

# časopis **ZAKLÁDÁNÍ**

vydává Zakládání staveb, a. s.

1+2/2021

ročník 33



Téma dvojčísla:

**21 staveb pro 21. století**





# ZAKLÁDÁNÍ STAVEB®



## VÝROBNÍ PROGRAM ZAKLÁDÁNÍ STAVEB, A. S.

- 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
- Sklárky ropných produktů a toxických látek, jejich lokalizace a zabezpečení
- 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.: +420 244 004 111,

mailbox@zakladani.cz

**zakladani.cz**

**ZAKLÁDÁNÍ<sup>®</sup>  
STAVEB**

**Časopis ZAKLÁDÁNÍ**  
vydává:

Zakládání staveb, a. s.  
K Jezu 1, P. S. 21  
143 00 Praha 4 - Modřany  
tel.: +420 244 004 111  
fax: +420 241 773 713  
propagace@zakladani.cz  
zakladani.cz

**Redakční rada:**

**vedoucí redakční rady:**

Ing. Libor Štěrba

**členové redakční rady:**

RNDr. Ivan Beneš

Ing. Jan Masopust, CSc.

Ing. Jiří Mühl

Ing. Michael Remeš

Ing. Jan Šperger

**Redakce:**

Ing. Libor Štěrba

**Odborná spolupráce na aktuálním  
vydání:**

Ing. Michael Remeš

**Jazyková korektura:**

Mgr. Antonín Gottwald

**Foto na titulní straně:**

k článku na str. 39

foto: Libor Štěrba

**Design & Layout:**

Velorum, s. r. o., a Jan Kadoun

**Tisk:**

Grafico, s. r. o.

**Ročník 33**

1+2/2021

20. 10. 2021

MK ČR 7986, ISSN 1212 – 1711

Vychází třikrát za rok

Pro rok 2022 je cena vydání 90 Kč.

Roční předplatné 270 Kč vč. DPH,  
balného a poštovního.

**Objednávky předplatného:**

SEND Předplatné spol. s r.o.

Ve Žlíbku 1800/77

193 00 Praha 9 Horní Počernice

tel.: +420 225 985 225

send@send.cz

send.cz

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

**Vážení čtenáři,**

jak jste si jistě všimli, dostáváte do rukou nové, poněkud jiné číslo časopisu Zakládání. Po mnoha letech užívání klasického designu jsme se rozhodli přejít na formu vizuálně volnější a současně výraznější.

Viditelné a hmatatelné výsledky prací speciálního zakládání jsou často – na rozdíl od jiných oborů – oku těžko dostupné, a navíc jsou obvykle velmi brzy zakryty návaznými stavebními fázemi. Proto jsme vždy věnovali velkou pozornost jejich dokumentaci a následně prezentaci laické i odborné veřejnosti. Nová vizuální forma časopisu by tomuto našemu cíli měla významně přispět.

První vydání s novým designem jsme se rozhodli odstartovat retrospektivou vybraných významných staveb, které jsme na stránkách našeho časopisu představili již v uplynulých dvaceti letech; přesněji 21 letech. A jelikož je vybraných staveb rovněž 21, nazvali jsme náš výběr „21 staveb pro 21. století“.

Věříme, že toto ohlédnutí do minulosti za technicky zajímavými projekty, které jsou v jistém smyslu i společenskými dokumenty své doby, může být v mnoha ohledech přínosné. Mimo jiné i pro ty čtenáře, kteří jsou součástí oboru speciálního zakládání teprve kratší dobu a s vybranými projekty se na stránkách našeho časopisu setkají nyní poprvé. U všech představovaných staveb uvádíme odkaz na původní nekrácené vydání, které je k nalezení buď na požádání u nás v redakci, nebo on-line v archivu na [www.zakladani.cz](http://www.zakladani.cz).

Současně se změnou designu přicházíme i se změnou periodicity vydávání časopisu Zakládání. Od nynějšího ročníku budeme namísto čtyř vydání přinášet jen dvě až tři vydání s tím, že nad množstvím upřednostníme především atraktivnost a kvalitu publikovaných příspěvků.

Zbývající část obsahu přesuneme na webové stránky [www.zakladni.cz](http://www.zakladni.cz), kde se s ním budete moci seznámit v záložkách Aktuálně či Realizace.

Věřím, že časopis Zakládání v novém modernějším designu Vás nezkame a bude pro Vás i nadále hodnotným průvodcem po stopách a zákoutích vývoje zajímavého a významného segmentu v oboru stavebnictví – využití technologií speciálního zakládání.

Ing. Libor Štěrba  
editor časopisu



## Obsah dvojčísla 1+2/2021

Podchod trasy metra v úseku IV. C1 pod Vltavou (1999–2001) **4**



**7** Rekonstrukce a dostavba komplexu Slovanského domu v Praze (1999–2001)

Ochrana základů piliřů č. 8 a 9 Karlova mostu (2004–2005) **10**



**14** Kolektor Centrum I. A v Praze – trasa Vodičkova (2004–2006)

Kompenzační injektáž na stavbě Královopolského tunelu  
na VMO Brno (2007–2008) **16**



**18** Zajištění stavební jámy pro objekt technologického centra  
Královopolského tunelu (2008–2009)

Zajištění stavební jámy Myslbekova, stavba 9515 – Myslbekova–Prašný most  
v rámci výstavby tunelu Blanka M0 v Praze (2009) **20**



**22** Portálová stavební jáma Letná,  
stavba 0079 Špejchar–Pelc–Tyrolka (2007–2008)

Metro V. A, montážní šachta z převrtávaných pilot,  
staveniště BRE 1 (2010–2011) **24**



**26** Metro V. A v Praze, staveniště Motol  
– stavební jámy pro hloubené úseky (2010–2012)



**Rekonstrukce části přístavu Gruž v Dubrovniku určeného pro osobní dopravu (2010) 30**



**33 Výstavba nového podzemního dopravního terminálu a navazujících hloubených tunelů Łódź-Fabryczna v polské Lodži (2013–2014)**

**Zajištění stavební jámy objektu Quadria v centru Prahy (2012–2013) 36**



**39 Malá vodní elektrárna Štětí – zajištění stavební jámy (2012)**

**Tunely pro kolejovou dopravu ve městě Karlsruhe, Německo (2013–2015) 42**



**45 Palác Národní – zajištění stavební jámy v centru Prahy (2013–2014)**

**Zajištění stavební jámy nové plavební komory u jezu Hněvkovice a souvisejících objektů (2015–2016) 48**



**51 Statické prvky zhotovené technologií podzemních stěn – jedno ze stabilizačních opatření sanace sesuvu na stavbě 0805 dálnice D8 nad obcí Litochovice (2015–2016)**

**Modernizace železniční trati Púchov–Žilina  
Založení železničního mostu přes Nosickou přehradu na Váhu (2017–2019) 54**



**58 Práce speciálního zakládání na rekonstrukci Negrelliho viaduktu (2017–2019)**

**Těsnění podloží pravobřežní hráze při výstavbě přehradní nádrže pro vodní elektrárnu (HE) Brežice ve Slovinsku (2015–2016) 62**



## Podchod trasy metra v úseku IV. C1 pod Vltavou (1999–2001)

**P**ro překonání trasy metra mezi Holešovicemi a Trojou bylo třeba překonat řečiště Vltavy. Pro tento účel byl zvolen postup, kdy tubusy metra byly postupně budovány v suchém doku na břehu a poté zataženy do rýhy ve dně řeky. Jednalo se o unikátní řešení světové úrovně, které vyžadovalo znalost a zvládnutí mnoha desítek technických a technologických procesů mnoha spolupracujících firem.



Pohled na stavbu směrem na trojskou stranu. Odshora dolů vidíme: suchý dok pro výstavbu tunelu, jímku Troja, těžbu v korytě řeky, jímku Holešovice, obrátové koleje metra s nově hloubenými úseky pro dva tubusy

### Původní koncepce

Koncepce překonání řeky Vltavy trasou C pražského metra mezi Holešovicemi a Trojou procházela před vlastní realizací složitým a mnohaletým vývojem. Pro všechny varianty řešení však byla omezujícím faktorem blízkost dočasné koncové stanice metra „Nádraží Holešovice“ k Vltavě, a tedy nutnost strmého stoupání trasy v případě mostního spojení obou břehů, resp. příkré klesání do tunelového podchodu ve směru na Troju. V roce 1998 rozhodli zastupitelé hl. m. Prahy o realizaci tzv. krátké varianty, která neobsahuje sídliště Bohnice a směřuje z trojského břehu přímo do Kobylis a podchází dno Vltavy tunelem. V této výsledné variantě byly navrženy dva nezávislé jednokolejné tunely, mělce uložené pod řečištěm. Tunely pod Vltavou měly být původně stavěny v jímkách postupně budovaných v řece. Byly navrženy tři jímky, aby omezení toku během stavby bylo přiměřené a plavba mohla být zachována. Vedení trasy vyžadovalo, aby tunely procházely těsně pode dnem řeky, proto nebylo možné použít klasické ražení.

### Nová koncepce

Následně však zvítězil alternativní návrh, který výstavbu výrazně zefektivnil. Dle tohoto nového návrhu byly vlastní tunely budovány v suchém doku na trojském břehu a následně vysunuty do rýhy vytěžené v řece a zataženy do připravené břehové jímky na holešovickém břehu. V průběhu zatahování byl tubus v čelech vodotěsně uzavřen koncovými víky a jeho tíha ve vodě pak byla vyvážena na cca jedno procento tíhy na souši.

Z důvodu zmíněných dispozičních omezení jsou oba tubusy prostorově zakřivené, a to půdorysně i výškově. Po stabilizaci obou takto zatažených tubusů ve výkopu a zpětném uzavření a utěsnění jímek na holešovické i trojské straně byly na tubusy připojeny tunely ve směru k nádraží Holešovice a do Kobylis. Každý z tubusů byl navržen jako uzavřená železobetonová konstrukce vnějších rozměrů 6,50x6,42 m se stěnami a deskami tloušťky 0,70, resp. 0,72 m. Celková délka vysouvaných tunelů byla 168,0 m. V suchém doku byl tento tubus betonován do posuvného bednění ve čtrnácti dílech délek 12,0 m. Každý segment byl betonován v jednom pracovním záběru, tedy bez pracovních spár. Použit byl vodotěsný beton speciálně vyvinutý pro tento projekt.





Realizace podzemních stěn na trojském břehu

### Práce speciálního zakládání na tunelovém podchodu pod Vltavou lze rozdělit do těchto hlavních pracovních částí:

#### 1. Zhotovení stavebních jam na trojském a holešovickém břehu

Pro výstavbu vysouvaných tubusů a následnou výstavbu standardních tubusů byla na trojském břehu až k trojskému portálu provedena stavební jáma zajištěná železobetonovými kotvenými podzemními stěnami tl. 600 mm. Pro kotvení byly použity 3-, 4- a 6pramencové kotvy dočasné i trvalé. Vrty pro kotvy byly ve většině případů hloubeny pod hladinou podzemní vody přes speciální sadu těsnění (preventry).

Hloubený úsek metra IV. C1 v Holešovicích navázal na podzemní konstrukce vybudované zde v 80. letech 20. století v rámci výstavby stanice metra Nádraží Holešovice. Nově zde byly provedeny podzemní stěny, zajištěné dočasnými kotvami a ocelovými prvky rozpírané o konstrukční podzemní stěny založení původního tubusu obrátových kolejí stanice metra.



Budování tubusu metra pod ochranou podzemních stěn suchého doku



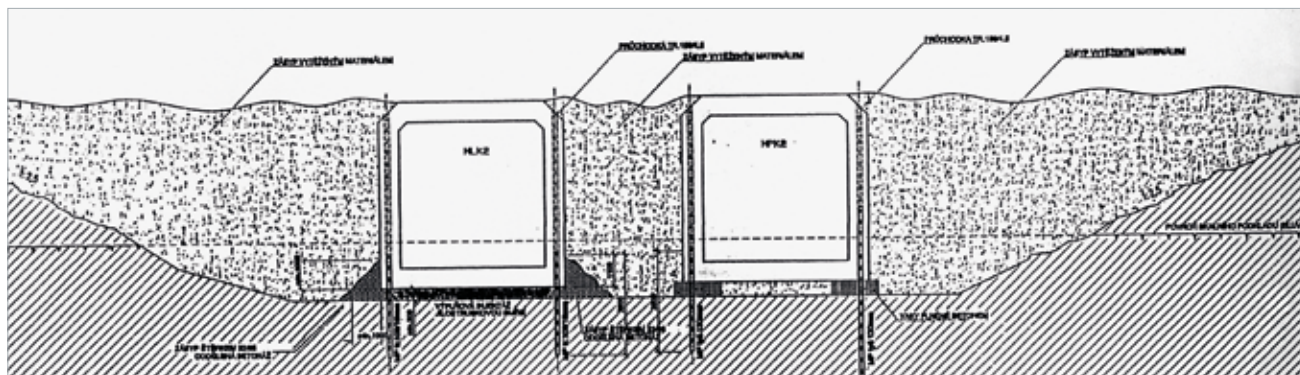
Čelo trojské břehové jámy

### Zatahování tubusu

Přední část tubusu byla zavěšena na ponton, zadní konec tubusu se posouval na dráze po ližinách umístěných na teleskopických hydraulických nohách. Následně se suchý dok (již zaplavený) otevřel směrem do řeky. Dvě tažné jednotky umístěné na protější, levé straně řeky táhly tubus pomocí lanových závěsů. Brzdná zadní jednotka, spojená se zadním koncem tubusu lanovým závěsem, sloužila k předpínání lanových závěsů a též jako pojistná brzda schopná kdykoliv pohyb tubusu zastavit. Výšková poloha tubusu během výsuvu byla rektifikována prostřednictvím hydraulicky ovládaných svislých závěsů na pontonu. Kontakt tubusu s dráhou zajišťoval stabilitu, zatímco vztlak vody působící na ponořený tubus významně redukoval potřebné tažné síly a síly nutné ke zvedání a spouštění přední části tubusu.



Tubus metra v suchém doku před zatažením do rýhy ve dně řeky



Příčný řez tubusu metra usazenými v rýze řeky po ukotvení a zasypání

## 2. Břehové jímky pro zatažení tubusu metra na trojské a holešovické straně

Na konstrukce podzemních stěn břehových jímek navázaly konstrukce ze štětových stěn, které tvořily říční čela jímek na obou březích.

V obou případech byla tato čela realizována kombinací podzemních stěn a štětovnic osazených do předhloubené rýhy vyplněné jílocementovou směsí. Důvodem byla potřeba štětovou dělicí stěnu demontovat a po zatažení prvního tubusu na místo znovu zkompletovat.

V břehových jímkách byly instalovány ocelové, resp. železobetonové, převázky a rozpěrný systém z ocelových nosníků a trub. Relativní složitost konstrukce, především trojské břehové jímky, byla dána požadavky na úplnou demontovatelnost vždy poloviny čelní stěny doku pro vysouvání obou tubusů a zpětnou montáž, expozici pažicí konstrukce z lícové i rubové strany a kombinaci zatěžovacích stavů v několika pracovních fázích. Po utěsnění štětové stěny bylo možné suchý dok opět vyčerpát a následně použít pro betonáž druhého tubusu. Po jeho zasunutí do rýhy v řece se nakonec suchý dok použil ještě jednou pro betonáž tunelů navazujících na tyto vysouvané tunely v řečišti.

## 3. Těžba rýhy ve dně Vltavy pro zatažení tubusu metra mezi Holešovickými a Trojou a jeho následná stabilizace ve dně řeky

Po dosažení finální polohy, tedy po dosažení druhého holešovického břehu, bylo nutné tubus definitivně podepřít. V trase uložení tubusů musely být tedy vyhloubeny rýhy, do kterých byl každý z tubusů uložen. Pro uložení obou tubusů byl napříč řečištěm proveden zářez šířky v patě 12,0 m a sklonem svahů 1 : 2 a 1 : 2,5 a maximální hloubkou výkopu pod hladinou cca 12,5 m. Zemní práce na vyhloubení rýhy byly prováděny z lodí pomocí lanových drapáků. Klíčovou záležitostí bylo v tomto ohledu zvládnutí nastavení monitoringu těžby a navádění těžby, jelikož rýha musela být vytěžena s poměrně velkou přesností  $-30/+10$  cm od projektem dané nivelety. Vytěžený materiál byl odvážen loděmi a po třídění zčásti znovu použit k následnému obsypu tubusů.

Po vysunutí byly tubusy ve výkopu osazeny na úložné prahy obou břehových jímek a na podpůrné základové betonové bloky vždy v párech po 6 m podél osy tubusu. Základové bloky byly betonovány gravitačně z lodních plavidel s podporou čerpadel do tvarovaných vaků, resp. geotextilních matrací. Podélně i příčně byl tubus stabilizován svislými mikropilotami umístěnými v obou jeho stěnách symetricky do předem připravených průchodů v podélných vzdálenostech 12,0 m.



Obsypávání zataženého tubusu kamenivem pomocí násypky do hloubky 10–12 m

Hlavní objemy prací speciálního zakládání:

Podzemní stěny tl. 60 cm: 13 747 m<sup>2</sup>

Podzemní stěny těsnicí tl. 60 cm: 729 m<sup>2</sup>

Kotvy dočasné: 5793 m

Kotvy trvalé: 4136 m

Štětové stěny: 1706 m<sup>2</sup>

Těžba a zpětné zásypy: 85 700 m<sup>3</sup>

Mikropiloty celkem: 362 m

Zákazník: Metrostav, a. s.

Investor: Dopravní podnik hl. m. Prahy, a. s.

Zpracováno dle vydání Zakládání č. 2001/01, 2001/04, 2002/3



## Rekonstrukce a dostavba komplexu Slovanského domu v Praze (1999–2001)

Rekonstrukce Slovanského domu v Praze v ulici Na Příkopě představovala jednu z největších a nejkompexnějších zakázek společnosti Zakládání staveb, a. s., na přelomu století. Vyžádala si velké nasazení techniky na souběžných pracovištích s použitím prakticky všech typů speciálního zakládání.

Soubor staveb Slovanského domu se nachází mezi ulicemi Na Příkopě a Senovážným náměstím. Zastavěný prostor se skládá z palácového objektu (fasáda do ulice Na Příkopě) a dvorních objektů. Palácový objekt je kulturní památkou (Palác Vernierovský), po roce 1873 pak německé kasino, dnes Slovanský dům. Záměrem celé rekonstrukce bylo vytvoření moderního komplexu multikina s veškerým zázemím. V případě vlastního palácového objektu se jednalo o rekonstrukci navracající mu původní památkový charakter s využitím přízemí pro obchodní účely. Dvorní objekt „A“ měl být po přestavbě využit jako multikino se čtyřmi funkčními jednotkami v nově vytvořených dvou podzemních podlažích a s další pátou jednotkou ve střešní nástavbě.



Provádění mikropilot pro vynesení sloupů původního skeletu budovy „A“



Souběžné provádění ocelových konstrukcí bárek a dokončování realizace mikropilotového podchycení

Rekonstrukce palácového a dvorního objektu probíhala současně s rozsáhlou dostavbou dalších dvorních objektů B, C, D. Staveniště bylo z jedné strany omezeno objektem České národní banky, na straně druhé objektem Živnostenské banky a dalšími objekty.

### Podchycení dvorního objektu „A“

Zásadní a nejzajímavější částí zakázky byla přestavba historicky cenného dvorního objektu „A“ z dvacátých let 20. století, navazujícího na hlavní palácový objekt. Železobetonový skelet této budovy „A“ musel projít zásadní úpravou, aby zde mohl být umístěn potřebný počet kinosálů. Pro plánované umístění kinosálů však bylo třeba provést prohloubení tohoto objektu o dalších dva suterény (cca 7 m) a objekt současně půdorysně zvětšit.

Prohloubení a rozšíření se provedlo podchycením původního skeletu budovy pomocí zavětrovaných bárek, vytvořených vždy ze čtveřice injektovaných mikropilot. Následně byly provedeny definitivní železobetonové sloupky, vynášející celou horní, ponechávanou část budovy.

Postupovalo se tak, že železobetonový skelet původního objektu byl obnažen až na horní hranu základových patek. Z takto vybudované pracovní úrovně byly hloubeny vrty pro osazení a injektáž mikropilot 108/16. Rozteč a délky mikropilot byly stanoveny projektem v závislosti na tvaru budoucích





Situace stavby s vyznačením hlavních objektů

železobetonových sloupů a zatížení ocelové bárky. Po dokončení mikropilot byly nad nimi vytvořeny mikropilotové zavětrované bárky z trubek 108/16 až pod ponechanou stropní konstrukci 1. NP (nepravidelný systém železobetonových průvlaků a trámů) a zde byl sestaven rám, přes který byla nová ocelová konstrukce zkontaktovala s původní železobetonovou konstrukcí. Po aktivaci všech mikropilotových (MP) bárek sloupů



Zavětrované mikropilotové bárky vynášející dvorní objekt „A“



Sloupy tryskové injektáže podchycují obvodové sloupy skeletu u sousední ČNB

se začalo s oddělením a následnou likvidací původních sloupů a patek. S postupnou těžbou na novou základovou spáru (–10,6 m) byly MP bárky doplňovány o zavětrování. Po dokončení tak vznikl příhradový členěný prut, schopný přenášet zatížení vrchních pater budovy. Takto byl celý objekt „postaven“ na provizorní nohy. Členěných prutů, které vynášely horní část budovy, bylo provedeno celkem 72. Po dosažení definitivní úrovně základové spáry se tak naskýtal kuriózní pohled na třípodlažní objekt stojící na téměř desetimetrových poměrně tenkých ocelových nohách.

Po provedení prvních úseků nové základové desky byly zahájeny práce na nových nosných železobetonových sloupech objektu uvnitř mikropilotových bárek.

Aktivace nových sloupů, tedy jejich spojení s původní konstrukcí, se prováděla po jejich vyztužení a dotvarování pomocí hlavice provedené monoliticky ze stejné vysokopevnostní malty, která byla použita pro aktivaci dočasných podpěr. Plnění připraveného bednění hlavice každého sloupu muselo být provedeno s dostatečným přetlakem, aby malta spolehlivě vytěsnila vzduch ze všech dutin a zajistila tak dokonalý kontakt s původní částí odbouraného sloupu. Po dosažení požadované pevnosti hlavice bylo možno přistoupit k postupné deaktivaci provizorního podepření každého sloupu. Byly to pro každého okamžiky napětí, neboť tímto se budova postavila na vlastní nové nohy.





Nové žlb. sloupky s monolitickými hlavicemi po odstranění provizorních bárek z mikropilot



Realizace konstrukčních podzemních stěn pro nové objekty dvorní vestavby B, C, a E

### Sousední objekty a dvorní dostavba

Současně s výše popsanými pracemi musela být zajištěna stabilita sousedních objektů: budovy České národní banky a Živnobanky byly podchyceny sloupky tryskové injektáže a sousedící palácový objekt byl dočasně zajištěn záporovým pažením. Záporové pažení bylo použito i k zajištění stavební jámy směrem do vnitrobloku, vznikající odtěšováním podloží pod objektem „A“. V původní úrovni terénu tak vznikl doslova

vystupující ostrov, který ze tří stran lemovala zapažená stavební jáma. Pracovalo se tak pod ochranou desetimetrové, ve dvou úrovních kotvené záporové stěny.

V prostoru vnitrobloku pak byla zahájena výstavba konstrukčních a pažicích podzemních stěn tl. 60 cm pro objekty B, C, E. Stěny byly hloubeny ve šterkopiscích drapákem Soil-mec BH 12 na nosiči Liebherr 843. Po dokončení podzemních stěn opanovala plochu staveniště technologie vrtaných pilot pro založení skeletů nových budov.



Pohled do vnitrobloku během výstavby železobetonových konstrukcí dvorních objektů

Pilotovým založením byla ukončena hlavní část prací společnosti Zakládání staveb, a. s., na této rozsáhlé zakázce. Navázaly pak činnosti dalších firem, především na železobetonových konstrukcích vestaveb, zemních pracích atd.

Hlavní objemy prací speciálního zakládání:

Mikropiloty 108/16 mm: 5634 m

Trysková injektáž: 2700 m

Piloty: 1300 m

Podzemní stěny: 550 m<sup>2</sup>

Zákazník: Zakládání Group, a. s.  
Investor: Pražské komunikační a společenské centrum, s. r. o.

Zpracováno dle vydání Zakládání  
č. 4/1999, 1/2000, 1/2001



## Ochrana základů pílířů č. 8 a 9 Karlova mostu (2004–2005)

Karlův most, postavený v letech 1357 až 1391, přestál ve své historii mnoho povodní a ledochodů, byl mnohokrát porušen a rekonstruován. Po třetí největší povodni v historii mostu v roce 1890 byly obnoveny pílíře 5 a 6 a založeny na ocelových kesonech až na skalní podloží. Následně se pak v roce 1902 přistoupilo i k definitivnímu zabezpečení pílířů č. 3, 4 a 7 pomocí ochranných obálek z dělených ocelových kesonů, opřených rovněž až o skalní podloží. Dostatečně neochráněny zůstaly tedy po těchto velkých rekonstrukcích v řečišti pouze základy pílířů č. 8 a 9.



Práce na ochranných obálkách kolem pílířů č. 8 a 9

Po velké povodni ze srpna 2002 se opravovaly záhozy všech pražských mostů, tedy i mostu Karlova. Záhozy pražských mostů v roce 2004 prováděla firma Zakládání staveb, a. s., a to včetně opravy ledolamů před pílíři Karlova mostu (KM). Právě zmíněná velká povodeň podpořila dlouhodobě požadované zahájení generální opravy Karlova mostu a po prezentaci výsledků následně realizovaných průzkumů v okolí KM byla vyspána soutěž na návrh a následnou realizaci zajištění ochrany zbývajících pílířů č. 8 a 9.

### Koncepce návrhu ochrany základů pílířů č. 8 a 9

Při návrhu koncepce sanace základů obou pílířů se vycházelo z těchto hlavních úvah a následných závěrů:

- Sanační a rekonstrukční práce by se měly soustředit na vybudování ochranné obálky kolem stávajících základů, která je ochrání před výmoly, jejichž tvorba souvisí především s hloubkou a rychlostí proudění vody kolem pílířů, tedy zvláště pro případy povodní.
- Projektant by měl respektovat hledisko, že vzhledem k 600leté historii Karlova mostu nemá naše generace zvláštní právo zasahovat do konstrukce základů mostu způsobem, který není nezbytný pro zachování jeho životnosti pro další generace. Vlastní základy díky obou pílířů není proto v této chvíli nutné podchyťovat a doplňovat.
- Při návrhu a realizaci této ochranné obálky lze využít technologií speciálního zakládání staveb odpovídajících dnešním možnostem.





Předvrtávání otvorů průběžným šnekem pro následné vibrování štětovnic Larssen III n



Vibrování štětovnic Larssen III n bezresonančním vibrátorem



Provádění sloupů tryskové injektáže přes navažené průchodky na štětovnicích ARBED

- Z hlediska obecného poznání historických souvislostí se naskýtá mimořádná šance realizovat podrobnější průzkum základů obou pilířů, a to v sondách v suchu.

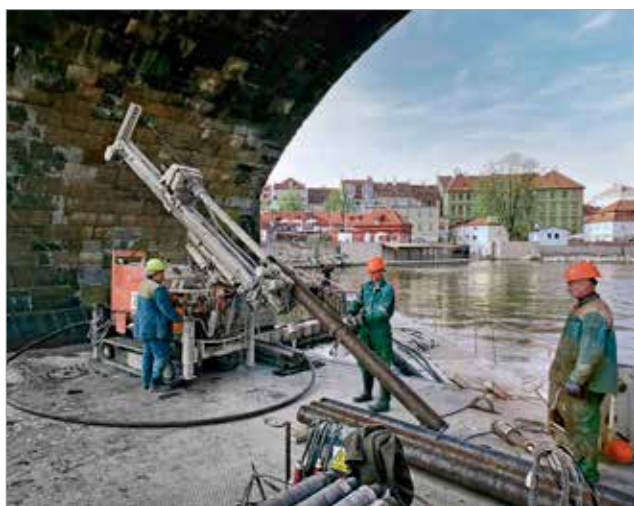
Ve zvláštních technicko-kvalitativních podmínkách bylo stanoveno, že ochrana základů pilířů musí být navržena tak, aby odolala výmolům kolem pilířů zasahujícím do hloubky 2,5 m pode dno řeky. Z toho samozřejmě vyplynulo, že ochranná obálka musí být založena dostatečně hluboko do předkvartérního podloží, jež se v případě obou pilířů nachází od úrovně cca 175,50 m n. m. a je tvořeno ordovickými břidlicemi. Návrh obálky byl dále limitován těmito faktory a skutečnostmi:

- omezenou pracovní výškou pod klenbami mostu,

- nutností realizace všech prací z vody,
- nutností omezení dynamických účinků na konstrukci mostu při realizaci,
- existencí velkých balvanů, které se v průběhu let dostaly do výmolů kolem pilířů a vyplňují je; tyto balvany tvoří prakticky neprůchodnou překážku pro klasickou ražbu štětových stěn.

### Návrh a realizace trvalé ochrany základů

Návrh a realizace trvalé ochrany základů obou pilířů spočívaly tedy ve zřízení odolné obálky kolem pilířů vetknuté do skalního podloží. Obálky obou pilířů jsou prakticky shodné, jejich konstrukce je však odlišná pro jednotlivé části po obvodě pilířů.



Výztužné trubky před zavrtáváním systémem TUBEX do sloupů tryskové injektáže



Kopaná archeologická sonda v zapažené jímce pro průzkum základů pilíře č. 9 s obnaženými základovými kameny

**Podél šikmých špicí** byla provedena konstrukce ochranné obálky, skládající se z ocelových štětovnic Larssen IIIIn, které byly straženy a vibrovány do předvrtů prům. 600 mm, hloubených v předstihu průběžným šnekem až do skalního (ordovického) podloží a vyplněných jílocementovou suspenzí vhodného složení a pevnostních parametrů. Vrtly byly prováděny pilotážní vrtnou soupravou metodou průběžného šneku. Jednalo se o mimořádně náročnou práci, zahrnující časté odstraňování balvanů.

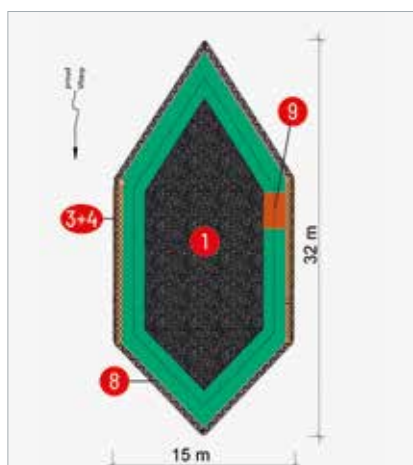
**Pod oblouky mostu** byla provedena palisádová stěna skládající se z těchto prvků:

- plochých ocelových štětovnic Arbed AS 500-12 v délkách 4,0 m s navařenými průchodkami z ocelových trub z vnitřní strany; takto upravené štětovnice byly zavibrovány na hl. asi 0,5 m pod upravené dno v řece ve vzdálenosti cca 2,2 m od dřívku pilíře;
- sloupů jednofázové tryskové injektáže (TI) o průměru 0,7–0,8 m, realizovaných skrz tyto průchodky a zatažených na

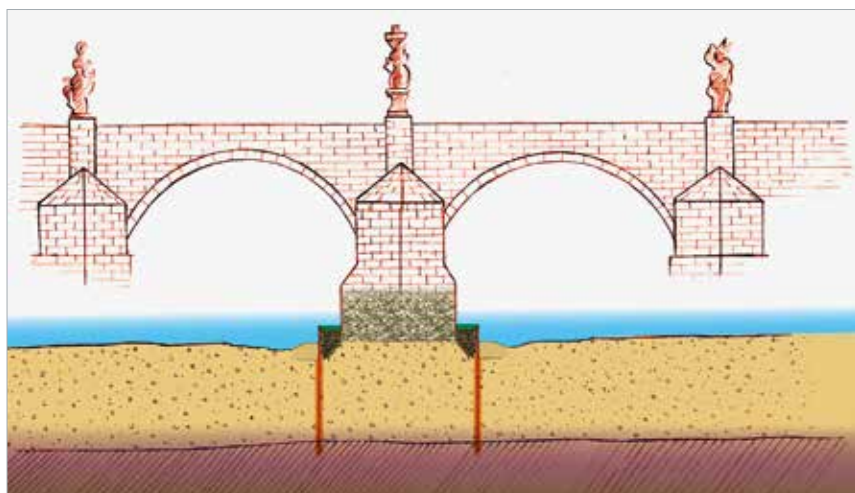
délku cca 1,0 m do skalního podloží; vzájemným přeřezáním sloupy vytvořily funkční těsnicí stěnu;

- ocelových trub prof. 194/10 mm, délky 11,0 m, osazených do převrtaných sloupů TI skrz průchodky, zapuštěných cca 2,0 m do skalního podloží, s následnou nízkotlakou a vysokotlakou injektáží cementovou suspenzí; tyto trubní mikropiloty tvořily spolu se sloupy TI stěnu schopnou odolávat ohybovému namáhání při event. jednostranném odhalení části této stěny výmoly při povodních.

Takto vzniklé jámy podél pilířů byly postupně těženy a vyčerpány. Po obnažení historické konstrukce následovala prohlídka obnaženého dřívku pilíře a sanace historického zdiva (injektáž, výměna zdiva). Nakonec byl v celé šířce jámy zřízen železobetonový věnec tl. 0,4–0,5 m, do něhož jsou vetknuty štětovnice a trubní mikropiloty; povrch věnce je cca 0,60 m pod normální hladinou vody v řece. Přecházející štětovnice v úrovni povrchu věnce byly pak za pomoci potápěčů odříznuty.



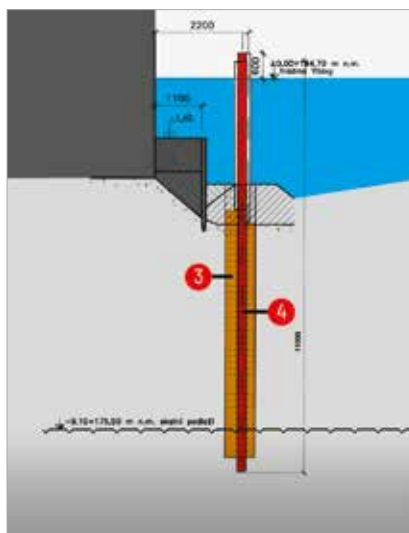
Půdorys pilíře č. 8 s vyznačením použitých technologií a místa průzkumné sondy



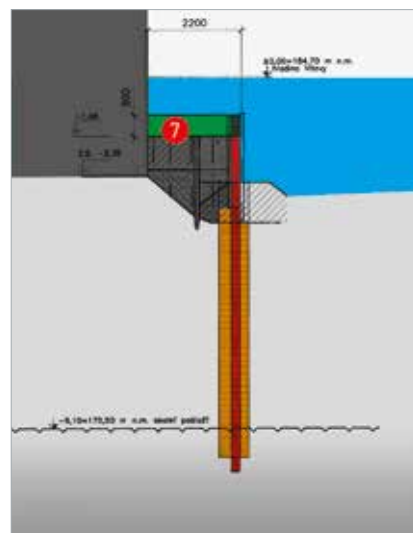
Koncepce ochrany základů pilířů č. 8 a 9 obálkou zasahující až do skalního podloží



Fáze 1 opravy pilíře č. 8



Fáze 2 opravy pilíře č. 8



Fáze 3 opravy pilíře č. 8



Nově vytvořené jímky kolem pilířů byly využity i pro stavebně-historický průzkum. Z prostoru dna vyčerpaných jímek byly za účelem prozkoumání původních základů Karlova mostu vyhloubeny dvě **průzkumné sondy** délky cca 3 m, pažené a těsněné rovněž systémem sloupů T1. Přítok vody do prostoru sondy byl zcela minimální, a přístup k základům byl tedy možný „suchou nohou“, čehož v průběhu asi dvou týdnů využilo mnoho odborníků i řady nadšenců.

Ochrana základů pilířů č. 8 a 9 Karlova mostu představovala složitou stavbu s velkou koncentrací mechanizace na malém prostoru a vzhledem k navrženému postupu prací i stavbu technologicky náročnou. Zajistila však na dobu mnoha dalších generací protipovodňovou ochranu této naší jedinečné stavební památky.

Hlavní objemy prací speciálního zakládání:

Štětovnice Larssen IIIIn: 925 m<sup>2</sup>

Štětovnice Arbed AS 500: 83 m<sup>2</sup>

Trysková injektáž (M1): 1600 m

Mikrozápory 194/10: 1774 m

Železobeton: 145 m<sup>3</sup>

Zákazník: Mott MacDonald

Investor: Magistrát hl. m. Praha

Zpracováno dle vydání Zakládání č. 2/2005

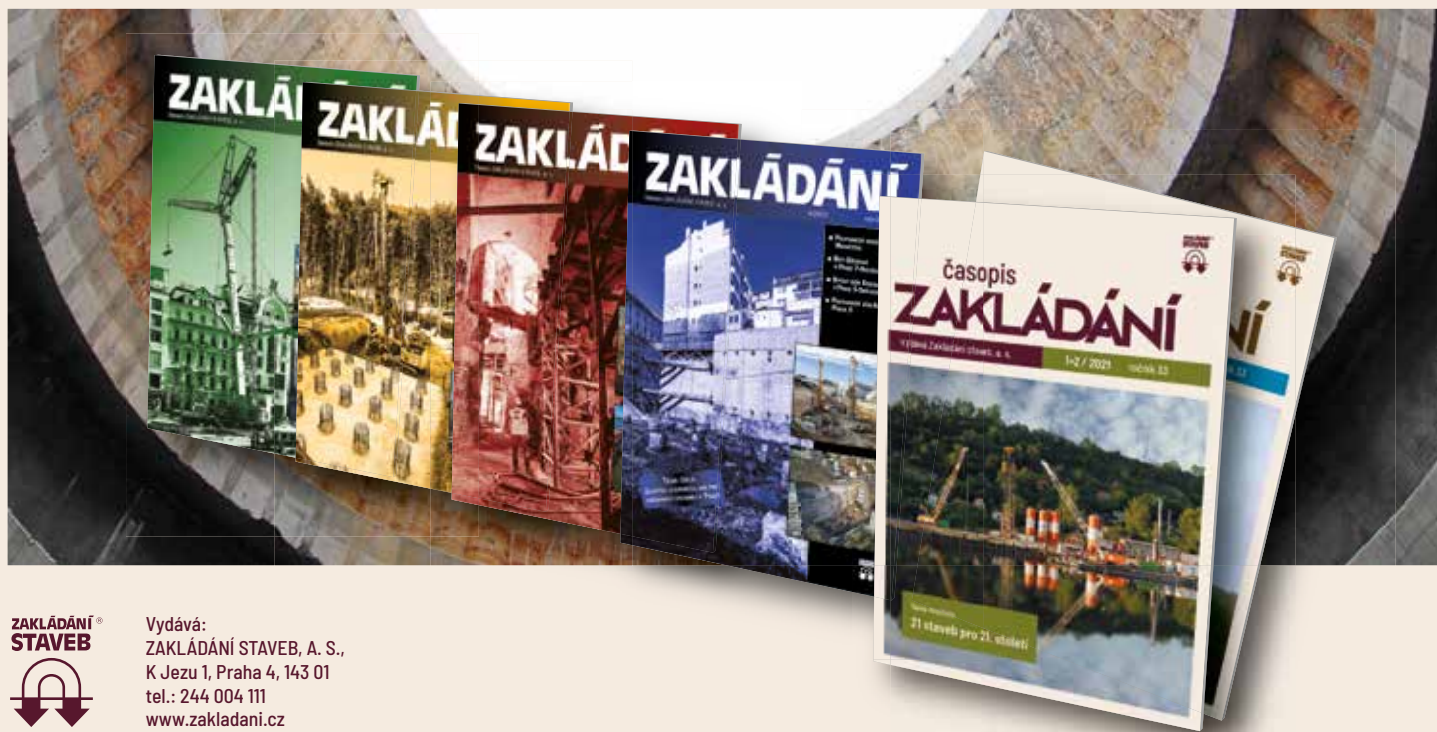


Betonáž žlb. věnce, který nově vybudovanou ochrannou obálku uzavřel shora

# ZAKLÁDÁNÍ

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

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



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

## Kolektor Centrum I. A v Praze – trasa Vodičkova (2004–2006)

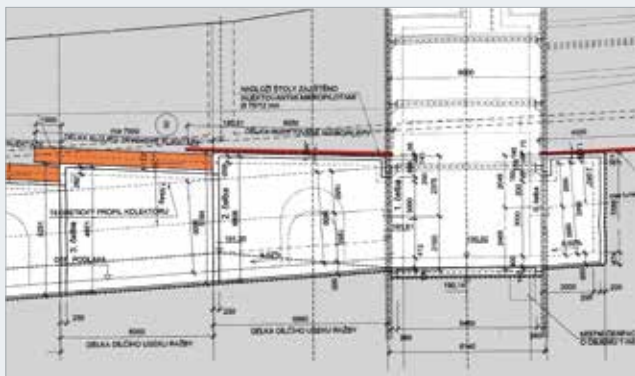
Hlavní město Praha má jednu z nejmodernějších a technicky nejvyspělejších kolektorových sítí nejen v rámci naší republiky, ale i v evropském měřítku. Na již dokončený a plně funkční obslužný kolektor Centrum I. A – trasa Jindřišská, realizovaný v letech 1994–1999, navázala výstavba kolektoru Centrum I. A – trasa Vodičkova, která probíhala od prosince 2003 do konce roku 2007. Náročná stavba, realizovaná z úrovně ulic a následně v podzemí, by byla nemyslitelná bez použití moderních technologií speciálního zakládání.



Situace kolektoru Centrum I. A Vodičkova

Před vlastní ražbou kolektoru bylo především nutné v předstihu **zajistit objekty, které se nacházely v zóně případných poklesů**. To bylo provedeno jednak pomocí představených ochranných clon z tryskové injektáže, mikropilot nebo velkopřůměrových pilot, jednak i přímým podchycením základových prvků ohrožených objektů tryskovou injektáží. Součástí

předstihových prací byla i sanace podloží kanalizační stoky klasickou nízkotlakou injektáží a přeložka části nevyhovujícího zastaralého vodovodního řadu v ulici Vodičkova.



Podélný řez kolektorem zajištěným pro ražbu obálkou z mikropilotového deštníku a obálkou sloupů tryskové injektáže



Provádění rozrážky z kruhové šachty z převrtávaných pilot





Podchycení objektů tryskovou injektáží na rohu ulic Vodňácká a Školská

Pro zajištění ražby byla následně prováděna také **sanace nadloží kaloty a boků trasy raženého kolektoru** do předpolí ražby ochrannou obálkou realizovanou buď pomocí dovrchní tryskové injektáže, případně mikropilotovým deštníkem, anebo kombinací obou technologií. Ražba byla zajišťována pomocí těchto sanačních metod po jednotlivých úsecích a typ technologie byl volen s ohledem na konkrétní geologický profil v místě ražby – v soudržných horninách pomocí mikropilot, v nesoudržných pomocí tryskové injektáže.

U několika úseků ražby tunelu v nesoudržných zeminách, kde by realizace ochranné obálky z tryskové injektáže mohla ohrozit nadloží inženýrské sítě, bylo zajištění provedeno technologií klasické sanační chemické injektáže pomocí ocelových manžetových trubek.

Podobným způsobem probíhalo i **zajištění ražby kolektorových domovních přípojek** v nesoudržných zeminách, tedy opět s pomocí sanační obálky z dovrchní tryskové injektáže.

Součástí prací speciálního zakládání bylo i **zapažení kruhového a obdélníkového ostění obslužných šachet** v nesoudržných zeminách stěnami z převrtávaných pilot a v soudržných zeminách, poloskalních a skalních horninách záporovým pažením. Celkem se jednalo o 10 šachet.

Hlavní objemy prací speciálního zakládání:

Trysková injektáž komplet: 31 500 m

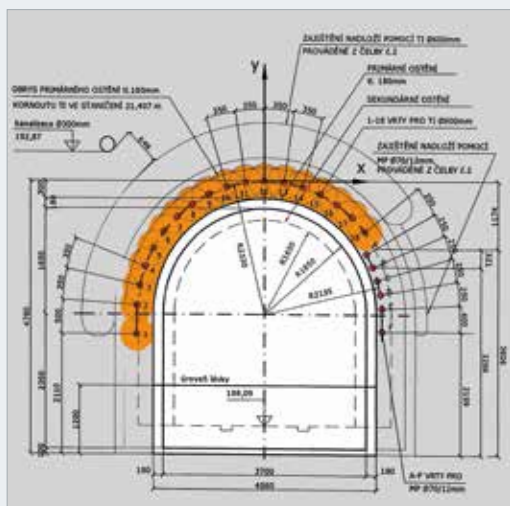
Převrtávané piloty: 900 m

Vrty pro mikropiloty: 20 732 m

Zákazník: Sdružení Subterra, a. s., a Metrostav, a. s.

Investor: Hlavní město Praha

Zpracováno dle vydání Zakládání č. 4/2004, 2/2006



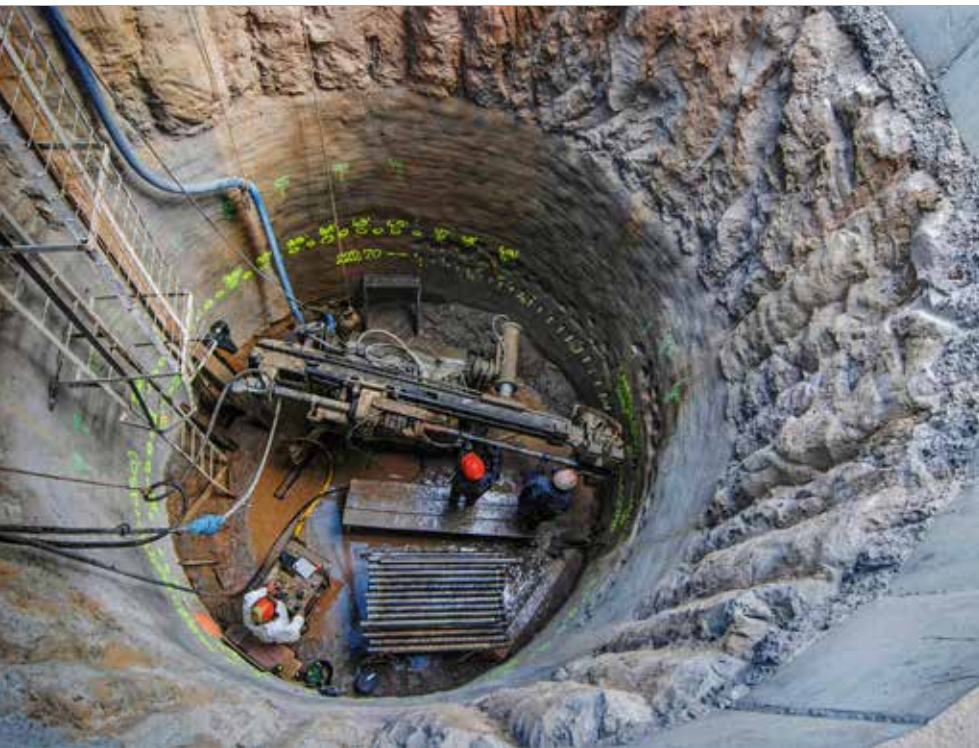
Příčný řez kolektorem zajištěným pro ražbu obálkou z mikropilotového deštníku a obálkou sloupů tryskové injektáže



Provádění sanační obálky ze sloupů tryskové injektáže na hlavní trase kolektoru

## Kompenzační injektáž na stavbě Královopolského tunelu na VMO Brno (2007–2008)

Součástí dobudování velkého městského okruhu (VMO) v rámci dopravní infrastruktury města Brna je i stavba dvou silničních tunelů spojujících městské části Žabovřesky a Královo Pole. Ražba těchto tunelů probíhala ve složitých geotechnických podmínkách, a navíc pod hustou zástavbou na povrchu. Zabezpečení této zástavby probíhalo pomocí různých opatření, např. clonami z prvků prováděných metodou tryskové injektáže a mikropilot nebo posílením konstrukcí objektů v celém zájmovém území. Uvedená pasivní opatření doplnilo opatření aktivní, a to nasazení technologie kompenzační injektáže (KI), prováděné v geologických vrstvách nad tunelem a pod základy chráněných objektů.



Hloubení vrtů pro instalaci manžetových trubek

Technologie kompenzační injektáže umožňuje minimalizovat případné deformace vzniklé vlastní ražbou v nadloží tunelu řízeně v závislosti na vývoji skutečných deformací, průběžně sledovaných v rámci monitoringu stavby.

Pro aplikaci KI byly vybrány zejména ty objekty, u nichž se předpokládalo, že může dojít k významnějším deformacím od ražby tunelu, kde způsobu ochrany odpovídá hodnota těchto objektů ve vazbě na výsledky odhadu možných škod souvisejících s činností stavby.

**Princip KI spočívá ve zřízení injekčního pole pod vybranými objekty s následnou možností opakované injektáže, vyvozuji cílené svislé posuny sledovaných měřicích bodů objektů.**

Pro provádění KI bylo potřeba nainstalovat vějíře manžetových injekčních trubek pod zadané objekty. Injekční trubky byly instalovány do vodorovných vrtů, prováděných ze šachet předem zhotovených za tímto účelem.

Maximální délka vrtů 35 m byla rozhodující pro určení potřebného počtu šachet, kterých bylo celkem sedm. Kruhové šachty vnitřního průměru 5300 mm byly všechny zajištěny ostěním ze dvou řad sloupů tryskové injektáže.

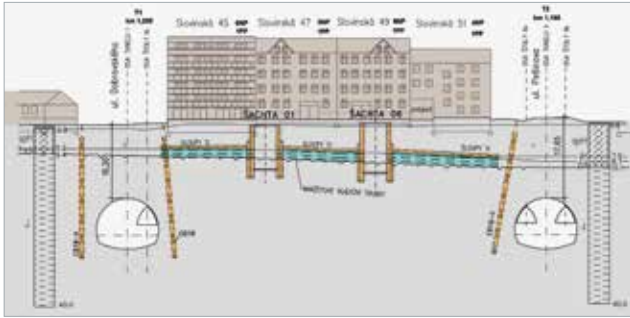
Kompenzační injektáž byla prováděna ve vrstvách fluvialních sedimentů (písčité štěrky, jílovitá hlína). Kompenzační účinky injektáže byly na povrch přenášeny přes mocné nánosy stlačitelných a proseďavých eolických sedimentů – spraší a sprašových hlín. Z tohoto důvodu byl nejdříve v úrovni nad horizontem injektáže zhotoven roznášecí rošt ze subhorizontálních sloupů tryskové injektáže průměru 600 mm, který zajistil rovnoměrné roznášení účinků kompenzační injektáže na budovy.

Aktivace a první fáze KI byly navázány na

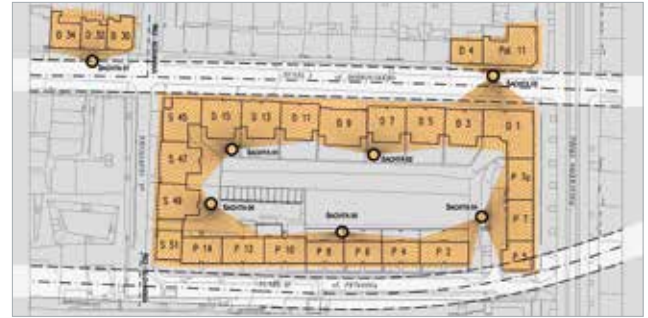
postupující ražbu tunelu a její předpovídané účinky na povrchovou zástavbu. Vysokotlaká injektáž probíhala přes manžetové injekční trubky pomocí necirkulačního obturátoru. Injekční čerpadla Obermann byla umístěna v automatických injekčních stanicích s aktivním dohledem. Čerpadla byla osazena řízeními ventily, které umožňovaly přesné dávkování směsi (kontrolní průtokoměry ukazovaly odchylky do 1 %) a zvládaly vysoké trhací tlaky (až 160 atm) a injekční tlaky (do 80 atm).

U všech objektů dotčených ražbou pod nimiž byla prováděna KI, bylo minimalizováno jejich sedání a i jejich poškození bylo minimální. Provedení KI tedy bylo jednoznačně přínosným aktivním opatření v rámci ražby Královopolských tunelů v Brně.

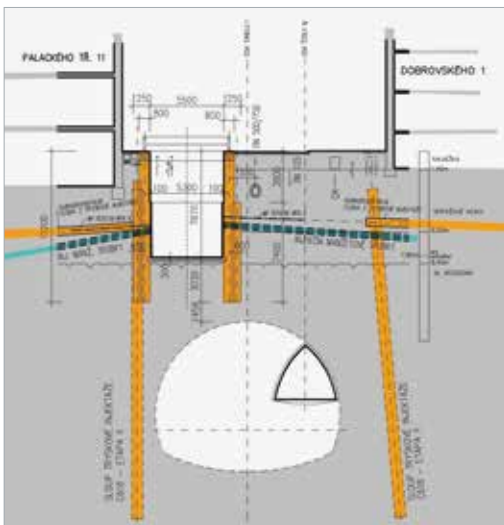




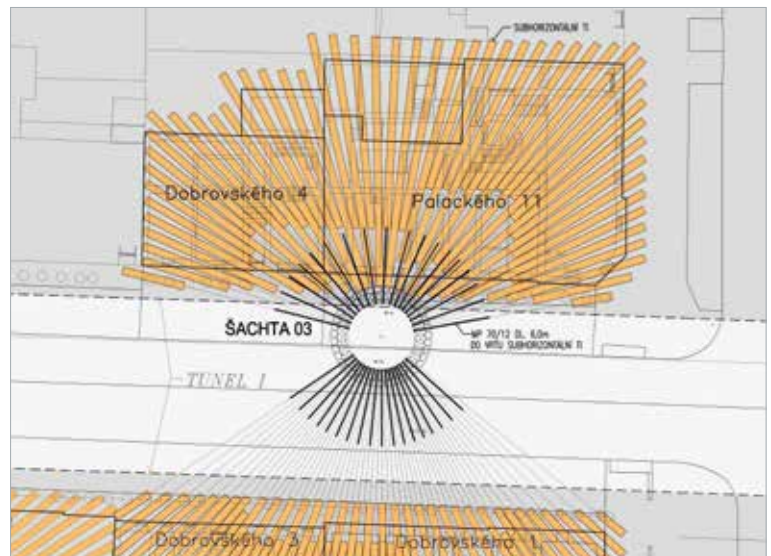
Schematické znázornění principu uplatnění kompenzační injecktáže v oblasti průchodu tunelů



Umístění šachet pro provádění kompenzační injecktáže v dotčené oblasti



Svislý řez šachtou 03 s vyznačením použitých technologií speciálního zakládání



Oblast zajištěná subhorizontální tryskovou injecktáží s osazenými mikropilotami

Hlavní objemy prací speciálního zakládání:  
 Vodorovná trysková injecktáž: 14 389 m vrtů, 8884 m sloupů TI  
 Injekční vrty prům. 90 mm: 10 042 m  
 Nízkotlaká injecktáž: 16 709 hr (injektohodin)  
 Kompenzační (vysokotlaká) injecktáž: 67 175 hr (injektohodin)

Zákazník: ŘSD ČR  
 Investor: ŘSD ČR, Město Brno a SFDI

Zpracováno dle vydání Zakládání č. 4/2007, 4/2008, 3/2009



Injekční stanice Obermann, která flexibilně plnila požadavky na proměnná zadání injekčních parametrů



Pohled na injekční vrty pro kompenzační injecktáž s osazenými manžetovými trubkami a na výše položené návrtné body pro subhorizontální clonu z TI

## Zajištění stavební jámy pro objekt technologického centra Královopolského tunelu (2008–2009)

Královopolský tunel byl vyprojektován a postaven na Velkém městském okruhu (VMO) Brno v letech 2008–2013. V severní části města propojil VMO brněnské městské části Královo Pole a Žabovřesky s již dříve existujícími částmi okruhu a dalšími dvěma tunely v Brně – Pisáreckým a Husovickým.

Veškerá technologie řízení a kontroly provozu tunelů a také technologie k odvětrání jejich dopravního prostoru je soustředěna v objektu tzv. technologického centra (TC), které je situováno přibližně uprostřed trasy tunelů. Pro výstavbu TC bylo třeba otevřít stavební jámu rozměrů cca 62x14 m. Její výjimečnost spočívala především v mimořádné hloubce, která činila až 29,5 m od úrovně terénu.

Technologické centrum se skládá ze dvou částí TC I a TC II odlišné hloubky a půdorysu. Obě části TC však byly realizovány v jedné společné stavební jámě. TC I má sedm podzemních a jedno nadzemní podlaží a je umístěno částečně nad tunelem I. TC II má dvě podzemní a jedno nadzemní podlaží a s tunelem II je propojeno větracími kanály a větrací šachtou.

Stavební jáma pro TC byla zajištěna **rozpíranými podzemními stěnami tl. 0,8 m, délky až 34,5 m**. Rozpěry byly umístěny v celkem sedmi úrovních a tvořily je pruty z dvojice tyčí IPE 270 až 450 mm dlouhé cca 13–14 m. Půdorysná poloha rozpěr byla odvozena z polohy lamel podzemních stěn a půdorysného tvaru – vždy dvě rozpěry na lamelu.

U severní stěny, kde technologickým centrem prochází tunel I, byly rohové rozpěry nahrazeny čtyřmi úrovněmi dočasných předpjatých pramencových kotev s prodlouženou životností. Stabilita dna stavební jámy a rozepření paty PS byly dále posíleny blokem geokompozitu, který byl u TC I realizován plošnou tryskovou injektáží.

Rýha pro podzemní stěny byla těžena pomocí hydraulického drapáku s délkou záběru 2,50 m pod ochranou pažicí suspenze. Těžba stěn hloubky přes 34 m musela probíhat s nejvyšší pozorností a za neustálého monitoringu přesnosti těžby, jelikož i malá odchylka ve svislosti stěny by se negativně projevila v geometrii stěny v úrovni základové spáry.

V průběhu hloubení stavební jámy byly jednotlivé lamely PS pečlivě sledovány přesnou nivelací a monitorovány pomocí inklinometrů, osazených v PS, a dynamometrů osazených v hlavách kotev. Naměřené hodnoty deformací podzemních stěn a kotevní síly byly průběžně porovnávány s hodnotami ze statického výpočtu v rámci monitoringu stavby.

Výčet hlavních konstrukcí speciálního zakládání na této stavbě pak uzavírají pažicí konstrukce pro výstavbu VZT šachty a větracích štol, které jsou součástí technologického centra II. Větrací šachta slouží spolu s větracími štolami k propojení dopravního prostoru tunelu II se strojovnou vzduchotechniky v 2. PP v technologickém centru II. Šachta je kruhového půdorysu o světlem průměru 6500 mm a nachází se přímo nad osou tunelu II.



Stavební jáma pro technologické centrum pažená podzemními stěnami rozpíranými v sedmi úrovních

Kruhová stavební jáma pro větrací šachtu byla pažena **převrtávanými pilotami Ø 900 mm, dl. cca 17 m**. Stavební jáma pro větrací štoly byla pažena rovněž stěnou z převrtávaných pilot Ø 660 mm, dl. 15,0 m.





Provádění extrémně hlubokých podzemních stěn, osazování armokoše

Hlavní objemy prací speciálního zakládání:

Podzemní stěny tl. 80 cm: 5057 m<sup>2</sup>

Trysková injektáž dna sloupů Ø 800 mm: 3660 m



Rozpěry na severní straně stavební jámy nad tunelem I

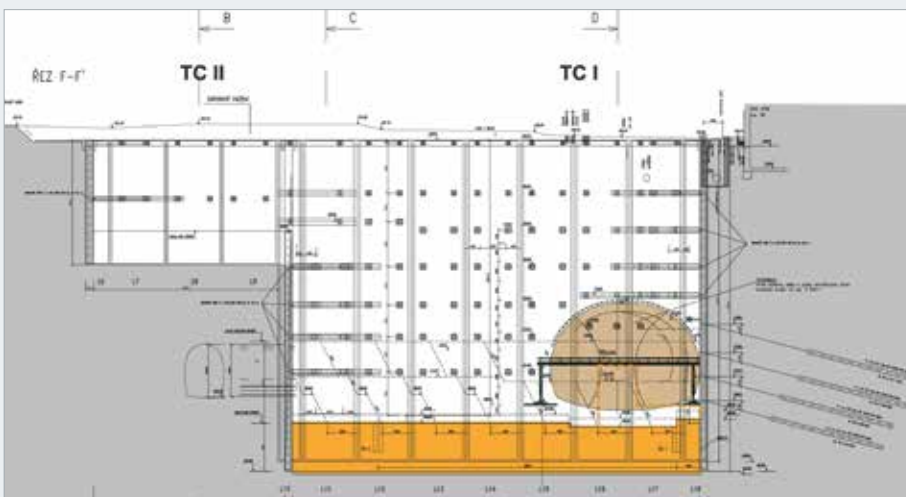


Situace s vyznačením umístění větrací šachty a větracích štol

Zákazník: Firesta-Fišer, rekonstrukce, stavby, a. s.

Investor: Ředitelství silnic a dálnic ČR, Statutární město Brno a Státní fond dopravní infrastruktury

Zpracováno dle vydání Zakládání 2008/2, 2008/4



Podélný řez TC I a TC II



Příčný řez TC I směrem k TC II

## Zajištění stavební jámy Myslbekova, stavba 9515 – Myslbekova–Prašný most v rámci výstavby tunelu Blanka M0 v Praze (2009)

Stavební jáma Myslbekova byla součástí stavby 9515 Myslbekova–Prašný most, resp. tunelového komplexu Blanka městského okruhu Praha. Důvodem otevření této jámy bylo vytvoření prostoru pro zahájení ražby tunelů východním směrem do stavební jámy Prašný most (stavba 0080 Prašný most–Špejchar). Na opačné, západní straně na stavenišť Myslbekova navazovala výstavba úseku hloubených tunelů stavby 0065 SAT 2B.



Pohled do částečně vytěžené stavební jámy směrem na severní a východní stěnu pažení

Stavební jáma Myslbekova měla obdélníkový půdorys a po obvodu byla zajištěna pilotovými stěnami, kotvenými přes ocelové a žlb. převázky až v osmi výškových úrovních pramencovými kotvami. Kotevní systém na portálové západní stěně byl ještě doplněn o masivní rozpěry. Stavební jáma byla mimořádná především výškou zajišťovaného odřezu, kdy průměrná výška stěn činila 25 m a maximální výkop dosahoval u západní stěny v místě technologického kanálu výšky až 36 m. Vzhledem k velké hloubce a malým půdorysným rozměrům stavební jámy nebylo možné umístit sjízdnou rampu do jejího vnitřního prostoru. Příjezd do jámy byl proto řešen od navazující

sousední stavby č. 0065 SAT 2B s částečným využitím pažicích konstrukcí kotvených pilotových stěn.

Pro provádění pilot (prům. 900/780 mm) byly vrty vzhledem k zastižené geologii v horní části paženy pomocí dvouplášťových ocelových pažnic a ve spodní části pak bez pažnic v menším profilu. Většina armokošů byla vzhledem k délce pilot skládána ze dvou dílů. Ocelové trubky (prstence) pro přivaření kotevních převázek byly již součástí armokošů a byly navlečeny vně na hlavní svislou výztuž pilot. Pro kotvení pažicích stěn byly použity dočasné předpjaté dvou- až osmipramencové kotvy délek od 10 do 36 m.





Sjízdňá rampa zajištěná ve své spodní části po obou stranách také kotvenými pilotovými stěnami a stříkaným betonem s výztužnou sítí

I když veškeré pažící konstrukce měly dočasnou funkci, bylo nutné k nim přistupovat vzhledem k délce trvání výstavby (několik let) jako ke konstrukcím s prodlouženou životností. To se týkalo hlavně kotevního systému, zajišťujícího stabilitu pažení. Kotvy byly proto navrženy a posouzeny podle těchto kritérií jako pramencové dočasné kotvy s prodlouženou životností a ochranou proti bludným proudům.

V takto zajištěné stavební jámě byly postupně prováděny výkopové práce a zahájena ražba tunelových trub směrem k Prašnému mostu a dále ještě ražen vzduchotechnický kanál v západní části jámy. Na závěr, po dokončení ražeb, byly v jámě dokončeny zemní práce na definitivní tvar základové spáry a zahájeny práce na výstavbě technologického centra TGC1. Posléze byly dokončeny tubusy hloubených tunelů a provedena finální úprava území, zahrnující i rozsáhlé sado-parkové práce.

Hlavní objemy prací speciálního zakládání:

Piloty: 252 ks pilot délky 5620 m

Kotvy: 5780 m

Zákazník: Skanska, a. s.

Investor: Hlavní město Praha

Zpracováno dle vydání Zakládání č. 1/2010



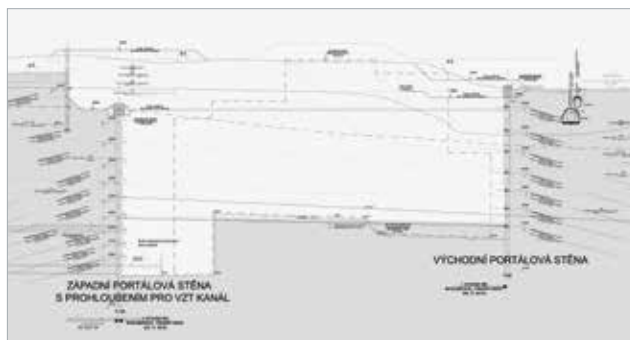
Detail pažící stěny kotvené přes zapuštěné ocelové převázky



Napínání kotev na portálové stěně jámy



Půdorys stavební jámy Myslbekova



Příčný řez stavební jámou Myslbekova

## Portálová stavební jáma Letná, stavba 0079 Špejchar–Pelc–Tyrolka (2007–2008)

**S**tavební jáma Letná, budovaná v rámci výstavby tunelu Blanka M0 Praha, byla jednou z největších a nejrozsáhlejších stavebních jam realizovaných v historii společnosti Zakládání staveb, a. s. Jáma měla v podélném směru od východu na západ délku cca 300 m, šířku 127 m a v oblasti portálu hloubku až 25 m. Pro pažení stavební jámy bylo použito několik technologií speciálního zakládání.



Pohled do zapažené stavební jámy od západu směrem k portálové stěně, v popředí výstavba žlb. konstrukcí tubusů

Stavební jáma Letná sloužila jako startovací pro ražbu tunelů pod Stromovkou a zároveň byla využita pro výstavbu části hloubených tunelů, které dále pokračovaly přes křižovatku Špejchar k Prašnému mostu. Po dokončení konstrukce vlastních tubusů byly v prostoru nad nimi v ploše stavební jámy vestavěny monolitické konstrukce podzemních garáží s celkovou kapacitou 850 parkovacích míst. V západní části jámy, u křižovatky U Vorlíků, byly ve stavební jámě dále budovány rozplety pro rampy vjezdů a výjezdů z tunelového komplexu.

### Portálová stěna

Čelní portálová stěna stavební jámy Letná měla délku 75 m a výšku až 25 m. Nad kalotou obou ražených tunelů ji tvořilo

45 ks vrtaných pilot průměru 900 mm, délky 10–11 m, v osových vzdálenostech 1,5 m, spojených v hlavách do železobetonového trámu.

Stěna byla kotvena ve třech úrovních dočasnými pramencovými kotvami přes železobetonové předsazené převázky. Prostor mezi jednotlivými pilotami byl zajištěn klenbičkami ze stříkaného betonu s výztužnou sítí. Nižší část stěny mimo profily budoucích ražených tunelů byla zajištěna mikropilotovou stěnou kotvenou v devíti úrovních a opatřenou stříkaným betonem. Prostor kaloty obou tunelů byl opět opatřen hřebíky a stříkaným betonem.

### Stěny stavební jámy

Boční stěny stavební jámy byly zajištěny záporovým pažením s výdřevou. Zápory byly tvořeny profily I 360 délky až 18 m v rozteči 2 m. Kotvené byly ve čtyřech úrovních přes předsazené ocelové



Portálová stěna tvořená vrtanými pilotami





Portálová stěna zajištěná kotvenou pilotovou stěnou v kombinaci s kotvenými mikropilotami a stříkaným betonem

převázky dočasnými pramencovými kotvami. Spodní část výkopu ve skalní hornině byla provedena ve sklonu 10 : 1 a zajištěna pomocí ocelových svorníků a stříkaného betonu s výztužnou sítí.

Stěny vjezdové a výjezdové rampy proměnné volné výšky 2–18 m byly obdobně jako u obou podélných stěn zajištěny záporovým pažením. Pažení bylo kotveno v jedné až čtyřech úrovních přes zapuštěné nebo předsazené převázky. V horní části bylo záporové pažení ramp doplněno systémem táhel.



Záporové pažení vjezdové a výjezdové rampy

Hlavní objemy prací speciálního zakládání:  
Zápory I 360: 13 200 m  
Kotvy: 34 000 m  
Piloty: 470 m

Zákazník: OHL ŽS, a. s.

Investor: Magistrát hlavního města Prahy

Zpracováno dle vydání Zakládání č. 1/2009



Pohled na zapaženou jámu k západu, kde probíhá výstavba žlb. tubusů



## Metro V. A, montážní šachta z převrtávaných pilot, staveniště BRE 1 (2010–2011)

**N**ová trasa metra A byla v roce 2015 rozšířena západním směrem o 6 km a čtyři nové stanice. Trasy tunelů byly navrženy jako ražené, kdy pro větší část jednokolejných tunelů byla použita technologie TBM (Tunnel Boring Machine) s využitím dvou razicích štítů. A právě pro instalaci technologie TBM bylo nutné vybudovat kruhovou **montážní šachtu**, která se nacházela poblíž křižovatky Vypich na staveništi BRE 1. Šachta sloužila společně s nedalekou **přístupovou štolou** i pro zásobování technologie TBM až do doby převedení stavby na staveniště, ležící dále na trase (Veslavín).



Montážní šachta z převrtávaných pilot, příprava na instalaci technologie TBM

### Způsob provedení šachty

Šachta byla navržena jako dočasná s předpokládaným využitím po dobu cca 4 let. Rozměry šachty byly mimořádné: šachta měla průměr 24,8 m a dosahovala hloubky 33,9 m od upraveného terénu. Pažení bylo vytvořeno z **88 ks převrtávaných pilot** Ø 1180 mm, délky 35 m, v osové vzdálenosti 885 mm. Piloty nad budoucím profilem tunelu byly příslušně zkráceny tak, aby nebránily v následném provádění výrubu tunelu. Vrtání pilot předcházelo zřízení vodicích šablon, které na povrchu přesně vymezovaly nasazení pažnic. Vrty byly hloubeny vrtnou soupravou Bauer BG 25 s využitím dopažovacího

zařízení Leffer. Pro dosažení požadovaných geometrických tolerancí byly nasazeny dvouplášťové pažnice těžké řady HD. Armokoše pro sekundární piloty o celkové délce 35 m se skládaly ze tří částí, které byly spojovány ve svislé poloze nad vrtem.

Před zahájením těžby šachty byl v hlavách pilot ještě zhotoven železobetonový trám T1 a s probíhajícím výkopem byly také postupně zhotoveny ve třech výškových úrovních železobetonové celokruhové převázky T2, T3 a T4. Ve spodní části šachty, v místě budoucího tunelu, byla jako stabilizační prvek provedena ve dvou výškových úrovních přerušovaná železobetonová převázka, kotvená šesti osmipramencovými kotvami.





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

### Statické řešení

Statický výpočet zajištění stavební jámy montážní šachty vycházel ze základního principu chování kruhového objektu, tj. při rovnoměrném zatížení po obvodu vznikají v průřezu pouze osově síly. V praxi ovšem konstrukce není zcela symetrická (vliv provedení pilot a jejich zkrácení v místě přístupové štol) a není zatížena symetricky (nerovnoměrné zatížení na povrchu, deformace konstrukce), a tedy v průřezích ve skutečnosti vznikají určité ohybové momenty. Základním předpokladem navrhované konstrukce je tedy dodržení maximální možné svislosti převrtávaných pilot. Při provádění pilot však nevyhnutelně dochází k nějakému odklonu od svislice ve všech směrech a tím ke zmenšování propojovací části primární piloty. Pak přestává působit efekt radiální osově síly a piloty jsou po své délce namáhány skutečnými ohybovými momenty.

Ve statickém výpočtu bylo proto uvažováno s maximálním odklonem pilot 1 %, což znamenalo, že propojovací část primární piloty by ztratila svoji funkci v cca 18 metrech. Během provádění pilot bylo



Odtěžená stěna montážní šachty na úrovni převázek T2 a T3

průběžným měřením svislosti zjištěno, že více než 70 % pilot má vynikající svislost do 0,3 % odchylky a maximální odchylka byla cca 0,5 %. Na základě těchto výsledků byl upraven i model konstrukce, kde primární piloty byly do modelu zahrnuty v celé délce. V průběhu těžby byl tvar konstrukce pečlivě monitorován; sledována byla především její ovalita (po obvodě bylo postupně osazováno osm geodetických bodů). V hloubce jámy 22 m pod terénem byla naměřena maximální vodorovná odchylka 18 mm, což dobře korespondovalo s předpoklady výpočtu. Podobně výborných výsledků pak bylo dosaženo i na základové spáře v úrovni procházejícího tunelu.

### Stavební jáma sjezdové rampy pro přístupovou štolu

Kromě zajištění montážní šachty bylo součástí dodávky Zakládání staveb, a. s., na této stavbě i zajištění stavební jámy pro sjezdovou rampu k přístupové štolu a zajištění její portálové části. Přístupová štola sloužila k výstavbě montážní komory TBM, přístupových tunelů do stanice, traťových tunelů a ražené jednolodní stanice Petřiny.



Zajištěná stavební jáma sjezdové rampy pro přístupovou štolu

Zajištění svahů této poměrně rozsáhlé stavební jámy bylo rozděleno do tří postupných výškových úrovní s různým sklonem. Pro zajištění svahu stavební jámy byl použit stříkaný beton tl. 150 mm, ocelové sítě, zemní hřebíky a kotvy. Prostor v místě ražby přístupové štol byl zajištěn injektovanými sklolaminátovými kotvami. Nad obrysem štol byl pro zpevnění nadloží proveden ochranný mikropilotový deštník.

Hlavní objemy prací speciálního zakládání:  
Převrtávané piloty: 88 ks, dl. 35 m

Zákazník: Metrostav, a. s.  
Investor: Dopravní podnik hlavního města Prahy, a. s.

Zpracováno dle vydání Zakládání č. 4/2010

## Metro V. A v Praze, staveniště Motol – stavební jámy pro hloubené úseky (2010–2012)

**P**rodloužení trasy metra V. A, zahájené v roce 2010, zahrnovalo i výstavbu poslední ze stanic na nové trase – stanici Motol. V rámci její výstavby byla využita široká škála metod speciálního zakládání, na něž teprve mohla navázat výstavba vnitřních konstrukcí a technologií. Jednalo se především o zajištění stavební jámy pro vlastní stanici Motol a dále také o zajištění stavební jámy hloubené části tunelů obrátových kolejí, které pokračují západním směrem dále za stanici.



Stavební jáma stanice Motol během vestavby žlb. konstrukcí. Na stanici navazuje objekt obrátových kolejí s hlobeným a raženým úsekem.

### Stavební jáma stanice Motol

Stanice metra Motol je umístěna v blízkosti Fakultní nemocnice Motol, ve svahu přimknutém k ulici Kukulově. Výškové poměry svahu a trasy umožnily koncipovat stanici hloubeným způsobem v odřezu, což je výhodné pro cestující, neboť stanice je přirozeně osvětlena a větrána. Pro vyloučení zemních tlaků na konstrukci stanice byl svah zajištěn pomocí trvale kotvené opěrné konstrukce s využitím **technologie podzemních stěn**.

Vlastní návrh podzemní stěny značně komplikovala skutečnost, že opěrná stěna byla budována ve svahu s kernými sesuvy; zohledněn musel být rovněž i vliv nové trvalé souvislé stěny na úroveň hladiny podzemní vody za touto konstrukcí. V půdoryse pažicí podzemní stěna kopíruje vnější obrys stanice po celé její délce. Rozvinutá délka stěny je 163 m, zajišťovaný výškový rozdíl je až 20 m. Podzemní stěna má tloušťku 80 cm a je členěna na 26 lamel propojených v hlavě žlb. věncem. Všechny kotvy jsou navrženy a provedeny jako trvalé





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

6pramencové, osazené ve třech, resp. dvou, kotevních úrovních.

Stěna je od vlastní stanice oddělena prostorem cca 1,5 m, který umožňuje sledování případné změny napjatosti v kotevním systému.

Vzhledem k zastižené geologii (skalní podloží s prolohami tvrdých rohovců), bylo třeba podzemní stěnu provádět pomocí

hydrofrézy, a nikoliv klasicky pomocí drapáku. Aby v budoucnu nemohlo dojít za stěnou k vystoupaní hladiny na vyšší úroveň, než na jakou byla dimenzována, byly v dolní partii stěny navrženy odlehčovací vrtý. Deformace stěny byly během odtěžování konstrukce výstavby neustále sledovány, stejně jako síly v kotvách. Severní strana stavební jámy v pokračování trvale kotvené podzemní stěny byla zajištěna pomocí **kotvené pilotové stěny**. Jižní

strana byla zajištěna **kotveným záporovým pažením** a východní strana stavební jámy s portálem ražených tunelů byla řešena jako **kotvený svah zajištěný stříkaným betonem s výztužnou sítí**. Zbývající západní strana jámy byla svahovaná do navazující stavební jámy pro hloubené konstrukce obrátových kolejí.

### Objekt obrátových kolejí metra

Součástí staveniště Motol byl také objekt obrátových kolejí navazující na stanici, budovaný jako hloubený dvoukolejný tunel o celkové délce 189 m, a dvoukolejný ražený tunel délky 217 m. Stavbaři se zde museli vyrovnat s poměrně zásadním omezením, které pro výstavbu představovalo nadzemní vedení vysokého napětí nad tímto objektem. Pro zajištění stavební jámy v dotčeném úseku tak bylo možné použít pouze



Trvale kotvená podzemní stěna



mechanismy s omezenou výškou a konstrukčním uspořádáním bez lan a bez zvedacích ramen, aby byl dodržen ochranný prostor pod vedením.

Pro dočasné zajištění stavební jámy hloubeného úseku obrátových kolejí byly navrženy celkem tři typy pažení: pilotové, záporové a mikropilotové.

Větší část severní stěny přiléhající ke stanici tvořila **pažící pilotová stěna** celkové délky cca 100 m z pilot průměru 900 mm, délky od 15 do 19 m. Stěna byla kotvena 6- a 8pramencovými kotvami přes ocelové převázky ve 3-4 kotevních úrovních. Prostor mezi pilotami byl s postupem hloubení zajištěn stříkaným betonem s výztužnou sítí.

Zajištění větší části jižní strany stavební jámy tvořila **stěna z ocelových zápor s klasickou výdřevou**. Stěna byla kotvena 4pramencovými kotvami přes ocelové převázky ve 2-3 kotevních úrovních.

**Mikropilotové pažení** bylo provedeno na té části jámy, nad níž procházelo vedení vysokého napětí, a nebylo zde tedy možné použít mechanizaci pro vrtání pilot či zápor. Jednalo se o oblast



Hloubený tunel obrátových kolejí

portálové stěny a části severní a jižní stěny. Mikropiloty byly z trubek 114/10 mm nastavovaných pomocí šroubového spoje. Maximální délka jednoho dílu byla 3 m. Mikropilotová stěna byla kotvena ve 3-4 úrovních pomocí dočasných 4pramencových kotev přes ocelové převázky.



Zajištění stavební jámy hloubené části obrátových kolejí, pohled na severní kotvenou pilotovou a mikropilotovou stěnu

Za rubem severní pažící stěny byl proveden systém vertikálních drénů – drenážních trubek Ø 65 mm s filtrem, osazených na líc horniny mezi jednotlivými zajišťovacími prvky stavební jámy. Tento systém zajišťoval dočasné odvodnění rubu pažení a snižoval tlak podzemní vody na rub pažící konstrukce. Celý systém odvodnění byl ještě doplněn **semi-horizontálními odvodňovacími vrty**.

Hlavní objemy prací speciálního zakládání:

Podzemní stěna: 3150 m<sup>2</sup>

Piloty: 1200 m

Kotvy trvalé: 400 m

Kotvy dočasné: 6500 m

Zákazník: Sdružení metro V. A (Dejvická-Motol), zastoupené firmami Metrostav, a. s., a Hochtief CZ, a. s.

Investor: Dopravní podnik hl. m. Prahy, a. s.

Zpracováno dle vydání Zakládání č. 1/2012



**ZAKLÁDÁNÍ<sup>®</sup>  
STAVEB**



- # Přes 50 let historie firmy
- # Zakládání stěžejních staveb v ČR
- # Silné technologické a strojní zázemí
- # Působení v regionu celé střední Evropy
- # Široké spektrum technologií speciálního zakládání
- # Pružnost a variabilita při optimalizaci technických řešení

Zakládání staveb, a. s.  
K Jezu 1, P. S. 21  
143 00 Praha 4 - Modřany  
[zakladani.cz](http://zakladani.cz)



## Rekonstrukce části přístavu Gruž v Dubrovniku určeného pro osobní dopravu (2010)

V souvislosti se zvyšující se lodní dopravou směřující do města Dubrovniku bylo v roce 2011 rozhodnuto o rekonstrukci a dostavbě další části přístavního mola pro osobní dopravu v přístavu Gruž. Prvních 810 m přístavního mola bylo zrekonstruováno již v letech 2005–2010. Tato délka mola dovolovala přijmout však pouze dva až tři námořní kruizery najednou, což bylo pro rostoucí počet příježdějících návštěvníků do budoucna nedostatečné. Nově navržená kotevní mola o délce 230 m byla umístěna do prostoru pod dubrovnickým mostem; staveniště se tak nacházelo prakticky na stejném místě, kde v roce 1999 společnost Zakládání staveb, a. s., realizovala pilotové založení tohoto visutého mostu F. Tuđmana, novodobého symbolu a vstupní brány do historického města Dubrovnik.



Celkový pohled na přístav Gruž, v popředí staveniště nových mol

### Projekční řešení nových mol

Nová přístavní mola byla navržena na pilotách o průměru 1500 mm s patou rozšířenou na 1800 mm a vetknutou na hloubku 4,5 m do zdravého skalního podloží, tvořeného druhohorními vápenci a dolomity. Parametry těchto pilot byly tedy výjimečné – do té doby pracovníci ZS prováděli z plavidel piloty do max. průměru 1200 mm, pro něž postačovaly vrtné soupravy menších rozměrů i hmotnosti.

Celkem 88 ks pilot zde bylo rozmístěno ve třech dilatačních celcích ve třech řadách podél stávajícího břehu přístavu

v rastru 7,0x7,0 m. Všechny piloty byly opatřeny trvalou výpažnicí o průměru 1500/6 mm, která byla zapažena min. 0,5 m pod povrch skalního podloží. Mohutný armokoš sestával ze 42 svislých prutů Ø 32 mm a spirály z žebrované oceli Ø 19 mm se stoupáním 100 mm. Hmotnost 1 bm armokoše byla 460 kg.

Délka jednotlivých pilot se pohybovala od 11 m do 29 m, průměrná délka byla 19,0 m. Pro zhotovení pilot byly stanoveny přísné výrobní tolerance – půdorysné umístění do 20 mm ve všech směrech od ideálního středu piloty a max. odklon od svislice 1 : 75.





Ponton se strojní sestavou Bauer BG 36H a Kobelco EM700

### Realizace pilotového založení

Hlavní vliv na výběr strojního vybavení i pontonu, ze kterého se měly práce provádět, měly projektované parametry pilot. Průměr rozšířené paty ve skalním podloží 1800 mm vyžadoval použití pracovního pažení o průměru 2000 mm. Hmotnost 1 m dvouplášťové pažnice tohoto průměru byla cca 2 t, a maximální hmotnost pažnicí kolony dosahovala tedy u nejhlubších pilot až 45 t! Hmotnost osazovaného armokoše dosahovala až 15 t, podobnou hmotnost měly i trvalé výpažnice.

Hmotnost nasazené vrtné soupravy Bauer BG 36 a jeřábu Kobelco, spolu s vrtným nářadím a pažnicemi, přesahovala 200 t. Všem těmto parametrům bylo nutné přizpůsobit i výběr vhodného pontonu o dostatečném výtlačku 1000 t, kotveného specifickým způsobem (tzv. na krátko). Tento způsob kotvení měl vyloučit naklánění (houpání) pontonu nad přijatelnou mez při jednotlivých pracovních operacích. Během realizace se však brzy ukázalo, že naklánění se přesto nepříznivě projevuje – zejména při odpažování docházelo k náklonu paluby a zanoření plavidla až o 90 cm. Výkyvy pontonu pak způsobovaly nadměrné namáhání vrtné soupravy, zejména vrtné hlavy a teleskopu, a ohrožovaly dodržení přípustných tolerancí hotové piloty.

Značné zlepšení přinesla až změna způsobu fixace pontonu pomocí speciálně navržené konstrukce osazené na již

hotovou pilotu v předešlé řadě a kompenzací kroutícího momentu přenášeného ze stroje na ponton pomocí táhla spojeného s další dokončenou pilotou. Tím se minimalizovaly pohyby pontonu na přijatelnou míru a zbývající piloty již byly dokončeny bez dalšího nadměrného opotřebení strojů i zařízení.

S ohledem na přísné tolerance v umístění piloty bylo nutné co nejpřesněji zahloubit úvodní pažnici. Jejím pečlivým zavrtáním se dosáhlo optimálního umístění vrtu a nebylo nutné následně obtížně centrovat pilotu v nepřesně umístěné pažnici kolony. Po zavrtání pažnicí kolony o průměru 2000 mm přes mořské sedimenty na úroveň skalního podloží bylo nutné zahloubit patu piloty o průměru 1800 mm na hloubku 4,5 m do zdravého vápence či dolomitu. Vrtání se provádělo použitím kombinace skalního spirálového vrtáku, skalního hrnce a jádrováků různého průměru.

Další operací bylo osazování armokoše a trvalé výpažnice. Kratší armokoše se osazovaly přímo pásovým jeřábem, delší pomocí jeřábu, kterému při zdvímání pomáhala vrátkem vrtná souprava. Armokoše delší než 15 m se skládaly ze dvou i tří kusů, které se postupně spojovaly přímo nad vrtem. Trvalá výpažnice 1500/6 mm se následně „navlékla“ přes osazený armokoš a zafixovala se požadovaných 0,5 m pod povrchem



Vrtání skalním hrcem 1800 mm v pažnici 2000 mm



skalního podloží. Byla dodávána v jedné kuse a musela se zdvíhat a osazovat jeřábem i vrtnou soupravou. Následná betonáž se prováděla pomocí čerpadla betonové směsi a betonovacích rour. K odpažení výpažnice se používaly pouze tahová síla a kroutící moment vrtné soupravy spolu s tahem pásového jeřábu. I přes značné problémy s dodávkou betonu a armokošů od místních subdodavatelů se podařilo odevzdat všech 88 ks pilot v požadovaných tolerancích a v odpovídající kvalitě, kterou potvrdily provedené testy integrity.

Hlavní objemy prací speciálního zakládání:

Celkový počet pilot: 88 ks

Délka pilot: 1673 m, z toho 312 m v podložním zdravém dolomitu

Hmotnost uložené výztuže: 764 194 kg

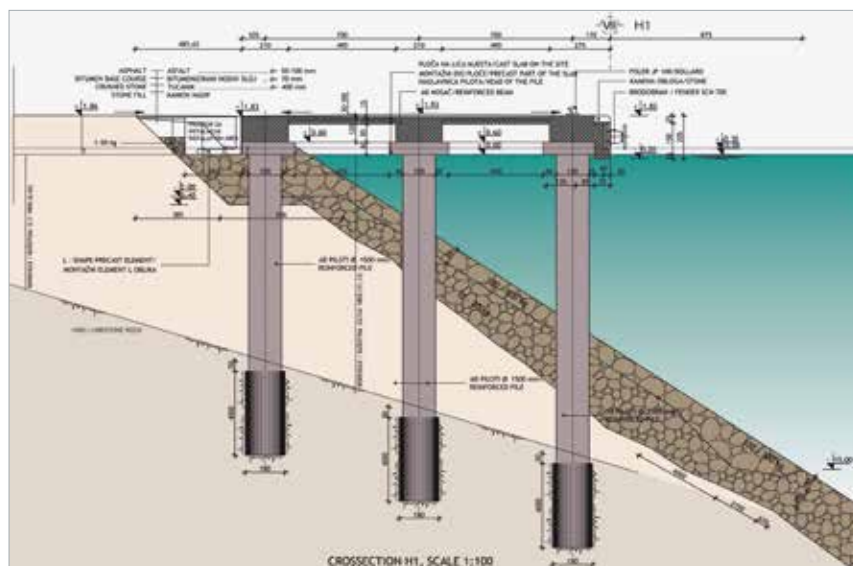
Délka trvalých výpažnic: 1329 m

Objem uloženého betonu: 3610 m<sup>3</sup>

Zákazník: Pomgrad Inženjering d. o. o. Split

Investor: Lučka uprava Dubrovnik  
(Ředitelství přístavu Dubrovnik)

Zpracováno dle vydání Zakládání č. 4/2011



Příčný řez založením mola



Vrtání dolomitu jádrovákem menšího průměru



Osazování trvalé výpažnice prům. 1500 mm



Přemisťování armokoše k ústí vrtu



## Výstavba nového podzemního dopravního terminálu a navazujících hloubených tunelů Łódź-Fabryczna v polské Lodži (2013–2014)

V roce 2021 byla v polské Lodži zahájena výstavba nového víceúčelového dopravního terminálu Łódź-Fabryczna. Na ploše kolem šesti hektarů zde vznikl moderní dopravní uzel s kombinací železniční, autobusové a osobní dopravy. Tento dopravní terminál je nyní ústředním prvkem dále se rychle rozvíjejícího Nového centra Lodže. V první fázi stavby bude podzemní stanice spojena novými tunely s východním železničním okruhem, v další fázi se počítá i s jejím propojením na okruh západní, umožňující zrychlení železniční tranzitní dopravy z Varšavy západním směrem do Prahy a do Berlína. Celý projekt Łódź-Fabryczna byl rozdělen na dvě hlavní části. První část představuje vlastní dopravní terminál, budovaný ve staničení 0,0–0,65 km. Druhou částí jsou navazující hloubené tunely v délce 1,45 km ve staničení 0,65–2,10 km. Na založení stanice a výstavbě navazujících tunelů se zásadní měrou podílela v letech 2012–2014 i společnost Zakládání staveb, a. s.



Provádění baretů v objektu stanice hloubky až 53 metrů

### Technické řešení objektu terminálu

Stavební jáma pro vestavbu objektu stanice měla rozměry cca 650x150 m. Zajištění jámy a současně i hlubinné založení objektu bylo provedeno technologií podzemních stěn. Jednalo se o trvalé konstrukční podzemní stěny o tloušťce 1000 mm (jih) a 1200 mm (sever) s hloubkou 26,0–33,0 m. Většina podzemních stěn byla

prováděna ze svahovaného předvýkopu (cca 7,5 m hlubokého). Z pracovní úrovně předvýkopu byly kromě obvodových lamel podzemních stěn provedeny v ploše předvýkopu i svislé nosné prvky – „barety“ –, umístěné systémově v osách o rozteči 12,0 m. Barety – převážně jednozáběrové elementy podzemních stěn o půdorysném rozměru 2,8x1,0 m – dosahovaly hloubek až 52,0 m.



Situace stavby s vyznačením výstavby jednotlivých etap



Příčný řez objektem stanice: po obvodě je založena a zajištěna pomocí podzemních stěn, v ploše pak pomocí baretů

Pro výstavbu stanice byla zvolena metoda „top and down“. Tento princip výstavby využívá jednu finální stropní desku budoucího objektu podepřenou systémem samostatně stojících baretů jako rozpěrnou konstrukci obvodových stěn a umožňuje zahájit práce směrem nahoru i dolů. Ve stejnou dobu lze stavět nadzemní patra budovy a současně provádět výkop pod stropní deskou až na finální úroveň pro základovou desku.

Před zahájením těžby stavební jámy pod stropní deskou bylo nutné snížit hladinu podzemní vody, která dosahovala cca 1,5 m pod úroveň hlav podzemních stěn. Původním plánem generálního dodavatele bylo zatěsnění celého dna stavební jámy vodonепropustnou deskou z tryskové injektáže. Nakonec bylo od tohoto návrhu upuštěno a generální dodavatel stavby zvolil

metodu depresního čerpání podzemní vody. Podzemní voda byla po celou dobu výstavby čerpána ze studní a systémem sběrného potrubí odváděna do cca 7 km vzdáleného potoka. Snížení hladiny na požadovanou úroveň pod základovou spáru základové desky bylo dosaženo již za tři týdny. Toto řešení, ač zpočátku vnímané jako rizikové, se nakonec ukázalo být funkčním.

### Technické řešení hloubených tunelů

Původní návrh budování tunelů navazujících na dopravní terminál počítal s ražbou pomocí štítu TBM, nakonec však byly tunely prováděny jako hloubené, systémem „cut and cover“. Z úrovně předvýkopu, zčásti svahovaného, případně zajištěného záporovým pažením, byly realizovány konstrukční podzemní stěny tloušťky 800 a 1000 mm a hloubky cca 20 m. Z podzemních stěn byly vytvořeny dvě liniové stěny, vzdálené od sebe 22,0 m.



Nasazení čtyř bagrů a čtyř plazových jeřábů na výstavbě hloubeného tunelu (II. etapa)



Nasazení bagru se zkráceným výložníkem pod viaduktem Kopciňského





Objekt stanice v oblasti centrálního atria s konstrukcemi podzemních stěn

V podélné ose tunelu byly provedeny středové barety, které následně vynášejí stropní desku rozpírající obvodové stěny tunelu a zároveň jsou využity v budoucí středové dělicí stěně. Po provedení stropní desky byla zemina pod deskou vytěžena až na úroveň základové spáry. Základová deska pak působí jako druhý rozpěrný prvek. Vytěžený materiál může být ukládán rovnou na stropní desku – proto název „cut and cover“.

Pro zhotovení podzemních stěn byla používána technologie těžby rýhy lanovými drapáky Stein na nosičích Liebherr. Pro těžbu rýhy jednozáběrových baretů hloubek až 52,0 m byla nasazena hydrofréza BC32 na nosiči MC64. Pro dodržení termínů výstavby bylo nasazení ve druhé etapě na hloubeném tunelu maximální: pracovaly zde současně čtyři kompletní technologie (nosič s drapákem plus plazový jeřáb) a dvě zateplená hospodářství na výrobu a čištění pažicí bentonitové suspenze.

Velkou technickou výzvou pak byl úsek staničení 0,650–1,100 km v oblasti před a pod viaduktem Kopcińskiego – hlavní dopravní tepnou Lodže, který společnost Zakládání staveb, a. s., prováděla v poslední etapě prací. Podzemní stěny se zde prováděly pod provozovanými mosty v prostoru se světlou výškou pouze 8,5 m (!), bez možnosti výluky. V takto výškově limitovaném prostoru byly prováděny jak těžba rýhy, osazení pažnic a armokošů, tak i betonáž a následné vytažení pažnic.



Centrální atrium: na konstrukce podzemních stěn navazuje výstavba dalšího podlaží

### Závěr

Projekt Łódź-Fabryczna představoval pro firmu Zakládání staveb, a. s., jednu z největších dosud realizovaných staveb technologií podzemních stěn – objem zhotovených podzemních stěn zde byl cca 93 tisíc m<sup>2</sup>, což představovalo cca 70 % z celkového objemu prací touto technologií na této stavbě. Zbylou část podzemních stěn realizovaly firmy Icotekne (italská), Terratest (španělská) a Stump (německá). Zátěž lidí a strojů na této stavbě byla enormní. Technicky náročná stavba, navíc v cizojazyčném prostředí, vyžadovala od všech zúčastněných velké osobní nasazení, obětavost a schopnost překonávat mnohé krizové situace. Díky tomu však firma Zakládání staveb, a. s., získala v silné konkurenci na polském trhu respektované postavení, a může tak být považována za spolehlivého partnera pro další stavby nejen v Polsku, ale i jinde v Evropě.

Hlavní objemy prací speciálního zakládání  
Podzemní stěny: 89 000 m<sup>2</sup>

Zákazník: Consortium of companies:  
Torpól S.A.–Astaldi S.p.A.–Intercor Sp. z o.o.–PBDiM  
Investor: PKP Polskie Linie Kolejowe S. A., Warsaw

Zpracováno dle vydání Zakládání č. 3/2014 a 4/2014



Pohled na dokončené podzemní konstrukce stanice a navazující úseky hloubených tunelů

## Zajištění stavební jámy objektu Quadria v centru Prahy (2012–2013)

Otevření stavební jámy pro výstavbu multifunkčního objektu Quadrio v samém centru Prahy představovalo v mnoha ohledech velmi náročný úkol, a to jak z projekčního, tak realizačního hlediska. Stavba byla situována do husté okolní zástavby v bezprostředním kontaktu s objektem stanice metra Národní třída a zasahovala do některých jeho konstrukčních prvků. Na této stanici proto bylo nutné na delší dobu přerušit provoz a vozy metra zde jenom projížděly.

Podzemní prostory novostavby zahrnovaly celkem čtyři podlaží a stavební jáma byla tedy navržena na značnou hloubku 20 m od terénu, v místě přemísťovaného VZT kanálu metra až 26 m. Hlavní pažení stavební jámy tvořila kotvená převrtávaná pilotová stěna, prováděná z úrovně předvýkopu, zajištěného do hloubky 5,5 m záporovým pažením.



Pohled do hluboké stavební jámy zajištěné stěnou z převrtávaných pilot

### Záporové pažení předvýkopu

K zajištění výkopu hloubky cca 5,5 m od stávajícího terénu bylo použito záporové pažení s výdřevou. Cílem této koncepce bylo využití předvýkopu k odstranění všech překážek, které by mohly komplikovat, resp. znemožnit, provedení převrtávaných pilot. Záporové pažení bylo navrženo z profilů IPE 300 a IPE 360. Stabilita pažení byla zajištěna pomocí dočasných 3–4pramencových kotev v jedné kotevní úrovni přes zapuštěné kotevní převázky z profilů 2x IPE 300.

### Převrtávaná pilotová stěna

Hlavním prvkem zajišťujícím stabilitu výkopu pro podzemní podlaží objektu byla převrtávaná pilotová stěna z pilot Ø 880 mm. Ve vrchní části byly piloty převrtané, aby byla zajištěna vodotěsnost stavební jámy v místech zvodněné štěrkové terasy. Délky primárních pilot byly převážně 10 m, délky sekundárních pilot pak v rozmezí 13,5–20,0 m. Ve spodní části tedy piloty již převrtávané nebyly. Před zahájením vrtání pilot byly v předstihu zřízeny jednostranné vodící zídky. Vzhledem



k předpokládané geologii byly vrty paženy výhradně pomocí ocelových dvouplášťových pažnic. Primární (nevztužené) piloty Ø 880 mm mají především těsnicí funkci a jsou vetknuty do vrstev zvětralých břidlic (tř. R5/R4) v délce min. 1,5 m. Sekundární (vztužené) piloty Ø 880 mm mají funkci svislého statického pažního prvku.

Piloty Ø 1180 mm byly navrženy v úseku, kde pilotová stěna měla navíc funkci trvalého hlubinného základu. Jednalo se o část západní strany stavební jámy u ulice Spálené v oblasti podél zachovaných středověkých sklepů. Primární i sekundární piloty zde proto byly realizovány na celou délku s vetknutím 5–6 m pod dno stavební jámy.

Ostění pilotové stěny bylo tvořeno stříkaným betonem s výztužnou sítí. Odvodnění rubu pažení bylo zajištěno perforovanou flexibilní hadicí Ø 80 mm, obalenou geotextilií.

Pilotová stěna byla kotvena ve 3–4 úrovních pomocí dočasných 4– a 6pramencových kotev. První kotevní úroveň tvořil železobetonový věnec v hlavě pilot opatřený kotevními průchodkami.



Stavební jáma zajištěná do úrovně předvýkopu, realizace převrtávané pilotové stěny a bourání starých konstrukcí metra původní stanice Národní třída

Kotvy druhé až čtvrté úrovně byly realizovány pod úrovní podzemní vody, tedy s příslušnou úpravou pro vrtání. Převážky byly provedeny monolitické s žlb. s lícem korespondujícím s povrchem stříkaného betonu.



Zajišťování eskalátorového tunelu mikropilotovým deštíkem





Provádění převrtávaných pilot u ulice Spálené



Bourací práce původních základových konstrukcí vestibulu metra



Celkový pohled na stavební jámu během odtěžování sjízdné rampy

### Trysková injektáž

K podchycení stávajícího objektu obchodního domu MY a pro dotěsnění styku pilotových stěn a eskalátorového tunelu metra bylo nutné použít technologii trykové injektáže. Průměr sloupů TI byl 900 mm a jejich pata byla zavázána do skalního podloží. Provádění TI bylo možné až po kompletní realizaci pažicí pilotové stěny v daném úseku.

Zcela specifickou operaci představovalo **zkrácení eskalátorového tunelu** metra zasahujícího do stavební jámy. Demontáž původních tybinků eskalátorového tunelu mohla proběhnout až po zhotovení **mikropilotového deštníku zajišťujícího nadloží tunelu**.

### Zajištění výkopu pro vzduchotechnický kanál

Původní vzduchotechnickou šachtu metra bylo nutné převést nezávislým horizontálním kanálem, umístěným pod základovou deskou novostavby objektu do nové pozice. Výkop pro VZT kanál byl 7–8 m hluboký a 70 m dlouhý. Vzhledem k nestabilnímu horninovému prostředí bylo nutné stěny kanálu v nejhlubším místě pažit mikropilotovou stěnou, kotvenou až ve třech úrovních tyčovými kotvami.

Hlavní objemy prací speciálního zakládání:

Piloty: 5580 m

Kotvy dočasné: 4860 m

Stříkaný beton: 4819 m<sup>2</sup>

Zákazník: Metrostav, a. s.

Investor: CPI Národní, s. r. o.

Zpracováno dle vydání Zakládání č. 3/2013



## Malá vodní elektrárna Štětí – zajištění stavební jámy (2012)

Malá vodní elektrárna (MVE) Štětí je jednou z mnoha elektráren na řece Labi, na jejichž vzniku se v prvních dekádách nového tisíciletí podílela společnost Zakládání staveb, a. s. Dalšími byly MVE Lovosice-Píšťany – 2010, MVE Litoměřice, MVE Velký Osek – 2011, MVE Liběchov – 2013, MVE Roudnice nad Labem-Vědomice – 2013. První úvahy o vzniku MVE u jezu Štětí vznikaly již v roce 1981, nicméně teprve až po více než 30 letech se podařilo projekt uskutečnit. Významným v tomto ohledu bylo i tzv. dodavatelské financování konsorciem Metrostav, a. s., – Zakládání staveb, a. s.



Současné provádění podzemních a štětových stěn

### Stavba MVE

MVE byla vybudována na pravém břehu Labe v prostoru sedmého jezového pole vedle bývalé vorové propusti. Spodní stavba MVE je provedena z vodostavebního železobetonu. Šířka objektu činí 30,2 m, délka 55 m a základová spára se v nejnižším místě nachází 18 m pod upraveným povrchem. Vtokový objekt má včetně nábrežní zdi délku 160 m, zde se také nachází stroboskopický a akustický plašič ryb. Dno vtokového objektu klesá až do hloubky 14 m pod provozní hladinou. Výtokový objekt má délku 135 m. Podmínkou výstavby MVE bylo i vybudování rybiho přechodu, tvořeného 6 m širokou a 70 m dlouhou balvanitou rampou se 130 balvany uspořádanými v 21 řadách. Elektrárna má dvě Kaplanovy turbíny, celkovou hltlost  $340 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  a maximální dosažitelný výkon 5,2 MW.

Úkolem prací speciálního zakládání na tomto projektu bylo vytvořit vodotěsnou stavební jámu pro celý objekt malé vodní elektrárny Štětí.

Z hlediska použitých technologií je možné pažení konstrukce rozdělit do tří skupin:

- **Štětové stěny a jímky** tvoří dočasné pažení v řečišti Labe na celou délku stavební jámy (cca 360 m).
- **Podzemní stěny (PS)** tvoří pažení v celé délce břehové části vtoku, elektrárny a výtoku (cca 375 m).
- **Převrtané pilotové stěny** tvoří pažení v úseku návodní strany vtoku, elektrárny a výtoku (cca 130 m).

Výkop stavební jámy dosahoval hloubky až 18 m od původního terénu, což je asi 17 m pod provozní hladinou Labe.



Betonáž základové desky strojovny MVE v nejhlubším místě stavební jámy, vlevo podzemní stěna, vpravo převrtávaná pilotová stěna

### Štětové stěny

Říční část stavební jámy v nadjezí (horní voda) byla zajištěna pomocí dvojité jímky ze štětovnic VL 604 beraněných z plavidel. V místě ponechaného památkově chráněného hradlového jezu byla navržena jen jednoduchá štětová stěna. Říční část stavební jámy v podjezí (dolní voda) byla zajištěna jednoduchou stěnou ze štětovnic VL 604, beraněnou do předvrtů Ø 880 mm prováděných z lodí a vyplněných jílocementem. V koncovém úseku byla statická stabilita štětové stěny zajištěna ponechanou přítěžovací zemní lavicí.

### Podzemní stěny

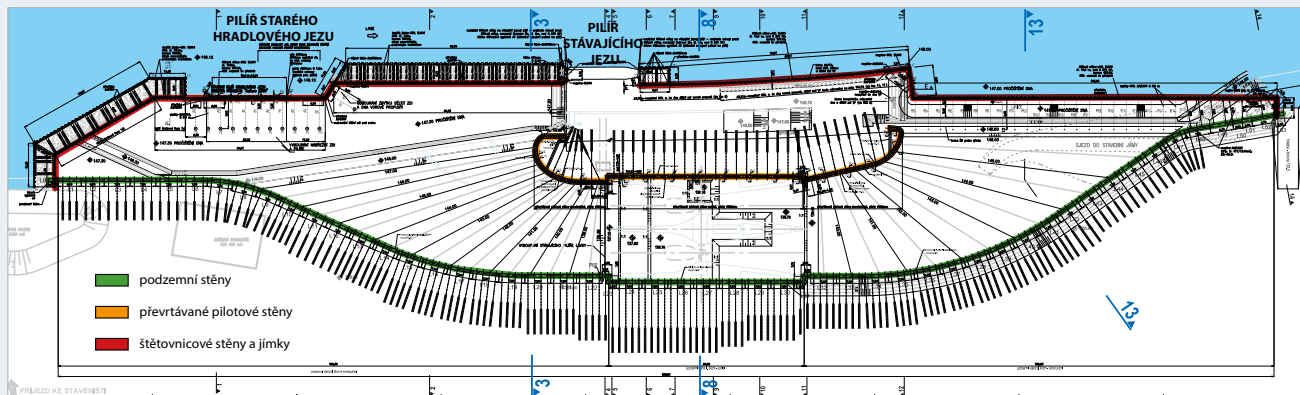
V celé délce břehové části elektrárny byla stavební jáma zajištěna podzemní stěnou tl. 80 cm, kotvenou v 1–3 úrovních pramencovými kotvami. Hloubky lamel se pohybovaly v rozmezí 9–20 m. Podzemní stěny byly prováděny tak, že každá lamela

podzemní stěny byla pod ochranou pažicí bentonitové směsi vytěžena drapákem až na úroveň pevných slínovců a potom dotěžena hydrofrézou Bauer BC32 na hloubku předepsanou projektem.

Ve finální úpravě byla podzemní stěna v místě nátok a výtoku doplněna hlavovým monolitickým trámem.

### Pilotové stěny

K zajištění stability výkopu pro říční část vtokového a výtokového objektu a mezilehlého vlastního objektu elektrárny byla navržena a provedena převrtávaná pilotová stěna z pilot Ø 880/780 mm, kotvená v 1–3 úrovních pramencovými kotvami. Délky pilot se pohybovaly v rozmezí 8–15 m. Pilotová stěna je v celém úseku opatřena hlavovým monolitickým trámem. Pro kotvení pilotových stěn, stejně jako podzemních stěn, platilo, že v místě nátok a výtoku byly navrženy kotvy **trvalé** a v místě vlastního objektu elektrárny byly použity kotvy **dočasné**.



Půdorys stavební jámy s vyznačením použitých technologií pažení



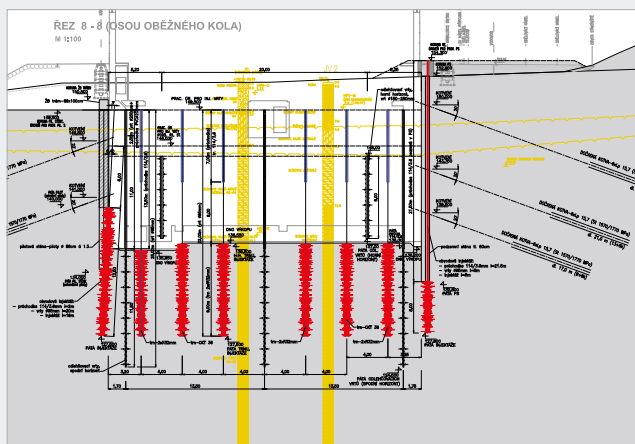


Letecký pohled na elektrárnu před prvním zaplavením (4/2014)

### Zajištění podzemní části objektu

MVE se nachází v místech výskytu artéské vody. Byl proto navržen a proveden soubor technologických opatření směřujících k omezení přítoku artéské vody do stavební jámy v místech s nejhlubším výkopem včetně příkotvení základové desky objektu. Společně s pažením stavební jámy tvořila tato opatření konzistentní koncepci zajištění výkopu podzemní části objektu. Jednalo se především **těsnicí obvodovou injektáž**. Prováděna byla cementovou injektážní směsí pomocí manžetových trubek zapuštěných do vrtů přes průchodky osazené do armokošů podzemních stěn a primárních pilot a do linie příčných stěn v prostoru nátoky a výtoku.

Pod budoucí základovou deskou pak byla provedena **plošná těsnicí injektáž**. Jejím smyslem bylo vytvoření „kvazihomogenní vyztužené horninové desky“ pode dnem stavební jámy.



Řez stavební jámy v místě oběžného kola elektrárny s vyznačením provedené obvodové těsnicí injektáže pod pažicemi konstrukcí a těsnicí injektáže s vyztužením pod budoucím dnem elektrárny

Prováděna byla opět cementovou injektážní směsí. Vrtý pro provedení popsané injektáže byly postupně vystrojeny výztužnými trny a tyčovými kotvami, stabilizujícími základovou desku ve fázi výstavby.

Jako poslední opatření pro snížení potenciálu artéské vody byly provedeny **odlehčovací vrtý** nad a pod úrovní základové spáry objektu.

Hlavní objemy prací speciálního zakládání:

Podzemní stěny tl. 80 cm: 5258 m<sup>2</sup>

Převrtávané piloty: 2325 m

Štětové stěny: 4469 m<sup>2</sup>

Předvrtý pro osazení štětovnic: 2444 m

Zemní pramencové kotvy: 343 ks, 6193 m

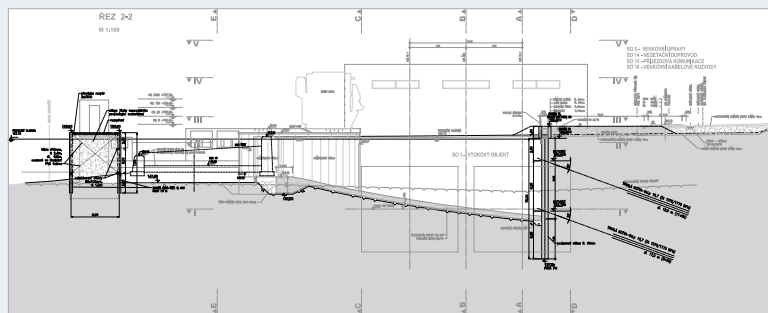
Vrtý pro těsnicí horninovou injektáž: 7797 m

Odlehčovací vrtý: 544 m

Investor: Energeia, o. p. s.

Dodavatelské financování: Metrostav, a. s., a Zakládání staveb, a. s.

Zpracováno dle vydání Zakládání č. 2/2014.



Řez stavební jámy v nadjezí, pažení dvojitou štětovou nasazenou jímkou a kotvenou podzemní stěnou

## Tunely pro kolejovou dopravu ve městě Karlsruhe, Německo (2013–2015)

**V**e městě Karlsruhe, ležícím na jihozápadě Německa v blízkosti francouzských hranic, byl v letech 2010–2018 realizován rozsáhlý dopravní projekt tzv. městských tunelů pro kolejovou dopravu za více než 600 mil. euro. Jejich smyslem bylo svedení veškeré kolejové dopravy, a to jak tramvajové, tak vlakové, do tunelů, které budou procházet pod dvěma hlavními městskými třídami v celkové délce cca 3 km. (V Karlsruhe jsou příměstské vlakové linky při průjezdu městem svedeny na koleje běžné tramvajové dopravy.)



Pohled na Ettlenger Strasse během provádění podzemních stěn hloubeného tunelu

### Základní koncept projektu

Celá stavba městského tunelu se dělí na dva základní úseky půdorysně ve tvaru písmene T: ve směru východ–západ pod třídou Kaiserstrasse v délce cca 2,4 km a ve směru sever–jih pod třídou Karl-Friedrich Strasse v délce cca 1 km. V prvním úseku byl tunel kompletně ražen metodou TBM, když byly předtím vybudovány jednotlivé zastávky a nájezdové rampy. Na druhé, kolmé jižní větvi pak byla trasa v délce ca 250 m ražena metodou NRTM v přetlaku vzduchu a zbývající část směrem na jih byla hloubená.

Vzhledem k místním geologickým poměrům a absenci nepropustného podloží ve vyhovující hloubce musely být jednotlivé stavební celky v této lokalitě dokonale utěsněny proti vodě. Základní koncepce řešení jednotlivých úseků stavby proto spočívala ve zhotovení nepropustného obvodového pláště z podzemních stěn (PS) nebo štětovic, kotveného v několika úrovních pramencovými zemními kotvami. Dno stavební jámy bylo pak těsněno plošnou tryskovou injektáží (TI) v tloušťce cca 1,2 m. Tato těsnicí konstrukce současně rozpírá paty obvodových stěn. Celá konstrukce byla ještě doplněna o tahové GEWI tyče proti vzlaku spodní vody.

Práce speciálního zakládání na této stavbě se týkaly všech zastávek na budovaných trasách (celkem 8), dále hloubeného úseku na jižní větvi a všech tří objektů nájezdových a výjezdových ramp. Těžiště prací společnosti Zakládání staveb, a. s., bylo především na jižním hloubeném úseku a na nájezdových rampách.

### Pažící podzemní stěny

Pro úseky budoucích hloubených tunelů byly navrženy podzemní stěny kotvené v jedné nebo dvou úrovních pramencovými kotvami. Zemní práce potom probíhaly v otevřeném výkopu. Pro objekty stanic byly navrženy podzemní stěny rozpírané stropními konstrukcemi, pod nimiž probíhala těžba. V hlavě armokošů PS proto musela být osazena startovací výztuž pro navázání na tuto budoucí stropní konstrukci.

V závislosti na projekčním řešení byly podzemní stěny prováděny v různých tloušťkách: 80, 100, 120 cm. Hloubka podzemních stěn se pohybovala v rozmezí 12,0–27,0 m. Svislost každé lamely byla sledována a vyhodnocována monitoringem.





## Osazování armokoše s kotevními průchodkami, Ettlinger Strasse

## Pramencové kotvy

Pramencové kotvy byly použity pro kotvení podzemních a štětových stěn na nájezdových rampách a hloubených úsecích tunelu. Kotvy byly prováděny v prostředí nad i pod hladinou podzemní vody a upraveny pro životnost min. 5 let.

## Trysková injektáž

Sloupky plošné těsnící tryskové injektáže byly navrženy Ø 3,7 m a byly prováděny v základním rastru 2,3x2,76 m s hloubku vrtu až 23 m s výškou sloupu cca 1,2 m.

Stanovení průměru sloupů TI předcházel rozsáhlý pokus s kontrolou jádrovými vrty tak, aby volba průměru sloupů a základního rastru vrtání byla navržena co nejefektivněji a s jistotou bylo dosaženo co nejlepší těsnosti dna těsněných úseků. Při provádění TI se kontrolovaly kvalita a přesnost prací pomocí monitoringu Jean Lutz LT3 v kombinaci s digitálním inklinometrem Tigor, schopným určit směr a polohu vrtu, osazeným ve vrtné koloně tyčí hned za monitorem.

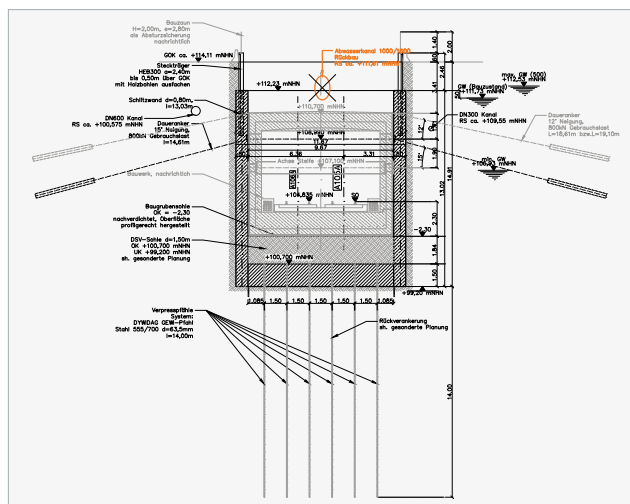
Na základě zaznamenaných dat z monitoringu se provedla celková analýza přesnosti vrtání a kvality prací. Po vynesení dat pak bylo možno identifikovat místa s pravděpodobnou netěsností, která byla následně dotěsněna.



## Těžba podzemních stěn, Ettlinger Strasse

## GEWI tyče

GEWI tyče sloužily jako tahové svíslé prvky proti vztlaku podzemní vody. Osazovány byly v rastru 2,2x2,5 m a ukotveny byly do předtím zhotoveného bloku TI. Systém vrtání a injektáže byl stejný jako u pramencových kotev. Vrty byly paženy na celou délku; nejdelší prvky měly hloubku 38 m a osazovala se do nich GEWI tyč Ø 50 mm a délky 24 m. Od terénu po horní hranu TI bylo hluché vrtání, GEWI tyč se pak osazovala od horní hrany TI a injektovala na celou délku včetně spoje s TI.



Příčný řez hloubeným úsekem na Ettlinger Strasse, podzemní stěny jsou kotvené v jedné úrovni





Těsnění dna stavební jámy hloubeného tunelu pomocí tryskové injektáže, Ettlinger Strasse

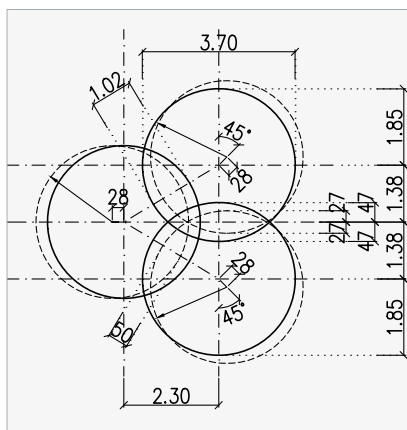


Provádění tahových GEWI tyčí na hloubeném úseku Ettlinger Strasse

### Kontrola těsnosti jednotlivých úseků

Jednotlivé objekty městského tunelu, ať už zastávky nebo spojovací tunely, byly vždy rozděleny do jednotlivých úseků pro lepší možnost následného ověření těsnosti všech provedených technologií. Vodonepropustnost pažicích a těsnících konstrukcí byla vyhodnocována pomocí čerpacích vrtů (studní) a sledováním čerpaného množství vody.

Městský tunel v Karlsruhe byl značně náročným a složitým projektem nejen z hlediska speciálního zakládání, ale i všech navazujících prací. Práce



Příklad geometrie základního rastru závrtných bodů tryskové injektáže

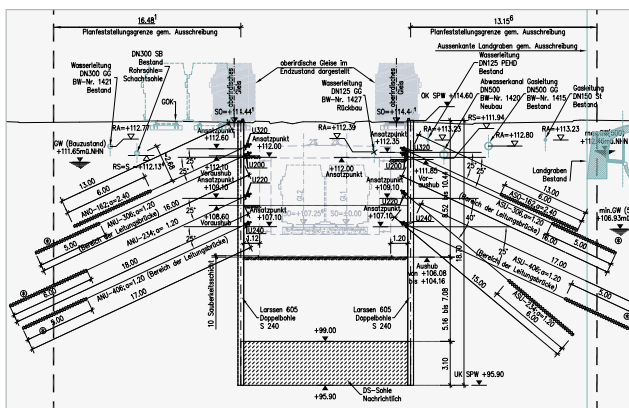
probíhaly ve stísněných poměrech v centru města za plného provozu povrchové dopravy i tramvajových linek. Tato zahradniční stavba přinesla pracovníkům společnosti Zakládání staveb, a. s., některé nové poznatky v oblasti speciálního zakládání, zejména pak v technologii TI v souvislosti s vyhodnocováním kvality provedených prací.

Zákazník: BEMO Tunnelling GmbH  
– Spezialtiefbau  
Investor: Město Karlsruhe

Zpracováno dle vydání Zakládání č. 3/2015



Kotvení podzemních a štětových stěn na Durlacher Rampe



Příčný řez výjezdové rampy (bez vyznačení GEWI tyčí), Durlacher Rampe

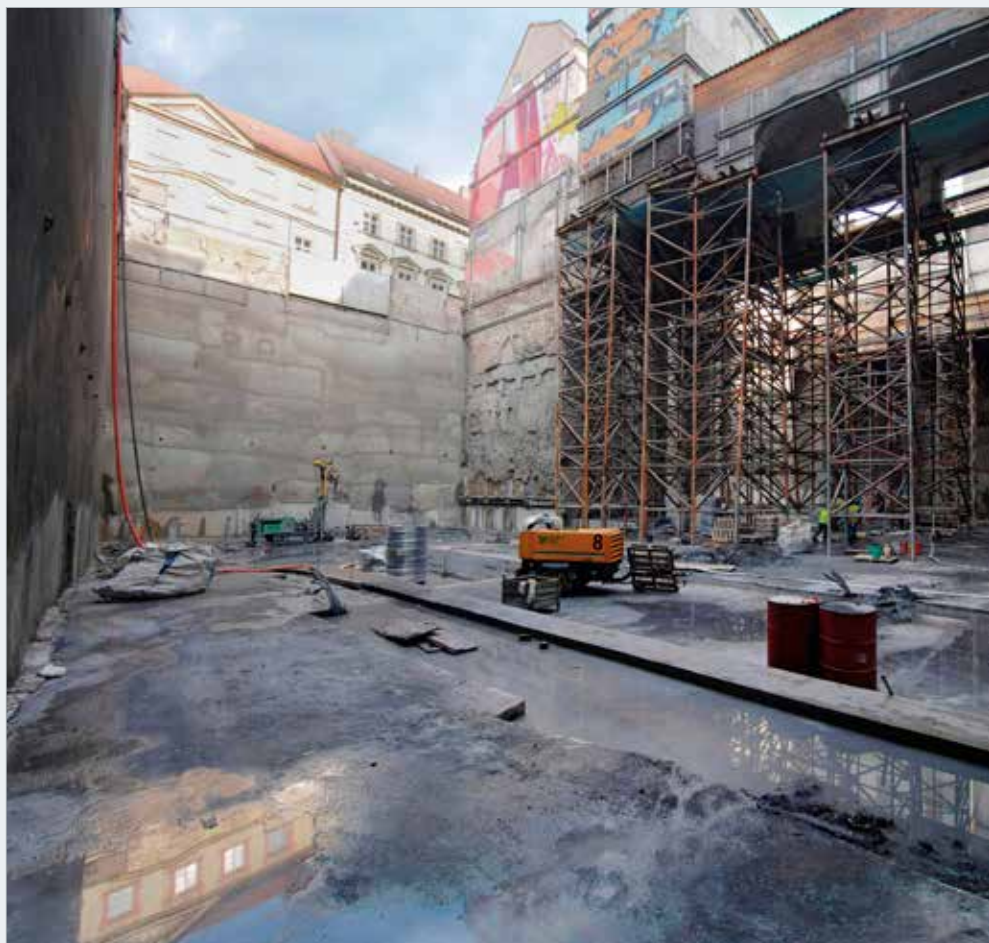


## Palác Národní – zajištění stavební jámy v centru Prahy (2013–2014)

**S**tavební jáma pro přestavbu a novostavbu paláce Národní v centru Prahy zahrnovala plochu na nároží ulic Národní a Mikulandská a sousedního dvorního objektu Mikulandská 7. Jednalo se o jednu z nejhlubších stavebních jam v Praze, zajišťovanou z velké části pomocí technologie tryskové injektáže. Na lokalitě v blízkosti Vltavy musela pažicí konstrukce plnit i funkci těsnicí, neboť hloubka výkopu zde dosahovala přes 14,0 m, což bylo 4 m pod úroveň hladiny podzemní vody a cca 2,0 m pod úroveň povrchu skalního podloží. Součástí zadání bylo i rozsáhlé dočasné podstojkování tří památkově chráněných dvorních křídel historického paláce Mikulandská 7 uvnitř stavební jámy pomocí mikropilotových bárek a ocelové konstrukce. Soubor opatření a technologií uplatněných při zapažení této hluboké stavební jámy a při zachování původních nadzemních konstrukcí činí z této stavby mimořádné technické dílo.

Základy nosných zdí přiléhajících sousedních objektů byly přímo **podchyceny sloupy tryskové injektáže (TI)**, které tak vytvořily po obvodě stavební jámy souvislé těleso. To umožnilo maximální využití stavebního pozemku. Hlavní objem tělesa obvodové TI tvořily sloupy  $\varnothing 1,50$  m. V doplňující druhé řadě sloupů TI, která kromě statické funkce měla i funkci dotěsňující, měly sloupy TI  $\varnothing 1,20$  m. Výjimku z tohoto způsobu zajištění tvořila zeď Apoštolské nunciatury (území Vatikánu), kde byl v úseku délky cca 10,0 m kvůli obavám ze vzniku deformací sousední kaple proveden předřazený blok z dvouřadé TI  $\varnothing 1,0$  m. Tento blok byl vyztužen dvěma řadami svislých mikropilot z ocelových trubek  $\varnothing 127/12,5$  mm, spojených v úrovni horní hrany pažení masivní železobetonovou převázkou. Vrtné a injekční práce se prováděly jednak z výškové úrovně původních dvorních ploch historického objektu, jednak z podlah suterénních místností s maximální světlou výškou stropů do 2,0 m. Z těchto důvodů byly při injektáži použity dvě malé vrtné soupravy MVS 741/20 vlastní výroby.

Výkop stavební jámy zasahoval až do skalního podloží, a to přibližně na hloubku 2,0 m. Jelikož ve skalním podloží se již nevytvoří sloupy tryskové injektáže, byly pro přenos zatížení z paty TI využity **mikropiloty**  $\varnothing 114/10$  mm (lokálně  $\varnothing 127/12,5$  mm) zavrtávané přes sloupy TI. Mikropiloty procházely přes rozložené a zvětřené vrstvy břidlic nacházející se přímo pod patou TI až pod úroveň definitivního výkopu. Umístěny byly tedy po obvodě stavební jámy v jedné řadě v osové vzdálenosti 1,2 m (kromě úseku



Pohled ze dna zajištěné stavební jámy. Vpravo je podchycené severního křídla objektu Mikulandská 7, vlevo je kotvené záporové pažení.

u Apoštolské nunciatury). Mikropiloty byly prováděny z pracovní plošiny pro první kotevní úroveň. Byly odvrtny a osazeny menší vrtnou soupravou rotačním příklepným způsobem. Jak bylo uvedeno v úvodu, tři dvorní křídla bylo nutné zachovat. Bylo u nich tedy navrženo dočasné podchycení a následně

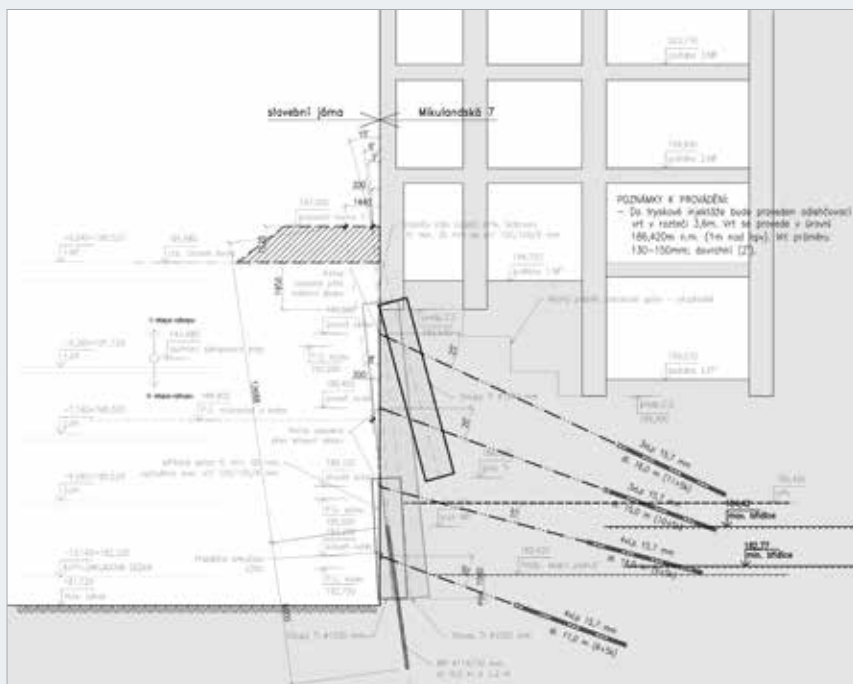


Zahájení stavby – provádění mikropilot pro vynesení památkově chráněných částí dvorní vestavby



Dočasné podchytení ocelovou konstrukcí u jednoho z řady zděných pílířů

vyvěšení ponechané části původního objektu, které umožnilo postupnou realizaci výkopových prací až na definitivní úroveň i v této části stavební jámy. Za tím účelem byl navržen způsob podchytení **pomocí mikropilotových bárek** z mikropilot  $\varnothing 127 \times 12,5$  mm a ocelové konstrukce složené z příčníků a podélníků v úrovni zhlaví mikropilot. Mikropilotové básky byly zavětřovávány v dílčích krocích s probíhajícím výkopem stavební jámy. Postupně tak vznikaly příhradové ocelové sloupy nesoucí části dvorních křídel. Kořeny mikropilot zasahovaly 4,0 m pod úroveň definitivního výkopu. Statické propojení podchyťovaných objektů a bárky bylo řešeno tzv. hlavou bárky. Prostupy pro mohutné příčnický hlav bárek byly vrtány jádrovým způsobem pomocí diamantových korunek přes kamenocihelné zdivo. Spoj příčnicků osazených do těchto prostupů byl poté se stávajícím zdívem aktivován



Příčný řez zajištěním stavební jámy, úsek u palácové budovy Mikulandská 7



Provádění mikropilot pro pažení ve zvětralých vrstvách skalního podloží pod patou T1



Dílčí výkopová úroveň a obnažené sloupky pažic T1





Dílčí výkop na 4. kotevní úrovni. Provádění opatření proti průsakům vody.



Vynášené dvorní křídlo během těžby na základovou spáru a provádění kotvení obvodu stavební jámy

cementovou injekční zálivkou do oboustranného bednění. Vrtý pro mikropiloty bárek byly hloubeny pomocí velké vrtné soupravy s duplexovým systémem vrtání. S touto technologií byly vrtý vyhloubeny a osazeny velmi rychle, a především při dodržení povolených tolerancí v odklonu vrtu od svislé osy. Tato skutečnost byla velmi důležitá pro následnou postupnou kompletaci těchto podpůrných ocelových konstrukcí.

Všechny pažící konstrukce této stavební jámy byly postupně kotveny ve 3–4 úrovních přes ocelové roznášecí převázky. Všechny kotvy byly navrženy jako dočasné a byly zde realizované jednak 3–4pramencové kotvy a také tyčové kotvy typu Dywidag Ø 32 mm. Vzhledem k přítomnosti podzemní vody byl použit duplexový systém vrtání. Zhruba jedna třetina plochy obvodu stavební jámy byla zajištěná pomocí záporového pažení, doplněného tryskovou injektáží v oblasti pod úrovní hladiny podzemní vody.

Jak již bylo naznačeno výše, nepříznivá geologie vrchních vrstev skalního podloží měla poměrně nepříznivý vliv na pažící konstrukci stavební jámy, konkrétně na zavázání sloupů TI do skalního podloží a rovněž na zajištění stavební jámy proti průsakům podzemní vody. Na styku s patou tryskové injektáže bylo proto třeba při výkopu stavební jámy aplikovat stříkaný beton s urychlovačem tvrdnutí a provést maloprofilové injektážní vrtý – ty nejprve sloužily jako „lokální sběrače“ průsaků při provádění

stříkaného betonu; následně byla přes ně prováděna řízená nízkotlaká injektáž, která zajistila celkové dotěsnění.

Hlavní objemy prací speciálního zakládání:  
Sloupy tryskové injektáže: 2960 m  
Ocelové trubní mikropiloty: 1289 m  
Dočasné pramencové a tyčové kotvy: 3959 m

Zákazník: Hinton, a. s.  
Investor: Palác Národní, a. s. (SEBRE, a. s.)

Zpracováno dle vydání Zakládání č. 3/2014



Celkový pohled na staveniště na rohu Národní třídy a Mikulandské ulice s podchycovanými dvorními křídly



## Zajištění stavební jámy nové plavební komory u jezu Hněvkovice a souvisejících objektů (2015–2016)

V rámci dokončení vltavské vodní cesty pro rekreační plavbu v úseku České Budějovice–Týn nad Vltavou byla v letech 2015–2017 realizována i poslední z celkem tří stavebních etap, a to v úseku VD Hněvkovice–Týn nad Vltavou. V rámci budování této etapy bylo zhotovitelem, společností Hněvkovice – Metrostav, Zakládání staveb, realizováno několik staveb, z nichž nejvýznamnější a technicky nejzajímavější představovala právě výstavba nové plavební komory u jezu Hněvkovice.



Beranění štětovic pro zajištění stavební jámy nového jezového pole, vlevo stavební jáma plavební komory s dokončovanými vnitřními konstrukcemi

### Plavební komora u jezu Hněvkovice

Cílem výstavby plavební komory (PK) bylo překonat stupeň tvořený historickým lomeným pevným jezem z roku 1919 s malou vodní elektrárnou na pravém břehu. PK byla navržena jako přímá, situovaná v toku, oddělená od břehu levobřežním koridorem a vysunuta do horní vody jezové zdrže pro minimalizaci pohledových ploch. Užité rozměry PK jsou: šířka 6,0 m, délka 45,0

a minimální hloubka nad záporníkem 3,0 m (při minimální hladině). PK je tak navržena pro plavidla s maximálními rozměry: 5,4 m (šířka) a 44,0 m (délka). Celková délka PK včetně horního a dolního zhlaví je 81,0 m. PK je umístěna v toku řeky blíže k levému břehu, kde k ní přiléhá nově vybudovaný levobřežní koridor, spojující přímo nadjezí a podjezí, který slouží pro převádění povodňových průtoků a pro migraci ryb. Na pravé straně nové PK je umístěno nové jezové pole s klapkou, které navazuje na stávající jez s MVE.





Provádění tryskové injektáže pod patou štětovnic



Betonáž základové desky v zajištěné stavební jámě

### Zajištění stavební jámy PK

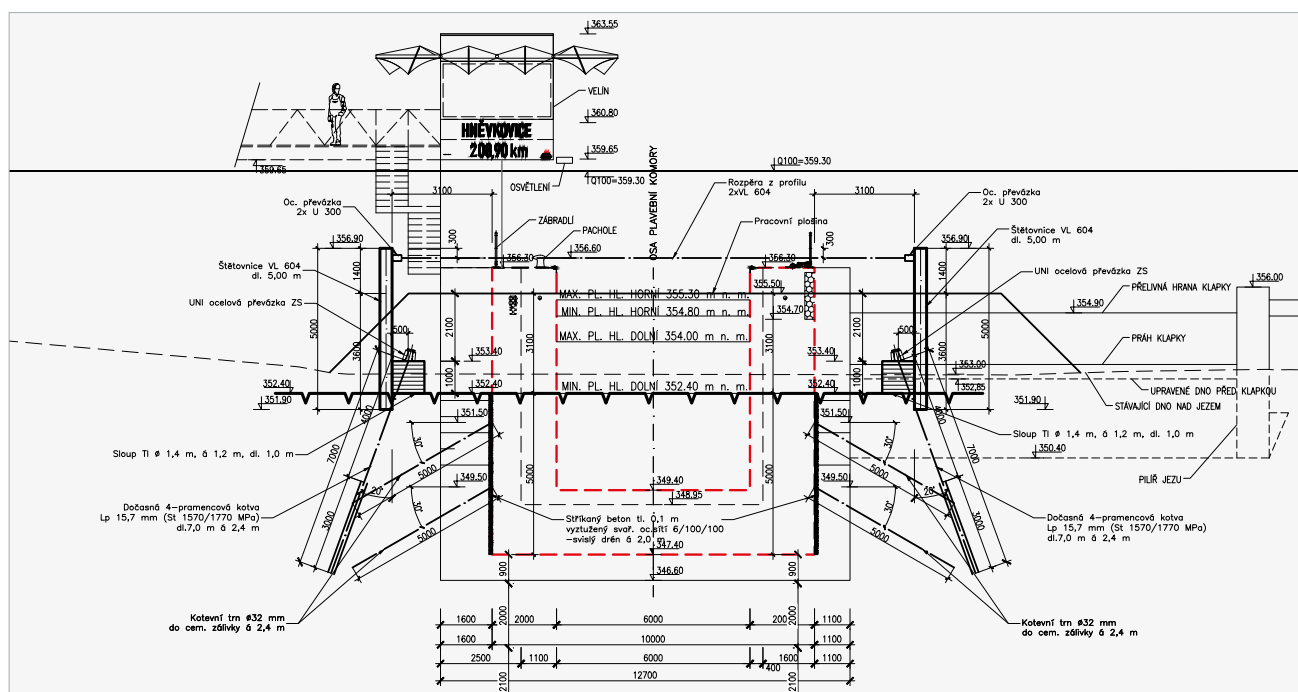
Pro výstavbu PK bylo třeba nejprve zřídit umělý ostrov. Násypový materiál byl získán z dalšího úseku stavby (část toku poblíž Kořenska) při zajišťování dostatečných plavebních hloubek – v celkové kubatuře cca 14 tis. m<sup>3</sup>. Mocnost násypu ostrova na stávající dno řeky byla od cca 3 m v nadjezí do cca 3,6 m v podjezí.

Stavební jáma pro PK byla navržena v horní části jako uzavřená jámka z beraněných štětovnic VL604 délky 5 m, vetknutých v rámci možností do skalního podloží, a v horní úrovni rozepřená svařenci štětovnic VL604. V dolní těžené úrovni byla

stavební jáma zajištěna stříkanými betony a hřebíky Ø 32 mm, délky 5 m ve dvou výškových úrovních.

U paty štětovnic byla z vnitřní strany jámky provedena trysková injektáž. Ta kromě utěsnění spodní hrany štětovnic vytvořila podélný nosník, na který byly instalovány ocelové převázky pro osazení 4pramencových kotev. Trysková injektáž byla realizována sloupy Ø 1400 mm, délky 1000 mm nad úroveň skalnatého dna řeky v rozteči 1,2 m.

Před zahájením těžby na úroveň základové spáry desky PK, které se nacházelo až 6 m pod původním dnem řeky, bylo účastníky výstavby rozhodnuto provést nad rámec původního zadání podél celého obvodu na rubu budoucí železobetonové konstrukce PK



Zajištění stavební jámy plavební komory pomocí technologií speciálního zakládání, příčný řez



Vestavba betonových konstrukcí do zajištěné stavební jámy

těsnicí horninovou injektáž. Byly totiž obavy, že by s ohledem na nepříznivé vlastnosti hornin (porušené vodonosné vrstvy uložené pod různým úklonem, nesteromné zvětrání, proměnlivá pevnost) mohlo při jejich těžbě docházet k vylamování a vypádání bloků horniny a ke značným přítokům podzemní vody do stavební jámy. Následná těžba a relativně malé přítoky vody do těžené stavební jámy potvrdily správnost tohoto opatření.

### Modernizace jezu Hněvkovice

V rámci stavby plavební komory bylo vybudováno i nové pohyblivé jezové pole, které umožňuje manipulaci vodní hladiny na horní vodě a převádění povodní a ledů. Jezové pole je hrazené klapkou šířky 12,0 m a výšky 1,6 m. Klapka jezového pole



Betonáž vnitřních konstrukcí plavební komory na horní vodě v zajištěné jámě

je poháněna hydromotorem ze šachty umístěné ve zdi plavební komory, která tvoří levobřežní pilíř jezu.

Pažení stavební jámy jezového pole tvořila kombinace několika konstrukcí: převrtávaná pilotová stěna v úseku u ponechaného pevného jezu, beraněné štětové stěny a již vybudovaná pravá zeď plavební komory.

Při rušení štětové jímky jezového pole byla převrtávaná pilotová stěna odbourána na úroveň cca 0,5 m pod vrchem budoucí konstrukce jezu.

Předmětem díla a součástí prací společnosti Zakládání staveb, a. s., bylo dále provedení celkem 21 ks vrtaných daleb z ocelových trub Ø 508 mm pro čekací stání na horní vodě a obslužných lávek a opeření na dolní i horní rejdě.



Celkový pohled na novou plavební komoru s přilehlým jezovým polem a levobřežním koridorem

Hlavní objemy prací speciálního zakládání:

Stěny z ocelových štětovic: 2419 m<sup>2</sup>;

Ocelový rozpěrný systém a převázky: 148 t;

Trysková injektáž Ø 1400 mm: 457 m;

Čtyřpramencové kotvy: 1125 m;

Horninová injektáž: 6836 m;

Trny Ø 32 mm: 1050 m;

Převrtávané piloty Ø 880 mm: 66 m

Vrtané dalby Ø 508 mm: 136 m (21 ks).

Hlavní účastníci stavby:

Zákazník: Ředitelství vodních cest ČR

Investor: Ředitelství vodních cest ČR

Zpracováno dle vydání Zakládání

č. 4/2016



## Statické prvky zhotovené technologií podzemních stěn – jedno ze stabilizačních opatření sanace sesuvu na stavbě 0805 dálnice D8 nad obcí Litochovice (2015–2016)

Území stavby dálnice D8 úseku Lovosice–Řehlovice bylo v červnu 2013 postiženo rozsáhlým sesuvem. Zasažena jím byla železniční trať a budované těleso dálnice D8 nad obcí Litochovice v délce asi 200 m. Při sesuvu došlo k proudovému posunu o cca 40–60 m. Mocnost vrstvy posunutých zemin dosahovala 5–10 m. Návrh sanace musel zahrnovat sérii konstrukčních opatření, která měla zajistit trvalou stabilizaci geologicky velmi problematického území. Jedním z těchto opatření bylo vytvoření celkem 13 svislých statických kotvených prvků realizovaných technologií podzemních stěn v prostoru nad dálničním tělesem. Statické prvky byly navrženy na celkovou hloubku 25 m, v rozteči 14,6 m a vetknuty 15 m do podloží pod smykovou plochu.

### Technické řešení statických prvků

Půdorysně je každý statický prvek složen ze čtyř částí podzemních stěn – dvou samostatných I-profilů a dvou mezilehlých lamel umístěných v rovině pásnic I-lamel. Jedná se tedy o tuhé těleso složeného uzavřeného průřezu charakteru studny. Tento způsob konstrukčního a statického návrhu statických prvků byl vyhodnocen vzhledem ke své tuhosti a hloubkovému dosahu jako optimální.

Výhodou tohoto řešení je i možnost, v případě potřeby, odtěžení zeminy v prostoru vytvořených uzavřených prvků/studní až pod úroveň smykové plochy a následně pak uvnitř studny jímat vodu, provádět monitorovací měření náklonů, trigonometrie či sledovat vodní režim. Z vnitřního prostoru studny je rovněž možné v případě potřeby provést i její dodatečné kotvení nebo odvodňovací vrtý apod. V rámci observačního přístupu je navržený prvek otevřeným systémem, který umožňuje aktivně reagovat na případně dosažené varovné či kritické stavy zjištěné v rámci monitoringu.

### Podzemní stěny

Statické prvky jsou tvořeny podzemními stěnami tl. 100 cm s půdorysnými rozměry 8,8x8,4 m a s vnitřním světlem rozměrem 6,8x4,6 m. Před zahájením těžby PS bylo rozhodnuto o výměně materiálu v některých partiích sesuvu, jelikož panovaly obavy, že se v něm objeví balvany o průměru nad 1 m, což by pro zvolenou technologii představovalo značnou komplikaci. Proto byla předem vytipována místa, kde byl původní materiál nahrazen cementovou stabilizací. Tu bylo nutné lokálně používat i při těžbě podzemních stěn při větších únicích pažící polymerové suspenze v nestabilní akumulaci sesuvu.

Podzemní stěny byly prováděny postupně po jednotlivých lamelách délky 6,2–7,2 m, resp. 2,8 m. Těžba stěn probíhala za pomoci drapáku na pásového nosiči Liebherr HS 855 HD. Hmotnost armokošů byla mimořádná a některé byly navíc svařené do tvaru písmene T, proto bylo nutné jejich osazování do



Těžba podzemních stěn jednoho ze 13 statických prvků



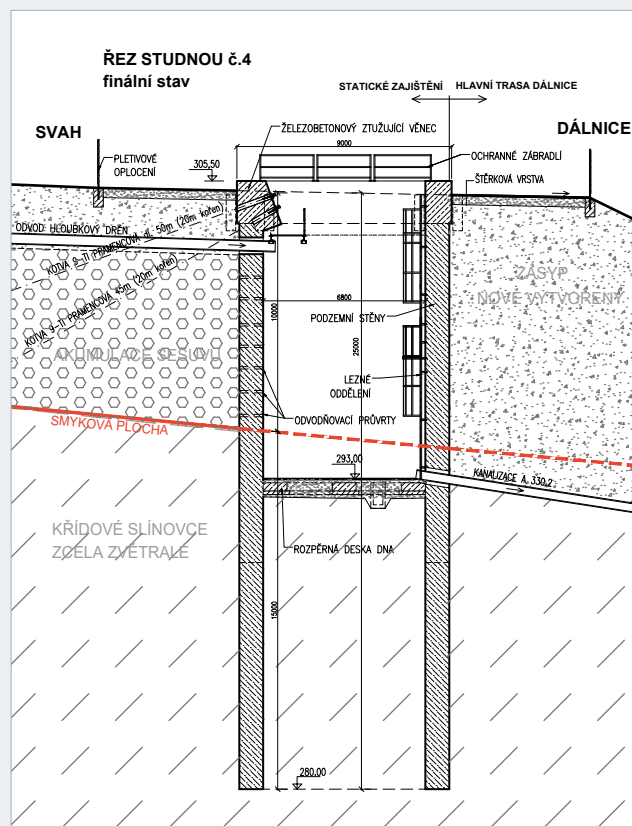
Letecké foto sesuvu, stav 06/2017



Spouštění prvního dílu armokoše do vytěžené rýhy pažené polymerovou suspenzí



Vrtání pramencových kotev přes průchodky v monolitických věncích



Příčný řez jedním ze statických prvků

rýhy provádět zároveň dvěma jeřáby, což vyžadovalo pečlivou koordinaci a značné nasazení strojních posádek.

Největší lamely dosahovaly objemu přes 300 m<sup>3</sup>. Na dovezení tohoto množství betonu bylo třeba 35 autodomýkavačů a doba betonáže se blížila k šesti až osmi hodinám čistého času. Z výše uvedených důvodů a vzhledem k relativně napjatému časovému harmonogramu prací bylo na stavbě hned na počátku rozhodnuto o zavedení nepřetržitého provozu. Zhlaví všech statických prvků bylo doplněno **monolitickými**

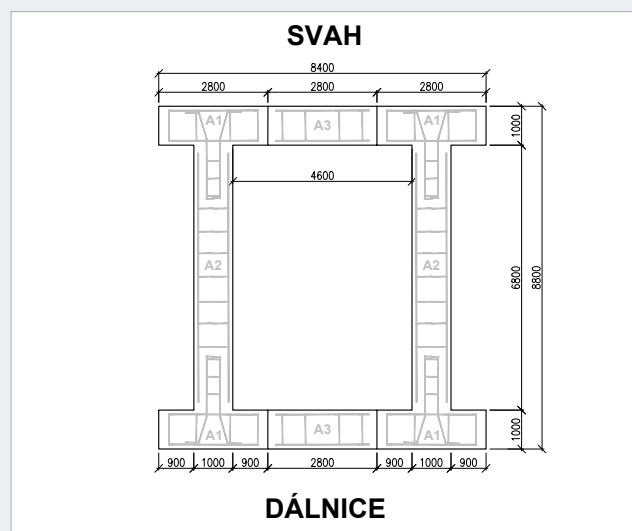


Schéma skladby lamel a armokošů podzemních stěn



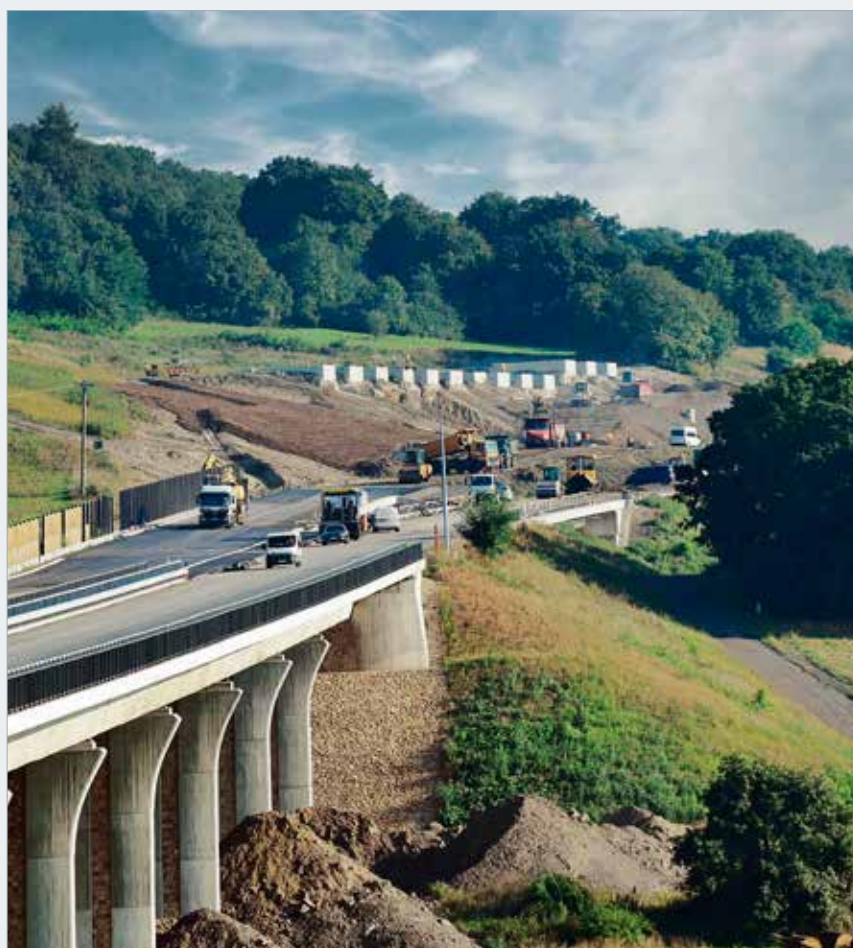
**ztužujícími věnci.** Tyto věnce mají sice především statickou funkci (spojují lamely PS do jednoho funkčního celku), ale jsou i sjednocujícím prvkem z pohledu estetického, jelikož tato část bude na většině šachet jediným viditelným znakem těchto statických prvků. Ztužující věnec měl výšku cca 1,5 m, přesahoval cca 0,5 m nad finální úroveň terénu a byly do něj vsazeny průchodky z ocelových trub pro následně osazované kotvy.

### Trvalé kotvy

Z důvodů zajištění stability statického prvku ve všech fázích realizace dálnice, tj. i v etapě odtěžení stěny statického prvku ze strany dálnice až na smykovou plochu, byly nosné podzemní stěny ještě doplněny o jednu kotevní úroveň s celkem 4 ks předpjatých pramencových kotev na jeden I-prvek, tj. celkem 8 ks kotev na jednu studnu. Kotvy byly umístěny do věnce ve zhlaví prvku vždy k jedné pásnici



Ztužující věnce nad dokončenými statickými prvky



Statické prvky v sesuvném území v dálkovém pohledu

I-profilu podzemních stěn. Pro tento účel byly použity 9pramencové předpjaté kotvy 1570/1770 únosnosti 1300 kN s injektovaným kořenem. Délka kotev byla vzhledem k přenášeným silám a geologii mimořádná: 45,0, resp. 50,0 m, délka injektovaného kořene byla 20 m. Vzhledem k postupně se zpřesňujícím informacím o geologické stavbě území i ve fázi vlastní výstavby se jednalo o stavbu, u níž nebylo možné aplikovat obvyklá rutinní schémata z běžných akcí. Výstavba a její příprava naopak vyžadovaly aktivní a invenční přístup, a to jak z hlediska projekčního, tak při vlastním provádění na staveništi. Úspěšné dokončení stavby je důkazem, že projektanti i technici a posádky strojů na stavbě se s těmito mimořádnými okolnostmi dokázali s úspěchem vyrovnat.

Hlavní objemy prací speciálního zakládání:  
Podzemní stěny: 9400 m<sup>2</sup>  
Kotvy: 3220 m<sup>2</sup>

Zákazník: Sdružení firem Eurovia CS, a. s., Metrostav, a. s., SMP CZ, a. s., Berger Bohemia, a. s.  
Investor: Ředitelství silnic a dálnic ČR

Zpracováno dle vydání Zakládání č. 1/2017

## Modernizace železniční trati Púchov–Žilina Založení železničního mostu přes Nosickou přehradu na Váhu (2017–2019)

V rámci I. etapy Modernizace železniční trati Púchov–Žilina, pro zajištění traťové rychlosti do 160 km/h v úseku Púchov–Považská Bystrica, realizovala společnost Zakládání staveb, a. s., v letech 2017–2019 práce speciálního zakládání na založení nového železničního mostu přes Nosickou přehradu. Jednalo se o realizaci pilot z vodní hladiny na pilířích P3, P4, P5 a z terénu na pilíři P6, dále beranicí a montážní práce na výstavbě přístavních hran, dvojitých štětových jímek pro pilíře P3, P4, P5, umělého poloostrova pro pilíře P6, P7 a těsnicí tryskovou injektáž na čtyřech základech P3 až P6. Součástí dodávky bylo i poskytnutí obsluhy pontonů na zásypy dvojitých jímek, montážní práce na vodní hladině a různé další manipulační a pomocné práce, které vyžadovaly použití pontonových plošin a remorkérů. Technickou náročností a důležitostí představuje tato stavba jednu z nejvýznamnějších zakázek společnosti Zakládání staveb, a. s., v posledním desetiletí. Dále jsou uvedeny hlavní technologické činnosti na této stavbě.



Armování dřívku pilíře P3 na pilotových základech pod ochranou dvojité štětové jímky, dále pak již dokončené pilíře P4 a P5

### Realizace pilot pro pilíře P3, P4, P5 a P6

Základové piloty pod pilíři P3, P4 a P5 byly navrženy Ø 900 mm a tvořily vždy skupiny 30 pilot na jednom pilíři v rastru 5x6 ks. Piloty byly prováděny z vodní hladiny vrtnou soupravou Liebherr LB24 za použití pontonové sestavy.

Práce byly zahájeny na základu pilíře P5 a dále pokračovaly směrem k druhému břehu na P4 a P3 (směr Nimnice), přičemž realizace pilot každého základu trvala přibližně 30 dní. Piloty základu P3 měly délku 11 m, P4 12 m, P5 16,5 m a P6 16 m. Podmínkou projektu bylo přizpůsobení délky piloty (včetně armo-koše) konkrétní geologické situaci. Vrty byly paženy vždy na





Současně prováděné štětové jímky a pilotové založení

celou délku. Beton pro piloty byl transportován plovoucím potrubím délky až 150 m, světlosti 150 mm, složeným z dílů dl. 6 m, vynášených polystyrenovými kvádry.

Po třech měsících pilotážních prací na vodě při realizaci základů P5 až P3 se vrtná souprava vylodila z pontonové plošiny a přesunula se na umělý (v mezidobí vybudovaný) poloostrov, ze kterého bylo realizováno celkem 42 pilot v rastru 6x7 na pilíři P6 (založení P7 nebylo součástí dodávky ZS).

#### **Beraní a montážní práce na dvojitých štětových jímkách u pilířů P3, P4 a P5 a dvojitě štětové jímce poloostrova pro realizaci pilířů P6, P7**

Tvar vnějších štětových stěn dvojitých jímek byl navržený v souladu s hydrodynamickou studií, která se zabývala rychlostí protékající vody v zúženém profilu řeky Váhu. Důvodem byla snaha o snížení tlaku proudu vody na stěnu. Beraní práce byly prováděny výlučně z vodní hladiny z pontonové sestavy rozměrů 15x9 m. Na plošině byl umístěn autojeřáb Liebherr LTM30 s hydraulickým agregátem pohánějícím vibroberanidlo ICE1423.

Všechny jímky byly vytvořeny ze štětovic VL604 a byly navrženy jako dvojité se vzájemným sprážením vnější a vnitřní stěny. Vnitřní štětová jímka pilířů P3 až P5 byla ponechána nezasypaná, s uzavřenou vodní hladinou a byla stabilizovaná a zabezpečená za pomoci potápečného systému spuštěných ocelových rozpěrných rámců z profilů 2x IPE400, vyztužených v rozích dvěma diagonálami HEB300. Po jejich montáži byla do vnitřního prostoru jímky doplněna ve dvou kolmých směrech i táhla.

Beraní práce k vytvoření poloostrova potřebného pro realizaci pilířů P6, P7 byly zahájeny v prodloužení výběžku budoucího umělého násypu. Po dokončení beraní zde následně mohl být vybudován vlastní poloostrov postupným navážením zásypů do prostoru vymezeného dvojitými štětovými stěnami i do vnitřního prostoru jímky. Těsně před jeho dokončením zde byla instalována ve dvou kolmých směrech táhla v pozicích nekolidujících s pilotami. Po provedení pilot se vnitřní táhla odstranila a rozpěrné rámy stejného provedení jako u P3, P4 a P5 byly osazované současně s výkopem na základovou spáru. Po dokončení beraní prací na poloostrově pro pilíře P6 a P7 pokračovaly práce na zřízení jímek kolem pilířů P5 a P4, kde



Pilotové založení pilíře P3 z pontonové plošiny, v pozadí montáž rozpěrného rámu vnitřní jímky P5



Jímka pro pilíř P5 rozepřená ve třech úrovních rozpěrnými rámy, probíhá těžba na základovou spáru a úprava výška 30 ks pilot

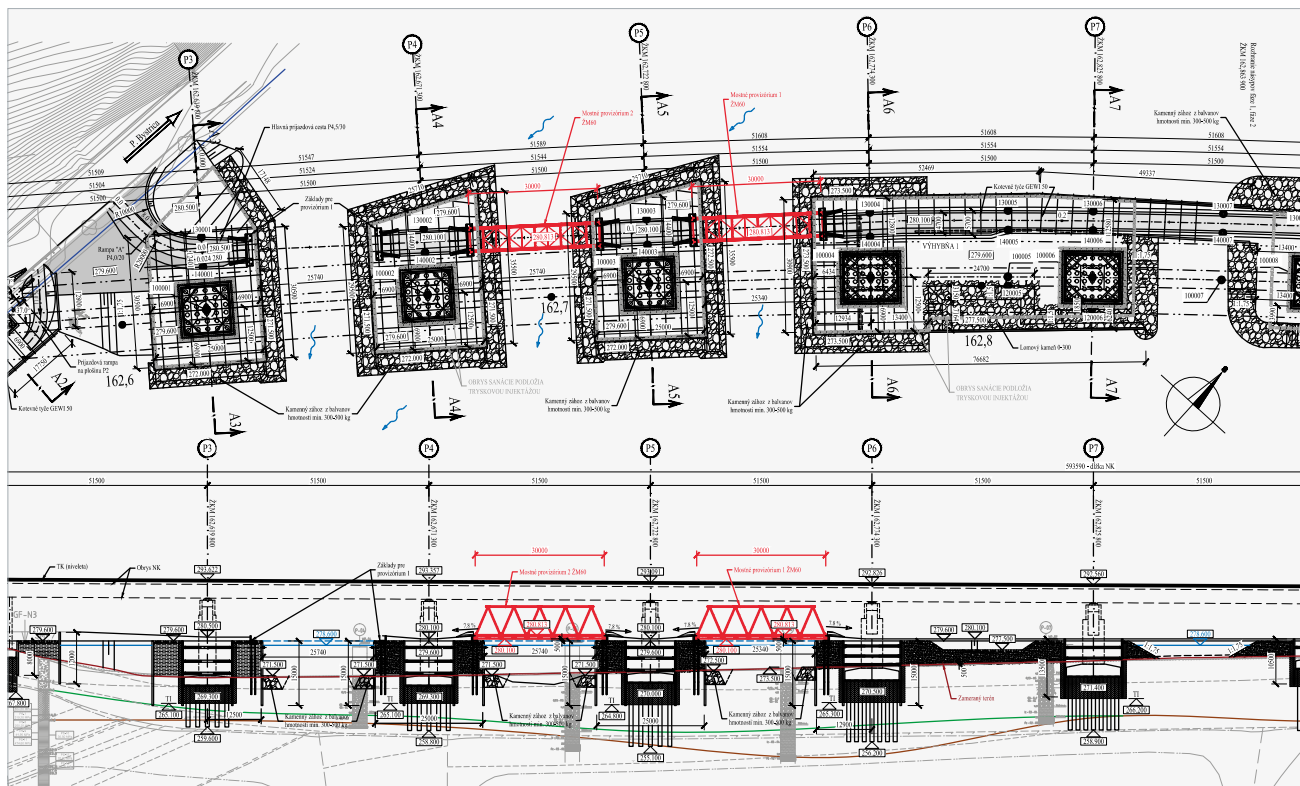
mezitím už byla dokončena realizace pilot z pontonu. Jako poslední byla beraněna dvojitá štětová jímka pro základ pilíře P3, jejíž realizace mohla začít až po dokončení prací na pilíři P6 a následném částečném odtěžení umělého poloostrova, v rozsahu potřebném k zajištění a dodržení stanoveného průtokového profilu přehrady.

### Práce na vodě, kamenný obsyp na vnější straně jímek

Po dokončení beranicích prací bylo třeba provést vnější obsyp pat štětovnic u jímek P5 a P4. Práce na obsypech byly provedeny za pomoci plovoucí pontonové plošiny rozměrů 15x18 m, která dopravila nákladní auta s těžkým kamenným záhozem k vnějšímu obvodu štětovnicové stěny, kde byl kamenný zához uložen. Manipulaci s pracovní plošinou zabezpečovala dvojice remorkérů Veronika II. Doprava materiálu pro zásypy dvojitých štětovnicových jímek P4 a P5 probíhala již přes pontonové mosty umístěné mezi jímkami. Všeobecně platilo, že na návodní straně vnějších štětovnic všech jímek byl uložen ochranný zásyp z kamenů frakce 80 až 100 cm. Navíc mezi jímkami P3 – P4 a P4 – P5 byl tento obsyp aplikovaný kobercovitě – celoplošně, kvůli obavám z možné eroze dna řeky v případě větších proudění. V případě nekontrolovatelné eroze dna by se totiž mohla dramaticky změnit uvažovaná statická výpočtová schémata a mohlo by dojít k ohrožení stability ostrovů.

### Trysková injektáž

Současně s realizací pilot na pilíři P6 byla zahájena technologie tryskové injektáže (TI) s cílem utěsnit budoucí hlubokou stavební jámu a zlepšit stabilitu násypového tělesa. Po dokončení pilot zde byl proveden blok tryskové injektáže mezi pilotami a těsnicí clona vně štětovnic vnitřní jímky. Blok TI byl rovněž vytryskán pod základem ocelového mostního provizoria a osazeno do něj bylo 6 ks mikropilot délky 12 m. Mostní provizorium



Půdorys a podélný řez zakládání – dvojitě štětové jímky pro založení pilířů P3, P4, P5 a poloostrov pro založení pilířů P6 a P7





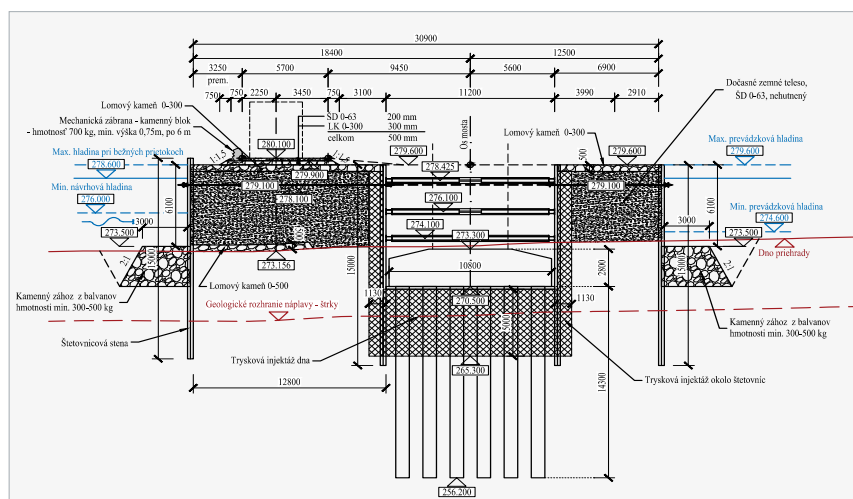
Pohled na dvojitou rozepřenou jímku pro pilíř P4, probíhají zásypy vnějšího obvodu jímky

z příhradových nosníků sloužilo později k dopravě obsluze při výstavbě dřívků mostních pilířů.

Tento pracovní postup byl v zásadě stejný pro všechny základy pilířů P6 až P3 s tím rozdílem, že – jak již bylo zmíněno – na P6 byl vnitřní prostor jímky vyplněn zásypem a injektážní vrtná souprava se zde pohybovala po pevném povrchu. Na jímkách pro pilíře P5, P4 a P3 byl vnitřní prostor jímky tvořen uzavřenou vodní hladinou a pro pojezd vrtné soupravy zde byly nainstalované speciální ocelové rámy s masivními nosníky.

Použití technologie tryskové injektáže sledovalo čtyři hlavní cíle:

- vytvořit vodotěsnou těsnicí clonu na vnějším obvodu vnitřní štětovicové stěny budoucí stavební jámy za účelem vyloučení průsaku vody skrz štětovicovou stěnu;
- utěsnění a zpevnění dna budoucí stavební jámy pilíře TI mezi základovými pilotami a vytvoření hydraulicky odolného bloku o tloušťce 4–5 m;



Příčný řez dvojitou štětovou jímkou pro založení pilíře P5



Provádění tryskové injektáže z nosníků IPE 700 na vnitřní jímce mezi pilotami, jímka pro pilíř P5

- sanaci násypů poloostrova pro pilíře P6 a P7 s cílem omezit nerovnoměrné deformace tělesa násypu, eliminovat riziko naklonění vrtných souprav a snížit celkové sedání násypu; zároveň měl účinek TI zvýšit celkovou tuhost a odolnost tělesa ostrova při extrémním náporu v případě povodně;
- bloky z TI byly navrženy kolem všech mikropilotových základů mostních provizorií.

Pro výše uvedené účely byla dle projektu použita usměrněná i neusměrněná trysková injektáž M1 i M2 s průměry sloupů 900 a 1200 mm.

Výstavba mostů v tocích a přehradách s sebou přináší množství nevšedních problémů a nabízí i prostor pro použití zajímavých řešení, a to především ve fázi činností spojených se založením, které se musí vypořádat s těžko předvídatelným geotechnickým prostředím. To byl i případ zakládání mostních pilířů přes Nosickou přehradu na Váhu, které přes množství vzniklých obtížných a složitých situací dopadlo velmi dobře, ke spokojenosti našeho odběratele.

Hlavní objemy prací speciálního zakládání:

Štětové stěny VL604: 12 200 m<sup>2</sup>;

Ocelové konstrukce: 185 t;

GEWI tyče: 2200 m;

Piloty Ø 900 mm: 1500 m;

Trysková injektáž: 8400 m;

Vnější obsypy pat štětovic v oblasti jímek P3 až P5: ca 36 000 m<sup>3</sup>.

Zákazník: Doprastav, a. s.

Investor: Železnice Slovenskej republiky

Zpracováno dle vydání Zakládání č. 4/2019



## Práce speciálního zakládání na rekonstrukci Negrelliho viaduktu (2017–2019)

**N**egrelliho viadukt je památkově chráněnou dopravní stavbou mimořádného významu s mnoha prvenstvími. Je prvním pražským železničním mostem přes Vltavu a po Karlově mostě druhým nejstarším pražským mostem. Současně je nejdelším železničním mostem v Česku a třetím nejdelším mostem v Česku. Viadukt byl stavěn v letech 1846–1849 a uveden do provozu byl v roce 1850. Viadukt je včetně karlínské spojky tvořen celkem stovkou kleneb a pěti poli s jinými nosnými konstrukcemi. Jeho celková délka je cca 1430 m.

V nedávné době, v letech 2017–2019, prošla celá stavba komplexní rekonstrukcí, která vyžadovala využití mnoha technologií speciálního zakládání. Ty byly využity jednak při posílení základů pilířů mostu pomocí sloupů tryskové injektáže a při sanaci vlastních dřívků pilířů (včetně pilířů v řečišti Vltavy) a opěr pomocí nízkotlaké injektáže. Kromě těchto hlavních technologií byly využity např. i technologie mikropilot pro nové založení mostních opěr a technologie beranění pro zřízení dvojitých štetových jímek kolem sanovaných pilířů v řečišti Vltavy.



Negrelliho viadukt během rekonstrukce, mikropilotové zakládání nové opěry mostu přes Křížkovu ulici





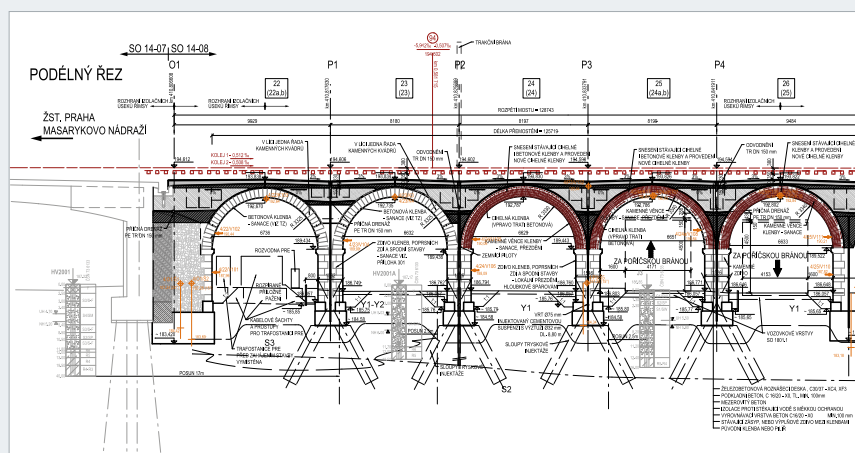
Realizace sloupů tryskové injektáže v podzákladí pilířů viaduktu



Provádění sloupů tryskové injektáže pro založení nově budovaných mostních pilířů a oblouků na ostrově Štvanice

Hlavním důvodem rekonstrukce byl špatný technický stav zdiva kleneb a pilířů, které vlivem nefunkční izolace a odvodnění vyžadovaly sanaci nebo kompletní výměnu kamenů nebo cihel. V některých případech byly poruchy zdiva tak rozsáhlé,

že muselo dojít k jejich kompletnímu přezdění (celkem 19 kleneb). Povrch zdiva kleneb i pilířů byl po kompletním očištění horkou párou a otryskání živcem restaurátorskými postupy opraven a vzhledově sjednocen.



Prohloubení základové spáry pilířů viaduktu pomocí sloupů tryskové injektáže

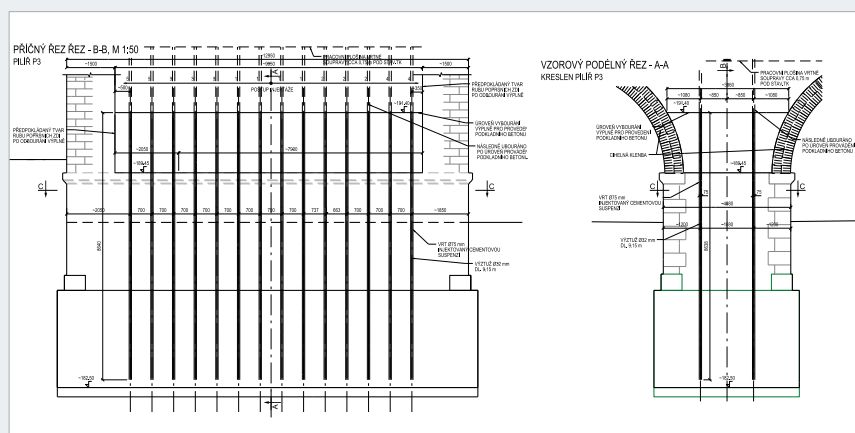


Schéma vrtů pro realizaci nízkotlaké injektáže v ose pilíře s osazenou výztuží

Dalším zásadním důvodem rekonstrukce bylo nevyhovující prostorové uspořádání konstrukce mostu. Původní vzdálenost zábradlí od osy koleje byla místy pouze 2,30 m a osová vzdálenost kolejí 3,60 m, což zdaleka nesplňovalo současné požadované normové hodnoty 3,0 m a 4,0 m. Nové řešení je kompromisem zohledňujícím šířku kleneb mostu a požadavky památkové péče na estetické působení stavby a vyložení říms – po odbourání původních říms byla nad zrekonstruovanými klenbami a pilíři provedena roznášecí železobetonová deska s římsami a zábradlím ve vzdálenosti 2,75 m od osy přilehlé koleje a osová vzdálenost kolejí 3,8 m. Toto řešení zachová bezpečnost pro pohyb na mostě a působí dostatečně esteticky poměrně malým vyložení říms přes obrys spodní stavby a kleneb mostu.

### Trysková injektáž v podzákladí pilířů viaduktu

Pilíře viaduktu byly původně založeny převážně na dřevěných pilotách. Jelikož horní část těchto pilotových základů se nachází v oblasti kolísání hladiny podzemní vody, byla obava, že tyto základy mohou být již částečně degradované. Na základě průzkumných prací a následného podrobného statického posouzení základů všech pilířů bylo rozhodnuto



Probíhající sanační práce na pilíři P3 a rozebírání jímky na již sanovaném pilíři P2

provést u některých základů jejich sanaci pomocí technologie tryskové injektáže (TI). Pomocí sloupů TI tak byla základová spára pilířů prohloubena až na úroveň skalního podloží. Tam, kde bylo na základě statického posouzení prokázáno, že stávající založení i do budoucna zajišťuje bezpečný přenos zatížení z nosné konstrukce do podloží, nebyly základy těchto pilířů posilovány.

Sloupy TI byly vrtány vždy z obou stran příslušného pilíře, střídavě proti sobě, šikmo pod základovou spáru. Sloupy TI musely být vetknuty na délku cca 1,0 m do předkvartérního podloží (břidlice tř. R5), což odpovídalo celkové délce sloupů  $L = 4\text{--}13\text{ m}$ . Díky stávajícím mostním pilířům jsou tvořeny kamenným zdívem (pískovec, žula, opuka) tloušťky 30–40 cm, jádro je pak tvořeno úlomky těchto hornin a pojivem z hydraulické malty.

Předvrty přes zdívo mostních pilířů byly proto prováděny rotačním plnočelbovým přiklepným vrtáním. Vlastní sloupy TI byly pak  $\varnothing 900\text{ mm}$  o pevnosti v prostém tlaku min. 5,0 MPa po 28 dnech. Propojení sloupů TI se stávajícími základovými konstrukcemi zajišťoval výztužný ocelový trn  $\varnothing 25\text{ mm}$ , který byl vkládán do předvrtu po dokončení sloupů TI.

### Klasická nízkotlaká injektáž dříků pilířů

Na základě výsledků vodních tlakových zkoušek, kterými byla zjištěna mezervitost zdíva jádra mostních pilířů  $>10\%$ , byla navržena injektáž jádra dříků pilířů

i základů opěr pomocí svislých vrtů prováděných z prostoru po odtěžení zásypů mezi jednotlivými klenbami mostních polí. Vrtů byly umístěny vždy v ose příslušného pilíře v rozteči přibližně 700 mm a vrtáno bylo v celé délce pilíře až cca 25 cm nad jeho základovou spáru, délka vrtů byla tedy proměnná v závislosti na výšce (a hloubce založení) pilíře. Vrtů pro injektáž skrz vlastní pilíře byly hloubeny rotačním plnočelbovým vrtáním s přiklepem.

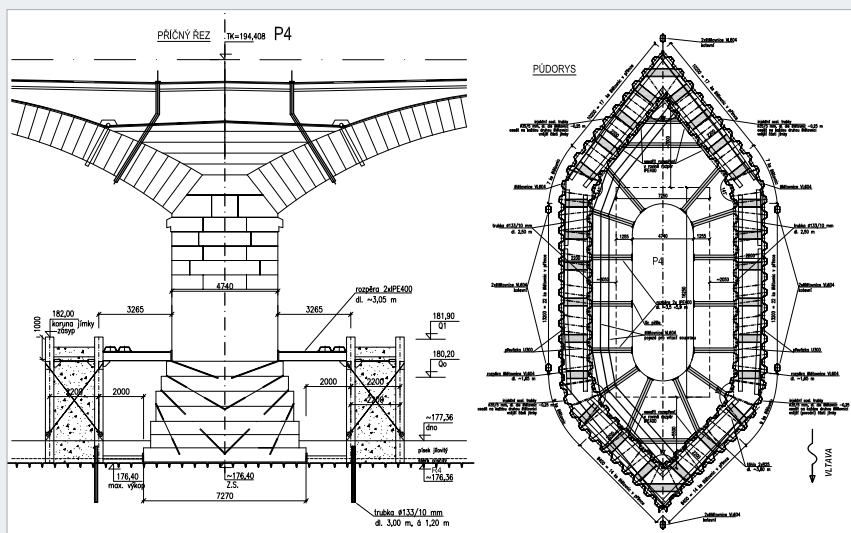
Následovalo provádění vlastní nízkotlaké sanační injektáže až do dosažení požadovaného koncového injekčního tlaku 0,2 MPa pomocí jednoduchého obturátoru. Po jejím ukončení byl každý injekční vrt na celou délku vystrojen výztužným ocelovým trnem  $\varnothing 32\text{ mm}$  v cementové zálivce.

### Sanace spodní stavby mostu mezi Štvanicí a Bubenským nábřežím

Součástí Negrelliho viaduktu je most přes Vltavu v délce 142 m spojující ostrov Štvanici s Bubenským nábřežím. Most o pěti polích se čtyřmi pilíři umístěnými v řečišti s nosnou konstrukcí tvořenou žulovými klenbami, uloženými na plošně založených žulových pilířích.

Projekt rekonstrukčních prací požadoval i zpřístupnění zdíva pilířů skrytého pod hladinou a následnou prohlídku obnaženého zdíva až po úroveň skalního podloží. Pro splnění tohoto úkolu bylo tedy nutné vybudovat v řečišti Vltavy celkem čtyři dvojité vodotěsné jímky ze štětovnic VL 604.

Po vyčerpání vody a provedení výkopu uvnitř jímek následovalo vyhodnocení kvality obložení, určení poškozených kamenů



Konstrukční řešení dvojité štětové jímky u mostního pilíře P4 v řečišti Vltavy pro následnou sanaci a schéma klasické injektáže dříků pilíře navržené ve čtyřech úrovních





Sanační práce na pilíři P1

k případné výměně a kompletní hloubkové přespárování zdiva aktivovanou cementovou maltou. Poté byla provedena klasická injektáž zdiva pilířů cementovou suspenzí prostřednictvím bezjádrových vrtů vystrojených betonářskou výztuží. Vrtů byly hloubeny celkem ve čtyřech výškových úrovních. Před injektáží a po nich byla provedena vodní tlaková zkouška.

### Nové základy tří mostních objektů

Na mostních objektech viaduktu, které přecházejí ulice Perne-rovu, Křížíkova a Prvního pluku bylo s ohledem na stavební stav původních opěr, tvořených velmi různorodým zdivem, provedeno nové založení na kombinovaných základech tvořených jednak sloupy TI, jednak ocelovými trubními mikropilotami. Nové železobetonové úložné prahy na opěrách tak byly nově založeny na skupinách svislých mikropilot, rozmístěných v několika řadách. Mikropiloty procházejí zdivem stávajících opěr v délce cca 3,0–7,0 m a pod úrovní základové spáry jsou vetknuty do sloupů tryskové injektáže délky 6–8 m, Ø 600 mm. Veškeré vrtné práce byly prováděny z pracovních plošin vytvořených na částečně ubouraném povrchu stávajících mostních opěr po snesení horní mostní konstrukce.

Rekonstrukci tak rozsáhlého a konstrukčně různorodého objektu, jakým je Negrelliho viadukt, nebylo jednoduché připravit, vyprojektovat a zrealizovat. Bylo to možné pouze za předpokladu vysoké technické erudovanosti všech zúčastněných partnerů při výstavbě, ochoty aktivně spolupracovat na každodenním řešení vzniklých problémů, vysoké kvality odvedených prací, dodržování odsouhlasených technologických



Obnažená základová konstrukce pilíře P2 uvnitř dvojité štětové jímky před zahájením sanačních prací

postupů a odhodlání překonávat zdánlivě nepřekonatelné. Odměnou za toto úsilí je nám dnes již dokončená stavba s novou tváří, která má potenciál sloužit další stovku let.

Hlavní objemy prací speciálního zakládání:

Vrtů pro tryskovou injektáž a mikropiloty: 20 400 m

Trysková injektáž: 4150 m

Převrty tryskové injektáže pro osazení výztuže: 4000 m

Mikropiloty základové a sanační: 3300 m

Štětové jímky: 554 t

Zákazník: Hochtief CZ, a. s.

Investor: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace

Zpracováno dle vydání Zakládání č. 3/2018



Negrelliho viadukt během rekonstrukce, na hlavní stavbu se zprava napojuje tzv. Karlínský spojovací viadukt

## Těsnění podloží pravobřežní hráze při výstavbě přehradní nádrže pro vodní elektrárnu (HE) Brežice ve Slovinsku (2015–2016)

**H**E Brežice představuje zatím poslední z kaskády vodních elektráren na řece Sávi na slovinském území. Vodní stupně položené nad HE Brežice se nacházejí v relativně velmi sevřených údolích, HE Brežice však leží již v široké údolní nivě řeky Sávy s hustým osídlením. Pro vytvoření potřebného vzdutí bylo tedy třeba výrazně zvýšit říční břehy pomocí sypaných zemních hrází s vnitřním těsněním. Tyto zemní hráze mají zároveň i protipovodňovou funkci. Zatěsnění podloží na pravobřežním břehu před budováním zemních hrází bylo úkolem společnosti Zakládání staveb, a. s. (Práce na levém břehu prováděly jiné společnosti.) Jednalo se o úsek délky přes 7 km s hloubkou navržených těsnicích prvků od 5,8 do 22,2 m s celkovou plochou cca 85 000 m<sup>2</sup>. Objemem provedených prací se jednalo o jednu z největších zakázek společnosti Zakládání staveb, a. s., v regionu zemí bývalé Jugoslávie.



Střední úsek pravobřežní hráze pro HE Brežice s jadernou elektrárnou Krško v pozadí, práce na podzemní těsnicí jílocementové stěně

Úkolem těsnicích prvků bylo zamezit odtoku vody z nádrže pod jejími hrázemi přes velmi dobře propustné kvartérní sedimenty Sávy, převážně velmi hrubé až kamenité štěrky. Těsnicí prvky byly zataženy do nepropustného pliocenního podloží, které je tvořeno jílovitými sedimenty o značné mocnosti.

V zadávací dokumentaci byly jako hlavní těsnicí prvek navrženy sloupce tryskové injektáže. Brzy po zahájení jednání o zakázce však bylo zřejmé, že v požadovaném časovém období výstavby zhruba 6 měsíců a v dané geologii by bylo velmi náročné touto technologií stavbu vůbec provést. Proto po dohodě s objednatelem bylo investorovi současně s nabídkou předloženo i vlastní alternativní technické řešení společnosti Zakládání staveb na efektivnější způsob těsnění břehu řeky při splnění

požadovaného koeficientu filtrace  $1 \cdot 10^{-7}$  a menší (hlavní podmínka projektu).

Návrh Zakládání staveb, a. s., obsahoval kombinaci čtyř různých technologií v závislosti na předpokládaných hloubkách těsnicí clony a geologických profilech. Jednalo se o technologie **podzemní těsnicí jílocementové stěny, tenké těsnicí podzemní stěny, usměrněné tryskové injektáže a technologie Soil Mixing Wall**.

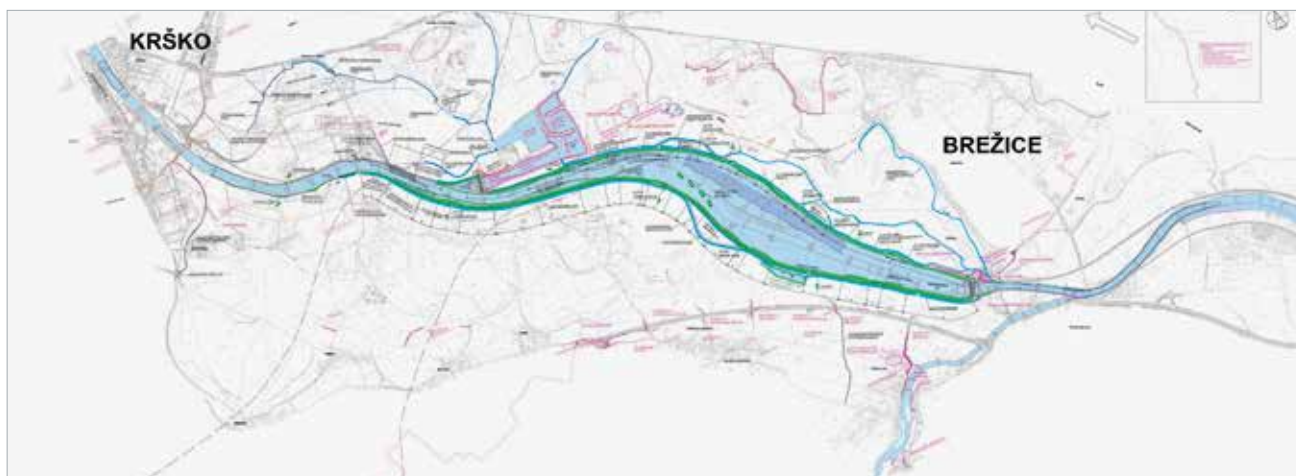
Nasazení těchto technologií bylo podmíněno ověřením jejich účinnosti na zkušebních polích, kdy byl zkoumán výsledný koeficient filtrace provedených konstrukcí. Funkčnost byla jednoznačně prokázána u technologie podzemní těsnicí jílocementové stěny a tenké těsnicí podzemní stěny. Jako podmíněně použitelná byla povolena i technologie usměrněné tryskové injektáže. Technologie Soil Mixing Wall byla v dané geologii prohlášena za nerealizovatelnou.

### Podzemní těsnicí jílocementová stěna

Tato technologie byla nasazena primárně v úsecích, kde bylo třeba vytvořit těsnicí stěnu v hloubkách 12 a více metrů. Těsnicí clona dosahovala někde až do hloubky 23 m, přičemž požadovaná nepropustnost byla dosažena prodloužením průsakové dráhy vody.

Těsnicí podzemní stěna byla těžena drapákem šířky 500 mm pod ochranou samotvrdnoucí jílocementové suspenze. Postupně zde byly nasazeny tři soupravy nosičů Liebherr s lanovými drapáky Stein. Samotvrdnoucí jílocementová směs se připravovala v automatizovaných výrobních Techniwell.





Budovaná přehradní nádrž pro HE Brežice mezi městy Krško a Brežice, délka pravobřežního těsněného úseku je 7297 m.

Provádění prací bylo náročné hlavně s ohledem na mimořádné vytížení nasazené techniky. Bylo nutné zvládat zcela extrémní zásobování materiálem, zejména cementem.

### Tenká těsnicí podzemní stěna

Tenká těsnicí podzemní stěna vzniká vháněním mohutného I-profilu s navařenými ocelovými injekčními trubkami technologií vibrování. Po dosažení požadované hloubky se prvek předepsanou rychlostí povytahuje, přičemž se vzniklý prostor plní přes injekční trubky střednětlakou injektáží samotvrdnoucí těsnicí hmotou. Opakováním tohoto postupu s přesahem jednotlivých prvků cca 10 cm vzniká průběžná těsnicí stěna tl. cca 100 mm. Tato technologie byla použita zejména v úsecích, kde předepsaná hloubka těsnění nepřesahovala 11 m. Pro zhotovení této konstrukce byla použita souprava skládající se z nosiče Liebherr s vibroberanidlem ICE 815. Vháněným prvkem byl profil HEA 800, směs se míchala v automatizované výrobě Tecniwell a injektáž byla prováděna čerpadlem 4 NETZSCH 80 tlakem 2,4 MPa. Práce probíhaly stejně jako u předchozí technologie většinou v nepřetržitém provozu, tedy i v nočních směnách.



Těžba podzemní jílocementové stěny pro vytvoření těsnění spodní části hráze

### Usměrněná trysková injektáž

Tato technologie byla použita jednak na dotěsnění jednotlivých konstrukcí mezi sebou, dále při navázání nových konstrukcí na stávající a pro lokální sanace. Použita byla trysková injektáž (TI) metody M2 (dvojfázová vzduchová). Těsnicí clona byla sestavována z jednotlivých vzájemně se překrývajících lamel TI. Opravné a napojovací prvky tvořily sloupce o průměru 1,0 m a 1,2 m. Pro všechny realizované prvky TI M2 byla použita jílocementová injekční směs.

Práce byly prováděny vrtnou soupravou Hausherr HBM 15 s využitím vysokotlakého čerpadla Tecniwell TW 600/HP, kompresoru Atlas Copco a automatického míchacího centra Tecniwell TWM 30.

### Závěr

Těsnění podloží pravobřežní hráze při výstavbě přehradní nádrže HE Brežice představovalo pro společnost Zakládání staveb, a. s., výjimečnou zakázku, především svým rozsahem (realizace velkého objemu konstrukcí v krátkém čase). Dobrou



Realizace tenké těsnicí podzemní stěny



## Vibrování I-profilu osazeného injekčními trubicami pro vytvoření tenké těsnicí podzemní stěny



### Segmenty výtoku přehrady HE Brežice v době výstavby hrází

organizací práce a uplatněním mnohaletých zkušeností s aplikovanými technologiemi byly práce nakonec provedeny včas, v požadované kvalitě a k plné spokojenosti zákazníka. Celá akce od návrhu vlastního technického řešení až po úspěšnou finální realizaci tak prokázala konkurenceschopnost firmy i na náročném zahraničním trhu.



## Provádění sanační tryskové injektáže

## Hlavní výměry prací speciálního zakládání

Podzemní těsnicí stěna: 61 745 m<sup>2</sup>

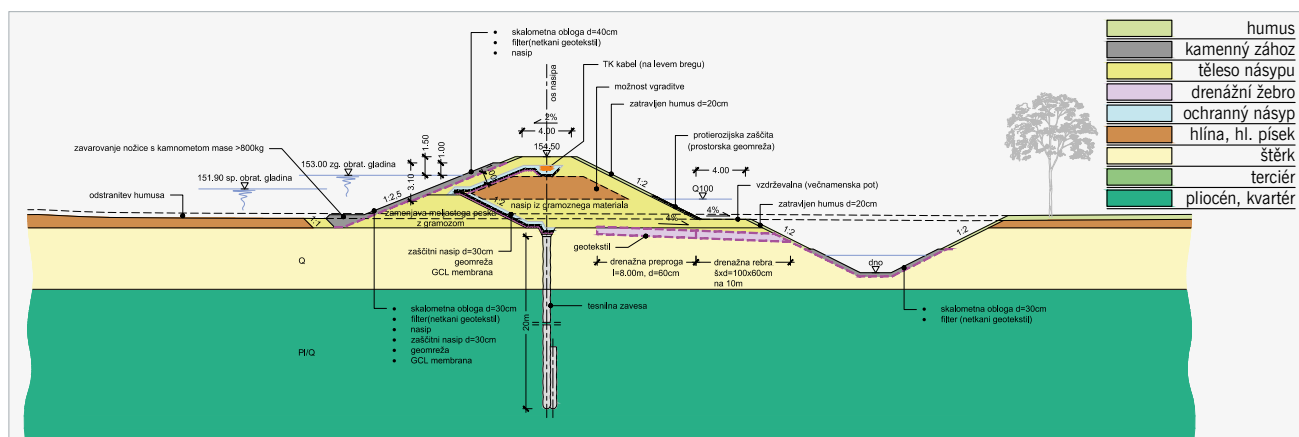
Tenká těsnicí podzemní stěna: 23 167 m<sup>2</sup>

Usměrněná trysková injektáž: 2400 m<sup>2</sup>

Investor: Infra, d. o. o.

Zákazník: NIVO-EKO, d. o. o.

Zpracováno dle vydání časopisu Zakládání č. 2/2017



### Příklad charakteristického řezu těsněním hráze



- # Přes 50 let historie firmy
- # Zakládání stěžejních staveb v ČR
- # Silné technologické a strojní zázemí
- # Působení v regionu celé střední Evropy
- # Široké spektrum technologií speciálního zakládání
- # Pružnost a variabilita při optimalizaci technických řešení

**ZAKLÁDÁNÍ<sup>®</sup>  
STAVEB**



Zakládání staveb, a. s.  
K Jezu 1, P. S. 21  
143 00 Praha 4 - Modřany  
[zakladani.cz](http://zakladani.cz)



*„základ je grunt, a jaký je grunt,  
taková bude i stavba“*

Zakládání staveb, a. s.  
K Jezu 1, P. S. 21  
143 01 Praha 4  
Tel.: 244 004 111  
[info@zakladani.cz](mailto:info@zakladani.cz)  
[zakladani.cz](http://zakladani.cz)