

## BETONY ŽELEZNIČNÍCH VÍTKOVSKÝCH TUNELŮ NOVÉHO SPOJENÍ V PRAZE

### CONCRETES RAILWAYS TUNNELS IN PRAGUE NEW CONNECTION

**MICHAL GRAMBLIČKA,  
MICHAL BEŇOVIČ,  
VÁCLAV BRAUN**

*Příspěvek stručně popisuje stavbu, konstrukce a technologické postupy při realizaci extrémně členitých hloubených tunelů.*

*The contribution describes briefly the construction, design and technology procedures for implementing extremely rugged excavated tunnels.*

Přesně před rokem byla do zkušebního provozu spuštěna největší stavba sloužící železniční dopravě v Praze. Stavba, tak viditelná, že není možné ji ve městě, např. při pohledu z Pražského hradu, přehlédnout, nese jméno Nové spojení a navzájem propojuje pražské železniční stanice. Otevření Nového spojení ukončilo celkovou přestavbu centrálního železničního uzlu, když její začát-

ky se datují do sedmdesátých let minulého století.

Vítkovské tunely Nového spojení řeší napojení centrálního železničního nádraží na budoucí průchod vysokorychlostních tratí z východu a severu České republiky a umožňují napojení tratí příměstské a meziměstské dopravy napříč hlavním městem a doplňují tak tento segment dopravy, který průjezd od východu na západ, nebo i ze severu na jih přes centrum města zatím neumožňoval.

Pražská nádraží a železniční síť na území Prahy vznikaly zapojováním tratí z různých směrů, kdy každá z tratí si budovala své pražské nádraží, aniž by se kdokoliv staral o jejich vhodná propojení. Tak vzniklo roku 1830 první pražské nádraží před Bruskou, bránou na druhé koněspřežné dráze pražsko-plzeňské, o patnáct let později byl zahájen provoz na větví c. k. Severní státní dráhy z Olomouce do Prahy a spolu s již tehdy plánovanou tratí do Drážďan byl pro její pražské nádraží vybrán prostor dnešního Masarykova nádraží (obr. 1). Další pražské nádraží vzniklo v roce 1862 při stavbě České západní dráhy z Prahy do Plzně na Smíchově, pod názvem Nádraží Praha. V roce 1871 vznikla Dráha císaře Františka Josefa z Českých Budějovic do Prahy s nádražím Františka Josefa na úpatí Vinohrad (dnešním Hlavním nádražím).

Novodobou historií pražského želez-

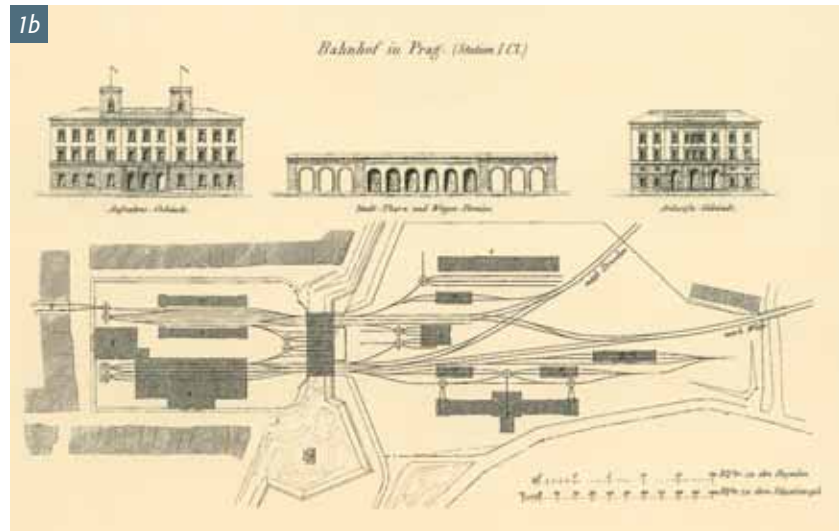
ničního uzlu je možno počítat od roku 1910, kdy vznikla „Pražská nádražní komise“, která měla najít cestu ke komplexnímu řešení pražské železniční sítě s úvahou o oddělení nákladní a osobní dopravy a jejím soustředění do ústředního osobního nádraží. Realizace prvních počínů v tomto směru přerušila nebo oddálila I. světová válka. Všechny doplňující stavby zlepšovaly funkci dopravy, nemohly ale odstranit nekonceptnost historické výstavby. Kromě toho se dostávala zastaralá železniční zařízení do kolize s funkcemi a požadavky na rozvoj města.

Protože účastníci výstavby již publikovali svoje příspěvky převážně v publikacích a časopisech zaměřených více na podzemní stavby, dovolujeme si Vás v tomto speciálním čísle časopisu seznámit s některými zajímavostmi, kterými se může tato stavba pochlubit.

Trasa nové železniční tratě spojuje železniční stanici Praha hlavní nádraží (Wilsonovo nádraží) přes nadjezd „U Bulhara“ (rekonstruovaný v letech 2003 až 2004) čtyřkolejnou estakádou dlouhou 450 m přes dva dvoukolejné Vítkovské tunely s východními a severními pražskými nádražími. Směrové vedení tunelů určuje skalní hřbet vrchu Vítkova – trasa tunelů je vedena v jeho podélné ose a pod objektem Národního památníku procházejí tunely v hloubce 42 m. Osová vzdálenost paralelně vedených tunelů je průměrně 30 m. Mini-



1a



1b

Obr. 1 Masarykovo nádraží, a) dobový obrázek, b) situace

Fig. 1 Masaryk's railway station, a) period picture, b) layout

Obr. 2 Situace západního portálu

Fig. 2 Situation of the west portal

Obr. 3 Hloubená stavební jáma západního portálu

Fig. 3 Excavated opencut of the west portal

Obr. 4 Zasouvání formy pod „primér“

Fig. 4 Letting of the form in the primary lining

Obr. 5 Manipulace s vnitřním bedněním

Fig. 5 Handling with the internal formwork

Obr. 6 Betonáž bloku trakčního výklenku

Fig. 6 Casting of the block of a tractive bay

mální horninový pilíř silný 3 m je na jich západním portále. Trasy tunelů jsou vedeny v přímých a v obloucích a tunelely ve směru od východu na západ klesají v minimálním sklonu 0,3 %.

Jižní vítkovský tunel, realizovaný Metrorostavem, a. s., je dlouhý 1 365 m. Z toho je 1 250 m ražených, portálové úseky jsou na západě 45 m a na východě 70 m dlouhé.

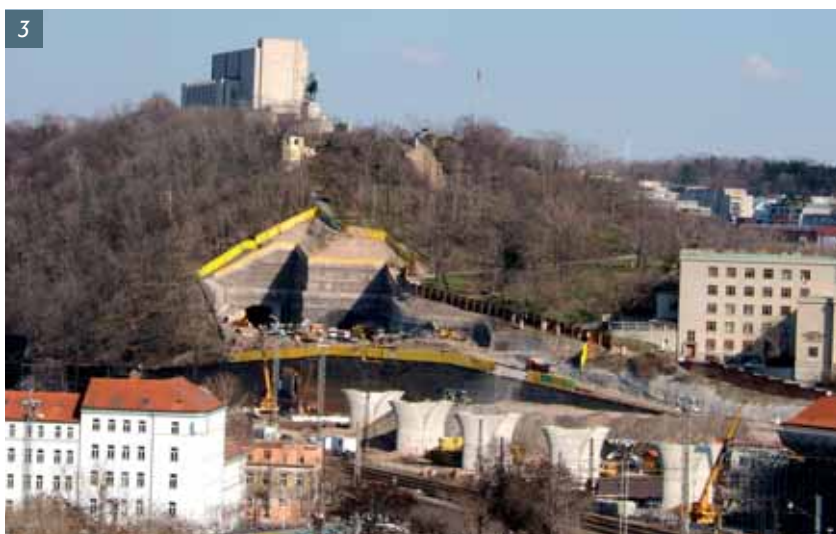
Severní vítkovský tunel, vyražený Subterrou, a. s., je dlouhý 1 316 m, z toho ražených je 1 150 m. Portálové úseky hloubených tunelů jsou na západě 58 m a na východě 107 m dlouhé. Maximální



2



4



3



5



6



7



8

Obr. 7 Definitivní tvar výklenků  
Fig. 7 The final shape of bays

Obr. 8 Definitivní tvar západních portálů pod Vítkovem  
Fig. 8 The final shape of west portals bellow Vítkov

výška jejich svislých stěn byla až 27 m. K portálovým úsekům se přimykají dvě zárubní zdi délek 300 m na východě a 65 m na západě.

Základním tvarem ostění je kruhová horní klenba o vnitřním poloměru 5,7 m. Světla výška tunelu je 8,45 m a min. šířka v ose 11,4 m. Minimální tloušťka horní betonové klenby je 0,35 m. V opěři se směrem k bočním drenážím tloušťka ostění zesiluje.

Protože velkých podzemních prostor v pražském raženém podzemí je poměrně dost (namátkou rozplety tunelu Mrázovka, jednodílná stanice metra Kobylisy atd.), nejsou výklenky pro napínání trakčního vedení v železničních tunelech pod Vítkovem s plochou kolem 160 m<sup>2</sup> ničím výjimečným. Zajímavější situace však nastala v hloubených úsecích tunelů na západní straně stavby. Tyto železniční klenby musely být, vzhledem k povinnosti vrátit terén po výstavbě do původní podoby, aby se svahy Vítkova mohly opět zazelenat, přesypány.

Ve stavební jámě byla postavena soustava tří klenb o délce 12 m, s tloušťkou stěn od 0,6 do 1,2 m. Definitivní konstrukce byla požadována vodonepropustná. Následný zásyp maximální výšky až 12 m ve sklonu 30° vytvořil výrazně asymetrické zatížení klenb.

Na západním portálu bylo nutné umístit vedle sebe dva tunelové pasy, pro jižní i severní hloubený tunel, sloužící pro napínání konstrukce trakčního vedení. Vzhledem k tomu, že v jednom řezu to nebylo možné, musejí být obě komory navzájem posunuty. Na obr. 4 je zřejmé extrémní prostorové omezení při výstavbě. Nebylo možné postavit tunelové pasy „klasicky“ – s rubovým, kontra bedněním. Proto se tuneláři rozhodli realizovat tyto části s využitím zkušeností z podzemí s tzv. „falešným primérem“, pod který byla umístěna hydroizolační folie a ocelová výztuž a podobně

jako v podzemním masivu byla pomocí přesuvného bednění konstrukce „podepřena“ a vybetonována.

Bednění, samohybný vůz tuhé konstrukce byl montován na portále a byl vybaven pohyblivým manipulátorem k rozdělení betonu do jednotlivých betonážních oken. K dopravě betonu bylo nasazeno čerpadlo betonové směsi Putzmeister 1405 napojené na systém dopravy betonu bedněního vozu. Pro případ jeho poruchy měli technici k dispozici náhradní čerpadlo betonové směsi. Forma byla osazena osmdesáti vzduchovými vibrátory tak, aby se účinnost sousedních vibrátorů překrývala. Pro využití posuvného bednění byla na rubu jeho konstrukce připravena forma, zvětšující základní profil na požadovaný „výklenkový“.

Zásadním problémem tohoto postupu však byl návrh všech pevných součástí bednění tak, aby se na rubu klenby vytvořil dostatečný odpor čerstvému betonu, který je v podzemí zaručen horninovým masivem společně s bedněním vozem. Vzhledem k tomu, že objem betonu tunelových pasů byl přes 300 m<sup>3</sup> oproti 187 m<sup>3</sup> v typickém pasu, museli všichni stavaři promyslet každý detail připravovaného postupu výstavby.

Po teoretické přípravě, ve které projektant modeloval postupné vyplňování prostoru mezi oběma pažicemi konstrukcemi a kdy hledal odpověď na otázku maximální výšky čerstvého betonu zaručující stabilitu stěn bednění, navrhli technologové recepturu splňující podmínku zamezení vzniku pracovních spár. Byl určen postup betonáže, který vycházel z vlastností čerstvého betonu, jeho křivek náběhu pevnosti a z konstrukce bednění (rozmístění příložných vibrátorů na plášti vnitřního bednění). Důležité charakteristické body křivky byly dosažení pevnosti (penetračního odporu) 0,5 MPa po 190 min a dosažení pevnosti 3,5 MPa po 290 min. Betonáže byly navrženy dle uvedených

omezujících podmínek s použitím technologických přestávek.

V případě základního profilu bylo uvažováno s ukládáním jednotlivých vrstev do úrovně spodních hran nejvyšších uzavíratelných oken v bednění formy rovnoměrně s použitím technologických přestávek délky 60 (45) min. pro vrstvy 1. až 9. Jednotlivé vrstvy reprezentovaly na každé straně dávku 7,5 m<sup>3</sup> betonu. Vrchlík (10. vrstva) byl dále betonován plynulým ukládáním čerstvého betonu. Nevyplněný prostor vrchlíku byl dodatečně injektován cementovou suspenzí.

Vnější pomocné ostění vyhovovalo zatěžovacím stavům během ukládání čerstvého betonu, kromě polohy hladiny ve výšce cca 5 m (běžný profil i profil TV). Z tohoto důvodu bylo před betonáží ostění dále zajištěno rozepřením pomocí stojek systémového bednění. Konstrukce vnitřní formy nebyla přizpůsobena potřebám betonáže s takto omezeným plněním čerstvým betonem, a proto nebylo možné každou uloženou vrstvu zhutňovat příložnými vibrátory (úroveň vibrátorů byla mimo potřebné rozmezí) a bylo nutné použít kombinovaného způsobu zhutňování za pomoci ponorných vibrátorů z uzavíratelných oken. Pro spínání příložných vibrátorů platila obecná pravidla uvedená pouze v rozsahu uloženého betonu v čase jeho zpracovatelnosti (do stáří 3,5 h).

Základní nosný prvek rubového bednění/ostění tvořily svařované příhradové ramenáty, na které byly upevněny vrstvy kari sítí. Vnější vrstva byla opatřena geotextilií umožňující nanášení mokré směsi stříkaného betonu. Tvar bednění a ocelových ramenátů byl pravidelně geodeticky kontrolován.

Velice důležitou součástí přípravy betonáže bylo zpracování časového harmonogramu dopravy čerstvého betonu z betonárny na, naštěstí, nedalekém „ostrově hraběte Rohana“. Automixy se nesměly ani opozdit ani přijet příliš předčasně.

Ani realizace zásypů nebyla jednoduchá operace. Vzhledem k velmi obtížné dostupnosti k místu zásypů ve strmém svahu s nemožností realizace přístupových ramp, stísněným podmínkám pracovní plochy vymezené zásypem, tvarem a sklonem konečně nasypané plochy, byly zásypy v nejužších místech realizovány pomocí zaplavování popíl-

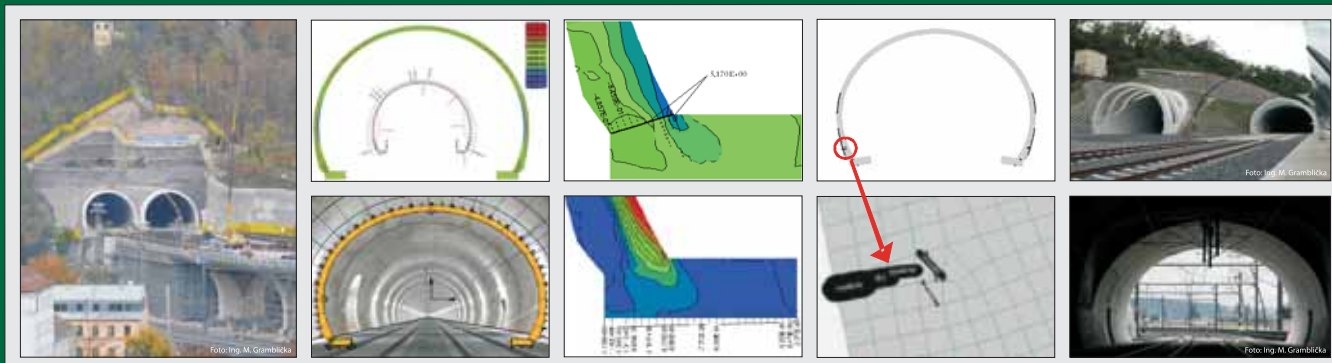
Tab. 1 Základní objemy stavebních prací  
 Tab. 1 Essential volumes of building works

Činnost	Objem
vyrubaný prostor ražených dvoukolejných tunelů [m <sup>3</sup> ]	244 800
obestavěný prostor v hloubených stavebních jámách [m <sup>3</sup> ]	26 750
plocha stříkaného betonu [m <sup>2</sup> ]	62 380
uložený monolitický beton [m <sup>3</sup> ]	39 750

Investor	SŽDC, s. o.
Projektant	SUDOP Praha, a. s.
Zhotovitel	Sdružení Nové spojení Praha: Skanska, a. s., Metrostav, a. s., Subterra, a. s., SSŽ, a. s.
Podzhotovitel	Subterra, a. s., divize podzemních staveb
Realizace stavby	2004 až 2008

## Ověřte Vaši konstrukci programem ATENA!

Přidejte se ke špičkovým inženýrům, kteří používají počítačovou simulaci pro posouzení a navrhování bezpečných a spolehlivých staveb.



### Nabízíme:

- programy ATENA Engineering, ATENA Science, ATENA-SARA
- jedinečný software pro nelineární analýzu a hodnocení bezpečnosti
- uživatelskou podporu a údržbu
- poradenství v oblasti nelineárních výpočtů a spolehlivosti konstrukcí

### Použití pro:

- tunely, dopravní stavby, mosty
- ověření únosnosti, šířek trhlin v betonu, spolehlivosti
- deformace, optimalizace vyztužení detailů
- bezpečnost konstrukce, požární odolnost



Na Hřebenkách 55 • 150 00 Praha 5

tel./fax: +420 220 610 018 • e-mail: [cervenka@cervenka.cz](mailto:cervenka@cervenka.cz) • web: [www.cervenka.cz](http://www.cervenka.cz)

# BETOSAN®

alternativa, kterou oceníte



CERTIFIKOVANÉ  
HYDROIZOLAČNÍ  
MATERIÁLY,  
OCHRANA  
PROTI RADONU



www.betosan.cz

### HYDROIZOLAČNÍ MALTY

na PCC bázi s přísadami XYPEX®  
ruční zpracování – WATERFIX XP,  
WATERFIX XP TH, DENSOFIX XP

na PC bázi s přísadami XYPEX®  
strojní nástřik – MONOCRETE MONOMIX XP  
MONOCRETE MONOMIX XP TH

### TRVALE PRUŽNÉ HYDROIZOLAČNÍ STĚRKY

2 složky na PCC bázi WATERFIN PV  
1 složka na polymerní bázi IZOLASTIC flex

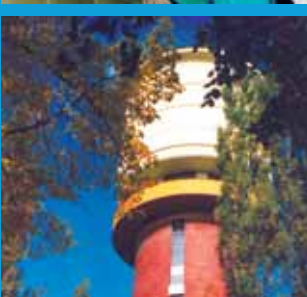
### OPRAVA A ÚDRŽBA PLOCHÝCH STŘECH

1 složka na polymerní bázi ELASTOFIN

### LOKÁLNÍ UTĚSNĚNÍ

na PCC bázi s přísadami WATERFIX RH

DRŽITEL CERTIFIKÁTŮ ČSN EN ISO 9001 A 14001



### TRVALE PRUŽNÝ HYDRO- IZOLAČNÍ LEPÍCÍ TMEL NA HUTNOU DLAŽBU A SKLO

2 složky na PCC bázi WATERFLEX

### MRAZUVZDORNÝ LEPÍCÍ TMEL

interiér/exteriér

1 složka na PCC bázi – PROFIX (flex)

### MRAZUVZDORNÁ SPÁROVACÍ HMOTA

interiér/exteriér

1 složka na PCC bázi – PROFILL (XP)

### OBCHODNĚ-TECHNICKÁ KANCELÁŘ

Na Dolinách 23 mobil: 602 121 617  
147 00 Praha 4 tel./fax: 241 431 212  
e-mail: [paha@betosan.cz](mailto:paha@betosan.cz)

kem, který dokonale vyplnil všechny, i ty nejmenší prostory.

### ZÁVĚR

Realizace hloubených úseků Vítkovských tunelů se zpětným zásypem ve strmém svahu nad západním portálem potvrdila vysokou profesionalitu všech zúčastněných, kteří si poradili v omezeném prostoru s mimořádně komplikovanými tvary železobetonových kleneb.

Ing. Michal Gramblička

SUDOP Praha, a. s.

Olšanská 1a, 130 80 Praha 3

tel.: 267 094 323, fax: 267 094 212

e-mail: [michal.gramblicka@sudop.cz](mailto:michal.gramblicka@sudop.cz), [www.sudop.cz](http://www.sudop.cz)

Ing. Václav Braun

Subterra, a. s.

Bezová 1658, 147 14 Praha 4

tel.: 244 063 040

e-mail: [vbraun@subterra.cz](mailto:vbraun@subterra.cz), [www.subterra.cz](http://www.subterra.cz)

Ing. Michal Beňovič

AGN, Gotthard Basistunnel Nord

Los 151 Erstfeld, STRABAG (CH)/STRABAG (A)

Postfach 43, CH-6474 Amsteg,

Švýcarsko

tel.: +41 418 847 229

e-mail: [michal.benovic@strabag.com](mailto:michal.benovic@strabag.com)