologie pilotování přesvědčuje, že (tato) má významný a někdy i rozhodující vliv na statické chování pilot. … Všechny výhradně teoretické analýzy chování pilotových základů, pokud nepřihlížejí k vlivům technologie pilotování, a to je běžné vzhledem k obtížím s kvantifikací těchto jevů, je proto třeba brát s rezervou, jejíž rozsah je různý pro různé základové půdy a různé typy pilot. Teoretické závěry je třeba doplňovat a ověřovat zkouškami in-situ, zkušeností a úvahami o kvalitativním vlivu těchto jevů, které se do výpočtu nepodařilo zahrnout.
Z těchto důvodů, bránících podle Mohana (1969) dodržovat striktně racionální postupy, se zakládání na pilotách (a zakládání staveb vůbec) někdy obrazně nazývá uměním.“ Tyto zásadní teze potvrzuje a dále rozšiřuje na celé zakládání ve své nedávné publikaci Masopust [5] : „…možnost předpovědi této interakce je výrazně omezena… i vlivy technologickými, které lze jen obtížně předvídat, v nejlepším případě je lze kvalifikovat, ovšem jejich kvantifikace, nutná do fyzikální rovnice, je zatím mimo možnosti geotechniky.“ A právě doplnění, shrnutí a uspořádání současných poznatků ve zmíněných úvahách o kvalitativním vlivu těchto jevů je dnes pro řešení rizik aktuálním tématem.
Feda sestavil přehlednou klasifikaci technologických vlivů pilotování a rozdělil je na



Obr. 2: Znázornění chování vrtané velkoprůměrové piloty před nápravnými opatřeními a po nich. Návrhové zatížení bylo 5 MN [2].



Obr. 3: Schéma komplexu vzniku technologických vlivů pro vrtanou pilotu [3]

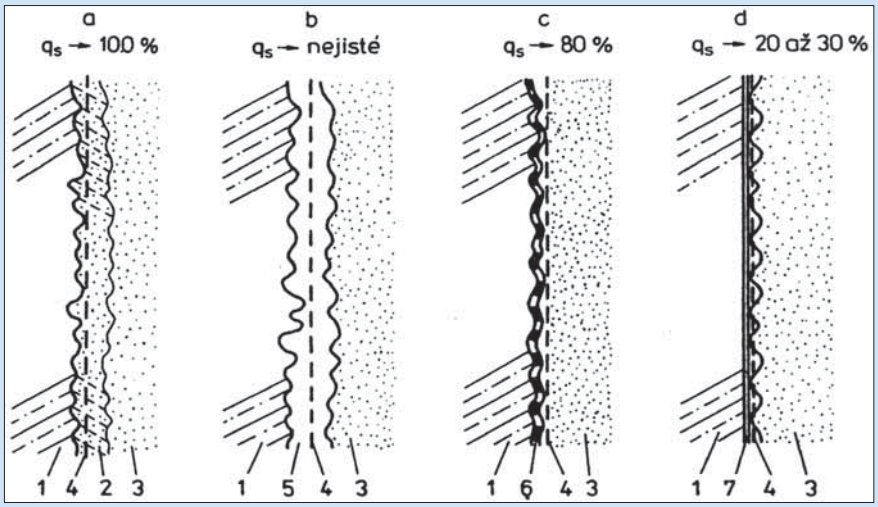
Technologické vlivy pilotování			
obecné	změna vlastností základové půdy	prohnětení (B, Z, Vi, V)	
		zhutnění (B, Z, Vi)	
		rozvolnění (V, Vp, P, B, Z)	
	změna efektivní napjatosti základové půdy	vzrůst (B, Z)	vodorovného efektivního nebo neutrálního napětí
		pokles (V, Vp)	
	residuální napjatost piloty	plášť	(B, Z, ostatní při opakovaném zatěžování)
		pata	
zvláštní	beraněné piloty	zvedání a sednutí povrchu terénu	
		změny přímosti dříku piloty	
		vibrace a hluk při beranění	
		přerušování kontaktu pilota - základová půda	
		vlečení základové půdy podél piloty	
	vrtané piloty	vliv jílové suspenze na únosnost pláště a paty	
		změny tvaru piloty (kavernování, zaškrcení, přerušení)	
		proměnlivost vlastností betonu pilotového dříku (příčně i podélně)	
Označení pilot: B-beraněné. P-předvrtané. V-vrtané, Vi-vibrované, Vp-vplachované, Z-zatlačované			

Obr. 4: Příklad souhrnné klasifikace technologických vlivů pilotování dle Fedy [4]

obecné a zvláštní, specifické pro daný typ pilot (obr. 4).

Poměrně známým příkladem klasifikace technologického vlivu je určení vlivu drsnosti stěny vrtu na přenos zatížení plášťovým třením u vrtaných pilot. Podrobněji tento vliv rozebral Masopust [6] a pokusil se i o jeho částečnou kvantifikaci pragmatickým inženýrským přístupem k výpočtu (obr. 5).

Pokus o širší, podrobnější a systematičtější klasifikaci technologických vlivů však doposud učiněn nebyl. Je to dáno jednak obsáhlostí problematiky, v níž se prolínají exaktní znalosti geotechniky s dalšími obory, ale také zvláštnostmi tohoto oboru, který je založen rovněž na zkušenostech s odezvou prostředí na vnější zásahy při pracovních postupech jednotlivých metod zakládání.



Obr. 5: Vliv drsnosti stěny vrtu na plášťové tření [6]
a – nepažený vrt, popř. dokonalé odstranění filtračního koláče, b – ponechaná vrstva filtračního koláče značné tloušťky, c – fólie jako ochrana proti účinkům agresivního prostředí, d – ponechaná ocelová pažnice.
1 – pilota, 2 – zpevněná zemina vlivem betonáže piloty, 3 – okolní zemina, 4 – smyková plocha, 5 –filtrační koláč z jílové suspenze

Přístup k podrobnému rozboru vlivů u vrtaných pilot

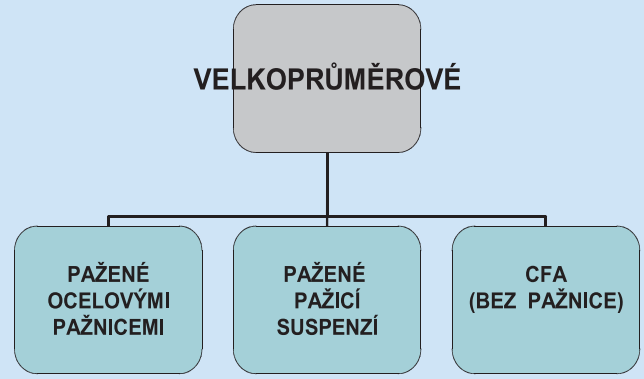
Postupme od obecnějších přehledů hlouběji do podrobností a zabývejme se dále právě jen typem vrtaných velkoprůměrových pilot pažených, které jsou u nás používány nejčastěji (obr. 6). Lze do nich zahrnout částečně i piloty CFA, ovšem s omezeným rozborem některých zvláštností, jako je například způsob betonáže.

Ačkoli jde o proces velice komplexní, snažme se postřehnout a vyhledat všechny jednotlivé faktory technologie, které do tohoto procesu vstupují a kombinují se v něm podle konkrétních okolností. Můžeme je rozdělit nejprve do dvou skupin podle původu, tedy zda jsou tyto jevy způsobeny primárně objektivními silami přírody či sekundárně vlivem lidského faktoru. A potom je lze dále roztřídit do složek podle schématu na obr. 7. Pro následné podrobnější odlišení a identifikaci jsou zde zvolena pro skupinové složky faktorů různá písmena abecedy.

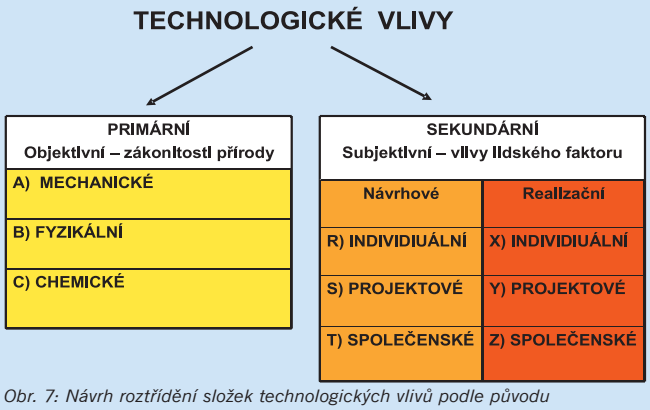
Takovéto základní roztřídění je dále možné využít z hlediska řízení rizik [3]. Můžeme se dívat na technologické činitele jako na faktory rizika a na jejich rozbor jako na rizikovou analýzu scénářů možného vývoje. Z toho pak vyplývá, že obecně lze řízení primárních faktorů rizika provádět volbou technologie a řízení sekundárních faktorů rizika volbou organizace práce na jednotlivých úrovních.

Primární technologické vlivy

Pokusme se nyní podrobněji analyzovat a rozlišit primární jevy, které mohou v procesu instalace piloty do základové půdy potenciálně vznikat. Ke zkoumání jejich příčinných souvislostí v procesu vzniku je však kvůli složitosti těchto jevů možno použít pouze inženýrský



Obr. 6: Přehled diskutovaných druhů pilot [3]



Obr. 7: Návrh roztřídění složek technologických vlivů podle původu

ÚČINKY	PŮSOBENÍ	DŮSLEDKY
A) MECHANICKÉ:		
A.1 Odvrtání základové půdy	Odlehčení základové půdy	Snížení efektivní napjatosti, rozpínání, dekonsolidace z. půdy
A.2 Činnost nástrojů a pažnic = nárazy, otřesy, vibrace, tření	Dezintegrace, přeskupení, přemístění částic z. půdy	Rozrušení z. půdy = snížení pevnosti, nakypření, rozdrobení, prohnětení, ztekucení **X** **Vytvoření nerovností pro přenos plášťového tření**
A.3 Boční roztlačení nástrojem (CFA)	Přeskupení, přemístění částic	Zhutnění, stlačení, konsolidace z. půdy
A.4 Absence bočních odporů = vrt bez pažení, anebo jejich snížení = při pažicí suspenzi	Uvolnění bočního tlaku, zvýšení vlivu gravitace na agregáty	Vypadávky ze stěn, nakypření, kavernování a zavalování vrtu
A.5 Snížení hladiny podzemní vody ve vrtu (příp. přetlak artéské vody)	Hydrostatický přetlak na stěnu vrtu, proudový tlak vody	Vypadávky ze stěn, nakypření, kavernování a zavalování vrtu
A.6 Zaplnění vodou, pažicí suspenzí nebo výplachem ve vrtu	Dynamické účinky proudění – turbulence, hydraulické rázy, podtlak	Eroze, vymílání, rozplavování a rozbřídání z. půdy
A.7 Uvolňování a odpadávání odvrtaného materiálu z nástroje	Gravitace, sedimentace	Akumulace napadávky na dně vrtu
A.8 Použití izolační geofólie na plášti	Separace kontaktu zemina/beton	Snížení tření na plášti, zabránění zpevnění cementací
A.9 Betonáž in-situ	Tlak betonové směsi Stírací efekt směsi	Konsolidace, zpevnění kontaktu Odstranění nadměrného filtračního koláče
B) FYZIKÁLNÍ:		
B.1 Přítomnost vody (povrchové, podzemní)	Nasákání, krystalizační tlak solí, hydratace	Změna objemu, bobtnání, rozbřídání, změny kapilární soudržnosti
B.2 Přítomnost vzduchu	Vysýchání	Smršťování, ztráta soudržnosti
B.3 Přítomnost pažicí suspenze nebo výplachu (např. bentonit, polymer, pěna)	Infiltrace do pórů	Snížení pórovitosti, zpevnění
B.4 Přítomnost pažicí bentonitové nebo polymerové suspenze	Filtrace vody ze suspenze	Jílový filtrační koláč na stěně, degradace přilehlé zeminy rozbřídáním
C) CHEMICKÉ:		
C.1 Vzduch	Oxidace	Porušení vazeb, zvětrávání
C.2 Voda a v ní rozpuštěné látky (chemismus prostředí)	Chemické reakce – hydrolýza, hydratace, karbonatizace, rozpouštění	Narušení vazeb, bobtnání, rozbřídání z. půdy Koagulace bentonitu!
C.3 Betonáž	Cementace	Zpevnění a stmelení zrn novými vazbami, koagulace jílového koláče

Tab. 1: Klasifikace primárních jevů technologických vlivů vrtaných pilot

popisný makro-přístup, a to v jednoduchém kauzálním řetězci podle schématu:

ÚČINKY ➔ PŮSOBENÍ ➔ DŮSLEDKY

Působení jednotlivých instalačních účinků a jejich přímé důsledky ukazuje následující tabulka 1 [2]. Jsou rozděleny do skupin podle výše uvedených složek. Zelenou barvou je vyznačen převažující pozitivní vliv a tučným písmem je vyznačen možný pozitivní vliv.

Uvedený výčet primárních technologických vlivů je jen hrubý a jejich působení závisí na okolnostech, vzájemném ovlivnění a zejména na konkrétních vlastnostech dané základové půdy. Rozbor podmínek horninového prostředí je pro možnost projevení se těchto vlivů naprosto klíčový. Někdy se však mohou uplatnit i další vlivy, například biologické, elektrostatické (na pažicí suspenzi) apod. V jiných technologiích speciálního zakládání, než jsou vrtané piloty, se uplatňují obdobné, ale i odlišné vlivy. Obtížnost interpretace technologických vlivů a ošidnost jejich generalizace můžeme ilustrovat třeba na příkladu vyhodnocení pažení vrtu pilot suspenzemi, uvedeném v předminulém čísle časopisu Zakládání [7]. Jednalo se o velmi atypický případ, kdy horní horizont podzemní vody byl eliminován pažnicí a spodní horizont byl hluboko pod patou pilot. Navíc se použily zvláštní, dosud málo obvyklé vrtací nástroje. Přes tyto unikátní podmínky je z příkladu vyvozován všeobecný závěr o výhodnosti polymerových suspenzí, ale autoři se přitom vyhnuli konfrontaci se zásadním tématem, proč tedy polymerové suspenze jednoznačně nenahrazují bentonitové. Mezi experty je totiž známa řada problematických případů stability rýh podzemních stěn při použití polymerů, avšak tyto potíže nejsou zatím dostatečně vysvětleny ani publikovány, proto jsou potřebné informace mnohým odborníkům stále nedostupné.
Z hlediska provedeného rozlišení primárních technologických vlivů by bylo možno vliv drsnosti vrtu na plášťové tření vrtaných pilot, uvedený na obr. 5, vyložit jen jako kumulativní působení několika dílčích primárních faktorů. Nicméně podrobný rozbor případu uvedeného na obr. 2 [2] ukazuje i na další vlivy, jako je například volba technologie vrtání, které již náleží do skupiny vlivů sekundárních.

Sekundární technologické vlivy

Subjektivní vlivy lidského faktoru jsou svou podstatou většinou negativní a nahodilé. Jsou to obvykle důsledky chyb a omylů, doprovázejících předpokládanou pozitivní nebo alespoň dobře míněnou orientaci lidí pracujících v oblasti speciálního zakládání. Proto je jejich roztřídění velmi obtížné. Může jít jak o ojedinělá osobní, tak o skupinová, ale i o systémová společenská pochybení nebo selhání. Pro takovéto členění lze využít holandskou metodologii rozboru rizik [8]. Protože tato pochybení mají za následek výskyt určitých technologických vlivů, jejichž důsledkem jsou poruchy a nehody, pokusme se je také klasifikovat. Někdy v nich lze vysledovat jakýsi logický algoritmus, který vede k jejich opakovanému výskytu, takže je pak možno jim s touto znalostí předejít a zabránit. Jako příklad základového prvku použijme opět vrtanou pilotu. Pro prvotní roztřídění použijeme schéma na obr. 7 a dále stejný rozbor kauzálního řetězce jako předtím. Tentokrát je však soupis vlivů mnohem závislejší na dostupných zkušenostech, a tak nemusí být zdaleka vyčerpávající.

Sekundární vlivy v oblasti návrhu

Působení lidského faktoru na technologii v oblasti návrhu je uvedeno v tabulce 2. Jde spíše o obecnější vlivy, které mohou nastat i v případě použití jiných technologií.

ÚČINKY	PŮSOBENÍ	DŮSLEDKY
R) INDIVIDUÁLNÍ:		
R.1 Mylná interpretace podmínek z. půdy a stanovení modelu jejího chování s ohledem na účinky technologie	Odlišná reakce z. půdy	Problematizace předpovědi interakce
R.2 Mylná volba návrhové metody, konstitutivních vztahů, volba technologie a jejích vlivů, stanovení modelu funkce z. prvku	Odlišné chování z. prvku	Problematizace předpovědi interakce
R.3 Chybné konstrukční řešení z. prvku (např. hustá výztuž apod.)	Nedokonalá betonáž	Nedostatečná kvalita z. prvku, špatný kontakt se z. půdou, pochybná interakce
S) PROJEKTOVÉ:		
S.1 Předčasné určení technologie	Odlišné chování z. prvku	Problematizace předpovědi interakce
S.2 Mylné určení funkce z. prvku v konstrukci stavby	Odlišné chování z. prvku	Problematizace předpovědi interakce se stavbou
S.3 Nedostatečná nezávislá kontrola návrhu a monitoring jeho konfrontace s prováděním	Odlišné chování z. prvku	Problematizace předpovědi interakce
T) SPOLEČENSKÉ:		
T.1 Byrokratizace předpisů a norem	Např. nedomyšlené zavedení EC7, zablokované řešení EN pro betonáž z. prvků, překombinovaná pravidla investorů atp.	Nejistota v odborné praxi navrhování technologií
T.2 Překotné zavádění novinek zkušebnictví a monitoringu	Pochybnosti v interpretaci např. ultrazvukových zkoušek, anebo dynamické ZZ	Nejistoty v kontrolingu technologií, zpochybnění ověřovací zpětné vazby
T.3 Politizace technického oboru	Např. směrnice EU pro odpady (proti bentonitu apod.), protlačování ideologie „uhlíkové stopy“ ap.	Problematizace dosavadních zkušeností, tlak na neověřená hypotetická řešení technologie (např. užití polymerů)

Tab. 2: Klasifikace sekundárních technologických vlivů vrtaných pilot – lidský faktor v oblasti návrhu

Sekundární vlivy v oblasti realizace

V tabulce 3 je uvedeno působení vlivů lidského faktoru na technologii v oblasti realizace. V této oblasti lze vysledovat mnohem těsnější příčinnou souvislost pro daný typ zkoumané technologie vrtaných pilot než v návrhové oblasti. Často jde o jevy nahodilé, pokud se však nejedná o špatnou firemní kulturu a z toho plynoucí chronické nedodržování technologických pravidel. (Pak může být výskyt těchto jevů systematický, což se skutečně v praxi stává [9].)

Ponechme v tomto vyhodnocení zcela stranou iracionální akce jednotlivců, záměrně opomíjejících daná pravidla a předpisy nebo dokonce

ÚČINKY	PŮSOBENÍ	DŮSLEDKY
X) INDIVIDUÁLNÍ:		
X.1 Špatná volba vrtného postupu nebo nástroje	Dezintegrace, přeskupení, přemístění částic z. půdy	Rozrušení z. půdy = snížení pevnosti, nakypření, rozdrobení, prohnětení, ztekucení
X.2 Nepřiměřená manipulace s pažnicemi	Přeskupení z. půdy za stěnou pažnice	Prohnětení, vyvlečení vrstev, uhlazení stěn = predisponovaná smyková plocha na plášti
X.3 Volba špatného nástroje pro čištění vrtu nebo absence operace čištění vrtu/pažicí suspenze	Napadávka, sediment na dně, degradované stěny vrtu	Nadměrné sedání pro mobilizaci paty, degradace plášťového tření
X.4 Špatné odpažování při betonáži	Vytvoření kleneb a potrhání betonu, intruze zeminy nebo vody do betonu	Přerušení, narušení kontinuity nebo zúžení dříku piloty = špatný přenos zatížení
X.5 Chybné zahájení betonáže pod vodou nebo suspenzí	Nedokonalé vytlačení sedimentu ze dna, znečištění betonu	Nekvalitní kontakt v patě, nehomogenity v dříku z. prvku
X.6 Nekvalitní zpracovatelnost a další vlastnosti betonové směsi	Poruchy procesu betonáže, roztřídění agregátů, odlučování vody a cementového mléka	Nehomogenity v betonu dříku = špatný přenos zatížení
X.7 Chybná manipulace se sypákovou rourou (přerušení betonáže)	Znečištění směsi z vytlačované vrstvy sedimentu	Nehomogenity v betonu dříku = špatný přenos zatížení
X.8 Nedostatečná dokumentace a monitoring výrobního procesu	Chybějící údaje dokumentace provádění	Obtíže při určení a nápravě pochybení
Y) PROJEKTOVÉ:		
Y.1 Nesprávně připravená pracovní plošina pro provádění prací	Problémy se stabilitou v horní části vrtu, ohrožení stability vrtu	Narušení přechodové vrstvy v horní části z. prvku, riziko degradace paty od napadávky
Y.2 Časové prodlevy výrobního procesu (např. kolize s jinou výstavbou, supervizí apod.)	Progresivní eskalace vlivů	Zvýšení degradací na kontaktu z. půda/z. prvek
Y.3 Nevhodné určení dodavatele/receptury betonu	Nedokonalá betonáž	Špatný kontakt se z. půdou
Y.4 Nedostatečná kontrola provádění a monitoring odezvy	Chybějící údaje dokumentace provádění	Obtíže při určení a nápravě pochybení
Z) SPOLEČENSKÉ:		
Z.1 Kultura nejnižší ceny	Popření individuální závislosti na podmínkách z. půdy a na znalosti technologických vlivů, dominance hlediska co nejnižších nákladů	Vyloučení/omezení adekvátních technologických operací

Tab. 3: Klasifikace sekundárních technologických vlivů vrtaných pilot – lidský faktor v oblasti realizace

Betonáž velkoprůměrové vrtané piloty

zaměřené na způsobení škody. A také organizovanou korupci, která nevyhnutelně vede k potlačení konkurence, poklesu odbornosti a úpadku zodpovědnosti.

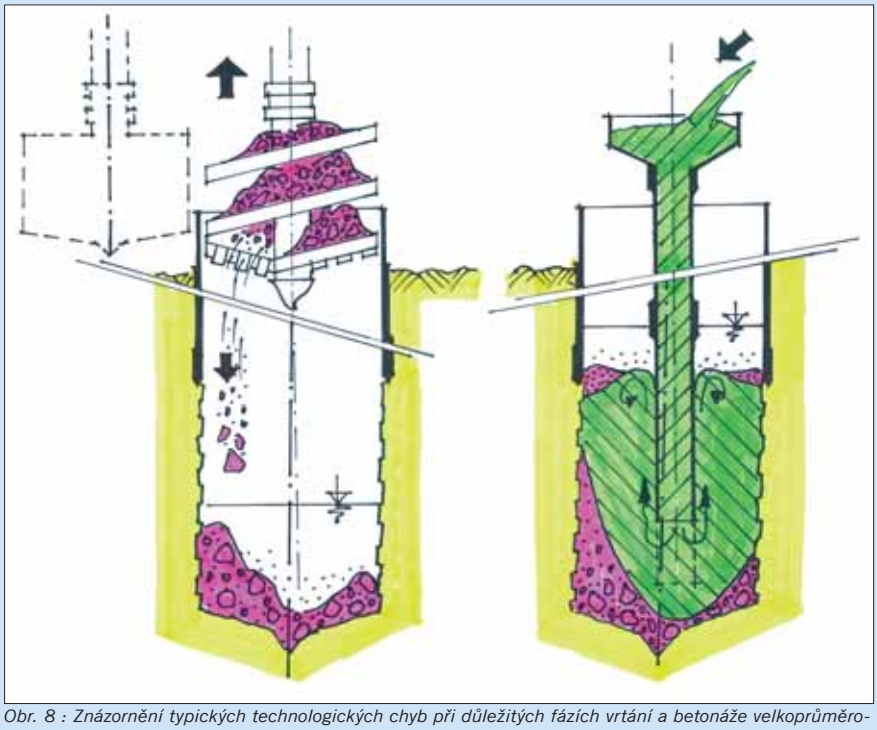
Z rozboru je patrný význam individuálního pochybení obsluhy nebo technického dohledu při důležitých fázích technologického procesu instalace základového prvku. Na obr. 8 jsou například znázorněny kritické fáze u provádění konvenčních vrtaných pilot. Je zde vidět vznik napadávky při vrtání piloty spirálovým vrtákem bez dočištění dna vrtu hrncem a naznačen pravděpodobný tvar paty piloty po nedostatečném vyčištění dna vrtu. Je znázorněno uzavření a nedokonalé vytlačení sedimentu v patě piloty při chybném zahájení betonáže. Dále je zde ukázáno vytlačování sedimentu betonovou směsí. Při nadměrném množství tohoto sedimentu nebo při chybách v postupu betonáže může dojít ke smíchání sedimentu s betonem a k uzavření hnízd sedimentu v dříku piloty.

Závěr

Pokus o systematizaci technologických vlivů – předložený na příkladu široce známé technologie vrtaných pilot – ukázal, jak složité a obtížné je jejich teoretické popsání. Dnes a denně se na stavbách odehrává mnoho drobných prohřešků, které se však někdy kumulují a skončí dramatickou poruchou. V jednoduchém případě, uvedeném na obr. 1, došlo k účinkům jen dvou hlavních faktorů – A.2 a X.1. V případě uvedeném na obr. 2 však došlo k nahromadění celkem 14 nepříznivých faktorů, což zjistila až zpětná podrobná analýza [2]. Na těchto příkladech je ukázáno, jak lze klasifikace využít pro potřebné rozbory. Nelze předpokládat, že všichni geotechnici budou plně vybaveni všemi podrobnými znalostmi a zkušenostmi, neboť objem těchto znalostí je značný a navíc stále narůstá. Proto je potřeba vytvořit pro jejich práci na analýze a řízení rizik technologií vhodné nástroje, poskytující jim dostatečnou oporu pro rozhodování. Počítačové expertní systémy, na jejichž sestavení se již ve světě pracuje, mohou nabídnout mnoho variant jevů a následných scénářů technologických vlivů pro konkrétní okolnosti horninového prostředí do rizikové analýzy. Mohou nakonec posloužit i k potřebné kvantifikaci těchto vlivů do výpočtu. Je však nutno připomenout, že nejlepším „softwarem“ pro korekci takových výstupů zůstane ještě dlouho zdravý inženýrský úsudek. Na začátku cesty k uživatelským expertním systémům je podrobná klasifikace a katalogizace všech faktorů a aspektů u jednotlivých technologií metod speciálního zakládání. Pro vstup do počítačových programů je to nevyhnutelné. Předložený příspěvek by chtěl podnítit takovéto uspořádání našich vědomostí. Byly by prakticky využitelné, i pokud nebudou počítačové expertní systémy řešení rizik všeobecně dostupné.

***Ing. Jindřich Řičica**, ADSZS*

Literatura:
[1] van Weelle, A.: Prediction and Actual Behaviour in Geotechnics, Ground Engineering, September 1989.
[2] Řičica, J.: Příklady technologických vlivů a chyb na pilotách, Pražské geotechnické dny, 2010 (prezentace).
[3] Řičica, J.: Příklady pozitivního přístupu k rizikům v geotechnice, konference Zakládání staveb, Brno, 2011, (prezentace).
[4] Feda, J.: Interakce piloty a základové půdy, Academia, 1986.
[5] Masopust, J. a kol.: Rizika prací speciálního zakládání staveb, ČKAIT, 2011.
[6] Masopust, J.: Vrtané piloty, Čeněk a Ježek, 1994.
[7] Lam, C. – Troughton, V. – Jefferis – S., Suckling, T.: Vliv pažicích suspenzí na chování piloty – polní zkouška ve východním Londýně, Zakládání 3/2011.
[8] Řičica, J.: Hlavní příčiny geotechnických poruch a havárií staveb, I–III, Stavebnictví 2, 3, 4, 2011.
[9] Řičica, J.: Technologické poruchy podzemních stěn, Zakládání 4/2010.



Obr. 8 : Znázornění typických technologických chyb při důležitých fázích vrtání a betonáže velkoprůměrových pilot [2]. Při vrtání je to vznik napadávky a nepřítomnost čisticího nástroje. Při betonáži je to uzavření sedimentu pod patou piloty a nebezpečí při jeho vytlačování.

Technological effects in special foundation engineering – contributions to their classification

Different technological effects appear in course of designing and carrying out the methods of special foundation engineering. These effects are necessary to be well known to ensure sound analysis and risk control. So far made efforts to set a systematic classification of these technological effects have encountered both factual and formal problems as they are highly complicated to identify. In the long term perspective, however, such efforts are truly necessary as we need these defined and described effects as inputs into foundations behaviour modelling. Computer technologies can provide important assistance in the sorting process and allow better orientation in the given processes, even though they cannot solve the essential problem with identifying all relevant effects.

Zakládání staveb, a. s., účastníkem výstavby dálnice A4 mezi městy Rzeszów a Jaroslaw v Polsku

Společnost Zakládání staveb, a. s., se v roce 2011 podílela na výstavbě dálnice A4 v Polské republice založením 15 mostních objektů. U většiny z nich byla použita metoda DSM (Deep Soil Mixing – hloubkové zlepšování zemin). V tomto článku jsou popsány postupy a zkušenosti získané při aplikaci této progresivní technologie.

Dálniční a silniční síť v sousedním Polsku by jistě byla vděčným námětem článku i pro jiný časopis. Každý, kdo v poslední době jel v Polsku autem, jistě pochopí, jaký kolaps dopravy pravděpodobně nastane v době konání Mistrovství Evropy ve fotbale 2012. Toto nebezpečí si jistě uvědomují i obě pořadatelské země – Polsko a Ukrajina –, které v dubnu 2007 porazily další kandidáty ucházející se o organizování ME 2012. Mistrovství se má konat na polském území na stadionech ve Varšavě, Poznani, Wrocławi a Gdaňsku. Dálniční síť v době získání pořadatelství prakticky neexistovala a silnice nižších tříd jsou pro přesuny ohromného množství diváků mezi stadiony prakticky nepoužitelné.

Polská vláda proto prohlásila, že za pomoci financování z Evropské unie vybuduje do zahájení mistrovství propojení mezi všemi „fotbalovými" městy a Ukrajinou. Tento plán, vzhledem ke krátké době výstavby (pouhých 5–6 let!), představuje mimořádný úkol, který lze splnit jen při účasti a intenzivní práci mnoha stavebních firem.

Celková délka nově postavených dálnic je 2300 km, což při době výstavby 6 let znamená postavit 383 km dálnic za rok. (Pro porovnání – v České republice je dálniční síť ve výstavbě od roku 1971 a do roku 2012 bylo postaveno celkem 741 km dálnic a 427 km rychlostních komunikací, to znamená, že u nás stavíme průměrně 29 km dálnic a rychlostních komunikací za rok.)

Budoucí síť dálnic byla rozdělena na 78 úseků, o které soutěžilo mnoho různých dodavatelů. Jedním z dodavatelů stavebních prací se stal i náš objednavatel – konsorcium firem Polimex – Mostostal S.A Waršava a Doprastav, a. s., Bratislava. Konsorcium zvítězilo v soutěži na stavbu úseku dálnice A4 mezi městy Rzeszów a Jaroslaw o délce 41,2 km. Společnost Zakládání staveb, a. s., se podílela na založení mostů zhruba v úseku 20 kilometrů ve spolupráci s polskou firmou Pobud-Pomorze Sp. Zo. o.

Celkové výměry provedených prací

Založení 15 objektů (mostů a přechodů zvěře) na sloupech DSM o průměru 800 mm, celkem 29 904 m.

Založení dvou mostů na velkoprůměrových pilotách o průměru 1200 mm, celkem 3205 m.

Založení dvou mostů na sloupech tryskové injektáže o průměru 800 mm, celkem 24 323 m.

Technologie DSM

Princip zhotovení základového pilíře u této metody spočívá v promísení zeminy s cementovou směsí mechanickým účinkem míchacího zařízení. Toto zařízení je většinou zavěšeno na vrtné soupravě pro velkoprofilové piloty a cementová směs je na trysky míchacího zařízení dopravena klasickým injekčním čerpadlem s provozním tlakem do 2,0 MPa. Rotací tohoto míchacího zařízení je zemina o daném průměru (cca 0,6–1,4 m) rozpojena a současně je promíchávána s cementovou směsí. Tento proces se opakuje při několika cyklických pohybech od hlavy pilíře k jeho patě.

Technologie DSM může rychlostí provádění a také ekonomickou výhodností vhodně doplnit ostatní metody zlepšování zemin, např. tryskovou injektáž.

Pro provádění sloupů DSM byly nasazeny vrtné soupravy Bauer BG 18 a Soilmec R 312. Obě používaly míchací nástroje od firmy Delmag.

Na jednotlivých objektech (případně skupině objektů) bylo zbudováno zařízení staveniště, které umožňovalo jak uložení dostatečného množství cementu, tak míchání injekční směsi a následně její dopravu do vrtu. K míchání bylo použito automatické míchací centrum Techniwel TWM 30 a k dopravě cementové směsi čerpadlo Haponic VP 125/400. Toto čerpadlo bylo pro snadnější manipulaci umístěno do půlkontejneru. Cement byl skladován v silu o obsahu 30 t (v případě velkých objektů byla použita dvě sila 30 t, případně kombinace sil 30 t + 60 t).

Po namíchání a dopravení směsi do výplachové hlavy vrtné soupravy bylo předem dané množství směsi zamícháno s původní zeminou do podoby sloupu. Míchání sloupu probíhalo nepřerušovaně při pohybu směrem dolů i nahoru podle předem daných parametrů:

- Otáčky směr dolů: 40 až 45 ot/min,
- Otáčky směr nahoru: 50 až 55 ot/min,
- Rychlost postupu nářadí směr dolů: 3 m/min,
- Rychlost postupu nářadí směr nahoru: 3 m/min,
- Počet trysek pro injekční směs: 8 ks,
- Počet míchacích cyklů: 2 až 3,
- Ukazatel promíchání: 400 až 450,
- Výsledná průměrná pevnost v jednoosém tlaku po 28 dnech: 2,5 MPa.

Provádění sloupů DSM vrtnou soupravou BG 18 pomocí prodlužovacího nástavce

Míchací nástroj Delmag používaný při provádění jednoho ze sloupů DSM

Obnažená hlava nesystémového sloupu DSM na zkušebním poli v Polsku

Obnažený systémový sloup DSM po odkopání, před odbouráním na projektovanou úroveň

Investor používal tzv. ukazatel promíchání, který v závislostech na určitých parametrech ukázal předpokládanou kvalitu promíchání zeminy (otáčky, rychlost postupu dolů a nahoru, počet míchacích lopatek a počet míchacích cyklů).

Technologie DSM je určena především pro oblasti, kde je v geologickém profilu převaha písku či štěrkopísku a v těchto oblastech je také velmi úspěšná. Pokud je do těchto písčitých materiálů vmíchán cement, vznikne kvalitní geokompozit zaručených vlastností. Takto zhotovené sloupy jsou navrhovány jako nevyztužené. Bohužel v oblasti, kde Zakládání staveb, a. s., provádělo metodu DSM, převládaly v podloží jíly různé tuhosti, které se poměrně obtížně promíchávají. Proto bylo na počátku našeho působení v této lokalitě provedeno zkušební pole, na němž jsme si ověřili vlastnosti jak geologického podloží, tak i možnosti strojního vybavení a pro otestování celého postupu jsme tu provedli několik sloupů DSM i tryskové injektáže (viz další texty). Ukázalo se, že v tomto typu geologie je použití obou těchto technologií podmínečné. Druhé zkušební pole jsme pak provedli rovněž v Čechách v podobných geologických podmínkách, kde bylo navrženo i několik úprav na vrtných soupravách a míchacím nářadí.

Zkušenosti z provádění DSM

Zakládání různých konstrukcí na sloupech DSM se vyznačuje velkým množstvím sloupů, protože nosnost jednotlivého sloupu lze stanovit jen poměrně obtížně. Rovněž homogenita sloupů se poměrně obtížně prokazuje, protože sloupy jsou vytvořeny v konkrétním místě stavby, kde parametry zeminy (chemické i fyzikální) mohou být po výšce zpracovávaného profilu i velmi rozdílné. Podle hodnot zatížení projektant určí půdorysné vzdálenosti jednotlivých sloupů a jejich délku. Hloubka míchání sloupů byla u jednotlivých objektů značně rozdílná. Včetně hluchého vrtání se délka vrtu pohybovala od 3,5 m až po 15,5 m. K dosažení těchto hloubek bylo nutno na dvou objektech nastavit vrtné tyče pomocí teleskopu, což se ukázalo jako velmi obtížné. Především manipulace při vysouvání a zkracování byla velmi komplikovaná a bylo nutno vyrobit a nainstalovat na lafetu vrtné soupravy hydraulické svěry, které manipulaci umožnily.

Ukázka dokončeného dálničního objektu ze sloupů DSM

Počty sloupů byly na jednotlivých objektech také velmi rozdílné, přestože se nejednalo o založení zásadně rozdílných konstrukcí. Pohybovaly se v rozmezí od 50 sloupů délky 3,5 metru (SO PZ-26) přes 470 sloupů délky 15,5 metru (SO WA-5) až po 750 sloupů délky 6,6 metru (SO WA-64).

Pro kontrolu kvality provedených sloupů DSM byly při provádění prací odebírány vzorky namíchané směsi. Určitým problémem se ukázal být odběr vzorků realizovaných sloupů, které by nebyly znehodnoceny zeminou z části hluchého vrtu nad korunou sloupu DSM, či naopak čistou injekční směsí, která mohla vyplnit středový profil po vytažení vrtného soutyčí. Nejlepší metodou se po několika různých pokusech ukázalo provedení odkopu již zatvrdlého sloupu a odběr vzorku z prostoru cca 0,3 m nad definitivní hlavou sloupu. Získané pevnosti byly poměrně rozdílné, projevovalo se mnoho různých vedlejších vlivů, přesto bylo dosahováno předepsaných hodnot 2,5 MPa. Nosnost sloupů DSM byla také kontrolována statickou zatěžovací zkouškou, při které byly betonovými panely zatíženy 3 sloupy DSM. Protože určitou únosnost má i základová spára v prostoru mezi sloupy DSM, byla na základové spáře zabetonována trojúhelníková roznášecí deska, přes kterou byly sloupy i původní zemina zatíženy. Všechny zkoušky, které byly provedeny, prokázaly dostatečnou nosnost sloupů dle požadavků projektantů.

Metoda DSM se ukázala v konkrétních geologických podmínkách v Polsku jako metoda limitní, ale při představeném přístupu přínosná a použitelná pro požadované účely.

***Jan Králík**, Zakládání staveb, a. s.*

Zkušební pole technologie DSM realizované v rámci přípravy účasti společnosti Zakládání staveb, a. s., na výstavbě dálnice A4 v Polsku na úseku Rzeszów–Jaroslaw

Po získání kontraktu na výstavbě polské dálnice, jehož značnou část tvořily právě prvky realizované technologií DSM, bylo rozhodnuto provést zkušební pole na vybrané lokalitě v Čechách. Toto zkušební pole mělo posloužit k ověření nově zakoupeného míchacího zařízení profilu 800 mm, provozních parametrů technologie DSM a k získání potřebných provozních zkušeností a návyků pro následné ostré nasazení na polské stavbě.

Nejprve bylo třeba v našich podmínkách nalézt lokalitu s podobnou geologií, jaká se vyskytuje v místě staveb v Polsku, a to jsou ledovcové spraše s příměsí písků až zahlíněné písky. Podobná geologie se objevila v rámci výstavby pražského městského okruhu v lokalitě stavební jámy na Prašném mostě. Po dohodě s dodavatelem stavebních prací na tomto objektu zde bylo ve dnech 6. 4. a 7. 4. 2011 během těžby stavební jámy provedeno zkušební pole technologie DSM. To tvořilo 6 ks zkušebních pilířů, zhotovených s modifikovanými provozními parametry technologie. Následně byly v průběhu zemních prací na tomto stavebním objektu zkušební pilíře odkopány a vyhodnocen jejich průměr, homogenita a na odebraných vzorcích jejich pevnost v prostém tlaku po 28 dnech. Získané provozní parametry a především zkušenosti z realizace tohoto zkušebního pole pak byly s úspěchem využity při výstavbě polské dálnice A4 na úseku Rzeszów–Jaroslaw.

Zkušební pole tryskové injektáže realizované při výstavbě dálnice A4 v Polsku na úseku Rzeszów–Jaroslaw, dálniční most WA-3

Součástí výstavby polské dálnice A4 v úseku Rzeszów–Jaroslaw je dálniční most WA-3 v km 613+703,14, jehož pilíře a opěry měly být založeny pomocí sloupů tryskové injektáže (TI). Společnost Zakládání staveb, a. s., se stala jedním z dodavatelů těchto geotechnických prací, realizovaných stejně jako technologie DSM v průběhu roku 2011.
V místní geologii, pro pracovníky ZS zatím neznámých sprašových hlínách a ledovcových jílech, bylo v blízkosti jednoho z pilířů budoucího mostu před zahájením prací navrženo a následně i zhotoveno zkušební pole tryskové injektáže pro ověření jejích provozních parametrů. Projekt mostu vyžadoval zpevnění podloží pilířů a opěr pomocí jednotlivých sloupů tryskové injektáže o minimálním průměru 800 mm a zaručené průměrné pevnosti v prostém tlaku proinjektované zeminy po 28 dnech 2,5 MPa, přičemž dosažená pevnost nesměla být nižší než 1,5 MPa. Pro takto zadané hodnoty tryskové injektáže byla v dané geologii zvolena metoda jednofázová (M1) a zkušební pole bylo navrženo o počtu 7 ks sloupů o délce každého sloupu 2,0 m. Na těchto sloupech byly alternativně ověřeny především počet a průměr injekčních trysek, množství čerpané injekční směsi do 1 bm sloupu TI, injekční tlaky, způsob injektáže (vzestupný v. sestupný) a typ injekční směsi. Zkušební pole bylo vytryskáno 3. 2. 2011 během jednoho pracovního dne a následně po 28 dnech, tedy 24. 2. 2011 byly jednotlivé zkušební sloupy za přítomnosti zástupců investora odkopány na hloubku cca 0,5 m pod jejich korunu. Až na jeden zkušební sloup byl vždy dosažen požadovaný průměr sloupu 0,8 m i vyšší. Po ověření průměru sloupů byly ze sloupů odebrány vzorky pro následnou zkoušku pevnosti v prostém tlaku. Pevnosti těchto vzorků se pohybovaly v průměru od 0,97 MPa do 2,05 MPa. To znamenalo, že požadovaná pevnost nebyla dosažena ani u jednoho ze zkušebních sloupů.
Po celkovém vyhodnocení tohoto zkušebního pole byly pro realizaci vlastního objektu zvoleny provozní parametry TI. Vzhledem k potřebě zajistit vyšší pevnost sloupů TI byla také upravena receptura injekční směsi.
S takto modifikovanými vstupy pak byly provedeny všechny systémové sloupy založení dálničního mostu WA-3.

***Ing. Martin Čejka**, Zakládání staveb, a. s.*
Foto: Jan Králík, Martin Čejka, Jiří Mühl

The Zakládání staveb Co. takes part in the A4 highway construction between the towns of Rzeszów and Jaroslaw in Poland

In 2011 the Zakládání staveb Co. company contributed to construction works on the A4 highway in the Republic of Poland by carrying out foundations for 15 bridge structures. Most of these structures used the method of Deep Soil Mixing that provides in-depth improvement of soils. The following article describes procedures and experiences gained during the process of applying the above mentioned progressive technology.

Provádění sloupů tryskové injektáže na zkušebním poli v blízkosti budoucího pilíře dálničního mostu

Provádění systémových sloupů tryskové injektáže při založení dálničního mostu WA-3

Tunelový komplex Blanka dva roky před dokončením

Soubor staveb pražského Městského okruhu v úseku Myslbekova–Pelc-Tyrolka (tunelový komplex Blanka) je v současné době největší budovanou dopravní stavbou v České republice. Od jejího zahájení (hloubení stavební jámy v Troji) uběhlo více než 5 let a stěžejní stavební práce se pomalu chýlí ke svému konci.
Společnost Zakládání staveb, a. s., je jedním z významných dodavatelů této liniové stavby, o níž jsme v ZAKLÁDÁNÍ již mnohokrát psali. A právě v souvislosti s ukončováním hlavních stavebních prací jsme se rozhodli obrazově připomenout všechny významné objekty a úseky stavby tak, jak byly postupně od roku 2006 budovány.

V lednu 2010 byly dokončeny ražby tunelu Královská obora (mezi Letnou a Trojou) a o 19 měsíců později, v srpnu 2011, i u tunelu Brusnice (mezi ulicí Myslbekova a Prašným mostem). Uložení posledního kubíku definitivního ostění na ražených tunelech proběhlo na konci dubna tohoto roku. V současné době jsou dokončovány vnitřní konstrukce a začíná montáž technologie.
V části Troja jsou již téměř dokončeny práce na hloubených tunelech a v letošním a příštím roce budou provedeny nové povrchové komunikace a terénní úpravy. Zprovoznění Nového trojského mostu, který propojí Holešovice s Trojou v místě stávajícího podjezdu pod tratí ČD se předpokládá na konci listopadu 2013.

Na Letné probíhají intenzivně práce na podzemních garážích a výdechových objektech na Špejchaře a v ulici Nad Královskou oborou. Ve druhé polovině tohoto roku bude zrekonstruována zbývající část ulice Milady Horákové (včetně Letenského náměstí) a zmizí tak poslední zbytky nepříjemné žulové dlažby.
Na Hradčanské jsou práce již téměř dokončeny. Od loňského léta zde slouží obyvatelům a návštěvníkům Prahy nově zrekonstruovaná část ulice Milady Horákové.
Na Prašném mostě probíhají práce na podzemních garážích a technologickém centru č. 2.

Mimoúrovňové křížení (MÚK) Malovanka (SAT 2.A), napojení Strahovského tunelu na „tunelový komplex Blanka“

Patočkova ulice, hloubený tunel metodou MMM (modifikované milánské stěny), (SAT 2.B)

Na začátku stavby u ulice Myslbekova byly již dokončeny hloubené tunely a do září tohoto roku zde bude dokončen i složitý objekt technologického centra č. 1.
V prosinci 2011 byla zrušena objízdná trasa přes ulici Bělohorskou a od prosince tohoto roku bude pro dopravu z centra zrušena i objížďka staveniště. Navrácení provozu do ulice Patočkovy i pro směr do centra se předpokládá na jaře 2013.

V březnu roku 2010 byla zahájena také 2. stavba Strahovského automobilového tunelu, část 2.B – Hloubený tunel MO (SAT 2.B), která navazuje na již dokončenou část SAT 2.A – MÚK Malovanka a tunelový komplex Myslbekova–Pelc-Tyrolka (tunel Blanka), stavba č. 9515. Stavba SAT 2.B je sice vedena jako samostatný stavební celek, ale po provozní stránce je prakticky součástí tunelového komplexu Blanka.
V současnosti se na této stavbě SAT 2.B provádí armování a betonáž kleneb severní a jižní tunelové trouby posledních dilatačních úseků (D15 a D16); současně s tím probíhá zásyp stavební jámy Patočkova (3. fáze) na styku se stavbou č. 9515. Po dokončení kleneb obou tubusů a stropu tunelové propojky bude pokračovat zásyp stavební jámy Patočkova.

Závěrem je třeba konstatovat, že oproti původním předpokladům došlo k prodloužení celkové doby výstavby tunelového komplexu Blanka. Mezi hlavní příčiny patří nedostatek financí v posledních 2 letech (celá stavba je financována výhradně z městského rozpočtu), čemuž byl přizpůsoben rozsah navržených a realizovaných prací. Dle aktualizovaného harmonogramu bude celý tunelový komplex Blanka uveden do zkušebního provozu ve druhé polovině dubna 2014.

Ing. Alexander Butovič, *Satra, spol. s r. o.*
Foto: Libor Štěrba

Portálová stavební jáma Myslbekova (ražený tunel Myslbekova–Prašný most, stavba č. 9515), betonáž kleneb severní a jižní tunelové trouby (SAT 2.B)

Portálová stavební jáma Prašný most (ražený tunel Prašný most–Myslbekova, stavba č. 9515), přechod z ražené části do otevřené stavební jámy pro technologické centrum a podzemní garáže. Dále navazuje již úsek tunelu hloubený metodou MMM, (Prašný most–Špejchar, stavba č. 0080)

Ulice Milady Horákové (Prašný most–Špejchar, stavba č. 0080), pokračování hloubeného tunelu metodou MMM

4/2012

4/2012

6/2011

10/2011

Portálová stavební jáma Letná (ražený tunel Letná–Troja, stavba č. 0079 Špejchar–Pelc-Tyrolka), stavební jáma slouží zároveň pro výstavbu podzemních garáží.

Královská obora (stavba č. 0079 Špejchar–Pelc-Tyrolka), realizace ochranné horninové desky v nadloží ražených tunelů pomocí klasické a tryskové injektáže

Nový Trojský most (stavba č. 0079 Špejchar–Pelc-Tyrolka), budování dočasných montážních podpor v řečišti

Portálová stavební jáma a navazující úsek hloubených tunelů Troja (ražený tunel Troja–Letná, stavba č. 0079 Špejchar–Pelc-Tyrolka)

9/2011

2/2008

5/2008

4/2012

10/2011

10/2011

Zajištění stavební jámy hloubené části obratových kolejí (SO 09-18/50), pohled na severní kotvenou pažicí pilotovou a mikropilotovou stěnu

Metro V.A, staveniště Motol (SOD 09) – stavební jámy pro hloubené konstrukce

V časopise ZAKLÁDÁNÍ jsme v souvislosti s realizací této trasy V.A metra psali o některých stavebních objektech, na nichž se společnost Zakládání staveb, a. s., podílela: montážní šachta pro TBM-EPB na Vypichu z převrtávaných pilot (ZAKLÁDÁNÍ 4/2010), stavební jáma KU1 a opěrná zeď podél ulice Kukulovy v Motole (ZAKLÁDÁNÍ 2/2011). V tomto vydání přinášíme ucelený přehled o stavebních konstrukcích realizovaných na staveništi Motol (SOD 09). Jednalo se především o zajištění stavební jámy pro vlastní stanici Motol, kde hlavní pažicí konstrukci představuje trvale kotvená podzemní stěna a dále o zajištění stavební jámy hloubené části tunelů obratových kolejí, které pokračují dále za stanici. Geologické a hydrogeologické podmínky na staveništi jsou značně složité, což se odrazilo v návrhu a provedení realizovaných stavebních konstrukcí.

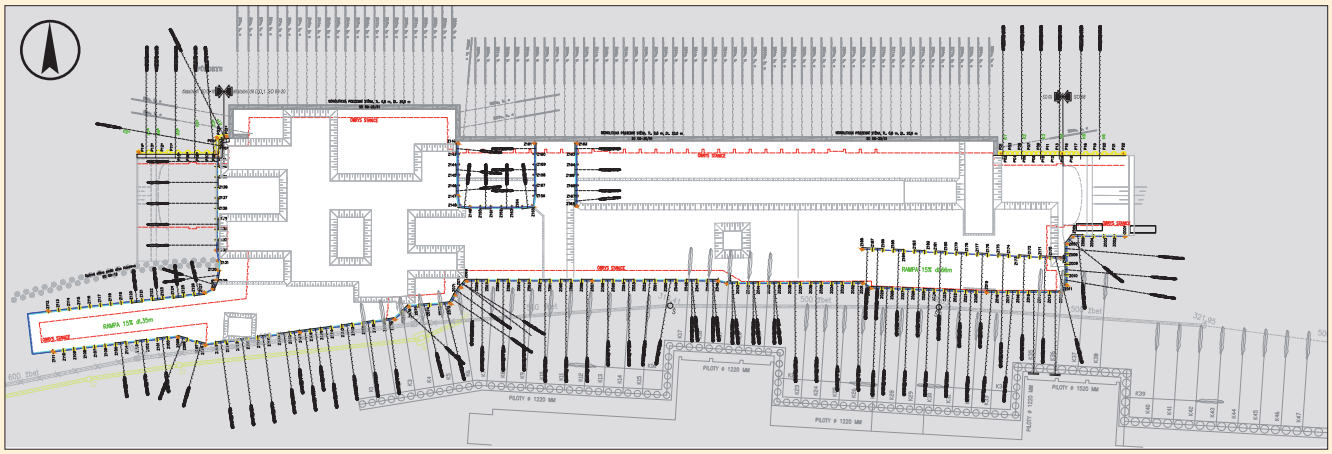
Prodloužení trasy A metra představuje rozsáhlou komplexní liniovou stavbu, situovanou do hustě obydlené části hlavního města Prahy. Společnost Zakládání staveb, a. s., se aktivně podílí na její výstavbě s využitím komplexní škály technologií speciálního zakládání. Trasa metra V.A navazuje na stávající stanici Dejvická a končí tunelem pro obratové koleje za konečnou stanicí Motol. Tento úsek je dlouhý 6,12 km a jsou na něm navrženy celkem čtyři stanice – Motol, Petřiny, Červený vrch a Veleslavín. Poprvé v ČR je převážná část traťových tunelů ražena tunelovacími stroji TBM-EPB; pouze tři stanice a dvoukolejné traťové tunely v okolí hloubené stanice Motol jsou ražené klasickou technologií NRTM. Vedle ražeb je ale samozřejmě nutné zajistit i výstavbu souvisejících podzemních objektů budovaných v otevřených stavebních jamách a jejich vyústění na povrch.

Stavební objekty prováděné na staveništi Motol

Budoucí stanice metra Motol trasy V.A, stavební oddíl SOD 09, je umístěna ve svahu přimknutém k ulici Kukulově, severně od Fakultní nemocnice Motol. Při návrhu polohy stanice se vycházelo z požadavku co nejlepšího využití svažitého terénu a zároveň co nejlepší pěší dostupnosti motolské nemocnice. Výškové poměry svahu a trasy umožnily koncipovat stanici jako hloubenou, což přináší nesporné výhody pro cestující, neboť stanice je přirozeně osvětlena a větrána. Díky průběhu terénu je na nástupiště směrem do centra umožněn přímý vstup z terénu. Pro výstup ze stanice je nutné použít eskalátory a pevné schodiště. Projektant také respektoval požadavek na co nejmenší trvalý zábor lesní půdy.

Pro vyloučení zemních tlaků na konstrukci vlastní monolitické železobetonové stanice od přilehlého svahu musel být tento svah **zajištěn opěrnou stěnou s trvalými kotvami** (SO 09-20/01) a se zařízením umožňujícím sledovat případné změny napjatosti v kotevním systému; pro tuto činnost je navržen obslužný prostor mezi touto stěnou a stanicí. Zajištění vlastní stavební jámy pro **objekt hloubené stanice Motol** je řešeno ve stavebním objektu SO 09-20/02.

Součástí stavebního oddílu SOD 09 je vedle objektu stanice dále **objekt obratových kolejí** – hloubená část dvoukolejného tunelu (SO 09-18/50) s přechodovým dílem v celkové délce 189,3 m a dvoukolejný ražený tunel v délce 216,7 m. Tento tunel byl ražen metodou NRTM ze stavební jámy SO 09-16 , v níž bude následně vybudován železobetonový **objekt strojovny VZT** s větracím objektem na povrchu. Tímto objektem bude provozní úsek trasy metra V.A ukončen.



Půdorys zajištění stavební jámy stanice Motol trvale kotvenou podzemní stěnou, kotvenou pilotovou stěnou (severní strana) a záporovým pažením (jižní strana)

Dalším důležitým objektem stavebního oddílu SOD 09 jsou **odvodňovací šachta a štola** (SO 09-19), které jsou umístěny v nejnižším místě obratových kolejí. Budou sloužit pro odvádění průsakových vod, vod z omývání tunelu i vod vzniklých při možné havárii tunelového vodovodu gravitačním způsobem do dešťové kanalizace v ulici Kukulově. Podél ulice Kukulovy bylo nutno také navrhnout autobusovou zastávku s odpovídající šíří chodníku. To vyžadovalo odebrání paty části přilehlého prudkého svahu. Tento odřez je zajištěn **trvalou pilotovou stěnou s pohledovou železobetonovou konstrukcí** (SO 09-12) v její horní části. Kde nebylo možno stěnu kotvit kvůli existenci konstrukce obratových kolejí v místě požadovaných kořenů kotev, byla pilotová stěna provedena jako dvouřadá. Ve zbylé části jsou piloty kotveny trvalými pramencovými kotvami.

Trvale kotvená podzemní stěna ve stanici Motol, SO 09-20/01

Složitost návrhu této stěny spočívala především ve skutečnosti, že zasahovala do svahu s kernými sesuvy a potřebné průzkumné hydrogeologické sondy mohly být provedeny teprve až po získání stavebního povolení, tj. v době, kdy už základní parametry stěny byly navrženy na podkladě vzdálených sond, které byly provedeny v příkopu ulice Kukulovy. Další komplikací se ukázala být i vysoká agresivita podzemní vody. V neposlední řadě musel být zohledněn i možný vliv vybudované překážky v podobě trvalé betonové stěny na úroveň hladiny podzemní vody za touto konstrukcí. Pro možnost průběžného sledování paženého území byly ve svahu nad opěrnou stěnou osazeny inklinometry a stěna je rovněž sledována geodeticky.

Prováděcí projekt této stěny – stavebního objektu SO 09-20/01stanice Motol – vypracoval v subdodávce pro Metroprojekt, a. s., ing. Petr Hurych z firmy FG Consult, s. r. o.

Dále byly zjištěny při vizuální prohlídce vývrtů z inklinometrických vrtů provedených po získání stavebního povolení výrazně odlišné geologické poměry oproti předpokladům (sondy provedené pro DVZ ve vzdáleném místě). Tato skutečnost vedla ke změně technologie hloubení lamel podzemní stěny – nebylo možno hloubit pomocí drapáku, bylo nutno použít hydrofrézu. Při provádění stěny došlo u lamely L24 k překročení varovného stavu, příčné deformace koruny se ale nakonec ukázaly jako stabilizované.

Zajištění stavební jámy stanice Motol a zemní práce – 1. etapa, SO 09-20/02

Na jižní straně je pažení stavební jámy pro stanici navrženo z kotveného záporového pažení; na severní straně je pak stavební jáma v pokračování trvale kotvené podzemní stěny zajištěna pomocí kotvené pilotové stěny. Východní strana stavební jámy s portálem ražených tunelů je řešena jako kotvený svah zajištěný stříkaným betonem s výztužnou sítí, západní strana jámy je svahovaná do sousední stavební jámy pro hloubenou konstrukci obratových kolejí.

Součástí stavební činnosti na zajištění stavební jámy stanice Motol bylo i dodatečné přikotvení stávající trvalé pažicí konstrukce – pilotové stěny – v areálu motolské nemocnice nad hromadnými garážemi. Pro přeložku dešťové kanalizace pod Kukulovou ulicí bylo totiž nutné deaktivovat čtyři původní kotvy a nahradit jejich účinek novými trvalými kotvami.

Zajištění stavební jámy hloubené části (obratových kolejí), SO 09-18/50

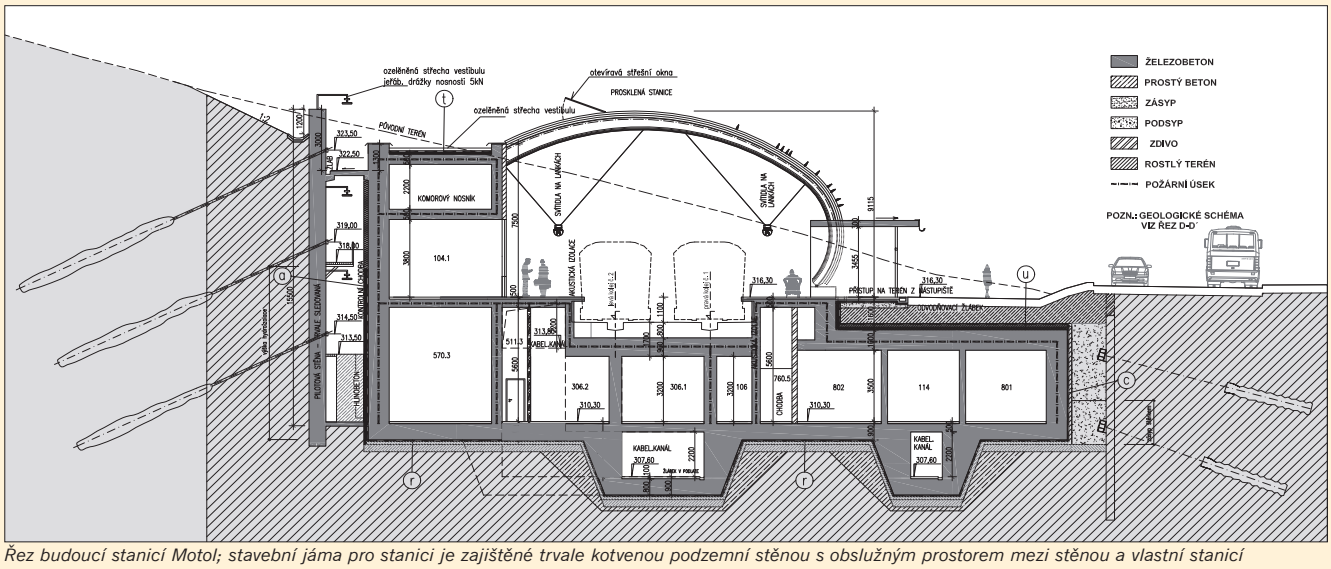
Na západním konci pokračuje stavební jáma pro hloubenou stanici Motol stavební jámou hloubeného objektu obratových kolejí. Realizační dokumentaci této jámy v subdodávce pro Metroprojekt, a. s., zpracovala firma Mott MacDonald CZ, s. r. o. (ing. Petr Svoboda).

Dodatečný geologický průzkum, který mohl být proveden až po získání stavebního povolení a následného povolení kácení na přilehlých staveništích KU1 a MO1, prokázal velmi nepříznivé podmínky pro provádění stavby. Na základě těchto nových poznatků bylo nutné v dané lokalitě s velmi nízkým nadložím nad raženými tunely a ve značně zvodnělém prostředí zvolit odlišné projekční a stavební postupy oproti původně zamýšleným.

V úseku s extrémně nízkým nadložím byly zvažovány jednak stavební technologie bezpečné ražby, jednak technologie, které vyžadovaly částečně přístup z povrchu terénu. Přístup z povrchu a odstranění dřevin v nejnutnějším rozsahu bylo z hlediska nasazení bezpečných stavebních

Celkový pohled na trvale kotvenou podzemní stěnu za budoucí stanicí Motol z prostoru navazujícího úseku hloubené části obratových kolejí

Detailní pohled na podzemní stěnu s portálem tunelu raženého metodou TBM-EPB směrem ke stanici Petřiny



Řez budoucí stanicí Motol; stavební jáma pro stanici je zajištěné trvale kotvenou podzemní stěnou s obslužným prostorem mezi stěnou a vlastní stanicí

technologických postupů nakonec vyhodnoceno jako nevyhnutelné řešení. V konečném důsledku vše vyústilo ve zcela zásadní změnu koncepce výstavby a v nutnost realizace podstatné části objektu obratových tunelů v hloubené stavební jámě místo ražby. Délka hloubeného úseku je 189,3 m.

Vedle zásahu do vzrostlé zeleně narazila nová koncepce zajištění stavební jámy z povrchu na další vážnou překážku – nadzemní vedení vysokého napětí 110 kV. Toto vedení, které nebylo možné vypnout, kříží pod malým úhlem stavební jámu a značná část pažicí konstrukce stavební jámy realizovaná z povrchu je v jeho ochranném pásmu. Stavební práce proto musely probíhat ve zvláštním přísném režimu, schváleném správcem sítě. Nejdříve proběhla konzultace se zástupcem provozovatele tohoto vedení (PRE) a na základě předběžného souhlasu zhotovitel stavby Hochtief CZ, a. s., následně předložil seznam stavebních mechanismů použitelných pro práci v ochranném pásmu a technologický postup prací. Na základě výše uvedeného seznamu pak PRE vydalo závazné podrobné stanovisko k veškerým činnostem v ochranném pásmu vedení 110 kV. Zásadně bylo možné použít pouze mechanismy s určitým výškovým omezením a konstrukčním uspořádáním bez lan a bez zvedacích ramen (autojeřáby apod.). To vedlo v konečném důsledku k návrhu mikrozáporového kotveného pažení se svislými prvky, které se nastavovaly přímo nad vrtem z krátkých montážních dílů. Podrobněji o této části stavby SO 09-18/50 viz článek ing. Petra Svobody (Mott MacDonald CZ, s. r. o.).

***Ing. Petr Chaura**, odpovědný projektant stanice Motol, METROPROJEKT Praha, a. s.*

Hloubení vlastní stavební jámy Motol před severním svahem zajištěným podzemní stěnou

Metro V.A, hloubená stanice Motol – vývoj projektového řešení trvale kotvené pažicí podzemní stěny (SO 09-20/01)

Pažicí podzemní stěna navržená v rámci stanice Motol na prodloužení trasy V.A pražského metra bude sloužit jako trvalé statické zajištění výškového rozdílu v nově konfigurovaném terénu v prostoru za budoucí budovou stanice. Konstrukce pažení zcela oddělí rostlý svah od konstrukce budovy stanice, která takto nebude zatížena žádnými zemními tlaky. Rostlý terén je zde svažitý se spádnicí zhruba kolmou k půdorysu projektované stěny. Největší sklon rostlého svahu činí až 14 °.

Geologické poměry

Staveniště leží přímo na významné tektonické poruše náležící k poruchovému pásmu tzv. pražského zlomu. Navíc je přilehlý svah postižen fosilními blokovými pohyby křídových hornin. Při povrchu terénu se vyskytují převážně písčité, okrajově i jílovité kvartérní svahové hlíny s hojnými úlomky opuk. Předkvartérní podloží tvoří ordovické jílovité břidlice bohdaleckého souvrství v různém stupni zvětrání a především silurské břidlice a vulkanity liteňského souvrství. Hranice ordovik – silur je zde tektonická. V nadloží prvohorních hornin byly dokumentovány křídové horniny bělohorského, korycanského i peruckého souvrství, které zde představují horninový blok zakleslý v kvartéru. Ustálená hladina podzemní vody byla zjištěna v úrovni 315,2 až 315,4 m n. m.

Parametry realizované podzemní stěny

V půdoryse pažicí podzemní stěna kopíruje vnější obrys stanice po celé její délce a je odsazena

144 cm od tohoto obrysu. Rozvinutá délka pažení činí přibližně 163 m, zajišťovaný výškový předěl má výšku až 20 m, nejmenší výška je 14 m. Podzemní stěna má tloušťku 80 cm a je členěna na 26 lamel. Jednotlivé lamely šířky 7,22 m až 7,55 jsou v hlavě propojeny věncem. Tento věnec má na převážné části stálou šířku 85 cm a výšku 100 cm. V pravé části má výšku proměnnou od 100 cm až po 50 cm. Železobetonový věnec kromě tvaru zajišťuje i určitou spojitost lamel v jejich koruně a tím i roznášení případných nepravidelných silových účinků v oblasti koruny.
Beton pro podzemní stěnu je navržen C25/30 pro stupeň prostředí XA2 se síranovzdorným cementem. Hlavní nosná výztuž je oboustranně symetrická (ocel 10505) a tvoří ji pruty prům. 25 mm v hustotě 5 až 6 ks na běžný metr. Lamely přenášejí zemní tlak do kotev, ale také kontaktem v patě lamely do podloží pod ní. Proto musí být zajištěno, aby tento kontakt opravdu fungoval, tedy aby pod patou nebyly žádné dutiny či mezery a aby pata lamely celým průřezem dosedala na podloží.
Všechny kotvy jsou trvalé 6pramencové, navržené ve třech, resp. dvou, úrovních ve sklonu od vodorovné 15 °. Délka injektovaného kořene je jednotná – 9 m, délky táhel jsou 11 m pro nejvyšší, 9 m pro střední a 7 m pro nejnižší úroveň. Průměrná rozteč kotev je 2,6 m.

Přípravné práce, návrh koncepce statického řešení s použitím trvalých kotev

Práce na projektu probíhala v několika fázích.
V přípravné fázi byly ověřovány základní prvky dispozice a rozměry jednotlivých částí konstrukce, dimenze kotev a lamel podzemní stěny. V této fázi byl také řešen způsob budoucího prověřování funkčnosti trvalých kotev. Trvale kotvenou konstrukci je totiž nutno periodicky kontrolovat, ať již geodeticky či přímo sledováním předpětí v kotvách. To se provádí na předem určeném počtu kotev vybraných projektantem. S oddělením vývoje a měření společnosti Zakládání staveb, a. s., byl dohodnut způsob kontroly, při které budou použity magnetoindukční snímače, jejichž výhodou je, že k měření není nutná žádná silová ani jiná mechanická manipulace s hlavou kotvy. Využívají změn magnetické indukce vyplývající ze změn mechanického napětí; kontrola pak znamená pouze připojení snímacího zařízení s počítačem k měřené hlavě, resp. ke kabelu, který je od hlavy kotvy vyveden. Tento způsob měření byl konzultován a následně odsouhlasen GP (Metroprojekt Praha, a. s.). V konečném prováděcím projektu bylo posléze vybráno projektantem ke sledování 21 kotev, jednalo se vždy o skupinu kotev ve svislé řadě nad sebou (trojice nebo dvojice), tj. asi 9 % z celého počtu kotev. Norma v tomto případě udává jako minimum 3 % z počtu osazených kotev. Zde byl zvolen větší počet vzhledem k extrémně složitým geologickým poměrům staveniště. Dlouhodobá měření budou probíhat po dobu 10 let, což je minimum dané normou. Za normálních okolností budou další kontroly po půl roce, po roce, po dvou letech a dále po každých dvou letech. V případě zjištění nečekaných anomálií se frekvence kontrol upraví.
Použití trvalých kotev předpokládá také zachování určitého prostoru pro trvalý přístup k hlavám kotev pro případné dopínání nebo i překotvení. V této přípravné fázi byl rovněž zvolen typ kotev. Nejsnáze použitelné se v té době jevily kotvy 7pramencové, protože k rozměrům jejich hlav byly již vyrobeny a odzkoušeny součásti pro magnetoindukční měření. Také se z předběžných výpočtů ukázalo, že bude třeba kotvit až ve třech úrovních a že 7pramencové kotvy by mohly vyhovovat i ze silového (statického) hlediska.
Již v této přípravné fázi projektant společnosti FG Consult úzce spolupracoval s GP (Metroprojekt Praha, a. s.) především formou konzultací, zpočátku zejména nad shromážděnými podklady a požadavky na funkci podzemní stěny. Současně GP zprostředkoval konzultace se zpracovatelem geologického průzkumu firmou Arcadis CZ, a. s. V závěru přípravné fáze projektu, již po předložení hotového předběžného řešení, vyjádřili pak náhle a neočekávaně (vzhledem k předchozím konzultacím) pracovníci firmy Arcadis CZ, a. s., obavy, že tento návrh je příliš odvážný. Zdůvodňovali to zejména nejistotou v souvislosti s možnými kernými sesuvy, jejichž projevy byly již v minulosti v této oblasti publikovány. Doporučili proto také upravit směrem k horšímu i některé parametry pevnosti (koheze) materiálu podloží proti těm z předběžného návrhu. Došlo proto k prohloubení paty stěny, redukci roztečí kotev apod.

Průběh prací na realizačním projektu

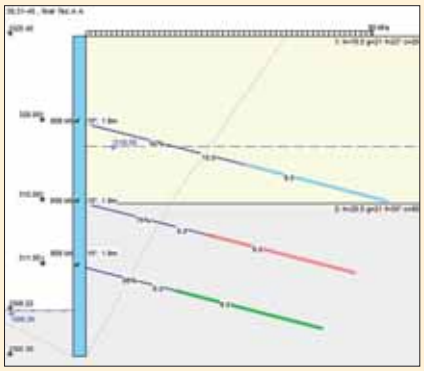
Historii práce na vlastním realizačním projektu pak můžeme rozdělit na dvě fáze. První došla až k prakticky kompletně vypracované dokumentaci, včetně technické zprávy, vše podle konzultovaných předpokladů a dohod opírajících se o zjištění geologů a statické výpočty z přípravných prací. Prakticky bezprostředně před vydáním této dokumentace však přišla od zpracovatele geologického průzkumu firmy Arcadis CZ, a. s., (po vyhodnocení provedeného dodatečného doplňkového průzkumu) další změna, která zahájila novou fázi projekčních prací. S ohledem na skutečnost, že se staveniště nacházelo na území lesa, bylo bohužel tento průzkum možné provést až po získání stavebního povolení. Oproti původním předpokladům zde byla zpřesněna geologická stavba podloží, bylo zde popsáno rychlé a rozmanité střídání zvrásněných vrstev a byly zde zastiženy velmi tvrdé polohy rohovců a navíc byla také zjištěna zvýšená hladina vysoce agresivní podzemní vody.
Jednalo se tedy o další změnu vstupních parametrů pro výpočet – opravené hodnoty parametrů popisujících pevnost podloží a vyvstal nový problém, spojený s posuzováním režimu podzemní vody. Zpracovatel geologického průzkumu upozorňoval na nebezpečí, že dlouhá podzemní stěna naruší přirozený režim podzemní vody, takže oproti hladině přirozeně se pohybující podzemní vody ve směru ze svahu a zhruba kolmo k rovině podzemní vody dojde ke zvýšení hladiny. To je samozřejmě vcelku logické – pohybová energie proudící spodní vody se postupně přemění na polohovou, dojde k vyrovnání tlaků a proudění se zastaví. Dopad na pažení však závisí na tom, k jakému zvýšení hladiny a tomu úměrnému zvýšení statického vodního tlaku dojde. Po několika i trochu vzrušených jednáních (za účasti GP a investora) bylo nakonec rozhodnuto vzít tyto konzervativní vstupy v úvahu pro konečný návrh podzemní stěny. Celý projekt bylo proto nutné po statické stránce znovu revidovat. Problém však byl v tom, že nebyl k dispozici žádný směrodatný odhad o možném zvýšení hladiny podzemní vody za hotovou stěnou. Na společném jednání za účasti zástupců GP, Arcadis CZ, a. s., a FG Consult, s. r. o., bylo posléze dohodnuto navrhnout a posoudit podzemní stěnu na zvýšení hladiny podzemní vody o 2 m.

Trvale kotvená podzemní stěna, pohled směrem k portálu raženého tunelu obratových kolejí přes jejich hloubený úsek

Aby v budoucnu nemohlo dojít za stěnou k vystoupání hladiny na vyšší úroveň, než na jakou byla dimenzována, byly ještě v dolní partii stěny navrženy odlehčovací vrty. Zde ale peripetie projektu neskončily. Vznikl totiž spor mezi geologem a projektantem o výškovém umístění těchto odlehčovacích vrtů. Projektant navrhoval odlehčovací vrty do úrovně vzduté hladiny podzemní vody (vzdutí odhadnuté), takže vrty by měly úlohu pojistky pro případ, že hladina spodní vody by ještě stoupla, například vlivem silné dotace zvýšených srážkových vod. Statickou funkci by měly odlehčovací vrty tedy jen krátkodobě. Druhý přístup hájil geolog, a sice že odlehčovací vrty by měly snižovat hladinu podzemní vody za stěnou trvale. To by ale znamenalo jejich trvalou údržbu a také i možné vyplavování jemných částí z oblasti za stěnou a zanášení vrtů. Tento přístup by znamenal také řešit trvalé odvodnění prostoru před stěnou, byť i pro relativně malé přítoky z jednotlivých vrtů.
V době vzniku tohoto textu nejsou ještě odlehčovací vrty provedeny, ale mají být provedeny podle návrhu projektanta.

Návrh varovných stavů

Jako důležitý doplněk k řešení navrženému v konečné verzi realizační dokumentace, odevzdané v říjnu 2010, byl v listopadu vypracován ještě návrh varovných hodnot jak pro deformaci pažení, tak pro silové namáhání kotev. Určení varovných hodnot má známé úskalí: budou-li příliš přísné, může vznikat planý poplach, jsou-li mírnější, mohlo by dojít k problémům bez předchozího varování. Měření deformací probíhá jednak přímo na konstrukci pažení, jednak nepřímo pomocí inklinometrů, umístěných asi 5 až 6 m za rubem pažení. Doporučené varovné hodnoty vycházejí ze statických výpočtů. Celé statické řešení bylo zpracováno s využitím programového vybavení „Metoda závislých tlaků“ (autor ing. Hurych). Metoda byla vyvinuta již v letech 1976 až 1978 a ve větším měřítku poprvé



Zjednodušené vrstvy podloží použité pro statický výpočet

využita v projektu jámy pro dostavbu Národního divadla v téže době. Její programové zpracování postupně sledovalo vývoj výpočetní techniky, poslední verze MZT2012 obsahuje v interaktivní formě i výpočet podélného průběhu namáhání kořenů kotev a též modeluje odpor na patě pažení, závislý na posunu paty.
Zatímco v úvodních výpočtech byl model podloží složen podrobně z jednotlivých vrstev a jejich parametrů pevnosti, v závěrečné fázi, ve výpočtech pro finální verzi realizačního projektu, byl model radikálně zjednodušen. Postupně získávané další podrobnější poznatky o podloží (Arcadis) ukazovaly na skladbu podloží stále složitější a složitější. Ve výpočtu bylo proto schéma podloží, vzhledem k jeho extrémní složitosti a především neurčitosti co do tvaru a mocnosti vrstev, potřeba zjednodušit a přidržet se konzervativních hodnot. Použité zjednodušené vrstvy podloží pro statický výpočet ukazuje schéma vyjmuté ze strojního výpočtu MZT.

Svrchní vrstva zobrazuje průměrnou mocnost a kvalitu kvartéru, podložní vrstva stejným „zprůměrovaným“ způsobem bohdalecké břidlice. Protože významnou složkou zatížení je vodní tlak vzedmuté hladiny podzemní vody (původní hladina ca 315,5 m n. m.), podrobnější členění na další vrstvy by bylo zbytečné. Zvolená hladina i parametry pevnosti podloží jsou na straně bezpečné.

Z hlediska projektu a statiky je však třeba zmínit ještě skutečné deformace měřené během výstavby, které místně, v okolí lamel 24 až 26, tj. poblíž půdorysného zalomení, náhle vzrostly v dubnu 2011 během jednoho týdne z 6 mm na 20 mm. Deformace pak ještě dále pomalu narostly, až se ustálily na průhybu necelých 30 mm. Namáhání kotev však při tomto pohybu nepřekročilo stanovené varovné hodnoty. Domněnek o souvislostech či příčinách místní deformace by mohlo být mnoho, včetně jejich vzájemných kombinací. Po zhodnocení všech dostupných informací a známých souvislostí se zde nejspíše jednalo o lokální porušení podloží, jehož skladba a tvar vrstev byly velmi proměnné a těžko předvídatelné. Především se ale ukázala nezastupitelná funkce průběžného měření a jeho pravidelného grafického zobrazování prostřednictvím internetu programem „Barab“. Jde o to, že i bez početního zpracování umí lidské oko v jednodušších případech z tvaru křivky odhadnout její pravděpodobný další vývoj, např. její ustalování, jak tomu bylo v daném případě.

Tento text je zaměřen na problematiku díla, jak ji vidí projektant a statik. Kromě čistě statických záležitostí probíhala již v přípravných fázích spolupráce s vyšším projektantem, později také s dodavatelem a dále i se zpracovatelem geologického průzkumu. Je pochopitelné, že každý zúčastěný nahlíží celé dílo a proces, kterým vzniká, z poněkud jiného úhlu a každý má také jiný druh a sílu argumentů, kterými hájí svůj názor. Může docházet, a také obvykle dochází, ke střetům zájmů, výjimečně i dosti vyhroceným. To vše by ovšem nemělo bránit, ale spíše nakonec přispět k dosažení požadovaného výsledku – kvalitní a bezpečné konstrukci.

***Ing. Petr Hurych**, FG Consult, s. r. o.*

Realizace trvale kotvené podzemní stěny stanice Motol, SO 09-20/01

Jak již bylo uvedeno v předchozích textech, byly v dané lokalitě při podrobném doplňkovém geologickém průzkumu zastiženy velmi tvrdé polohy rohovců. Z tohoto důvodu nebylo možno oproti původním předpokladům realizovat podzemní stěnu klasicky těžbou drapákem, ale musela být nasazena hydrofréza.

Příprava staveniště

Vzhledem k tomu, že staveniště se nachází ve velmi svažitém terénu, bylo nutné před zahájením vlastních stavebních prací na pažicí železobetonové stěně provést množství terénních úprav – odkopů a násypů – aby terén vyhovoval podmínkám pro realizaci podzemních stěn.

V první fázi příprav bylo nutno zajistit zpevněnou příjezdovou komunikaci po staveništi, aby nedocházelo ke znečištění ulice Kukulovy od vyjíždějících aut. Ve druhé fázi bylo třeba upravit plochu pro výrobnu pažicí suspenze a plochu pro výrobu armokošů do lamel PS. Výrobna pažicí suspenze pro hydrofrézu je složité výrobní zařízení, se kterým jsou spojeny vyšší požadavky na připravenost pracovních ploch. Skládá se z míchacího centra, zásobníků na pažicí suspenzi a van se soustavou vibrosít. Jímku pod vibrosíty bylo nutno před vykopáním zapažit pomocí beraněných ocelových IPE profilů a zapažit výdřevou. Práce probíhaly v zimním období, proto se výrobna musela zateplit. Další plochou, kterou jsme museli připravit, byla armovna pro výrobu armokošů do podzemních stěn.
V další fázi bylo třeba připravit plochy pro realizaci vlastních podzemních stěn. Ty se prováděly ve třech výškových úrovních s max. sklonem 2,5 % a s rampami se sklonem max. 7 %, které se musely v průběhu realizace přesouvat. Pro hydrofrézu, jejíž hmotnost dosahuje téměř 100 t, jsou velice důležité zpevněné pojezdové plochy, které zde byly zhotoveny s pomocí zhutněného betonového recyklátu.

Realizace podzemních stěn hydrofrézou

Po ukončení přípravných prací byla zahájena realizace vodicích zídek a vlastních podzemních stěn. Vodicí zídky byly zhotoveny z betonu C12/15 v šíři

Těžba rýhy pro podzemní stěnu pomocí hydrofrézy v příkrém svahu nad ulicí Kukulovou

200 mm, výšce 1000 mm a rozteči 850 mm, armovány byly dvojitou kari sítí o tl. 6 mm. Pro lamely šířky 7,22–7,55 m a hloubky 14,0–20,0 m byl použit beton C25/30 XA2. Z důvodu zastižení vyšší koncentrace síranových iontů bylo prostředí zatříděno jako chemicky agresivní na stupni XA2 a do betonu byl tedy použit síranovzdorný cement. Těžba lamel probíhala v prodloužených a částečně i nočních směnách tak, aby byl termín realizace splněn. V jednotlivých lamelách byly zastiženy rozdílné geologické podmínky; lišila se tedy i doba jejich těžby. Armokoše byly opatřeny kotevními průchodkami a zámky jednotlivých lamel těsnicími pásy Hydrofil 200 mm a injekční trubkou pro dodatečnou injektáž.

Koruna lamel podzemních stěn byla ukončena v úrovni koruny vodicích zídek. Lamely byly v hlavách propojeny železobetonovým ztužujícím věncem výšky 50 cm, resp. 100 cm, a dobetonovány na úroveň požadovanou projektem.

Celkově lze konstatovat, že nejobtížnější fází stavby byla příprava předcházející vlastní těžbě stěn, kdy bylo nutné vypořádat se s nedostatkem prostoru, s existencí jen jedné příjezdové komunikace, svažitým terénem a chladným zimním počasím. I přes veškeré potíže se nám podařilo termín realizace zkrátit a stavbu předat ve výborné kvalitě objednateli.

František Šedivý, *Zakládání Group, a. s.*

Zajištění stavební jámy hloubené části obratových kolejí SO 09-18/50

Inženýrskogeologické a geotechnické poměry

Inženýrskogeologické poměry v místě nově budované stanice Motol a obratových kolejí odrážejí poměrně složité geologické a geotechnické podmínky celé pražské oblasti. Časté střídání různorodých statigrafických celků, jejich rozpukání a porušení zlomovými liniemi podmiňuje i výsledné geotechnické poměry v místě stavební jámy hloubené části dvojkolejného tunelu pro obratové koleje a jámy budoucí stanice Motol.

V neposlední řadě zde důležitou roli hraje i hladina podzemní vody, která v některých částech trasy tunelu pro obratové koleje, kde lze očekávat přítomnost křídových hornin, způsobuje zvýšené přítoky. V místě stavební jámy byly, stejně jako u raženého portálu dvojkolejného tunelu směrem ke stanici Petřiny, zjištěny blokové sesuvy křídových pískovců po podložních slínovcích a jílovcích.

Zeminy a horniny jsou zde zastoupeny těmito základními geologickými útvary:

Komplikované staveniště hloubené části obratových kolejí

- svahové sedimenty – kvartér,
- slínovce, pískovce, jílovce – křída,
- jílovité břidlice, pískovce, křemence – ordovik (kosovské souvrství),
- jílovité a prachovité břidlice – silur (liteňské vrstvy).

Svahové sedimenty (kvartér)

Tyto sedimenty tvoří souvislou vrstvu na podložních předkvartérních horninách skalního podkladu. Jejich mocnost kolísá v rozmezí 1,5–3,7 m. Výška je proměnná podél osy tunelu. Podle povahy podložních hornin mají písčitý až písčitojílovitý charakter. Jedná se o deluviální hlinité písky až písčité hlíny.

Slínovce, pískovce, jílovce (křída, perucké souvrství)

Mocnost těchto hornin je velmi proměnlivá a dosahuje až několika metrů (3,5–8 m). K ose tunelu jsou vrstevní plochy většinou vodorovné, případně slabě ukloněné.

V případě těchto hornin ovlivňuje zásadním způsobem stabilitu pažení stavební jámy schopnost jímání podzemní vody. Zvláště perucké pískovce jsou v celém křídovém souvrství často význačným rezervoárem podzemní vody.

V provedeném doplňkovém geologickém průzkumu jsou tyto horniny označené jako pravděpodobně přemístěné, rozvlečené po svahu, postižené sesuvnými pohyby. To představovalo v kombinaci s podzemní vodou největší nebezpečí pro celkovou stabilitu svahu.

Hloubení vrtů pro osazení zápor jižní stěny pažení hloubeného úseku obratových kolejí

Příprava betonáže žlb. věnce v hlavách pažicích mikropilot

Jílovité břidlice, pískovce, křemence (ordovik, kosovské souvrství)

Horniny tohoto typu jsou nejrozšířenější směrem k ražené části tunelu obratových kolejí. Převážně se jedná o jílovité až jílovitoprachovité břidlice v různém stavu zvětrání a rozpukání. Pro podrobnější zhodnocení jsou rozděleny do geotypů Oks 1 (R6,R5,R4) a Oks2 (R4,R3,R2). Oba tyto horninové typy mají proměnlivé geotechnické vlastnosti. Tyto horniny jsou tence deskovité, ojediněle hrubě lavicovité. Jsou mírně ukloněné, někde i zvrásněné. Většinou je foliace mírně natočená k ose tunelu (stavební jámy) se sklonem směrem ke dnu. Stupeň zvětrání ovlivňuje především celkovou pevnost hornin a charakter rozpukání.

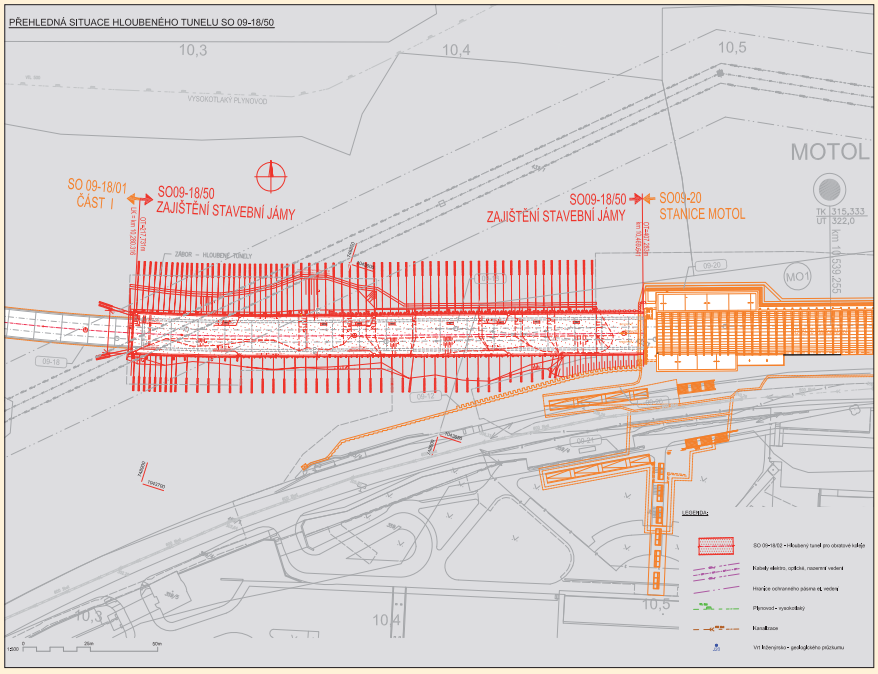
Hladina puklinové podzemní vody byla zastižena jen ojediněle. Z tohoto důvodu nepředstavovaly tyto horniny významnější nebezpečí z hlediska naražení podzemních vod.

Kosovské křemence, které jsou součástí celého tohoto ordovického souvrství, jsou jedny z nejpevnějších a nejodolnějších hornin celé pražské aglomerace. Mají vysokou pevnost, objemovou tíhu, ale i další přetvárné charakteristiky. Jejich vrstevnatost je deskovitá až hrubě lavicovitá. Dosahují mocnosti od 0,50 m až 3,50 m. Představují velmi obtížně rozpojitelný materiál.

Jílovité a prachovité břidlice (silur, liteňské souvrství)

Tyto horniny byly zastiženy ve větší míře v jámě směrem ke stanici Motol. Velmi často vystupují v různě širokých tektonických zónách. Pro bližší charakteristiku jsme je opět rozdělili do dvou geotechnických typů. Břidlice s většinou tence vrstevnatou břidličnatostí Okv1 (R6, R5) a jílovité břidlice Okv2 (R4, R3, R2), kde s přibývající hloubkou se vrstevnatost mění na masivní.

Z hlediska pevnosti a dalších přetvárných charakteristik mají horší parametry než předchozí ordovické souvrství. Velmi rychle a intenzivně zvětrávají. Jsou náchylné na případné zvlhčení. Vzhledem ke své jílovité povaze jsou většinou nepropustné a nevytvářejí souvislý horizont podzemní vody.



Přehledná situace zajištění stavební jámy hloubené části obratových kolejí, vpravo navazující stanice Motol, vlevo ražená část tunelu obratových kolejí

Zajištění stavební jámy

Návrh zajištění stavební jámy byl podmíněn stávajícím terénem, niveletou tunelu, tzn. úrovní výkopu stavební jámy, a geotechnickým profilem. Významnou roli sehrála možnost zřízení předvýkopu zajištěného svahováním s ohledem na snahu minimalizovat zábory pozemků. Konečné řešení zajištění bylo před zahájením prací ještě upraveno s ohledem na možnost nájezdu soupravy pro vrtání pilot směrem od stanice Motol.

Stavební jáma je rozdělena na tři úseky: severní stěnu, jižní stěnu a portálovou stěnu. V zásadě byly navrženy tři typy svislých pažicích konstrukcí stavební jámy: pilotové stěny, mikropilotové stěny a stěny záporové. Zajištění pomocí mikropilot muselo být použito vzhledem k vedení vysokého napětí přímo nad stavební jámou. Portálová stěna je potom celá provedena jako mikropilotová. U severní i jižní stěny jsou v portálové oblasti použity vždy mikropiloty. Dále směrem ke stanici Motol je pak severní stěna zajištěna pomocí pilot, jižní stěna pomocí zápor.

Pilotová stěna

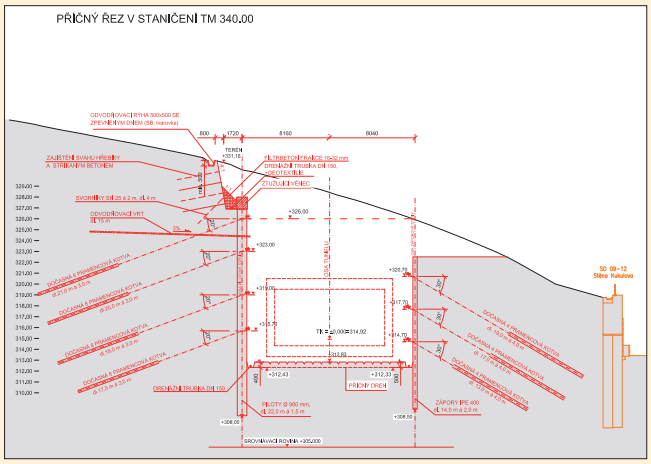
Část severní stěny zajištění stavební jámy od staničení osy tunelu TM 290 do staničení osy tunelu TM 389,204 je zajištěna betonovými pilotami průměru 900 mm v osové vzdálenosti 1,5 m. Celková délka pilotové stěny je 98,625 m. Délka pilot vrtaných z úrovně upraveného terénu je od 15,5 m do 19,0 m.

Kvartérním pokryvem bylo vrtáno pod ochranou průběžného pažení. V pevnějších břidlicích bylo vrtáno průměrem 780 mm již bez pažení až na konečnou hloubku danou projektem.

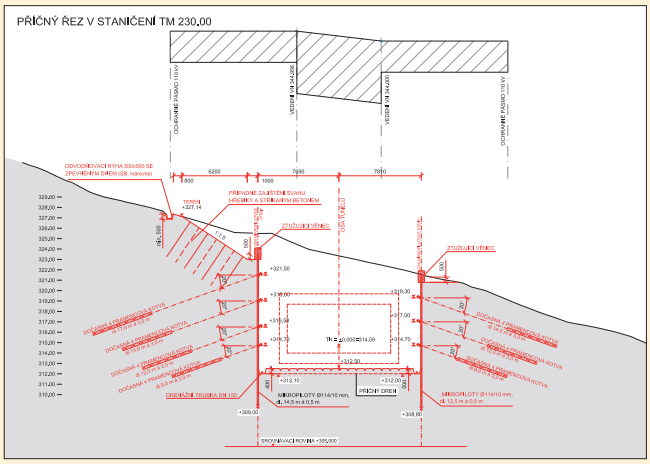
Tato část zajištění stavební jámy je kotvena pomocí ocelových převázek a šesti, resp. osmi, pramencových kotev ve třech, resp. čtyřech, kotevních úrovních podle výšky stěny.

V hlavě pilot je stěna pro větší stabilitu svázána železobetonovým ztužujícím věncem o rozměrech 1,0x1,1 m (š x v), beton třídy C25/30–X0, ocel kvality B500B.

Prostor mezi pilotami byl s postupem hloubení zajišťován klenbičkou ze stříkaného betonu tloušťky 150 mm, vyztuženého jednou vrstvou výztužné



Příčný řez stavební jámou hloubené části obratových kolejí; zajištění severní stěny zde tvoří kotvená pilotová stěna



Příčný řez stavební jámou hloubené části obratových kolejí v oblasti pod vedením VN; zajištění severní stěny zde tvoří kotvená mikropilotová stěna

sítě. Do každé mezery mezi pilotami je osazena drenážní odvodňovací perforovaná trubka s filtrem profilu 65 mm opatřená geotextilií.

Záporová stěna

Část jižní stěny zajištění stavební jámy od staničení osy tunelu TM 256,968 do staničení osy tunelu TM 376,804 je provedena pomocí ocelových zápor z válcovaných profilů s klasickou výdřevou v celkové délce 120 m. Osová vzdálenost jednotlivých zápor je 2,0 m. Profil zápory je IPE400, ocel S355. Jako pažení jsou použity dřevěné pažiny tl. 100 mm. Paty zápor jsou pod dnem výkopu zabetonovány do betonu C8/10. Záporová stěna je kotvena pomocí ocelových převázek a čtyř pramencových kotev ve dvou, resp. ve třech, kotevních úrovních.

Mikropilotová stěna

Pažení pomocí mikropilotové stěny je navrženo pod vedením 110 kV. Jedná se o zajištění portálové stěny, části severní stěny od staničení osy tunelu TM 217,731 do staničení osy tunelu TM 290 a jižní části stěny od staničení osy tunelu TM 217,731 do staničení osy tunelu TM 256,968. Toto řešení muselo být zvoleno vzhledem k ochrannému pásmu nadzemního vedení; mechanizace použitá pro vrtání pilot či vrtů pro zápory by zasahovala do tohoto ochranného pásma (více viz text ing. Petra Chaury).

Z upravené pracovní roviny byly provedeny pažené vrty pro mikropiloty. Ty jsou z trubek 114/10 mm nastavovaných pomocí šroubového spoje. Maximální délka jednoho dílu je 3 m. Mikropiloty jsou osazeny do vrtu zalitého cementovou zálivkou.

Po výšce je stěna kotvena ve třech, resp. čtyřech, úrovních pomocí dočasných 4pramencových kotev. Hlavy 4pramencových kotev budou opřeny o ocelovou převázku z profilu Larssen IIIn, předsazenou před mikropiloty.

Vlastní mikropiloty jsou vytaženy 0,5 m nad úroveň upraveného terénu. Horní konce mikropilot jsou pro zajištění větší stability celé stěny zabetonovány do železobetonového ztužujícího věnce o rozměrech 0,6x1,1 m (š x v) z betonu C25/30–X0, ocel kvality B500B.

Odvodnění stavební jámy a svahu za severní stěnou, zajištění stavební jámy

Za hranou upraveného svahu předřezu stavební jámy je vyhlouben odvodňovací příkop jako ochrana stavební jámy před vodou z atmosférických srážek. Za rubem severní pažicí stěny je proveden systém vertikálních drénů – drenážních trubek ø 65 mm s filtrem, osazených na líc horniny mezi jednotlivými zajišťovací prvky stavební jámy. Vzdálenost drenážních trubek bude v prostoru pilot 1,5 m a v prostoru mikropilotového zajištění 2,0 m. Tento systém slouží jako hlavní odvodnění rubu pažení a má snížit nebo přímo eliminovat tlak podzemní vody na rub pažicí konstrukce.

S postupem hloubení byl celý systém ještě doplněn **semihorizontálními odvodňovacími vrty**.

Hlavní úlohou těchto vrtů bylo zastihnout potenciální smykovou plochu, předpokládanou v podloží peruckých vrstev, a následně ji odvodnit. Jedná se o horniny s velkou schopností jímání podzemní vody v kombinaci se známkami předchozích svahových sesuvů. Odvodnění potenciální smykové plochy představovalo výrazné zvýšení odporu proti posunutí na této ploše a tím i výrazné zvýšení stability celého systému „svah x hluboká stavební jáma“ i vzhledem k historii tohoto území dokumentované v Geofondu ČR.

Do svahu za pažicí konstrukcí bylo na základě zhodnocení skutečně zastiženého stavu navrženo a provedeno celkem 15 vrtů délky od 10 m do 15 m. Všechny vrty jsou vystrojeny perforovanou trubkou ochráněnou proti zanesení perforace. Délka perforace je 5 m. Průměr jednotlivých trubek je DN 100. Vzhledem k tomu, že bez ohledu na aktuální úroveň srážek vytékala ze všech vrtů po celou dobu voda, považujeme toto opatření za úspěšné.

Závěr

Po ukončení hloubení a zajišťování stavební jámy byly položeny podkladní vrstvy. V současnosti probíhají přípravné práce na nosných konstrukcích hloubené části dvojkolejného tunelu pro obratové koleje a jejich izolacích.

Dokončená stavební jáma obratových kolejí zajištěná po obou stranách vícenásobně kotveným mikropilotovým pažením v místě vedení VN

Za velmi důležité pro úspěšné provedení celé stavební jámy považujeme rozhodnutí o provedení semihorizontálních vrtů, které nejdříve odvodnily potenciální smykovou plochu a postupem času se podílely na snížení úrovně hladiny podzemní vody bez ohledu na celkové množství atmosférických srážek.

Ing. Marek Motýl'*, *Ing. Petr Tomáš
a ***Ing. Petr Svoboda***,
Mott MacDonald CZ
Ing. Petr Chaura, *odpovědný projektant stanice, Metroprojekt Praha, a. s.*

Foto na str. 25–33: Libor Štěrba

Generální dodavatel stavby:
Sdružení metro V. A (Dejvická–Motol), zastoupené firmami Metrostav, a. s., a Hochtief CZ, a. s
Generální projektant: Metroprojekt Praha, a. s.
Dodavatel speciálního zakládání (pažení stavební jámy): Zakládán staveb, a. s.

Pohled na pažicí stěny hloubeného úseku obratových kolejí s vertikálním a semihorizontálním systémem odvodnění prostoru za pažením

Underground line V.A, construction site Motol (SOD 09) – foundation pits for excavated structures

Realisation of the V.A underground line has been previously discussed in the ZAKLÁDÁNÍ Magazine in connection with several constructions carried out by the Zakládání staveb Co.; namely: the TBM-EPB mounting shaft at Vypich made from diaphragms (see ZAKLÁDÁNÍ 4/2010), the KU1 foundation pit and a retaining wall along Kukulova Street in Motol (see ZAKLÁDÁNÍ 2/2011). This issue brings an overview of all building works carried out on the Motol construction site (SOD 09). These works mainly included securing of a foundation pit for the Motol underground stop where the main sheeting structure is carried out using a diaphragm wall with permanent anchors; the works also consisted in securing a foundation pit for excavated parts of tunnels for turning tracks that lead further out of the stop. The complexity of both geological and hydrogeological conditions on site had to be reflected in the design and realisation of all carried out structures.

iMateriály

Internetový portál pro odbornou stavební veřejnost. Přináší aktuální informace z oboru stavebnictví, novinky v oblasti stavebních materiálů a výrobků a odborné články renomovaných autorů.

www.imaterialy.cz