

# Šachta na tunelu Březno

*V článku je popsána unikátní konstrukce pažení hluboké šachty pomocí převrtávaných pilot průměru 1,18 m a délky 40,0 m v prostoru závalu tunelu Březno. Komplikovanost geologického prostředí a nestandardní konstrukce (průměr šachty 21,0 m a hloubka až 35,0 m) vedly k nutnosti vytvoření zcela nových postupů při dimenzování konstrukce. Prokázání fungování těchto postupů před jejich realizací a prokázání dostatečné bezpečnosti celé konstrukce bylo velice složité. Primárním účelem šachty bylo vytažení zavaleného vrubovacího stroje Perforex. Sekundárně šachta posloužila pro vybudování únikového východu z tunelu na povrch.*

## Zával

Z důvodu plánovaného rozšíření těžby hnědého uhlí v povrchovém dole DNT Tušimice u Chomutova začala v roce 2000 stavba přeložky železniční trati Březno u Chomutova–Chomutov. Součástí přeložky je i jednokolejný tunel Březno délky 1758 m. Ražbu prováděla firma Metrostav,

a. s., Divize 5 pomocí vrubovacího stroje Perforex. Po vyražení cca 865 m tunelu došlo začátkem května 2003 k závalu. V krátké chvíli se zřítilo cca 80 m ostění a na povrchu vznikla poklesová kotlina o rozměrech 20x100 m (výška nadloží 25 m). Zpočátku se čelo závalu v tunelu jevilo jako stabilní. Ani na povrchu se

neukazovaly po zavezení poklesové kotliny žádné další deformace. Zhruba po 2 měsících, zřejmě vlivem prosáknutí závalového materiálu, však došlo k dalšímu „dosednutí“ s vytvořením kráteru nad oběma konci závalu. V tunelu se to projevílo pohybem čela závalu, ze kterého navíc začala vytékat i kašovitá konzistence nadložních jíílů. Dokonce bylo možno v tunelu najít i řepku olejků, která v té době kvetla na povrchu. Pro zastavení tohoto pohybu byla v tunelu vytvořena betonová zátka délky 5 m. Ražba byla pozastavena až do října 2004, kdy začala protiražba z druhého (výjezdového) portálu u obce Droužkovice. Ražba byla prováděna tzv. sekvenční metodou s použitím silně vyztuženého primárního ostění a mikropilotových deštníků.

## Zmáhání závalu

### První varianty řešení

Firma IKP byla k projektu přizvána v únoru

2005, kdy byla oslovena zhotovitelem, aby navrhla způsob zhmátní závalu. Naše původní řešení spočívalo ve vybudování dvou kruhových šachet o průměru 18 m na začátku a na konci závalu. Šachta na konci závalu byla situována přímo nad zavalený stroj Perforex. Z těchto šachet by se proti sobě navrtaly mikropilotové dešťníky, pod jejichž ochranou by se zmohl zbývající úsek mezi šachtami. Šachty byly navrženy jako dva soustředné prstence z převrtávaných pilot průměru 1,18 m. Horní prstenec měl průměr 22,0 m (měřeno na osu pilot) a sestával z 62 pilot délky 11,0 m. Osová vzdálenost pilot byla 1115 mm. Hlavy pilot měly být opatřeny převázkou. Po vyhloubení 6,5 m by se z této úrovně vytvořil vnitřní prstenec o průměru 18,0 m (opět měřeno na osu pilot), který by sestával z 60 pilot délky 35,0 m a osově vzdálenosti 942 mm. Vnitřní šachta byla po výšce opatřena šesti mohutnými převázkami (obr. 1 a 2). Řešení šachty jako dvou soustředných kruhů vyplývalo z nutnosti co nejvíce snížit úroveň pro vrtání spodního prstence pilot z důvodu zachování spojitosti převrtávaných pilot po celé výšce šachty vzhledem k normou

povolené odchylce pro vrtání pilot 2,0% od svislice.

Další variantu představovaly dvě šachty elipsového tvaru (18x14 m). Toto řešení bylo optimální z hlediska minimalizace počtu pilot. Z předběžných statických výpočtů se však tento tvar ukázal jako nevyhovující a bylo od něj ustoupeno.

Jako nejschůdnější, a nakonec použitá, se jevila varianta, která kombinovala řešení zhmátní závalu navržené firmou FG Consult a IKP. Spočívala v rozdělení závalu na část se zavaleným strojem Perforex (IKP) a část bez něj (FG Consult). Úsek bez zavaleného stroje by se rozdělil pilotovými přepážkami na úseky po 9,0 m a ražba by probíhala pod mikropilotovým dešťníkem, vetknutým na obou stranách do těchto přepážek. Zavalený vrubovací stroj Perforex by se pak vyprostil na povrch pomocí šachty prům. 18 m, navržené firmou IKP. Toto řešení se nakonec, s podstatnou změnou týkající se šachty, úspěšně zrealizovalo, viz dále.

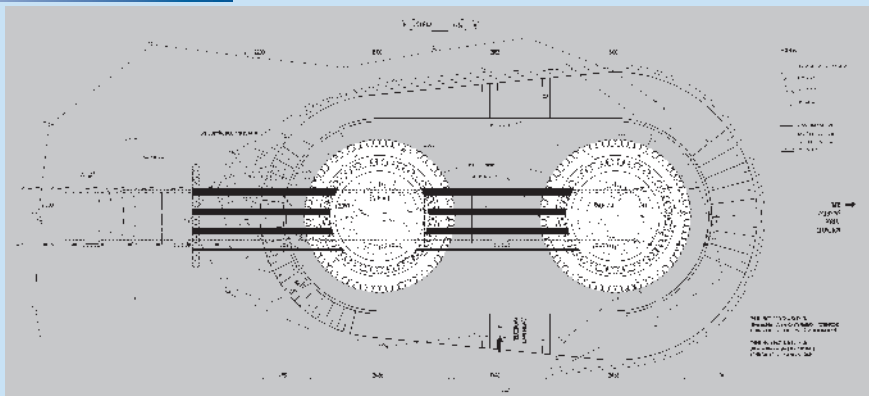
#### **Konečná varianta**

Do posledního řešení, popsaného výše, zasáhl

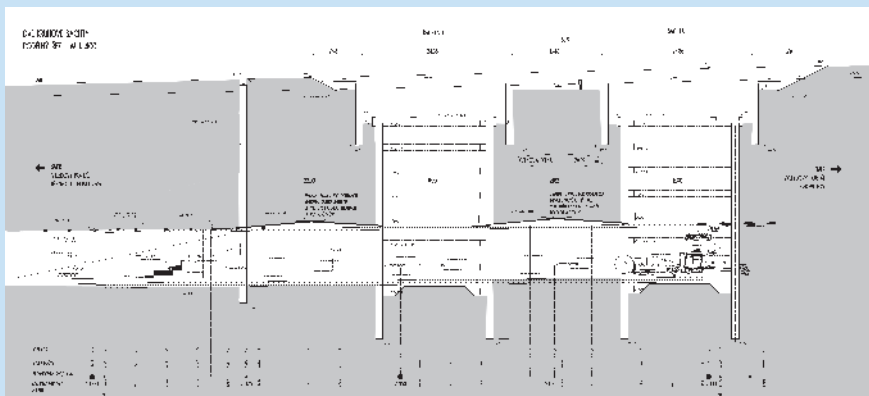
investor s požadavkem na vybudování únikového východu z tunelu. Vzhledem k umístění šachty zhruba uprostřed tunelu se toto řešení jevílo jako optimální využití šachty pro vytažení zavaleného stroje. Z prostorového uspořádání únikového východu v oblasti tunelu (obr. 3a), bylo nutné zvětšit průměr šachty na více než původních 18,0 m. Rozdíl úrovní chodníku v tunelu a původního terénu byl v tomto místě 32,5 m, což je dle ČSN 73 7508 Železniční tunely podmínka (pokud výška překračuje 30,0 m) pro zřízení nejen schodiště, ale i výtahové šachty.

Vzhledem ke složitým geologickým podmínkám závalového prostředí, u kterého se navíc předpokládalo silné zvodnění a výskyt dutin pod zříceným ostěním a v okolí zavaleného stroje, jsme se dostali do velkých dimenzačních problémů se zvětšováním průměru šachty. Svou roli sehrálo i ekonomické hledisko. Ze statického hlediska se ukázalo velkým problémem zvětšování průměru šachty o každý metr. Bylo proto rozhodnuto snížit výšku únikového východu pod 30,0 m, zapustit výstupní objekt pod úroveň původního terénu o cca 3,5 m, a nemuset





Obr. 1: Situace nerealizovaného návrhu zmáhání závalu pomocí dvou šachet průměru 18,0m

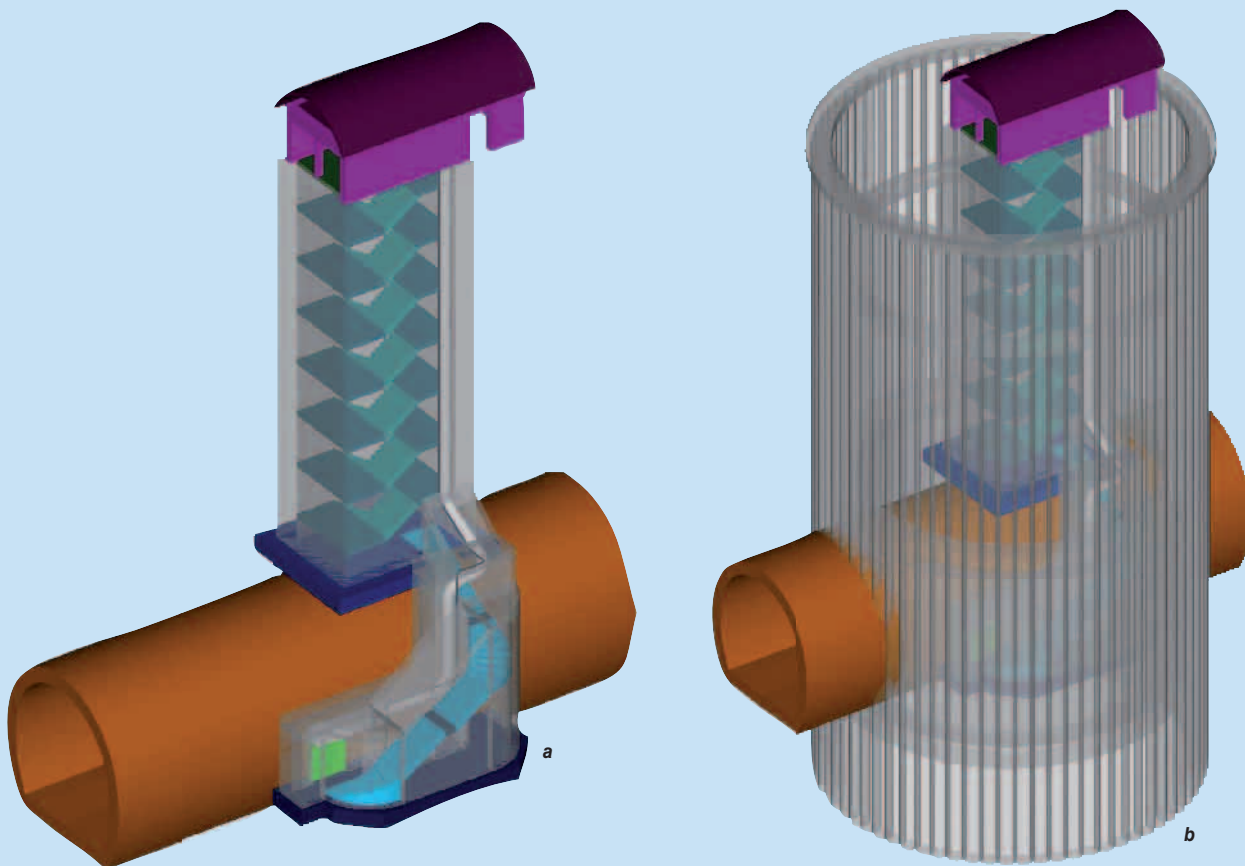


Obr. 2: Podélný řez nerealizovaného návrhu zmáhání závalu pomocí dvou šachet průměru 18,0m

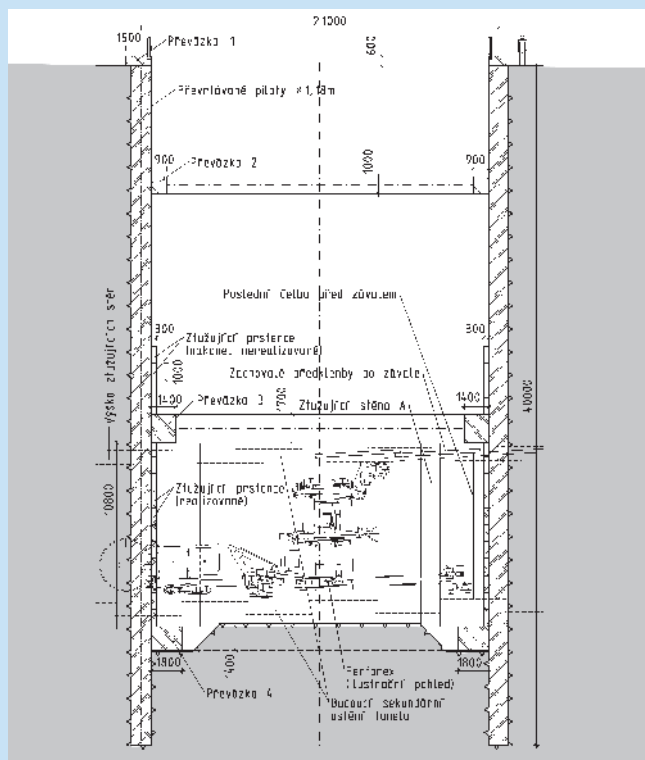
zřizovat výtahovou šachtu. Další problém představovalo únikové schodiště s šířkou ramene 2,0m a trasa vedení různých technologií (vzduchotechnické potrubí průměru 630mm, suchovod atd.). Po zapracování všech podmínek nakonec zvítězila varianta šachty o průměru 21,0m, měřeno na osu pilot, hloubky až 35m, odsazená o 1,5m od osy tunelu vpravo ve směru staničení (obr. 3b). Při snížení úrovně terénu o 3,5m jsme navíc mohli upustit od horního prstence pilot. Neobešlo se to však bez zpřísnění podmínky na přesnost vrtání pilot, viz dále.

### Pilotová šachta Geologické poměry

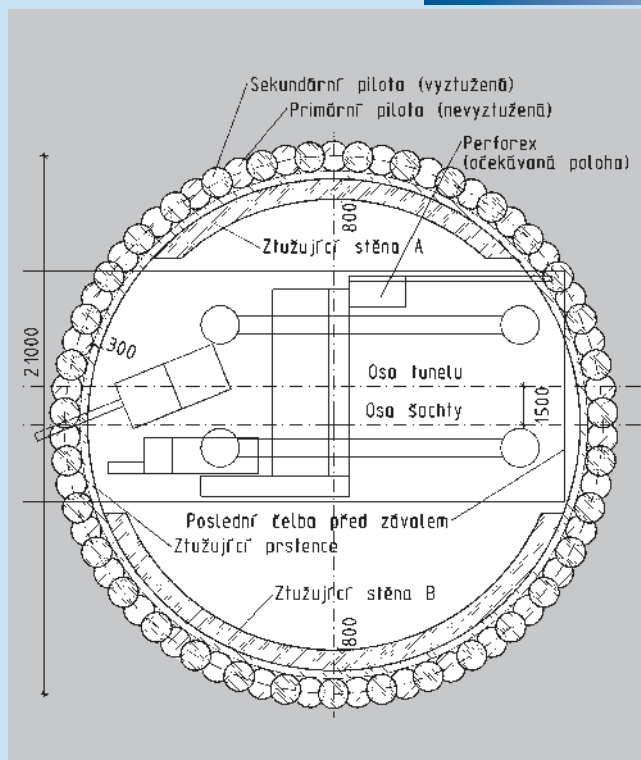
Pod povrchem terénu se nachází výrazný reliéf předkvartérního podkladu, reprezentovaný silně zvětralými jílovci libkovičského souvrství, charakteru jílu tuhé až pevné konzistence. Členitý reliéf s četnými elevacemi a miskovitými prohloubeninami je s velkou pravděpodobností výsledkem selektivních zvětrávacích procesů (bez významnějšího podílu vodní eroze). Z tohoto důvodu lze rovněž usuzovat na cizorodý původ nadložních terasových štěrkopísků, které na tomto místě nebyly uloženy vodotečí, ale byly sem spíše přemístěny prostřednictvím dílčích svahových deformací – drobných sesuvů.



Obr. 3a, b: 3D model konečného řešení únikového východu bez pilot a s pilotami



Obr. 4: Podélný řez šachtou



Obr. 5: Příčný řez šachtou

V oblasti závalu byl při ražbě zastižen souvislý cca 30 m dlouhý úsek, ve kterém do prostoru díla zasahoval kořenovitý (komínovitý) výběžek vyplněný silně tlačivou zeminou, plastickým jílem tuhé až pevné konzistence. Výskyt a lokalizaci této anomálie dokladují i výsledky seismických geofyzikálních měření. Původní materiál byl navíc silně porušen závalem a vzhledem k vývoji závalu se předpokládaly výskyt plastického, plně nasyceného jílu. V okolí prostoru tunelu, zvláště pak v okolí zavaleného stroje, se navíc předpokládá výskyt dutin. Tento fakt byl potvrzen i při vrtání první pilotové přepážky, u které došlo k nadspotřebě 150 m<sup>3</sup> betonu!

#### Výplňové injektáže

Z důvodu vyplnění možných dutin vně i uvnitř šachty jsme navrhli 29 injektážních vrtů v rastru 4x4 m, délky á 35 m, kterými bylo zainjektováno celkem 750 m<sup>3</sup> samotuhnoucí injektážní směsí. Velké množství spotřebované směsi nás utvrdilo ve správnosti tohoto rozhodnutí.

#### Základní geometrie šachty

Celkem bylo navrženo 70 pilot průměru 1,18 m, délky á 40,0 m, kde primární piloty jsou nevyztužené a sekundární vyztužené. Osová vzdálenost pilot byla 942 mm. Menší osová vzdálenost, a tudíž více pilot, nebyla možná z důvodu ponechání dostatečné tloušťky primárních pilot po jejich převrtání (700 mm). Těmito okrajovými podmínkami jsme tedy měli stanovenou základní geometrii šachty. Během statického výpočtu došlo k doplnění pilot o další podpurné a ztužující prvky, bez kterých by byla celá šachta nerealizovatelná. Ze statického výpočtu vyplynula rovněž nutnost úpravy postupu hloubení.

#### Ztužující prvky

Ztužující prvky v šachtě (obr. 4 a 5) lze rozdělit do dvou skupin. První skupina ztužujících prvků sloužila jako podpora pilotám během hloubení šachty. Druhá skupina pak zajišťovala stabilitu celé konstrukce po probourání otvorů pro tunel. Komplikací v tomto případě byla excentrická poloha šachty vůči tunelu.

Do první skupiny patřily:

- dvě masivní železobetonové převázky: převázka 1 (1,5x0,6 m) navržená na hlavách pilot a převázka 2 (1,0x0,9 m) v hloubce 7,0 m. Obě sloužily pro zachycení působení vlivů od těžké dopravy (jeřáby, těžící stroje, nákladní automobily) v bezprostředním okolí šachty (obr. 6a, b).
- 15 ztužujících železobetonových prstenců ze stříkaného betonu tloušťky 0,3 m, vysokých 1,0 m. Jejich počátek provádění byl v realizační dokumentaci navržen od úrovně 4 m nad převázkou 3 s tím, že konečné rozhodnutí o započítání provádění ztužujících prstenců bude provedeno až na základě skutečné polohy pilot a skutečně zastižených geologických parametrů prostředí. Jak se později ukázalo (viz dále), došlo k vynechání 7 ztužujících prstenců a počátek jejich zřízení byl posunut až 3 m pod převázku 3 (obr. 7). Ztužující prstence měly za úkol nahradit příčný roznos zatížení od té úrovně hloubení, kde to již nezabezpečovaly samotné piloty. Podrobněji viz statický výpočet.



Obr. 6a: Převázka 1



Obr. 6b: Převázky 1 a 2

Do druhé skupiny ztužujících prvků patřily:

- Velice masivní převázky 3 (1,4x1,7m) a 4 (1,8x1,4 m), navržené s vysokým stupněm vyztužení s použitými profily hlavní výztuže  $\varnothing$  R32 (obr. 8). Převázka 3 byla umístěna nad tunelem a převázka 4 pod tunelem, resp. pode dnem šachty. Převázky sloužily pro vetknutí ztužujících stěn A a B.
- Železobetonové ztužující stěny A a B (výšky 10,8m) byly umístěny po stranách budoucích otvorů pro tunel a vetknuty do převázek 3 a 4. Účelem stěn bylo zajistit přenos zatížení v oblasti budoucího tunelu po jeho proražení do šachty (obr. 9).

### Postup hloubení

Původní postup hloubení, který byl uveden v technické zprávě realizační dokumentace a vycházel ze statického výpočtu, byl během realizace značně upraven. Původně se předpokládalo, od hloubky šachty 16,5m, postupovat tak, že se uprostřed šachty ponechá přítěžovací lavice min. 3,0m vysoká. Před každým hloubením v mocnosti 1,0m se po obvodu vybuduje jeden ztužující prsteneček. Tento postup hloubení by se dodržoval až na dno šachty. Z důvodu lepší přesnosti vrtání pilot a z důvodu lepších geotechnických parametrů v okolí šachty, než se předpokládalo ve statickém výpočtu, postupovalo hloubení v krocích o mocnosti 2,0m bez přítěžovací lavice. V okolí vrubovacího stroje byl i tento zjednodušený postup velice komplikovaný (obr. 10b).

Na obr. 10a jsou vidět poslední 3 předklenby, které zůstaly po závalu stát. Byly však zcela vyplněny závalovým materiálem odpovídajícím svým zbarvením nejsvrchnějším vrstvám terciéru. Tedy i na tomto konci závalu došlo při jeho dosednutí k vytékání nadložních jíílů kašovité konzistence. Dále jsou na tomto obrázku vidět precizně navrtané piloty. Na obr. 10b je dobře vidět, že předpokládaná poloha Perforexu byla správně odhadnuta (srovnej s obr. 5).

### Statický výpočet

Vzhledem k unikátnosti konstrukce a složitým geologickým podmínkám byl statický výpočet nejsložitější úlohou, před kterou jsme byli postaveni. K prokázání bezpečnosti celé konstrukce a zdárnému dokončení výpočtu přispěli značnou měrou doc. Ing. J. Masopust, CSc., a Ing. A. Zapletal, DrSc., za což jim tímto velice děkujeme. Statický výpočet by sám o sobě

vystačil na několik článků, pouze samotné nadpisy kapitol zabírají 2,5 stránky. Je členěn na fázi hloubení šachty a fázi po vyražení otvorů pro tunel. Zde máme prostor pouze na uvedení obecných předpokladů statického výpočtu. Podrobněji se zde zaměříme jen na způsob stanovení polohy pilot v jednotlivých výškových, resp. hloubkových, úrovních šachty.

### Předpoklady statického výpočtu

Kruhový tvar šachty byl zvolen proto, abychom mohli využít příčného roznosu zatížení mezi převrtávanými pilotami (v horizontálním směru) i v případě, že zde nemáme žádnou příčnou výztuž a využijeme pouze betonového prstence z pilot, který působí v tlaku. Vycházíme tedy z toho, že zatížení působící na piloty se nepřenáší pouze v podélném směru, ale naopak se ve velké míře přenáší i ve směru horizontálním (příčný roznos). Z tohoto důvodu bylo ve velké míře použito ruční stanovování zatížení i velikosti příčného roznosu. Výpočty a statické posouzení byly prováděny z části ručně a za použití programů Nexis, Geo4 – Pažení posudek, Statika Fin 10 – Beton 2D ČSN, MS Excel a Plaxis V8. U všech částí šachty byl navržen beton B30 (C25/30) a hlavní výztuž 10 505 (R). Jelikož se jedná o konstrukci, u které jsme předpokládali velkou prostorovou tuhost a malé deformace, zatížili jsme šachtu tlakem v klidu (obr. 11) s koeficientem bočního tlaku v klidu  $K_0 = 0,667$ . Minimální hodnota tlaku v klidu byla 38,4 kPa, maximální pak 460,9 kPa. Ve fázi hloubení jsme tedy předpokládali působení pilot v příčném směru, tzn. vytvoření horizontálních prstenců z prostého betonu (uvažovali jsme jednotlivé prstence po 1 bm výšky šachty). Při kruhové geometrii šachty a horizontálně rovnoměrném radiálním zatížení po obvodu šachty bylo dosaženo toho, že tyto prstence jsou zatěžovány pouze tlakem bez ohybových momentů, a není tedy třeba příčná výztuž. Tento princip přenosu zatížení zemním tlakem v klidu jsme nazvali působení pilot v příčném směru. Výše zmíněné předpoklady platí pro piloty, resp. horizontální prstence, které přenesou celé zatížení. S narůstající hloubkou jsme se však dostali do situací, kdy tomu tak není, a je nutné postupovat jiným způsobem. V tomto okamžiku přišly na řadu ztužující prstence.

### Stanovení polohy pilot v jednotlivých úrovních šachty

Pokud jsme vyšli z předpokladu působení pilot v příčném směru, chtěli jsme dosáhnout toho, aby horizontální prstence byly využity po co největší výšce (hloubce) šachty. Napřed jsme stanovili maximálně možnou míru převrtávání a tím určili, jak vypadá ideální stav. Z normy pro vrtání pilot však vyplývá požadavek na dosažení přesnosti min. 2,0 %. Provedli jsme parametrické studie poloh pilot pro 1,0 %, 1,5 % a 2,0 % přesnosti vrtání. Princip těchto studií zde naznačíme na předpokladu odchylky 1,0 %, kterou se nakonec zhotovitel (Zakládání staveb, a. s.) zavázal splnit. Definování poloh pilot po výšce, resp. hloubce, šachty je vidět na obr. 12, ze kterého také vyplývá tloušťka pomyslného horizontálního prstence, který piloty vytvářejí. Zatímco u přesně navrtaných pilot je jeho šířka konstantní (710 mm), u odchýlených pilot je tato šířka proměnná. V –40,0 metrech se dokonce piloty vůbec nedotýkají. Tento předpoklad polohy pilot vyšel z toho, že dvojice pilot je vychýlena o maximální odchylku vždy proti sobě v radiálním směru, tedy jedna do středu a druhá ven z šachty.

Při ponechání tohoto předpokladu vyhovovaly horizontální pilotové prstence (posuzovaly se na tlak, na příčný tah v pilotách, na proklouznutí sousedních pilot) až do hloubky 19,5m.

Pro potvrzení této hloubky, která je kritická z hlediska stability celé konstrukce šachty, jsme navíc provedli pravděpodobnostní analýzu polohy pilot. Doposud jsme totiž vycházeli z jednoduchého geometrického předpokladu odchýlených pilot (obr. 12). Ve skutečnosti je ale možné vzájemné vychýlení sousedních pilot do všech směrů a zároveň odchylka piloty od svislice může být proměnná v rozsahu <0,00 %; 1,00 %>. Pro zohlednění obou předpokladů jsme vytvořili speciální postup za použití pravděpodobnostní metody Monte Carlo.

Připravili jsme si pro to program v Excelu, kde jsme modelovali 10<sup>4</sup> simulací poloh pilot pro každou jednotlivou hloubkovou úroveň  $h$ . Postup výpočtu pro jedno  $h$  byl následující (obr. 13):

- Bereme v úvahu 2 sousední piloty a uvažujeme, že se jejich poloha vzájemně neovlivňuje.
- Jejich vzájemná počáteční poloha je daná ideální polohou dvou sousedních pilot, tedy vzdálenost středů  $S_1$  a  $S_2$  je 0,942m a výchozí kontaktní plocha (tloušťka horizontálního prstence)  $t_{p,h} = 0,710$ m.



Obr. 7: Vyztuž a počátek zřizování ztužujících prstenců pod převázkou 3



Obr. 8: Vázání výztuže u převázky 3

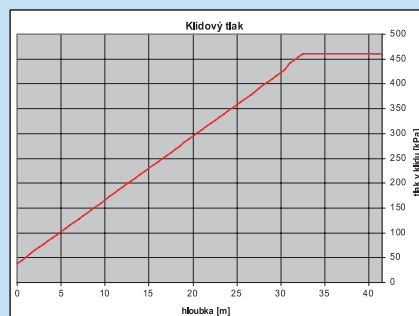




Obr. 10 a, b: Hloubení v oblasti tunelu a zavaleného vrubovacího stroje, a – původní předklenby, b – stroj Perforex

- Jejich vzájemnou polohu po **j-té** simulaci určíme v polárním systému souřadnic.
- Potřebujeme tedy určit úhel ( $\alpha_1$  a  $\alpha_2$ ) a vzdálenost ( $r_1$  a  $r_2$ ) nových středů sousedních pilot ( $S'_1$  a  $S'_2$ ).
- V každé simulaci tedy generujeme 4 pseudo-náhodná, na sobě nezávislá, čísla  $N_{ij}$  z intervalu  $\langle 0;1 \rangle$ , kde  $i$  a  $j$  jsou celá čísla z intervalů  $i \in \langle 1;4 \rangle$ ,  $j \in \langle 1;10 \rangle$ . Tedy celkem  $4 \times 10^4$  pseudo-náhodných čísel.
- $N_{1j}$  použijeme pro stanovení úhlu  $\alpha_1 \in \langle 0;360 \rangle$  při využití podobnosti trojúhelníků.
- $N_{2j}$  použijeme pro stanovení vzdálenosti  $r_1 \in \langle 0;0,01 h \rangle$  při využití podobnosti trojúhelníků.
- $N_{3j}$  použijeme pro stanovení úhlu  $\alpha_2 \in \langle 0;360 \rangle$  při využití podobnosti trojúhelníků.
- $N_{4j}$  použijeme pro stanovení vzdálenosti  $r_2 \in \langle 0;0,01 h \rangle$  při využití podobnosti trojúhelníků.
- Dostaneme **j** dvojic nových poloh středů pilot.
- Určíme 95% kvantily nových vzdáleností středů pilot pro jednotlivé hloubkové úrovně **h**, pro které graficky sestojíme příslušné velikosti kontaktních ploch  $t_{p,h}$  (tloušťku horizontálního prstence) a provedeme nové posouzení prstenců pro jednotlivá **h**.

Tímto postupem vyhověly horizontální pilotové prstence pouze do hloubky 17,0 m, tedy méně než za předchozího, méně přesného, předpokladu. Tato hloubka byla dále stanovena jako kritická a rozhodující pro použití dalších výztužných prvků v šachtě. Jako další ztužující prvky byly navrženy ztužující prstence od hloubky 16,5 m s tím, že pokud



Obr. 11: Zatěžovací obrazec šachty – tlak v klidu

bude výsledné navrtání pilot přesnější, budou se aplikovat až později ve větší hloubce. Ztužující prstence se budou zřizovat postupně s hloubčením šachty.

Od této úrovně níže se již piloty musely posuzovat ne v příčném, ale v podélném směru.

Bohužel zde není více prostoru pro popsání všech použitých postupů výpočtu jednotlivých zatěžovacích stavů na jednotlivé konstrukce.

Zmírněme aspoň výčet těch nejzajímavějších:

- Posouzení pilot na příčný tah.
- Posouzení pilot v podélném směru, kde bylo zatížení tak veliké, že jsme museli sáhnout až po elastoplastickém modelu chování pilot. Posoudit bylo třeba i mezní plastické pootočení.
- 3D modely ztužujících stěn (v programu Nexis) působících v interakci s pilotami, jak je vidět na obr. 14, a jejich nadimenzování.
- 3D modely převážek 3 a 4 a jejich posouzení na všech 6 prostorových účincích vnitřních sil, včetně kroucení. Pro šetření výztuže jsme je navíc rozdělili po obvodu do několika podoblastí.
- Posouzení stability dna šachty.
- Ze spousty konstrukčních detailů zmírněme

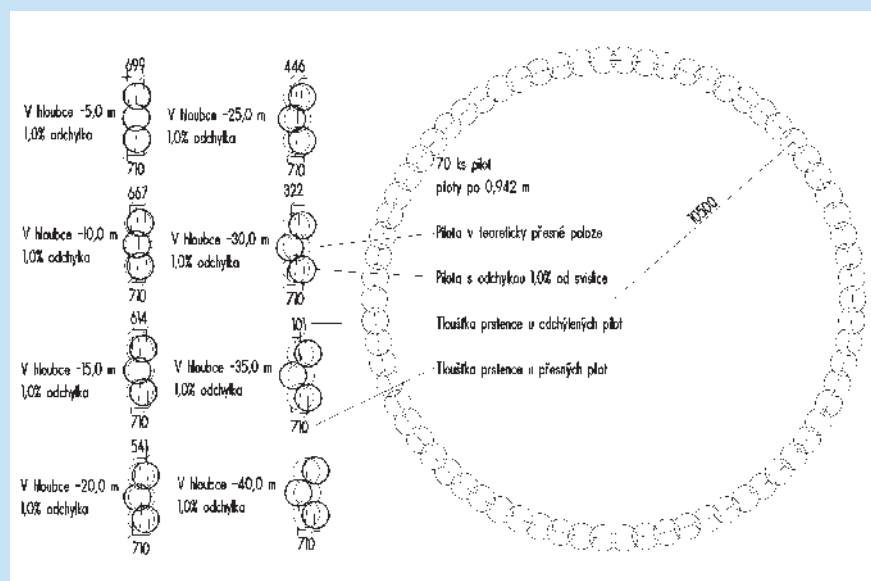
aspoň posouzení uchycení převážek 2 a 3 k pilotám nebo posouzení navázání jednotlivých částí armokošů pilot navařením na plnostěnnou trubku.

### Závěr

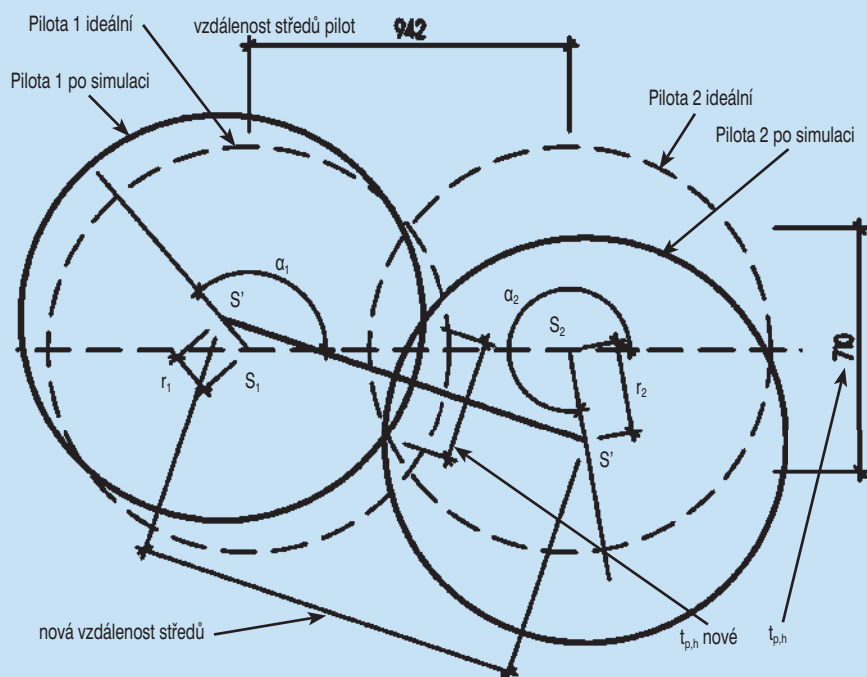
Návrh unikátní konstrukce unikové šachty, obr. 15, tunelu Březno v prostoru závalu přinesl řadu nových problémů, při jejichž řešení bylo potřeba použít řadu neobvyklých a nových postupů.

Zhotovitel pilot (Zakládání staveb, a. s.) nakonec dosáhl během vrtní vyšší přesnosti, než jsme předpokládali v pravděpodobnostní analýze polohy pilot. I geotechnické parametry prostředí zastížené in-situ byly lepší, než se předpokládalo.

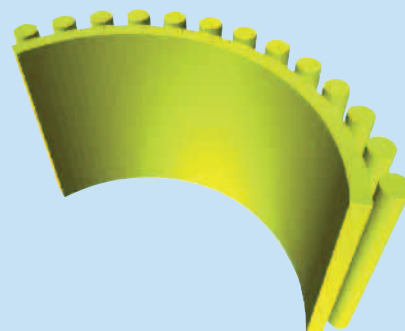
Flexibilitou návrhu bylo možno na tato fakta pružně reagovat v průběhu výstavby. Projevilo se to radikálním zjednodušením postupu hloubení a vynecháním 7 ztužujících prstenců ze stříkaného betonu. Dobrou spoluprací partnerů výstavby došlo oproti schválenému harmonogramu prací ke zkrácení doby výstavby šachty o 2,5 měsíce.



Obr. 12: Definování polohy pilot v teoreticky přesné poloze a při max. odchylce 1,0% od svislice



Obr. 13: Princip pravděpodobnostní analýzy polohy pilot



Obr. 14: Výsledný model ztužující stěny B

### The shaft in the tunnel of Březno

In this article you can find information about construction of a deep shaft sheeting made with the help of secant piles with diameter 1.18m and 40.0m long in the place of railway tunnel collapse in Březno. Complicated geological environment and not standard construction (the diameter of the shaft is 21.0m and the depth up to 35.0) led to the necessity to use quite new methods for dimensioning of the construction. It was very complicated to prove function of the methods before their realization and at the same time to prove sufficient safety of the whole construction. The main aim of the shaft was to pull out buried tunnelling machine Perforex. Then the shaft was used as the place for construction of fire emergency exit.

Investorem stavby jsou Severočeské doly Chomutov, a. s., investorskou činností je pověřena SŽDC Plzeň, s. o., dodavatelem celé přeložky je Sdružení Březno, jehož členy jsou Metrostav, a. s., SSŽ, a. s., a Energie Kladno, a. s. Generálním projektantem přeložky trati je firma SUDOP Praha, a. s. Generálním projek-

tantem šachty, včetně pozdějšího únikového východu, je firma IKP Consulting Engineers, s. r. o. (IKP).

Ing. Tomáš Parák,  
IKP Consulting Engineers, s. r. o.  
foto: autor a Libor Štěrba

## MATERIÁLY PRO STAVBU

Internetovou prezentaci časopisu Materiály pro stavbu najdete na adrese: [www.dumabyt.cz/rubriky/pro-odborniky](http://www.dumabyt.cz/rubriky/pro-odborniky).

Časopisy jsou prezentovány s určitým zpožděním oproti tištěné podobě, forma prezentace je totožná jako v tisku. Přístup není zpoplatněn. Kromě časopisu najde čtenář na stránkách Téma – buď rozsáhlý článek, nebo více kratších článků vztahujících se k určitému tématu – a přepis diskusních setkání Stavební dialog, na nichž si vybraní zástupci předních firem – výrobci materiálů a technologií, prodejci, investoři, developeři i architekti vyměňují názory na aktuální problémy, s nimiž se potýká české stavebnictví.

### Nejsnazší cesta k časopisu MATERIÁLY PRO STAVBU je předplatné

Cena jednoho výtisku časopisu je 85 Kč. Předplatíte-li si časopis na jeden rok, zaplatíte za každý výtisk 68 Kč, tedy o 20 % méně. Studenti, po předložení potvrzení o studiu, získávají 40% slevu na roční předplatné časopisu MATERIÁLY PRO STAVBU.

### Rychlá a pohodlná objednávka pomocí SMS:

Předplatné lze jednoduše objednat zasláním SMS zprávy. Zašlete kód MT (pro předplatné s 20% slevou) nebo MTS (studentská sleva) na tel. číslo 736 320 330 a my vás do 24 hodin zkontaktujeme. Odeslaná SMS je zpoplatněna běžnou sazbou vašeho operátora.

