

Tuŕnel

č. 3
2012

ČASOPIS ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE A SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA-AITES
MAGAZINE OF THE CZECH TUNNELLING ASSOCIATION AND SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES





REALIZUJEME

- PODZEMNÍ STAVBY A INŽENÝRSKÉ SÍŤE
- INŽENÝRSKÉ STAVBY
- BÁŇSKÉ A EKOLOGICKÉ STAVBY
- POZEMNÍ STAVBY
- BÁŇSKOU ZÁCHRANNOU SLUŽBU

www.energie-as.cz

energie
STAVEBNÍ A BÁŇSKÁ

Podzemní stavby (vývoj, výzkum, navrhování, realizace)
Časopis České tunelářské asociace a Slovenskej tunelárskej asociácie ITA-AITES
Založen Ing. Jaroslavem Gránem v roce 1992

Obsah

Editorial:	
doc. Dr. Ing. Jan Pruška, člen redakční rady časopisu Tunel	1
Úvodníky:	
Ing. Zdeněk Osner, CSc., předseda představenstva a generální ředitel, ENERGIE – STAVEBNÍ A BÁŇSKÁ, a.s.	2
Ing. Zdeněk Ruňstuk, generální ředitel společnosti MAPEI, spol. s r. o.	3
Účast firmy MAPEI při výstavbě římského metra	
Dipl. Ing. Enrico Dal Negro,	
Dipl. Ing. Alessandro Boscaro, MAPEI, S. p. A., Itálie,	
Ing. Lubor Bačík, MAPEI, spol. s r. o.	4
Používání nově vyvinutých přísad ke zlepšení účinnosti urychlovačů ve stříkaných betonech	
Dipl. Ing. Enrico Dal Negro, Dipl. Ing. Christiano Maltese,	
Dipl. Ing. Veit Reinstadler, MAPEI, S. p. A., Itálie,	
Ing. Lubor Bačík, MAPEI, spol. s r. o.	11
Rekonstrukce a dostavba kanalizace Mnichovo Hradiště – ražená část	
Ing. Milan Schagerer, ENERGIE – STAVEBNÍ A BÁŇSKÁ, a.s.	16
Přeložky kanalizačních stok a potoka Brusnice v rámci 2. stavby Strahovského tunelu	
Ing. Přemysl František Kuchař, EUROGAS, a. s.,	
Ing. Milan Schagerer, ENERGIE – STAVEBNÍ A BÁŇSKÁ, a.s.	20
Segmentová ostění tunelů z drátkobetonu	
Doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D., D2 Consult Prague, s. r. o., a FSv ČVUT,	
Ing. Jaroslav Beňo, METROSTAV, a. s., a FSv ČVUT	31
Eupalinův tunel/štola na ostrově Samos	
doc. Ing. Vlastimil Hanzl, CSc., Ústav geodézie FAST VTU,	
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., Ústav geotechniky FAST VUT, Brno	38
Výstavba kmenových stok z polymerbetonových komponentů	
Ing. Igor Fryč, PRAŽSKÉ SILNIČNÍ A VODOHOSPODÁŘSKÉ STAVBY, a. s.	46
Závislost bentonitové izolace na kvalitě podkladu	
Ing. Jiří Husárik, METROSTAV, a. s.	53
Fotoreportáž ze stavby prodloužení trasy V.A pražského metra	58
Zprávy z tunelářských konferencí	61
Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice	68
Zpravodajství České tunelářské asociace ITA-AITES	71

Redakční rada

Předseda: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. – Stavební fakulta ČVUT Praha
Ing. Karel Franczyk, Ph.D. – SUBTERRA, a. s.
Ing. Otakar Hasík – METROPROJEKT Praha, a. s.
doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D. – D2-CONSULT PRAGUE, s. r. o.
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc. – VUT Brno, FAST
doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D. – VŠB TU Ostrava
RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D. – PUDIS, a. s.
Ing. Josef Kutil – INŽENÝRING DOPRAVNÍCH STAVEB, a. s.
Ing. Libor Mařík – IKP CONSULTING ENGINEERS, s. r. o.
doc. Dr. Ing. Jan Pruška – Stavební fakulta ČVUT Praha
prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc. – ELTODO EG, a. s.
doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc. – ARCADIS Geotechnika, a. s.
Ing. Petr Szotkowski – VOKD, a. s.
Ing. Boris Šebesta – METROSTAV, a. s.
doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc. – Ústav geoniky AVČR
Ing. Pavel Šourek – SATRA, s. r. o.
Ing. Petr Vozarik – METROSTAV, a. s.
Ing. Jaromír Zlámal – POHL CZ, a. s.
CzTA ITA-AITES: Ing. Miloslav Novotný
STA ITA-AITES: Ing. Miloslav Frankovský – TERRAPROJEKT, a. s.
Ing. Viktória Chomová – NÁRODNÁ DIALNIČNÁ SPOLOČNOSŤ, a. s.
Ing. Ondrej Vida – SKANSKA SK, a. s.

Vydavatel

Česká tunelářská asociace a Slovenská tunelárska asociácia ITA-AITES pro vlastní potřebu

Distribuce

členské státy ITA-AITES
členové EC ITA-AITES
členské organizace a členové CzTA a STA
externí odběratelé
povinné výtisky 35 knihovnám a dalším organizacím

Redakce

Dělnická 12, 170 00 Praha 7, tel./fax: +420 266 793 479
e-mail: ita-aites@metrostav.cz
web: http://www.ita-aites.cz
Vedoucí redaktor: Ing. Miloslav Novotný
Odborní redaktori: doc. Dr. Ing. Jan Pruška, Ing. Pavel Šourek, Ing. Jozef Frankovský
Grafické zpracování: DTP Martin Pek, nám. T. G. Masaryka 737, 290 01 Poděbrady
Tisk: H.R.G. spol. s r. o., Litomyšl
Foto na obálce: Prodloužení trasy V.A pražského metra – stavební jáma Veleslavín (foto: Ing. Junek)

Underground Construction (Development, Research, Design, Realization)
Magazine of the Czech Tunnelling Association and the Slovak Tunnelling Association ITA-AITES
Established by Ing. Jaroslav Grán in 1992

Contents

Editorials:	
doc. Dr. Ing. Jan Pruška, Member of the TUNEL Journal Editorial Board	1
Ing. Zdeněk Osner, CSc., Chairman of the Board and General Director Energie – stavební a báňská, a.s.	2
Ing. Zdeněk Ruňstuk, General Director of MAPEI, spol. s r. o.	3
Mapei Company Participation in Rome Metro construction	
Dipl. Ing. Enrico Dal Negro, Dipl. Ing. Alessandro Boscaro, MAPEI, S. p. A., Italy,	
Ing. Lubor Bačík, MAPEI, spol. s r. o.	4
Using Advanced Admixture to Enhance Accelerator Performance in Sprayed Concrete	
Dipl. Ing. Enrico Dal Negro, Dipl. Ing. Christiano Maltese,	
Dipl. Ing. Veit Reinstadler, MAPEI, S. p. A., Italy,	
Ing. Lubor Bačík, MAPEI, spol. s r. o.	11
Mnichovo Hradiště Sewerage Reconstruction and Addition of New Parts – the Mined Part	
Ing. Milan Schagerer, ENERGIE – STAVEBNÍ A BÁŇSKÁ, a.s.	16
Diversions of Sewers and the Brusnice Brook within the Framework of Stage 2 of the Strahov Tunnel Construction	
Ing. Přemysl František Kuchař, EUROGAS, a. s.,	
Ing. Milan Schagerer, ENERGIE – STAVEBNÍ A BÁŇSKÁ, a.s.	20
Steel Fibre Reinforced Segmental Tunnel Linings	
Doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D., D2 Consult Prague, s. r. o., a FSv ČVUT,	
Ing. Jaroslav Beňo, METROSTAV, a. s., a FSv ČVUT	31
Tunnel of Eupalinos on Samos Island	
doc. Ing. Vlastimil Hanzl, CSc., Ústav geodézie FAST VTU,	
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., Ústav geotechniky FAST VUT, Brno	38
Construction of Trunk Sewers using Polymer Concrete Components	
Ing. Igor Fryč, PRAŽSKÉ SILNIČNÍ A VODOHOSPODÁŘSKÉ STAVBY, a. s.	46
Dependence of Bentonite Waterproofing on Quality of Substrate	
Ing. Jiří Husárik, METROSTAV, a. s.	53
Picture Report from the Construction of the Fifth Extension of the Prague Metro Line A	58
News from Tunnelling Conferences	61
Current News from the Czech and Slovak Underground Construction	68
Czech Tunnelling Association ITA-AITES Report	71

Editorial Board

Chairman: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. – Stavební fakulta ČVUT Praha
Ing. Karel Franczyk, Ph.D. – SUBTERRA, a. s.
Ing. Otakar Hasík – METROPROJEKT Praha, a. s.
doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D. – D2-CONSULT PRAGUE, s. r. o.
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc. – VUT Brno, FAST
doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D. – VŠB TU Ostrava
RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D. – PUDIS, a. s.
Ing. Josef Kutil – INŽENÝRING DOPRAVNÍCH STAVEB, a. s.
Ing. Libor Mařík – IKP CONSULTING ENGINEERS, s. r. o.
doc. Dr. Ing. Jan Pruška – Stavební fakulta ČVUT Praha
prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc. – ELTODO EG, a. s.
doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc. – ARCADIS Geotechnika, a. s.
Ing. Petr Szotkowski – VOKD, a. s.
Ing. Boris Šebesta – METROSTAV, a. s.
doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc. – Ústav geoniky AVČR
Ing. Pavel Šourek – SATRA, s. r. o.
Ing. Petr Vozarik – METROSTAV, a. s.
Ing. Jaromír Zlámal – POHL CZ, a. s.
CzTA ITA-AITES: Ing. Miloslav Novotný
STA ITA-AITES: Ing. Miloslav Frankovský – TERRAPROJEKT, a. s.
Ing. Viktória Chomová – NÁRODNÁ DIALNIČNÁ SPOLOČNOSŤ, a. s.
Ing. Ondrej Vida – SKANSKA SK, a. s.

Published for Service Use

by the Czech Tunnelling Association and the Slovak Tunnelling Association ITA-AITES

Distribution

ITA-AITES Member Nations
ITA-AITES EC members
CzTA and STA corporate and individual members
external subscribers
obligatory issues for 35 libraries and other subjects

Office

Dělnická 12, 170 00 Praha 7, tel./fax: +420 266 793 479
e-mail: ita-aites@metrostav.cz
web: http://www.ita-aites.cz
Editor-in-chief: Ing. Miloslav Novotný
Technical editors: Doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D., Ing. Pavel Šourek, Ing. Jozef Frankovský
Graphic designs: DTP Martin Pek, nám. T. G. Masaryka 737, 290 01 Poděbrady
Printed: H.R.G. spol. s r. o., Litomyšl
Cover photo: Extension of the Prague Metro Line A – the Veleslavín Construction Pit (Photo courtesy of: Jiří Junek)

ČLENSKÉ ORGANIZACE ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE A SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA-AITES

MEMBER ORGANISATIONS OF THE CZECH TUNNELLING ASSOCIATION AND SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES

CZTA:

Čestní členové:

Prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.
Prof. Ing. Jirí Barták, DrSc.
Ing. Jindřich Hess, Ph.D.
Ing. Karel Matzner

Členské organizace:

AMBERG ENGINEERING BRNO, a. s.
Ptašinského 10
602 00 Brno

ANGERMEIER ENGINEERS, s. r. o.
Pražská 810/16
102 21 Praha 10

ANKRA TECH, s. r. o.
U Tesly 1825
735 41 Petřvald u Karviné

ANTON VOREK
Kunín 316
742 53 Kunín

AZ CONSULT, s. r. o.
Klíšská 12
400 01 Ústí nad Labem

ARCADIS Geotechnika, a. s.
Geologická 4
150 00 Praha 5

BASF Stavební hmoty ČR, s. r. o.
K Májovu 1244
537 01 Chrudim

ČVUT STAVEBNÍ FAKULTA
Tháškova 7
166 29 Praha 6

D2-CONSTULT Prague, s. r. o.
Zelený pruh 95/97 (KUTA)
140 00 Praha 4

EKOSTAV, a. s.
Brigádníků 3353/351b
100 00 Praha 10

ELTODO EG, a. s.
Novodvorská 1010/14
142 00 Praha 4

ENERGIE – stavební a báňská, a. s.
Vašíčkova 3081
272 04 Kladno

EREBOS, s. r. o.
Malé Svatoňovice 249
542 34 Malé Svatoňovice

GEOTEC GS, a. s.
Chmelová 2920/6
160 00 Praha 6

GEOTEST BRNO, a. s.
Šmahova 112
659 01 Brno

GREEN GAS DPB, a. s.
Rudé armády 637
739 21 Paskov

HOCHTIEF CZ, a. s.
Plzeňská 16/3217
150 00 Praha 5

IKP CONSULTING ENGINEERS, s. r. o.
Classic 7 – budova C
Jankovcova 1037/49
170 00 Praha 7

ILF CONSULTING ENGINEERS, s. r. o.
Jirsíkova 5
186 00 Praha 8

INSET, s. r. o.
Lucemburská 1170/7
130 00 Praha 3 – Vinohrady

INŽENÝRING DOPRAVNÍCH STAVEB, a. s.
Na Moráni 3
128 00 Praha 2

KELLER – speciální zakládání, s. r. o.
Na Pankráci 30
140 00 Praha 4

MAPEI, s. r. o.
Smetanova 162
772 11 Olomouc

METROPROJEKT PRAHA, a. s.
I. P. Pavlova 1786/2
120 00 Praha 2

METROSTAV, a. s.
Koželužská 5
180 00 Praha 8

MINOVA BOHEMIA, s. r. o.
Lihovarská 10
716 03 Ostrava-Radvanice

MOTT MACDONALD CZ, s. r. o.
Národní 984/15
110 00 Praha 1

OHL ŽS, a. s.
Burešova 938/17
660 02 Brno-střed

PERI, spol. s r. o.
Průmyslová 392
252 42 Jesenice

POHL cz, a. s.
Nádražní 25
252 63 Rostoky u Prahy

PÖYRY ENVIRONMET, a. s.
Botanická 56
656 32 Brno

PRAGOPROJEKT, a. s.
K Ryšánce 1668/16
147 54 Praha 4

PROMAT, s. r. o.
V.P.Čkalova 22/784
160 00 PRAHA 6

PROMINECON CZ, a. s.
Revoluční 25/767
110 00 Praha 1

PŮDIS, a. s.
Nad vodovodem 2/169
100 00 Praha 10

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC, a. s.
Čerčanská 12
140 00 Praha 4

SATRA, s. r. o.
Sokolská 32
120 00 Praha 2

SIKA CZ, s. r. o.
Bystrcká 36
624 00 Brno

SMP CZ, a. s.
Evropská 1629/37
160 41 Praha 6

SPRÁVA ÚLOŽIŠŤ
RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ, s. o.
Dlážděná 6
110 00 Praha 1

SUBTERRA, a. s.
Bezová 1658
147 14 Praha 4

SUDOP, a. s.
Olšanská 1a
130 80 Praha 3

SŽDC, s. o.
Dlážděná 1003/7
110 00 Praha 1

UNIVERZITA PARDUBICE
Dopravní fakulta Jana Pernera
Studentská 95
532 10 Pardubice

ÚSTAV GEOLOGICKÝCH VĚD
Přírodovědecká fakulta
Masarykovy univerzity v Brně
Kotlářská 267/2
611 37 Brno

ÚSTAV GEONIKY AV ČR
Studentská ul. 1768
708 33 Ostrava-Poruba

VIS, a. s.
Bezová 1658/1
147 00 Praha 4

VOKD, a. s.
Nákladní 1/3179
701 40 Ostrava-Moravská Ostrava

VUT STAVEBNÍ FAKULTA
Veveří 95
662 37 Brno

VYSOKÁ ŠKOLA BAŇSKÁ
TU OSTRAVA
tř. 17. listopadu
708 33 Ostrava-Poruba

ZAKLÁDÁNÍ GROUP, a. s.
U Rakosky 849
148 00 Praha 4-Kunratice

STA:

Čestní členovia:

doc. Ing. Koloman V. RATKOVSKÝ, CSc.
Ing. Jozef FRANKOVSKÝ
prof. Ing. František KLEPSATEL, CSc.
Ing. Juraj KELEŠI

Členské organizácie:

ALFA 04, a. s.
Jašková ul. 6
821 03 Bratislava

AMBERG Engineering Slovakia, s. r. o.
Somolického 819/1
811 06 Bratislava

APOLLOPROJEKT, s. r. o.
Vlčie hrdlo
P.O.BOX 56
820 03 Bratislava

BANSKÉ PROJEKTY, s. r. o.
Miletičova ul. 23
821 09 Bratislava

BASF Slovensko, s. r. o.
Prievozská 2
821 09 Bratislava

BASLER & HOFMANN SLOVAKIA, s.
r. o.
Panenská 13
811 03 Bratislava

BEKAERT Hlohovec, a. s.
Mierová ul.2317
929 28 Hlohovec

DOPRASTAV, a. s.
Drieňová ul. 27
826 56 Bratislava

DOPRAVOPROJEKT, a. s.
Kominárska 2,4
832 03 Bratislava

GEOCONSULT, spol. s r. o.
Miletičova 21
P.O.BOX 34
820 05 Bratislava

GEOFOS, spol. s r. o.
Veľký diel 3323
010 08 Žilina

GEOMONTA-HARMANEC, spol. s r. o.
Majerská cesta 36
974 01 Banská Bystrica

GEOstatik, a. s.
Bytčická 32
012 27 Žilina

HYDROBETON, s. r. o.
Staviteľ'ská 3
831 04 Bratislava

HYDROTUNEL, spol. s r. o.
Mojmírova ul.14
P.O.BOX 16
927 01 Bojnice

IGBM, s. r. o.
Chrenovec 296
972 32 Chrenovec-Brusno

K-TEN Turzovka, s. r. o.
Vysoká nad Kysucou 1279
023 55 Vysoká nad Kysucou

MACCAFERRI CENTRAL EUROPE,
spol. s r. o.
Štvorník 662
906 13 Brezová pod Bradlom

MAPEI SK, s. r. o.
Nádražná 39
900 28 Ivanka pri Dunaji

MC – BAUCHEMIE, s. r. o.
Na Pántoch 10
831 06 Bratislava

NÁRODNÁ DIALENIČNÁ SPOLOČ-
NOST, a. s.
Mlynské nivy 45
821 09 Bratislava

PERI, spol. s r. o.
Pribylinská 10
831 04 Bratislava

PUDOS PLUS, spol. s r. o.
Račianske Mýto 1/A
839 21 Bratislava 32

PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA UK
Katedra inžinierskej geológie
Mlynská dolina G
842 15 Bratislava

REMIING CONSULT, a. s.
Trnavská 27
831 04 Bratislava

RENECO, a. s.
Panenská 13
811 03 Bratislava

SIKA SLOVENSKO, spol. s r. o.
Rybničná 38/e
831 06 Bratislava

SKANSKA SK, a. s.
Závod Tunely
Košovská cesta 16
971 74 Prievidza

SLOVENSÁ SPRÁVA CIEST
Miletičova ul. 19
826 19 Bratislava

SLOVENSKE TUNELY, a. s.
Lamačská cesta 99
841 03 Bratislava

SM 7, a. s.
Organizačná zložka
Mlynské nivy 41
821 09 Bratislava

SOLHYDRO, spol. s r. o.
Ponónska cesta 17
P.O.BOX 169
850 00 Bratislava

STI, spol. s r. o.
Hlavná 74
053 42 Krompachy

STU, Stavebná fakulta
Katedra geotechniky
Radlinského 11
813 68 Bratislava

SWISSGREEN, spol. s r. o.
Šumavská ul. 15
602 00 Brno
Česká republika

TAISEI CORPORATION,
Organizačná zložka Slovakia
Dúbravská cesta 9
P.O.Box 113
840 05 Bratislava 45

TECHNICKÁ UNIVERZITA
Fakulta BERG
Katedra dobývania ložísk a geotechniky
Katedra geotech. a doprav. staviteľ'stva
Letná ul. 9
042 00 Košice

TERRAPROJEKT, a. s.
Podunajská 24
821 06 Bratislava

TUBAU, a. s.
Bytčická 89
010 09 Žilina

TUCON, a. s.
Priemyselná 2
010 01 Žilina

URANPRES, spol. s r. o.
Fraňa Kráľa 2
052 80 Spišská Nová Ves

ÚSTAV GEOTECHNIKY SAV
Watsonova ul. 45
043 53 Košice

VÁHOSTAV-SK, a. s.
Hlínská 40
010 18 Žilina

VUIS-Zakladanie stavieb, spol. s r. o.
Kopčanska 82/c
851 01 Bratislava

ŽELEZNICE SR
Klemensova 8
813 61 Bratislava

ŽILINSKÁ UNIVERZITA
Stavebná fakulta, blok AE
Katedra geotechniky,
Katedra technológie a manažmentu stavieb
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina



Milí čtenáři, vážení kolegové,

v době vydání tohoto čísla časopisu Tunel je většina z vás po zasloužené dovolené. S létem je velmi často spojeno i cestování „za hranice všedních dnů“ a následné porovnávání „tam“ a „tady“. Mnoho věcí je stejných či velice obdobných. Ekonomická krize zasáhla nejen Českou republiku, ale i značnou část zemí v Evropě (možná se dá už mluvit i o globální ekonomické krizi) a v první řadě způsobila ohromný útlum stavebnictví. V České republice však nastává navíc krize nejen v politické kultuře, ale úpadek kultury obecně. Dovolte mi podělit se zde s vámi o jeden osobní zážitek. Na začátku tohoto roku při placení členského příspěvku CzTA v jedné bance se úřednice za přepážkou rozesmála skoro až k pláči a po chvíli řekla: „Pardon, Česká tunelářská asociace... to snad není ani možný.“ Ano, termíny tunelování a tunel mají pro většinu obyvatel naší země význam hanlivý a nespádající do stavařské profese. I přes tuto skutečnost otevírám časopis Tunel v metru na cestě do práce. Aby předchozí nevyznělo příliš pesimisticky, musím konstatovat, že věřím v budoucnu v obrat k lepšímu. Přesvědčuje mne o tom každý rok i počet studentů, kteří na katedře geotechniky ČVUT v Praze obhajují diplomovou práci z oboru podzemní stavitelství.

Ale zpět k tomuto číslu časopisu Tunel, které je věnováno dvěma významným odborným firmám, a to Energie – stavební a báňská, a. s., a Mapei, spol. s r. o. Autoři z české společnosti Energie – stavební a báňská, a. s., se prezentují dvěma články. První se týká přeložek a nového vedení inženýrských sítí v rámci souboru staveb Strahovský tunel 2B převážně v prostoru mezi ulicemi Myslbekova a Patočkova v Praze (součást městského okruhu) a druhý popisuje rekonstrukci a dostavbu kanalizace v obci Veselá u Mnichova Hradiště, která je dotovaná z prostředků Evropské unie. Společnost Mapei představuje ve svých velmi zajímavých příspěvcích nejprve probíhající stavbu trasy C metra v Římě (délky 35 km), jež povede městem z jihovýchodu na severozápad a bude projíždět pod paláci a památkami historického významu, a dále použití nově vyvinutých přísad ke zlepšení vlastností urychlovačů u stříkaných betonů, které umožňují výrazné snížení dávky cementu. Neméně zajímavý je také článek o zkušenosti s využitím segmentového ostění z drátkobetonu (které je zkušebně použito i na prodloužení trasy A pražského metra). O tom, že je výstavba podzemních děl historická stavařská profese, se můžeme přesvědčit v článku o Eupalinově štole na řeckém ostrově Samos. I další články v tomto čísle jsou velmi poutavé a týkají se výstavby kmenových stok z polymerbetonových komponentů v centrální části města Brna a vodotěsných izolací fungujících na základě přírodních bentonitů.

Doufám, že ať budete číst toto číslo kdekoli, tak vás nezklame a vedle odborných informací přinese i potěšení.

DOC. DR. ING. JAN PRUŠKA
člen redakční rady

Dear readers and colleagues,

For the majority of you the well deserved holiday will have been over at the time when this TUNEL journal issue is published. Summers are often associated with travelling 'beyond the borders of common days' and with subsequent comparisons of what was 'there' and what is 'here'. Many things are identical or very similar. The economic crisis has hit not only the Czech Republic but also a significant part of countries in Europe (possibly, we can even speak about a global economic crisis) and, first and foremost, has caused extensive construction checks. However, the Czech Republic has experienced a crisis not only in the political culture but also a general cultural decline. The general public started to consider the word 'tunnelling' in the name of the Czech Tunnelling Association in a pejorative meaning belonging among other than civil engineering terms. Despite this fact I always open TUNEL journal in metro, on my way to work. With the aim of preventing the text above to sound too pessimistically, I must state that I believe in the future, in a turn to better. Even the number of students defending every year their theses in the underground construction branch of study at the Department of Geotechnics of the Czech Technical University of Prague persuades me of it.

But, back to this issue of TUNEL journal, which is dedicated to two important professional companies, namely Energie – stavební a báňská, a. s., and Mapei, spol. s r. o. Authors from Energie – stavební a báňská, a. s., which is a Czech company, present themselves by two papers. The first of them deals with diversions and new lines of utility networks within the framework of the Strahov tunnel 2B package of constructions, the majority of which are located in the area between Myslbekova and Patočkova Streets in Prague (part of the inner city circle road), whilst the other one describes the reconstruction and new construction of sewers in the village of Veselá u Mnichova Hradiště, which is funded from the means of the European Union. In its very interesting contributions, Mapei company first introduces the construction of the 35 km long Line C of Metro in Rome being under construction. It will run across the city from the south-east to the north-west, passing under palaces and monuments of historic importance. In addition, this paper describes the use of newly developed admixtures improving properties of accelerating agents used in the area of sprayed concrete, which make significant reduction in the batches of cement possible. Not less interesting is the paper on the experience in the use of steel fibre reinforced concrete segmental lining (the use of which is even being tested on the construction of the Prague metro A extension). We can convince ourselves of the fact that underground construction is a historic construction profession in the paper on the tunnel of Eupalinos on the Greek island of Samos. Even the other papers contained in this issue are very catching. They deal with the construction of trunk sewers in the central part of the city of Brno using polymer concrete components and with natural bentonite based waterproofing systems.

I hope that this issue will not fall short of your expectations and, apart from technical information, will carry even some pleasure.

DOC. DR. ING. JAN PRUŠKA
Member of the Editorial Board





VÁŽENÍ ČTENÁŘI ČASOPISU TUNEL,

prvního května letošního roku tomu již bylo dvacet let od založení akciové společnosti Energie – stavební a báňská a. s. Firma je pokračovatelem podniku Výstavba kamenouhelných dolů s více než padesátiletou tradicí v pracích báňských, inženýrského a podzemního stavitelství. Oproti původnímu předmětu činnosti změnila společnost svou orientaci ze staveb pro odvětví těžební – stavební práce pro všechny kamenouhelné doly v Čechách a na Moravě s výjimkou Ostravska – na stavby univerzální povahy, od inženýrských po občanské. Propojení stavebních a báňských činností se stalo konkurenční výhodou firmy a přispělo k realizování významného podílu na stavebním trhu. Dnešní Energie – stavební a báňská a. s., je ryze českou akciovou společností s vlastním kapitálem 262 milionů Kč, šesti sty kmenovými zaměstnanci a ročním externím obrátem pohybujícím se v posledních letech kolem 1,5 miliardy Kč.

Dovolte mi v krátkosti se zmínit o vývoji podniku včetně doby před jeho transformací na akciovou společnost Energie Kladno in 1992. V šedesátých letech došlo k odklonu od těžkého průmyslu, a tedy i od investičních činností v báňském průmyslu. Podnik se v této době přeorientoval na budování ražených kolektorů v Praze a v jiných městech a následně se stal jedním z prvních dodavatelů pražského metra. Opačná změna nastala v sedmdesátých letech, kdy se projevila silná orientace na těžký průmysl včetně zvýšených požadavků na zajištění výstavbové činnosti pro doly. Po listopadu 1989 se situace opět významně změnila, neboť došlo k obrovskému útlumu těžby nerostných surovin, zejména uhlí. Rudné doly byly uzavřeny úplně vyjma uranového dolu Rožná, což přineslo výrazný pokles potřeby stavební činnosti pro doly.

Historie vlastního podniku Energie Kladno, a. s., započala jeho transformací k 1. 5. 1992, kdy byl se souhlasem státních orgánů zpracován privatizační projekt za účasti americké firmy Cengas a následně schválen vládou České republiky a Fondem národního majetku. Projekt byl postaven na myšlence uskutečnit v České republice těžbu uhelného metanu, obdobně jako v USA, kde se v některých lokalitách úspěšně realizuje, a návazně na tuto technologii se nyní zkoumá a rozvíjí i u nás živě diskutovaná těžba břidlicového plynu. Tento projekt se stal důvodem pro změny názvu společnosti z VKD na Energii Kladno. Po letech experimentování a ověřování se nepodařilo, aby tento projekt byl dostatečně ekonomicky efektivní.

Energie však zůstala a v průběhu posledních 20 let navázala na své zkušenosti z hornické činnosti, ze zajišťování sanace podzemí některých městských center, vybudování řady kolektorů, včetně kolektorů na Pražském hradě, výstavby pražského metra, z průmyslových a občanských staveb. To umožnilo úspěšně vybudovat stavby jako například tepelný napáječ Strašnice, kolektor Nová Radnice na Starém Městě, technickou vybavenost v Radotíně, kolektory pod Václavským náměstím, kolektor v ulici V Jámě, podílela se na ražení průzkumné štolky Blanka a na stavbě městského okruhu a na jeho propojení se Strahovským tunelem.

Podařilo se rozšířit rozsah činností v oblasti výstavby pozemních staveb, a to jak průmyslových, tak občanských a bytových. Nedostatek prací v kladenském regionu vedl vedení společnosti v roce 2002 k zakoupení funkčně a logisticky výhodného areálu v Praze-Motole a přesunutí vedení podniku do Prahy, což přispělo rovněž ke změně pohledu investorů a obchodních partnerů na územní působnost společnosti.

Činnost společnosti doplňují dceřiné společnosti, a to Hlavní báňská záchraná stanice Praha s působností pro celou Českou republiku, tak i společnosti Eurogas, a. s., RVES CZ, a. s., a I.T.V. CZ, s. r. o.

Přeji všem čtenářům časopisu v současných nelehkých podmínkách útlumu stavební činnosti mnoho úspěchů.

ING. ZDENĚK OSNER, CSc.

**předseda představenstva a generální ředitel Energie – stavební a báňská a.s.
Chairman of the Board and General Director Energie – stavební a báňská a.s.**

DEAR TUNEL JOURNAL READERS,

On the first October 2012 it was twenty years since Energie – stavební a báňská a. s., a construction and mining joint-venture company, had been founded. The company is the successor of Výstavba Kamenouhelných Dolů (development of hard-coal mines) company with an over fifty-year tradition in mining, engineering and underground construction. Compared with the original subject of activities, the company changed its orientation from construction for mining (construction works for all hard-coal mines in Bohemia and Moravia, with the exception of the region of Ostrava) to universal-character construction, ranging from engineering to community projects. The combination of civil engineering and mining activities became a competitive advantage of the company and contributed to the realisation of a significant proportion of works on the construction market. Today's Energie – stavební a báňská a. s. is a purely Czech joint-venture company with its equity capital of CZK 262 million, 600 regular employees and annual external turnover fluctuating during the past years about CZK 1.5 billion.

Allow me now to briefly mention the development of the company, including the time before the transformation to the joint-venture company of Energie Kladno in 1992. In the 1960s, the departure from heavy industry, therefore even departure from investment activities in the mining industry, was experienced. During this time the company reoriented itself to constructing mined utility tunnels in Prague and other cities and, subsequently, became one of the initial contractors for Prague metro. A change to the contrary happened in the 1970s, when a strong orientation to heavy industry developed, including increased requirements for civil engineering activities for mines. After November 1989, the situation again significantly changed due to an immense check put on the extraction of mineral raw materials, first of all coal, and all ore mines, with the exception of the Rožná uranium mine, were closed. As a result, requirements for civil engineering activities for mines significantly declined.

The history of Energie Kladno a. s. itself started on 1st May 1992 by its transformation. At that time a privatisation project was prepared with the approval of state authorities, with the participation of Cengas, an American company. The project was subsequently approved by the government of the Czech Republic and the National Property Fund. The project was based of the idea of implementing the project of extracting coal bed methane in the Czech Republic, similarly to the USA, where the extraction of shale gas, which is today being lively discussed even in our country, is being successfully realised and, in the context of this technology, examined and developed. This project became the reason for the change of the company name from VKD to Energie Kladno. However, after years of experimenting and verifying, the attempts to make this project sufficiently economic failed.

Nevertheless, Energie company remained to exist and has been following up its experience gained during the past 20 years from the mining activities, rehabilitation of the underground of some urban centres, construction of numerous utility tunnels including utility tunnels for Prague Castle, construction of Prague metro and a range of industrial and municipal construction projects. It allowed the company to successfully implement such projects as the Strašnice heat feeder line, the Nová Radnice utility tunnel in the Old Town, Technical utilities in Radotín, utility tunnels under Wenceslas Square, the utility tunnel in V Jámě Street, and participate on the excavation of the Blanka exploratory gallery and on the construction of the City Circle Road in Prague and its interconnection with the Strahov tunnel.

The company successfully expanded its activities in the area of the construction of underground structures, both industrial and municipal or residential. In 2002, the lack of work in the region of Kladno led the company management to acquiring functionally and logistically advantageous premises in Prague – Motol and moving the company head office to Prague. This action further contributed to a change in the viewing of the territorial scope of the company by clients and business partners.

The company activities are supplemented by its branches, namely the Main Mine Rescue Station Prague, the activities of which cover the entire Czech Republic, and Eurogas a. s., RVES CZ a. s. and I.T.V. CZ s. r. o. companies.

I wish all readers of the journal lots of success in the current daunting conditions of the check put on construction activities.



MILÍ ČTENÁŘI,

velice mě těší, že jsem byl požádán, abych napsal pár úvodních řádků k tomuto časopisu. O to slavnostnější je tento okamžik, podělit se s vámi o naše zkušenosti v době, kdy MAPEI slaví 75. výročí a kdy uplynulo dvacet jedna let od chvíle, kdy se prodal první produkt MAPEI na českém trhu.

Společnost MAPEI za tuto dobu urazila dlouhou cestu. Z rodinné firmy založené v italském Miláně se stal celosvětově uznávaný výrobce stavební chemie. I v České republice se dnes jedná o respektovanou a vyhledávanou značku kvalitní stavební chemie.

Věřím, že MAPEI pro vás je a v dalších letech stále bude spolehlivým dodavatelem kvalitních materiálů nejen pro podzemní stavby, ale také partnerem při hledání hospodárných a bezpečných produktů pro vaše další projekty.

Na stránkách tohoto čísla přinášíme reportáž jak ze zajímavé stavby metra v Římě, tak i z naší výzkumné a vývojové laboratoře, kde neustále inovujeme a vyvíjíme nové produkty a vycházíme tak vstřícně požadavkům našich zákazníků. Možná zde najdete inspiraci i pro vaši práci.

MAPEI byla vždy garantem dodávky produktivních, ekonomicky výhodných a bezpečných systémů a materiálů. Z našeho výrobního programu vám pro každou stavbu dokážeme doporučit nejvhodnější systém, který bude v co nejvyšší míře splňovat vaše představy i požadavky investora či projektanta. Právě v tomto těžkém období vám chceme nabídnout produkty, které svými vlastnostmi značně převyšují podobné systémy na našem trhu a mohou vám pomoci výrazně snížit náklady při realizaci projektů.

Portfolio našich produktů je široké – od přísad do betonu, včetně přísad urychlujících tuhnutí řady Mapequick, bez kterých se neobejde řada NRTM projektů nejen v Evropě, ale i po celém světě, až po výrobky pro injektáže a zpevňování (polyuretanové a organo-minerální pryskyřice, mikrocementové a chemické injektáže, epoxidové pryskyřice a akrylové gely). Pro tunely prováděné metodou razicích štítů je možné dodávat kompletní spektrum výrobků od výplňových malt, pěn na úpravu rubaniny, přes maziva a hydraulické oleje do strojů. Pro hydroizolaci tunelů je vhodné použití fólie Mapeplan nebo nové alternativy v podobě stříkané hydroizolační membrány Mapelastic. V neposlední řadě to jsou výrobky pro povrchovou úpravu, opravy a údržbu.

Z projektů NRTM, na kterých jsme se podíleli, stojí určitě zmínit Tunel 513 a Tunel 514 na Pražském okruhu, tunel Blanka, tunel Prackovice, železniční tunely Benešov – Votice a tunel Jablunkov. V současné době se podílíme na stavbě prodloužení metra linky A v Praze, kam dodáváme materiály jak do razicích štítů, tak i na sanaci tratových tunelů – injektáže. Ze zahraničních projektů zmíním jen malou část, a to stavbu metra v Římě, tunel Maldonado v Buenos Aires, stavbu metra v Mexico City, metro v Dubaji a Singapuru a nespočet dalších po celém světě.

Neustálá snaha o zlepšování výrobků a služeb, naše společné hledání co nejlepšího vyřešení vašich úkolů a problémů na stavbě vám bude doufám dostatečnou oporou v těchto nelehkých dobách stavebnictví České republiky.

DEAR READERS,

It is a great pleasure for me to be asked for writing several opening lines for this journal. This opportunity is even more festive for me because I can share with you our experience at the time when MAPEI celebrates the 75th anniversary of foundation and twenty one years have passed since the moment when MAPEI sold the first of its products on the Czech market.

MAPEI has made a long way during this period. A family firm which had been founded in Milan, Italy, grew to become a worldwide reputable producer of building chemistry. Its trademark is acknowledged as a sign of high quality of building chemistry products and is today respected and sought-after even in the Czech Republic.

I believe that MAPEI is and will remain in the years to come not only to be a reliable supplier of high-quality materials for your underground construction projects, but also a partner in seeking economic and safe products for other contracts of yours.

On the pages of this journal issue, we are bringing reports both from an interesting construction of metro in Rome and from our research and development laboratory, in which we continually innovate and develop new products, meeting requirements of our customers. You will possibly find inspiration even for your work in the reports.

MAPEI has always been a guarantor of supplying productive, economically advantageous and safe systems and materials. We are capable of recommending a system from our production programme which is the most suitable for each particular structure and which will meet your expectations and requirements of the project owner and the designer as far as possible. It is just in this difficult period that we would like to offer products to you which significantly exceed similar systems available on the Czech market in terms of their properties and can help you to cut costs of construction works.

The portfolio of our products is wide – from concrete admixtures, including Mapequick line of setting accelerators, without which numerous NATM projects cannot proceed not only in Europe but around the world, up to grouting and reinforcing products (polyurethane and organo-mineral resins, microfine cement grouts, chemical grouts, epoxy resins and acryl gels). Regarding tunnels driven using full-face tunnelling machines, it is possible to supply a comprehensive spectrum of products, starting from backfill grouts, muck conditioning foams to lubricants and hydraulic oils for machines. Mapeplan membrane or a new alternative in the form of Mapeplastic spray-applied membrane are recommended to be used for the tunnel waterproofing. At last but not least, there are products for the treatment, repairs and maintenance of surfaces in our offer.

Of the NATM projects we have participated in, certainly worth mentioning are the Tunnel 513 and Tunnel 514 on the Prague City Ring Road, the Blanka complex of tunnels, the Prackovice tunnel, rail tunnels between Benešov and Votice and the Jablunkov tunnel. Currently we are participating in the construction of the extension of the Line A of Prague metro, supplying materials both for driving shields and for repairs of track tunnels (grouts). Of the projects realised abroad, I mention only a small part, namely the construction of metro in Rome, the Maldonado tunnel in Buenos Aires, metro construction in Mexico City, metros in Dubai and Singapore and numerous other projects all over the world.

I hope that the continual effort made to improve our products and services and our joint seeking the best solutions for your tasks and problems on construction sites will provide a sufficient support during the course of the current period which is not easy for the construction industry in the Czech Republic.

ING. ZDENĚK RUNŠTUK

generální ředitel společnosti MAPEI, spol. s r. o.

General Director of MAPEI, spol. s r. o.

ÚČAST FIRMY MAPEI PŘI VÝSTAVBĚ ŘÍMSKÉHO METRA

MAPEI COMPANY PARTICIPATION IN ROME METRO CONSTRUCTION

ENRICO DAL NEGRO, ALESSANDRO BOSCARO, LUBOR BAČÍK

1 NOVÁ TRASA C ŘÍMSKÉHO METRA

Jeden z největších projektů konstrukce tunelů na světě probíhá v Římě a je ve fázi realizace. Jedná se o podzemní stavbu trasy C tamního metra, která povede městem Řím z jihovýchodu na severozápad a bude projíždět pod ulicemi, paláci a památkami obrovského historického významu, jako je například Piazza San Giovanni, Piazza Venezia a Colosseum.

Jakmile bude v provozu, bude tato linka představovat nejdelší trasu vlakové městské hromadné dopravy v celé Itálii, která bude schopná přepravit 24 000 osob za hodinu v jednom směru.

V současné době jsou v provozu dvě trasy, trasa A (označená červeně) a trasa B (modře). Třetí zelená trasa C a nová větev trasy B se právě staví. Byly zveřejněny také plány na stavbu čtvrté trasy. Současná síť (38 km) má tvar X s dvěma stávajícími trasami, které se protínají na Termini Station, což je hlavní vlakové nádraží v Římě. Trasa C, která se buduje, bude vycházet z Grottarossa, severně od Vatikánu, do Pantano, bývalá konečná stanice tramvajů Roma-Gardinetti. Trasa C bude první trasou, která povede mimo město Řím. Trasa C se bude křížit s trasou A v Ottaviano vedle

1 NEW LINE C OF ROME METRO

One of world's largest tunnel construction projects is being implemented in Rome. It is in the construction phase. It is an underground construction of the Line C of the metro, which will run across the city of Rome from the south-east to the north-west, passing under streets, palaces and monuments of immense historic importance, such as Piazza San Giovanni, Piazza Venezia and Colosseum.

As soon as it is in operation, this line will represent the longest route of urban mass rail transport in entire Italy, which will be capable of transporting 24,000 passengers per hour in one direction.

At the moment there are two lines in operation – the Line A (marked red) and the Line B (marked blue). The third one, the green Line C, and a new branch of the Line B are currently under construction. In addition, plans for the construction of the fourth line have been published. The existing network (38 km) is X-shaped, with two existing lines intersecting at Termini Station, which is the main railway station in Rome. The Line C, which is under construction, will start from Grottarossa, north of Vatican, to Pantano, the former tram terminus Roma-Gardinetti. The Line

C will be the first line running beyond the borders of the city of Rome. The Line C will intersect with the Line A in Ottaviano next to Vatican and with the Line B in San Giovanni, next to Colosseum. It will also intersect with the planned Line D in Piazza Venezia. It will therefore form the second metro axis in Rome.

The public tender called by the Rome Town Office was won by METRO C S. p. A., the parts of which are firms which are leading representatives in the area of civil engineering at the world's highest level. In the concrete, these firms are partners of Consorzio Astaldi, Vianini Lavori S.p. A., Ansaldo Trasporti – Sistemi Ferroviari, CMB (Cooperativa Muratori e Braccianti di Carpi) and Consorzio Cooperative Costruzioni.

METRO C S. p. A., in the position of the main contractor, is responsible for the implementation of the Line C project from the design stage to the construction of tunnels, stations and all 'complementary' work items.

Numerical data relating to the Line C construction



Obr. 1 Schematické znázornění trasy metra v Římě
Fig. 1 General layout of the metro route in Rome

Tab. 1 Celá trasa nové linky C je rozdělena do několika částí
Table 1 The entire route of the new Line C is divided into several sections

Název úseku Section name	Trat' Route section	Délka [km] Length [km]
T7	Pantano – Torrenova	8.5 (nadzemní / at grade)
T6	Torrenova – Alessandrino	2.3 (podzemní / underground)
T5	Alessandrino – Malatesta	4.5 (podzemní / underground)
T4	Malatesta – San Giovanni	3.0 (podzemní / underground)
T3	San Giovanni – Colosseo	3.0 (podzemní / underground)
T2	Colosseo – Clodio Mazzino	4.2 (podzemní / underground)

Vatikánu a v San Giovanni a s trasou B u Kolosea. Bude se také křížit s plánovanou trasou D na Piazza Venezia a vytvoří tak druhou osu metra v Římě.

Veřejnou soutěž vyhlášenou Městským úřadem v Římě vyhrála společnost nazvaná METRO C S. p. A., jejíž součástí jsou firmy, které jsou vůdčími představiteli v oblasti stavebnictví na světové úrovni. Konkrétně jsou to společníci firem Consorzio Astaldi, Vianini Lavori S. p. A., Ansaldo Trasporti – Sistemi Ferroviari, CMB (Cooperativa Murator e Braccianti di Carpi) a Consorzio Cooperative Costruzioni.

METRO C, ve funkci vyššího dodavatele stavby, je zodpovědná za realizaci trasy C od projektové fáze až po realizaci tunelů, zastávek a všech „doplňkových“ prací.

Číselné údaje spojené s realizací trasy C jsou působivé: pro stavbu více než 35 km tunelu bylo vytěženo asi 4 300 000 m³ půdy a bude potřeba asi 1 600 000 m³ betonu a 270 tun oceli.

Pro vypracování asi 100 000 výkresů k projektu nového římského metra bylo třeba 1300 hodin práce, a asi 22 000 000 hodin si vyžádá jeho realizace.

Celková délka trasy je tedy 25,5 km, z nichž většina (asi 17 km tunelu) bude v podzemí. První úsek linky C je nejdále od centra a v roce 2011 bylo uvedeno do provozu 15 z plánovaných 30 stanic z Centocelle do Pantana. Druhý úsek prodlouží linku do Piazza Lodi s dalšími 6 stanicemi, které budou otevřeny do konce roku 2012. Závěrečný úsek, který dokončí linku C, by měl být otevřen v roce 2015.

2 NASAZENÍ RAZICÍCH PLNOPROFILOVÝCH ŠTÍTŮ

Tunely jsou realizovány pomocí mechanizované ražby, která předpokládá použití razicích strojů – zeminových štítů (EPB) s plným záběrem v čelbě.

Proto byly vyvinuty speciální technologie určené ke kontrole stability čelby tunelu a ke snížení sedání konstrukcí na povrchu. Stroje EPB jsou založeny na principu použití ražby a pohybu stroje vpřed při udržení tlaků horniny na čelbě. K vyrovnání tlaku na čelbě slouží vytěžená hornina v komoře za razicím štítem. Rubanina je z komory odebírána šnekovým dopravníkem. Rubanina nemá vždy optimální vlastnosti k nepřetržitému a stejnorodému přenosu požadovaného tlaku podpory čelby. Z tohoto důvodu je často nutné přidat nějakou přísadu, která by pozitivně ovlivnila fyzikální vlastnosti rubaniny. Hlavním smyslem těchto přísad je zaručit kontrolu tlaku podpory čelby, usnadnit ražbu, těžbu pomocí šnekového dopravníku, minimalizovat kroutící moment na řezné hlavě a opotřebení řezných nástrojů.

Ve chvíli kdy EPB postoupí vpřed, nechává za sebou dutinu tvaru kruhového mezikruží za rubovou stranou prstenců ostění. Během postupu razicího štítu se v prostoru mezi průměrem zeminového štítu a průměrem dílů ostění nevyhnutelně tvoří dutina o tloušťce asi 15 cm, která se musí v co nejkratší době zcela vyplnit. Eventuální sesuv výrubu do tohoto prostoru by totiž mohl mít za následek pokles povrchu, který by vzhledem k malému nadloží byl nesmírně nebezpečný pro osoby i historické budovy.

Tab. 2 Hlavní charakteristiky
Table 2 Main characteristics

Délka / Length	25,5 km
Průměr raženého tunelu Mined tunnel diameter	6,7 m
Typ ostění Lining type	prefabrikované segmenty Pre-cast segments
Spojovací prvky prstenců Rings connecting elements	šrouby bolts
Vnější průměr prstence Ring outer diameter	6,400 mm
Vnitřní průměr prstence Ring inner diameter	5,800 mm
Tloušťka prefabrikovaných segmentů Pre-cast segment thickness	300 mm
Minimální zakřivení Minimum curve radius	280 m
Střední délka segmentu Segment mean length	1,400 mm
Minimální délka segmentu Segment minimum length	1,379 mm
Maximální délka segmentu Segment maximum length	1,421 mm
Počet segmentů na prstenc Number of segments in a ring	6 plus klíč 6 plus a key

is impressive: the volume of about 4,300,000 m³ of ground was excavated and about 1,600,000 m³ of concrete and 270 tonnes of steel will be required.

Approximately 100,000 drawings carried out for the new Rome metro design claimed 1,300 man-hours. The construction work will require about 22,000,000 man-hours.

The aggregate route length therefore amounts to 25.5 km, the majority of which (about 17 km of tunnel) will be in the underground. The first section of the Line C is most remote from the centre. In 2011, 15 of the 30 stations planned between Centotelle and Pantano were inaugurated. The second section will extend the line to Piazza Lodi. It will contain 6 stations, which will be opened before the end of 2012. The final section which will conclude the Line C should be opened to traffic in 2015.

2 DEPLOYMENT OF FULL-FACE TUNNELLING SHIELDS

The tunnels are driven mechanically. This method assumes that tunnelling machines, earth pressure balance (EPB) machines excavating the tunnel in the full area of the cross-section, are used.

Special technologies designed to control the tunnel face stability and reduce the settlement of structures on the surface were developed for this purpose. EPB machines are based on the principle of the use of the excavation and the movement of the machine ahead during which the pressure of the earth at the heading is maintained. The disintegrated ground found in the chamber behind the cutterhead serves to the equalisation of the pressure at the excavation face. The muck is removed from the chamber by means of a screw conveyor. The properties of muck are not always optimum for uninterrupted and uniform transfer of the pressure required for the support of the excavation face. It is therefore often necessary to add some agent which would positively influence physical properties of muck. The main purpose of these agents is to secure the control over the excavation face support pressure, to facilitate the excavation and the removal of muck by the screw conveyor and to minimise the cutterhead torque and the wear of cutting tools.

At the moment when the EPB machine moves ahead, it leaves a cavity behind it in the shape of a circular annulus behind the external face of the lining rings. During the tunnelling shield

Společnost METRO C zajistila nákup 4 zeminových štítů (EPBS – Earth Pressure Balance Shield), dodávaných německou firmou Herrenknecht. Je schopen razit i ve složitých geotechnických podmínkách při přítomnosti podzemní vody a při malém nadloží. Tento tlak minimalizuje sesuv materiálu uvnitř vyraženého prostoru, který by mohl být extrémně riskantní, neboť by ohrozil stabilitu konstrukcí umístěných na povrchu. Když si uvědomíme, že pod ulicemi a budovami vede ražba průměrně 20–25 metrů pod povrchem, je jasné, že každá chyba v ražbě tunelu by se okamžitě projevila na povrchu. Geologická skladba hornin se skládá převážně z jílu a naplavenin s přítomností podzemní vody.

Tunely se vyztužují souběžně s postupem ražby montáží prstenců z železobetonových prefabrikovaných dílců.

Ražba předpokládá současný provoz dvou razicích štítů EPB, které mají průměr ražby 6,70 m a vytvářejí dva tubusy se zhruba souběžnou trasou (v obou směrech budoucího metra).

První dva razicí štíty startovaly v létě roku 2008 ze staveniště Torrenova, dokončily svou ražbu v průběhu méně než jednoho roku a pokryly asi 4 km trasy až po koncovou šachtu (Pozzo 5.4) v průběhu jara roku 2009.

Další dva razicí štíty zahájily ražbu na podzim roku 2009 ze staveniště Malatesta a jsou aktuálně ve fázi dojezdu na staveniště Pozzo 5.4.

Průměrný výkon každého EPBS je asi 20 metrů postupu denně, s maximem 30–35 metrů/den.

3 PŘÍNOS FIRMY MAPEI

MAPEI důležitým a významným způsobem přispívá na stavbu dodávkou výrobků a technologií. Dále prostřednictvím služby technické asistence UTT (Underground Technology Team) zaručuje neustálou přítomnost techniků na stavbě. Spolupráce je tak posílena vztahem s klientem, založeným na důvěře, díky níž je MAPEI hlavním zdrojem v případě potřeby konzultace týkající se ražby tunelů.

Výrobek Polyfoamer FP

Aby mohly zeminové štíty postupovat horninovým prostředím, potřebují injektážní materiály, které upravují rozpojenou horninu na čele ražby. Během postupu stroje dochází k přidávání zpěňující přísady, která zajišťuje zvýšení plasticity rubaniny, čímž usnadní jak ražbu, tak těžbu s pomocí šnekového dopravníku a odsun vytěžené horniny ven.

Před začátkem stavebních prací byla na základě požadavku společnosti METRO C provedena složitá série zkoušek v laboratořích, které MAPEI vlastní při Polytechnické univerzitě v Turíně (DITAG = Katedra územního inženýrství, inženýrství životního prostředí a geotechnologií). Poté, co bylo získáno několik vzorků zeminy určené k ražbě, byla provedena zkouška sednutí kužele (zkouška zpracovatelnosti) důležitá pro ověření kompatibility horniny a zpěňovací přísady, a pro zjištění technických podmínek (koncentrace pěnové látky, přidání vody a vzduchu), které by byly nejnvhodnější pro postup EPBS.

Výrobek, který se používá pro úpravu, se nazývá POLYFOAMER FP. Jedná se o tekutou pěnovou látku na bázi povrchově aktivních aniontů v kombinaci s přírodním polymerem. POLYFOAMER FP dokáže vytvořit stabilní pěnu se zvýšenou pevností a vynikajícími lubrikačními vlastnostmi, která je schopna snížit tření mezi částicemi horninového masivu určeného k ražbě, a nástroji připevněnými k hlavě EPBS. POLYFOAMER FP je dále snadno a rychle biologicky rozložitelný, a má tedy minimální dopad na životní prostředí.

Firma Mapei uskutečnila laboratorní testy s pěnicí přísadou POLYFOAMER FP, které poskytly užitečné informace pro nastavení níže popsaných optimálních podmínek:

- Half-life test – slouží k určení trvání napěnění. Tento test (t1/2) měří čas potřebný k získání 50% množství vody z generované pěny z původního množství použité vody.
- Zkouška rozlitím kužele – pro rychlejší charakteristiku upravené zeminy.
- Test propustnosti zeminy – je klíčovým parametrem pro dobrou úpravu, obzvláště při práci pod hladinou podzemní vody. Pouze upravená rubanina s nízkou propustností usnadňuje



Obr. 2 Dva zeminové štíty během montáže na stavbě Malatesta
Fig. 2 Two EPB shields during the assembly on Malatesta construction site

advance a cavity about 15 cm thick is unavoidably formed between the EPB shield and the diameter of lining segments, which has to be backfilled at the shortest time possible. The reason is that a contingent collapse of the excavation to this space could result in the surface settlement, which could, because of shallow overburden, be extremely dangerous for persons and historic buildings.

METRO C S. p. A. secured the purchase of 4 Earth Pressure Balance Shields (EPBS) manufactured by German company Herrenknecht. This machine is capable of driving tunnels even in complicated geotechnical conditions with the presence of ground water and under shallow overburden. This pressure minimises the sliding of material inside the excavated space, which could be extremely risky because it would threaten the stability of structures existing on the surface. If we realise that the excavation passes under streets and buildings at the average depth of 20 – 25 metres, it is obvious that each mistake in the tunnelling process would immediately manifest itself at the surface. The geology mostly consists of clays and alluvial deposits with the presence of groundwater.

The tunnels are provided with support concurrently with the excavation advance by assembling rings consisting of reinforced concrete pre-cast segments.

It is assumed that two 6.70 m diameter EPB shields will be used for the excavation, creating two tubes with roughly parallel routes (in both directions of the future metro).

The first two shields were launched from Torrenova construction site in the summer of 2008. They finished their drives during the course of less than a year, covering about 4 km of the route, up to the terminal shaft (Pozzo 5.4) during the course of the spring of 2009.

Other two shields started the excavation from Malatesta construction site in the autumn of 2009. They are currently in the phase of arriving at Pozzo 5.4 construction site.

The average daily advance rate of each of the EPBSs is about 20 m, with the maximum of 30-35 metres per day.

3 MAPEI COMPANY CONTRIBUTIONS

MAPEI significantly contributes to the construction by supplying products and technologies. In addition, it guarantees the uninterrupted presence of technicians on site through technical assistance services provided by the Underground Technology Team (the UTT). In this way the collaboration with the client is enhanced. It is based on trust, owing to which MAPEI is the main source in the case of the need for consultancy regarding the excavation of tunnels.



Obr. 3 a 4 Zkoušky sednutí kužele, které ukazují na odlišnou konzistenci vzorku přírodní horniny a vzorku téže horniny upravené výrobkem POLYFOAMER FP
 Figures 3 and 4 Slump tests referring to the different consistency of the natural ground sample and a sample of the same ground conditioned with POLYFOAMER FP

správné rozložení tlaku do hlavy za přítomnosti vody a zabráňuje možnému vtékání vody do komory.

- Test opotřebení – abychom zjistili, zda zvolená metoda úpravy dokáže snížit jak opotřebení kovových částí strojů, tak tření horniny.
- Simulace těžby rubaniny šnekovým dopravníkem – tento test umožňuje vyhodnotit, do jaké míry je upravená rubanina vhodná pro těžbu z komory pod tlakem pomocí šnekového dopravníku.

Následně bylo na počátku prvních dvou mechanizovaných ražeb stanice Torrenova možné otestovat POLYFOAMER FP i na samotných strojích. Tyto zkoušky umožnily maximálně využít výsledky získané v laboratořích Polytechnické univerzity v Turíně přizpůsobením podmínek ovlivňujících chování ve struktuře EPBS (počet vstupů pro injektážní pěnu a jejich rozmístění, atd.) a změnu vlastností horniny, ke kterým dochází v průběhu ražby (průchod horninou nad úrovní a pod úrovní podzemní vody atd.)

Správná příprava horniny pomocí POLYFOAMERU FP umožňuje udržovat velmi vysoké hodnoty v délce ražby, a to v denní a měsíční produktivitě. Upravená hornina je snadno razitelná a umožňuje provádět plynulý postup EPBS, což znamená 1,4 m za cca 25–30 minut, a navíc prodlouží způsobené výměnou ražebních nástrojů umístěných na hlavě, nebo čištěním vyraženého prostoru jsou prakticky nulové.

Díky vynikající funkci výrobku, spolu s možností udržet omezenou spotřebu zpěňovacích přísad, se POLYFOAMER FP používá prakticky po celou dobu ražby, od prvních dvou EPBS až po koncovou šachtu, v celkovém úseku asi 8 km tunelu. I dva razicí štíty, které pokračují ze stanice Malatesta, používají pro úpravu horniny tutéž látku.

Výplň nadvýrubu při ražbě EPBS

Dalším významným příspěvkem, který firma MAPEI poskytuje při provádění mechanizovaných ražeb, je výrobek určený k vyplnění dutiny tvaru kruhového mezikruží za rubovou stranou prstenců ostění.

Během postupu razicího štítu se v prostoru mezi průměrem zeminového štítu a průměrem dílů ostění nevyhnutelně tvoří dutina o tloušťce asi 15 cm, která se musí v co nejkratší době zcela vyplnit. Eventuální sesuv výrubu do tohoto prostoru by totiž mohl mít za následek pokles povrchu, který by vzhledem k malému nadloží byl nesmírně nebezpečný pro osoby i historické budovy.

Z různých dosud používaných metod pro výplň dutin kruhového tvaru zvolila společnost METRO C systém „dvousložkové“ injektáže: jedná se o metodu, která je již rozšířena v Asii, obzvláště v Singapuru, ale v Evropě je málo používaná.

Výplňová směs je tvořena:

- Složkou A na bázi cementu, která je snadno čerpatelná díky velmi tekuté konzistenci a její stabilita a vodonepropustnost je

Polyfoamer FP product

Earth pressure balance shields need grouting materials conditioning the disintegrated ground at the excavation face so that they can proceed ahead through the ground environment. A foaming agent increasing the plasticity of muck is added during the machine advance. In this way both the excavation and the operation of the screw conveyor and mucking out are facilitated.

A complicated series of tests was conducted in MAPEI-owned laboratories before the commencement of the works on the basis of METRO C S. p. A. requirements. The laboratories are operated within the framework of the Polytechnic University of Turin (DITAG = the Land, Environment and Geo-engineering Department). After obtaining several samples of the ground to be driven through, a slump test (a consistometer test) was carried out. This test is important for the verification of the compatibility of ground with the foaming agent and for the determination of technical specifications (the concentration of the foaming agent, addition of water and air) which would be the most suitable for the EPBS advance.

The product which is used for the conditioning is called POLYFOAMER FP. It is a liquid foaming substance based on surface active anions combined with a natural polymer. POLYFOAMER FP is capable of creating stable foam with increased strength and excellent lubrication properties, which is able to reduce friction between particles of the ground mass which is to be driven through and tools mounted on the EPBS cutterhead. In addition, POLYFOAMER FP is easy to decompose and its environmental impact is therefore minimum.

Mapei firm conducted laboratory tests on POLYFOAMER FP foaming agent, which provided usable information for the setting of the optimum conditions described below:

- Half-life test – it is used for the determination of the duration of the foam. This test ($t_{1/2}$) measures the time required for the obtaining of 50% of the volume of water originally required for the foam generation.
- Slump test – for quicker determination of the conditioned earth characteristic.
- Earth permeability test – it is a key parameter for good conditioning, especially when working under water table. Only well conditioned muck with low permeability facilitates the proper distribution of the pressure to the cutterhead in the presence of water and prevents possible water inflows into the extraction chamber.
- Wear test – it is used to determine whether the chosen method is capable of reducing both the wear of metal components of machines and the friction of the cutter against ground.
- The simulation of extracting the muck with screw conveyor; this test makes it possible to assess the degree to which the

vylepšena použitím bentonitu. Kromě toho je pro udržení zpracovatelnosti až po dobu 72 hodin od zhotovení směsi nutné přidat MAPEQUICK CBS SYSTEM 1, zpomalující tekutou přísadu s účinkem vysoce efektivního superplastifikátoru.

- Složkou B, tvořenou výrobkem MAPEQUICK CBS SYSTEM 2: tekutou urychlovací přísadou, která se přidává do složky A bezprostředně před injektáží do dutiny kruhového tvaru. MAPEQUICK CBS SYSTEM 2 efektivně ruší účinek MAPEQUICKU CBS 1 a způsobí takřka okamžitě (během několika málo vteřin) zrosolovatění směsi.

Základní výhodou dvousložkového systému oproti tradičním injektážním maltám na bázi cementu a písku je právě schopnost začátku procesu tuhnutí ve velice krátké době po namíchání a vývoje mechanické pevnosti již v počáteční fázi. Dále má dvousložková směs lepší objemovou stabilitu a čerpatelnost, čímž minimalizuje potřebu přestávek nutných pro čištění a výměnu potrubí čerpadel a ucpaných injektorů.

Za účelem nalezení nejhodnějších primárních surovin pro směs, zejména bentonitu, a dodání nejhodnější receptury pro stavbu ve smyslu jak technickém, tak ekonomickém, byly ve



Obr. 5 Ukázka testu viskozity dvousložkové směsi
Fig. 5 Example of two-component mixture viscosity test

conditioned muck is suitable for the extraction from the chamber by means of a screw conveyor.

It was subsequently possible at the beginning of the initial two mechanised drives for Torrenova Station to subject POLYFOAMER FP to testing even on the machines themselves. These tests made the maximum exploitation of the results obtained in laboratories of the Polytechnic University of Turin by the adaptation of conditions affecting the behaviour in the EPBS structure (the number of gates for grouting foam and their layout, etc.) and changes in the ground properties occurring during the excavation (the passage through ground above water table and below it, etc.).

The correct preparation of ground by means of POLYFOAMER FP makes the maintaining of very high values along the tunnelling length possible, namely as far as the daily and monthly productivity is concerned. The conditioned ground is easy to excavate and makes the execution of fluent advancing of the EPBS at the rate of 1.4 m per 25-30 minutes possible. In addition, downtimes due to replacing of cutting tools mounted on the cutterhead or clearing of the excavated space are virtually zero.

Thanks to the outstanding function of the product, together with the possibility of maintaining limited consumption of foaming agents, POLYFOAMER FP has been used virtually the whole time of the underground excavation, from the initial two EPBSs up to the end shaft, at the total tunnel length of about 8 km. Even the two tunnelling shields continuing from Malatesta Station use the same agent for conditioning of muck.

Backfilling of the overcut during EPBS driving

Another important contribution provided by MAPEI during mechanised tunnelling is the product designed for the backfilling of the annular gap behind the outer surface of lining rings.

When a tunnelling shield advances, an about 15 cm thick gap unavoidably originates between the EPBS diameter and the diameter of the segmental lining. This gap has to be perfectly backfilled as early as possible. The reason is the fact that a contingent collapse of the excavation to this space could result in the subsidence of the terrain surface, which would be extremely dangerous even to historic buildings taking into consideration the shallow overburden.

Of the methods which have been used till now for the backfilling of annular gaps, METRO C S. p. A. chose a two-component grout injection system. This method has already been spread in Asia, first of all Singapore, but has been little used in Europe.

The backfill mixture consists of:

- Cement-based A component, which is easy to pump owing to the highly liquid consistency and the stability and the waterproofing capacity of which is improved by the use of bentonite. To maintain the workability for the time up to 72 hours from the mix production, it is necessary to add MAPEQUICK CBS SYSTEM 1, a retarding liquid admixture acting as a high-efficiency superplasticiser.
- B component, formed by MAPEQUICK CBS SYSTEM 2 product: the liquid accelerator admixture, which is added to Component A just before the grout is injected into the annular gap. MAPEQUICK CBS SYSTEM 2 effectively removes the effect of MAPEQUICK CBS 1 and causes nearly immediately (during several seconds) the jellification of the mixture.

The basic advantage of the two-component system over traditional grouts based on cement and sand is the ability to start the setting process during a very short time after mixing and to develop mechanical strength in the initial phase. In addition, the two-component mixture features better volumetric stability and pumpability, thus minimising the need for breaks necessary for clearing and replacing pumping lines and clogged injectors.

Numerous tests have been conducted in MAPEI research and development laboratories with the aim of finding primary raw materials the most suitable for the mixture, first of all bentonite, and providing a formula the most suitable for construction from the technical and economic point of view.

Tab. 3 Přehled výsledku viskozity, odloučení vody a času gelace prováděné na stavbě
Table 3 Overview of results of the viscosity, bleeding and jellification time tests conducted in situ

Datum testu 2008 Testing date 2008	Viskozita po smíchání (sekundy) Viscosity after mixing (seconds)	Odloučení vody (%) Bleeding after three hours (%)	Čas gelace (sekundy) Jellification time (seconds)
25. 7.	33	1	10
29. 7.	32	1	10
4. 8.	33	2	11
5. 8.	31	2	10
6. 8.	30	1	12
7. 8.	33	3	12
2. 9.	30	1	12
3. 9.	32	1	11
4. 9.	34	1	10
8. 9.	32	2	11
9. 9.	31	2	12
10. 9.	32	2	11

výzkumných a vývojových laboratořích MAPEI provedeny četné zkoušky.

Efektivita připravené směsi navržené v laboratoři byla poté ověřena na místě „startu“ prvních dvou EPBS, kde technici UTT denně na stavbě prováděli zkoušky připraveného materiálu na výrobním zařízení v blízkosti vyústění tunelů.

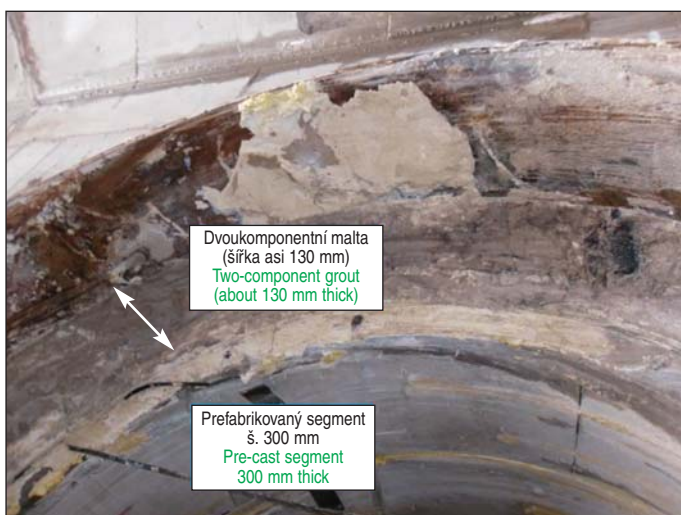
Odebrání četných vzorků dokazuje účinnost injektážních a výplňových technologií, které byly prováděny ve fázi ražby. Prakticky vždy byla zjištěna vhodná tloušťka dvousložkové směsi mezi vnějším povrchem prefabrikovaného ostění a okolním výrubem. Nepřítomnost významných poklesů dále poukazuje na naprostou účinnost injektáže.

Množství hodin strávených čištěním injektážního potrubí je minimální, což dokazuje objemovou stabilitu složky A směsi a dobrou kvalitu směsi navržené firmou MAPEI. Kromě toho v průběhu doby, kdy jsou razicí štíty zastaveny (například z důvodu údržby, přerušování stavby, atd.), si směs udržuje zpracovatelnost a je tedy použitelná pro injektáž, což je důkazem efektivní zpomalovací přísady MAPEQUICK CBS SYSTEM 1.

Vyjmutí některých kruhových prstenců ostění v místě Pozzo 5.4 pak umožnilo vizuální kontrolu efektivní výplně dutin za rubovou stranou prstenců ostění dvousložkovou směsí.

Výrobek Mapeblox/T

Během ražby tunelů byl široce využíván také další výrobek. Jedná se o MAPEBLOX/T, koncové mazivo, které slouží k utěsnění řady kartáčů umístěných na vnitřním povrchu štítu, pro zamezení průniku dvousložkové směsi do vnitřního pracovního prostředí EPBS.



Obr. 6 Přítomnost dvousložkové směsi vyplňující kruhovou dutinu
Fig. 6 The presence of two-component grout backfilling an annular gap

The effectiveness of the prepared mixture designed in the laboratory was subsequently verified in the location from which the two EPBSs were launched, where the UTT technicians every day carried out tests of the material prepared in the production plant in the vicinity of the portals of the tunnels.

The numerous samples which were tested proved that the injection and backfilling technologies applied during the construction were effective. It was virtually always found that the thickness of the two-component grout layer between the outer surface of the pre-cast lining and the surrounding excavated surface was correct. The fact that no significant cases of subsidence were encountered proves that the injection of grout was absolutely effective.

The amount of hours spent on the clearing of grout injection lines is minimum. This is a proof that the A component of the mix is stable and the quality of MAPEI-designed mix is good. In addition, the grout maintains its workability and is therefore usable for injecting during the times when the tunnelling shields are stopped (for example for maintenance purposes, because of the suspension of works, etc.). This is a proof of the effectiveness of the retarding admixture MAPEQUICK CBS SYSTEM 1.

The removing of some lining rings in the Pozzo 5.4 location made the visual inspection of the effective backfilling of gaps behind lining rings with the two-component grout possible.

Mapeblox/T product

Another product was also widely used during the tunnelling process. It is MAPEBLOX/T, an end grease, sealing a row of brushes installed on the inner surface of the shield tail to prevent the intrusion of the two-component grout into the EPBS internal working environment.

Owing to its consistency, MAPEBLOX/T is a product which is easy to pump. When MAPEBLOX/T gets inside the brushes, it secures increased impermeableness of the brushes, even in the presence of water under pressure (as it is in the case of the four tunnelling shields purchased by METRO C S. p. A). It reduces the rate of their wear and increases longer service life of the brushes.

The results achieved owing to the use of MAPEBLOX/T product are positive in terms of the consumption (kilograms of grease pumped in, making the EPBSs advancing possible) and the ability to prevent the two-component grout from flowing out. This event would otherwise cause clogging of the internal working environment of the tunnelling shield.

About 30-40 kg of the product are pumped per a metre of completed tunnel excavation on the Line C construction site.

Other products

Owing to the uninterrupted presence of the UTT technical service on site, MAPEI has become a source of information for

Konzistence MAPEBLOXU/T činí výrobek snadno čerpatelným. Jakmile se MAPEBLOX/T dostane dovnitř kartáčů, zaručuje jejich zvýšenou nepropustnost, a to i při přítomnosti tlakové vody (jako v případě čtyř razicích štítů METRA C), čímž snižuje jejich opotřebení a zajišťuje tedy i jejich prodlouženou životnost.

Výsledky získané použitím výrobku MAPEBLOX/T jsou pozitivní ve smyslu spotřeby (kg tuku čerpané pro postup EPBS) a schopnosti zastavit vytékání dvousložkové směsi, která by způsobila ucpání vnitřního pracovního prostředí razicího štítu.

Na stavbě linky C je čerpáno cca 30–40 kg na metr vyraženého tunelu.

Další výrobky

Stálá přítomnost technického servisu UTT na stavbě učinila z firmy MAPEI zdroj informací pro mechanizované ražby i pokud jde o další výrobky používané v menším množství, jako jsou například:

- MAPEFILL: tekutá expanzivní malta, používaná pro kotvení prvků na stavbě stanice Malatesta.
- PLANITOP T: dvousložková cementová malta, používaná pro konečnou úpravu prstenců ostění.
- MAPEGROUT BM: dvousložková malta s nízkým modulem pružnosti, určená pro sanaci betonů, s tixotropní konzistencí, která je charakterizovaná zvýšenou přídržností k podkladu, a používá se pro opravy prstenců, u kterých došlo k odlamování nebo poškození betonu.

4 ZÁVĚR

V tomto článku jsou krátce popsány systémy zkoušek a operací úpravy zeminy a výplňových malt provedených v projektu Trasa C římského metra. Všechny tyto operace jsou velmi důležité v rámci minimalizace povrchového poklesu, především ve složitých podmínkách, jako jsou v Římě: hustě osídlené oblasti, snížené nadloží, atd. Vhodné použití zpěňovací přísady Polyfoamer FP umožnilo správnou úpravu zeminy, zlepšení přenosu tlaku masou zeminy a vedlo k větší stabilitě čelní stěny a zaručení přiměřeného postupu a výkonu EPBS. Jelikož je Řím jedno z nejstarších měst na světě, stavba systému metra se z důvodu častých archeologických objevů a výzkumu možného výskytu velmi starých a důležitých konstrukcí v zemi potýká se značnými překážkami. Injektáž dvousložkové výplňové malty umožnila úplné a okamžité vyplnění kruhové dutiny za ostěním tunelu a snížení výskytu povrchového poklesu města.

Zkušenosti a znalosti v oblasti podzemních staveb jsou cestou k nalezení optimálních výrobků a technologií pro konkrétní podmínky dané stavby. Obrovský sortiment produktů firmy Mapei nabízí uplatnění při technologii razicích štítů EPB a je schopen uspokojit veškeré požadavky zákazníka. Stavba metra linky C v Římě je jeden s největších projektů na světě v oblasti tunelování. Na i tak významné stavbě se významně podílela svými výrobky firma MAPEI.

*DIPL. ING. ENRICO DAL NEGRO,
e.dalnegro@utt.mapei.com,
DIPL. ING. ALESSANDRO BOSCARO,
a.boscaro@utt.mapei.com, MAPEI SpA,
Mapei-UTT International, Italy,
ING. LUBOR BAČÍK, bacik@mapei.cz, MAPEI, s. r. o.*

Recenzoval: Ing. Pavel Polák

mechanised tunnelling even as far as other products used in smaller quantities are concerned, for example:

- MAPEFILL: liquid expanding mortar used for the anchoring of elements on Malatesta Station construction.
- PLANITOP T: two-component cement mortar used for the final treatment of tunnel lining rings.
- MAPEGROUT BM: thixotropic-consistency two-component mortar with a low modulus of elasticity, which is designed for repairs of concrete surfaces. It is characterised by increased adhesion to the substrate and is used for repairs of tunnel lining rings where breaking off or damages to concrete surfaces occurred.

4 CONCLUSION

This paper contains a brief description of systems of tests and operations associated with the conditioning of earth and backfill grout which were carried out during the construction of the Line C of Rome metro. All these operations are very important for the minimisation of the settlement of ground surface, first of all in the complicated conditions of Rome: densely populated areas, reduced height of overburden etc. Owing to proper application of Polyfoamer FP foaming agent it was possible to correctly condition the earth, to improve the transfer of pressure through the earth mass and increase the stability of the excavation face. It led to reasonable advance rates and performance of the EPBS. Because Rome is one of the oldest cities in the world, the construction work on the metro system has dealt with significant obstacles due to frequent archaeological discoveries and research into the possibility of encountering very old and important structures buried under ground. Thanks to the injection of two-component backfill grout it was possible to completely and immediately fill the annular gap behind the tunnel lining and reduce the occurrence of the city surface subsidence.

Experience and knowledge in the area of underground construction is the way to finding optimum products and technologies for specific conditions of a particular project. The wide range of Mapei products offer themselves to be applied to the EPBS technology. The products are capable of satisfying all requirements of customers. The construction of the metro Line C in Rome is one of the world's largest projects in the area of tunnelling. MAPEI significantly participated through its products even on so important construction project.

*DIPL. ING. ENRICO DAL NEGRO,
e.dalnegro@utt.mapei.com,
DIPL. ING. ALESSANDRO BOSCARO,
a.boscaro@utt.mapei.com, MAPEI SpA,
Mapei-UTT International, Italy,
ING. LUBOR BAČÍK, bacik@mapei.cz, MAPEI, s. r. o.*

LITERATURA / REFERENCES

- AFTES, (French National Tunnelling Association), Choosing mechanized tunnelling techniques (2005) Paris.
- EFNARC (2005) Specification and guidelines for the use of specialist products for Mechanized Tunnelling (TBM) in Soft Ground and Hard Rock www.efnarc.org.
- Guglielmetti, V., Mahtab, A., Xu, S. (2007) Mechanized tunneling in urban area, Taylor & Francis, London.
- Linger, L., Cayrol, M., Boutillon, L. V. TBM's backfill mortars – Overview – Introduction to Rheological Index.
- Pelizza, S., Peila, D., Borio, L., Dal Negro, E., Schulkins, R., Boscaro, A. (2010). Analysis of the Performance of Two Component Back-filling Grout in Tunnel Boring Machines Operating under Face Pressure, Proceedings of ITA-AITES World Tunnel Congress 2010: "Tunnel vision towards 2020", Vancouver, 14.–20. May 2010.
- Thewes M., Budach, C. (2009). Grouting of the annular gap in shield tunnelling – An important factor for minimization of settlements and production performance, Proceedings of the ITA-AITES World Tunnel Congress.
- Dokumenty z archivu firmy Mapei.

POUŽÍVÁNÍ NOVĚ VYVINUTÝCH PŘÍRAD KE ZLEPŠENÍ ÚČINNOSTI URYCHLOVAČŮ VE STŘÍKANÝCH BETONECH

USING ADVANCED ADMIXTURE TO ENHANCE ACCELERATOR PERFORMANCE IN SPRAYED CONCRETE

ENRICO DAL NEGRO, CRISTIANO MALTESE, VEIT REINSTADLER, LUBOR BAČÍK

Na trhu je běžně k dispozici několik urychlovačů tuhnutí bez obsahu alkálií, které jsou určeny pro podzemní konstrukce. Tyto přísady způsobují velmi rychlé vyzrání betonu, což umožňuje provádění aplikací na svislých konstrukcích a na stropěch. Jejich účinnost je velmi variabilní a závisí na několika faktorech: typu cementu a jeho chemickém složení, podmínkách okolního prostředí (vlhkost, teplota) a na složení betonové směsi. Z tohoto důvodu se na stavbě mohou objevit výrazné odchylky ve vlastnostech urychlovače, což může mít velmi negativní vliv na bezpečnost pracovníků, protože může dojít k náhlému odpadu nastříkaného materiálu. V naší výzkumné a vývojové laboratoři byla vyvinuta nová přísada, která dokáže stabilizovat a zvýšit účinnost urychlovače. Tato nová prášková přísada je v oblasti vývoje mechanické pevnosti stříkaného betonu tak účinná, že umožňuje i výrazné snížení množství cementu.

V tomto článku je uvedeno několik testů provedených přímo na stavbách, kde byla tato nová technologie použita. Výsledky jasně ukazují výrazné zlepšení v technologii betonu. Podzemní stavby mohou začít využívat mnoho výhod, které dosud tradiční techniky neznaly. Jedná se o snížení nákladů, vyšší bezpečnost, nižší množství spadu, vyšší rychlost a také snížení dopadu na životní prostředí díky snížení obsahu emisí CO₂ (nižší obsah cementu = nižší uhlíková stopa).

1 ÚVOD

Bezalkalické urychlovače jsou relativně nové tekuté přísady používané na poli podzemních konstrukcí. Z bezpečnostních důvodů nahrazují na evropském trhu klasické urychlovače s obsahem alkalických látek, jako je hlinitan sodný nebo křemičitan sodný. Stříkaný beton s těmito novými bezalkalickými urychlovači navíc může dlouhodobě dosáhnout vyšší pevnosti v tlaku. Urychlovací přísady způsobují rychlé tuhnutí betonu, což zajišťuje dobrou přilnavost ke stěnám tunelu. Toto ostění ze stříkaného betonu vzhledem k rychlému nárůstu pevnosti snižuje velikost konvergenčních deformací.

Na trhu je k dispozici několik bezalkalických urychlovačů. Lze je rozdělit do dvou hlavních kategorií, které obě obsahují sloučeniny síranu hlinitého stabilizovaného buď anorganickými, nebo organickými kyselinami (např. kyselina mravenčí, kyselina močová).

Schopnost betonu přilnout k podkladu závisí na účinnosti reakce mezi urychlovačem a hydratujícím cementem. Tato reakce se obvykle určuje měřením konečné doby tuhnutí nebo vývojem pevnosti v tlaku cementové pasty s urychlovačem. Může být ovlivněna několika faktory, jako je: typ urychlovače a jeho pevný obsah, typ a chemické složení cementu, regulátor tuhnutí, podmínky okolního prostředí, teplota betonu a kamenivo. Množství odchylek může být velice nebezpečné pro pracovníky, protože změny v konzistenci mohou způsobit náhlé uvolnění a pád nastříkaného materiálu. Kromě toho zvýšení mechanické pevnosti stříkaného betonu a zvýšení množství urychlovače a obsahu cementu je často

Several flash setting alkali free accelerators are commonly available on the market and used in underground construction. These admixtures cause a very rapid hardening of concrete thus allowing overhead and vertical applications. Their efficiency is very variable and dependent upon several parameters like: cement type and its chemical composition; environmental conditions (humidity; temperature); concrete mix design. Therefore, at the job site, significant variations in terms of accelerator performances can occur. These effects can be extremely dangerous for worker safety as they can cause sudden collapses of the sprayed material. A new admixture was developed in our R&D Labs which can stabilize and enhance accelerator performance. This new powder based admixture is so effective in terms of mechanical strength development of the sprayed concrete layer that it can even allow a significant reduction in cement.

In this paper a review is presented of several job site tests where this new technology has been applied. The results clearly show exciting improvements in concrete technology. Underground projects are able to commence with many advantages hitherto unknown in traditional techniques. These improvements include lower cost, higher safety, lower rebound, greater speed and even environmental improvements due to the reduction in CO₂ emissions (lower cement = lower carbon footprint).

1 INTRODUCTION

Alkali-free accelerators are relatively new liquid concrete admixtures used in the field of underground construction. For safety reasons they are replacing the classical alkali-rich accelerators, like sodium aluminate or sodium silicate in the European market. Furthermore, the concrete sprayed with these new alkali-free accelerators can reach higher long term compressive strengths. The accelerating admixtures cause concrete to set fast, thereby allowing cementitious material to adhere to the tunnel wall. This shotcrete lining acts as a consolidating shield useful to control tunnel convergence.

Several alkali-free accelerators are available on the market. They can be divided into two main categories both containing aluminium sulphate complexes stabilized either by inorganic or by organic acids: (e.g. formic acid, uric acid).

The capability of concrete to stick onto the substrate is related to the efficiency of the reaction between accelerator and hydrating cement. This reaction is commonly evaluated by measuring the final set time or the compressive strength development of accelerated cement paste. It can be influenced by several parameters such as: accelerator type and its solid content, type and chemical composition of cement, setting regulator, environmental conditions, concrete temperature and aggregates. The number of variables can be extremely dangerous for worker safety as inconsistencies can cause sudden

Tab. 1 Doba tuhnutí cementové pasty s CEM I 42,5 R
Table 1 Setting time of cement paste with CEM I 42,5 R

Složky Components	Směs 1 (g) Mixture 1 (g)	Směs 2 (g) Mixture 2 (g)
Cement Cement	100	87,5
AAA AAA	0	12,5
Superplastifikátor Superplasticiser	0,70	0,87
Záměsová voda Mixing water	35	30,6
Dávka urychlovače (% hmotnosti cementu) Accelerator dose (per cent of cement weight)	8 %	6 %
Konečná fáze tuhnutí Final phase of setting	4 min.	3 min. 10 sek.
Dávka urychlovače (% hmotnosti cementu) Accelerator dose (per cent of cement weight)	9 %	7 %
Konečná fáze tuhnutí Final phase of setting	1 min. 40 sek.	1 min. 50 sek.

nezbytné, a proto dochází ke zvýšení nákladů a rizika vzniku trhlin v aplikované vrstvě.

Cement je navíc surovina, která má vysoký dopad na životní prostředí. Například na stavbu krátkého tunelu o průměru 7 m a délce 1 km s 0,3 m vrstvou stříkaného betonu se spotřebuje nejméně 1630 tun cementu. Při výrobě tohoto množství cementu vznikne cca 1076 tun CO₂. Proto byla vyvinuta nová přísada, která je schopná stabilizovat a zvýšit výkon urychlovače. Kromě toho je tato nová minerální přísada ve formě prášku (Accelerator Aid Agent) natolik účinná ve vývoji mechanické pevnosti a výsledné pevnosti stříkaného betonu, že umožňuje výrazné snížení obsahu cementu v aplikované vrstvě.

Tento článek se zabývá účinky této nové přísady, nazvané Accelerator Aid Agent (AAA) na vývoj mechanické pevnosti u několika vzorků malt a betonů.

2 PROVEDENÝ VÝZKUM

Smícháním portlandského cementu (typ CEM I 42,5 R) se záměsovou vodou (poměr voda/cement 0,35) a polykarboxylátovým superplastifikátorem byly připraveny dvě cementové pasty. Druhý vzorek obsahoval také AAA (12,5 % pojiva). Aby měly oba vzorky stejnou konzistenci, bylo do nich přidáno stejné množství plastifikátoru.

Jakmile bylo dosaženo homogenní směsi, byl přidán komerční urychlovač na bázi síranu hlinitého bez obsahu alkálií (Al/S molární poměr: 1,03) a jeho obsah byl přizpůsoben tak, aby bylo dosaženo ukončení tuhnutí (dle Vicatovy metody; EN 196/3) cementové hmoty dříve, než za 2 minuty. Hodnoty konečné fáze tuhnutí jsou uvedeny v tabulce 1.

Měřil se vývoj pevnosti v tlaku cementových směsí obsahujících náš komerční urychlovač bez obsahu alkálií. Zkoušky byly provedeny na vzorcích malty se složením uvedeným v tabulce 2. Malty byly připraveny podle EN 196/1. Do cementu byla přidána přísada AAA a na konci míchacího cyklu byl přidán urychlovač tuhnutí bez obsahu alkálií a míchání probíhalo dalších 10 sekund. Na počátku zrání byla digitálním přístrojem (směrnice pro stříkaný beton Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik,

collapses of the sprayed material. Furthermore, to increase sprayed concrete mechanical performance, an increase in accelerator and cement content is often necessary, thus increasing infrastructure costs and risks of cracks in the applied layer.

Moreover, cement is a raw material with an high environmental impact. For example, the construction of a short tunnel, 7m diameter and 1km length, coated with 0.3 m of sprayed concrete, requires at least 1630 ton of cement. The production of this cement results in the emission of about 1076 tons of CO₂.

A new admixture has been developed which can stabilize and enhance accelerator performance. Moreover, this new mineral powder based admixture (Accelerator Aid Agent) is so effective in terms of mechanical strength development and final strength of the sprayed concrete layer that it can allow a significant cement reduction in the applied layer.

In this paper the effects of this new admixture, called **Accelerator Aid Agent (AAA)**, on the mechanical strength development of several mortars and concretes are presented.

2 EXPERIMENTAL

Two cement pastes were prepared by mixing Portland cement (Cement type CEM I 42,5 R), with water (W/C Ratio 0.35) and the addition of a polycarboxylate superplasticizer. The second sample also contained AAA (12.5 % of binder). After The amount of plasticizer was chosen in order to give the same fluidity to both samples.

Having obtained an homogeneous slurry, a commercial alkali-free aluminium sulphate based accelerator (Al/S molar ratio: 1.03) was added and its content was adjusted to obtain a final setting (according to Vicat's method; EN 196/3) of the cementitious slurries lower than 2 minutes. The final setting values are reported in Table 1.

The compressive strength development of cement mixtures containing our commercial alkali-free accelerator with and without AAA was measured. The tests were carried out on mortar samples having the compositions reported in Table 2. The mortars were prepared according to EN 196/1. AAA was added to cement, whereas the alkali free flash setting accelerator was added at the end of the mixing cycle and further mixed for 10 sec. At early curing ages, the mechanical strength in N was measured with a digital force gauge (Guideline Sprayed Concrete, Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik, Wien, 2009). At later curing ages the mechanical strength of the specimen (40x40x160 mm) was measured according to the EN 196/1. The results are summarized in Table 3.

Tab. 2 Dávkování směsi pro stanovení mechanické pevnosti malty
Table 2 Mixture design for the determination of mechanical strength of mortar

Složky Components	Směs 3 (kg/m ³) Mixture 3 (kg/m ³)	Směs 4 (kg/m ³) Mixture 4 (kg/m ³)
Cement IV/A-P 42,5 Cement IV/A-P 42,5	480	431
AAA AAA	0	54
Superplastifikátor Superplasticiser	2	0,87
Urychlovač Accelerator	29	26
Kamenivo (0-2,5 mm) Aggregates (0-2.5 mm)	1449	1454
Voda Water	217	194

Tab. 3 Vývoj pevnosti mladého betonu v tlaku
Table 3 Compressive strength development

Směs Mixture	Zatížení (N) a mechanická pevnost (MPa) / Loading (N) and mechanical strength (MPa)						
	0,5 h	1 h	2 h	4 h	6 h	8 h	24 h
3	12 N	37 N	54 N	67 N	75 N	100 N	11,0 MPa
4	155,0 N	0,5 MPa	1,2 MPa	3,3 MPa	4,1 MPa	5,3 MPa	10,8 MPa

Tab. 4 Složení betonových směsí
Table 4 Concrete mix design

Směs Components	Směs 5 Mixture 5	Směs 5a Mixture 5a	Směs 6 Mixture 6	Směs 6a Mixture 6a	Směs 7 Mixture 7	Směs 7a Mixture 7a	Směs 8 Mixture 8	Směs 8a Mixture 8a
	kg/m ³							
Cem II/A-S 42,5 R (Rohrdorfer)	420	380	/	/	/	/	/	/
Cem I 52,5 R (Deuna)	/	/	380	340	/	/	/	/
Cem I 52,5 R (Heidelberger)	/	/	/	/	380	340	/	/
Cem II/B-M 52,5 N (Holcim)	/	/	/	/	/	/	400	360
AAA	/	20	/	20	/	20	/	20
Akrylový superplastifikátor Acrylic superplasticiser	2,9	3,4	3,4	3,8	3	3,7	4	4,3
Kamenivo (křemičité) (0-8 mm) Siliceous aggregate (0-8 mm)			x	x	x	x	x	x
Kamenivo (uhličitanové) (0-8 mm) Carbonate aggregate (0-8 mm)	x	x						
Urychlovač bez obsahu alkálií Non-alkaline accelerator	25,2	22,8	19	17	20,9	18,7	28,0	25,2
Voda Water	191	175	192	170	189	173	199	182
Poměr voda cement Water/cement ratio	0,46	0,46	0,50	0,49	0,50	0,51	0,50	0,50

Vídeň, 2009) měřena mechanická pevnost v N. V pozdějších stádiích zrání byla měřena mechanická pevnost u vzorků (40x40x160 mm) dle EN 196/1. Výsledky jsou shrnuty v tabulce 3.

Byly zhotoveny čtyři vzorky betonu, u kterých byl sledován vliv přísady AAA na počáteční fázi vývoje pevnosti. Vzorky byly nastříkány (Meyco Potenza, Putzmeister PM 500) komerčním urychlovačem bez obsahu alkálií a přísadou AAA. Tato složení jsou znázorněna v tabulce 4. Vzorky referenčního betonu byly vyrobeny podle normy EN 480/1. V počátečních fázích byla Proctorovým Penetrometrem měřena mechanická pevnost a od hodnoty 2 N/mm² bylo měření prováděno zarážením přístrojem Hilti podle směrnice pro stříkaný beton ÖVBB a podle evropských norem EN 14487 a EN 14488-2.



Obr. 1 Rozlívání kužele betonové směsi 6 (vlevo) a 6a (vpravo)
Fig. 1 Slump of mixture 6 (left) and 6a (right)

Four concretes were prepared and the influence of AAA to early age strength development was evaluated. These concretes were sprayed (Meyco Potenza, Putzmeister PM 500) with a commercial alkali-free accelerator and AAA. The compositions are reported in Table 4. Concrete samples were mixed according to EN 480/1. At early ages, the mechanical strength was measured with a Proctor Penetrometer and from 2 N/mm² with the Hilti powder-actuated tool according to the ÖVBB Guideline Sprayed Concrete and according to EN 14887 and EN 14888-2.

In Figure 1 the slump of the concrete mixtures 6 and 6a are shown. As can be seen, there are no significant differences observable. As an example, the application the concrete mixture 6a is shown in Figure 2.

The results of the early strength development measurements of the different sprayed concrete mixtures are reported in Graphs 1-4.

3 RESULTS AND DISCUSSION

The results shown in Table 1 (pure cement pastes) point out that Mixture 2, containing AAA, is characterised by a final setting time of lower than 2 minutes with an accelerator



Obr. 2 Nástřik betonové směsi 6a
Fig. 2 Spraying of mixture 6a

Na obr. 1 je znázorněno sedání betonových směsí 6 a 6a. Jak je patrné, nejsou zde žádné viditelné rozdíly. Pro příklad je na obr. 2 uvedena ukázka nástřiku betonové směsi 6a.

Výsledky měření vývoje počáteční pevnosti různých stříkaných betonových směsí jsou uvedeny na grafech 1 až 4.

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Z výsledků zobrazených v tabulce 1 (čistá cementová pasta) vyplývá, že směs 2 obsahující přísadu AAA má dobu tuhnutí nižší než 2 minuty s dávkou urychlovače 7 % (hmotnosti cementu) místo 9 % u směsi 1 bez přísady AAA. Směs 2 dosahuje stejné doby tuhnutí, ačkoli je obsah cementu i urychlovače nižší.

Výsledky v tabulce 3 (malty) ukazují, že směs 4 (obsahující přísadu AAA a méně cementu a bezalkalického urychlovače) vyvine mnohem vyšší počáteční pevnost než směs 3 bez přísady AAA.

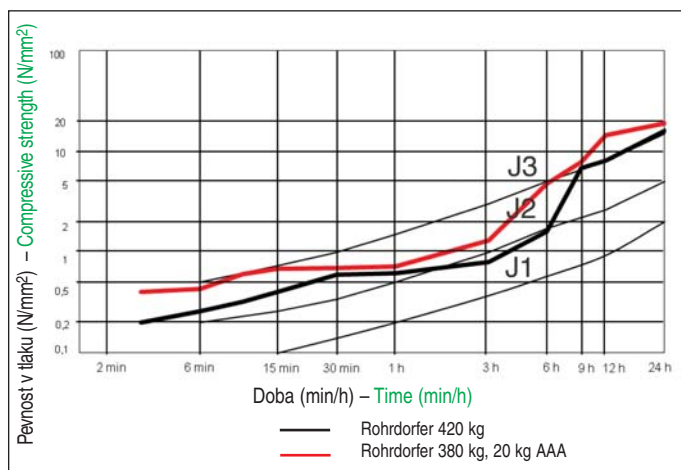
Také zkoušky se stříkaným betonem na staveništi tento trend potvrzují (grafy 1 až 4): směsi 5a, 6a, 7a, a 8a s přidáním přísady AAA a s menším množstvím cementu a nižší dávkou bezalkalického urychlovače vykazují ve srovnání s referenčními vzorky bez nové přísady vyšší nebo přinejmenším stejnou počáteční pevnost.

Ze zkoušek zpracovatelnosti je také patrné, že přísada AAA výrazně neovlivňuje zpracovatelnost betonu do 90 minut.

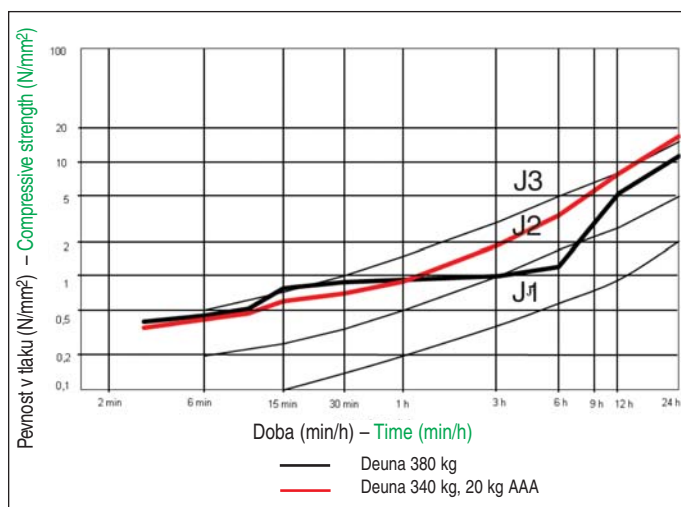
4 ZÁVĚR

Výsledky prezentované v tomto článku jsou jasným důkazem, že tato nová technologie pro stříkané betony nebo malty s bezalkalickým urychlovačem umožňuje:

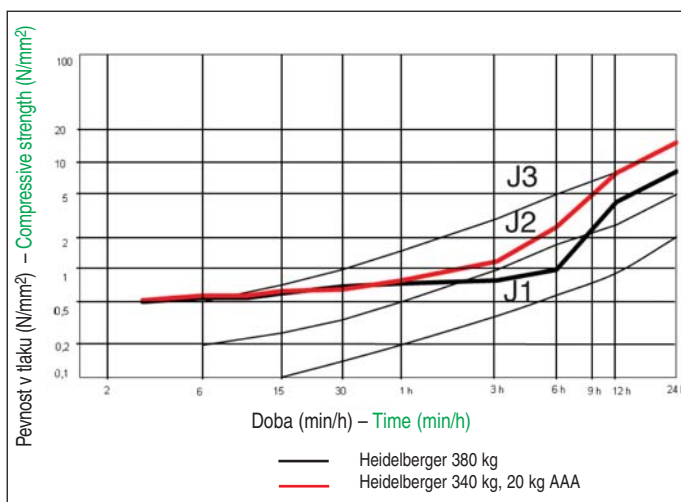
- výrazné snížení obsahu cementu,
- výrazné snížení dávky urychlovače tuhnutí bez negativního dopadu na vývoj počáteční pevnosti.



Graf 1 Porovnání vývoje pevností mladého betonu ze směsí 5 a 5a
Graph 1 Early strength development of Mixtures 5 and 5a



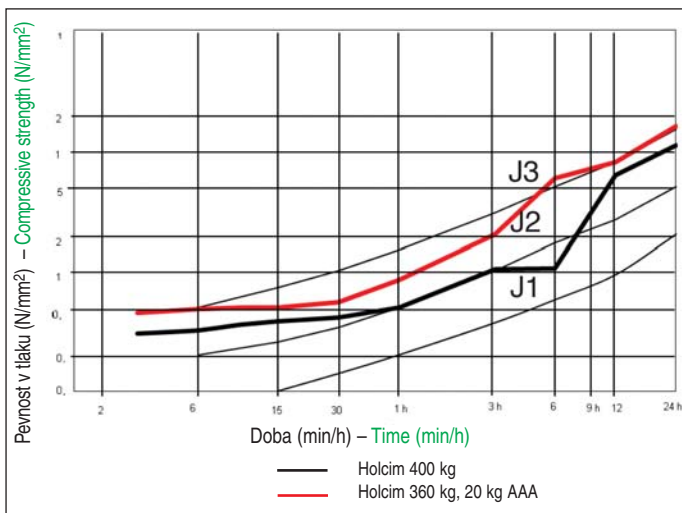
Graf 2 Porovnání vývoje pevností mladého betonu ze směsí 6 a 6a
Graph 2 Early strength development of Mixtures 6 and 6a



Graf 3 Porovnání vývoje pevností mladého betonu ze směsí 7 a 7a
Graph 3 Early strength development of Mixtures 7 and 7a

dosage of 7 % (of cement mass) instead of 9 % for Mixture 1 without AAA. Mixture 2 reaches the same setting time although its cement and accelerator content is lower.

The results of Table 3 (mortars) emphasize that Mixture 4 (containing AAA and a lower cement content and lower alkali free accelerator) develops much higher early age strength than Mixture 3 without AAA.



Graf 4 Porovnání vývoje pevností mladého betonu ze směsí 8 a 8a
Graph 4 Early strength development of Mixtures 8 and 8a

Nižší spotřeba cementu a bezalkalického urychlovače vede k:

- nižším nákladům na stavbu,
- nižšímu dopadu na životní prostředí,
- zlepšení tvarové stability stříkaného betonu, a tudíž k delší životnosti.

Účinnost urychlovače je stabilnější a méně závislá na externích faktorech a díky tomu se:

- tunelářské práce zrychlí,
- zvýší bezpečnost pracovníků.

Přísada AAA je také vhodná pro bezalkalické urychlovače tuhnutí s nízkou koncentrací síranu hlinitého.

Účinnost nové technologie byla prokázána. Je však nezbytné provést další studie za účelem zjištění chemických interakcí cementu, urychlovače a přísady AAA.

DIPL. ING. ENRICO DAL NEGRO,
e.dalnegro@utt.mapei.com,

DIPL. ING. CRISTIANO MALTESE,
c.maltese@utt.mapei.com,

DIPL. ING. VEIT REINSTADLER,
v.reinstadler@utt.mapei.com,

ING. LUBOR BAČÍK, bacik@mapei.cz, MAPEI, s. r. o.

Recenzoval: doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D.

Also job site tests with sprayed concretes confirm this trend (Figs 3-6): Mixtures 5a, 6a, 7a and 8a admixed with AAA and containing lower cement content and lower dosage of alkali-free accelerator show higher or at least similar early age strength development compared to the reference samples without the new admixture.

Workability tests also pointed out that AAA does not significantly affect concrete workability up to 90 minutes.

4 CONCLUSION

The results reported in this paper clearly indicate that this new technology for sprayed concretes or mortars with alkali free accelerator allows:

- a significant reduction in cement content
- a significant reduction in liquid flash setting accelerator dosage without affecting the early age strength development.

The reduced consumption of cement and alkali free accelerator leads to:

- lower construction costs
- lower environmental impact.

Improved dimensional stability of sprayed concrete leading to improved durability.

Accelerator performance is more constant and less dependent upon external parameters, thus:

- tunnelling activities can speed up
- worker's safety can be enhanced.

AAA is also suitable for flash setting alkali free accelerators with low aluminium sulphate concentrations.

The efficiency of this new technology was demonstrated but further studies are necessary in order to investigate chemical interactions of cement, accelerator and AAA.

DIPL. ING. ENRICO DAL NEGRO,
e.dalnegro@utt.mapei.com,

DIPL. ING. CRISTIANO MALTESE,
c.maltese@utt.mapei.com,

DIPL. ING. VEIT REINSTADLER,
v.reinstadler@utt.mapei.com,

ING. LUBOR BAČÍK, bacik@mapei.cz, MAPEI, s. r. o.

LITERATURA / REFERENCES

Myrdal, R. *Modern chemical admixtures for shotcrete*. Z jednání 3. mezinárodního sympózia stříkaného betonu, září 1999, Gol, Norsko 375-382 (Ed. N. Barton, et al.).

Leikauf, B., Oppliger, M. Alkali-free accelerators for sprayed concrete. *Chimia*, 52, 1998, s. 222-224.

Dal Negro, E., Maltese, C., Pistolesi, C. Use of advanced alkali-free accelerators for high performance concrete. *Gallerie e Grandi Opere Sotteranee*, 70, 2003, s. 51-58.

Paglia, C., Wombacher, F., Böhni, H. The influence of alkali free and alkaline shotcrete accelerators within cement systems. *Cem. Con. Res.*, 31, 2001, s. 913-918.

Sharrocks, D. Investing in new accelerators. *Concrete Engineering International*, 2, 1998, s. 14-15.

Zampini, D., Walliser, A., Oppliger, M., Melbye, T., Maltese, C., Pistolesi, C., Tansini, G., Portigliatti, E., Dal Negro, E. Liquid based set accelerating admixtures for sprayed concrete: a comparison between alkali-free and alkali-rich accelerators. *Gallerie e Grandi Opere Sotteranee*, 72, 2004, s. 30-40.

Hoek, E. *Practical Rock Engineering*. Rotterdam: A.A. Balkema Publishers, 2000.

Maltese, C., Pistolesi, C., Bravo, A., Cerulli, T., Salvioni, D., Squinzi, M. *Formation of nanocrystals of Aft phase during the reaction between alkali-free accelerators and hydrating cement: a key factor for setting and hardening of sprayed concretes*. Z jednání 2. mezinárodního symposia nanotechnologie ve stavebnictví, 13.-16. listopad, 2005, Bilbao, Španělsko.

Cerulli, T., Dal Negro, E., Hansen, R., Maltese, C., Pistolesi, C., Wilberg, J. Physical mechanical analysis of concrete sprayed with two different accelerators: morphological and chemical implications. In Berg, K. a kol. (Vyd.) *4th mezinárodní symposium stříkaného betonu*, Davos, Švýcarsko, 22.-26. září 2002, s. 58-72.

REKONSTRUKCE A DOSTAVBA KANALIZACE MNICHOVO HRADIŠTĚ RAŽENÁ ČÁST

MNICHOVO HRADIŠTĚ SEWERAGE RECONSTRUCTION AND ADDITION OF NEW PARTS – THE MINED PART

MILAN SCHAGERER

ÚVOD

V červnu roku 2011 byla slavnostně zahájena rekonstrukce a dostavba kanalizace v obci Veselá u Mnichova Hradiště. Vodohospodářský projekt je dotovaný z prostředků EU a investorem je město Mnichovo Hradiště. Realizace ražené stoky AA má termín dokončení v březnu 2013. Přípravu a koordinaci projekčního řešení a vlastní realizaci celého projektu zajišťuje společnost VaK Mladá Boleslav, a. s., správcem stavby (technický dozor investora) je společnost REALSTAV MB, spol. s r. o., projektantem společnost Hydroprojekt, a. s.

Významnou součástí celého projektu je ražená retenční stoka AA v celkové délce 434 m s podkovovitým průřezem 6,9 m², která řeší současné přetížení stávající stoky A a vytváří retenční prostor pro případ zvýšených přítoků do kanalizační sítě. Realizaci prací prováděných hornickým způsobem na stoce AA provádí společnost Energie – stavební a báňská a.s., v rámci poddodávky pro zhotovitele stavby BAK stavební společnost, a. s.

STAVEBNĚTECHNICKÁ ČÁST

Štola budoucí stoky AA je situována v západním okraji Mnichova Hradiště. Začíná v Černé ulici u zahrádkářské kolonie v blízkosti bývalé mateřské školky a dále vede kolmo na tuto ulici přes polnosti k čistírně odpadních vod (ČOV). V úvodní části podchází objekty městské zástavby a ve zbývajících částech až k ČOV prochází pod obdělávanou zemědělskou půdou (obr. 1). Štola měla být ražena ze šachet Š1 a Š8, 9. Přístup k šachtě Š1 byl původně navržen z prostoru ČOV a přístup k Š8, 9 po Černé ulici. Vzhledem k velkým vzdálenostem mezi šachtami a postupujícími ražbami na dvou čelbách a s tím spojenými ztrátovými časy při odtěžování a dopravě materiálu navrhl zhotovitel doplnit do stávajícího řešení technologickou šachtu Š2 cca ve středu mezi šachtami Š1 a Š8, 9. Tím bylo umožněno otevřít další dvě pracoviště na ražbách a zkrátit tak dopravní vzdálenosti při ražbách. Součástí tohoto řešení bylo též vybudování příjezdové panelové komunikace v délce cca 400 m z hlavní silnice Mnichovo Hradiště – Mladá Boleslav přes pole k šachtě Š1 a Š2.

Pro vlastní ražbu byla dodavatelem navržena na základě předložených geologických a geotechnických poměrů v zadávací dokumentaci technologie rozpojování pomocí drobného pneumatického nářadí, nakládání rubaniny pomocí přehazovacích vzduchových nakladačů NL 12V, vodorovná doprava rubaniny kolejová, svislá doprava na terén pomocí OVJ 75 a přepravních van.

Primární ostění bylo navrženo z rámu TH výztuže K 21 o roztečích 0,8 m s příčnými prahy U 140, zajištění výrubu pažnicemi UNION. Sekundární ostění bylo navrženo z armovaného vodostavebního betonu s položením pukaneého čedičového žlabu DN 400 ve dně štoly a obkladem zbývajících částí dna štoly čedičovou dlažbou (výrobky z taveného čediče firmy Eutit s. r. o.).

Při této technologii, počtu pracovišť, dvousměnném provozu v pracovních dnech a předpokládaných postupech 1 m za směnu byly ražby časově naplánovány na necelé tři měsíce a definitivní obezdívka včetně čedičové dlažby, čedičového žlabku a stavebních objektů na stoce na 4,5 měsíce. Celková doba realizace byla tedy

INTRODUCTION

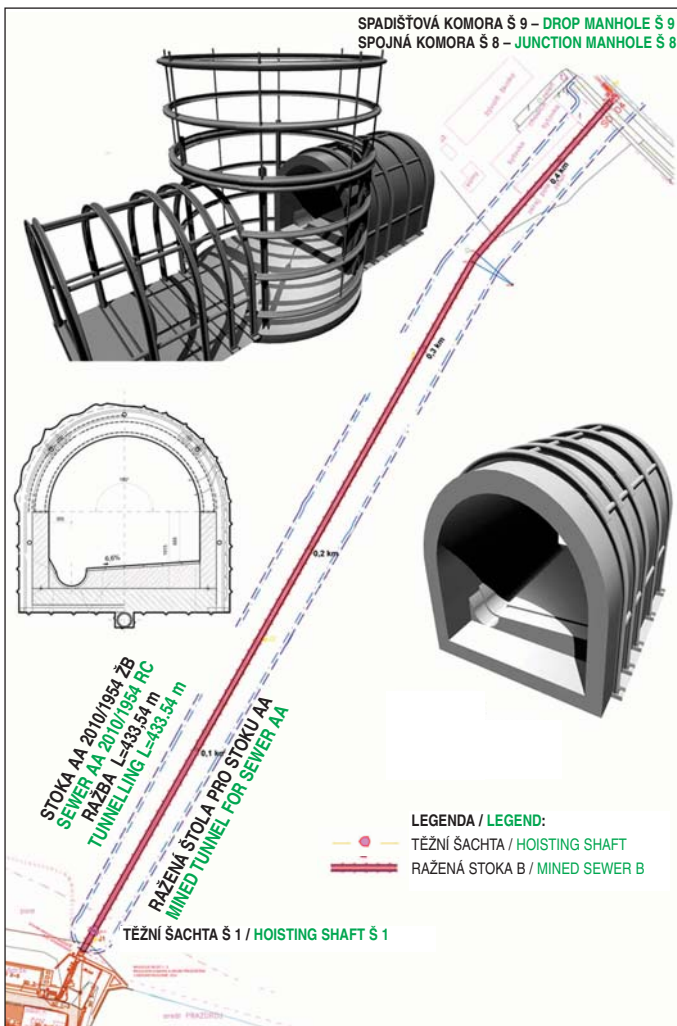
June 2011 saw the ceremony of commencing the reconstruction and some new construction of sewerage in the village of Veselá near the town of Mnichovo Hradiště. This water-resources project is funded from the means of the EU and the client for which is the town of Mnichovo Hradiště. The completion date for main interceptor sewer AA set for March 2013. The preparation and coordination of the design solution and the implementation of the entire project is secured by VaK Mladá Boleslav, a. s., a water and sewerage agency; the activities of the Engineer (client's technical supervision) are performed by REALSTAV MB, spol. s r. o.; Hydroprojekt, a. s., is the designer.

Significant part of the entire project is the mined interceptor sewer AA at the total length of 434 m, with a horseshoe shaped profile area of 6.9 m², which solves the current overloading of the existing sewer A and creates a retention space in case of increased inflows into the sewerage network. The sub-contractor for the works on sewer carried out AA by mining methods is Energie – stavební a báňská a.s., which is employed by the main contractor, BAK stavební společnost, a. s.

CONSTRUCTION – TECHNICAL PART

The tunnel for the future sewer AA is located at the western edge of Mnichovo Hradiště. It begins in Černá Street, in allotted gardens near a former kindergarten, and continues perpendicularly to this street across fields, toward the sewage treatment plant (STP). In the first part it passes under residential development buildings and, in the remaining part ending at the STP, passes under cultivated land (see Fig. 1). The tunnel was to be driven from shafts Š1 and Š8, 9. The access to shaft Š1 was originally designed to be from the STP grounds, whilst shaft Š8, 9 were to be accessed along Černá Street. Because of large distances between shafts and two advancing excavation headings, associated with time losses during the loading and hauling of materials, the contractor proposed that a technological shaft Š2 be added to the existing solution, in the middle between shafts Š1 and Š8, 9. This solution made the opening of other two excavation workplaces possible. In this way the distances for transport necessary for the underground excavation were reduced. In addition, part of this solution was the construction of a new, about 400 m long, access panel road branching from the main road Mnichovo Hradiště – Mladá Boleslav and running across fields to shafts Š1 and Š2.

The equipment proposed by the contractor for the excavation on the basis of the geological and geotechnical conditions defined by the tender documentation comprised small pneumatic tools for the ground disintegration, pneumatic overhead loaders NL 12V for the loading of muck, OVJ 75 crane and dumpsters for vertical transport to the terrain surface.



Obr. 1 Ražená stoka AA, celková situace (Hydroprojekt, a. s.)
Fig. 1 Mined sewer AA, overall layout (Hydroprojekt, a. s.)

stanovena na cca 7,5 měsíce. S těmito předpoklady měla být realizace stoky AA zahájena v květnu 2011 a dokončena v prosinci 2011.

OVĚŘENÍ GEOLOGIE ZHOTOVITELEM „IN SITU“

V květnu 2011 byly zahájeny razičské práce hloubením všech tří šachet. Již v hloubce 3,5 m na šachtě Š8, 9 zhotovitel narazil na těžko rozpojitelné pískovce. Tyto horniny se postupně objevily i na zbývajících dvou šachtách. Postupy se zkracovaly a původně navrženou technologií bylo další hloubení nemožné.

Společnost ARCADIS Geotechnika, a. s., provedla doplňující geotechnický průzkum. Na jeho základě došlo k přehodnocení geotechnických poměrů, které se zásadně lišily od původního zadání, a to z hlediska ražnosti, rozpojitelnosti a těžitelnosti. Zastižené horniny byly petrograficky popsány jako středně- až hrubozrnné pískovce s karbonátovým tmelem světle šedé až hnědošedé s pevností v prostém tlaku od 30 MPa do 60 MPa. Původní projekt předpokládal horniny rozpojitelné bez trhacích prací s pevností do 30 MPa. Horniny vyskytující se při ražbách byly z hlediska ražnosti podle ON 73 78508 zařazeny do stupně ražnosti I. Z hlediska klasifikace třídy rozpojitelnosti a těžitelnosti podle ČSN 73 6133 byly horniny zařazeny do třídy těžitelnosti III. Doplňující průzkum potvrdil, že se jedná o horniny těžko rozpojitelné.

ZMĚNA TECHNOLOGIE RAŽEB A OSTĚNÍ ŠTOLY

Výsledky doplňkového geotechnického průzkumu měly zásadní vliv při vlastní realizaci jak na změnu technologie

The primary lining was designed in TH frames K21 to be installed at the spacing of 0.8 m, with transverse steel sills U140 and lagging formed by UNION sheet piles. The secondary lining was designed in hydraulic-construction concrete with a gutter split from basalt tubes DN 400 on the tunnel bottom and basalt floor tiles on the remaining part of the tunnel bottom (melted basalt produced by Eutit s. r. o).

With the assumption of this technology, the number of headings, two-shift operation on working days and advance rates of 1 m per shift, the excavation was planned to take less than 3 months; the installation of the final lining including the basalt pavement, basalt trough and construction structures on the sewer were planned to be finished in 4.5 months. The total construction time was therefore set at 7.5 months. At these assumptions, the works were to commence in May 2011 and be completed in December 2011.

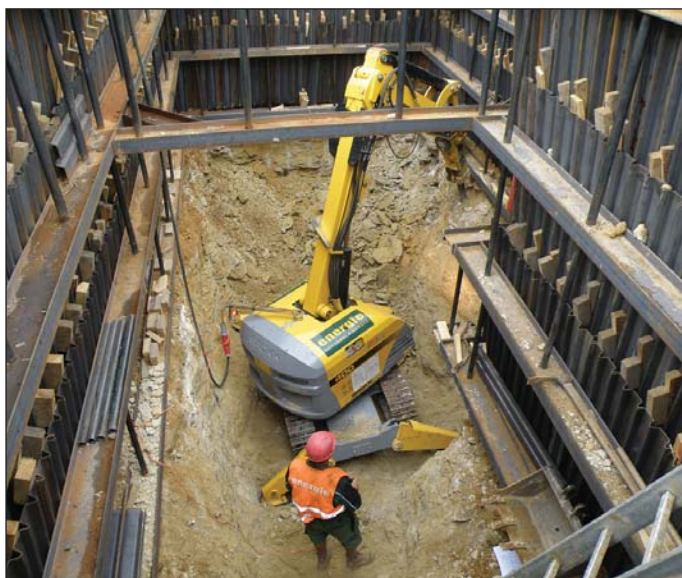
IN SITU VERIFICATION OF GEOLOGY BY THE CONTRACTOR

The mining operations started in May 2011 by sinking of all of the three shafts. At shaft Š8, 9, as early as the depth of 3.5m, the contractor encountered sandstone which was difficult to disintegrate. This rock appeared step-by-step even at the remaining two shafts. The advance rates were gradually reduced and it became impossible to continue the shaft sinking using the originally designed technology.

ARCADIS Geotechnika, a. s., carried out a supplementary geotechnical investigation. On the basis of this investigation, the geotechnical conditions were re-assessed. The new assessment of geotechnical conditions significantly differed from the original tender documents as far as the driving facility and workability was concerned. The rock encountered was petrographically described as medium- to coarsely-grained sandstone with carbonate cement, grey to brown-grey, with the unconfined compressive strength ranging from 30 MPa to 60 MPa. The original design expected that rock with the strength up to 30 MPa, workable without blasting, would be encountered. The rocks dealt with during the excavation were categorised according to ON 73 78508 as driving facility class I. In terms of rock workability according to ČSN 73 6133, the rocks were categorised as class III. The supplementary investigation confirmed that these rocks were difficult to disintegrate.

CHANGES IN THE EXCAVATION TECHNOLOGY AND THE TUNNEL LINING DESIGN

The results of the supplementary geotechnical investigation had the basic influence during the construction, both on the change in the excavation technology and the tunnel lining. Swedish rock breaking robot BROKK with a 500 kg hammer (see Fig. 2) was applied to the sinking of shafts, whilst DARDA hydraulic splitter was used for scaling. A small-scale blasting approval was issued for the excavation of the tunnel itself. Blasting operations were approved for a part of the tunnel where their effects could not influence the existing surface. In practise, it meant for the contractor that they had to choose such an excavation technology for an about 100 m long section from shaft Š8, 9 to shaft Š2 which would ensure standard procedures and would not influence existing buildings. Energie – stavební a báňská a.s., deployed ALPINA F6 A tunnel roadheader (see Fig. 3) on this section. This tunnelling machine was capable of ensuring the advance rate of 2 m per day in double-shift operation. Nevertheless, the strength of the rock to be disintegrated exceeded the capacity of this roadheader. It manifested itself in the form of frequent defects of the transmission mechanism and higher consumption of cutting tools. The presence of



Obr. 2 Hloubení šachty Š8, 9 robotem Brokk (Ivan Šálka)
Fig. 2 Shaft Š8, 9 sinking using Brokk robot (Ivan Šálka)

ražeb, tak rovněž na ostění štoly. Na hloubení šachet byl nasazen sbíjecí robot BROKK švédské výroby s těžkým 500 kg sbíjecím kladivem (obr. 2), na dolamování pak trhací zařízení DARDA. Pro vlastní ražbu štoly bylo vydáno povolení trhacích prací malého rozsahu. Trhací práce byly povoleny na část štoly, kde nemohlo dojít k ovlivnění povrchových objektů jejich účinky. V praxi to pro zhotovitele znamenalo zvolit na úsek cca 100 m směrem od šachty Š8, 9 k šachtě Š2 takovou technologii ražby, která zajistí standardní postupy a neovlivní povrchovou zástavbu. Energie – stavební a báňská a.s., nasadila na tento úsek tunelovou frézu ALPINA F6 A (obr. 3). Tento razicí stroj byl schopen ve dvousměnném provozu zajistit postup 2 m za den. Pevnost rozpojované horniny však přesahovala možnosti této tunelovací frézy, což se promítlo v častých závadách na převodovém ústrojí a spotřebě rezných nožů. Přítomnost jemného křemitého písku se pak negativně projevila na všech točivých a kluzných částech stroje. Přesto ALPINA F6 A vyrazila 85 rizikových metrů štoly pod povrchovou zástavbou a splnila tak svůj úkol. Další ražba v tomto úseku pak již pokračovala s použitím trhacích prací stejně jako na ostatních třech čelbách.

Operace vrtání pro trhací práce byla prováděna ručně s pomocí vrtacích kladiv PERMON VK 21 při použití vrtacích korunek průměru 34–38 mm podle vrtného schématu uvedeného v technologickém postupu trhacích prací (obr. 4). Trhací práce byly prováděny trhavinami typu Perunit. Elektrický roznět byl prováděn rozbuškami DeM, DeD, DeP (Sicca). Maximální současně odpalované množství trhavin nepřesáhlo 34,8 kg, maximální nálož v jednom časovém stupni pak nepřesáhla 1,2 kg trhavin. Větrání bylo navrženo separátní sací s průměrem luten 500 mm s pomocným ventilátorem na čelbě o průměru 300 mm pro zvýšení účinnosti větracího systému.

Změna technologie ražby štoly pomocí trhacích prací se promítla i do projekčního řešení ostění štoly. Původně navržené pažnice UNION byly zaměněny za KARI síť a stříkaný beton jako primární ostění. Tím byly eliminovány následné injektáže za ostění, které by v případě zachování původního řešení a kvůli vznikajícím nadvýlomům byly nezbytné. Bezprostředně po výlomu a odtěžení záběru na 1 m byl postaven rám TH výztuže, instalovány KARI síť a proveden nástřik primárního ostění stříkaným betonem do úrovně líce TH rámu. Sekundární ostění bylo navrženo ze dvou částí. Dno a boky štoly byly projekčně navrženy z armovaného vodostavebního



Obr. 3 Ražba štoly tunelovou frézou ALPINE F6A (Ivan Šálka)
Fig. 3 Tunnel excavation using ALPINE F6A roadheader (Ivan Šálka)

fine-grained quartzose sand negatively manifested itself on all rotating and sliding parts of the machine. All the same, ALPINA F6 A drove 85 m of risky metres of the tunnel under existing buildings and fulfilled its role. Subsequent excavation in this section continued using blasting, in the way identical with that used at the other three headings.

The drilling for blasting operations was carried out by hand, using a PERMON VK 21 drilling hammer with 34–38 mm bits, depending on the drill pattern contained in the technological procedure for blasting (see Fig. 4). The blasting was performed by means of Perunit explosives. Electric firing was carried out by means of DeM, DeD and DeP (Sicca) detonators. The maximum simultaneously fired amount of explosives did not exceed 34.8 kg; the maximum blasting charge weight per delay did not exceed 1.2 kg. A separate ventilation system was designed, with ventilation ducts 500 mm in diameter and an auxiliary 300 mm diameter fan at the heading face increasing the efficiency of the ventilation system.

The change in the technology of excavation by means of blasting was transmitted even to the tunnel lining design. The originally designed UNION lagging was replaced by KARI mesh and sprayed concrete as the primary lining. Owing to the change, the subsequent back grouting which would have been necessary in the case of maintaining the original solution and because of the originating overbreaks, were eliminated. A TH frame



Obr. 4 Čelba ražby navrtaná podle vrtného schématu (Ivan Šálka)
Fig. 4 Excavation face with drill holes carried out according to a drill pattern (Ivan Šálka)



Obr. 5 Pohled do dokončeného díla s dlažbou a žlábkem z taveného čediče – výrobky firmy Eutit s. r. o. (Ivan Šálka)

Fig. 5 A view down the completed tunnel with the basalt pavement and the gutter split from basalt tubes – products of Eutit s. r. o. (Ivan Šálka)

litého betonu a vrchlík štoly pak ze stříkaného betonu s dvojitou KARI sítí. Vzhledem k tomu, že realizace vrchlíku sekundárního ostění štoly se posunula do zimního období, byl pro metodu stříkaného betonu použit materiál MAXIT s již namíchaným urychlovačem tuhnutí v suché betonové směsi. Díky tomu práce probíhaly i za nejnepríznivějších zimních podmínek, kdy venkovní teploty dosahovaly až $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Přesto zkoušky nárůstu pevnosti stříkaného betonu potvrdily splnění hodnot požadovaných normou. Obklad dna štoly čedičovou dlažbou, včetně položení pukaneho čedičového žlabu, zůstal beze změn (obr. 5).

V atypické šachtě Š8, 9 bylo vybudováno spadiště a spojná komora (obr. 6). Tyto objekty na stoce AA byly provedeny jako příprava na další etapu kanalizace, která bude přes spadiště a zarážku ve spojné komoře do vybudovaného díla napojena.

ZÁVĚR

Energie – stavební a báňská dokončila stoku AA vlastními kapacitami 28. 4. 2012. Dílo bylo předáno bez vad a nedodělků. Díky zkušenostem kmenových zaměstnanců zhotovitele a součinnosti všech zúčastněných organizací se podařilo vybudovat vodohospodářské dílo, které bude dlouhá desetiletí sloužit občanům Mnichova Hradiště a okolí.

ING. MILAN SCHAGERER, schagerer@enas.cz,
Energie – stavební a báňská a.s.

Recenzoval: Ing. Jan Korejčík



Obr. 6 Zaústění spadiště do spojné komory (Ivan Šálka)

Fig. 6 Connection of the drop manhole to the junction manhole (Ivan Šálka)

was erected immediately after the blasting and removing of muck from the 1 m long excavation round, KARI mesh was installed and shotcrete was applied flush with the inner surface of the TH frames. The secondary lining design consisted of two parts. The bottom and side walls were designed to be in cast in situ reinforced hydraulic-construction concrete, whilst shotcrete with two layers of KARI mesh was designed for the tunnel crown. With respect to the fact that the realisation of the secondary lining crown was shifted to the winter season, the shotcrete technology was applied using MAXIT mortar. This material contained pre-mixed setting accelerator in the dry mix. Owing to this technology the work was even performed in most unfavourable winter conditions with external temperatures reaching up to $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Despite this fact, tests of the concrete strength gain confirmed that the values required by the standard were met. The bottom pavement with the basalt slabs, including the placement of the gutter split from basalt tubes, remained unchanged (see Fig. 5).

A drop manhole and a junction were constructed on the atypical shaft Š8,9 (see Figures 6). These structures were constructed on the sewer AA as the preparation for the subsequent stage of the sewerage system, which will be connected to the completed works through the drop manhole and a baffle in the junction manhole.

CONCLUSION

Energie stavební a báňská, a. s., completed the sewer AA by its own capacities on 28th April 2012. The works were handed over without defects and backlogs. Owing to the experience of contractor's own employees and collaboration of all organisations involved in the process, the water resources system which was successfully completed will serve inhabitants of Mnichovo Hradiště and the surroundings for many decades.

ING. MILAN SCHAGERER, schagerer@enas.cz,
Energie – stavební a báňská a.s.

LITERATURA / REFERENCES

Dokumentace k provedení stavby Mnichovo Hradiště, rekonstrukce a dostavba kanalizace 3. etapa, ražená stoka AA, Hydroprojekt CZ, a. s.

Kurel, Z. *Trhací práce malého rozsahu*. Ražená štola pro kanalizaci Mnichovo Hradiště

Sobol, P. *Projekt větrání*. Ražená kanalizace Mnichovo Hradiště

Bartoš, L. *Návrh tracích prací pro ražení štoly kanalizace*. Mnichovo Hradiště, rekonstrukce a dostavba kanalizace, stoka AA

Otrubová, D. *Posouzení těžitelnosti a ražnosti*. Mnichovo Hradiště, rekonstrukce a dostavba kanalizace 3. etapa, ražená stoka AA

PŘELOŽKY KANALIZAČNÍCH STOK A POTOKA BRUSNICE V RÁMCI 2. STAVBY STRAHOVSKÉHO TUNELU

DIVERSIONS OF SEWERS AND THE BRUSNICE BROOK WITHIN THE FRAMEWORK OF STAGE 2 OF THE STRAHOV TUNNEL CONSTRUCTION

PŘEMYSL FRANTIŠEK KUCHAR, MILAN SCHAGERER

ÚVOD

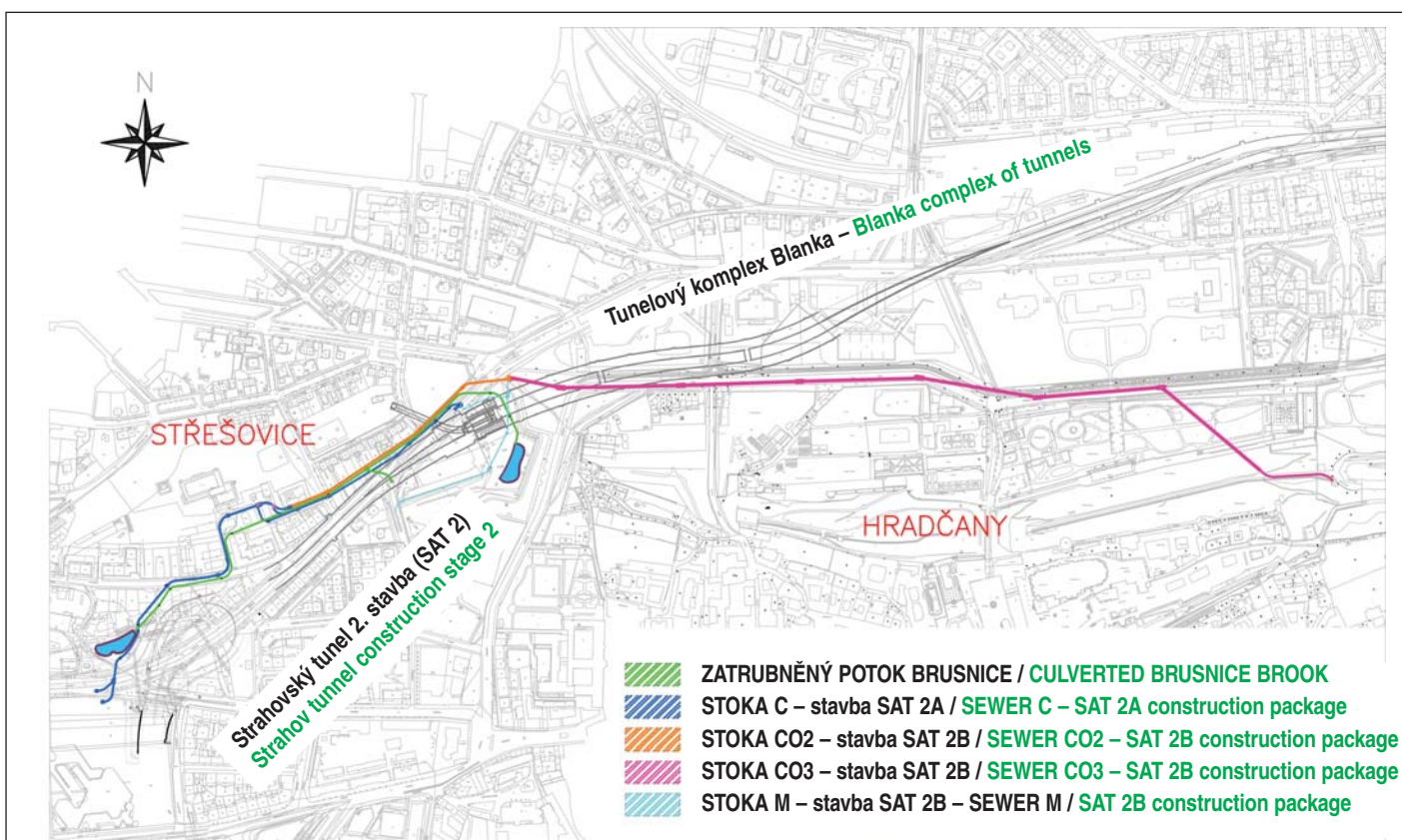
V rámci stavby č. 0065 Strahovský tunel 2. stavba, část 2B hloubený tunel MO (stavební část), kterou společnost Energie – stavební a báňská a.s., realizuje ve sdružení s EUROVIÍ, a.s., bylo nutné provést nové vedení veškerých inženýrských sítí patřících do souboru staveb Strahovský tunel 2B jako součásti městského okruhu Myslbekova – Prašný most – Špejchar – Pelc-Tyrolka (tunelový komplex Blanka) (obr. 1).

V jižní části navazuje 2. stavba Strahovského tunelu na již provozované stavby městského okruhu tunely Strahovský a Mrázovka. Tunelové vedení městského okruhu je umístěno pod ulicemi Patočkova a Myslbekova. Na svém východním konci stavba navazuje na tunelový úsek městského okruhu realizovaný v rámci stavby č. 9515 MO Myslbekova – Prašný most. Na styku stavby Strahovského tunelu 2B a raženého úseku stavby č. 9515 je umístěno technologické centrum (TGC 1), které bude využíváno i pro stavbu 2B Strahovského tunelu. Na západní straně navazuje stavba na část Strahovského tunelu 2A MUK Malovanka.

INTRODUCTION

It was necessary within the framework of the project package No. 0065, the Strahov tunnel construction stage 2, part 2B, cut and cover tunnel for the Prague City Circle Road (civil engineering part), which is being realised by Energie – stavební a báňská a.s., in a consortium with EUROVIA CS, a.s., to carry out new lines of all engineering networks which are parts of the Strahov tunnel 2B project as parts of the Myslbekova – Prašný most – Špejchar – Pelc Tyrolka section of the City Circle Road – the Blanka tunnel (for the overall layout see Fig. 1).

In the southern part, the Strahov tunnel construction stage 2 connects to the already operating structures of the City Circle Road, i.e. the Strahov and Mrázovka tunnels. The tunnelled route of the City Circle Road runs under Patočkova and Myslbekova Streets. At its eastern end, the structure connects to the tunnelled section of the City Circle Road (CCR) which is constructed within the framework of construction lot No. 9515, CCR Myslbekova - Prašný Most. A service centre (TGC 1) is located at the connection of the Strahov tunnel 2B and the mined section of construction lot 9515. It will be even used for the Strahov tunnel 2B construction. In the west, the structure connects to



Obr. 1 Celková situace přeložek kanalizací a potoka Brusnice (PUDIS, a. s.)

Fig. 1 Overall layout of the construction of diversions of sewers and the Brusnice Brook (PUDIS, a. s.)

Stavba je prováděna převážně v prostoru mezi ulicemi Myslbekova, Patočková a chráněným územím stávajícího parku u fortifikací, jehož část využívá i stavba č. 9515 MO Myslbekova – Prašný most.

Při realizaci stavby došlo jak k odstranění některých objektů demolicí, tak k nové výstavbě včetně vazeb na inženýrské sítě a ostatní městská zařízení.

Realizace hloubených tunelů v exponovaném infrastrukturálním uzlu ulic Patočková, Myslbekova a Sřešovická si vyžádala složité komplexní řešení všech inženýrských sítí, tzn. jejich odstranění z prostoru hloubených tunelů a následné situování do prostoru mimo trasu tunelů.

Stavba byla zahájena na podzim roku 2009 a předpoklad dokončení je v červnu 2013.

PROBLEMATIKA REALIZACE INŽENÝRSKÝCH SÍTÍ V PROSTORU STAVBY

Vzhledem k velmi husté městské zástavbě v prostoru stavby Strahovský tunel 2B je celé zájmové území protkáno množstvím inženýrských sítí. V první fázi je nutné veškeré sítě odstranit ze zájmového prostoru, ve fázi druhé pak tyto sítě buď definitivně položit, nebo realizovat provizorní řešení po dobu stavby tunelů a ve třetí fázi po dokončení tunelových tras realizovat konečné definitivní projekční řešení včetně všech objektů, jejichž realizace byla prováděním hloubených tunelů blokována. V průběhu tohoto procesu bylo nezbytné zachovat funkčnost všech inženýrských sítí s výjimkou krátkodobých výluk či odstávek.

Z hlediska charakteru a účelu inženýrských sítí jsou realizovány přeložky, rušení a výstavba kanalizací včetně přípojek a uličních vpustí, vodovodů včetně přípojek, plynovodů včetně přípojek, vodních toků, veřejného osvětlení, silnoproudých a slaboproudých rozvodů. Z tunelářského hlediska je zajímavé především budování kanalizačních řadů, které je v převážné většině prováděno hornickým způsobem, tj. pokládkou trubních řadů do ražených kanalizačních stok. Mělce uložené stoky jsou realizovány v navážkách a ve zvětralých sedimentech, jejichž mocnost dosahuje až dvanácti metrů v prostoru ulice Patočková. Pro zajímavost – byly zde zastiženy historické kulturní vrstvy původního koryta Brusnice s kosterními pozůstatky tehdejších obyvatel. Rozpojování horniny na čelbách ražených stok je prováděno ručně bez trhací práce za pomoci sbíjecích kladiv nebo mechanicky s použitím hydraulických impaktorů osazených na malých rypadlech. Odtěžení probíhá za pomoci lžícových kolejových nakladačů a dále vaničkami na vozících. Svislá doprava v těžních šachtách je realizována jeřáby OVJ 75. Rozměry jednotlivých stok jsou navrženy v závislosti na hloubce uložení, charakteru zastiženého horninového prostředí a na velikosti vstrojení. Setkáváme se zde s profily LB 2, LB 2/1000 a LB 3/1000, LB 5/1700, 00 0 02, 00 0 04 s plochou od 2,42 m² do 8,59 m². Rámy výztuže jsou navrženy z válcovaných profilů K 21 a jsou pokládány na příčné prahy z profilu U 160 s roztečí 0,8–1,0 m. Obložení rámu výztuže je prováděno zplna pažnicemi UNION (zde uvádíme jako zástupce ražených děl charakteristický příčný řez stoky CO3 na obr. 2). Aktivace výztuže s lícem výrubu je zajišťována dubovými klíny, tzv. „bajláky“, které aktivují pažnice UNION k horninovému masivu. V některých případech bylo nutno zkrátit rozteče rámu na 0,5 m, provést ostění ze stříkaného betonu, provázat jednotlivé rámy TH výztuže v nohách u počvy válcovanými profily U 140, provést betonáž podlahy a injektáž za provedené ostění. Navržený způsob je prováděn ve štole vždy 10 m před a 10 m za ohroženými objekty na povrchu a v nadloží. Technické řešení se v praxi výrazně osvědčilo, což je průběžně potvrzováno výsledky monitoringu prováděného v rámci ražby všech štol. Deformace nadloží

the Malovanka grade-separated intersection, which is part of Strahov tunnel 2A.

The construction is carried out mostly in the space between Myslbekova Street, Patočková Street and the conservation area of an existing park adjacent to the fortification, a part of which is used for construction lot 9515, CCR Myslbekova - Prašný Most.

During the construction operations, some buildings were, on the one hand, removed by means of demolition and, on the other hand, new buildings were erected, including connections to utility networks and other urban facilities.

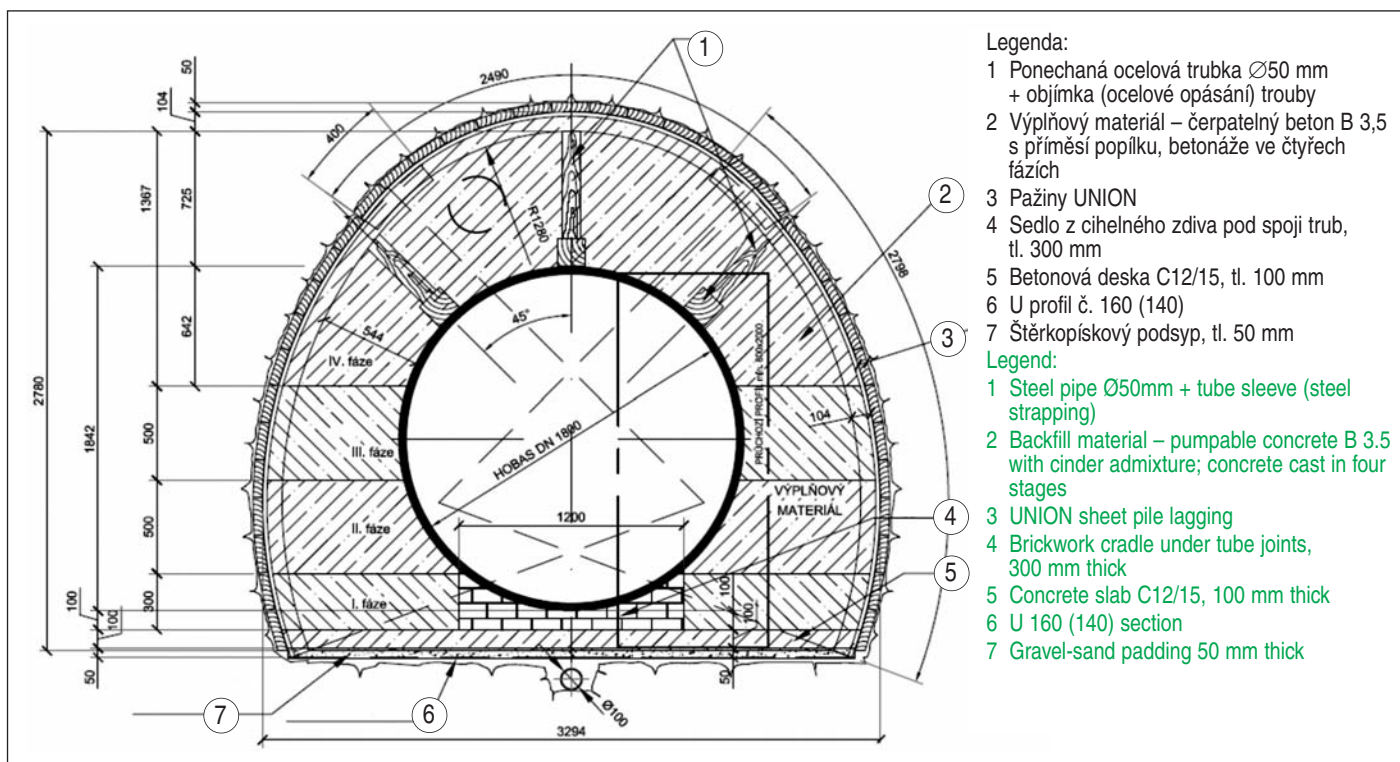
The construction of cut-and-cover tunnels in the busy infrastructural node of Patočková, Myslbekova and Sřešovická Streets required a complicated solution for all utility networks, i.e. their removal from the space of the cut-and-cover tunnels and subsequent reinstallation outside the tunnel route space.

The works commenced in the autumn of 2009 and its completion is planned for June 2013.

PROBLEMS OF REALISATION OF UTILITY NETWORKS IN THE AREA CONSTRUCTION SITE

With respect to the dense urban development in the area of the Strahov tunnel 2B construction site, the entire area of operations is interwoven with numerous existing utility networks. It is necessary in the first stage to remove all networks from the area of operations. In the second stage, these networks must be either laid to final routes or a temporary solution must be realised for the duration of the tunnel construction. In the third stage, after the completion of the tunnel routes, the final design solution must be implemented, including all structures the construction of which was blocked by the work on the cut and cover tunnels. It was necessary during this process to maintain the functionality of all utility networks, with the exception of short-time closing of traffic or outages.

In terms of the character and purpose of the utility networks, the works comprise diversions, removal and construction of sewers including connections and street inlets, water mains including connections, gas pipelines including connections, streams, public lighting, heavy-current and weak-current lines. From the tunnelling point of view, the most interesting is first of all the construction of sewers. The majority of these structures are carried out using mining methods, i.e. laying pipe lines in mined sewerage tunnels. Near-surface sewerage tunnels are realised in made-ground and weathered sedimentary rock, the thickness of which reaches even 12 m in the area of Patočková Street. For the sake of interest, historic cultural layers of the Brusnice Brook with skeletal remains of past inhabitants were encountered in this area. The rock at the headings of mined sewerage tunnels is disintegrated by hand, without blasting, using pick hammers, or mechanically using hydraulic impactors mounted on small excavators. Muck is loaded by rail-mounted bucket loaders and removed in boxes placed on flat cars. Vertical transport through hoisting shafts is carried out by OVJ 75 cranes. The dimensions of individual sewerage tunnels are designed with respect to the burial depth, the character of the ground environment encountered and the size of the excavation support. We meet cross sections LB 2, LB 2/1000 and LB 3/1000, LB 5/1700, 00 0 02, 00 0 04 with the cross-sectional area ranging from 2.42 m² to 8.59 m². Rolled-steel sections K21 are designed for the supporting frames. They are placed on U 160 transverse sills installed at the spacing of 0.8 to 1.0 m. UNION sheet piles are used for the full-face lagging installed behind the frames (we present a characteristic sewerage tunnel cross-section CO3 in Fig. 2). The activation of the support against the surface of the excavated opening is secured by oak wedges, which brace UNION lagging against the ground. It was necessary in some cases to reduce the spacing of the frames to 0.5 m, apply shotcrete, tie individual TH frames together at the bottom with U 140 rolled-steel sections, cast the concrete floor and inject grout behind the finished lining. The proposed system is



Obr. 2 Stoka CO3, příčný řez – sklolaninátová trouba DN 1800, SN 10 000, PN 10; typ rámu: 00-0-04, profil K21; plocha výrubu $8,59 \text{ m}^2$ (PUDIS, a. s.)
 Fig. 2 Sewer CO3; cross-section – glass reinforced plastic tube DN 1800, SN 10,000, PN 10; support frame type: 00-0-04, K21 section; excavated cross-sectional area 8.59 m^2 (PUDIS, a. s.)

a objektů jsou minimální a nevyžadují žádná další opatření. Po dokončení prací na stavbě Strahovský tunel 2B bude celkem vyraženo 2056 m štol pro kanalizační stoky.

Práce vyvolané až po zjištění některých skutečností na stavbě vyžadují vysokou kvalifikaci a zkušenost pracovníků, součinnost investora, projektanta, statika a v neposlední řadě i obyvatel dotčených objektů. Tímto případem bylo například stavební řešení objektu č. 105 Za Hládkovem, které spočívalo v ubourání a podchycení jeho části zasahující do ulice Patočkova a které se ukázalo v jeho průběhu jako zvláště složité. Bez nich by nebylo možné vybudovat raženou kanalizační stoku „O12“ s vstrojením KT DN 300 a KT DN 400 (obr. 3). Zmíněný objekt má čtyři podzemní a šest nadzemních podlaží a byl postaven v letech



Obr. 3 Ražené stoky O11 a O12, spojná šachta Š 011.4, propoj KT DN300, DN400, ul. Nad Vojenskými hřbitovy (Ivan Šalka, Energie – stavební a báňská a.s.)

Fig. 3 Mined sewerage tunnels O11 and O12, junction manhole Š 011.4, interconnection KT DN 300, DN400, Nad Vojenskými Hřbitovy Street (Ivan Šalka, Energie – stavební a báňská a.s.)

implemented in the tunnel 10 m ahead and 10 m behind the endangered structures existing on the surface and in the overburden. The technical solution significantly acquitted itself in practice. This fact is continually confirmed by results of the monitoring which is conducted as a part of the excavation of all tunnels. Deformations of the overburden and structures are minimum, requiring no additional measures. When the works on the Strahov tunnel 2B project are finished, the excavation of 2056 m of tunnels for sewers will be complete.

Works the necessity of which appears only after ascertaining some facts on site require high qualification and experience of personnel, collaboration provided by the client, designer, structural engineer and, at last but not least, even residents of affected buildings. As an example, we can mention the demolition of a part of building No. 105 and its underpinning in Za Hládkovem Street, which turned out to be very complicated during the construction. Without these operations it would



Obr. 4 Bourání suterénu č. p. 105, ul. Patočkova, Praha (Ivan Šalka, Energie – stavební a báňská a.s.)

Fig. 4 Demolition of the basement of building No. 105, Patočkova Street, Prague (Ivan Šalka, Energie – stavební a báňská a.s.)



Obr. 5 Bourací stroj BROKK 400, nasazení v suterénu č. p. 105, ul. Patočkova, Praha (Ivan Šalka, Energie – stavební a báňská a.s.)

Fig. 5 BROKK 400 demolition machine, deployment in the basement of building No. 105, Patočkova Street, Prague (Ivan Šalka, Energie – stavební a báňská a.s.)

1938–1939 podle projektu architekta Jana Gillara k bytovým účelům. Ve čtyřech suterénních podlažích se nacházela nepoužívaná kotelna s masivními železobetonovými násypkami na pevné palivo, výtah na popel, prádelna, sklady, sklepy nájemníků a dva byty. Šest nadzemních podlaží objektu je trvale obydlených. Konstrukčně se jedná o vyzdívaný železobetonový skelet se sloupy a průvlaky s monolitickými trámovými stropy se založením na betonových patkách. Předsazená část konstrukce kotelny, v celé šířce domovní fronty objektu a na celou její hloubku čtyř podlaží, zasahovala do profilu konstrukce budoucích silničních tunelů, překážela v ražbě paralelní kanalizační stoky O12 a bylo tedy nutné ji odstranit (obr. 4).

Při postupném odbourávání a odkrývání konstrukcí byl zjištěn neutěšený stav nosných konstrukcí bytového domu. Z důvodu zajištění bezpečnosti zainteresovaných pracovníků byl do demoličních prací nasazen dálkově řízený robot zn. BROKK třídy 400. S jeho pomocí proběhlo bourání v prostorách kotelny rychle, bezpečně a ohleduplně k obyvatelům domu (obr. 5). Přítomnost statika na místě, pravidelné konzultace s ním, okamžitá řešení vzniklých situací a stavů, včetně důsledného monitoringu objektu, vedly k úspěšné realizaci bez nutnosti nájemníky domu č. 105 z objektu po dobu zajišťovacích prací vystěhovat. Po odstranění zbytných konstrukcí následovalo podchycení starých základových patek a nově vybudovaných železobetonových základových pasů. Zlepšení geomechanických vlastností hornin v podzákladí bylo zajištěno tryskovou injektáží a mikropilotami. Podzemní prostory domu byly v konečné fázi úprav v uliční frontě zabezpečeny železobetonovou stěnou proti tlaku zeminy od zásypů tělesa tunelů a izolacemi proti podzemní vodě.

VODOHOSPODÁŘSKÁ SITUACE V ÚZEMÍ STAVBY, VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Vodohospodářské řešení zájmového prostoru bylo zastaralé a nevyhovující. K částečnému zlepšení došlo realizací Stavby SAT 2A křižovatka Malovanka, ve které byla provedena příprava pro navrženou konečnou koncepci.

Před provedením Stavby SAT 2A byly veškeré vody z potoku Brusnice a rybníků odvedeny za rybníkem Šlajferka do jednotné kanalizační sítě (cca 0,2 m³/sec, s výhledem cca 4,31 m³/sec). Odpadní vody byly vedeny kmenovým sběračem „C“

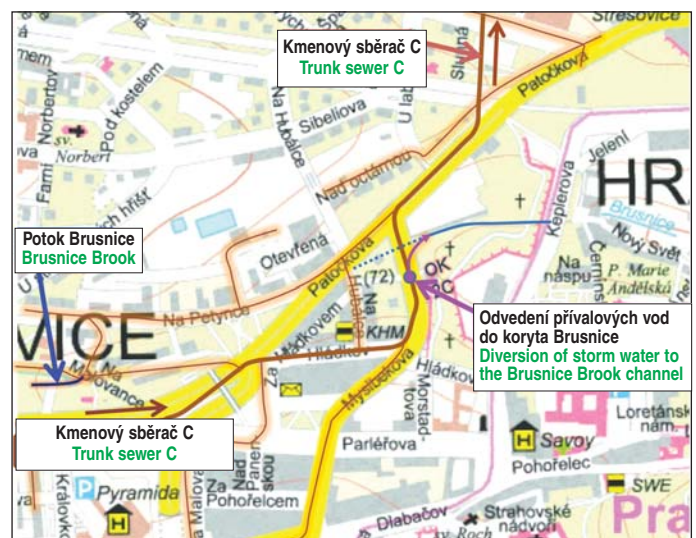
have been impossible to construct the mined sewerage tunnel “O12” with the KT DN 300 and KT DN 400 support (see Fig. 3, Junction Manhole). The above-mentioned building which was built in 1938 – 1939 to the design proposed by architect Jan Gillar for residential purposes, has four underground levels and six above ground levels. The four underground floors housed a disused boiler plant with massive steel hoppers for solid fuel, an ash lift, laundry, tenant cellars and two flats. The six above-ground levels are permanently occupied. Structurally, the building is a reinforced concrete frame consisting of columns and beams, with masonry infilling and cast-in-situ slab-and-girder floors. It is founded on footings. The boiler room part of the structure, running throughout the width of the building facade and the depth of four above-ground levels, interfered with the profile of the structure of the future road tunnels and formed an obstacle to the excavation of a parallel sewerage tunnel. It was therefore necessary to remove it (see Fig. 4).

A very poor condition of load-bearing structures of the block of flats was step-by-step disclosed during the process of breaking off and exposing of the structures. A BROKK 400 remotely controlled robot was deployed with the aim of providing the safety of the involved workers. With its help, the demolition operations in the boiler room spaces passed quickly, safely and thoughtfully in relation to the building inhabitants (see Fig. 5). The presence of the structural engineer on site, regular consultations with him, immediate dealing with originating situations and states, including consistent monitoring of the building, led to the successful realisation, without the need for tenants of the building No. 105 to vacate it for the time required for the reinforcing work. When the unnecessary structures had been removed, the underpinning of foundation footings and newly constructed reinforced concrete continuous footing followed. Geomechanical properties of ground in the active zone of foundation soil were improved by jet grouting and micropiles. Underground spaces of the building were secured in the final stage against the pressure of soil induced during the backfilling of the cut-and-cover tunnels by a reinforced concrete wall, and against groundwater by waterproofing.

CURRENT WATER-RESOURCES SITUATION IN THE AREA OF THE CONSTRUCTION, IMPACT ON ENVIRONMENT

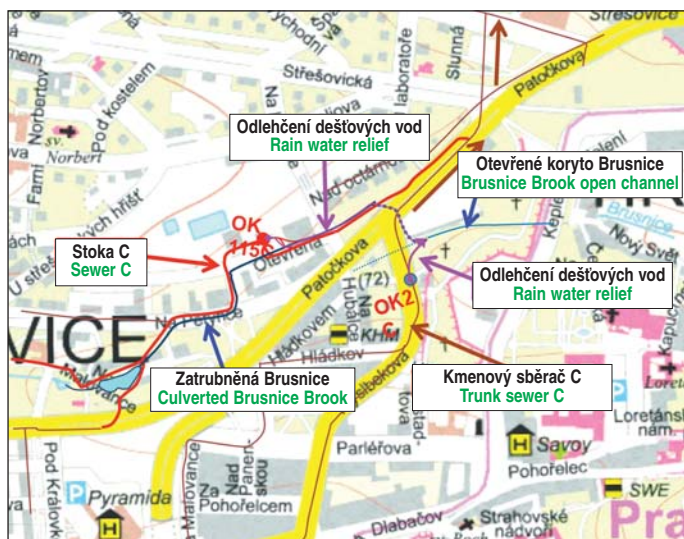
The water-resources solution for the area of operations was obsolete and unsatisfactory. Partial improvement was achieved by the completion of the construction lot Malovanka 2A, during which the preparation for the proposed final concept was carried out.

Before the completion of the Malovanka 2A project, all water



Obr. 6 Potok Brusnice a kanalizační stoková síť před realizací Stavby SAT 2A a SAT 2B (PUDIS, a.s.)

Fig. 6 Stream Brusnice and sewerage network before completion the SAT 2A and 2B construction (PUDIS, a.s.)



Obr. 7 Potok Brusnice a kanalizační stoková síť po realizaci Stavby SAT 2A křižovatka Malovanka 2A (PUDIS, a. s.)

Fig. 7 Stream Brusnice and sewerage network after completion the Malovanka 2A construction (PUDIS, a. s.)

v množství cca 16,45 m³/sec. Na oddělovači OK 2C při enormních srážkách docházelo k přepadu smíšených splaškových a dešťových vod do otevřeného koryta potoku Brusnice v množství cca 11 m³/sec, zbylých cca 5,45 m³/sec odtékalo kmenovým sběračem „C“. Potok Brusnice protékal pod Mariánskými hradbami v ulici Keplerova, dále přes Nový svět do Jeleního příkopu na území Pražského hradu a následně se vléval do Vltavy. Tento stav znamenal opakovaná znečištění otevřeného toku Brusnice odpadními vodami, zvláště při přívalových deštích, z oddělovače OK 2C. Vody z vodních toků byly odváděny do jednotné kanalizační sítě a zatěžovaly tak Ústřední čistírnu odpadních vod v Podbabě (obr. 6).

Po realizaci Stavby SAT 2A Malovanka byly veškeré vody z potoku Brusnice a rybníků odvedeny přes nový rybník u mimoúrovňové křižovatky Malovanka a část zatrubněné Brusnice do otevřeného koryta. Do Brusnice byly dočasně svedeny i zředěné odpadní vody z nové stoky C. Stoku C vybudovala Energie – stavební a báňská a.s., v rámci Stavby SAT 2A křižovatka Malovanka v letech 2005 až 2007. Ve stávajícím oddělovači OK 2C stále dochází k odlehčení zředěných odpadních vod do koryta Brusnice o cca 4,3 m³/sec. Současně dochází k odlehčení zředěných odpadních vod na oddělovači OK 115 C o cca 3,80 m³/sec. Tento stav stále znamená znečišťování Brusnice zředěnými odpadními vodami z obou výše uvedených oddělovačů v množství cca 8,35 m³/sec (obr. 7).

V současném stavu rozpracovanosti stavby Stavby SAT 2B jsou vody z potoku Brusnice a rybníků (obr. 8) odvedeny dočasně do ražené odlehčovací stoky CO2 společně se zředěnými odpadními vodami ze stoky C a poté odvedeny do kmenového sběrače „C“. Řešení je provizorní do doby realizace ražené odlehčovací stoky CO3. Odpadní vody jsou nyní vedeny novou stokou C do kmenového sběrače „C“. V oddělovači OK 115 C dochází k odlehčení odpadních vod ze stoky C do stoky CO2, která je dočasně vedena zpět do kmenového sběrače „C“. V oddělovači OK 2C dochází k odtoku odpadních vod do koryta Brusnice. Odpadní vody z kmenového sběrače „C“ byly do března 2011 dočasně přečerpávány do stoky C a do kanalizace DN 250 (obr. 9). V současné době jsou odpadní vody gravitačně svedeny, do doby realizace stoky M, provizorním potrubím DN 600 položeným na stropě tunelů, do stoky C. Stále je zde ale možnost znečištění toku Brusnice zředěnými odpadními vodami a Ústřední čistírna odpadních vod je zatěžována vodami z vodních toků (obr. 10).

from the existing Brusnice stream and ponds was diverted behind Šlajferka pond to a combined sewerage network (about 0.2 m³/s, with the outlook for about 4.31 m³/s). Sewage was led through the Trunk Sewer “C” at the amount of about 16.45 m³/s. At the storm overflow OK 2C, mixed sewage and rain water flow over during enormous rains to the open Brusnice Brook channel at the rate of about 11.0 m³/s, whilst the remaining 5.45 m³/s flew away through the trunk sewer “C”. The Brusnice Brook flew under Empress Maria Theresa’s ramparts in Keplerova Street, further on across Nový Svět quarter to Jelení Příkop moat in the area of Prague Castle and flew then into the Vltava River. This state meant repeated pollution of the Brusnice open stream with sewage from the storm overflow OK 2C, especially during torrential rains. Water from streams was diverted to the combined sewerage network, thus burdening the Central Sewage Treatment Plant in Podbaba (this state is demonstrated in Fig. 6).

After the completion of the Malovanka 2A project, all water from the existing stream and ponds was diverted through a new pond near the Malovanka grade-separated intersection and a part of the culverted Brusnice Brook to the open channel. Diluted sewage from the new sewer “C” were also temporarily diverted to the Brusnice. Trunk Sewer “C” was constructed by Energie – stavební a báňská a.s. within the framework of the 2A ST Malovanka intersection construction during 2005 – 2007. The diluted sewage is still discharged from the storm overflow OK 2C to the Brusnice Brook channel at the rate of about 4.3 m³/s. At the same time, diluted sewage is discharged at the storm overflow OK 115 C at the rate of about 3.80 m³/s. This state still means that the Brusnice Brook is polluted with diluted sewage from both above-mentioned storm overflows at the rate of about 8.35 m³/s. (this state is presented in Fig. 7).

At the current degree of completion of the works on the Strahov tunnel 2B project, water from the existing Brusnice stream and ponds (see Fig. 8) is temporarily diverted to the mined relief sewer CO2 together with diluted sewage from Sewer C and then it is discharged to the trunk sewer “C”. This is a temporary solution until the mined tunnel for relief sewer CO3 is finished. Sewage is currently led through the new sewer C to the Trunk Sewer “C”. In the storm overflow OK 115 C, sewage from sewer C is discharged to sewer CO2, which is temporarily led back to the Trunk Sewer “C”. In the storm overflow OK 2C, sewage overflows and is discharged to the Brusnice Brook channel. Till March 2011, sewage from the existing trunk sewer “C” was temporarily re-pumped to sewer C and the existing DN 250 sewer (for the temporary pumping station see Fig. 9). At the moment, until the sewer M is completed, sewage flows with gravity to sewer C



Obr. 8 Přeložka potoku Brusnice, profil 1895x1100 mm, provizorní stav, ul. Patočkova, (Ivan Šalka, Energie – stavební a báňská a.s.)

Fig. 8 Brusnice brook diversion, cross-section 1895x1100 mm, temporary state, Patočkova Street, (Ivan Šalka, Energie – stavební a báňská a.s.)



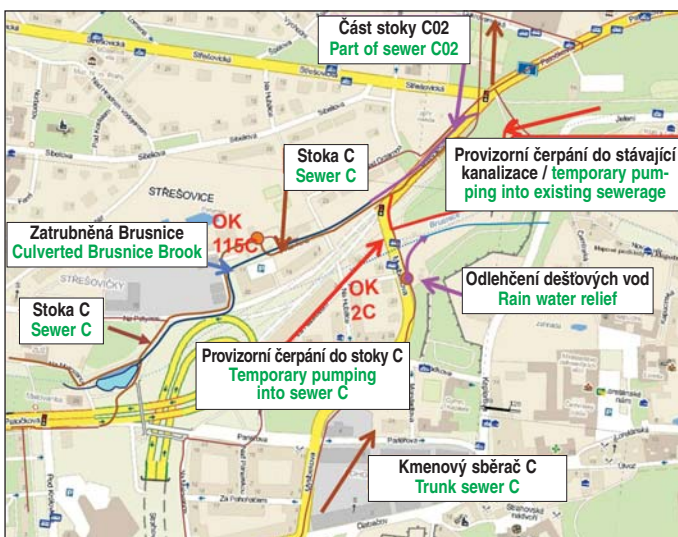
Obr. 9 Provizorní čerpací stanice (Dušan Hora, Energie – stavební a báňská a.s.)
Fig. 9 Temporary pumping station (Dušan Hora, Energie – stavební a báňská a.s.)

Uvedené skutečnosti nevyhovujícího vodohospodářského řešení v této oblasti měly historicky i v současné době za následek, mimo znečišťování potoku Brusnice odpadními vodami v městské zástavbě a na území Pražského hradu, též havarijní stavy na vlastním toku. Docházelo k záplavám území před Mariánskými hradbami a následným škodám na kanalizaci a na nemovitostech na Novém Světě i na vlastním toku Brusnice. K těmto škodám přispěl i špatný stav vtokového a výtokového objektu a spadiště pod hradbami (rekonstrukce objektu v Jelením příkopu, sanace škod na Novém Světě (obr. 11).

NOVÉ VODOHOSPODÁŘSKÉ ŘEŠENÍ PO DOKONČENÍ STAVBY STRAHOVSKÝ TUNEL 2B

Cílem definitivní koncepce je úplné oddělení vodních toků od odpadních vod a vytvoření ekologického vodohospodářského systému. Celý systém je v převážné většině budován v ražených štolách.

Potok Brusnice začíná v areálu Břevnovského kláštera pramenem zvaným Vojtěška. Z pramene je voda vedena štolou do rybníků Malá a Velká Markéta. Do této stoly jsou napojeny drenážní systémy pod Břevnovským klášterem. V následném úseku je otevřené koryto vedeno parkem a v jeho jižní části přechází



Obr. 10 Současná situace vodních toků a kanalizační stokové sítě po realizaci Stavby SAT 2A a části Stavby SAT 2B (PUDIS, a. s.)

Fig. 10 Current situation of streams and sewerage network after the completion of the SAT 2A and part of SAT 2B construction (PUDIS, a. s.)

through a temporary DN 600 pipeline laid on the roof deck of the cut-and-cover tunnels. However, the possibility of the pollution of the Brusnice Brook flow with diluted sewage remains to exist and the Central Sewage Treatment Plant is still loaded by water from streams (this state is presented in Fig. 10).

The above-mentioned facts regarding the unsatisfactory water-resources solution in this area resulted in the history as well as at the present time not only to the pollution of the Brusnice Brook with sewage within an urban development and in the area of Prague Castle, but also in emergency conditions in the stream. The area in front of the Maria Theresa's ramparts was from time to time inundated and damages were caused to sewers and real property in Nový Svět and on the Brusnice stream itself. The poor condition of structures under the ramparts (the reconstruction of a structure in Jelení Příkop moat, removing damages in Nový Svět see Fig. 11).

NEW WATER-RESOURCES SOLUTION AFTER THE COMPLETION OF STRAHOV TUNEL 2B PROJECT

The objective of the final concept is to completely separate streams from sewage and develop an environmentally friendly water-resources system. The entire system is mostly installed in mined tunnels.

The Brusnice Brook begins on the grounds of Břevnov monastery by a spring called Vojtěška. Water is led from the spring through a tunnel to Malá Markéta and Velká Markéta ponds. Drainage systems under Břevnov Monaster are connected to this tunnel. In the next section, there is an open channel running across a park. In the southern part of the park it passes to a DN 400 culvert ending at Kajetánka pond. In the Kajetánka grounds, water flows in an open channel and subsequently passes to a culvert leading to Vincentinum pond. When the Brusnice Brook leaves the pond, it flows in an open channel to Šlajferka pond and then to a pond which was carried out within the framework of construction lot Malovanka 2A. Behind this pond, the stream flow continues underground and discharges in another pond, U Šancí, which was designed within the framework of the Strahov tunnel 2B project. The placement of the stream into a culvert is carried out by building a bricked sewer 1100/1875 inside an LB 5/1700 profile mined tunnel. The open outflow from U Šancí pond will be connected to the existing drop manhole under Maria Thereza's ramparts and will continue along an open channel in Nový Svět.

In the history, sewers along this route were connected to the original stream channel. These connections have been cancelled. For that reason only water from the above-mentioned spring areas and rain water which will flow to the brook from parks located along the open secti-



Obr. 11 Nový Svět, sanace objektů pod Mariánskými hradbami (Dušan Hora, Energie – stavební a báňská a. s.)

Fig. 11 Nový Svět, rehabilitation of buildings under Maria Theresa's ramparts (Dušan Hora, Energie – stavební a báňská a. s.)

zatrubněním DN 400 až do rybníka Kajetánka. V areálu Kajetánky jsou vody vedeny otevřeným korytem a následně opět přecházejí zatrubněním do rybníka Vincentinum. Po jeho opuštění teče Brusnice otevřeným korytem do rybníka Šlajferka a poté do rybníka vybudovaného v rámci Stavby SAT 2A. Za tímto rybníkem pokračuje koryto pod zemí a vyústí do dalšího rybníka U šancí, projektovaného v rámci stavby SAT 2B. Zatrubnění je prováděno vyzdění stoky 1 100/1 875 v ražené stole profilu LB 5/1700. Otevřený odtok z rybníka U šancí bude zaústěn do stávajícího spadiště pod Mariánskými hradbami a dále otevřeným korytem na Novém Světě.

Historicky byly na této trase napojeny kanalizace do původního koryta potoka. Tato napojení byla již zrušena, a proto budou v potoku Brusnice vedeny po dokončení stavby SAT 2B pouze vody z výše uvedených pramenišť a dešťové vody, které do potoka přitéčou z parků podél otevřených úseků potoka. Z veřejných komunikací a parkových prostor jsou dešťové vody odváděny uličními vpustmi do jednotné kanalizace.

Z uvedeného je zřejmé, že po dokončení stavby budou vody z potoku Brusnice a rybníků odvedeny přes rybník u křižovatky Malovanka, dále zatrubněnou částí Brusnice do rybníka U šancí a poté do otevřeného koryta Brusnice.

Odpadní vody budou jednak vedeny novou stokou C, která je posléze napojena do původního kmenového sběrače. V oddělovači OK 115 C dochází k odlehčení stoky C do ražené stoky CO2, která je ve spojně komoře SK Š02.1 dále napojena na raženou stoku CO3. Druhé přerušování kmenového sběrače „C“ je nahrazeno stokou M. V novém oddělovači OK M bude docházet k odlehčení stoky M přes krátkou stoku MO a spojnou komoru SK Š02.1 do stoky CO3.

Původní oddělovač OK 2C bude zrušen. Tím dojde k uzavření kanalizačního systému. Vody z potoku Brusnice budou vedeny zcela samostatně z původních rybníků a otevřených koryt zatrubněnou částí do nového rybníka U šancí a dále do koryta Brusnice v Jelením příkopu. Nedojde tak ke znečištění potoku Brusnice odpadními vodami (obr. 12).

Součástí nové koncepce je i revitalizace potoka Brusnice v Jelením příkopu v areálu Pražského hradu. V Novosvětském příkopu budou provedeny úpravy toku podle požadavků Správy Pražského hradu. Tím bude dokončena kompletní revitalizace toku Brusnice.

STOKA CO 3 – SOUČÁST NOVÉ VODOHOSPODÁŘSKÉ KONCEPCE

Rozsahem největší ražený objekt přeložek inženýrských sítí v rámci Stavby SAT 2B je objekt stoky CO3. Ražba této stoky byla zahájena po doznění poklesů z ražeb tunelů stavby č. 9515 v únoru 2012. Nová odlehčovací stoka navazuje na raženou stoku CO2 a má za úkol odvést přívalové vody jednotné kanalizační soustavy z oblasti Břevnova a Střešovic přímo do Vltavy. Začíná spojnou komorou SK Š02.1 v prostoru křižovatky ulic Střešovická, Patočkova, sleduje tramvajovou trať ulicemi Jelení a Mariánské hradby podél Pražského hradu. Zde odbočuje, podchází Královskou zahradu do spodní části Jeleního příkopu, kde je zaústěna v objektu Plečnik do zatrubněné části vedoucí do Vltavy.

V předstihu bude přeložen historický vodovodní řad DN 200 délky 292 m ve vozovce ulice Mariánské hradby, v úseku mezi restaurací Lví dvůr při vjezdu do areálu Pražského hradu a Letohrádkem královny Anny, který je v kolizi s budovanými šachtami na stoce.

Předpokládaná délka výstavby stoky „CO3“ je plánována na 15 měsíců. Ražená stoka má profil 00 0 04 s plochou výřubu

ons of the brook will flow in the Brusnice Brook after the Strahov tunnel 2B project is completed. Rain water from public roads and parking areas is drained through street inlets to the combined sewerage system.

It is obvious from the above-mentioned facts that when the construction is completed, water from the current stream and ponds will be led through the pond located near the Malovanka intersection and further through the culverted section of the Brusnice Brook to U Šancí pond and then to the current open channel of the Brusnice Brook.

Sewage will be led through the new sewer C, which is later connected to the original trunk sewer. In the storm overflow OK 115, the flow through sewer C is relieved to the mined sewerage tunnel CO2, which is further connected in the junction manhole SK Š02.1 to the mined sewerage tunnel CO3. The second interruption of the trunk sewer “C” is replaced with sewer M. The sewer M will be relieved in the new storm overflow OK M through a short sewer MO and a junction manhole SK Š02.1, discharging into sewer CO3.

The original storm overflow OK 2C will be liquidated. The sewerage system will be thus closed. Water from the stream will be led completely independently from the original ponds and open channels through the culverted section to the new pond U Šance and further to the current channel of the Brusnice Brook in Jelení Příkop moat. Owing to this solution the stream will not be polluted with sewage (for the final solution see Fig. 12).

Another part of the new concept is also the revitalisation of the Brusnice Brook in Jelení Příkop moat, in the grounds of Prague Castle. The stream section in Nový Svět quarter will be trained in compliance with requirements of Prague Castle administration requirements. It will be the last work on the comprehensive revitalisation of the Brusnice Brook.

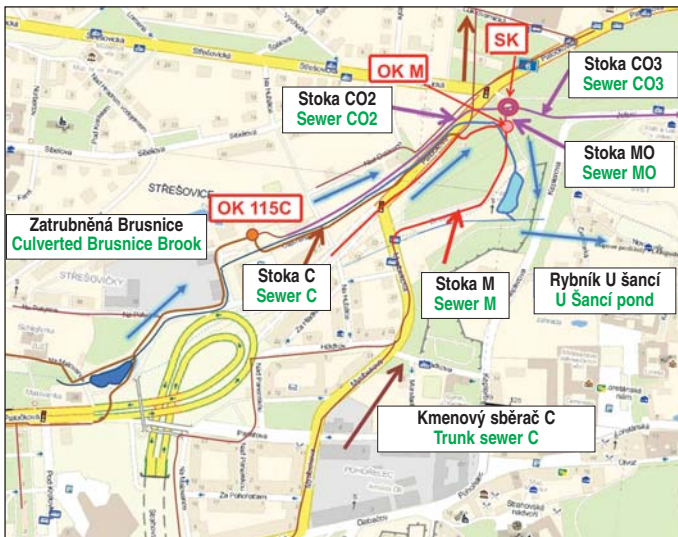
SEWER CO3 – PART OF THE NEW WATER-RESOURCES CONCEPT

The tunnel for the sewer CO3 is the largest mined structure for diversions of utility networks carried out within the framework of the Strahov tunnel 2B project as far as the extent is concerned. The excavation of this tunnel commenced in February 2012, after the settlement induced by the excavation of cut-and-cover tunnels of construction lot No. 9515 had subsided. The new relief sewer connects to the mined tunnel for sewer CO2. Its task is to divert torrential flows within the combined sewerage network from the area of Břevnov and Střešovice directly to the Vltava River. It starts by the junction manhole SK Š02.1 in the area of the intersection between Střešovická Street and Patočkova Street. It follows the tramway track, running along Jelení Street, swerves in Mariánské Hradby Street passing along Prague Castle, runs under Královská Zahrada (Royal Garden) to the lower part of Jelení Příkop moat, where it is connected in the Plečnik structure to the culverted section leading to the Vltava River.

A 292.0 m long part of a historic water pipeline DN 200 running under the pavement of Mariánské Hradby Street, which collides with manholes to be constructed on the sewer, will be relocated in advance in the section between Lví Dvůr restaurant located at the entrance to the grounds of Prague Castle and Queen Anna's Summerhouse.

The duration of the construction work on the Sewer “CO3” is planned for 15 months. The mined tunnel for the sewer has the profile 00 0 04 with the cross-sectional area of 8.59 m²; the design flow cross-section is DN 1800; the average gradient is 12.52 ‰, HOBAS glass-fibre reinforced plastic tubes are designed for the sewer; the overall length is 1361.0 m; of that the length of 1245.34 m is in a mined tunnel; of this length, 208.20 m long section is under Královská Zahrada garden. The remaining about 115.66 m long part in Jelení Příkop moat will be built in an open cut. It will be a brick structure with a semi-circular 3200/2030 cross-section. There will be a portal and a drop manhole constructed in this location and the Plečnik intake structure will be reconstructed, with an extension and the upstream connection.

The tunnel excavation depth ranges from 8.50 to 39.0 m, the ground



Obr. 12 Definitivní situace vodních toků a kanalizační stokové sítě po realizaci staveb 2A, 2B (PUDIS, a. s.)

Fig. 12 Final layout of streams and sewerage network after the completion of project packages 2A, 2B (PUDIS, a. s.)

8,59 m², projektovaný průtočný profil DN1800, průměrný spád 12,52 ‰, materiál potrubí sklolaminát HOBAS; má celkovou délku 1361,0 m, z toho 1245,34 m ražených a z nich 208,20 m pod Královskou zahradou. Zbývající část v Jelením příkopu v délce cca 115,66 m bude hloubená a vyzděná v tlakovém profilu 3200/2030, zde bude vybudován portál se spadištěm a zrekonstruován vtokový objekt Plečnik s prodloužením a se zaústěním proti toku.

Hloubka ražeb je od 8,50 m do 39,0 m, zařídění hornin po trase v třídě těžitelnosti 3, v nejhlubším úseku pod Královskou zahradou převážně v třídě těžitelnosti 2 až 1 místně. Po trase bude vyhloubeno celkem šest těžních šachtic rozměrů 12x4,40 m (obr. 13) a budou vybudována tři spadiště, z nichž nejhlubší u Letohrádku královny Anny bude hluboké 39,0 m. Úseky mezi šachticemi jsou dlouhé cca 200,0 m a jsou již raženy s protičelbou. Zajištění ostění stoly je prováděno pomocí TH výztuže na ocelové prahy U 160 s projektovanou osovou vzdáleností od 0,5 m do 1,0 m, zakládání boků zplna pažnicemi UNION. Volné prostory ve štolách a v těžních šachticích budou po vystrojení díla zaplaveny popílkobetonem.

Ražby probíhají a budou probíhat klasickým nedestruktivním způsobem s cílem zajistit minimální vliv ražeb na povrch a na hladinu podzemní vody, zejména v úseku pod Královskou zahradou Pražského hradu, kde se nacházejí vzácná vegetace a historické objekty Oranžerie, Míčovny, Letohrádku královny Anny, Nového skleníku, Fíkovny a Zpívající fontány (podrobnosti ražeb dále v textu).

V tomto zvláště sledovaném úseku stavby byly podrobným geologickým a dalším zpřesňujícím hydrogeologickým průzkumem, provedenými v letech 2009 a na podzim 2010 (obr. 14), stanoveny následující závěry.

Pro ověření horninového prostředí budoucí ražby byl, mimo jiné, proveden jádrový vrt ŠPJ-404. Byl veden z Jeleního příkopu mírně dovrchně se stoupáním 2° a to zhruba v ose budoucí stoky. Vynesené jádro vrtu bylo podrobena laboratorním zkouškám, při kterých byly zjišťovány geomechanické vlastnosti zastižených hornin. Vrtem byly identifikovány horniny s charakteristickým popisem (zde uvedeny horniny postupně od ústí vrtu v Jelením příkopu, staničení vrtu zaokrouhlo na celé metry):

- Staničení vrtu 0–10,0 m: písčité hlína se střípkami opuky, břidlice od zcela zvětralých až po mírně zvětralé, písčité, deskovitě vrstevnaté a úlomkovitě rozpadavé břidlice.



Obr. 13 Stoka CO3, šachta Š03.6, spadišťový stupeň (Ivan Šalka, Energie – stavební a báňská a.s.)

Fig. 13 Sewer CO3, manhole Š03.6, (Ivan Šalka, Energie – stavební a báňská a.s.)

along the route in categorised as excavation class 3; excavation class 2 will prevail in the deepest section under Královská Zahrada garden, class 1 will be encountered locally. The total of six hoisting shafts with the dimensions of 12.0 x 4.40 m (see Fig. 13, Sewer CO3, shaft Š03.6) will be sunk along the tunnel route. There will be three drop manholes constructed there, with the deepest one (39.0 m deep) located at Queen Anna's Summerhouse. The sections between the manholes are about 200.0 m long. These tunnel sections will be driven with counter-headings. The tunnel excavation support consists of TH frames placed on U 160 steel sills installed at the design spacing ranging from 0.5 m to 1.0 m. UNION sheet piles are designed for the full-face side-wall lagging. Cinder concrete will be pumped into empty spaces in the tunnels and hoisting shafts when the installation of the support is finished.

The excavation is and will be carried out using a classical non-destructive technique, with the aim of ensuring a minimum impact of the excavation on the terrain surface and on the water table, first of all in the section running under Královská Zahrada garden of Prague Castle, where there are rare vegetation and historic buildings of the Orangery, Ballgame Hall, Queen Anna's Summerhouse, New Greenhouse, Fig Garden and Singing Fountain /for details see the text below/.

The following conclusions were set for this especially observed construction section by detailed geological investigation and additional specifying hydrogeological investigation, which were carried out in 2009 and in the autumn of 2010 (see Fig. 14, geotechnical section through borehole PJ 401):

The ground environment of the future tunnel excavation was verified, among other measures, by the cored borehole ŠPJ-404. It was drilled from Jelení Příkop moat, slightly upwards at the gradient of 2°,

- Staničení vrtu 10–30 m: zdravé písčité břidlice.
- Staničení vrtu 30–36 m: zdravé písčité břidlice.
- Staničení vrtu 36–116 m: zdravé písčité břidlice.
- Staničení vrtu 116–124 m: zdravé jemnozrné křemence, tektonicky porušené.
- Staničení vrtu 124–140 m: zdravé písčité břidlice, tektonicky porušené.
- Staničení vrtu 140–148 m: zdravé písčité břidlice, proplátek zdravého jemnozrného křemence.
- Staničení vrtu 148–200 m: zdravé písčité břidlice, slabě tektonicky porušené.

V tabulce 1 je zachyceno staničení štoly a jádrových vrtů v ose štoly, zastížené maximální a průměrné pevnosti horniny a jejich třídy ražnosti podle ČSN (dole na této straně).

Pro ověření vydatnosti vody ve skalním podloží byly z jádrového vrtu v ose štoly současně měřeny přítoky vody. Následuje krátký přehled s uvedením staničení vrtu a odpovídajícího přítoku vody:

- Staničení vrtu 63 m: 0,3 litru/sec
- Staničení vrtu 102 m: 0,4 litru/sec
- Staničení vrtu 140 m: 0,4 litru/sec
- Staničení vrtu 174 m: 0,4 litru/sec
- Staničení vrtu 192 m: 0,5 litru/sec

Hydrogeologickým průzkumem bylo ověřeno, že podzemní vody zastížené v úseku ražené části stoky CO3 pod Královskou zahradou jsou puklinového charakteru. Vydatnost podzemní vody v ordovických břidlicích je velmi malá. Vrstvy skalního podloží lze jako celek považovat za horninu málo propustnou. Puklinová zvodně skalního podloží zastížená vrtu je oddělena od zvodně průlinové, která se nachází v nadložních vrstvách. Ta je tvořena převážně atmosférickými srážkami a přítoky vod ze sběrné oblasti potoka Brusnice. Vzhledem k tomu, že ražba bude prováděna nedestruktivně ve zdravém skalním masivu,

roughly following the centre line of the future tunnel. The recovered drill core was subjected to laboratory testing designed to determining geomechanical properties of the ground encountered. Ground types with the following characteristic description were identified by the drill hole (the ground types are presented in the sequence starting from the drill hole mouth in Jelení Příkop moat; the drillhole chainage is rounded to the nearest whole number):

- Drill hole chainage 0–10.0 m: Sandy loams with shards of cretaceous marl; completely weathered to slightly weathered shales; tabularly bedded and quarrying sandy shales.
- Drill hole chainage 10–30 m: fresh sandy shales.
- Drill hole chainage 30–36 m: fresh sandy shales.
- Drill hole chainage 36–116 m: fresh sandy shales.
- Drill hole chainage 116–124 m: fresh fine-grained quartzite, tectonically faulted.
- Drill hole chainage 124–140 m: fresh sandy shales, tectonically faulted.
- Drill hole chainage 140–148 m: fresh sandy shales, a strip of fresh fine-grained quartzite.
- Drill hole chainage 148–200 m: fresh sandy shales, slightly tectonically faulted.

A table 1 summary presenting the chainage of the tunnel and chainage of the cored drillhole along the tunnel centre line, the maximum and average values of ground strength and respective excavation classes according to the ČSN standard.

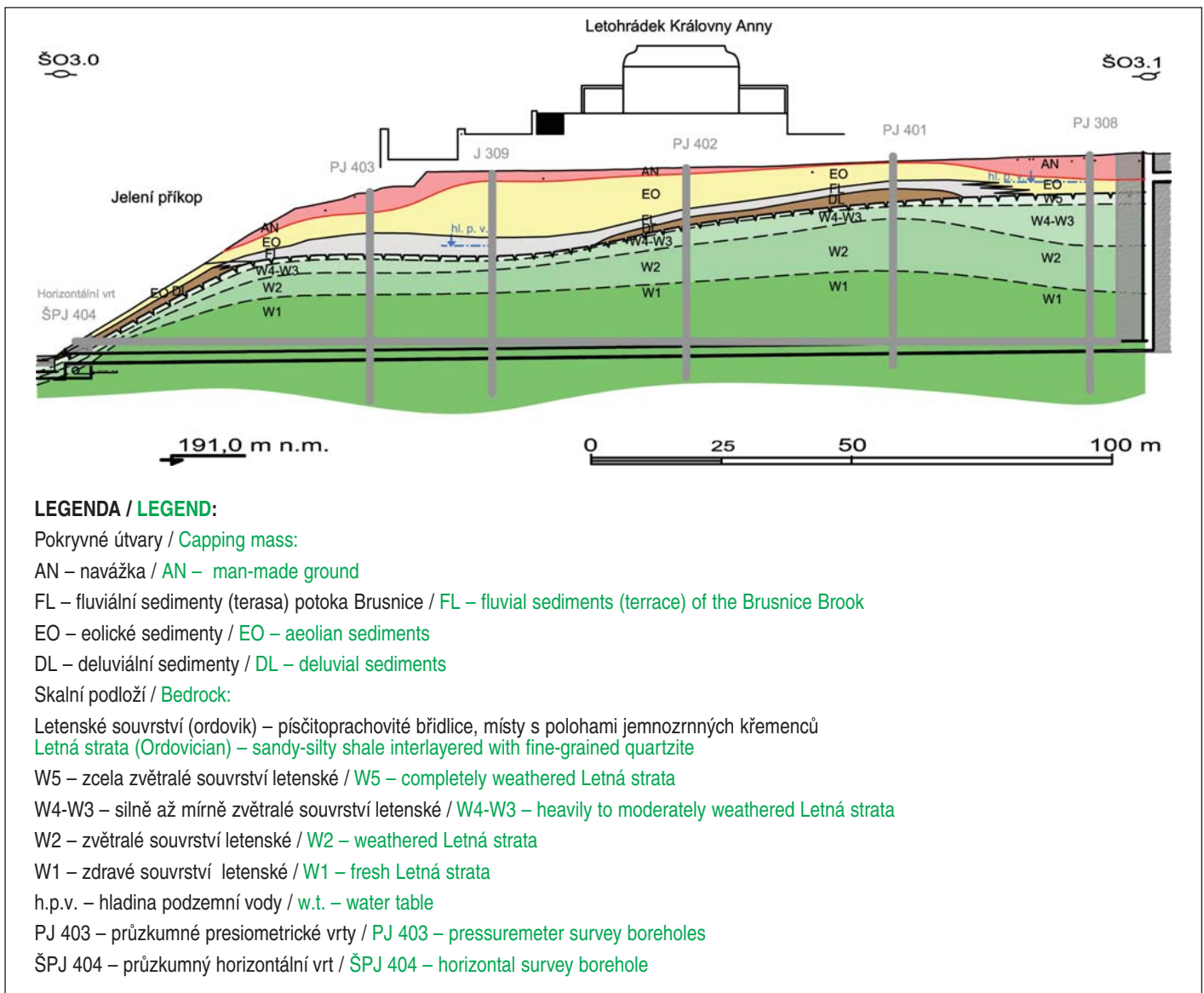
Rates of water flows from the cored drillhole on the tunnel centre line were in addition measured with the aim of verifying the yield of water from the bedrock. A brief summary presenting chainages of the drillhole with respective water inflows follows:

- Drillhole chainage 63 m: 0.3 litre/s
- Drillhole chainage 102 m: 0.4 litre/s
- Drillhole chainage 140 m: 0.4 litre/s
- Drillhole chainage 174 m: 0.4 litre/s

Tab. 1 Staničení štoly CO3 a jádrových vrtů v její ose, zastížené maximální a průměrné pevnosti horniny a jejich třídy ražnosti dle ČSN

Table 1 Chainage of the tunnel CO3 and chainage of the cored drillhole along the tunnel centre line, the maximum and average values of ground strength and respective excavation classes according to the ČSN standard

Staničení štoly „CO3“ [m] Tunnel „CO3“ chainage [m]	Jádro v ose štoly „CO3“ [m] Core on centre line of tunnel „CO3“ [m]	Zastížená pevnost horniny [MPa] Rock strength encountered [MPa]	Průměrná pevnost horniny [MPa] Average rock strength [MPa]	Třída horniny ČSN 731001 Rock class ČSN 731001
117,50 až 223,5 117.50 to 223.5	0 až 106 0 to 106	15 až 50 15 až 50	40	R3
223,5 až 226,5 223.5 to 226.5	106 až 109 106 to 109	vysoká, nedoloženo High - undocumented	vysoká, nedoloženo High - undocumented	R2
229,5 až 235,5 229.5 to 235.5	112 až 118 112 to 118	>150; místy 202 >150; locally 202	178,6	R1
235,5 až 241,5 235.5 to 241.5	118 až 124 118 to 124	rozpad jádra core disintegration	rozpad jádra core disintegration	R3 až R6 R3 to R6
241,5 až 244,5 241.5 to 244.5	124 až 127 124 to 127	50 až 150 50 to 150	125,4	R2
244,5 až 246,5 244.5 to 246.5	127 až 129 127 to 129	rozpad jádra core disintegration	rozpad jádra core disintegration	R3
246,5 až 252,5 246.5 to 252.5	129 až 135 129 to 135	50 až 150; místy 168,5 50 to 150; locally 168,5	114,1	R2
252,5 až 259,5 252.5 to 259.5	135 až 142 135 to 142	rozpad jádra core disintegration	rozpad jádra core disintegration	R3 až R4 R3 to R4
259,5 až 266,5 259.5 to 266.5	142 až 149 142 to 149	50 až 150 50 to 150	131,3	R2
266,5 až 317,5 266.5 to 317.5	149 až 200 149 to 200	5 až 15; 15 až 50; 1*127,3 5 to 15; 15 to 50; 1*127,3	středně vysoká medium high	R2 až R4 R2 to R4



Obr. 14 Stoka CO3, Královská zahrada, inženýrskogeologický řez – průzkumný vrt PJ 401 (PUDIS, a. s.)

Fig. 14 Longitudinal engineering geological section through sewer CO3 in the section under Královská Zahrada garden of Prague castle (PUDIS, a. s.)

nebude docházet k výraznému narušení okolí štoly trhlinami a dá se tedy předpokládat, že nedojde k propojení obou zvodní. Lze dovodit, že nedojde k vytvoření masivního drénu a k poklesu hladiny podzemní vody v nadložních vrstvách, na niž je závislý kořenový systém chráněné vegetace v Královské zahradě.

S ohledem na ověřenou geologii a hydrogeologii, vyjádřenou posudky předních odborníků, a s ohledem na omezenou výši investičních nákladů stavby, navrhuje zhotovitel Energie – stavební a báňská a.s., provádět ražbu a zajištění stoky CO3 pod Královskou zahradou Pražského hradu následovně.

Ražba v celém úseku areálu Pražského hradu bude prováděna nedestruktivně bez použití trhacích prací. Rozpojování převážného objemu hornin s pevností v tlaku do 30 MPa uvažujeme realizovat pomocí tunelové výložníkové frézy ALPINE MINER F6A, jejíž výkonové parametry ražbu umožní s tím, že krátkodobě lze uvažovat i s jejím nasazením při pevnostech horniny do 50 MPa. Jednotlivé krátké dílčí vložky křemenců a křemičitých pískovců s pevnostmi horniny v tlaku do 200 MPa budou zmoženy nasazením hydraulického impaktoru na stroji BROKK 400. Při nakládání rozpojeného horninového masivu uvažujeme s nasazením kolejových přehazovacích lžícových nakladačů NL 12 do přepravních kontejnerů na pod-

- Drillhole chainage 192 m: 0.5 litre/s

It was verified by the hydrogeological investigation that groundwater encountered in the mined section of the sewer CO3 under Královská Zahrada garden is of the character of fissure water. The yield of groundwater in the Ordovician shales is very low. The bedrock layers can be considered as a whole to form little permeable rock. The fissure aquifer in the bedrock which was encountered by boreholes is separated from the interstitial aquifer which is found in the overlying strata. This aquifer is formed first of all by atmospheric precipitation and water inflows from the reception basin of the Brusnice Brook. Taking into consideration the fact that the tunnel will be driven through competent rock mass without blasting, the tunnel surroundings will not suffer significant damage by fissures and it is therefore possible to assume that the two aquifers will not become interconnected. It is possible to deduce that no massive drain will develop and the water table in the overlying strata, on which the root system of the protected vegetation in Královská Zahrada garden is dependent, will not get lowered.

Taking into consideration the verified geology and hydrogeology described in opinions submitted by prominent experts and the limited volume of investment costs available for the construction, the contractor, Energie – stavební a báňská a.s. proposes that the following procedure be applied to the tunnel excavation and support of the tunnel CO3 under Královská Zahrada garden of Prague Castle:

The entire tunnel section in Prague Castle grounds will be driven using

vozku. Vodorovná doprava ve štoly je uvažována kolejová vzduchovými vraty. Svislá doprava těžní spadišťovou jámou Š03.1, hlubokou 39,0 m, bude prováděna jeřábem OVJ 75 s patentovanou úpravou délky zdvihu.

Pro zamezení vlivu ražby štoly na hladinu podzemních vod puklinové zvodně skalního masivu a možnému drenážnímu účinku štoly bude výrub zajišťován obloukovou TH výztuží se svařovanými sítěmi a vrstvou stříkaného betonu tloušťky 100 mm. V předpokládaných úsecích, kde by mohlo docházet k větším průsakům vody ostěním do štoly, bude prováděno dotěsnění jejího okolí těsnicí injektáží. Předpokládaná doba ražby s protičelbou je stanovena na 2,5 měsíce při nepřetržitém dvousměnném provozu díla.

Velmi významným aspektem pro zdárné zhotovení zde podrobně popisovaného úseku stoky CO3 pod Královskou zahradou Pražského hradu jsou dlouholeté zkušenosti zhotovitele s prováděním prací hornickým způsobem v letenských vrstvách. Dodavatel Energie – stavební a báňská a.s., (nástupce a pokračovatel národního podniku Výstavba kamenouhelných dolů Kladno) má s tímto druhem prací stejně jako s chováním horninového masivu letenských písčitých břidlic s vložkami křemenných pískovců až křemenců v této lokalitě velké zkušenosti. V malé vzdálenosti od Stoky CO3 pracovníci VKD provedli v polovině osmdesátých let ražbu tratových tunelů, technologického centra, průzkumné štoly pod Vltavou a ražby stanic Hradčanská a Malostranská včetně tunelů eskalátorových pro pražské metro. V blízkém prostoru Pražského hradu podnik VKD vyrazil na přelomu 80. a 90. let kolektory energetických sítí a průchod valem Prašného mostu.

ZÁVĚR

Přeložky inženýrských sítí jsou v rámci stavby 0065 Strahovský tunel 2B co do rozsahu, způsobu provádění a celkového účelu a koncepce specifickými v porovnání s přeložkami v ostatních částech městského okruhu. Celkem zde bude vybudováno 3528,0 m inženýrských sítí, z toho 2056,0 m ve štolách.

Navržená koncepce vodohospodářského řešení respektuje a umožňuje průběžnou realizaci vlastních hloubených tunelů městského okruhu a současně ve své definitivní podobě vytvoří moderní soustavu inženýrských sítí šetrnou k životnímu prostředí s dlouhodobou životností.

PŘEMYSL FRANTIŠEK KUCHARĚ,
kuchar@enas.cz,
EUROGAS, a. s.,

ING. MILAN SCHAGERER, schagerer@enas.cz,
Energie – stavební a báňská a.s.

Recenzoval: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.

a non-destructive technique, without blasting. We are planning that the majority of ground with the strength up to 30 MPa will be disintegrated by an ALPINE MINER F6A boom-type roadheader, the performance parameters of which will make the excavation possible; it is even possible to plan its short-term use for rock with the strength of 50 MPa. Isolated short interlayers of quartzite and quartz sandstone with the compressive strength up to 200 MPa will be broken by a hydraulic impactor mounted on BROKK 400. We propose NL 12 overhead loaders to be used for loading of muck to containers on carriages. Track-bound horizontal transport in the tunnel is planned, using pneumatic winches. Vertical transport through the 39.0 m deep drop manhole Š03.1 will be carried out by OVJ 75 crane with a patented modification of the lifting height.

The excavation will be supported with TH steel arches with welded mesh and a 100 mm thick layer of sprayed concrete. In the anticipated sections where larger seepage of water through the lining into the tunnel could be experienced, the tunnel surroundings will be made impermeable by additional injection of grout. The tunnel excavation with the counterheadings and two-shift operation is set at 2.5 months.

The experience of the contractor in tunnelling through the Letná strata is a very important aspect for successful construction of the section of sewer CO3 under Královská Zahrad garden of Prague Castle which is described in great detail in this paper. The contractor, Energie – stavební a báňská a.s., which is a successor and continuator of Výstavba Kamenouhelných Dolů Kladno (VKD), is highly experienced in this kind of work and in the behaviour of the rock mass consisting of the Letná sandy shales interlayered with quartz sandstone to quartzite in this locality. In mid 1980s, employees of VKD worked at a short distance from the Sewer CO3, driving running tunnels, a services centre, exploratory galleries under the Vltava River and excavating tunnels for Hradčanská and Malostranská stations of Prague metro, including escalator tunnels. In addition, VKD company drove tunnels for power distribution networks and a passage under the Prašný Most bridge embankment in the close vicinity of Prague Castle at the turn of the 1980s - 1990s.

CONCLUSION

Diversions of utility networks are specific within the framework of project package No. 0065, the Strahov tunnel 2B in comparison with diversions for other parts of the City Circle Road as far as the extent, construction technique, overall purpose and concept are concerned. There will be 3528 m of utility networks relocated there, with 2056 m of that length built in tunnels.

The proposed concept of the water-resources solution respects and makes the continual realisation of the cut-and-cover tunnels of the City Circle Road possible and, at the same time, in its final solution, will create a modern system of utility services, considerate to the environment, with long service life.

PŘEMYSL FRANTIŠEK KUCHARĚ, kuchar@enas.cz,
EUROGAS, a. s.,

ING. MILAN SCHAGERER, schagerer@enas.cz,
Energie – stavební a báňská a.s.

LITERATURA / REFERENCES

- KRCH, V., KUK, R., MATZNEROVÁ, G. *Zadávací a realizační dokumentace stavby, C.11 Přeložky kanalizací a odvodnění. C.14 Vodní toky.* Praha: PUDIS, a. s., 2007–2012.
- VOREL, J., BŘEZINA, B., NOHEJL, S., LUKÁŠ, Z. *Podrobný geotechnický průzkum. SO 3053 – Stoka CO3 optimalizovaná trasa.* Praha: PUDIS, a. s., září 2009.
- VOREL, J., VODIČKA, V., BŘEZINA, B., CHMELAR, R., NOHEJL, S. *Podrobný hydrogeologický průzkum část 1: Podrobný hydrogeologický průzkum – závěrečná zpráva; část 2: Doplnující geotechnický průzkum – závěrečná zpráva.* Praha: PUDIS, a. s., listopad 2010.
- BARTÁK, J. *Odborné vyjádření k možnostem ražby Stoky CO3 pod Královskou zahradou Pražského hradu.* Praha: ČVUT, FaS, září 2009.

SEGMENTOVÁ OSTĚNÍ TUNELŮ Z DRÁTKOBETONU

STEEL FIBRE REINFORCED SEGMENTAL TUNNEL LININGS

MATOUŠ HILAR, JAROSLAV BEŇO

1 ÚVOD

Drátkobeton je nový konstrukční stavební materiál, který v současné době stále častěji začíná nahrazovat standardní beton a železobeton. Rovnoměrně rozptýlené drátky ztužují strukturu prostého betonu a mění tak křehký prostý beton na houževnatý drátkobeton. Vhodným výběrem drátků, jejich zakomponováním do čerstvého prostého betonu při jeho výrobě, optimálním složením čerstvého betonu a optimálním postupem výroby je možné vyrobít prefabrikované drátkobetonové dílce ostění (obr. 1), kterými je možné nahradit standardní železobetonové dílce. Využití drátkobetonu pro segmentová ostění tunelů je obecně ve světě rostoucí trend vzhledem k možným výhodám oproti běžným železobetonovým segmentům (chování, trvanlivost, požární odolnost, jednoduchá výroba, nižší spotřeba oceli, atd.). Problematika využití drátkobetonu pro segmentová ostění tunelů je podrobněji probrána v následujícím článku.

2 SEGMENTOVÁ OSTĚNÍ

Vývoj moderních tunelovacích metod a materiálů zásadně zefektivnil, zatraktivnil a v neposlední řadě zrychlil výstavbu podzemních konstrukcí. Počet realizovaných staveb rok od roku stoupá. V závislosti na geologických podmínkách, výšce nadloží, hladině podzemní vody, průměru tunelu a jeho délce se v dnešní době především používá buď tzv. konvenční ražba (zpravidla NRTM), nebo mechanizovaná ražba pomocí plnoprofilových tunelovacích strojů (technologie TBM).

S prováděním mechanizovaných ražeb pomocí štítů úzce souvisí realizace definitivní konstrukce ostění, která je budována bezprostředně na místě ražby přímo za tunelovacím strojem. Toto ostění kruhového tvaru je tvořeno prstenci, které jsou zpravidla složeny z prefabrikovaných železobetonových segmentů, jednotlivé dílce jsou umísťovány do požadované pozice pomocí erektoru (hydraulické rameno v zadní části tunelovacího stroje). Jeden prstenec bývá většinou složen z několika tvarově shodných dílců, závěrečný dílec (klenák) bývá většinou tvarově odlišný. Během výstavby jsou jednotlivé dílce spojovány pomocí šroubů a prostor mezi ostěním a horninovým masivem bývá vyplňován injektážní směsí.



Obr. 1 Ostění tunelu z prefabrikovaných betonových segmentů (Herka, Schepers 2012)

Fig. 1 Tunnel lining consisting of pre-cast concrete segments (Herka, Schepers 2012)

1 INTRODUCTION

Steel fibre reinforced concrete is a new structural material. It has recently started to more frequently replace standard concrete and steel bar reinforced concrete. Uniformly dispersed wires (steel fibres) reinforce the structure of plain concrete and, in doing so, convert the brittle concrete to tough steel fibre reinforced concrete. It is possible by means of the proper selection of wires, their incorporation into fresh plain concrete during its production, optimal composition of fresh concrete and optimal production procedure to produce pre-cast steel fibre reinforced concrete lining segments (see Fig. 1), which can replace standard steel bar reinforced concrete segments. Owing to their benefits if compared with common steel bar reinforced concrete segments (the behaviour, durability, fire resistance, simple production, lower consumption of steel), the use of steel fibre reinforced concrete (SFRC) for segmental linings of tunnels has become a worldwide growing trend. Problems of the use of steel reinforced fibre concrete for segmental tunnel linings are discussed in more detail in the paper below.

2 SEGMENTAL LININGS

The development of modern tunnelling methods and materials significantly increased the effectiveness and attraction of the construction of underground structures and, at last but not least, accelerated the construction process. The number of completed structures year by year grows. Nowadays, the preferred tunnelling methods are either the conventional excavation method (usually the NATM) or mechanised driving by means of full-face tunnelling machines (TBM technology), depending on geological conditions, the height of overburden, the level of water table, the tunnel diameter and its length.

Mechanised tunnel excavation by means of shields is closely associated with the construction of the final lining. The lining is installed immediately during the excavation, behind the tunnelling machine. This circular lining is formed by rings, which usually consist of pre-cast steel bar reinforced concrete segments. Individual segments are installed to required positions by means of an erector (a hydraulic arm at the back end of the machine). One ring is usually made up of several segments identical in the shape; the shape of the closing segment (the key) is usually different. During the construction, individual segments are usually connected with bolts and the space between the lining and ground mass is usually backfilled with grouting mix.

Pre-cast concrete segments can be installed after the required strength is reached. The lining of tunnels driven by full-face tunnelling machines is circular. This geometry is advantageous in terms of the prevention of the development of higher bending moments. In common geotechnical conditions the segments are therefore subjected first of all to compression (normal) forces.

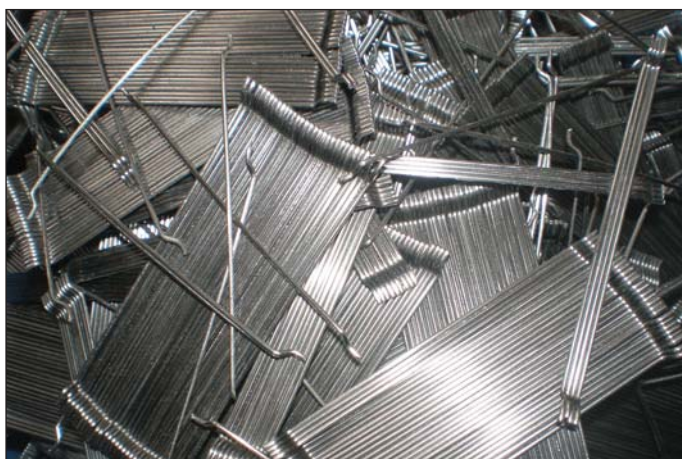
However, this does not apply during the construction process. The segments have to resist stressing by bending moments when they are being removed from moulds (see Fig. 2), during the storage (see Fig. 3) and transport. They have to further resist temperature stresses; first of all they have to resist the high stresses induced just after they are incorporated into the tunnel lining by hydraulic cylinders shifting the shield ahead. The last of the above-mentioned stresses is usually the deciding factor for the segment design.



Obr. 2 Manipulace se segmenty během výroby
Fig. 2 Segments handling during production

Segmenty z prefabrikovaného betonu mohou být instalovány po dosažení požadované pevnosti. Ostění tunelů ražených plnoprofilovými tunelovacími stroji je kruhové, což je výhodný tvar z hlediska zamezení vzniku vyšších ohybových momentů. V běžných geotechnických podmínkách jsou tedy segmenty tvořící prstencové kruhové ostění tunelu namáhány především tlakovými normálovými silami.

To však neplatí během výstavby. Segmenty musí odolávat namáhání ohybovými momenty během vyndávání z forem (obr. 2), během skladování (obr. 3) a přepravy, dále musí odolávat silám vzniklým teplotním namáháním dílců, zejména však musí odolávat velkému zatížení hned po zabudování do ostění tunelu, které je vyvozeno hydraulickými lisami posouvající štít vpřed. Poslední ze zmiňovaných namáhání bývá často rozhodující pro návrh segmentů.



Obr. 4 Ocelová vlákna (drátky) používaná pro drátkobeton (délka 60 mm)
Fig. 4 Steel fibres (wires) used for SFRC (the length of 60 mm)



Obr. 3 Skladování prefabrikovaných železobetonových segmentů
Fig. 3 Storage of pre-cast steel bar reinforced concrete segments

3 STEEL FIBRE REINFORCED CONCRETE SEGMENTS

Steel fibre reinforced concrete (SFRC) is concrete with an admixture of short steel fibres (wires) – (see Fig. 4). Even though SFRC has been known for a longer time, its use for the lining of tunnels is relatively new. Uniformly dispersed short wires reinforce a plain concrete structure, thus converting brittle plain concrete into tough SFRC. It is possible by properly selecting the wires, incorporating them into fresh plain concrete during its production and ensuring optimum composition of fresh concrete and optimum production procedure to produce pre-cast SFRC lining segments, which can replace standard steel bar reinforced concrete segments.

The length of wires should correspond approximately to three times the maximum size of aggregate grains. The reason is the requirement for the bridging of the cracks which are formed just on the borders of individual grains and for the prevention of pulling of a wire from concrete when these cracks originate. The ends of the wires are usually bent, widened etc. The most widely spread is the type with bent ends. During the process of the pulling of the wire from concrete the bent end has to deform until it is absolutely straight. Owing to this property the resistance to the pull-out is significantly increased. Wires glued together by water-soluble glue are sometimes used because the dosing process is simpler. The bunches of wires are dissolved during mixing and are uniformly distributed in the concrete mix.

Polypropylene fibres cannot be used for the reinforcement of load-bearing concrete structures because their modulus of elasticity is low (lower than concrete) and they significantly deform even under small loads. In addition, they lose mechanical properties at 50°C and melt at 165°C. Nevertheless, polypropylene fibres can be added to steel fibre reinforced concrete or steel bar reinforced concrete to increase fire resistance.

SFRC segments are usually produced using concrete grade C40-C60. It is very important to ensure uniform distribution of steel fibres, good bond between the fibres and concrete and sufficient workability of the mix. The dosing of fibres is determined by means of McKee theory; the minimum dosage, measured in kg/m³ of concrete, depends on their length and thickness (the aspect ratio). The spacing between fibres determines the density of fibres, thus also the quality of reinforcement; it should not be lower than 0.45 of the fibre length.

4 COMPARISON OF STEEL FIBRE REINFORCED CONCRETE SEGMENTS AND STEEL BAR REINFORCED CONCRETE SEGMENTS

The cost of production of SFRC segments is slightly lower than that of steel bar reinforced concrete segments despite the fact that the material (steel fibres) is more expensive than classical steel

3 DRÁTKOBETONOVÉ SEGMENTY

Drátkobeton je beton s příměsí krátkých ocelových vláken (drátků) – obr. 4. Ačkoli je drátkobeton znám již delší dobu, jeho použití jako ostění tunelu je poměrně nové. Rovnoměrně rozptýlené krátké drátky ztužují strukturu prostého betonu a mění tak křehký prostý beton na houževnatý drátkobeton. Vhodným výběrem drátků, jejich zakomponováním do čerstvého prostého betonu při jeho výrobě, optimálním složením čerstvého betonu a optimálním postupem výroby je možné vyrobit prefabrikované drátkobetonové dílce ostění, kterými je možné nahradit standardní železobetonové dílce.

Délka drátků by měla odpovídat přibližně trojnásobku maximální velikosti zrna kameniva. Důvodem je dostatečné překlenutí trhlin, které se tvoří právě na hranicích jednotlivých zrn, a zabránění vytrhnutí drátku z betonu při vzniku těchto trhlin. Aby byla zajištěna dostatečná odolnost proti vytrhnutí, bývají konce drátků ohnuté, rozšířené apod. Nejběžnější je typ s ohnutými konci. Během vytrhávání drátku z betonu se musí ohnutý konec deformovat až do zcela rovného tvaru, čímž je odolnost proti vytrhnutí výrazně zvýšena. Díky jednoduššímu dávkování se někdy používají drátky splepené vodou rozpustným lepidlem. Tyto svazky se během míchání rozlepí a rovnoměrně rozmístí v betonové směsi.

Polypropylenová vlákna nemohou být použita jako výztuž nosných betonových konstrukcí, protože mají nízký modul pružnosti (nižší než beton) a i při nízkém zatížení se značně deformují. Navíc ztrácejí mechanické vlastnosti při 50 °C a při 165 °C tají. Polypropylenová vlákna je však možné do drátkobetonu či železobetonu přidávat, a to z důvodu zvýšení požární odolnosti.

Pro výrobu drátkobetonových segmentů se většinou používá beton třídy C40–C60. Velmi důležité je zajistit rovnoměrné rozmístění drátků, dobrou soudržnost drátků s betonem a dostatečnou zpracovatelnost směsi. Dávkování vláken se určuje pomocí teorie McKee, minimální množství vláken v kg/m³ betonu závisí na jejich délce a tloušťce. Vzdálenost mezi vlákny určuje hustotu drátků a tím kvalitu vyztužení a neměla by být nižší než 0,45 délky vlákna.

4 SROVNÁNÍ DRÁTKOBETONOVÝCH A ŽELEZOBETONOVÝCH SEGMENTŮ

Výrobní náklady drátkobetonových segmentů vycházejí mírně lépe než železobetonových, přestože vlastní materiál (ocelové drátky) je dražší než klasická betonářská výztuž. Úspory vznikají především díky nižším nárokům na práci, manipulaci a skladování. Počet segmentů poškozených při montáži je nižší. Dochází také k úspoře vlastní oceli, což má pozitivní vliv na redukci emisí vznikající při její výrobě.

Deformace drátkobetonu při dosažení pevnosti betonu v tahu nevzroste skokově, ale díky rovnoměrně rozmístěným drátkům



Obr. 5 Vytržení drátků z betonu při úplném porušení
Fig. 5 Steel fibres pulled out of concrete at total failure

bars. Savings originate first of all owing to lower demands for work, handling and storing. The number of segments damaged during the installation is lower. As a result, steel itself is saved, which has a positive influence on the reduction of emissions originating during its production.

When the concrete tensile strength is reached, the deformation of steel fibre reinforced concrete does not grow stepwise; instead, the deformation grows slowly owing to the uniformly distributed steel fibres. The cause of this is that the fibres are activated continuously and are step-by-step pulled out of concrete (see Fig. 5). The size of cracks remains relatively small. But the tensile strength (flexural) is significantly lower than it is in the case of steel bar reinforced concrete.

The behaviour of steel bar reinforced concrete is different. When the tensile concrete strength is reached, the deformation starts to grow until the reinforcement is fully activated. This is why the cracks which develop are wider than they are in the case of steel fibre reinforced concrete. Nonetheless, deformations then get settled and grow approximately linearly until the yield strength of steel is reached. It is significantly higher than the tensile strength of SFRC. For that reason a SFRC lining is suitable first of all to low bending stress conditions, where circular linings consisting of pre-cast segments generally belongs. If there is a threat of the origination of higher bending stress in the segments, it is necessary to provide the steel fibre reinforced concrete segments even with classical steel bar reinforcement.

Lining segments are stressed by large loads induced by hydraulic cylinders on tunnelling machines. Careless handling may result in delivering blows to the segments. Steel bar reinforced concrete segments are completely unreinforced on the surfaces, at edges and corners so that the minimum concrete cover is ensured. However, stresses in the segments are the most critical in these places. If a blow or excessive loading occurs, parts of the steel bar reinforced segments crumble and are broken off. Damaged segments have to be repaired or replaced so that the design life length of the structure is guaranteed. This work is very unpleasant in terms of time, finances and technology.

The use of steel fibres instead of classical steel bar reinforcement can be an advantageous alternative. Steel fibres are uniformly dispersed through the segment and the minimum concrete cover required to prevent corrosion is irrelevant. The orientation of steel fibres in the space is chaotic, which means that the transfer of tensile stresses is possible in all directions. As a result the resistance of segments to breaking off, crumbling and blows is significantly increased (see Fig. 6).

It is dangerous for SFRC segments if the tensile strength of the steel fibre reinforced concrete is exceeded. In such a case the SFRC segments also suffer from breaking off. From this point of view, it is first of all necessary to prevent the origination of geometrical inaccuracies both during the production and, first of all, during the lining installation, so that the bending moments acting on the lining are as small as possible.

Reinforcing bars are usually placed into steel bar reinforced concrete segments in the form of a reinforcement cage (see Fig. 7). It consists of steel mesh mats on the inner and outer surfaces of the segment, which are separated by stirrups welded to them. The main function of steel mesh is to withstand the stresses which originate during the production, storage, transport and installation. The shape of the reinforcement cage must be circular; it must fit into the casting mould without problems and must respect the minimum concrete cover. The ratio of reinforcement of steel bar reinforced concrete segments reaches values usually ranging from 65 to 120 kg/m³. By contrast, a SFRC segment is reinforced only by homogeneously distributed and omni-directionally oriented steel fibres. This provides trouble-free transfer of tensile forces in all directions. There is therefore no labour consumption associated with the preparation and placement of the



Obr. 6 Odlamování hran železobetonových segmentů při zatížení lisy štítu (Herka, Schepers 2012)

Fig. 6 Edges of steel bar reinforced concrete segments breaking off when loaded by shield jacks (Herka, Schepers 2012)

narůstá deformace pozvolna. To je způsobeno průběžným aktivováním drátků a jejich postupným vytrháváním z betonu (obr. 5). Velikost trhlin zůstává nízká. Celková pevnost v tahu (ohybu) je však výrazně nižší než u železobetonu.

Chování železobetonu je odlišné. Při dosažení pevnosti betonu v tahu nastane nárůst deformace až do plné aktivace výztuže. Tak vzniknou větší trhliny než u drátkobetonu. Nicméně poté se deformace ustálí a rostou přibližně lineárně až do dosažení meze kluzu oceli. Ta je výrazně vyšší než pevnost drátkobetonu v tahu. Proto je drátkobetonové ostění vhodné především do podmínek s nízkým ohybovým namáháním, kam kruhové ostění z prefabrikovaných segmentů obecně patří. Pokud hrozí vznik většího ohybového namáhání segmentů, tak je nutné drátkobetonové segmenty opatřit i klasickou prutovou výztuží.

Segmenty jsou namáhány velkými zatíženími způsobenými hydraulickými lisami tunelovacích strojů. Neopatrnou manipulací může docházet k narázům do segmentů. Železobetonové segmenty jsou kvůli zajištění minimálního krytí výztuže při povrchu, hranách a rozích zcela nevyztuženy. Jejich namáhání je však v těchto místech nejkritičtější. Pokud dojde k nárazu nebo nadměrnému zatížení, pak se části železobetonových segmentů drolí a odlamují. Aby byla zaručena návrhová životnost konstrukce, musí se poškozené segmenty opravit nebo vyměnit, což je časově, finančně a technicky velmi nepřijemné.

Použití ocelových drátků namísto klasické betonářské výztuže může být výhodnou alternativou. Drátky jsou po dílci rovnoměrně rozptýleny, minimální krytí výztuže pro zamezení koroze není relevantní. Orientace drátků je v prostoru chaotická, což umožňuje přenos tahových napětí všemi směry. Tím se výrazně zvyšuje odolnost segmentů proti odlamování, drolení a nárazu (obr. 6).

Nebezpečné pro drátkobetonové segmenty je, pokud je překročena pevnost v tahu drátkobetonu. Pak se drátkobetonové dílce také odlamují. Z tohoto hlediska je především nutné zabránit vzniku geometrických nepřesností jak při výrobě, tak především při instalaci ostění, aby ohybové momenty působící na ostění byly co nejnižší.

Do železobetonových segmentů se zpravidla umísťuje výztuž ve formě tzv. ocelového armokoše (obr. 7). Ten se skládá z výztužných sítí při vnějším a vnitřním povrchu segmentu oddělených přivařenými tržníky. Hlavní funkcí výztužných sítí je odolat napětím vzniklým při výrobě, skladování, přepravě a montáži. Tvar výztužného koše musí být kruhový, musí se bez problémů vejít do odlévací formy a respektovat minimální krytí výztuže. Vyztužení železobetonových segmentů dosahuje hodnot zpravidla mezi 65 a 120 kg/m³. Drátkobetonový dílec je oproti tomu vyztužen pouze homogenně rozmístěnými drátky, všesměrně orientovanými. Tím dochází k bezproblémovému přenosu tahových sil všemi směry. Pracnost

reinforcement cage required. The production is simpler. The dosage equipment mixes the fibres into concrete and the mixture is cast into the mould. The consumption of steel mostly reaches 30 – 50 kg/m³, which is significantly less than in the case of steel bar reinforced concrete segments.

Quality of concrete (low porosity and permeability) is fundamental for good protection against corrosion. It can be achieved by low water/cement ratio, plasticisers or by using cinder. The higher quality of concrete the better resistance of concrete to carbonation and chloride ion and sulphate aggression. The advantage of steel fibre reinforced concrete over steel bar reinforced concrete is the impossibility of the origination of corrosion. Steel fibres are dispersed in the mixture uniformly; they usually do not touch one another and are completely surrounded and protected by alkali environment formed by concrete. The spreading of corrosion is therefore prevented. In addition, this system minimises the risk of defects caused by the volume of steel increasing during the process of corrosion. Steel fibres are subjected to corrosion on the structure surface and may cause unappealing tinting of the concrete surface. However, from the structural point of view, this plays no role at all. If it is required for aesthetic reasons to exclude the corrosion even on the structure surface, it is possible to use galvanised fibres.

Homogeneously and omni-directionally distributed steel fibres are capable of transmitting stresses in all directions. The steel fibres effectively prevent the opening of plastic cracks, e.g. caused by shrinking, which fact has a positive influence on the service life of the structure (the width of cracks is reduced by adding steel fibres).

5 PREVIOUS APPLICATION OF STEEL FIBRE REINFORCED CONCRETE SEGMENTS

Initial attempts to use steel fibre reinforced concrete as a structural material in construction of tunnels took place in the first half of the 1970s, when several trial applications of SFRC were conducted. More significant increase in the use of SFRC for pre-cast segmental linings began in 1982. Several water supply tunnels where this system of lining was used were built in southern Italy and on Sicily (about 20 km in total). This technology proved itself well; SFRC was used for the construction of a transport tunnel for the first time in 1992 on the extension of Neapol metro, Italy.

The research into SFRC segments conducted in Czechoslovakia (Krátký et al., 1999) is also worth mentioning. Series of tests on the circular pre-cast lining of a main sewer tunnel with the diameter of 3.6 m were carried out in 1984 - 1988. The ring consisted of six 200 mm thick segments with tongued and grooved joints. The batches of steel fibres were relatively great (98 kg/m³); the fibres were smooth and straight. The tests were conducted both on the individual segments and on complete rings. It was verified by the tests that the required load-bearing capacity was exceeded several times and was comparable with steel bar reinforced concrete segments. Several times higher reliability as far as mechanical damaging is concerned was proved by the tests in the area of joints between individual segments. The same increase was proved even in the area of segment edges. These facts unambiguously confirmed that the necessity for repairs was significantly reduced.

Since the initial tests and applications, SFRC segments have been successfully installed on several tens of projects (Vandewalle 2005, Froněk 2011), first of all within the framework of the European Union, but also in other places of the world (Australia, the USA, Brazil etc.). In the majority of cases smaller-diameter tunnels are still in question (water, gas or heat supply tunnels); in some cases even metro sections (London, Barcelona, Napoli, Sao Paulo, Madrid, Genova) or railway tunnels (Channel

s přípravou a umístěním výztužného koše tudíž zcela odpadá. Výroba je jednodušší, dávkovací zařízení namíchá vlákna do betonu a směsí se poté vyplní forma. Spotřeba oceli dosahuje většinou 30–50 kg/m³, což je výrazně méně než u železobetonových segmentů.

Základem dobré ochrany proti korozi je kvalita betonu (malá pórovitost a propustnost), která se dá dosáhnout malým vodním součinitelem, plastifikátory nebo použitím popílku. Čím je beton kvalitnější, tím lépe odolává karbonataci a agresí chloridových iontů a sulfátů. Výhodou drátkobetonu oproti železobetonu je nemožnost vzniku koroze. Drátky jsou ve směsi rozmístěny nerovnoměrně, zpravidla se nedotýkají navzájem, jsou zcela obklopeny a chráněny alkalickým prostředím betonu. Šíření koroze je tímto účinně zabráněno. Navíc se tím i minimalizuje nebezpečí poruch v důsledku nárůstu objemu korodující oceli. Drátky na povrchu konstrukce korodují a mohou způsobovat neestetické zbarvení povrchu betonu. Ze statického hlediska to však nehraje vůbec žádný význam. Pokud z estetických důvodů není žádoucí, aby ke korozi nedocházelo ani na povrchu konstrukce, tak je možné využít pozinkovaných vláken.

Homogenně a všesměrně rozmístěné drátky dokážou přenášet tahová napětí ve všech směrech. Drátky účinně zabráňují rozevírání plastických trhlin například od smršťování, což má pozitivní vliv na životnost konstrukce (přidáním drátků se šířka trhlin zmenší).

5 DOSAVADNÍ APLIKACE DRÁTKOBETONOVÝCH SEGMENTŮ

První pokusy o využití drátkobetonu jako konstrukčního materiálu při výstavbě tunelů začaly v první polovině 70. let 20. století, kdy proběhlo několik zkušebních použití segmentového ostění z drátkobetonu. V roce 1982 nastal výraznější nárůst využití drátkobetonu pro prefabrikovanou segmentová ostění tunelů. V jižní Itálii a na Sicílii bylo vybudováno několik vodovodních tunelů právě s tímto systémem ostění (celkem cca 20 km). Tato technologie se osvědčila a v roce 1992 byl poprvé použit drátkobeton pro výstavbu dopravního tunelu. Jednalo se o prodloužení neapolského metra v Itálii.

Za zmínku stojí i výzkum drátkobetonových segmentů v Československu (Krátký a kol., 1999). V letech 1984–1988 byly provedeny série zkoušek na prefabrikovaném ostění sběrné kanalizační štol kruhového průřezu o průměru 3,6 m. Prstenec byl složen ze šesti dílů o tloušťce 200 mm, navzájem spojených na pero a drážku. Dávkovalo se poměrně hodně drátků (98 kg/m³), drátky byly hladké a přímé. Byly provedeny zkoušky jednotlivých segmentů i celých prstenců. Zkouškami bylo ověřeno několikanásobné překročení požadované únosnosti a únosnost srovnatelná s železobetonovými segmenty. Zkouškami oblasti styku jednotlivých prvků byla doložena mnohonásobně vyšší spolehlivost proti mechanickému poškození. Stejně zvýšení bylo prokázáno i v oblasti hran prvků. Tyto skutečnosti jednoznačně potvrdily podstatné snížení potřebných oprav.

Od té doby prvních zkoušek a aplikací byly drátkobetonové segmenty úspěšně nasazeny na několika desítkách projektů (Vandewalle, 2005, Froněk, 2011), především v rámci Evropské unie, ale i jinde ve světě (Austrálie, USA, Brazílie, atd.). Převážně se stále jedná o tunely menších profilů (vodovodní, plynovodní či teplovodní tunely), v některých případech jde o úseky metra (Londýn, Barcelona, Neapol, Sao Paulo, Madrid, Janov) nebo o železniční tunely (Channel Tunnel Rail Link, Oenzberg, atd.). Nicméně se již začínají objevovat první aplikace drátkobetonových segmentů pro silniční tunely – Brisbane Airport Link vnitřního profilu 11,34 m (Harding a Chappell, 2012), Yokohama Circular Route Northern Section vnitřního profilu 11,5 m (Tsuno a kol., 2011). Přehled některých projektů se základními údaji je uveden v tab. 1 (Froněk, 2011).



Obr. 7 Ocelové armokoše pro železobetonové segmenty
Fig. 7 Steel reinforcement cages for steel bar reinforced concrete segments

Tunnel Rail Link, Oenzberg, etc.) have these segments. Nevertheless, first applications of SFRC segments to road tunnels have begun to appear - Brisbane Airport Link with the inner diameter of 11.34 m (Harding and Chappell 2012), Yokohama Circular Route Northern Section with the inner diameter of 11.5 m (Tsuno et al. 2011). An overview of some projects with basic data is presented in Table 1 (Froněk 2011).

6 CONCLUSION

Steel fibre reinforced concrete as a material has some advantageous properties regarding prefabricated production of lining segments for tunnels driven by full-face tunnelling shields, from which the possible benefits of SFRC segments mentioned below, compared with steel bar reinforced concrete segments, follow:

- The possibility of reducing the cost of the tunnel lining structure
- Simpler and quicker production (the production and placement of reinforcement cages is left out)
- Lower requirements for space during production (smaller areas required for the storage of steel bar reinforcement)
- Saving of steel (saving of energy and reduced production of CO₂)
- Simpler installation of tunnel equipment (without the risk of hitting steel bars by drilling)
- Reduced risk of breaking off of corners and edges of segments during handling (lower requirements for repairs)
- Lower requirements for maintenance during the service life
- Longer service life is expected (no risk of corrosion of reinforcement)

For the above-mentioned reasons, steel fibre reinforced concrete was used for segmental linings on a range of tunnelling projects. They mostly related to tunnels with smaller profiles (water, gas or heat supply tunnels) and, in some cases, to metro sections (London, Barcelona, Napoli). The most extensive application of SFRC segments was experienced at tunnels for the high-speed rail link between Paris and London (the Channel Tunnel Rail Link - CTRL), where 2 x 24 km of single-track tunnels with the lining consisting of pre-cast SFRC segments without using common steel bar reinforcement were constructed by means of full-face tunnelling machines.

At the moment, the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical University in Prague is conducting, in collaboration with Metrostav a.s., research into SFRC segments for tunnel linings. Loading tests of SFRC segments are being conducted in the Klokner Institute within the framework of the research (see Fig. 8). Results of some tests are being compared with the tests on steel bar reinforced concrete segments used during the

Tab. 1 Přehled některých projektů tunelů s drátkobetonovými segmenty
Table 1 Overview of some tunnelling projects lined with SFRC segments

Název projektu Project name	Země Country	Účel Purpose	Rok Year	Celková délka [km] Total length [km]	Vnitřní profil [m] Inner diameter [m]	Tloušťka ostění [mm] Thickness of lining [mm]	Množství drátků [kg/m ³] Amount of wires [kg/m ³]	Prutová výztuž Steel bar reinforcement
1 Abatemarco	Itálie Italy	Vodovodní Water supply		18,0	3,5		40	ne no
2 Fanaco	Itálie Italy	Vodovodní Water supply			4,8	3	200	
3 Neapolské metro Napoli metro	Itálie Italy	Metro Metro	1995	5,2	5,8	300	40	ne no
4 Metro Janov Janov Metro	Itálie Italy	Metro Metro			6,2		25	ano yes
5 Barcelona – linie 9 Barcelona – line 9	Španělsko Spain	Metro Metro	2014	43,0	12	350	30 a 25 30 and 25	ano yes
6 Madrid metro Madrid metro	Španělsko Spain	Metro Metro			10		25	ano yes
7 Heathrow – zavazadlový Heathrow – baggage	Velká Británie Great Britain	Zavazadlový Baggage	1995	1,4	4,5	150	30	ne no
8 Jubilee Line Extension	Velká Británie Great Britain	Metro Metro	1999	2,4	4,45	200	30	ne no
9 Channel Tunnel Rail Link	Velká Británie Great Britain	Železniční Railway	2007	48,0	7,15	350	30	ne no
10 Heathrow – HexEx	Velká Británie Great Britain	Železniční Railway	2008	3,2	5,675	220	30	ne no
11 Heathrow – PiccoEx	Velká Británie Great Britain	Metro Metro	2008	3,2	4,5	150	30	ne no
12 Heathrow – SWOT	Velká Británie Great Britain	Vodovodní Water supply	2006	4,0	2,9	200	30	ne no
13 Prodloužení DLR DLR Extension	Velká Británie Great Britain	Železniční Railway	2009	3,6	5,3	250		
14 Portsmouth	Velká Británie Great Britain	Vodovodní Water supply		8,0	2,9			
15 Sorenberg	Švýcarsko Switzerland	Plynovodní Gas supply	2002	5,2	3,8	250	40	ne no
16 Oenzberg – TBM	Švýcarsko Switzerland	Železniční Railway	2004	0,1	11,4	300	30	ano yes
17 Oenzberg – štít Oenzberg – shield	Švýcarsko Switzerland	Železniční Railway	2004	1,0	11,4	300	60	ne no
18 Hachinger	Německo Germany	Vodovodní Water supply	1998	7,0	2,2	180		
19 Hofoldingner	Německo Germany	Vodovodní Water supply	2007	17,5	2,9	180	40	ne no
20 Wehrhahnlinie Düsseldorf	Německo Germany	Metro Metro	2014		8,3		30	ne no
21 Teplovod v Kodani Heat supply, Copenhagen	Dánsko Denmark	Teplovodní Heat supply	2009	3,9	4,2	300	35	ne no
22 Kanalizace Big Walnut Big Walnut sewer	USA USA	Kanalizační Sewer	2008	4,8	3,7		35	ano yes
23 San Vicente	USA USA	Vodovodní Water supply	2006	13,2	2,6	177	30	ne no
24 Brightwater East	USA USA	Kanalizační Sewer	2010	4,2	5		35	ne no
25 Brightwater Central	USA USA	Kanalizační Sewer	2010	9,7	4,7	325	40	ne no
26 Brightwater West	USA USA	Kanalizační Sewer	2010	6,4	3,7	325	35	ne no
27 La Esperanza	Ekvádor Equador	Vodovodní Water supply	2002	15,5	4	200	30	ne no
28 Sao Paulo metro	Brazílie Brazil	Metro Metro		1,5	8,43	350	35	
29 Gold Coast	Austrálie Australia	Průmyslový / vodovodní Industrial / Water supply	2008	4,2	2,8	200	30	ne no
30 Hobson Bay	Nový Zéland New Zealand	Kanalizační Sewer	2009	3,0	3,7	250	40	ne no
31 Lesotho Highlands	Jižní Afrika South Africa	Vodovodní Water supply	1995	0,1			50	ne no
32 STEP Abu Dhabi	Spojené Arabské Emiráty United Arab Emirates	Kanalizační Sewer	2014	15,6	5,5		30	ano yes
33 Štoly MRT Line MTR line adits	Singapur Singapore	Technologický Technological		1,4	5,8		30	ne no
34 Brisbane Airport Link	Austrálie Australia	Silniční Road		4	11,34	400		

6 ZÁVĚR

Drátkobeton jako materiál má z pohledu prefabrikované výroby segmentů ostění pro tunely ražené plnoprofilovými tunelovacími štíty některé výhodné vlastnosti, z nichž pramení následující možné výhody drátkobetonových segmentů oproti segmentům železobetonovým:

- možnost snížení ceny konstrukce ostění tunelu,
- jednodušší a rychlejší výroba (odpadá výroba a osazení armo-košů),
- nižší nároky na prostor při výrobě (menší plochy potřebné pro skladování výztuže),
- úspora oceli (úspora energie a omezení produkce CO₂),
- jednodušší osazení vybavení tunelu (odpadá nebezpečí navrtání výztuže),
- snížení nebezpečí ulamování rohů a hran segmentů při manipulaci (nižší nároky na opravy),
- nižší nároky na údržbu během doby životnosti,
- předpoklad delší životnosti (odpadá nebezpečí koroze výztuže).

Z uvedených důvodů byl drátkobeton pro segmentová ostění využit na řadě projektů. Převážně se jednalo o tunely menších profilů (vodo- vodní, plynovodní či teplovodní tunely), v některých případech šlo o úseky metra (Londýn, Barcelona, Neapol). Nejrozsáhlejší využití drátkobetonových segmentů bylo na tunelech pro vysokorychlostní železnici Paříž – Londýn (projekt Channel Tunnel Rail Link – CTRL), kde bylo pomocí plnoprofilových tunelovacích strojů postaveno 2x24 km jednokolejných tunelů, jejichž prefabrikované ostění bylo složeno z drátkobetonových segmentů bez použití běžně užívané ocelové výztuže.

V současné době provádí FSv ČVUT ve spolupráci firmou Metrostav, a. s., výzkum drátkobetonových segmentů pro tunelová ostění. V rámci výzkumu jsou realizovány zatěžovací zkoušky drátkobetonových segmentů v Kloknerově ústavu (obr. 8), výsledky některých zkoušek jsou porovnávány se zkoušením železobetonových segmentů využívaných při výstavbě prodloužení trasy V.A pražského metra. O výsledcích zkoušek bude pojednáno v dalším článku v časopise Tunel.

Tento příspěvek byl zpracován s podporou grantů GAČR P104/10/2023, TAČR TA01011816 a studentského grantu SGS 161 - 820370A.

DOC. ING. MATOUŠ HILAR, Ph.D.,

matous.hilar@fsv.cvut.cz,

FSv ČVUT a D2 Consult Prague, s. r. o.,

ING. JAROSLAV BEŇO, jaroslav.beno@fsv.cvut.cz,

FSv ČVUT a Metrostav, a. s.

Recenzoval: doc. Dr. Ing. Jan Pruška



Obr. 8 Zatěžovací zkouška drátkobetonového segmentu prováděná v Kloknerově ústavu

Fig. 8 Loading test of a SFRC segment carried out in the Klokner Institute

construction of the extension of 5th section of the Line A of Prague metro. The test results will be dealt with in another paper in TUNEL journal.

This paper was carried out with the support provided by grants GAČR P104/10/2023, TAČR TA01011816 and the student grant SGS 161 - 820370A.

DOC. ING. MATOUŠ HILAR, Ph.D.,

matous.hilar@fsv.cvut.cz,

FSv ČVUT and D2 Consult Prague, s. r. o.,

ING. JAROSLAV BEŇO, jaroslav.beno@fsv.cvut.cz,

FSv ČVUT a Metrostav, a. s.

LITERATURA / REFERENCES

King, M. R. The Design and Use of Steel Fiber Reinforced Concrete Segments. *Proceedings Rapid Excavation and Tunnelling Conference 2005*.

Maidl, B. *Steel Fibre Reinforced Concrete*. Ernst & Sohn, 1995.

Moyson, D. *Precast Tunnel Segments with Steel Fibre Reinforced Concrete – A State of the Art*. Bekaert Publication.

Rivaz, B. *Steel fiber reinforced concrete (SFRC): The use of SFRC in precast segment for tunnel lining*. WTC 2008, Agra, India. 2008.

Schnütgen, B. Design of Precast Steel Fibre Reinforced Tunnel Segments'. In *Proc., RILEM TC 162-TDF Workshop*. Bochum (Germany). 2003.

Vandewalle, M. *Tunnelling is an Art*. 2005.

Woods, E., Shuttleworth, P., Fesq, C. Steel Fiber Reinforced Tunnel Linings. *Proceedings Rapid Excavation and Tunnelling Conference 2005*.

Tsuno, K., Ochiai, E., Matsubara, K., Kondo, Y. *Fireproof SFRC (Steel Fiber Reinforced Concrete) Segments-The first application to road tunnels in the world*. WTC 2011, Helsinki, Finland. 2011.

Harding, A., Chappell, M. *Design of Steel Fibre Reinforced Segmental Linings – Reflections on Design Challenges*. WTC 2012. Bangkok, Thailand. 2012.

Krátký, J., Trtík, K., Vodička, J. *Drátkobetonové konstrukce. Česká společnost pro beton a zdivo*. Praha: ČKAIT, 1999.

Froněk, M. Ostění tunelů z vláknobetonových segmentů. Bakalářská práce. FSv ČVUT v Praze. 2011.

Rivaz, B. *Využití vláknobetonu v podzemním stavitelství*. Seminář CzTA. 2010.

Herka, P., Schepers, R. *Využití vláknobetonu v podzemním stavitelství*. Seminář CzTA. 2012.

EUPALINŮV TUNEL/ŠTOLA NA OSTROVĚ SAMOS

TUNNEL OF EUPALINOS ON SAMOS ISLAND

VLASTIMIL HANZL, VLADISLAV HORÁK

ÚVOD

Osmý největší řecký ostrov Samos (Σάμος) leží ve východní části Egejského moře na dohled pobřeží Malé Asie. Náleží k Dodekanským ostrovům a spolu s Ikarií a ostrovem Fourni tvoří stejnojmennou prefekturu Samos spadající pod kraj Severní Egeis. Ostrov má rozlohu zhruba 477 km² a 34 200 obyvatel. Nejvyšší horou je Kerkis o výšce 1434 m n. m. Hlavním městem ostrova je Samos. Ostrov bezprostředně sousedí s Tureckem, od kterého jej odděluje jen 1,5 km široký mořský průliv. Udává se, že Samos je nejzelenějším ostrovem Egejského moře – obr. 1.

Ekonomika ostrova spočívá zejména v zemědělství a v turistice. Hlavními zemědělskými produkty jsou hroznové víno, med, olivy, olivový olej, citrony, sušené figy, mandle a květiny.

V klasické antice byl ostrov centrem iónské kultury a bohatství. Ostrov proslavila zdejší vína a červená keramika. Největšího rozkvětu dosáhl Samos za vlády tyrana Polykrata. Později byl pod kontrolou Perské říše a v období helénskému soupeřili o vliv nad ostrovem Ptolemaiovci a Seleukovci. V 2. století př. Kr. Samos ovládla Římská říše, ve středověku byl součástí Byzance, poté jej získali Janované a roku 1566 Osmané. V roce 1474 byl celý ostrov zničen silným zemětřesením a byl téměř opuštěn. Roku 1821 se obyvatelé ostrova připojili k řecké válce za nezávislost, nicméně Samos zůstal i po jejím skončení součástí Osmanské říše. Roku 1835 získal

INTRODUCTION

The eighth largest Greek island, Samos (Σάμος), lies in the eastern part of the Aegean Sea, within sight from the Asia Minor coast. It is one of the Dodecan Islands, forming, together with Icaria and Fourni island, the Samos prefecture falling under the region of North Egeis. The island has the area of roughly 477 km² and the population of 34 200. The highest mountain is Kerkis with its top at the elevation of 1434 m a.s.l. The capital of the island is Samos. The island immediately borders on Turkey, from which it is separated by a mere 1.5 km wide strait. It is stated that Samos is the greenest island in the Aegean Sea – see Fig. 1.

The island economy is based first of all on agriculture and tourism. The main agricultural products comprise grapes, honey, olives, olive oil, lemons, dried figs, almonds and flowers.

During the classical antiquity, the island was a centre of Ionic culture and wealth. The island became famous owing to its wines and red pottery. Samos reached the greatest prosperity during the rule of the tyrant Polycrates. Later it was under the control of the Persian Empire. During the Hellenistic Period, Ptolemaic and Seleuci dynasties contended for domination over the island. In the 2nd century BC, Samos was taken control of by the Roman Empire and, in the Middle Ages, it was part of the Byzantine Empire. Then it was acquired by Genoanians and, in 1566, by Osmanians. In 1474, the entire island was devastated by a heavy earthquake and was nearly deserted.



Obr. 1 Mapa ostrova Samos s vyznačením historického hlavního města a Eupalinova akvaduktu [2]

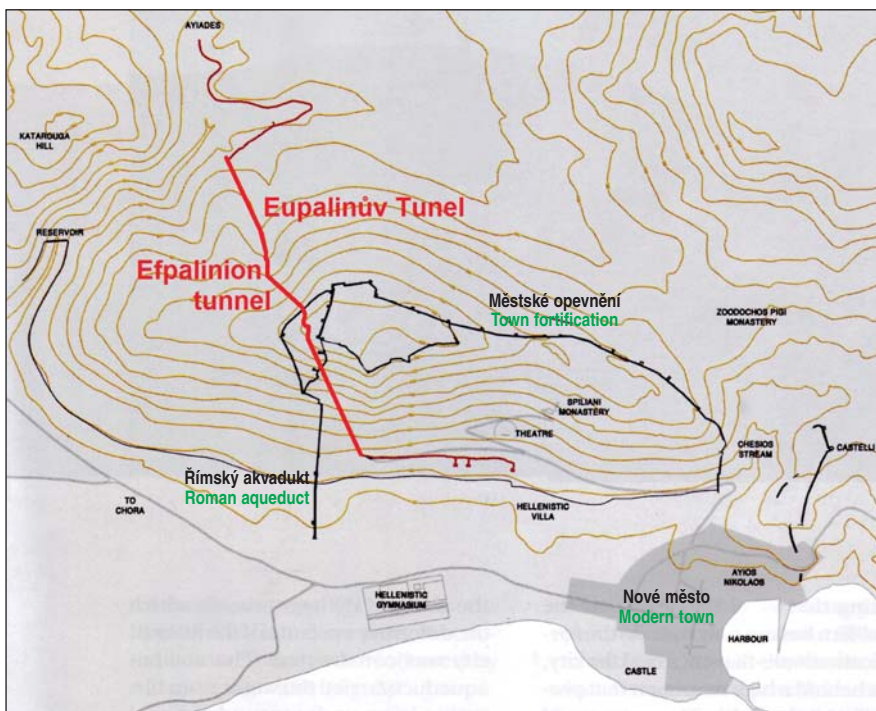
Fig. 1 Map of the island of Samos with the historic capital and Eupalinos aqueduct marked in it [2]

Samos určitou autonomii a v roce 1912 byl začleněn do Řeckého království. Za druhé světové války byl okupován italskými a posléze německými jednotkami. Za významné rodáky jsou považováni Pythagoras, Ezop, Epikuros či Aristarchos a bájně bohyně Héra.

A právě během vlády tyrana Polyrata (* asi r. 573, vládl od r. 538, † asi r. 522 př. Kr.), jinak všestranně pozoruhodné osobnosti s neméně pozoruhodnými osudy (viz např. „Polykratův prsten“), byly uskutečněny tři významné stavby, které pro jejich naprostou mimořádnost zaznamenal i „otec historie“ Hérodotos:

[60] U samoských jsem prodlél déle, protože zbuovali tři díla, která jsou největší v celém Řecku. Skrze kopec, vysoký asi sto padesát sáhů, vykopali zdola tunel s ústím na obou stranách. Délka tunelu je sedm stadií, výška a šířka po osmi stopách. V celé jeho délce je vykopán příkop, hluboký dvacet loket a široký tři stopy, kterým se potrubím vede voda z mocného pramene do města. Stavitelem tunelu byl Naustrofův syn Eupalinos z Megary. To je jedno ze tří děl; druhé je hráz v moři okolo přístavu, postavená v hloubce dvaceti sáhů a dlouhá víc než dvě stadia. Třetí, co vykonali, je stavba největšího chrámu ze všech, které známe. Jeho prvním stavitelem byl domácí člověk, Rhoikos, syn Fileův. Kvůli těmto věcem jsem se u samoských zdržel déle. [1, přeložila Jaroslava Šonková]

Ze současného pohledu, s přihlédnutím k řadě do dneška diskutovaných otázek i vzhledem k osudům tohoto objektu a k jeho současnému poměrně dobrému stavu, je z výše uvedených tří technických zázraků antiky nejzajímavější právě první z nich – Eupalinův tunel/štola (Efpalinio orygmata, Ευπαλίειο ὄρυγμα), který přiváděl vodu do hlavního města Pythagoria (Πυθαγόρειο), až do 60. let 20. stol. pojmenovaného Tigani. A to nejen proto, že se jedná o patrně nejstarší známou inženýrskou liniovou podzemní stavbu v Evropě.



Obr. 2 Přehledná situace Eupalinova akvaduktu. Zřetelné jsou jeho tři části: Prameny v Ayiades s přírodním kanálem na severu, Eupalinův tunel/štola ve středním úseku a kanál přivádějící vodu do města na jihu [2]

Fig. 2 General layout of the aqueduct of Eupalinos. The following three parts of it are distinguishable: Springs in Ayiades with the supply canal in the north; the tunnel of Eupalinos in the central section and the canal supplying water to the city in the south [2]

In 1821, the island residents joined the Greek war for independence; nevertheless, Samos remained part of the Ottoman Empire even after its end. In 1835, Samos gained certain autonomy and, in 1912, was incorporated into the Greek kingdom. During World War II it was occupied by Italian and, subsequently, German military units. Considered as important natives are Pythagoras, Aesop, Epicuros or Aristarchos and Hera, a mythological goddess.

It was during the rule of Polycrates, a tyrant of Samos (* around 573, ruling from 538, † around 522 BC), who was otherwise a universally noteworthy figure with not less notable life story (refer, for example, to “The Ring of Polycrates”), that three important structures were carried out, which were even recorded by Herodotus, the ‘Father of History’, for the absolute uniqueness of them.

[60] He spoke about three structures which were greatest in the entire Greece, stating that a tunnel was excavated upwards through an about 150 braces high hill, with the mouths at both sides. The tunnel length was seven stadions, the height and width was eight embraces each. A twenty cubits deep and three feet wide trench was dug throughout the tunnel length. A pipeline running along the trench carried water from a powerful spring to the city. The tunnel was built by Eupalinos of Megara, son of Naustrofos. It was one of the three workings. The second one was an over two stadions long groin erected at the depth of twenty embraces in the sea around the harbour. The third one was the structure of a temple, which was the largest of those known till that time. The first builder of the temple was Rhoicos, son of Philes, a local citizen [1].

From the current point of view, taking into consideration a range of questions which have been discussed till now, and with respect to the history of this structure and its current condition, which is relatively good, the most interesting of the three technical miracles of Antiquity is the first one, the Tunnel of Eupalinos (Efpalinio orygmata, Ευπαλίειο ὄρυγμα), which carried water to Pythagoria (Πυθαγόρειο), the capital, the name of which was Tigani till the 1960s. The fact that it is probably the oldest known linear underground engineering structure in Europe is not the only reason for that.

HISTORY

The history of the origination and the life story of the Tunnel of Eupalinos have been described in technical literature several times (e.g. [2, 3, 4, 5]; in the Czech Republic [6]). The structure was carried out by Eupalinos of Megara in the middle of the 6th century BC for the purpose of supplying water to island’s capital of that time. There were undoubtedly more reasons for developing this system of supplying water to the fortified city (strategic, sanitary and generally civic ones). The fully functional tunnel is mentioned by Herodotus himself, who visited the island around 460 BC.

It is an extremely interesting fact that no mention at all has come down in the other historical sources which originated after Herodotus regarding this astonishing technical work. It is so even despite the fact that the water line had to be used for a very long time (at a guess, at least for 1500 years). The evidence was provided by the later archaeological survey carried out in the 1970s,

HISTORIE

Historie vzniku a osudy Eupalinova tunelu/štoly byly v odborné literatuře již vícekrát popsány (např. [2, 3, 4, 5], v ČR [6]). Pro zásobování tehdejšího hlavního města ostrova vodou byla stavba realizována Eupalinem z Megary v polovině 6. stol. př. Kr. Tento způsob dodávky vody do opevněného města měl nepochybně více důvodů (strategický, hygienický i obecně občanský). Zcela funkční tunel/štola uvádí právě Hérodotos, který navštívil ostrov okolo roku 460 př. Kr.

Je nesmírně zajímavé, že po Herodotovi se v dalších historických pramenech nedochovala již vůbec žádná zmínka o tomto podivuhodném technickém díle. A to i přesto, že vodovod musel být velmi dlouho používán (odhadem nejméně 1500 let). Důkazy nám přináší pozdější archeologický průzkum ze 70. let 20. stol., který datuje významné (římské) úpravy v jižní části tunelu ještě okolo 7. stol. po Kr., když v pozdější době byl zřízen nový římský vodovod ve vrstevnicové pozici v západním a jižním svahu hory Kastro, využívající již dešťovou vodu jímanou do cisterny (obr. 2). Důvod, proč tunel/štola upadl do naprostého zapomenutí po dobu dalšího téměř jeden a půl tisíciletí, spočívá zřejmě ve velmi složitém historickém vývoji Samosu. Časté střídání vládců ostrova bylo standardně doprovázeno hrubými transfery obyvatel. Dalším důvodem mohly být i některé pustošivé přírodní katastrofy (zemětřesení) vedoucí až k opuštění ostrova – viz výše. A s tím i nevyhnutelné vymizení místní historické paměti.

Až v roce 1853 navštívil ostrov francouzský archeolog Victor Guerin, přesvědčený o tom, že by se měly dochovat alespoň zbytky slavného akvaduktu zmiňovaného Herodotem, a přitom našel původní pramen. Zásadní objev však učinil v roce 1882 mnich z kláštera Ayia Triada, se souběžně následujícími pokusy obnovit činnost vodovodu. Ty však nebyly úspěšné. Uvodilo to však předběžný průzkum tunelu, který byl dílem archeologa Ernsta Fabricia z Německého archeologického ústavu. Zveřejněním jeho výsledků v roce 1884 se stal tunel/štola víceméně známým. Poslední a současně i nejpodstatnější archeologický výzkum se zpřístupněním tunelu/štoly

which dates important (Roman) civil works in the southern part of the tunnel to be performed as late as the 7th century AD, whereas a new Roman aqueduct was constructed later, running in the contour line position on the western and southern slopes of Mount Castro. It used storm water collected in a cistern (see Fig. 2). The reason why the tunnel fell into utter oblivion for subsequent one and a half of millennia obviously lies in the very complicated development of Samos. The frequent alteration of the island rulers was accompanied by rough transfers of inhabitants as a standard. Another reason could be devastating natural catastrophes (earthquakes) even resulting in the evacuation of the island – see above. The dying out of the local historical memory is one of the results.

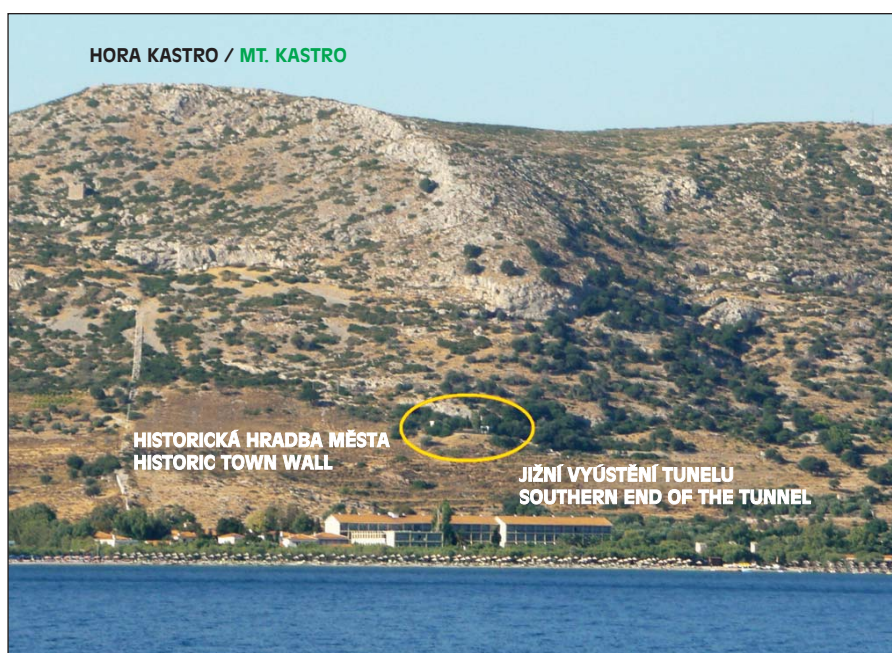
It was as late as 1853 that the island was visited by Victor Guerin, a French archaeologist, who was sure that at least remains of the famous aqueduct, which had been mentioned by Herodotos, should have survived. During his visit, he discovered the original spring. However, a crucial discovery was made by a monk of Aia Triada Monastery in 1882. The discovery was followed by attempts to restore the aqueduct operation. The attempts did not meet with success. They meant the prelude to a preliminary investigation into the tunnel, which was carried out by Ernst Fabricius from the German Archaeological Institute. After the publication of its results in 1884, the tunnel became more or less well known. The last and at the same time the most substantial archaeological research combined with making the tunnel accessible was conducted in the 1970s, again by employees of the German Archaeological Institute [2].

TECHNICAL SOLUTION

Water was collected from prolific springs lying near the village of Agiades (today already abandoned), NW of the top of Mount Castro (237 m a.s.l.) – see Fig. 2. The about 850 m long northern collecting canal runs zig-zag toward the south. It is locally up to 5 m deep. For that reason it was carried out using mining methods, with the excavation proceeding in both directions from access shafts. In the central part of the aqueduct, there is a tunnel (see below), and after the tunnel emerges on the southern side of Mount Castro (see Fig. 3), the water distribution alignment runs eastward at the length of about 500 m, with over twenty, more or less preserved, access shafts.

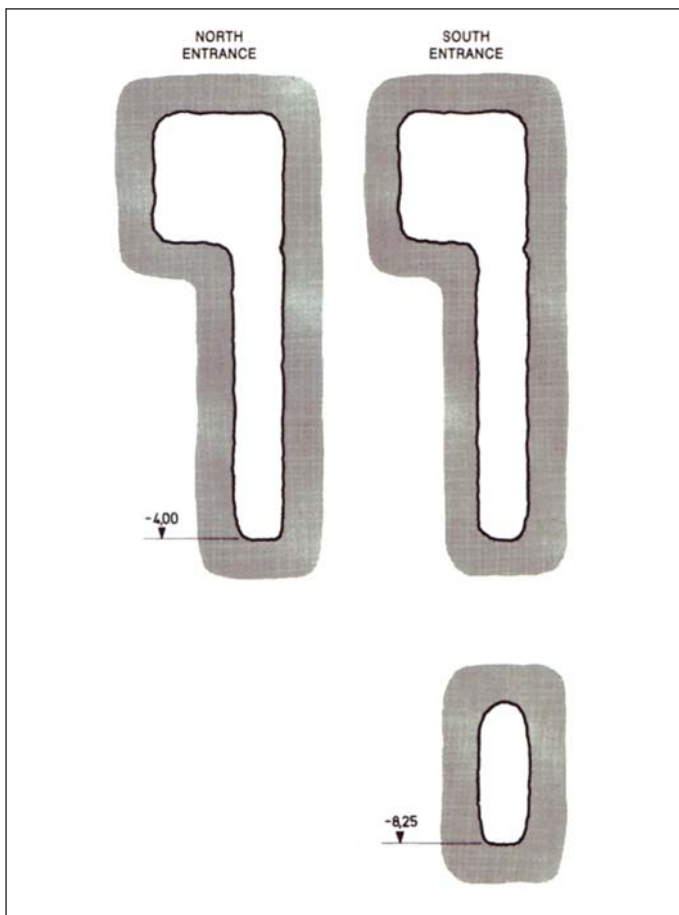
The tunnel itself is 1050 m long (in straight line 1036 m / 4000 ft). The inner dimensions of the main gallery are, in general, 1.80 m x 1.80 m; its width is locally slightly reduced and, on the contrary, enlarged at the point where the counter-headings met. At the eastern wall, there is a ditch in the bottom throughout the tunnel length for the water pipeline, up to depth of 3.5 to 8 m (see Fig. 4). The reason is that the tunnel was built in a very modern way, as a “dry” structure. Water was led through 0.71 to 0.73 m long terracotta pipes with the inner diameter of 0.24 to 0.26 m and 2 to 2.5 cm thick walls. It is estimated that about 4000 pipes were used for the entire water pipeline. The gradient of the pipeline inside the tunnel is about 0.45 % (see Fig. 4). The system was capable of supplying up to 400 m³ of water every day.

The tunnel was driven through the environment formed by competent, partly crystalline, limestone. The sub-horizontal bedding, which can be seen, with the highest



Obr. 3 Jižní vyústění tunelu ve výšce cca 55 m n. m. západně od historického hlavního města Pythagoria

Fig. 3 The southern end of the tunnel at the altitude of about 55 m a.s.l. west of the historic capital, the city of Pythagoria



Obr. 4 Příčný řez tunelem/štolou u severního (vlevo) a jižního (vpravo) vstupu. Patrný je charakteristický profil hlavního (suchého) tunelu a prohloubení jeho počvy pro keramické vodovodní potrubí při východní stěně. Toto prohloubení dosahuje na severním vstupu hl. cca 3,80 m a na jižním výstupu asi 8,50 m. Tím je zaručen spád vody cca 0,45 %. V jižní části tunelu/štolu bylo prohloubení místy prováděno hornickým způsobem paralelní spodní velmi úzkou štolou [2]

Fig. 4 Cross section through the tunnel at the northern portal (left side) and the southern portal (right side). It shows the characteristic profile of the main (dry) tunnel and the deepening of its bottom for the ceramic water pipeline at the eastern wall. This deepening reaches about 3.80 m at the northern end and about 8.50 m at the southern end, securing the gradient of about 0.45 %. In the southern part of the tunnel, the deepening was locally carried out by mining methods, with a parallel, very narrow gallery driven under the bottom [2]

byl proveden v 70. letech 20. stol. opět pracovníky Německého archeologického ústavu [2].

TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Voda byla jímána z vydatných pramenů u (dnes již opuštěné) vesnice Agiades, SZ od vrcholu hory Kastro (237 m n. m.) – obr. 2. Severní sběrný a přírodní kanál dl. cca 850 m je veden klikatě k jihu. Místy je až přes 5 m hluboký a z toho důvodu i provedený hornickým způsobem obousměrnou ražbou z přístupových šachet. Ve střední části vodovodu následuje tunel/štola (viz dále) a po vyústění tunelu/štolu na jižní straně hory Kastro (obr. 3) je rozvod vody trasován v délce cca 500 m východním směrem, s více než dvaceti víceméně dochovanými vstupními šachtami.

Vlastní tunel/štola je dlouhý 1050 m (v přímé linii 1036 m/4000 ft). Vnitřní rozměr hlavní chodby činí generelně cca 1,80x1,80 m, místy je mírně zúžený, v místě setkání protiražeb naopak rozšířený. Při východní stěně je po celé délce výrazné zahlobení počvy rýhou pro vodovod do hl. 3,5 až 8 m (obr. 4). Tunel/štola byl totiž proveden velmi moderně jako „suchý“. Voda byla vedena v terakotových trubkách vnitřního

probability made the disintegration of the rock to an extent easier (see Fig. 5). This work was naturally carried out at the level of the technology existing at that time, i.e. by hand, using (probably iron) chisels and hammers. It is assumed that the excavation was carried out by slaves (first of all prisoners of the war with Lesbos?), in conditions which were, in retrospect, grueling. The work places were illuminated by oil burners (found during the archaeological survey) and no ventilation was probably available. From these points of view, the basic excavated cross section appears to be even grandiose. The duration of the construction work is estimated to be somewhere between 5 to 15 years (most frequently 10 years) – see [2, 4, 5]. Using a very simple calculation (when driving the length of 1050 m long tunnel from both ends), at the estimation of the construction work duration of 5/10/15 years, we arrive at the advance rates of one heading to be approximately 0.3/0.15/0.10 m per day, respectively. Taking into consideration the results of excavation trials using experimental archaeology methods, the longer estimated duration appears rather more probable.

The main tunnel (including the ditch for the water pipeline) has no lining and the condition of the rock is very good even after over 2500 years, at least in the section which was made accessible (see Fig. 5). Access galleries were provided with a lining (see Fig. 9).

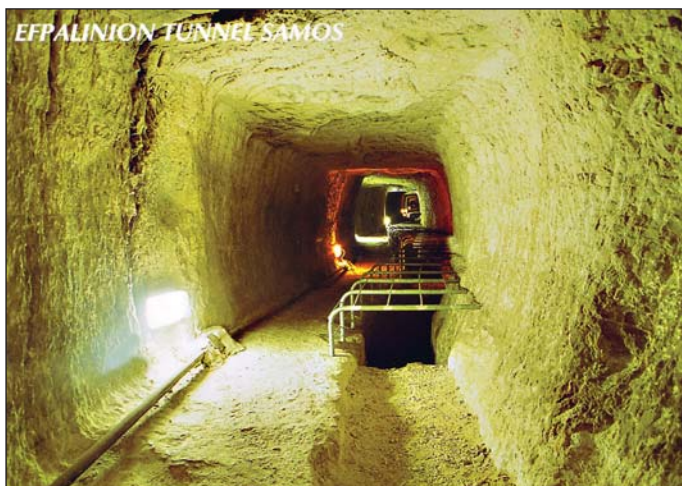
HORIZONTAL AND VERTICAL ALIGNMENT OF THE TUNNEL

The horizontal and vertical alignment design is today considered to be the main demonstration of Eupalinos' engineering mastery. His design is probably (e.g. according to [3]) only the second long underground linear construction where it was clearly established that it was driven concurrently from two opposite portals. The first structure which was referred to in this context is the so-called Ezechias tunnel in Jerusalem (approximately 700 BC). Nevertheless, in contrast with this structure, it is Eupalinos to whom the historic priority is attributed as far as the methodically controlled approach to the application of driving tunnels from both ends is concerned.

HOW WAS THE TUNNEL OF EUPALINOS DESIGNED, SURVEYED AND MANAGED?

H. J. Kienast [2] describes the most likely approach to the solving of the problem, taking into consideration the technical possibilities available in the period during which the tunnel was being built.

The prerequisite for success was first of all thorough knowledge of the region topography. Without it the project would have been difficult to realise. Eupalinos was well acquainted with both the requirements of the city for water supplies and the local terrain and, as a technically qualified professional, he found a solution to the problem. The basic condition for the exploitation of the spring can be formulated in the following way: The location of the spring in relation to the location of the mountain found between the spring and the city requires a closed pipeline to be led either around the mountain or through it. On the one hand, a supply canal around the mountain is easier to realise, however, its significantly greater length and its vulnerability to landslides or enemy diversion is a disadvantage. On the other hand, passing through a mountain is a technically risky deed, in addition requiring a long construction time. Nevertheless, in general, the higher safety and also the fact that the mouth can be placed to a higher-level location and, in addition, directly inside the city boundaries, remains to be the advantage of the route passing through the mountain (paradoxically, the capital of the island was plundered in



Obr. 5 Pohled do tunelu/štoly směrem k severu. Vpravo, u východní stěny, byla rýha vodovodu po zpřístupnění úseku zabezpečena mříží. Patrné jsou subhorizontální vrstevnatost a na stěnách stopy po rozpojování horniny [komerční pohlednice]

Fig. 5 A view north, down the tunnel. On the right side, at the eastern wall, the trench for the water pipeline was secured by a grill after the section had been made accessible. It is possible to see the sub-horizontal bedding and traces after the disintegration of the rock in it [a commercial picture postcard]

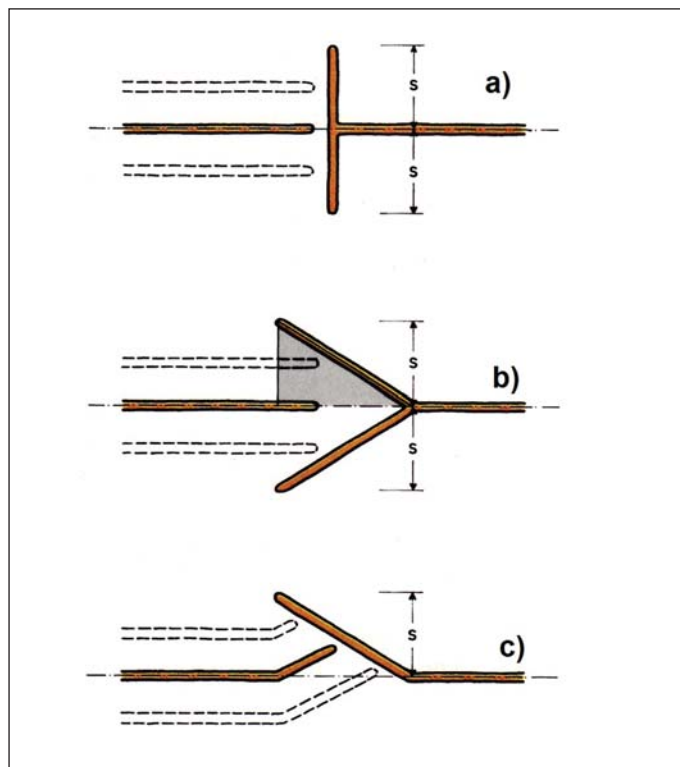
Ø 0,24 až 0,26 m, tloušťky stěny 2 až 2,5 cm a délky 0,71 až 0,73 m; odhaduje se, že na celý vodovod jich bylo použito cca 4000 ks. Spád vodovodu v tunelu činí cca 0,45 % (obr. 4). Systém mohl dodávat městu až 400 m³ vody denně.

Tunel/štola je vyražen v prostředí pevných vápenců, částečně krystalických. Patrná je jejich subhorizontální vrstevnatost, což s nejvyšší pravděpodobností do jisté míry usnadňovalo rozpojování horniny (obr. 5). To se dělo přirozeně na úrovni tehdejší technologie – tzn. ručně (patrně již železnými?) dláty a kladivy. Předpokládá se, že ražbu prováděli otroci (především zajatci z války s ostrovem Lesbos?), z dnešního pohledu za zničujících podmínek. Osvětlení pracovišť bylo olejovými kahanci (nalezenými při archeologickém výzkumu), větrání patrně žádné. Z těchto pohledů se jeví základní průřez ražení až velkorový. Délka stavby je odhadována mezi 5 až 15 lety (nejčastěji cca 10 let) – viz [2, 4, 5]. Velmi jednoduchým počtem (při protiražbě na dvě čelby) vychází potom při dl. tunelu/štoly 1050 m pro odhad trvání stavby 5/10/15 let, denní postup na jednu čelbu cca 0,3/0,15/0,10 m. Přihlédnutím k výsledkům výrubů prováděných metodami experimentální archeologie se pak jeví pravděpodobnější spíše delší odhady trvání stavby.

Hlavní tunel/štola (včetně rýhy pro vodovod) je nevyzděný, přičemž stav horniny i po více než 2500 letech je velmi dobrý – alespoň ve zpřístupněném úseku (obr. 5). Obezdvíčkou jsou opatřeny přístupové chodby (obr. 9).

SMĚROVÉ A VÝŠKOVÉ VEDENÍ TRASY

Dnes je pokládáno za hlavní projev Eupalinova inženýrského mistrovství právě směrové a výškové vedení stavby. Jeho projekt je patrně (např. podle [3]) teprve druhou dlouhou liniovou podzemní stavbou prokazatelně raženou současně ze dvou protějších portálů. První se v této souvislosti udává tzv. Ezechiášův tunel v Jeruzalémě (cca 700 př. Kr.). Nicméně na rozdíl od této stavby je právě Eupalinovi přisuzováno historické prvenství v metodicky řízeném přístupu v použití protiražby.



Obr. 6 Zajištění setkání proti sobě ražených větví ve směrovém vedení
a) Konec jedné z větví je příčně rozšířen do tvaru T

b) Vytvoření dopředu rozeklané čelby ve tvaru Y
c) Neekonomičtější, ale stejně jisté řešení odchýlením konců obou protiražených tunelů/štol

U severní větve doleva a u jižní větve doprava. Eupalinos zvolil právě toto řešení. Ideální místo setkání je v polovině delší odkloněné větve a jistota setkání je stejná jako v případě a) [2]

Fig. 6 Securing that the horizontal alignments of the tunnel sections driven against each other meet

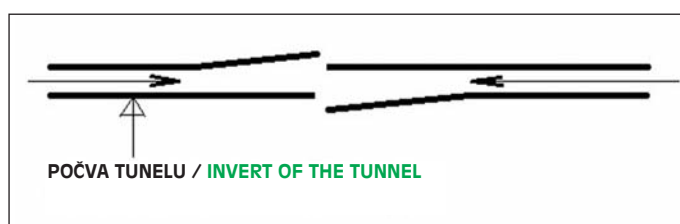
a) The end of one section is transversally widened to form a capital T

b) Creating a Y-shaped heading forking up ahead

c) The most economic but equally certain solution by means of deflecting the ends of both sections driven against each other. At the northern section and southern section, pictured left and right, respectively. Eupalinos chose this solution. The ideal location for the encounter is in the middle of the longer deflected section. The certainty of the encounter is identical with that achieved in the case a) [2]

439 BC by Athenians, who invaded the fortified city just through this tunnel [6]). The client, with the highest probability Polycratos or somebody from his closest surroundings, therefore decided on the basis of the above-mentioned arguments that the passage through Mount Castro would be realised.

The deciding inputs consisted of the following considerations: The location of the spring, the overall topography of the area and methods available for measurements. The initial idea was that the tunnel alignment would be set out on the surface of the mountain and then be transferred to the mountain entrails. Another input was the requirement for the tunnel not to be longer than necessary and not to terminate outside the city fortification. It is known



Obr. 7 Schéma zajištění výškového setkání [2]

Fig. 7 A chart of the system of securing the vertical encountering [2]



Obr. 8 Jižní vstupní portálek nad přístupovou chodbou do tunelu/štol
Fig. 8 The southern little access portal above the access adit to the tunnel

JAK BYL NAVRŽEN, VYTYČEN A ŘÍZEN EUPALINŮV TUNEL/ŠTOLA?

H. J. Kienast [2] popisuje právě nejpravděpodobnější přístup k řešení problému. To proto, že si uvědomuje souvislosti a technické možnosti doby, kdy byl tunel/štola vystavěn.

Předpokladem úspěchu byla především důkladná znalost topografie regionu – bez toho by byl projekt stěží uskutečnitelný. Eupalinos byl dobře obeznámen jak s požadavky města na přivedení vody, tak i s místním terénem. A jako technicky zdatný odborník našel řešení problému. Základní podmínka využití pramene může být formulována následovně: Poloha pramene a poloha hory mezi pramenem a městem vyžaduje uzavřené potrubí vedené buď okolo hory, nebo skrze ni. Přírodní kanál kolem hory lze sice snáze realizovat, ale nevýhodou je jeho výrazně větší délka a dále je zranitelný svahovými pohyby nebo nepřátelskou diverzí. Na druhé straně je průchod horou technicky riskantním počínem, navíc vyžadujícím dlouhý čas. Nicméně výhodou vedení vodovodu horou zůstává obecně bezpečnost (paradoxně však hlavní město ostrova bylo roku 439 př. Kr. vyplněno Athéňany, kteří pronikli do opevněného města právě tímto tunelem/štolou [6]) a dále i skutečnost, že vyústění může vyjít ve vyšší poloze a navíc přímo uvnitř města. Zadavatel – s nejvyšší pravděpodobností Polykrates nebo někdo z jeho nejbližšího okolí – rozhodl tedy na základě uvedených argumentů o realizaci průchodu horou Kastrow.

Rozhodující vstupy pak byly následující: Pozice pramene, celková topografie území a dostupné možnosti k provedení měření. Výchozí myšlenkou bylo vytyčení linie tunelu na povrchu hory a pak převedení této linie do jejího nitra. Dále to byl požadavek na to, aby tunel nebyl delší, než je nutné, a nekončil vně opevnění. Linie tunelu přitom neprochází pod strmým vrcholem hory, ale mírně na západ, místy, kde má její hřbet pozvolnější profil. Důvodem byla zkušenost, že čím pravidelnější je povrch, tím přesněji lze přímkou vytyčit. Ačkoli je vrcholový hřbet kritickým

that, instead of running directly under the steep top of the mountain, the tunnel alignment runs slightly west of the mountain top, where the profile of the mountain crest is gentler. The reason was the experience that the more regular the surface the more precisely the line could be set out. Despite the fact that the top crest is the critical point of the entire alignment, the setting out process is likely to start in this location. The reason was that it was necessary to determine the direction of the alignment to lead to the city. Therefore, other authors, e.g. [3, in the CR 6] who refer to Heron of Alexandria, are not right. Their idea that the direction of the tunnel excavation was determined by means of a rectangular traverse must be erroneous because of the fact that in such the case it would have been accompanied by significant accumulation of measurement errors.

It was the setting out of the horizontal alignment of the tunnel on the top of the crest that was the deciding step. The following setting out down from the crest to both sides was only a matter of routine. Another important task was to determine the levels of both ends of the tunnel. There were two methods available for surveying around the mountain. The first of them, the use of a chorobates (a sort of a simple levelling instrument, very roughly described as a long 'bubble tube') is probably more likely because it makes reaching of higher precision possible. The other method lies in the use of T-shaped horizontal boards (= 'boning rods'). The vertical survey was carried out with relatively high accuracy, with the difference between the ends of the entrances of a mere 4 cm. The points can therefore be considered to lie at identical levels. However, this result is probably random. The reason is the fact that it was only possible to transfer levels by means of a chorobates to the distance of approximately 2 km with the accuracy of several decimetres. On the other hand, it was possible to repeat the process several times and the averaged results were therefore more plausible.

The crucial item of the work was therefore performed by determining the direction of the tunnel and the positions and levels of entrances. The initial point and the end point were defined as the points of intersection between a straight line (the tunnel centre line) and the contour line passing through the selected level. Then the horizontal alignment was probably set out on the surface of the mountain, where the tunnel length was determined as a series of horizontal sections measured by a bar. This procedure had crucial importance for the planning of the project as a whole and is beyond doubt.

It was possible from the initial cutting into the mountain to check the direction of the excavation advance by observing a straight line determined by ranging poles erected on the slope. This method is simple and reliable. It was vital for the determination of the correct direction, first of all in the initial stage of the construction, that as high setting out accuracy was reached as possible because an error at the beginning would have propagated further. For that reason a vertical shaft was sunk near the entrance, allowing the installation of another check point for determining the alignment orientation. This point was transferred to the tunnel bottom by means of a plummet. Owing to this measure the setting out became more accurate. It was applied on the southern slope, which is steep and where rods with nails (ranging poles) allowed only a limited length for sighting. Backsighting from the tunnel interior was also applied. It is shown by one place in the tunnel where a directional error occurred and was identified by the backsight from the tunnel. The deviation was removed, but a niche remained in the tunnel wall after the sighting axis had been restored.

místem celé trasy, proces jejího vytyčování pravděpodobně začal právě zde. To proto, aby se stanovil směr trasy tak, aby vedla do města. Nemají tudíž pravdu jiní autoři, např. [3, v ČR 6], odvolávající se na Herona z Alexandrie. Jejich představa, že směr ražby byl určen pomocí pravouhého polygonu, musí být mylná, protože v takovém případě by došlo ke značné kumulaci měřických chyb.

Právě vytyčení směru tunelu na vrcholu hřbetu bylo rozhodujícím krokem. Od hřbetu dolů na obě strany bylo pak vytyčování již rutinní. Další významnou úlohou bylo určení výšek vstupů obou konců tunelu. Pro výšková měření okolo hory byly dostupné dvě metody. První z nich – použití chorobatu (něco jako jednoduchý nivelační přístroj, velmi přibližně „dlouhá vodováha“) je asi pravděpodobnější, poněvadž je možné dosáhnout vyšší přesnosti. Druhá metoda spočívá v použití vodorovných desek ve tvaru T (= „dlaždičských křížů“). Výšková měření byla provedena s relativně vysokou přesností, když konce vstupů se liší jen o 4 cm a mohou tedy být považovány za body ležící v jedné výšce. Pravděpodobně se však jedná o výsledek náhodný. Přenášení výšek pomocí chorobatu mohlo být totiž provedeno na vzdálenost cca 2 km jen s přesností na několik dm, mohlo však také být i několikrát opakováno a zprůměrované výsledky tak byly hodnověrnější. Rozhodující práce byly tedy vykonány určením směru tunelu a určením pozice a výšek vstupů. Počáteční a koncový bod byly definovány jako průsečík přímk (osy tunelu) a vrstevnice procházející zvolenou výškou. Poté byla pravděpodobně trasa vytyčena na povrchu hory, s tím, že délka tunelu se určila jako série vodorovných úseků měřených latí. Tento postup měl zásadní význam pro plánování projektu jako celku a je nepochybný.

Od prvního záłomu do hory bylo možné kontrolovat směr postupu pohledem přes výtyčky postavené na svahu – jde o jednoduchou a spolehlivou metodu. Pro zajištění správnosti směru ražby bylo, zejména v první části stavby, životně důležité dosáhnout co nejvyšší přesnosti vytyčení, poněvadž chyba na začátku by se přenášela dál. Z toho důvodu byla vykopána vertikální šachta v blízkosti vstupu a tak byl získán další kontrolní bod pro orientaci trasy, který byl přenesen provážením olovnicí na počvu tunelu. Tím se vytyčení směru přímk stalo přesnější. Bylo to použito na jižním svahu, který je strmý a kde latě s hřebíky (výtyčky) dovolovaly jen omezenou délku záměry. Zaměřování trasy probíhalo i zpětně záměrou z tunelu. Svědčí o tom jedno místo tunelu/štoly, kde došlo k chybě ve směru, která byla zjištěna právě pohledem z tunelu. Odchylna byla opravena, ale pro obnovení záměrné přímk vznikla nika ve stěně tunelu/štoly.

Tunel/štola měl projít horou ve vodorovné trase a ta byla, bez ohledu na drobné odchylny, také stále dodržována. Mělo to tu výhodu, že kdyby byla narážána vodonosná puklina či poloha, nebyl by problém s odtokem vody. V případě k městu se svažující nivelety by v jižní části takové problémy nenastaly, ale v severní větvi by mohla voda zaplavit čelbu a nedovolila by tak pokračování ražby. Právě proto tedy vedl Eupalidos trasu ve vodorovném směru. A také musel řešit problém s přítokem vody již 200 m od severního vstupu, když se ražba přiblížila právě k vodonosné vrstvě. Po nastalém přítoku se zde proto počva mírně zvedá tak, aby voda mohla vytékat z tunelu. Posléze, v místě již za překonanou zvodnělou vrstvou, se počva opět snižuje na původní projektovanou výšku.

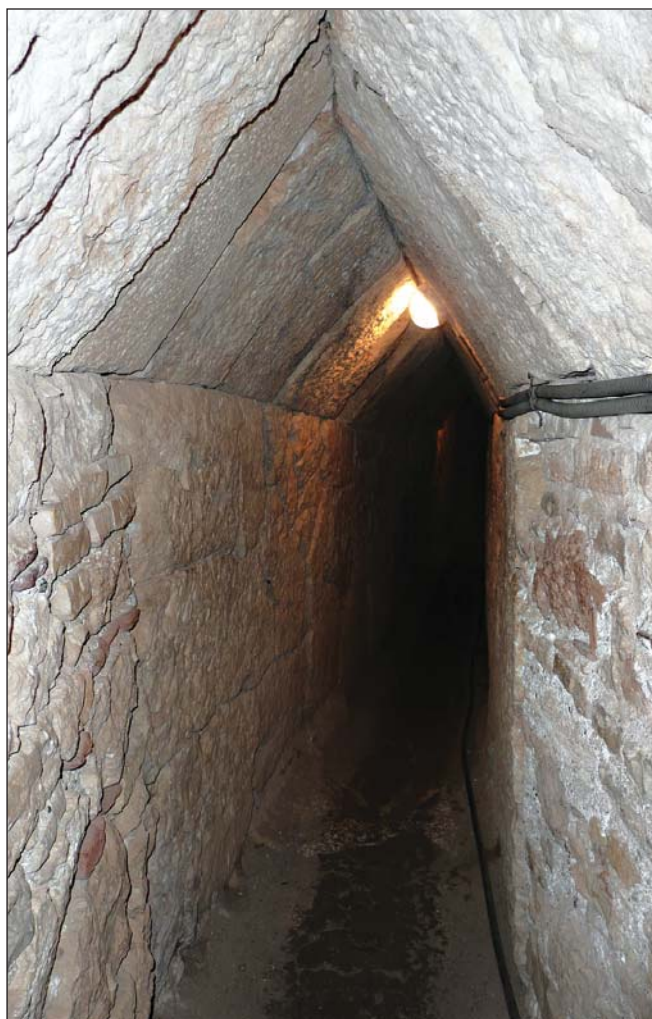
Z pohledu trasování tunelu/štoly je velmi působivá i skutečnost, že ač původní přímý směr severní větve nemohl být kvůli velmi rozpukané a méně stabilní hornině dodržen (a trasa se zde proto stáčí na západ), je po překonání tohoto kritického místa tunel/štola opět narovnaná do dřívějšího směru (je to patrné na obr. 2).

Vytyčení směru a změřená délka negarantovaly, že se oba protisměrně ražené úseky tunelu/štoly potkají. Nemohly být totiž vyloučeny drobné nepřesnosti v měřeních vyplývající z dobové úrovně techniky. I relativně malá odchylna ve směru v hodnotě 1° představuje uprostřed tunelu/štoly příčnou odchylnu 9 m! Z toho

The tunnel was designed to pass through the mountain along a horizontal alignment. This alignment was, without respect to minor deviations, continually maintained. It had the advantage that, if a water-bearing fissure or layer had been tapped, there was no problem with the water discharge. Such problems would not have been encountered in the southern part in the case of the alignment descending toward the city, but the heading could have been inundated in the northern section and prevented the continuation of the excavation. This was the reason why Eupalidos designed the alignment to be horizontal. And really, he had to deal with the problem of a water inflow as early as 200 m from the northern entrance, where the excavation approached a water-bearing layer. After the inflow appeared, the tunnel bottom slightly ascended so that water could flow out of the tunnel. Subsequently, in the place where the water-bearing layer was overcome, the bottom again dropped to the original design level.

As far as the tunnel alignment is concerned, even the fact is very impressive that, even though it was impossible to maintain the original straight direction of the northern section because of significantly fractured and less stable rock (the alignment therefore turns west in this location), the tunnel was again straightened to the original direction when the critical place had been overcome (this is obvious from Fig. 2).

The setting out of directions and the measured length did not guarantee that the two sections of the tunnel driven in opposite directions would have met. The reason is that it was



Obr. 9 Jižní přístupová chodba do tunelu/štoly s charakteristickým archaic-kým profilem, vyznačujícím se střechovitým stropem z kamenných desek
Fig. 9 Southern access adit to the tunnel with a typical archaic profile, which is characterised by a roof-shaped ceiling formed by stone slabs

vyplývala potřeba učinit taková opatření, která by zajistila setkání obou proti sobě ražených částí. Eupalinos uvažoval několik řešení. Nejjednodušší by bylo zakončení jedné části tunelu/štoly ražbou kolmou ke směru trasy tunelu/štoly ve tvaru písmene T. Toto řešení je však nevýhodné v tom, že rozrážky musí být provedeny na obě strany. Výhodnější postup, již s menší vynaloženou prací, spočívá ve vychýlení směru ražby u obou částí tunelu/štoly. A právě toto řešení zvolil Eupalinos – obr. 6. Pravděpodobnost setkání obou proti sobě ražených částí i ve vertikále (niveletě) zajistil obdobným rozšířením chodby v počtvě a ve stropu chodby ve směru svíslém – obr. 7. Obě opatření jsou také dokumentována archeologickým průzkumem. Je velmi zajímavé, že postup použitý pro setkání obou větví ve směru vertikálním byl zbytečný – nebyla zde totiž zastižena prakticky žádná odchylka! Určitou roli v závěrečných krocích setkání severní a jižní větve mohly sehrát i akustické signály z protějších čeleb – poklepy.

ZÁVĚR

Eupalinův tunel/štola na ostrově Samos je mimořádně zajímavou historickou podzemní stavbou. Byla proto i roku 1992 zapsána do seznamu Světového dědictví organizace UNESCO. Staří stavby, její osudy a jen postupně odkrývané otázky jejího vzniku zaujaly řadu badatelů, inženýrů, umělců (viz např. Paul Valéry – Dialogy se Sokratem, Eupalinem a dalšími... [5], dále [7]) i „obyčejných“ smrtelníků. Objekt je dnes i pro občany ČR relativně velmi dobře dostupný. Zpřístupněn je úsek dlouhý cca 100 m z jižního vchodu nad městem Pythagorionem (obr. 8, 9). Vstupné činí velmi přijatelná 4 €.

Poznámka: V textu článku používají autoři označení stavby Eupalinův tunel/štola především s ohledem na platné české názvosloví, které předpokládá, že podzemní stavba do příčného průřezu 16 m² se nazývá štola a většího příčného průřezu tunel. Současně se tak snaží zohlednit i to, že v anglické a německé literatuře se tato stavba důsledně označuje jako tunel.

DOC. ING. VLASTIMIL HANZL, CSc.,
hanzl.v@fce.vutbr.cz, Ústav geodézie FAST VUT,
DOC. ING. VLADISLAV HORÁK, CSc.,
horak.vl@fce.vutbr.cz,
 Ústav geotechniky FAST VUT, Brno

Recenzoval: Ing. Pavel Šourek

Poděkování: Článek vznikl s finanční pomocí EU „OP Výzkum a vývoj pro inovace“, projekt reg. č. CZ.1.05/2.1.00/03.0097, v rámci činnosti regionálního centra AdMaS „Pokročilé stavební materiály, konstrukce a technologie“.

not possible to exclude petty inaccuracies in measurements following from the technical level of equipment of the period. Even a relatively small deviation from the direction at the value of 1 degree represents a transverse deviation of 9 m in the middle of the tunnel length! It followed from this fact that such measures had to be adopted which would have ensured that the two parts driven against each other met. Eupalinos speculated about several solutions. The simplest one would have been terminating one part of the tunnel by a drift perpendicular to the direction of the tunnel alignment, forming a letter T. But this solution was disadvantageous because the drift had to be carried out to both sides. A more advantageous solution, where the amount of work expended was smaller, lied in the deflecting of the directions of the excavation on both parts of the tunnel. And this is exactly the solution which was adopted by Eupalinos (see Fig. 6). He increased the probability that the two parts driven against each other would have met even vertically by a similar vertical enlargement of the tunnel at the bottom and the crown (see Fig. 7). Both measures have been documented by an archaeological survey. It is very interesting that the procedure applied with the aim of securing the meeting of both sections in the vertical direction was unnecessary because virtually no deviation was encountered! Certain role during the final steps of the process of the meeting of the northern section and the southern section could be even played by acoustic signals sent from the opposite headings – by knocking on the excavation face.

CONCLUSION

The tunnel of Eupalinos on the island of Samos is an extremely interesting historical underground structure. For that reason it was inscribed on the UNESCO World Heritage List of cultural and natural properties. The age of this structure, its life story and the only step-by-step revealed issues of its origination fascinated many researchers, engineers, artists (for example Paul Valéry – Dialogues with Socrates, Eupalinos and others... [5], further [7]) as well as „ordinary” mortals. The structure is today relatively very well accessible even for citizens of the Czech Republic. The section made accessible is about 100 m long, from the southern entrance above the city of Pythagorion (see Figures 8, 9). The entrance fee of 4 € is very reasonable.

DOC. ING. VLASTIMIL HANZL, CSc.,
hanzl.v@fce.vutbr.cz, Ústav geodézie FAST VUT,
DOC. ING. VLADISLAV HORÁK, CSc.,
horak.vl@fce.vutbr.cz,
 Ústav geotechniky FAST VUT, Brno

Acknowledgements: The article was processed under financial support of the Research Funds CZ.1.05/2.1.00/03.0097 (AdMaS).

LITERATURA / REFERENCES

- [1] HÉRODOTOS. *Dějiny, Kniha třetí [60]*. Praha: Academia, 2003, s. 188–189. ISBN 80-200-1192-7. Přeložila Jaroslava Šonková.
- [2] KIENAST, H. J. *The Aqueduct of Eupalinos on Samos*. Athens: Ministry of Culture – Archeological Receipts Fund, 2005. ISBN 960-214-424-6.
- [3] APOSTOL, T. M. The Tunnel of Samos. *Engineering & Science*, 2004, No. 1, s. 30–40. <<http://calteches.library.caltech.edu/4106/1/Samos.pdf>>.
- [4] HUGHES, D., KELLER, H. J. *The Tunnel of Eupalinos*. Wikipedie, otevřená encyklopedie. <<http://homepages.cwi.nl/~aeb/math/samos/>>.
- [5] LAHANAS, M. *Der Tunnel von Eupalinos*. Wikipedie, otevřená encyklopedie. <<http://www.mlhanas.de/Greeks/Eupalinos.htm>>.
- [6] HÁNEK, P. Tunely, štoly a vytyčování – 2. díl. *Zeměměřič*, 2007, 3, s. 4–7. <<http://klobouk.fsv.cvut.cz/~hanek/K154/PDF/Tunely02.pdf>>.
- [7] BEICHE, H. Der Tunnel im Spiegel der Kultur: Ein Streifzug des Tunnelbauers durch die Welt der Literatur und Künste. In *Tunnel – Räume für zukunftssichere Mobilität*, s. 31–37, STUVA-Tagung 2009 in Hamburg. BauBV GmbH, Gütersloh. ISBN 978-3-7625-3636-9.

VÝSTAVBA KMENOVÝCH STOK Z POLYMERBETONOVÝCH KOMPONENTŮ

CONSTRUCTION OF TRUNK SEWERS USING POLYMER CONCRETE COMPONENTS

IGOR FRYČ

1 ÚVOD

V loňském roce se naše společnost spolupodílela na výstavbě kmenových stok v centrální části města Brna. Jednalo se o realizaci částí ražených stok na ulici Rooseveltova a Rybníček. Sběrače byly raženy klasickým hornickým způsobem a jejich společným jmenovatelem bylo vystrojení pomocí polymerbetonových dílců.

2 POPIS ROZSAHU PRACÍ

V popisu prací se autor omezuje pouze na úseky realizované firmami TCHAS, spol. s r. o., odštěpný závod Ingstav Brno, kde působil dříve, a PSVS, a. s., kde pracuje v současné době.

2.1 Sběrač C01 Rooseveltova – Solniční

Realizace ražené štoly DN 2260/2640 mm o ploše výrubu 5,5 m² v úseku mezi šachtami Š2–Š3 + napojení na stávající kmenovou stoku o celkové délce 70 bm. Vlastní vnitřní profil kanalizačního sběrače byl vejčitého tvaru o rozměrech DN 1200/1800 mm. Součástí dodávky byl i výkop, pažení a roubení 2 ks těžních šachet o hloubce 11,5 m.

Místo stavby se nacházelo v bezprostřední blízkosti centra města v parku při ulici Rooseveltova před historickou chodbou směřující na ulici Běhounskou.



Obr. 1 Rybníček, celkový pohled do ražené štoly
Fig. 1 Rybníček, overall view down the mined tunnel

1 INTRODUCTION

Last year, our company participated in the construction of trunk sewers in the central part of the city of Brno. Our work consisted of driving parts of sewerage tunnels under Rooseveltova and Rybníček Streets. The tunnels for main sewers were driven using classical mining methods, with a common factor lying in the use of polymer concrete segments for the construction of tunnel lining.

2 WORKS SCOPE DESCRIPTION

In the works description, the author restricts himself only to the sections which were realised by branch companies of TCHAS, spol. s r. o., namely its Ingstav Brno branch, where he worked in the past, and PSVS, a. s. branch, where he works today.

2.1 C01 Main Sewer, Rooseveltova – Solniční Streets

The construction of a DN 2260/2640 mm mined tunnel with the excavated cross-sectional area of 5.5 m² within the section between manholes Š2–Š3, plus a 70 m long connection to the existing trunk sewer. The inner profile of the main sewer was egg-shaped, with the dimensions of DN 1200/1800 mm. The excavation, bracing and timbering for two 11.5 m deep hoisting shafts were also part of the contract.

The construction location was in the immediate vicinity of the city centre, in a park on Rooseveltova Street, in front of the historic gallery heading toward Běhounská Street.

2.2 Rybníček sewerage reconstruction

The construction of a 121 m long mined tunnel with DN 2260/2980 mm and the excavated cross-sectional area of 6.25 m², within the section between manholes Š2–Š4, including a 31 m long mined connecting tunnel with DN 1800/2000 mm. The inner profile of the egg-shaped sewer was DN 1400/2100 mm and 800/1200 mm, respectively. In addition, part of the contract was the sinking of 4 hoisting shafts with the average depth of 9.5 m. The cross-section of one of them was atypical, pentagonal.

3 EXCAVATION OF TUNNELS AND GEOLOGICAL CONDITIONS

3.1 C01 main sewer, Rooseveltova – Solniční Streets

The procedure of the mining operations was designed as follows: Manhole Š2 was used as the hoisting shaft. The tunnel was driven on a down gradient from Š2 toward the existing main sewer and on an uphill gradient toward manhole Š3. The uniform gradient of 0.8 % was designed for the drives. The primary lining consisted of colliery TH support frames OR-O-01 installed on U-160 rolled-steel sections. The intervals between centres of the frames were determined by a structural calculation to be 0.8 m to 0.9 m. The frames were longitudinally connected by three braces (one in the crown and two on sides). UNION sheet piles were designed for the forepoling. In the case of encountering layers of cohesionless soil or made ground, it was expected that BOLTEX (4 m long) friction bolts would be installed in the tunnel crown as the

2.2 Rekonstrukce kanalizace Rybníček

Realizace ražené štoly DN 2260/2980 mm o ploše výrubu 6,25 m² v úseku mezi šachtami Š2–Š4 o celkové délce 121 bm včetně přípojných ražených štol o rozměrech DN 1800/2000 mm délky 31 bm. Vnitřní profil kanalizace vejčitého tvaru činil DN 1400/2100 mm, resp. 800/1200 mm. Součástí dodávky byla dále realizace 4 ks těžních šchet průměrné hloubky 9,5 m, z nichž jedna měla atypický pentagonální průřez.

3 RAŽBA ŠTOL A GEOLOGICKÉ PODMÍNKY

3.1 Sběrač C01 Rooseveltova – Solniční

Postup razících prací byl navržen tak, že jako těžní jáma sloužila šachta Š2, ze které serazilo úpadně směrem ke stávajícímu sběrači a dovrchně k šachtě Š3. Navržený spád byl jednotný 0,8 ‰. Primární ostění tvořila důlní zvonková ocelová výztuž z rámů OR-O-01 osazená na válcovaných profilech U-160. Osová vzdálenost veřejí byla stanovena statickým výpočtem na 0,8 až 0,9 m. Rámy byly podélně spojeny třemi rozpěrami (jedna v klenbě, dvě po bocích). Vlastní pažení štoly bylo navrženo jako hnané z pažnic typu UNION. V případě výskytu nesoudržných poloh zeminy nebo navážek se uvažovalo s použitím třecích svorníků typu BOLTEX (dl. 4 m) v klenbě štoly jako s dočasnou výztuží nadloží štoly. Tyto svorníky zároveň umožňují provedení následné injektáže zeminového prostředí pro fixaci případně vzniklých trhlin v zeminovém masivu. Technologický postup počítal s nečleněným výrubem štoly. Šířka pásma tvorby poklesové kotliny byla předpokládána 5 m na každou stranu od osy ražby s maximálním poklesem terénu v ose štoly 1,3 mm.

V trase ražené štoly byl předpokládán výskyt zvlněné úrovně podložních neogenních jílu s možnými polohami terasových šterkopísků a sprašových hlín. Vyloučen však nebyl ani výskyt heterogenních navážek antropogenního původu, protože daná lokalita se nachází v středověkém předpolí historické Běhounské brány. Hladina podzemní vody byla uvažována v hloubce 8,5 m na úrovni předvídané vodonosné vrstvy šterkopísků.

V průběhu ražeb byly skutečně zastíženy podle předpokladu staré žulové zdi a základy související se starým opevněním poblíž Běhounské brány. Ačkoli bylo toto avizováno, tak pro archeologického laika – geotechnika bylo překvapením, že se v hloubce 9 až 10 metrů pod terénem nacházely základy starých hradeb. Ale je vidět, že město Brno povyroستlo, alespoň co se týká nadmořské výšky terénu. Rozpojování hradebních základů bylo zdoluhavé a ne jednoduché, protože byly tvořeny žulovými kameny (spojenými na vápennou maltu), které vykazovaly značnou soudržnost. Jinak geologický profil víceméně odpovídal předpokladům. Vyskytovaly se převážně vápenité neogenní jíly (tzv. brněnské tégly) relativně stabilní a dobře rozpojitelné.

Při úpadní ražbě směrem do ulice Rooseveltova však došlo ke kontaktu štoly s vodonosnou šterkopískovou vrstvou a objevily se silné výrony podzemní vody. Ražba musela být dočasně přerušena a čelba zabezpečena proti vykomínování. Pro omezení přítoků se přistoupilo k aplikaci chemické injektáže pomocí rychle tuhnoucí injektční směsi obsahující speciální cementy a přísady modifikující dobu tuhnutí (směs Jetblend, výrobek firmy Minova). Tak jako v mnoha jiných případech se však ukázala ne příliš účinnou. Proud podzemní vody byl natolik silný, že docházelo k vyplavování injektáže ještě před tím, než stačila zatvrdnout. Jako svěží a jednoduchý se pak ukázal nápad provést odvodňovací horizontální vrt, který se zaústil do stávající kanalizační šachty, jež se po ukončení výstavby měla stejně rušit. Tím se pak elegantně eliminoval přítok vody do čelby. Opět se tak potvrdilo pravidlo, že je mnohem jednodušší se s podzemními vodami „domluvit“, resp. je usměrnit, nežli s nimi „zápasit“ pomocí invazivních metod v podobě nejrůznějších těsnících injektáží.

temporary reinforcement of the tunnel overburden. These bolts at the same time allow subsequent injection of grout into the ground environment required for fixing of contingent fissures in the soil mass. The technological procedure counted on the full-face excavation of the tunnel. The width of the settlement trough was expected to be 5.0 m on either side from the excavation centre line, with the maximum terrain settlement on the tunnel centre line of 1.3 mm.

It was anticipated that undulating underlying Neogene clays with possible layers of terrace gravel-sands and secondary loess would be encountered along the mined tunnel route. Although, nor the occurrence of heterogeneous, anthropogenic-origin made-ground was excluded, with respect to the fact that the particular locality lies in the medieval foreland of the historic Běhounská Gate (Běhounská Brána). The water table was considered to be at the depth of 8.5 m, at the level of the anticipated water-bearing layer of gravel-sands.

As anticipated, old granite masonry walls and foundations relating to the old fortification near Běhounská Gate were actually encountered during the tunnelling work. Despite the fact that it had been notified, it was a surprise for the geotechnician, laymen in archaeology, that there were foundations of old ramparts found at the depth of 9 to 10 metres under the terrain surface. It could be seen that the city of Brno grew a little, at least as far as the altitude of its terrain surface is concerned. The breaking of the rampart foundations was time consuming and was not at all simple because it consisted of granite stones (bonded by mortar), which exhibited significant cohesion. In other respects, the geological profile more or less corresponded to assumptions. It mostly comprised carbonaceous Neogene clays (the so-called Brno Tegl), which is relatively stable and easy to disintegrate.

During the downhill driving to Rooseveltova Street, the tunnel got into contact with a water-bearing gravel-sand layer and high groundwater inrushes appeared. The excavation had to be temporarily interrupted and the heading had to be secured against the collapsing of the overburden. With the aim of reducing the inflows, fast-setting grout containing special cements and setting time-modifying agents was used for injecting. Identically with many other cases, it came out as not too much effective. The groundwater flow was so strong that the grout was washed out even before it managed to harden. An idea of carrying out a horizontal drainage borehole ending in an existing sewerage manhole, which was to be all the same removed after the construction completion, turned out to be imaginative and simple. In this way the water inflow to the heading was subsequently simply eliminated. The rule that it is much simpler to 'come to an agreement' with groundwater or to canalize it than to fight with it using invasive methods in the form of various sealing grout mixes was thus again confirmed.

A public lighting pole was found just in the particular location where the excavation had to be interrupted. The pole at the same time carried the contact line for trams. There were justifiable fears that it could tilt or, in the worst case, sink down to the tunnel due to the overburden settlement. It was therefore necessary to stabilise its position by means of a 'tripod' and horizontal beams. Fortunately, the required measurement of changes in its position was not solved by any sophisticated tiltmeters or other 'conveniences' of geotechnical monitoring. Based on a recommendation of an undisclosed but extremely experienced professional, the solution which was adopted lied in simple visual observation of the pole from pre-marked points. The vertical position of the pole was confronted with the facade of Janacek Theatre, which contains lots of vertical elements, therefore a mistake was excluded.

In other respects, the tunnelling operations ran in compliance with the planned programme and the convergence measurements inside the tunnel exhibited no anomalous deviations. Nor the settlement trough did exceed the limits set by the structural calculation.

V inkriminovaném místě, kde bylo ražbu nutné přerušit, se zrovna nacházel sloup veřejného osvětlení, který zároveň sloužil k uchycení trakčního vedení pro tramvaje. Panovaly oprávněné obavy, že může dojít, vlivem dosednutí nadloží, k jeho náklonu či v nejhrošším případě k jeho propadnutí do štoly. Proto bylo nutné zabezpečit jeho polohu pomocí „trojnožky“ a vodorovných nosníků. Požadované měření změn jeho polohy nebylo naštěstí řešeno nějakými sofistikovanými náklonoměry nebo jinými vymoženostmi geotechnického monitoringu. Na základě doporučení nejmenovaného, zato nadmíru zkušeného odborníka se přistoupilo k prostému vizuálnímu sledování sloupu z předem označených bodů. Svislá poloha sloupu byla konfrontována s fasádou Janáčkova divadla, která obsahuje mnoho svislých prvků a omyl byl tak vyloučen.

Jinak razicí práce proběhly podle plánovaného harmonogramu a konvergenční měření ve štole nevykazovala žádné anomální odchylky. Stejně tak poklesová kotlina nepřekročila meze stanovené statickým výpočtem.

3.2 Rekonstrukce kanalizace Rybníček

Technologický postup razicích prací byl navržen víceméně shodně se štolou na ulici Rooseveltova (viz odstavec 3.1). Jedinou odlišností bylo, že vzhledem k většímu profilu štoly, resp. její výšce, se uvažovalo s členěním výrubu na horní a dolní lávku, a to v případě nepříznivých hydrogeologických podmínek. Rovněž se v tomto případě počítalo s posílením primární výztuže aplikací stříkaného betonu tloušťky 7 cm spolu s montáží KARI sítě. Celková šířka poklesové kotliny byla předpokládána cca 13 m při poklesu nadloží v ose štoly v rozmezí 0,7–1,4 mm.

V profilu štoly daného úseku byl predikován výskyt stabilních zemin typu sprašových hlín a velmi vysoce plastických neogenních jílu tuhé konzistence. Trasa štoly se sice nacházela pod hladinou podzemní vody, ale vzhledem k nízké až velmi nízké propustnosti zeminového prostředí se předpokládal průběh ražeb ve víceméně bezvodém prostředí. Jediné ohrožení mohlo nastat v případě průniku podzemních vod skrz heterogenní navážky, jejichž výskyt nemohl být předem vyloučen. Potom by hrozilo nebezpečí rozbrzdění soudržných zemin, které by mohly výrazně změnit svoje fyzikální vlastnosti a rychle se stát nestabilními.

Výše uvedené obavy se naplnily při vlastním výkopu těžních šachet, kde se v hloubkách cca 4 m nacházely rozmělněné a zvodnělé jíly. Protože postupy ražby šachet v těchto podmínkách byly jednak pomalé a jednak hrozilo riziko tvorby kaveren za pažením a roubením šachet, přistoupilo se k realizaci svislých odvodňovacích vrtů. Vrty byly situovány v ose trasy štoly a nepřetržitě čerpání podzemní vody umožnilo hladké dokončení těžních šachet. Umístěním vrtů v trase štoly byl získán synergický efekt spočívající v tom, že tyto vrty byly následně s výhodou využity pro zaplnění štoly, resp. prostoru mezi polymerbetonovou stokou a primárním ostěním štoly betonovou směsí.

Z hydrogeologického hlediska pak vlastní ražba štol proběhla podle předpokladů v zeminách avizovaných průzkumem a nebyla komplikována problémy spojenými s přítomností podzemních vod (obr. 1). Výrub tak mohl být prováděn jako nečleňný. Jedinou komplikací byl souběh se stávající starou kanalizační stokou, která částečně zasahovala do profilu ražené štoly. Šlo o betonovou stoku vejčitého tvaru DN 600/900 mm. Nicméně tato překážka byla očekávána a projekt s ní počítal. Protože bylo nutné po dobu výstavby zachovat funkčnost stoky, bylo před zahájením ražeb do této stoky vtaženo provizorní plastové potrubí DN 400 mm. Potom byl prostor mezi plastovým potrubím a starou stokou vyplněn popílkocementovou suspenzí KOPOS (obr. 2). Po dokončení celé výstavby bylo zalito popílkem i toto provizorní potrubí.

3.2 Rybníček sewerage reconstruction

The technological procedure for the tunnel driving operations was designed more or less identically with the procedure for the tunnel on Rooseveltova Street (see paragraph 3.1). The only difference was that the excavation sequence consisting of the upper bench and lower bench was designed with respect to the larger profile of the tunnel (the larger height) for the cases of unfavourable hydrogeological conditions. In addition, the reinforcing of the primary support by applying a 7cm thick layer of shotcrete together with installing KARI mesh mats was counted on. The total width of the settlement trough was assumed to be about 13 m, with the settlement of the overburden on the tunnel centre line ranging from 0.7 to 1.4 mm.

The occurrence of stable soils of the secondary loess type and very highly plastic Neogene clays with stiff consistency was predicted to be encountered within the tunnel profile in the particular section. Admittedly, the tunnel route ran under the water table, but, taking into consideration the low to very low permeability of the soil environment, the excavation was expected to pass through a more or less dry environment. The only danger could be faced in the case of groundwater penetrating through heterogeneous made-ground, the encountering of which could never be excluded in advance. In such a case the danger of cohesive soils becoming slushy would be faced. The soils could substantially change their physical properties and quickly become unstable.

The above-mentioned fears came true during the sinking of hoisting shafts, where loose and water-bearing clays were encountered at the depths of about 4 m. Because the advance rates of the sinking of the shafts were slow and there was the risk of the development of caverns behind the shaft lagging and timbering, vertical dewatering wells were drilled. The wells were located on the centre line of the tunnel. Owing to the uninterrupted pumping of groundwater it was possible to smoothly complete the hoisting shafts. A synergic effect was earned by placing the boreholes on the tunnel centre line. It lied in the fact that these boreholes were subsequently used with advantage for the backfilling of the space in the tunnel between the polymer-concrete sewer structure and the primary lining of the tunnel with concrete.

As far as hydrogeology is concerned, the excavation of the tunnels proceeded in compliance with assumptions, i.e. passing through the soils which had been predicted by the survey and was not complicated by problems associated with the presence of groundwater (see Fig. 1). Thus the full-face excavation procedure could be applied. The only complication was the alignment running in parallel with the existing old sewer, which partially interfered with the tunnel profile. It was an egg-shaped concrete sewer DN 600/900 mm. However, this obstacle was expected and the design allowed for it. Since it was necessary to maintain the functionality of this sewer during the course of the construction, a temporary plastic pipeline DN 400 mm was pulled into this sewer. Subsequently the space between the plastic tubes and the old sewer was backfilled with KOPOS cinder-cement suspension (see Fig. 2). When the entire construction had been completed, even this temporary pipeline was filled with cinder.

4 CONSTRUCTION OF SEWERS USING POLYMER CONCRETE SEGMENTS

Because the polymer concrete segments which were used on the two construction sites which are described in this paper were identical, differing only in their dimensions, the description presented in this chapter will be only general. The polymer concrete components were supplied by DURTON Polymerbeton GmbH, an Austrian company, which is represented in Brno by its branch.

Tab. 1 Porovnání fyzikálních vlastností polymerbetonu
Table 1 Comparison of the polymer concrete physical properties

Vlastnost materiálu Material properties	Jednotka Unit	Průměrná hodnota Average value		
		tavený čedič Fused basalt	žula/diorit Granite / diorite	polymerbeton Polymer concrete
Objemová hmotnost Volume weight	kg/m ³	2900–3000	2500–2800	2100–2300
Nasákavost Absorption capacity	%	0	0,2–0,7	0,13
Pórovitost Percentage of voids	obj. % / vol. %	0	0,4	0
Odolnost proti opotřebení Resistance to wear	úbytek mm ³ loss mm ³	< 110	< 180	< 140
Pevnost v tlaku Compressive strength	MPa	300–450	135–215	> 100
Modul pružnosti Modulus of elasticity	MPa	> 110000	3000–7000	20000–34000
Vickersova tvrdost, povrch Vickers hardness, surface	MPa	700–800	800	> 320
Součinitel tepelné roztažnosti Coefficient of thermal expansion	K-1	8*10 ⁻⁶	6,5*10 ⁻⁶	12*10 ⁻⁶
Součinitel tepelné vodivosti Coefficient of thermal conductivity	W*m ⁻¹ *K ⁻¹	1,9–2,2	1,9–4,0	1,3–2,0

4 VÝSTAVBA KANALIZACE Z POLYMERBETONOVÝCH DÍLCŮ

Protože na obou dvou stavbách, které jsou popisovány v tomto článku, byly použity stejné polymerbetonové dílce, které se lišily pouze svými rozměry, bude popis v této kapitole pouze obecný. Dodavatelem polymerbetonových komponentů byla rakouská firma DUROTON Polymerbeton GmbH, která je v Brně zastoupena dceřinou společností.

4.1 Polymerbeton

Na úvod je potřeba se zmínit o polymerbetonech jako takových. Podstatný rozdíl oproti běžnému betonu představuje výrazně vyšší statická a dynamická pružnost polymerbetonu. Materiál Duroton patří ke skupině duroplastů. Jako plnivo slouží prané, sušené a na definovanou zrnitost tříděné křemičité písky. Plnivo a polyesterová pryskyřice se v automaticky řízených zařízeních



Obr. 2 Rybníček, čelba – vlevo nahoře provizorně propojená stávající kanalizace
Fig. 2 Rybníček, excavation face – a temporarily interconnected existing sewer pictured in the top left corner

4.1 Polymer concrete

To start with, it is necessary to mention polymer concretes as such. A substantial difference from common concrete lies in the significantly higher static elasticity and dynamic elasticity of polymer concrete. Duroton material falls into the group of duroplasts. Washed, dried silica sand screened to a defined grain size fraction is used as the filler. The filler and polyester resin are homogeneously mixed at an accurately controlled temperature in automatically controlled devices. Subsequently the mass is moulded using a vibration method and left to harden. Complete products can be removed from moulds and wrapped as early as after 20 minutes. At that moment they already exhibit over 80 % of the required strength.

Outstanding properties of polymer concrete allow its use in areas with the highest requirements for mechanical properties, abrasion resistance and chemical durability. The absorption of hardened polymer concrete is nearly equal to zero, which is the reason why duroton segments are frost resistant and their dimensions are very accurate.

An important technological advantage lies in high flexibility in the shaping of products. It is possible to achieve even complicated geometries of products by vibrating the material in steel or plastic moulds. Thanks to this flexibility it is then even possible to construct curved sewers, where the polymer concrete segments are tailor-made and are installed on site according to a pre-designed placing scheme.

The very good physical properties of polymer concrete are apparent from the Table 1, where their values are compared with natural materials (basalt and granite), which are frequently used for the construction of extremely loaded sewers and structures.

4.2 Installation of polymer concrete segments

4.2.1. Transport of segments

Polymer concrete segments are supplied to construction sites on classical EURO pallets (fixed with steel bands) in the condition allowing immediate installation (see Fig. 3). Because

za přesné kontroly teploty homogenně smíchají a následně odlijí do forem vibrační metodou a pak vytvrdí. Hotové výrobky mohou být již po 20 minutách vyjmuty z forem a opatřeny obalem. V tuto chvíli již vykazují přes 80 % požadované konečné pevnosti.

Vynikající vlastnosti polymerbetonu umožňují jeho použití v oblastech s nejvyššími požadavky na mechanické vlastnosti, oteřuvzdornost a chemickou stálost. Nasákavost vytvrzeného polymerbetonu se rovná téměř nule, z tohoto důvodu jsou durotonové dílce mrazuvzdorné a rozměrově velmi přesné.

Významnou technologicky danou předností je vysoká flexibilita ve tvarování výrobků. Vibrováním materiálu do ocelových nebo umělohmotných forem lze dosáhnout i složité geometrie výrobků. Díky této flexibilitě je pak možné realizovat z polymerbetonu i stoky v oblouku, kdy jsou jednotlivé díly vyrobeny na míru a na stavbě se osazují podle předem daného kladečského schématu.

Velmi dobré fyzikální vlastnosti polymerbetonu jsou patrné z tabulky 1, kde jsou jeho hodnoty porovnány s přírodními materiály (čedič a žula), které se hojně využívají při výstavbě zvláště exponovaných kanalizačních stok a objektů.

4.2 Montáž polymerbetonových dílců

4.2.1 Doprava dílců

Polymerbetonové dílce se dodávají na stavbu na klasických europaletách (fixované ocelovými pásky) ve stavu vhodném k okamžitému zabudování (obr. 3). Protože jednou z mála záporných vlastností polymerbetonu je jeho křehkost, bylo třeba se při manipulaci s jednotlivými dílci vyvarovat prudkých nárazů. Protože jakékoli výraznější poničení (trhlina, poškozený spoj) by vyloučilo jejich zabudování, což by při jejich ceně bylo mírně řečeno neekonomické. Je potřeba ještě uvést, že se horní a dolní části vejčitého profilu odlévají do forem zvlášť. Tyto části se pak přímo ve výrobní hale slepí dohromady a expedují na stavbu.

4.2.2 Spoje dílců

Vejčité polymerbetonové dílce jsou opatřeny hrdlovými spoji, do kterých se před montáží vkládá gumové těsnění. Spojení jednotlivých dílců se přes hrdla s gumovým těsněním provádí stavebním lepidlem, jež zároveň slouží pro vyplnění spár. Stavební lepidlo tak nahradilo dříve používané běžné spárovací hmoty. Pro tento účel bylo na stavbě použito dvousložkové konstrukční lepidlo a opravná malta typu SIKADUR K31/41 CF na bázi epoxidové pryskyřice a speciálních plniv bez rozpouštědel. Lepidlo se nanášelo na styčné hrany vejčitých dílců, a to bezprostředně před zasunutím profilu do hrdla. Samozřejmě bylo očištění styčných ploch před nanesením epoxidového lepidla rozpouštědlem na bázi acetonu. Vytlačené lepidlo na vnitřní spáře bylo odstraněno mechanicky špachtlí.

Na stavbě sběrače Rooseveltova ještě nebylo součástí spoje gumové těsnění, což se projevilo několika lokálními průsaky vod, které musely být sanovány. Sanace probíhala zevnitř stoky vybroušením problematické spáry a jejím opětovným přetmelením konstrukčním lepidlem. Na stavbě Rybníček byly již spáry vystrojeny gumovým těsněním, to se projevilo pozitivně na jejich vodotěsnosti a nebylo nutné provádět dodatečné opravy. Výjimkou byla asi dvě nebo tři místa v úseku, který byl proveden v oblouku a kdy je montáž atypických, na míru dělaných dílců přece jenom technologicky složitější.

4.2.3 Pokládka dílců ve štole

Pro dopravu dílců ve štole se používal prostý paletový vozík s nosností 2,5 tuny. Po uložení vejčitého profilu na vozík na dně těžní šachty se tento převezl na místo pokládky ve štole. Zde se dílec osadil do projektovaného spádu na podkladní betonovou desku štoly. Pro vypodložení dílce do správného spádu se používaly podklady z vrstvené pásoviny tloušťky 2 až 3 mm.



Obr. 3 Polymerbetonové dílce DN 1400 na 2100 mm na stavbě Rybníček
Fig. 3 Polymer concrete segments DN 1400/2100 mm on Rybníček construction site

one of negative properties of polymer concrete is its brittleness, it was necessary to avoid sharp impacts when handling individual segments. Any more serious damage (a crack, a damaged joint) would have made the incorporation into the structure impossible, which, to put mildly, would have been uneconomic. In addition, it is necessary to say that the upper parts and bottom parts of the egg-shaped profile are moulded separately. These parts are subsequently glued together directly in the shop and are dispatched to construction sites.

4.2.2 Segment joints

Egg-shaped polymer concrete segments are provided with socket-spigot joints with rubber gaskets inserted into them before the assembly. Individual segments with the rubber sealing are connected by a building adhesive, which at the same time fills the joints. The building adhesive have therefore replaced the previously used common jointing materials. SIKADUR K31/41 CF type of a two-component building adhesive and a corrective mortar based on epoxy resin and special fillers were used for this purpose. The adhesive was applied to joint edges of the egg-shaped segments just before the insertion of the profile into the socket. Cleaning of joint surfaces with an acetone-based solvent before the application of the epoxy adhesive was a commonplace. The adhesive which was pressed out on the inner side of the joint was removed mechanically with a spatula.

On Rooseveltova Street construction site, there was no rubber sealing part of the joint yet. This fact manifested itself in the form of several local water leaks, which had to be removed. The repair was carried out from within the tunnel by grinding away of the problematic joint and repeatedly filling it with the building adhesive. On Rybníček construction site, the joints were provided with rubber gaskets. It manifested itself positively in terms of the waterproofing capacity – no additional repairs were necessary. The only exceptions were two or three locations in the section installed on a curve, where it must be admitted that the assembly of atypical tailor-made segments was technologically more complicated.

4.2.3. Installation of segments in the tunnel

A simple pallet truck with 2.5 tonne carrying capacity was used for the transport of segments in the tunnel. After the egg-shaped profile segment had been loaded on the truck at the bottom of the hoisting shaft, it was transported to the installation point in the tunnel. In this location the segment was placed on the designed gradient on the concrete tunnel basement slab. Skids made up of strip steel 2 to 3 mm thick were used to achieve the correct gradient. The egg-shaped profiles were



Obr. 4 Rooseveltova, zafixování polymerbetonových dílců ve štolu
Fig. 4 Roosevelt Street, polymer concrete segments fixed in the tunnel

Vlastní spojení vejčitých dílců se provádělo velmi jednoduše heverem, který zatlačil osazovaný dílec do již ustaveného a zafixovaného dílce. Po zatlačení dílce a provedení spoje se muselo zrealizovat důkladné zajištění vejčitého profilu proti uklonění nebo zvednutí pomocí ocelových profilů rozepřených do primárního ostění štoly (obr. 4). Po ukončení montáže byly rovněž osazeny všechny odbočky kanalizačních přípojek a uličních vpustí.

Jak již bylo uvedeno výše, smontované polymerbetonové dílce musely být před betonáží důkladně zajištěny proti vyplavání působením vztlaku. Zde se jednalo o klíčovou operaci, protože jakákoli nepřesnost či ošizení přípravné činnosti by měly fatální následky v podobě demontáže a nutného vybourání vyplavených dílců. Jakákoli dodatečná oprava by byla naprosto vyloučená. Proto byla fixaci dílců věnována mimořádná pozornost. Betonáž pak musela být prováděna po vrstvách přímo z šachet a zejména pak výhodně z vrtů, které byly zřízeny za účelem odvodnění štoly během razicích prací. Výsledná podoba sběrače je patrná z obr. 5.

5 CÍSAŘSKÁ KOMORA

Aby se nejednalo pouze o technický článek, dovolil si autor do této kapitoly vložit historickou vsuvku, k čemuž ho vedla skutečnost, že ražba štol a výstavba sběrače na ulici Rybníček bezprostředně souvisela s historickým technickým objektem na brněnské kanalizaci zvaným „císařská komora“. Níže uvedené informace byly poskytnuty jedním z největších znalců brněnského kanalizačního systému panem Stanislavem Absolonem, za což mu patří poděkování.

„Císařská komora“, byl mezi pracovníky Brněnských vodáren a kanalizací, a. s., běžně užívaný název pro soutokový a rozdělovací objekt na brněnské stokové síti, který se nacházel na křižovatce ulic Staňkova – Rybníček. Čím byl zajímavý? Byl vybudován v roce 1912 u příležitosti připravované návštěvy císaře Františka Josefa I. V té době byla výstavba kanalizace v Brně opravdu ve velkém rozmachu a není proto divu, že neunikla ani zájmu samotného panovníka.

Objekt nebyl sice funkčně mimořádně důležitý, ale stavebně byl bezpochyby řešen velmi unikátně a velkoryse. Šachta sahala do hloubky téměř 8 m a umožňovala rozdělení průtoků ze staré přírodní stoky z roku 1888. Stavba sloužila ve své původní podobě do poloviny roku 2011 (tedy do doby ukončení rekonstrukce kanalizace, která je obsahem tohoto článku) a do její betonové konstrukce nebylo zasahováno. Pouze v roce 1999 byla provedena oprava omítek.



Obr. 5 Finální podoba kanalizačního sběrače na stavbě Rybníček
Fig. 5 Final shape of the main sewer on the Rybníček construction site

connected very simply by a jack, which pressed the segment being installed to the previously set and fixed segment. Once the pushing of the segment had been finished and the joint had been completed, it was necessary to secure the egg-shaped profile against tilting or heaving by means of steel sections braced against the primary lining of the tunnel (see Fig. 4). When the assembly operation had been finished, all branching fittings for sewerage services and street inlets were also installed.

As mentioned above, after the assembly the polymer concrete segments had to be thoroughly secured against flotation. It was a crucial operation because any inaccuracy or leaving out some parts of the preparation activities would have had fatal consequences in the form of the necessity for dismantling and breaking out the uplifted segments. Any additional repair would have been excluded. For that reason the fixing of segments was paid extraordinary attention. Concrete had to be cast in layers, directly from shafts and, especially advantageously, from the boreholes which had been carried out for the dewatering of the tunnel during the excavation. The final shape of the main sewer is presented in Fig. 5.

5 EMPEROR'S CHAMBER

To make this paper not purely technical, the author took the liberty of placing a historic insertion into this chapter. He was led to this decision by the fact that the excavation of tunnels and construction of the main sewer on Rybníček Street was immediately connected with a historic technical structure on the Brno sewerage called 'Emperor's Chamber'. The information presented below was provided by Mr. Stanislav Absolon, one of the greatest experts knowledgeable about the Brno sewerage system. He deserves our thanks for it.

The term of 'Emperor's Chamber' was commonly used by employees of Brněnské Vodárny a Kanalizace, a. s. (Brno Water and Sewerage joint-stock company) for the junction and division structure on the Brno sewerage network which was



Obr. 6 Návštěva na dně „císařské komory“
Fig. 6 The visit at the bottom of the Emperor's Chamber

Vstup do komory byl řešen tak, aby i „jeho veličenstvo“ mohlo pohodlně sestoupit do míst, která bývají běžnému občanu utajena. Po otevření šestidílného litinového poklopu se nejprve sestoupilo elegantním točitým schodištěm, následovala krátká chodba a další tentokrát přímé schody ústící na velkou mezipodestu. Z této galerie, ohraničené masivním zábradlím, se nabízel zajímavý pohled na celé dno komory s tichým proudem odpadní vody, která byla usměrňována v plynulém oblouku mělkou kynetou. Na podestě „císařské komory“ ukončil zřejmě prohlídku i sám císař stejně jako většina ostatních návštěvníků. Poslední schůdky již vedly až na samotné dno. Pohled do temného ústí stok, tu a tam přeběhnuvší hlodavec a rostoucí intenzita nasádlého pachu odpadních vod k další prohlídce kanalizačního systému zřejmě příliš nelákaly a nelákaly by i dnes (obr. 6).

Není historicky doloženo, jak dlouho se monarcha v podzemí zdržel, faktem ovšem je, že díky jeho návštěvě zůstala na kanalizační síti města Brna pěkná a zajímavá památka.

Je škoda, že o tomto objektu je možné již psát pouze v minulém čase. Po ukončení rekonstrukce kanalizace na ulici Rybníček pozbyla „císařská komora“ svoji funkci a byla zlikvidována. Sloužila tak bezmála 100 let a další generace můžou jen doufat, že i jimi budovaná díla vydrží alespoň stejnou dobu.

6 ZÁVĚR

Jednalo se o bezesporu zajímavé a náročné geotechnické stavby v centru města, kdy technika může jen mrzet, že nebyly většího rozsahu a netrvaly déle. Příjemnou nutností autora je poděkovat dobrým spolupracovníkům, hlavnímu stavbyvedoucímu panu Karáskovi a stavbyvedoucímu panu Plhalovi za obětavé a erudované vedení prací. Stejně tak kolegům z firmy OHL ŽS za seriózní spolupráci na stavbě Rooseveltova.

ING. IGOR FRYČ, igor.fryc@psvs.cz,
Pražské silniční a vodohospodářské stavby, a. s.

Recenzoval: doc. Ing. Vladislav Horák, CSc.

located at the intersection between Staňkova and Rybníček Streets. What was interesting on it? It was built in 1912 on the occasion of a visit of Emperor Franz Joseph I, which was being prepared. At that time the development of the sewerage network in Brno was booming and it is therefore no wonder that it did not escape the interest of the monarch himself.

In terms of the function, the structure was not exceptionally important, but in terms of the design it was solved in a very unique and magnanimous way. The shaft reached the depth of nearly 8 m. It made the division of flows from an old feeder conduit from 1888 possible. The structure served in its original form till the middle of 2011 (i.e. till the completion of the sewerage reconstruction which is described in this paper) and its concrete structure had not been changed. The only work on it was a repair to plastering in 1999.

The entrance to the chamber was solved in a way allowing 'His Majesty' to comfortably descend to places which usually remain concealed from common citizens. After lifting a sexpartite cover, a visitor first descended an elegant spiral staircase, then a short gallery and another staircase, this time straight, followed, ending on a large intermediate landing (see Fig. 6). The gallery, which was bounded by a massive hand-rail, offered an interesting view of the chamber bottom and the silent flow of sewage water, which was directed along a smooth curve by a shallow cunette. It is likely that the Emperor himself, as well as the majority of the other visitors, terminated the visit on the landing of the Emperor's Chamber. The last steps led down to the very bottom. The view down the dark mouths of sewers, rodents running from time to time across and the growing intensity of sweetish odour probably did not too much lure into examining it and would not lure into it even today (see Fig. 7).

It has not been historically documented how long the monarch stayed in the underground. On the other hand, it is the fact that owing to his visit a nice and interesting monument remained on the sewerage network of the city of Brno.

It is a pity that it is no more possible to write about this structure using the present tense. When the reconstruction of the sewerage in Rybníček Street had been finished, the Emperor's Chamber lost its function and was demolished. It had served for nearly 100 years; next generations can only hope that the structures they will build will endure at least for the same time.

6 CONCLUSION

The geotechnical structures we built in the centre of the city were undisputedly interesting and complicated and a technician can only be sorry that their scope was not larger and they did not take longer. It is my pleasant obligation to express my thanks to good collaborators of mine, namely Mr. Karásek, contractor's project manager, and Mr. Plhal, contractor's agent, for the devoted and erudite management of the works. The same thanks go to my colleagues from OHL ŽS for reliable collaboration on the Rooseveltova construction site.

ING. IGOR FRYČ, igor.fryc@psvs.cz,
Pražské silniční a vodohospodářské stavby, a. s.

LITERATURA / REFERENCES

- Archiv společnosti Pražské silniční a vodohospodářské stavby, a. s.
- Archiv společnosti Eiffage Construction Česká republika, s. r. o.
- Dokumentace firmy DUROTON Polymerbeton, s. r. o.
- Dokumentace z archívu firmy Brněnské vodárny a kanalizace, a. s.

ZÁVISLOST BENTONITOVÉ IZOLACE NA KVALITĚ PODKLADU

DEPENDENCE OF BENTONITE WATERPROOFING ON QUALITY OF SUBSTRATE

JIŘÍ HUSÁRIK

1 ÚVOD

Harmonizované evropské normy pro geosyntetické izolace zavedené v současné době v České republice se zabývají specifikací polymerních, jílových a živičných izolací. V těchto technických předpisech nalezneme požadavky na mechanicko-fyzikální vlastnosti, postupy pro posuzování shody, zkušební metody, požadavky na výrobce, vhodnosti použití, systém kontrol atp., čili prakticky vše co potřebujeme pro návrh, realizaci i zkoušení vodotěsných izolací znát. Bohužel zatím nejsou v České republice v tomto smyslu zpracované žádné normativní technické předpisy pro vodotěsné izolace fungující na základě přírodních bentonitů. Tato skutečnost se promítá i do praktického použití.

Účastníci stavebního procesu, myšleno především projektanti, zhotovitelé a investoři, jsou tímto postaveni před rozhodnutí použít systém, který nemá normativní oporu oproti standardizovaným systémům. I když, až na některé výjimky, nejsou výše citované normy závazné, dá se často výsledek výběru předpokládat. Přesto se přírodní bentonitu pro výrobu různých typů vodotěsných izolací využívá čím dál víc.

Bentonit je homogenní, velmi jemná hornina, která vzniká postupným zvětváním mateční horniny, především sopečných tufů. Má značnou sorbční schopnost a vnitřní bobtnavost ve styku s vodou.

Pro použití jako utěšňujícího prvku je nejvíce vhodný bentonit sodný, jehož největší ložiska se nacházejí v USA ve státech Wyoming a Montana. První ložiska byla objevena kolem roku 1881 u města Fort Benton (Montana). Odtud i jeho název.

Bentonitové izolace prošly v posledních asi 20 letech značným vývojem. Z používání především na skládkách v USA se postupně z bentonitových rohoží začaly izolovat podzemní stavby i v Evropě a dnes se mohou zhotovitelé prezentovat i použitím v ražených tunelech, především ve skandinávských zemích.

V České republice byla bentonitová izolace využívána při prvních aplikacích jako druhotný, nebo řekněme záložní systém k izolacím tzv. standardním. Takto zdůvodněné využití již byl investor ochoten akceptovat.

Následná první využití bentonitových izolací jako hlavního izolačního systému měla své nedostatky vyplývající často ze špatné aplikace, která nezohledňovala hlavní zásadu pro správnou funkci tohoto bobtnavého přírodního materiálu, a to je zajištění celoplošného dostatečného přítlaku na izolovanou konstrukci.

V současné době se již vyrábějí bentonitové izolace s kombinacemi vícevrstvých rohoží s obsahem granulátu nebo jemné moučky uzavřené v tkaných a netkaných geotextíliích bez fólií nebo s fóliemi na bázi PE nebo PVC_P. Stále častěji se používá kaširování bentonitu na fólie a využívá se i tzv. předhydratace bentonitu.

Také zhotovitelé jsou již podstatně lépe seznámeni se zásadami technologického postupu při provádění a začínají využívat hlavních výhod tohoto materiálu stále častěji. Jedná se především o jednoduchost aplikace a možnost provádění prací i za nízkých teplot, kdy jiné izolace již používat nelze. Možnost celoročního použití je v současné době, kdy se kladou stále větší nároky na dodržení termínů realizace, značnou výhodou nejen pro zhotovitele, ale i pro investora a budoucího uživatele.

1 INTRODUCTION

The harmonised European standards for geosynthetic waterproofing materials which have been recently introduced in the Czech Republic deal with the specification for polymer-based, clay-based and bitumen-based waterproofing materials. In these technical specifications we find requirements for mechanical-physical properties, conformance assessment procedures, testing methods, requirements for manufacturers, the suitability of use, inspection system etc., which is virtually everything we need know for the designing, installing and testing of waterproofing. Unfortunately, no relevant normative technical regulations for the functioning of waterproofing based on bentonite have been issued in the Czech Republic. This fact reflects itself even into the practical use.

Participants in the construction process, meaning first of all designers, contractors and project owners, therefore face the necessity of deciding whether the system which has no normative backing, as opposed to standardised systems, is to be used. Even though the above-mentioned standards, with some exceptions, do not have any binding force, the result of the selection is often predictable. Despite this fact, natural bentonite is used more and more often for the production of various types of waterproofing materials.

Bentonite is homogeneous, very fine-grained ground, which originates as a result of gradual weathering of parent material, first of all volcanic tuffs. It features significant sorption capacity and internal swelling power on contact with water.

Sodium bentonite, the largest deposits of which are found in the states of Wyoming and Montana, the USA, is the most suitable material for the use as a waterproofing element. The first deposits were discovered near the town of Fort Benton (Montana) around 1881. This is the origin of its name.

Bentonite waterproofing materials have passed through extensive development during the recent approximately 20 years. Starting from applications at landfills in the USA, bentonite mats gradually began to be used for waterproofing of underground structures even in Europe. Today, contractors, first of all in Scandinavian countries, can present themselves even by the use in mined tunnels.

In the Czech Republic, in the first applications, bentonite waterproofing materials were used as a secondary or, let us say a back-up system for the so-called 'standard' waterproofing systems. A solution which was given this reason became already acceptable for project owners.

The subsequent cases of the use of bentonite waterproofing as the main waterproofing system suffered their drawbacks following from frequently incorrect application, which did not take into consideration the main rule for the correct function of this natural swelling material, which is that it is necessary to ensure sufficient whole-area pressure forcing it against the structure being provided with the waterproofing.

Today, bentonite waterproofing materials are already manufactured with combinations of multi-layer mats containing pellets or fine powder closed in woven as well as non-woven geotextiles without plastic membranes or with a PE based or PVC_P-based membrane. The spreading of bentonite on membranes is used ever more frequently and even the so-called bentonite pre-hydration is used.



Obr. 1 Princip bentonitové izolace
Fig. 1 Bentonite waterproofing principle

Autor se proto ve výzkumné práci zaměřil na prověření vlastností a chování bentonitové izolace v závislosti na kvalitě provedení podkladu pro pokládku izolace.

2 PRINCIP BENTONITOVÝCH IZOLACÍ

Funkce bentonitové izolace je založena na těsnících vlastnostech sodného bentonitu. Sodný bentonit je směs minerálů s převahou montmorilonitu, který při styku s vodou okamžitě reaguje a tím vytváří izolační vrstvu. Po aktivování izolace, tedy vytvoření izolační vrstvy, je zabráněno pronikající vodě k izolaci nebo konstrukci v migraci podél konstrukce. Podle rozsahu poškozené izolace lze rozdělit efektivitu bentonitové izolace na dvě základní hlediska:

- v případě malého poškození izolace (rozříznutí izolace) dojde aktivací izolace k utěsnění poškozeného místa,
- při rozměrnějších poškozeních izolace (odstranění kusu izolace) dojde k ohraničení poškozeného místa a tím k definování přesného místa pro případnou injektáž.

Hlavním a nejdůležitějším předpokladem pro vhodné a správné použití bentonitové izolace je její uložení tak, aby byla sevřena mezi pevné povrchy a tím byla využita těsnící funkce bentonitové izolace v případě styku s vodou.

Na dnešním trhu existuje řada výrobků, které jsou založeny na funkci bentonitu, například bentonitové rohože (izolace), pásy, tmely.



Obr. 2 Řez bentonitovou rohoží VOLTEX
Fig. 2 Section through a VOLTEX bentonite mat

In addition, contractors are substantially better acquainted with the rules of the technological procedure during the application and have started to take the advantage of this material ever more frequently. The advantage lies first of all in the simplicity of the application and the possibility to carry out the work even in low temperatures, in which other waterproofing systems cannot be used. The possibility of the year-round use is significant advantage not only for the contractor but also for the client and the future user at the present time, when ever higher demands are being put on keeping to contractual deadlines.

This is why I focused my research work on the verification of properties and behaviour of bentonite-based waterproofing in relation to the quality of the execution of the substrate for the application of the waterproofing.

2 BENTONITE WATERPROOFING PRINCIPLE

The function of bentonite waterproofing is based on sealing properties of sodium bentonite. Sodium bentonite is a mixture of minerals with the prevailing proportion of montmorillonite, which immediately reacts with water and creates a waterproofing layer. When the waterproofing property has been activated, which means that the waterproofing layer has developed, water is prevented to penetrate to the structure or to migrate along the structure. The effectiveness of bentonite waterproofing can be divided into the following basic categories:

- In the case of a minor damage to the waterproofing (cutting through the waterproofing layer), the waterproofing capacity is activated and the damaged location is sealed.
- In the case of a damage to a larger area of the waterproofing (a piece of waterproofing is removed), the damaged area is enclosed, thus the exact location where the contingent grouting is to be carried out is exactly defined.

The main and most important condition for the proper and correct application of bentonite waterproofing is that it is installed in a way which ensures its clamping between hard surfaces so that the sealing function of the bentonite waterproofing is exercised in the case of its contact with water.

On today's market there is a range of products available which are based on the function of bentonite, e.g. bentonite mats, bands and compounds.

The function of bentonite is documented in the figure below. Dry bentonite was poured into a test cylinder and, subsequently, water was poured on its top. The cylinder was lifted immediately after the water was poured into it and was shifted next to the original place. Dry bentonite which was not activated when water was poured into the cylinder remained spilled on the original spot. Owing to its expansion capacity, the activated bentonite was capable of keeping remaining water in the cylinder without seeping through the activated bentonite layer (see Fig. 1).

3 MATERIAL FOR TESTING

Two basic types of bentonite are applied to bentonite mats, either the so-called dry bentonite or pre-hydrated bentonite. They can be in addition modified depending on the grade of water corrosivity. There are currently several products on the waterproofing products market combining a bentonite layer with felt or a plastic membrane providing the supporting part of the product structure.

In this paper, I will describe results of tests conducted on a VOLTEX bentonite mat (see Fig. 2).

Selected technical specifications for VOLTEX [1]:

Total thickness of mat in dry condition	6.4 mm	EN 9863-1
Temperatures during installation	up from -32°C	ASTM D-1970
Resistance to hydrostatic pressure	0.702 MPa	ASTM D-5385
Puncture resistance (CBR)	1.5 kN	EN ISO 12236
Bentonite content	4.80 kg/m ²	EN 14196
Water absorption	24 ml / 2g	ASTM D-5890
Tensile strength	8 kN/m	EN ISO 10319



Obr. 3 Zkouška funkce izolace VOLTEX (typ 1) – vysypání nádoby frakcí 8–32 mm

Fig. 3 Testing of VOLTEX waterproofing material function (type 1) – pouring aggregate fraction 8–32 mm into the vessel

Na následujícím obrázku je zdokumentována funkce bentonitu. Do zkušebního válce byl vsypán suchý bentonit a následně shora zalit vodou. Okamžitě po nalití vody byl válec zvednut a přesunut vedle původního místa. Na původním místě zůstal suchý vysypaný bentonit, který při nalití vody nebyl aktivován. Aktivovaný bentonit je schopen pomocí své roztažnosti udržet zbylou vodu ve válci, aniž by prosákla skrz aktivovanou vrstvu bentonitu (obr. 1).

3 ZKOUŠENÝ MATERIÁL

Do bentonitových rohoží se aplikují dva základní druhy bentonitu, buď tzv. suchý, nebo předhydratovaný. Ty pak mohou být dále upraveny podle agresivity vody. V dnešní době se na trhu s izolacemi vyskytuje řada výrobků, u kterých je především kombinována vrstva bentonitu s rohoží nebo fólií jako nosnou konstrukcí výrobku.

V tomto příspěvku budu popisovat výsledky zkoušek na bentonitové rohoži VOLTEX (obr. 2).

Vybrané technické specifikace izolace VOLTEX [1]:

Celková tloušťka rohože za sucha	6,4 mm	EN 9863-1
Teploty při instalaci	od -32 °C	ASTM D-1970
Odolnost vůči hydrostatickému tlaku	0,702 MPa	ASTM D-5385
Odolnost vůči protlačení (CBR)	1,5 kN	EN ISO 12236
Obsah bentonitu	4,80 kg/m ²	EN 14196



Obr. 5 Zkouška funkce izolace VOLTEX (typ 1) – nádoba po napuštění vodou
Fig. 5 Testing of VOLTEX waterproofing material function (type 1) – the vessel after filling with water



Obr. 4 Zkouška funkce izolace VOLTEX (typ 1) – nádoba před napuštěním vodou

Fig. 4 Testing of VOLTEX waterproofing material function (type 1) – the vessel before filling with water

4 DESCRIPTION AND CONCLUSIONS OF TESTS

I carried out the verification of the dependence of the waterproofing tightness on the quality of the surface of the waterproofing layer substrate by means of tests simulating the substrate quality and the environment in which the waterproofing is installed. The tests were conducted in glass vessels with perforated bottoms so that water passing through was obvious. The mats were inserted into the glass vessel in one folded piece, without any joint.

At the first test type, the mat was inserted into the vessel in a way which ensured that caverns (honeycomb structures) originated between the glass and the mat. Then the vessel containing the waterproofing mat was filled with gravel, grain size fraction of 8-32 mm, and water was poured on it. Using this way of the waterproofing mat application and spreading gravel of the above-mentioned grain size, the locations where the required clamping of the mat in which leakage through the waterproofing mat could originate were simulated (see Fig. 3).

Water started to leak from the vessel through the waterproofing mat within 10-15 seconds from the beginning of the filling of the vessel with water. The leakage stopped within the interval of time of 5-6 minutes; subsequently water only dropped for 8-10 minutes from the beginning of the test.



Obr. 6 Zkouška funkce izolace VOLTEX (typ 1) – vytékající vody z nádoby
Fig. 6 Testing of VOLTEX waterproofing material function (type 1) – water leaking from the vessel



Obr. 7 Zkouška funkce izolace VOLTEX (typ 2)
Fig. 7 Testing of VOLTEX waterproofing material function (type 2)

Absorbce vody	24 ml/2g	ASTM D-5890
Pevnost v tahu	8 kN/m	EN ISO 10319

4 POPIS A ZÁVĚRY ZKOUŠEK

Ověření těsnosti izolace v závislosti na kvalitě povrchu podkladu pod izolací jsem provedl pomocí zkoušek, které simulovaly kvalitu podkladu a prostředí uložení izolace. Zkoušky byly prováděny ve skleněných nádobách s perforovaným dnem, aby bylo zřejmé protečení vody. Rohože byly do skleněné nádoby vloženy v kuse s přeložením bez jakýchkoli spojů.

U prvního typu zkoušky byla rohož vložena do nádoby umístěna tak, aby vznikly mezi sklem a rohoží tzv. kaverny neboli hnízda. Dále byla nádoba s izolací vysypána kamenivem frakce 8–32 mm a naplněna vodou. Tímto způsobem uložení izolace a zásypem kamenivem uvedené frakce byla simulována případná místa bez požadovaného přitlaku izolace, ve kterých by mohlo docházet k netěsnosti izolace (obr. 3).

Od začátku napouštění nádoby vodou začala v rozmezí 10–15 sekund vytékat voda ven z nádoby skrz izolaci. Vytékání vody se zastavilo v časovém intervalu 5–6 minut a následně voda jen odkapávala do doby 8–10 minut od začátku zkoušky.

U druhého typu zkoušky byla izolace uložena v nádobě bez vytvoření míst s kavernami a zároveň bylo dosaženo rovnoměr-



Obr. 10 Zkouška funkce izolace VOLTEX (typ 2) – detail po napuštění nádoby vodou
Fig. 10 Testing of VOLTEX waterproofing material function (type 2) – a detail after the filling of the vessel with water



Obr. 8 Zkouška funkce izolace VOLTEX (typ 2) – nádoba před napuštěním vodou
Fig. 8 Testing of VOLTEX waterproofing material function (type 2) – the vessel before filling with water



Obr. 9 Zkouška funkce izolace VOLTEX (typ 2) – nádoba po napuštění vodou
Fig. 9 Testing of VOLTEX waterproofing material function (type 2) – the vessel after filling with water

At the other type of the test, the waterproofing mat was inserted into the vessel without creating caverns and, at the same time, uniform pressing on the waterproofing mat against the vessel wall was reached by means of sand, which was used instead of the aggregate (see Fig. 7). At this test, no water passed from the vessel through the waterproofing mat after the vessel had been filled with water.

It is possible to state on the basis of the tests and the measured values that:

- Water flew through the waterproofing in the case of the first type test because during that time the bentonite layer was being activated and bentonite was growing into the geotextile layers. Water ceased to seep through after the activation and saturation of the geotextile layers with bentonite.
- The seepage due to the longer duration of the activation of the bentonite layer could also be caused by the following circumstances: a failure to activate the mat under pressure (empty spaces at corners and at the folds – in the area of a possible cavern), non-uniform pressing of the waterproofing layer by the 8-32 fraction aggregate.
- The waterproofing is capable of sealing locations where the waterproofing was applied or the substrate was carried out erroneously, but this manifests itself with a certain delay.



Obr. 13 Nevhodný podklad pod izolaci
Fig. 13 Improper waterproofing layer substrate

něžšího přitlaku izolace na stěnu nádoby pomocí písku, který byl použit místo kameniva (obr. 7). U této zkoušky po napuštění nádoby vodou neprotekla žádná voda skrz izolaci z nádoby ven.

Na základě těchto zkoušek a naměřených hodnot lze konstatovat:

- Voda vytékala u zkoušky prvního typu skrz izolaci, jelikož po tuto dobu docházelo k aktivaci a prorůstání bentonitové vrstvy skrz vrstvy geotextilií. Po aktivaci a vyplnění překladů vrstev geotextilií bentonitem přestala voda prosakovat.
- Prosakování vody vlivem delší doby aktivace bentonitové vrstvy mohlo být také zapříčiněno následujícími okolnostmi: neaktivování rohože pod tlakem (volná místa v rozích a u přeložení – v realu možné kaverny), nerovnoměrné přitlačení izolace kamenivem frakce 8–32 mm.
- Izolace má schopnost utěsnit i chybně provedená místa při pokládce izolace nebo realizaci podkladu, avšak s určitým zpožděním.

5 PŘÍKLADY VZNIKU OHROŽENÝCH MÍST PŘI REALIZACI

Na následujících fotografiích jsou uvedeny příklady poškození izolací nebo nevhodně provedených podkladů pod izolace, které mohou zapříčinit vznik tzv. kaveren, u kterých může dojít ke ztrátě potřebného přitlaku izolace a tím protečení vody skrz izolační vrstvu zejména v první fázi po zatopení vodou.

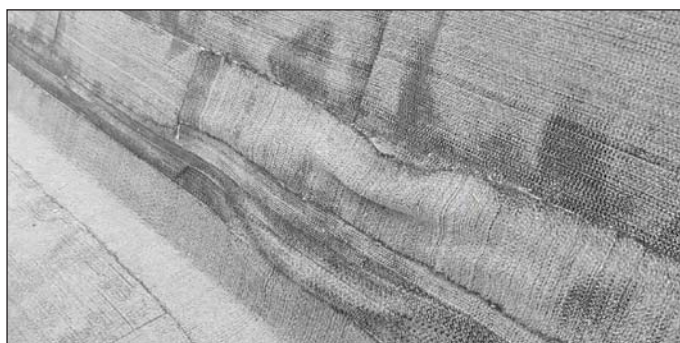
6 ZÁVĚR

Z výše popsaných testů izolací vyplývají následující fakta. Kvalitní příprava podkladu pro bentonitovou izolaci je stejně důležitá jako u jiných typů izolací. V opačném případě může dojít k lokálnímu dočasnému průsaku vody. Stejně důležité je provedení kontroly kvality pokládky izolace před navazujícími pracemi, jelikož možné přeložení nebo shrnutí izolací může mít stejný negativní efekt jako nekvalitně provedený podklad.

Tato izolace velice efektivně zabraňuje migraci vody podél konstrukce a má schopnost utěsnit i nevhodně provedené místa, avšak za cenu dočasného průsaku vody.

ING. JIŘÍ HUSÁRIK, jiri.husarik@metrostav.cz,
METROSTAV, a. s.,
spolupráce ING. JURAJ KRÄTSMAR-ŠMOGROVIČ,
PASTELL, spol. s r. o.

Recenzoval: Ing. Pavel Šourek



Obr. 11 Shrnutí izolace od nevhodného pohybu osob po izolaci
Fig. 11 Ruffling of a waterproofing layer by inappropriate movement of persons on the layer



Obr. 12 Nekvalitně provedené napojení izolací umožňující vtečení betonové směsi do spoje
Fig. 12 Shoddy workmanship on a joint between waterproofing mats making the flowing of concrete mix into it

5 EXAMPLES OF THE ORIGINATION OF ENDANGERED SPOTS DURING CONSTRUCTION

The pictures below present examples of damaged waterproofing layers or improperly performed substrates under waterproofing layers which may cause the origination of the so-called 'caverns', on which the required pressure on the waterproofing layer may be lost and subsequently water may seep through the waterproofing layer, first of all during the first stage after it is inundated with water.

6 CONCLUSION

The following facts can be drawn from the waterproofing tests described above: Good quality preparation of the bentonite waterproofing substrate is of the same importance as it is at other waterproofing types. Failing that, a local temporary seepage of water may happen. Of the same importance is the execution of checks on the quality of the installation of the waterproofing layer prior to the subsequent operations. It is so because of the fact that the possible folding or ruffling of the waterproofing layer may have a negative effect which is identical with the effect of shoddy workmanship on the substrate.

This waterproofing type effectively prevents water from migrating along the structure and is capable of sealing even improperly performed locations, even though at the expense of temporary seepage of water through it.

ING. JIŘÍ HUSÁRIK, jiri.husarik@metrostav.cz,
METROSTAV, a. s.,
spolupráce ING. JURAJ KRÄTSMAR-ŠMOGROVIČ,
PASTELL, spol. s r. o.

LITERATURA / REFERENCES

www.beto-tech.cz

FOTOREPORTÁŽ ZE STAVBY PRODLOUŽENÍ TRASY V.A PRAŽSKÉHO METRA (STAV K 15. 7. 2012)

PICTURE REPORT FROM THE CONSTRUCTION OF THE FIFTH EXTENSION OF THE PRAGUE METRO LINE A (THE STATE AS OF 15. 7. 2012)



Obr. 1 Zeminový štít Adéla při průtahu a odpočinku ve stanici Červený Vrch (foto: Tatar)

Fig. 1 Adéla EPBS being pulled through and taking rest in Červený Vrch station (photo courtesy of: Tatar)



Obr. 3 Pohled do stanice Červený Vrch (foto: Tatar)

Fig. 3 A view of Červený Vrch station (photo courtesy of: Tatar)



Obr. 5 Hra přírodních žvlů s podzemím ve stanici Petřiny (foto: Tatar)

Fig. 5 Play of elements with the underground in Petřiny station (photo courtesy of: Tatar)



Obr. 2 Cesty logistiky technologie EPBS ve stavební jámě E2 (foto: Husák)

Fig. 2 Routes of the EPBS technology logistics in construction pit E2 (photo courtesy of: Husák)



Obr. 4 Staveniště hloubené stanice Motol z nahledu (foto: Chotár)

Fig. 4 Bird's-eye view of the Motol station construction site (photo courtesy of: Chotár)



Obr. 6 Provádění definitivního osídlení v trojlodní stanici Veleslavín (foto: Chotár)

Fig. 6 Construction of final lining in Veleslavín three-vault station (photo courtesy of: Chotár)

Čas pro řešení

KrampeHarex[®] ocelová a polypropylenová vlákna

Podzemní stavby

Rychleji :

Až 2,5 krát rychleji
oproti použití běžné
betonářské výztuže.

Lépe :

Vlákna zvyšují pevnosti
betonu a jeho požární
odolnost.

Hospodárně :

Snížení nákladů na
materiál a práci je
nespornou výhodou.

Váš spolehlivý geotechnický partner při výstavbě tunelů

Rozumíme podnikání a potřebám našich zákazníků.
Máme 85 let zkušeností ze staveb tunelů po celém světě.

www.arcadisgt.cz

 **ARCADIS** GEOTECHNIKA
Partner konference Podzemní stavby Praha 2013

Minova

Váš partner pro podzemní výstavbu



Minova

Zlatý partner
konference
„Podzemní stavby
Praha 2013“

Minova International patří mezi přední světové dodavatele kotevní techniky a injekčních materiálů pro oblast podzemní výstavby. Její ucelené portfolio technologií a produktů bylo prověřeno řadou úspěšných akcí nejen v zahraničí, ale také v České a Slovenské republice.

Minova Bohemia dodává svým partnerům v těchto zemích osvědčené technologie a technické poradenství pro řešení obtížných situací při výstavbě či rekonstrukcích podzemních staveb.

Kotvení • Těsnění • Zpevnění • Stabilizace • Vyplňování


MINOVA

The Ground Support Company

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ / NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

SVĚTOVÝ TUNELÁŘSKÝ KONGRES A 38. VALNÉ SHROMÁŽDĚNÍ ITA TUNELY A PODZEMNÍ PROSTOR PRO SVĚTOVOU SPOLEČNOST – BANGKOK 2012 WORLD TUNNEL CONGRESS & 38TH ITA GENERAL ASSEMBLY ON TUNNELLING AND UNDERGROUND SPACE FOR A GLOBAL SOCIETY – BANGKOK 2012

The world Tunnel Congress was held in Bangkok, Thailand, from 18th to 24th May 2012. The congress was organised by the ITA jointly with the Thailand Underground and Tunnelling Group (TUTG) and the Engineering Institute of Thailand (EIT). The total of 53 countries from 68 ITA member countries were represented at the congress. As a standard, parts of the congress were, in addition to lectures as follows: the ITA General Assembly, a meeting of the ITA management, a pre-congress educational course, sessions of WG - working groups, an exhibition of companies having their business in the area of underground construction, a poster exhibition of papers which were not selected for presentations, social events, excursions and tours.

The decision on the World Tunnel Congress 2015 to be held in Dubrovnik, Croatia, was made at the General Assembly.

As far as the Czech Republic is concerned, 15 persons attended the congress, 10 papers were published in the congress proceedings and 5 of them were read, namely the papers by Ing. Martin Srb (D2 Consult Prague s.r.o.) – Long Highway Tunnels in Indian Himalaya under Construction, Ing. Alexandr Butovič, Ph.D. (Satra s.r.o.) – The Blanka Tunnel Complex in Prague – The Unique Close Crossing of Big Profile Tunnels, Ing. Karel Rossler, Ph.D. (Metrostav a.s.) – EPBM Two Component Grouting – Problems and Solutions, Ing. Marek Záleský, Ph.D. (Arcadis Geotechnika a.s.) – Geotechnical Risks Mastery - Prague Metro Line A and Mgr. Libor Síla (PUDIS a.s.) – Experience of Geotechnical Monitoring during the Construction of Utility Tunnels in Prague, Czech Republic.

Světový tunelářský kongres se konal 18.–24. května 2012 v Bangkoku (obr. 1) v Thajsku. Kongres organizovala ITA společně s Thailand Underground and Tunnelling Group (TUTG) a Engineering Institute of Thailand (EIT). Na kongresu bylo zastoupeno 53 států z 68 členských států ITA. Součástí kongresu bylo standardně kromě přednášek také valné shromáždění ITA, setkání vedení ITA, předkongresový vzdělávací kurz, setkání pracovních skupin (WG – Working Groups), výstava společností podnikajících v oblasti podzemních staveb, posterová výstava příspěvků nevybraných k prezentacím, společenské akce, dále pak exkurze a výlety.

Na kongresu bylo celkem přítomno 994 delegátů, 62 doprovodných osob a 218 vystavovatelů, celkem tedy 1274 účastníků (pro porovnání na WTC 2007 v Praze bylo přítomno 1167 delegátů, 215 doprovodných osob a 186 vystavovatelů, celkem tedy 1568 účastníků). Nejvíce delegátů bylo z pořadajícího Thajska (156), z Číny (63) a z Japonska (56), českých delegátů bylo přítomno 11.

VALNÉ SHROMÁŽDĚNÍ

Přítomné členské státy ITA:

Jižní Afrika, Německo, Argentina, Austrálie, Rakousko, Ázerbájdžán, Bělorusko, Belgie, Bosna a Hercegovina, Brazílie, Bulharsko, Kanada, Chile, Čína, Kolumbie, Korea, Kostarika, Chorvatsko, Dánsko, Spojené arabské emiráty, Ekvádor, Španělsko, USA, Finsko, Francie, Řecko, Maďarsko, Indie, Irán, Itálie, Japonsko, Makedonie, Malajsie, Mexiko, Černá Hora, Myanmar,

Nepál, Norsko, Nizozemsko, Polsko, Portugalsko, Rumunsko, Spojené království, Rusko, Srbsko, Singapur, Slovensko, Slovinsko, Švédsko, Švýcarsko, Česká republika, Thajsko, Ukrajina.

Nepřítomné členské státy ITA:

Alžírsko, Saúdská Arábie, Egypt, Indonésie, Island, Izrael, Kazachstán, Laos, Lesotho, Maroko, Panama, Peru, Turecko, Venezuela, Vietnam.

Členství v ITA

ITA přijala čtyři nové členské státy (Kostarika, Ekvádor, Makedonie, Myanmar) a 15 nových přidružených členů (12 firemních členů a 3 individuální členy). Celkem má ITA 68 členských států a 305 přidružených členů (190 firemních členů a 115 individuálních členů).

Pořadatelství následujících světových kongresů

Světový kongres WTC 2013 bude v Ženevě ve Švýcarsku, WTC 2014 bude v Brazílii u vodopádu Iguassu (původní místo konání Sao Paulo bylo změněno vzhledem k termínovému střetu s fotbalovým MS). O organizaci WTC 2015 usilovaly tři státy: Dánsko (Kodaň), Chorvatsko (Dubrovnik) a Německo (Mnichov). V prvním kole získalo Dánsko 14 hlasů, Chorvatsko 26 hlasů a Německo 12 hlasů. V druhém kole získalo Dánsko 23 hlasů a Chorvatsko 29 hlasů. WTC 2015 se tedy uskuteční v chorvatském Dubrovniku.

PŘEDNÁŠKY

Na kongresu byly předneseny 4 úvodní přednášky. První přednášku (Muir Wood lecture) přednesl prof. Fritz Gröbl z Německa, nové výzvy v oblasti návrhu segmentových ostění, které souvisejí s většími průměry ostění. Přednáška byla založena na zkušenostech s návrhem ostění tunelu Orlovského v Petrohradě, u kterého je uvažován průměr okolo 19 m. Prof. Seung Ryull Kim přednesl první klíčovou přednášku (keynote lecture), která byla zaměřena na současnost a budoucnost využití podzemního prostoru v Soulu. Následující prezentaci přednesl domácí řečník Dr. Noppadol Phienweij, byla zaměřena na podzemní stavitelství v Thajsku, kde dosud není mnoho podzemních staveb, ale kde je řada tunelů v současnosti připravována (nová trasa metra, odvodňovací, případně i dopravní tunely v Bangkoku atd. Poslední z úvodních přednášek prezentoval Dr. Harald Wagner z Rakouska, který v současnosti žije v Thajsku. Poslední přednáška byla zaměřena na rozdílné přístupy k podzemnímu stavitelství v různých částech světa.

Tradiční otevřenou sekci (open session) organizoval a moderoval Han Admiral z Nizozemska, který je předsedou ITACUS (Committee on Underground Space), což je složka ITA zaměřená na propagaci využívání podzemního prostoru. Daná část konference se skládala z řady přednášek a panelových diskusí, vše bylo zaměřeno na nové možnosti využívání podzemního prostoru ve městech (tj. obchodní centra, podzemní garáže, ale i parky, atd.). Velmi zajímavé byly diskuse zaměřené na majetkoprávní vztahy, které jsou v podzemí na rozdíl od povrchu poměrně nejasné, což při narůstajícím zájmu o podzemní prostor bude přinášet problémy.



Královský palác v Bangkoku
Royal palace, Bangkok

Ostatní přednášky byly předneseny ve 3 dnech s rozdělením do následujících 13 technických sekcí:

- Tunely ve městech
- Využití podzemního prostoru
- Inovace v mechanizovaném tunelování
- Konvenční tunelování
- Dlouhé a hluboké tunely
- Smluvní vztahy, komerční aspekty a rizika
- Tunelování u citlivých konstrukcí
- Konvenční tunelování a sanace a opravy tunelů
- Bezpečnost v tunelech
- Mikrotunelování
- Hluboké jámy

Omezování a řízení vlivu přírodních katastrof s využitím podzemí
Odolnost podzemních konstrukcí seismickému zatížení

Celkem bylo ve sborníku otištěno 358 článků ze 44 zemí, 155 článků bylo prezentováno ústně, ostatní články byly prezentovány postery. Nejvíce otištěných článků bylo z Jižní Koreje (36), z Číny (35) a z Japonska (34), z Thajska bylo 17 článků. Z České republiky bylo ve sborníku otištěno 10 článků, ze kterých bylo předneseno ústně následujících 5 příspěvků:

Ing. Martin Srb (D2 Consult Prague, s. r. o.) – Long Highway Tunnels in Indian Himalaya under Construction,

Ing. Alexandr Butovič, Ph.D. (Satra, s. r. o.) – The Blanka Tunnel Complex in Prague – The Unique Close Crossing of Big Profile Tunnels.

Ing. Karel Rossler, Ph.D. (Metrostav, a. s.) – EPBM Two Component Grouting – Problems and Solutions.

Ing. Marek Záleský, Ph.D. (ARCADIS Geotechnika, a. s.) – Geotechnical Risks Mastery – Prague Metro Line A.

Mgr. Libor Síla (PUDIS, a. s.) – Experience of Geotechnical Monitoring during the Construction of Utility Tunnels in Prague, Czech Republic.

ORGANIZACE KONGRESU

Vzhledem k našim zkušenostem s pořadatelstvím WTC 2007 a PS 2010 bylo poměrně zajímavé pozorovat, jak se s daným úkolem vypořádali naši thajští kolegové. K organizaci bude uvedeno pouze několik postřehů.

Veškeré stravování bylo na velmi vysoké úrovni, obdobně i veškeré recepce byly uspořádány ve velmi zajímavých prostorech. Zajímavá byla bezplatná možnost thajských masáží nohou pro všechny účastníky, což thajští organizátoři slibovali již při usilování o pořadatelství kongresu.

Byla požadována různá výše vložného, u některých tzv. rozvojových států bylo vložné sníženo na polovinu (18 tis. THB místo 36 tis. THB), klíč výběru států se sníženým vložným byl nejasný (mezi danými státy byly kromě pořádajícího Thajska např. Island, Srbsko, Ázerbájdžán, atd.). Nestandardní byl také požadavek jednoho registrovaného účastníka na každý článek otištěný ve sborníku (tj. v případě více článků jednoho autora byla požadována i účast spoluautorů), daná informace byla upřesněna až po odevzdání článků.

Zajímavým zpestřením bylo pořádání výstavy domácích mazlíčků ve stejném kongresovém centru během víkendu, kdy již probíhala různá jednání (valná hromada, pracovní skupiny, atd.), tudíž se účastníci museli prodírat skrz množství přítomných zvířat. Trochu nevhodná byla organizace posterové sekce, kdy na každém panelu se střídaly 4 postery, tudíž každý poster byl zájemcům dostupný pouze jedno dopoledne či odpoledne. Účastníci bohužel nedostali seznam účastníků s kontaktními údaji. I přes množství přítomných fotografií a přes naše žádosti zatím nebyly zpřístupněny žádné fotografie z kongresu.

I přes drobné organizační nedostatky je třeba konstatovat, že veškeré cíle kongresu byly splněny a účast na kongresu byla pro všechny účastníky velmi přínosná a zajímavá. Určitě je třeba ocenit vstřícnost a ochotu pořadatelů, kteří v průběhu kongresu dělali maximum.

Více údajů o konferenci lze nalézt na webové stránce: www.wtc2012.com

*Doc. Ing. MATOUŠ HILAR, Ph.D., hilar@d2-consult.cz,
D2 Consult Prague, s. r. o.*

SWISS TUNNEL CONGRES 2012 V LUZERNU SWISS TUNNEL CONGRES 2012 IN LUCERNE

The author of the contribution informs about the Swiss Tunnel Congress 2012, which was held this year from 13th to 15th June. The high number of attendees (about 800, many of them from abroad) is the proof of the high level of the conference. The standard model of this congress, which has been kept unchanged for many years, introduces an afternoon colloquium on the first day,

the all-day conference is on the second day and very interesting technical excursions are organised on the third day. The first day was focused on underground workings associated with water power plants, which is a current topic in Switzerland because the share of the power obtained from water schemes is very high. The topics presented on the second day were, as usual, divided

into several blocks – water power plants, tunnels constructed in extreme conditions of urban development or extreme geological conditions, the north-south railway corridor and a block dealing with tunnel rehabilitation.

The technical excursions on the third conference day are always traditionally perfectly organised.

Jako každým rokem se konala ve druhém červnovém týdnu (13. 6. až 15. 6.) švýcarská tunelářská konference, pořádaná FGU (Fachgruppe für Untertagbau) tradičně v prostorách kongresového a kulturního paláce v Luzernu. Účast na této konferenci standardně dosahuje kolem 800 návštěvníků. Přestože jde o národní švýcarskou konferenci, zúčastnilo se jí jako obvykle asi 120 zahraničních návštěvníků, převážně z německy mluvících zemí (Rakousko a Německo). Standardní model tohoto kongresu udržovaný již po mnoho let, představuje v prvním dnu odpolední kolokvium, druhý den je celodenní konference a třetí den odborné exkurze.

První den byl letos zaměřen na podzemní díla související s vodními elektrárnami, což je ve Švýcarsku vysoce aktuální téma, protože energie získaná z vodních děl představuje v nainstalovaném výkonu 33 % z vodních přečerpávacích elektráren a 24 % z běžných průtočných vodních elektráren. Z jaderných elektráren pochází 38 % energie a pouhých 5 % je vyráběno v klasických tepelných elektrárnách, případně fotovoltaických či z jiných zdrojů. S ohledem na předpokládaný útlum jaderného programu se předpokládá asi od roku 2030 až 90% podíl výroby elektrické energie z vodních elektráren.

Témata přednášek na konferenci druhý den byla jako obvykle rozdělena do několika bloků – vodní elektrárny, tunely budované v extrémních podmínkách městské zástavby nebo extrémních geologických podmínkách, tradiční téma severojižní železniční koridor (Gotthardský bázový tunel, tunel Ceneri a související podzemní stavby) a blok, věnující se sanacím tunelů. Z celkových 16 referátů bylo prezentováno pět zahraničních staveb či projektů. Přednáší se převážně německy, ale také anglicky a francouzsky včetně velmi kvalitního simultánního tlumočení do všech těchto jazyků. Závěr druhého konferenčního dne představuje tradičně kulinářský zážitek – večere v luxusním hotelu Schweizer Hof.

Odborné exkurze v třetím dnu konference jsou vždy tradičně perfektně organizovány. V letošním roce byly na výběr následující stavby ve Švýcarsku:

- Generální rekonstrukce příjezdových tunelů v Luzernu – provádí se za provozu a v nočních, případně víkendových výlukách již třetím rokem, exkurze se koná tradičně v nočních hodinách po prvním dnu konference.
- Gotthardský bázový tunel – tentokrát severní část, kde probíhá montáž svršku a technologie, uvedení do provozu se předpokládá koncem roku 2016.

TUNELÁŘSKÉ ODPOLEDNE 2/2012 TUNNEL AFTERNOON 2/2012

The Tunnel Afternoon on the topic of 'The use of the underground space for organised the education, research and storage of radioactive waste', which was the second this year, took place on 16th May 2012. A morning excursion to the Josef Gallery, where university students are taught and in situ research ordered by domestic as well as foreign companies is conducted, was part of the Afternoon. In the afternoon hours, individual lectures were delivered in the Masaryk College. Over seventy attendees of the event heard them. Initial two lectures



Česká tunelářská asociace ITA-AITES propagovala v Luzernu svou 11. mezinárodní konferenci Podzemní stavby Praha 2013, která se bude konat v dubnu 2013 v Praze (foto: Ing. Horák)

The ITA-AITES Czech Tunnelling Association promoted in Lucerne its 11th international conference Underground Construction Prague 2013, which will be held in Prague in April 2013 (photo: Ing. Horák)

- Tunel Ceneri (15,4 km) – ražby TBM, portálové oblasti.
- Hlavní nádraží v Zürichu – zprůjezdnění původně hlavového nádraží soustavou tunelů a nástupišť ve třech podzemních úrovních.
- Tunelový obchvat vesnice Küblis délky 2,3 km – klasická cyklická ražba silničního obousměrného tunelu na trase Chur – Davos s netradičním, ale pro švýcarské tunely častým řešením vývozu rubaniny z tunelu více než kilometr dlouhou stolou s instalovaným dopravníkovým pásem přímo na trvalou deponii.

Součástí obdržených materiálů pro každého účastníka konference je již tradičně perfektně knižně vázaný sborník se všemi přednáškami včetně CD.

ING. VLASTIMIL HORÁK,
AMBERG Engineering Brno, a. s.

were dedicated to the URC Josef Regional Underground Research Centre: Ing. Danuše Nádherná from the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical University outlined the history, presence and future of the Josef Gallery; prof. Jaroslav Pacovský acquainted the attendees with the activities which are underway in the URC Josef. In the last part of the initial block of lectures, Rolf Christiansson from SKB spoke about approaches to the repository storage of radioactive



Obr. 1 Pohled ze Štoly Josef na URC Josef
Fig. 1 The Josef URC viewed from the Josef Gallery

waste in Sweden. Lecturers from Správa Úložišť Radioaktivních Odpadů (The Radioactive Waste Repository Administration) spoke after a short break. RNDr. Jiří Slovák described the strategy of the process of the selection of a locality for a deep repository in the Czech Republic. Ing. Markéta Dvořáková dealt with technical aspects of a design solution for a deep repository. The closing lecture delivered by RNDr. František Woller acquainted the attendees with the complexity and extent of geological research in localities suitable for the installation of a deep repository.

Tunelářské odpoledne na téma *Využití podzemí při vzdělávání, výzkumu a ukládání radioaktivních odpadů*, které se uskutečnilo 16. května 2012, bylo již druhé v tomto roce. Jeho součástí byla i dopolední exkurze do Štoly Josef.

Exkurze se zúčastnilo více než čtyřicet zájemců, kteří si mohli prohlédnout nově vybudované Regionální podzemní výzkumné centrum URC Josef i Štolu Josef – oblast Mokrsko i Čelina. V obou částech probíhají rozsáhlé výzkumné projekty (a to i mezinárodní) a také výuka, které se účastní nejen studenti FSv ČVUT v Praze, ale i dalších vysokých škol. Pro studenty je velkým přínosem, když si zde mohou ověřit nově získané teoretické poznatky.

TUNELÁŘSKÉ SYMPOSIUM V MNICHOVĚ 2012 TUNNEL SYMPOSIUM MUNICH 2012

The third annual session of the relatively little known event of the Tunnel Symposium Munich 2012 was held on 11/05/2012. It was organised by the Universität der Bundeswehr München jointly with STUVA, the German tunnelling association. The blocks of topics comprised urban tunnels and their specifics,



Obr. 2 Účastníci exkurze si prohlížejí Meziuniverzitní laboratoř, která je součástí Štoly Josef
Fig. 2 Excursion attendees visiting the Inter-university laboratory, which is part of the Josef Gallery

V odpoledních hodinách v pražské Masarykově koleji proběhly jednotlivé přednášky, které si vyslechlo přes sedmdesát posluchačů. Na přípravě odborného programu se významně podílel Ing. Alexandr Butovič, Ph.D. z firmy Satra, s. r. o.

První dvě přednášky byly věnovány Regionálnímu podzemnímu výzkumnému centru URC Josef. V první nastínila Ing. Danuše Nádherná z FSv ČVUT historii, současnost a budoucnost Štoly Josef. Její kolega prof. Jaroslav Pacovský přítomné seznámil s aktivitami, které probíhají v URC Josef.

V poslední části prvního bloku přednášek hovořil pan Rolf Christiansson z SKB ze Švédska o přístupech k ukládání radioaktivních odpadů ve Švédsku, kde je již první úložiště vybudované.

Po krátké přestávce následovali přednášející ze společnosti SÚRAO. RNDr. Jiří Slovák popisoval strategie postupu výběru lokality pro hlubinné úložiště v ČR. Zdůraznil význam jednání s místními občany. SÚRAO si klade za cíl získat souhlas obyvatel budoucí lokality pro úložiště, který je podmínkou pro další postup.

Ing. Markéta Dvořáková se věnovala technickým aspektům projektového řešení hlubinného úložiště. SÚRAO se inspiruje švédským modelem, do kterého se snaží vkládat prvky lépe vyhovující našim podmínkám.

Závěrečná přednáška RNDr. Františka Wollera seznámila se složitostí a rozsáhlostí geologického průzkumu lokalit potenciálně vhodných pro umístění hlubinného úložiště. Právě místní geologické podmínky jsou jedním z rozhodujících faktorů ovlivňujících bezpečnost úložiště, přičemž se tato bezpečnost počítá na dobu 100 000 let.

Prezentace přednesené na TO 2/12 lze vyhledat na www.ita-aites.cz.

ING. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,
pruskova@seznam.cz, CzTA ITA-ATIES

experience gained from processes of building permission proceedings and specifics of contractual relationships at large tunneling projects, technically interesting road and railway tunnels and traffic in tunnels in terms of safety equipment. The information is also available on www.fvki.de pages.

Poměrně nenápadnou a relativně málo propagovanou akcí německých tunelářů je symposium pořádané německou univerzitou obrany v Mnichově společně s německou tunelářskou asociací STUVA. Místem konání je Universität der Bundeswehr München v Neubibergu (okrajová část Mnichova). V letošním roce se dne 11. 5. 2012 konalo teprve třetí v pořadí. Jde o jednodenní konferenci. Tematickými bloky symposia byly městské tunely a jejich specifika, zkušenosti z procesů stavebních řízení a specifika smluvních vztahů u velkých tunelových staveb, technicky zajímavé silniční a železniční tunely a provoz v tunelech z hlediska bezpečnostního vybavení.

Bylo prezentováno celkem 13 projektů nejen z Německa – metro v Mnichově, městský silniční okruh v Mnichově, metro v Doha a metro v Singapuru, CrossRail v Londýně, největší TBM

o průměru 19 m pro ražbu tunelu Orlovski v Petrohradu a další. Velmi zajímavé byly přednášky o dodatečném vybavování stávajících provozovaných tunelů v Německu v intencích směrnice 2004/54 ES a souvisejících logistických problémech, práce ve výlukách, převádění dopravy na náhradní málo kapacitní trasy apod. Z oblasti HiTech pak byl i příspěvek o využití geotermické energie instalací výměňkových trubek přímo do prefabrikovaných tybinků. Symposium je čistě „německy mluvící“. Sborník v tištěné podobě a CD se všemi 13 příspěvků jsou samozřejmostí. Lze jen vřele doporučit účast na příštích ročnících i vzhledem k relativně malému účastnickému poplatku 120 € a snadné dostupnosti. Informace lze nalézt rovněž na stránkách www.fvki.de.

ING. VLASTIMIL HORÁK,
AMBERG Engineering Brno, a. s.

ODBOBNÝ SEMINÁŘ VYUŽITÍ VLÁKNOBETONU V PODZEMNÍM STAVITELSTVÍ TECHNICAL SEMINAR ON THE USE OF FIBRE REINFORCED CONCRETE IN UNDERGROUND CONSTRUCTION

The technical seminar on the use of fibre reinforced concrete in underground construction topic was held in Masaryk College, Prague, on 13th June 2012. It was organised jointly by the ITA-AITES CzTA and KrampeHarex CZ. Most lectures were delivered alternately by KrampeHarex company professionals Ing. Petr Herka from the CR and Ing. Roland Schepers from Germany. The seminar started by the presentation of basic information on steel fibres and polymer fibres, the current state of applicable standards and directives on fibre reinforced concrete design in individual EU countries, their relation to the EC, differences between them and examples of the use of fibre reinforced concrete in the Czech Republic. The basic possibilities of the use of fibre reinforced concrete in underground construction were mentioned subsequently. The next lecture was focused on the use of sprayed steel fibre reinforced concrete. It also introduced details regarding its use at Onkalo underground repository. Another lecture was dedicated to the fire resistance of tunnel linings.

The second half of the seminar was focused on problems of steel fibre reinforced concrete segmental lining. At first, Ing. Petr Herka presented the possibilities of designing steel fibre reinforced concrete segments, segments with combined reinforcement (fibres and bars) and added examples of the use. Then Dr. Matouš Hilar introduced the current state of the use of steel fibre reinforced concrete segments abroad and the reasons for the current research into these problems in the Czech Republic. Subsequently Dr. Petr Vitek presented information on the production, testing and numerical modelling of steel fibre reinforced concrete segments and steel bar reinforced concrete segments in the Czech Republic.

Odborný seminář na téma *Využití vláknobetonu v podzemním stavitelství* se uskutečnil 13. června 2012 v Masarykově koleji v Praze, seminář byl financován CzTA a firmou KrampeHarex CZ, odborný program zajistili doc. Matouš Hilar a Ing. Petr Herka (KrampeHarex CZ). Přednášky si přišlo vyslechnout přes 50 účastníků.

V přednášení se střídali zejména odborníci z firmy KrampeHarex – Ing. Petr Herka z ČR a Ing. Roland Schepers z Německa. Nejprve byly uvedeny základní informace o ocelových a polymerových vláknech, současný stav platných norem a směrnic pro navrhování vláknobetonu v jednotlivých zemích EU, jejich vztah k EC, vzájemné rozdíly, příklady

používání vláknobetonu v České republice. Následně byly zmíněny základní možnosti použití vláknobetonu v podzemním stavitelství. Další přednáška byla zaměřena na využití stříkaného drátkobetonu, v rámci přednášky byly představeny podrobnosti použití na podzemním úložišti Onkalo. Další přednáška byla věnována požární odolnosti tunelového ostění. Byly uvedeny zkušební metody a jejich rozdíly, prezentovány výsledky velkoprostorového testu ostění, byl diskutován přínos syntetických vláken, vliv teploty na ocelovou výztuž, bylo prezentováno využití syntetických vláken na tunelech Lainzer, Bórik a Klimkovic.

Druhá polovina semináře byla zaměřena na problematiku segmentového ostění z drátkobetonu. Nejprve Ing. Petr Herka uvedl možnosti návrhu segmentů s ocelovými vlákny, segmentů s kombinovanou výztuží (drátky a pruty), byly uvedeny příklady použití. Pak doc. Matouš Hilar, Ph.D. představil současný stav využití drátkobetonových segmentů v zahraničí, důvody pro současný výzkum problematiky v ČR. Následovaly informace o provedených materiálových zkouškách (výroba drátkobetonových trámů a krychlí s různými typy drátků, s různým množstvím drátků, vyhodnocování různých ohybových a tlakových zkoušek, numerické modelování ohybových zkoušek trámů). Následně Dr. Petr Vitek (Metrostav, a. s.) přednesl informace o výrobě, zkoušení a numerickém modelování drátkobetonových a železobetonových segmentů v ČR.



Přednáška Ing. Petra Herky
Lecture delivered by Ing. Petr Herka

Drátkobetonové segmenty byly zkoušeny v Kloknerově ústavu ČVUT na tlak (simulace zatížení lisy) a na ohyb (v rovině segmentů a kolmo na rovinu segmentů). V prezentaci byly porovnány výsledky zatěžovacích zkoušek železobetonových a drátkobetonových segmentů, dále bylo provedeno porovnání výsledků zkoušek a numerického modelování metodou konečných prvků v programu ATENA, které uskutečnila firma Červenka Consulting, s. r. o. Vzhledem k úspěšným výsledkům zkoušek bylo rozhodnuto využít drátkobetonových segmentů bez prutové výztuže v praxi na 15 m ostění pražského metra na prodloužení trasy A.

PRAŽSKÉ GEOTECHNICKÉ DNY, KVĚTEN 2012 PRAGUE GEOTECHNICAL DAYS, MAY 2012

20th anniversary event of the Prague Geotechnical Days, which was organised jointly by Arcadis Geotechnika and the Czech and Slovak society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, took place on 21st and 22nd May 2012. The Czech Geotechnical Society collaborated with them. The event was held under the auspices of the Czech Academy of Sciences.

The topic of the technical event was "The importance of Geotechnics for the protection and renovation of historic structures".

Apart from distinguished Czech professionals, outstanding personalities of the Czech monument care, doc. PhDr. Josef Štulc from the Czech National Heritage Institute (NPÚ) and PhDr. Pavel Jerie, also from the NPÚ, were among invited lecturers.

Even the topic of the traditional international Prague geotechnical lecture: 'Geotechnical Engineering and the Conservation of Monuments and Historical Sites' which was delivered by professor Carlo Viggiani from the University of Naples, was in tune with the general technical focus of the event.

One of the invited lectures was focused on geotechnical problems of passing of underground structures under historic structures in Prague. It was delivered jointly by Ing. Jiří Růžička and Ing. Miloslav Kochánek from Metroprojekt a. s.

The complete programme of the event is available on the web page: <http://www.arcadisgt.cz>

ÚVOD

Ve dnech 21. a 22. května 2012 proběhly v Praze jubilejní 20. Pražské geotechnické dny, organizované společností ARCADIS Geotechnika spolu s Českou a Slovenskou společností pro mechaniku zemin a geotechnické inženýrství. Spolupracovala Česká geotechnická společnost. Patronát nad akcí měla Česká akademie věd.

Téma odborné akce bylo *Význam geotechniky pro ochranu a obnovu historických staveb*.

Kromě významných českých odborníků-geotechniků byli mezi vyzvanými přednášejícími významné osobnosti české památkové péče, doc. PhDr. Josef Štulc z NPÚ a PhDr. Pavel Jerie rovněž z NPÚ.

I téma tradiční mezinárodní Pražské geotechnické přednášky ladilo s celkovým odborným zaměřením akce. Bylo jím *Geotechnical Engineering and the Conservation of Monuments and Historical Sites*. Přednesl ji prof. Carlo Viggiani z Univerzity v Neapoli.

Jedna z vyzvaných přednášek byla zaměřena na geotechnickou problematiku podcházení podzemních staveb pod historickými

V závěrečné diskusi byly probrány náklady, životnost, povrchová úprava a další aspekty vláknobetonu. Věříme, že byl seminář pro všechny účastníky přínosem a že obdobné akce podpoří možné budoucí využití vláknobetonu na podzemních stavbách v ČR.

Prezentace přednesené na semináři jsou dostupné na www.ita-aies.cz.

*Doc. Ing. MATOUŠ HILAR, Ph.D., hilar@d2-consult.cz,
D2Consult Prague, s. r. o., a FSv ČVUT,
Ing. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,
pruskova@seznam.cz, CzTA ITA-ATIES*

objekty v Praze. Přednesl ji ing. Jiří Růžička s ing. Miloslavem Kochánkem z Metroprojektu.

Úplný program akce je na webu: <http://www.arcadisgt.cz>

HLAVNÍ MYŠLENKY SEMINÁŘE

Historické stavby, zejména ty, které jsou součástí dnešních moderních sídel, si zasluhují zvláštní pozornost, protože nabízejí bohaté možnosti poučení a podnětů k přemýšlení. Například jak žít v souladu s okolním prostředím, o kráse staveb i materiálu, z kterého jsou vybudovány, a v neposlední řadě i o účtách k jakémukoli lidskému dílu vytvořenému předchozími pokoleními, na kterou dnes v neustále honbě po novém, módním, dokonalém, stále více a více zapomínáme.

Jejich udržování má i ekonomický význam. O tom svědčí obrovský finanční přínos z turismu orientovaného na tuto oblast, který ročně v Evropě roste o 12 %. Představuje dokonce celkem asi 5,5 % ze sumy celkových hrubých národních produktů. Objem stavební výroby, nějak spojený s údržbou a ochranou historických staveb, představuje téměř 40 % z celkového finančního objemu budování pozemních staveb.

Postup obnovy historických staveb je však velmi specializovaná stavební činnost. V současné době jsou zásady zachování a rozvoje kulturního dědictví v oblasti stavebnictví zakotveny především v dokumentu *VISION 2030, Strategic Research Agenda – Focus Area Cultural Heritage – European Construction Technology Platform (ECTP)*, jehož první verze byla zveřejněna v březnu 2008.

Při obnově a údržbě historických staveb dnes specialisté často mluví o tom, že je třeba zachovat jejich integritu. Integritou se přitom rozumí zachování všech, nebo alespoň nejdůležitějších aspektů původní historické stavby, a to ve všech základních směrech, které ji určují. Nejdůležitější je dodržet integritu vzhledovou. To znamená neměnit tvar a vzhled dotčeného objektu. Mluví se ale také i o dalších druzích integrity:

- integrita historická,
- integrita materiálová,
- integrita technologická,
- integrita funkční.

Důsledná snaha o přísné dodržování integrity historické stavby je samozřejmě příčinou řady sporů a rozdílných stanovisek. Vede k rozporům při řešení možné míry využitelnosti historické stavby pro aktuální potřeby v současnosti, přípustných omezení pro nově budovaná, zejména inženýrská díla podzemní dopravní infrastruktury v dosahu historických center moderních měst.

Východisko bývá v kompromisu, podle něhož by míra zachování integrity měla záviset na okolnostech, v nichž se každá historická stavba i její okolí nachází, a zejména na účelu, kterému má historická stavba sloužit v budoucnosti.

VÝZNAM GEOTECHNIKY PŘI OBNOVĚ HISTORICKÝCH STAVEB

Geotechnika má ve vztahu k historickým objektům některá specifika. V první řadě je to vliv času. Nové stavby se zpravidla navrhují pro období asi 100 let. To je požadavek norem i zaběhlá zvyklost.

U historických staveb máme však co činit s dobou jejich existence několikanásobně vyšší, a to směrem do minulosti i do budoucnosti. To má ovšem důsledky, které z hlediska geotechniky vyžadují podstatně rozdílnější přístup než u nově budovaných staveb.

Několik set let je především doba, kdy se některé přirozené dynamické procesy, probíhající v horninovém masivu tvořícím s těmito stavbami jeden staticky propojený celek, již mohou významně projevit. Jde o změnu mechanických vlastností hornin, jejich zvětřování, přirozenou erozi, svahové pohyby, tektonické projevy zemské kůry atp. To vše může mít za určitých okolností velký vliv na charakter spolupůsobení horninového masivu a historických staveb s velmi negativním vlivem na současný i budoucí stav jejich konstrukčních prvků.

Samotné historické stavby mnohdy za takovou dobu prodělaly četné změny. Týkají se vlastností a stavu materiálu, z kterého jsou vybudovány (ten sám, například pokud jde o stavební kámen, může být předmětem zrychlujících se negativních změn), i změn ve způsobu využívání historických staveb. Minulé snahy o zvýšení jejich užitné hodnoty totiž mnohdy způsobily velmi neodborné úpravy jejich konstrukce.

Dalším aspektem je soužití historických objektů s nově budovanými či projektovanými stavbami. Zde jde mnohdy o ostrý střet nejen moderních a tradičních technologií a materiálů, ale i přístupu k materiálním i nemateriálním hodnotám včetně kulturního dědictví. Zejména ve velkých sídlech moderních společností je tento střet často bolestný a v neprospěch dědictví minulosti.

Co se týče podzemních staveb, tak zejména v moderních sídlech s historickými centry může při jejich budování dojít kromě jiného k následujícím situacím:

- Stavební konstrukce historického objektu bude dotčena výstavbou nového podzemního díla v jeho blízkosti a změnami, které toto dílo může v podloží těchto historických budov způsobit. – Historický objekt je třeba chránit.
- Stávající historický objekt nějak limituje projekt či výstavbu nového podzemního díla. (Změna nivelety, změna napětídeformačních stavů v podloží historického objektu, nepříznivý vliv poklesové kotliny od budovaného tunelu na stav konstrukce historického objektu, omezení v technologii provádění ražeb /střílení/ atp.). – Projekt a technologii ražby podzemního díla je třeba upravit.

INŽENÝRSKÉ DILEMA A ZÁSADY OCHRANY HISTORICKÝCH OBJEKTŮ

Některé požadavky památkářů na integritu se zdají na první pohled velmi konzervativní. Jsou to především požadavky na

důsledné použití identických stavebních materiálů, někdy dokonce i požadavky na realizaci rekonstrukce historické stavby původními technologiemi.

Takový přístup může mnohdy komplikovat rekonstrukci řady objektů, protože ji zdražuje a zpomaluje její přípravu i realizaci.

Ne vždy jsou však takové požadavky z inženýrského hlediska samoúčelné. Historické objekty mají již za sebou delší než obvyklý životní cyklus. Předpokládá se, že po rekonstrukci budou existovat déle než běžné stavby. Nikoho nenapadne předpokládat, že nějaký historický palác se po nákladné rekonstrukci po dalších stu letech zlikviduje, aby ustoupil jiným zájmům.

V takové situaci má inženýrský smysl dbát na to, aby při sanaci stavební konstrukce takového historického objektu měly nově používané materiály obdobné materiálové vlastnosti jako materiály původní konstrukce. (Pevnost, přetvárnost, stabilita těchto vlastností v čase, atp.)

Nalezení kompromisů mezi zásadou zachování integrity stavby a potřebou zajistit její bezpečnost i funkčnost objektu podle současných požadavků bývá velmi obtížné. To se totiž zpravidla bez nových materiálů a stavebních postupů neobejde.

Klíčová je proto mezioborová spolupráce památkářů, historiků, stavebních inženýrů geotechniků i staticků již v období přípravy obnovy historického objektu, zejména pokud se počítá s rozšířením jeho užitné hodnoty. Spolupráce musí pochopitelně pokračovat v průběhu celé rekonstrukce.

ZÁVĚR

Míra respektování integrity (autenticity) při obnově či ochraně historické stavby by měla být odvozena od definice jejího účelu a typu inženýrského problému, ve kterém je celý problém zasazen. Účel historické stavby se totiž může pohybovat od výlučně historického a kulturního dědictví, sloužícího výhradně ke vzdělávání a uvědomování kulturní identity společnosti, až po úplně nové, praktické užitné hodnoty vynikající obvykle též v koexistenci s novou moderní zástavbou.

Vždy by se proto mělo hledat kompromisní řešení optimalizací mezi zachováním integrity, cenou a hodnotou nového užitného řešení. Rozhodující slovo v tomto procesu by měl mít investor, to jest stát v zastoupení odpovědných samosprávných orgánů.

Geotechnika jako inženýrská disciplína dnes disponuje veškerými metodami i technologickými postupy nutnými či vhodnými pro zpracování projektu a provádění rekonstrukce každé historické stavby nebo její ochrany při provádění podzemního díla v jejím dosahu.

*doc. ING. ALEXANDR ROZSYPAL, CSc.,
rozsyपाल@arcadisgt.cz. ARCADIS Geotechnika*

LITERATURA / REFERENCES

1. Burghignoli, M. Jamiolkowski, C. Viggiani *Geotechnic for the preservation of historic cities and monuments*, 14 th. European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering; Madrid 2007.
2. Tsatsanifos, Ch. *Building in Ancient Cities: Geotechnical Engineering Challenges*, XI Prague Geotechnical Lecture, May 2008.
3. Agostino TC 19/D, General Principles of the Interventions.
4. VISION 2030, Strategic Recherche Agenda – Focus Area Cultural Heritage – European Construction Technology Platform (ECTP), March 2008.
5. Drdácký, M. *Evropský výzkum v oblasti architektonického dědictví*. XI Prague Geotechnical Lecture, May 2008.

AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLICCE CURRENT NEWS FROM THE CZECH AND SLOVAK UNDERGROUND CONSTRUCTION

ČESKÁ REPUBLIKA

SOUBOR STAVEB MO V ÚSEKU MYSLBEKOVA – PELC-TYROLKA

TUNEL ŠPEJCHAR – PELC-TYROLKA (KRÁLOVSKÁ OBORA)

Bylo dokončeno osazení a zabetonování všech rámu poklopů instalačních šachet v chodnicích tunelových trub. V současnosti probíhají betonáže chodníků v jižní tunelové troubě. Byly dokončeny montáže záklopů VZT kanálů. Byl uzavřen injektážní systém a tím vyrovnána hladina spodní vody na původní hodnoty. Dále proběhla montáž prefabrikovaných mezistropů v třípruhových tunelech v místech nadvýšení. V současnosti na těchto mezistropích probíhají betonáže železobetonových příček a montáž zámečnických výrobků pro dokončení větracího systému. Na dvou sekcích jižní tunelové trouby byly provedeny zkušební vzorky obkladů. Dokončují se montáže zdvojených podlah a dveří a v plném proudu jsou již montáže technologického vybavení.

TUNEL MYSLBEKOVA – PRAŠNÝ MOST (BRUSNICE)

Bylo dokončeno definitivní ostění obou propojek ze stříkaného betonu. Proběhla demontáž formy a bednění vzduchotechnického kanálu. V severní tunelové troubě byly dokončeny nátěry horní klenby. V jižní tunelové troubě budou dokončeny úpravy povrchu horní klenby koncem měsíce a následně zahájeny nátěry. V obou tunelových trubách jsou dokončeny mazaniny v prostorách pod mostovkou. V severní tunelové troubě byly osazeny šterbinové žlaby a obrubníky včetně zabetonování chrániček kabelovodů. V jižní tunelové troubě tyto práce ještě probíhají. Dokončují se zednické práce v tunelové propojce TP 1.3a.

PRODLOUŽENÍ TRASY METRA V.A

V uplynulém období dokončily oba tunelovací stroje první fázi ražeb, která probíhala ze zařízení staveniště na Vypichu. Štít „Tonda“, který z montážní šachty na ZS BRE 1 vyrazil 10. dubna 2011, se téměř po roce dostal do stanice Červený Vrch, kde byla jeho činnost dočasně pozastavena. V tu chvíli začalo období postupné demontáže technologického zajištění pro ražbu ze staveniště ZS BRE 1 na Vypichu a jeho přemístění na ZS E2 v ulici Evropská. Bylo nutné převést chladicí zařízení, zásobníky a konstrukce pro pasové dopravníky, míchací centrum či sklady materiálu. V hotových traťových tunelech z Vypichu na staveniště E2 bylo nutné demontovat trubní vedení pro média, hlavní lutnový tah, pásový dopravník včetně všech podpůrných konstrukcí. Technologie byly opětovně nainstalovány na ZS E2. Nejzajímavějšími konstrukcemi je ojedinělé řešení uložení zásobníku dopravníkového pasu a samotný přechod pasových dopravníků na výsyp. Tyto konstrukce jsou nainstalovány v jámě na E2 a zabezpečují odtěžování rubaniny z traťových tunelů na mezideponii, kdy vlastní dopravníkový pás stoupá z jámy pod úhlem 17 stupňů.

Štít „Adéla“ byl v době stěhování zastaven pod ulicí Evropská přibližně 250 metrů před stanicí Červený Vrch. Pro odstávku štítu a udržení tlaku v pracovní komoře byla použita bentonitová suspenze začerpaná do komory stroje a za obálku štítu. Opětovně zahájena ražba byla 13. června a o 16 dní později dorazila „Adéla“ do stanice Červený Vrch.

„Tonda“ zahájil ražbu úseku mezi Červeným Vrchem a Dejvickou 21. 6. 2012, čímž se vydal na závěrečný úsek prodloužení trasy metra V.A dlouhý 1750 m.

Při ražbě LTT pak došlo 8. 7. 2012 k ovlivnění propadu vozovky do kaverny v pokryvných útvarech pod ulicí Evropská. Propad

THE CZECH REPUBLIC

CITY RING ROAD STRUCTURES: MYSLBEKOVA – PELC-TYROLKA

ŠPEJCHAR – PELC-TYROLKA TUNNEL (KRÁLOVSKÁ OBORA PARK)

The installation of frames of covers and their embedment in concrete for all installation shafts in the walkways of tunnel tubes was finished. The casting of walkways in the southern tunnel tube is currently in progress. The placement of covers of ventilation ducts was completed. The grouting system was closed and, as a result, the water table returned to the original level. In addition, the installation of pre-fabricated intermediate decks was finished in triple-lane tunnels. At the moment, reinforced concrete dividing walls are being erected on the intermediate decks and locksmith elements are being installed so that the ventilation system is complete. Trial wall cladding was carried out in two sections of the southern tunnel tube. The assembly of elevated floors and installation of doors is being finished and the installation of tunnel equipment is already in full swing.

MYSLBEKOVA – PRAŠNÝ MOST (BRUSNICE) TUNNEL

The final shotcrete lining has been finished in both cross passages. The ventilation duct formwork was dismantled. The paint coating of the upper vault was finished in the northern tunnel tube. As far as the southern tunnel tube is concerned, the trimming of the upper vault surface will be finished by the end of August and the application of paint coating will start subsequently. Screeds have been completed in the spaces under the road deck in both tunnel tubes. The installation of slotted drains and kerbs, including the embedding of cable ducts in concrete, was finished in the northern tunnel tube, whilst these operations have still been underway in the southern tunnel tube. Bricklaying is being completed in TP 1.3a cross passage.

METRO LINE A EXTENSION NO. 5

In the past period, the two full-face tunnelling machines finished the first phase of the tunnelling work which was carried out from Vypich construction site. 'Tonda' shield, which started from the launching shaft on construction site BRE 1 in Vypich on 10th April 2011, arrived after nearly a year to Červený Vrch station. Its work was temporarily suspended in this location. At that moment the period of the step-by-step dismantling of services required for the excavation from construction site BRE 1 in Vypich and their moving to construction site E2 in Evropská Street began. It was necessary to transfer the cooling plant, belt storage units and structures for belt conveyors, the mixing centre, material stores etc. Media carrying pipelines, the main ventilation duct, and the belt conveyor including supporting structures had to be dismantled and transferred from the completed tunnels between Vypich to construction site E2. All services and equipment were re-installed on construction site E2. The most interesting of the structures is the unique solution for the placement of the belt storage unit and the transition of belt conveyors to the muck disposal site. These structures were installed in the construction pit on the E2. They serve to removing muck from running tunnels and disposing it to an intermediate stockpile, where the belt conveyor ascends from the pit at the angle of 17 degrees.

During the course of the moving operations, 'Adéla' shield was stopped under Evropská Street, approximately 250 metres before Červený Vrch station. During the shield shut-down period the pressure in the working chamber was maintained by a bentonite slurry, which was pumped into the chamber and behind the shield envelope. The driving was resumed on 13th June and, 16 days later, 'Adéla' arrived to Červený Vrch station.

vyústil ve vytvoření jámy hloubky 4 m, kterou bylo nutné vyplnit betonem a bezprostřední okolí ještě dodatečně proinjektovat. Po propadu, který neměl žádný dopad na ostění tunelu, byly během dvou dnů obnoveny ražby. Tato událost ukázala, jak exponovanou oblastí budou muset oba tunelovací stroje ještě na své trase do stanice Dejvická projít.

Po přemístění technologických vedení pro ražby TBM byly zpřístupněny boční výruby stanice Petřiny a mohly být zahájeny práce na bourání provizorních dělících stěn mezi dílčími výrubami. Následně byly vyhloubeny čerpací jímky ve dně stanice. Celá stanice byla z pohledu ražeb dokončena 31. 7. 2012. Pro zajištění prací na definitivním ostění ve stanici Petřiny bude využívána sypaná sjízdná rampa z přístupového tunelu.

Byla zahájena i ražba propojek mezi traťovými tunely. Propojky jsou raženy technologií NRTM. Nejprve je prováděno rozepření segmentového ostění traťového tunelu ocelovými výztuhami, na které navazuje demontáž segmentového ostění. Na stavebním oddíle 08 je již jedna propojka kompletně vyražena, připravuje se osazování mezilehlé izolace a provádění definitivního ostění. V souběhu probíhají přípravné práce pro zahájení ražby propojek na stavebním oddíle 06.

Dalším prováděným objektem je ražba vzduchotechnické propojky do traťových tunelů pod Evropskou ulicí. Na tomto objektu raženém ve složitých geologických podmínkách postoupily razíčkové práce do poslední čtvrtiny. V současné době jsou vyraženy 3 dílčí výrubní průřezy pod klenbou a 2 výruby v úrovni dna. Po dokončení ražeb budou provedeny úpravy pro průjezd štítů TBM.

Ve stanici Veleslavín byla na přelomu měsíce dubna a května vybourána železobetonová lůžka, která sloužila pro protažení obou razíčkových štítů stanic. V průběhu května byly provedeny přípravné práce pro betonáž definitivního ostění levého staničního tunelu (LST) (reprofilace, betonáž podkladních betonů včetně tunelové drenáže a přechodové plechy pro sříkanou izolaci). Obdobné práce byly s přibližně měsíčním odstupem prováděny i v pravém staničním tunelu (PST). Koncem května byly zahájeny práce na sříkaných izolacích LST, následně na betonážích dna definitivního ostění. K dnešnímu dni jsou hotové veškeré desky dna v LST a je zabetonován první trám v dilataci A. V PST jsou tyto práce zahájeny.

DÁLNIČE D8 – LOVOSICE – ŘEHLOVICE

Dne 5. května 2012 nabylo právní moci dlouho očekávané stavební povolení pro zbývající objekty části A a F stavby dálnice D8 – 0805 Lovosice – Řehlovice. Mezi ně patří i objekt SO F 602 tunel Radejčín. Tímto rozhodnutím dostavbě dálnice D8 – 0805 již nic nebrání a všichni pevně věříme, že končí i blokáce a obstrukce dostavby dálnice ze strany občanských sdružení.

V tunelu Prackovice probíhala výstavba konstrukcí vnitřního vybavení. Jsou již zhotoveny podkladní spádové betony, základy pod obrubník, kabelovody a ostění propojek. Také je dokončeno trvalé i lesnické oplocení a výsadba stromů v rámci rekultivací a terénních úprav. V červnu byly zahájeny práce na stavebním objektu požární nádrže a vodovodu.

V tunelu Radejčín jsou kompletně dokončeny izolace v ražených částech a vybetonováno definitivní ostění. Kompletně jsou dokončeny i betonáže bloků spodních a horních kleneb obou tunelových trub v hloubené části pražského portálu. U ústeckého portálu v hloubené části zbývá dokončit betonáž dvou bloků v jižní tunelové troubě. V současné době probíhá výstavba provozně-technického objektu, kabelového kanálu pod severní tunelovou troubou a zásypy hloubených konstrukcí ústeckého portálu tunelu Radejčín.

PPO (PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ) JABLONEC NAD NISOU

V současné době probíhají ražby na obou hlavních ražených objektech, tj. přívodní štolě a nové odtokové štolě. Na přívodní

‘Tonda’ started to drive the tunnel between Červený Vrch and Dejvická stations on 21st June 2012, setting out to the 1750 m long closing section of the 5th extension of the metro Line A.

On 8th July 2012, during the course of the excavation of the left-hand running tunnel, the roadway sank into a cavern formed in surface deposits under Evropská Street. The caving was influenced by the tunnelling operations. A 4 m deep pit originated, which had to be backfilled with concrete; in addition, the ground in the immediate vicinity had to be improved by grouting. The tunnelling operations were resumed after two days after the collapse. The collapse had no impact on the tunnel lining. This event clearly showed how complicated area will have to be passed under by both full-face tunnelling machines on their way to Dejvická station.

When the relocation of the services and equipment required for the TBM drives had been finished, the Petřiny station side-wall drifts were became accessible and the work on the demolition of temporary dividing walls between partial headings could commence. Pumping sumps were subsequently excavated in the station bottom. The entire station, from the excavation point of view, was completed on 31st July 2012. An earth-fill ramp descending from the access tunnel will be used for the securing of the work on the final lining of Petřiny station.

The excavation of cross passages between running tunnels have also started. The cross passages are being driven using the NATM technique. First, the bracing of the segmental lining of the running tunnel with steel struts is installed, then the disassembling of the segmental lining follows. The excavation of one cross passage in construction lot 08 has been finished and the installation of the intermediate waterproofing system and the final lining is being prepared. The preparation operations for the commencement of the excavation of cross passages in construction lot 06 is concurrently in progress.

Another operation being in progress is the excavation of the adit connecting an at-grade ventilation structure with running tunnels under Evropská Street. The excavation work on this structure, which has been carried out in complicated geological conditions, has advanced to the last quarter. Till now 3 partial headings under the vault and 2 drifts at the bottom level have been completed. When the excavation is finished, the construction work required for the passage of the TBM shields through Veleslavín station will be carried out.

As far as Veleslavín station is concerned, the reinforced concrete cradles required for the pulling of both driving shields through the station were broken out at the end of April and May. The work required for the preparation of the casting of the final lining of the left-hand station tunnel (the LST) (re-profiling, casting of blinding concrete inclusive of the installation of the drainage and transition steel sheets for the spray-applied waterproofing system) was carried out during May. Similar work had been carried out approximately one month earlier even in the right-hand station tunnel (the RST). The work on the spray-applied waterproofing in the LST started at the end of May; the casting of the final lining bottom followed. At present, all bottom slabs in the LST have been completed and the casting of the first concrete beam in the expansion block A has been finished. The same work has commenced in the RST.

D8 MOTORWAY – CONSTRUCTION LOT 805: LOVOSICE–ŘEHLOVICE

The long-awaited building permit for remaining parts A and F of the construction lot 0805 of the D8 motorway between Lovosice and Řehlovice became legally valid on 5th May 2012. Structure SO F 602, the Radejčín tunnel, belongs among the structures. Owing to this decision, there is nothing to prevent the completion of the D8 motorway construction lot 0805. We all firmly believe that the blockage and obstructions caused by civic associations, preventing the completion of the motorway, have ended.

In the Prackovice tunnel, structures for the tunnel inner equipment were carried out. Cambered blinding concrete layers, foundations under kerbs, cableways and the lining of cross passages have been



Obr. 1 Protipovodňová opatření Jablonec nad Nisou – výstavba vtokového objektu (foto Josef Husák)

Fig. 1 Flood prevention measures for Jablonec nad Nisou – construction of the intake structure (photo courtesy of Josef Husák)

štrole práce pokračují podle předpokladů. V současné době je vyraženo 150 m z celkových 590 m. Po vyřešení změn na projektovém zajištění výstavby nové odpadní štoly byla i zde v minulém měsíci zahájena ražba. K datu sepsání aktuality je vyraženo 50 m. Na ostatních stavebních objektech jako např. rozdělovací objekty, vtokový objekt, přeložky inženýrských sítí probíhají práce podle stanoveného harmonogramu.

TUNELY VMO DOBROVSKÉHO

V již kompletně dokončených tunelech jsou letní měsíce věnovány provádění funkčních zkoušek, což je poslední fáze kompletace díla před jeho vlastním předání k užívání, a tedy uvedení do provozu. Toto významné datum pro změnu kvality brněnské silniční dopravy je stanoveno na 31. 8. 2012. Práce realizovaly firmy Subterra a OHL ŽS.

ŽELEZNIČNÍ TUNEL JABLUNKOV Č. 2

Ražba dělenou čelbou v havarovaném úseku tunelu je již v současné době dokončována. V bočních štolách C (levá) a D (pravá) je tak dokončena ražba 176 m dlouhých úseků. Na horní střední štole E chybí ještě vyrazit posledních 10 m. Nejvíce práce ještě zbývá na dolní střední štole F, ze které je vyraženo nejméně, a to 128 metrů ke dni uzávěrky, takže zde chybí ještě 48 metrů. Po dohodě se statiky už byla také deaktivována a odstraněna železobetonová pižma, která byla postavena pro zamezení případného šíření závalu směrem k portálu P2. Předpokládá se, že razičské práce, které provádí firma Subterra, budou zcela ukončeny do konce srpna. Potom firma Firesta provede betonáž definitivního ostění.

PLZEŇ – ÚSLAVSKÝ SBĚRAČ

Na stavbě Úslavského kanalizačního sběrače v Plzni již byly zahájeny mikrotunelovací práce. Začalo se profilem DN 800 mm, kde byl nasazen stroj Iseki Unclemole TCC 980 s modifikovanou hlavou. V době uzávěrky čísla byly dokončeny první dva úseky v celkové délce 150 m a s postupy zhruba 10 m za směnu, což ve velmi proměnlivé geologii s výraznými skalními partiemi lze zatím považovat za úspěch.

ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
METROSTAV, a. s.,

ING. KAREL FRAN CZYK, Ph.D., kfranczyk@subterra.cz,
SUBTERRA, a. s.

finished. The permanent/forestry fencing and the planting of trees, which are parts of the reclamation and terrain finishing work, has also been finished. The work on the fire protection reservoir structure and the water main commenced in June.

Regarding the Radejčín tunnel, the waterproofing system installation and the casting of the final lining have been completed in the mined sections. The casting of the upper and lower vaults blocks has been fully completed even in the cut-and-cover parts of both tunnel tubes at the Prague portal. As far as the cut-and-cover section at the Ústí nad Labem portal is concerned, the casting of two blocks remains to be completed in the southern tunnel tube. The current work consists of the construction of the operation and service building, the cable duct under the northern tunnel tube and backfilling of cut-and-cover structures at the Ústí nad Labem portal of the Radejčín tunnel.

FLOOD PREVENTION MEASURES FOR JABLONEC NAD NISOU

At present, tunnelling is in progress in both main mined structures, i.e. the intake tunnel and the new outlet tunnel. The work on the intake tunnel proceeds as expected. The driving of a 150 m long part of the total of 590 m has been completed. After solving the changes in the design for the new outlet tunnel, the underground excavation started last month even in this case. As of the preparation of the current news, the driving of 50 m of the tunnel has been finished. The work on the other structures, e.g. the water distribution structures, the intake structure and relocations of utility networks has proceeded in compliance with the works programme.

DOBROVSKÉHO TUNNELS ON THE LARGE CITY CIRCLE ROAD IN BRNO

In the fully finished tunnels, the summer months are dedicated to conducting functional testing, which is the last phase of the completion of the works before handing the structure over for operation and its opening to traffic. This date, which is important for changing the quality of road traffic in Brno, is set to 31st August 2012. The project was realised by Subterra a. s. and OHL ŽS a. s.

JABLUNKOV NO.2 RAILWAY TUNNEL

The excavation within the collapsed tunnel section using a sequential excavation method is currently being completed. In side-wall drifts C (the left-hand drift) and D (the right-hand drift), the excavation of 176 m long sections has been finished. The last 10 m of the upper central drift E remain to be finished. Much work still remains on the bottom central drift. As of the journal closing date the length excavated had been the smallest there, amounting to 128 metres, with 48 metres remaining to be excavated. As approved by structural engineers, the reinforced concrete assembly piers, which had been erected to prevent the potential spreading of the collapse toward the P2 portal, have already been deactivated and removed. It is expected that the mining work carried out by Subterra a. s. will be completely finished by the end of August. Subsequently Firesta company will cast the final concrete lining.

PLZEŇ – ÚSLAVA RIVER INTERCEPTOR SEWER

Microtunnelling operations have already begun at the construction of the Úslava River interceptor sewer in Plzeň. The initial profile DN 800 mm was driven by Iseki Unclemole TCC 980 machine with a modified cutterhead. As of the journal issue closing date, the initial two sections have been finished at the total length of 150 m, with the advance rates of about 10 metres per shift. The rates are considered to be the success with respect to the highly variable geology with significant hard rock locations.

ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
METROSTAV, a. s.,

ING. KAREL FRAN CZYK, Ph.D., kfranczyk@subterra.cz,
SUBTERRA, a. s.



Obr. 1 Južný portál tunela Turecký vrch (foto Juraj Michalka)
Fig. 1 Southern portal of the Turecký Vrch tunnel (photo courtesy of Juraj Michalko)

SLOVENSKÁ REPUBLIKA

TUNEL TURECKÝ VRCH

Dňa 13. júla 2012 bol do predčasného užívania uvedený železničný tunel Turecký vrch. Od tohto dňa môžu vlaky prechádzať cez tunel zatiaľ po jednej traťovej koľaji, a to maximálnou povolenou rýchlosťou 50 km/hod.

Tunel Turecký vrch s dĺžkou 1775 m je súčasťou stavby Modernizácia železničnej trate Nové Mesto nad Váhom – Púchov, žkm 100,500–159,100 pre traťovú rýchlosť do 160 km/hod., I. etapa a II. etapa (úsek Nové Mesto nad Váhom – Zlatovce). Turecký vrch je prvý moderný železničný tunel, ktorý sa na Slovensku postavil a uviedol do prevádzky po viac ako polstoročí.

Prípravné práce pre modernizáciu úseku začali v septembri 2009 odovzdaním a prevzatím staveniska. Slávnostné prerazenie tunela sa uskutočnilo 25. novembra 2010. Podľa platného harmonogramu má modernizácia traťového úseku trvať 44 mesiacov, teda do konca mája 2013.

Investorom stavby sú Železnice Slovenskej republiky a zhotoviteľom združenie vedené spoločnosťou OHL ŽS, a. s. Ďalšími členmi združenia sú Skanska SK, a. s., Váhostav SK, a. s., Doprastav, a. s. a Eltra, spol. s r. o. Generálnym projektantom stavby je Reming Consult, a. s. Stavebný dozor vykonáva združenie tvorené spoločnosťami Infram SK, s. r. o. a Bung Slovensko, s. r. o.

Financovanie stavebných prác traťového úseku vo výške takmer 264 mil. eur bez DPH je realizované z Kohézneho fondu Európskej komisie a spolufinancované zo zdrojov SR, v rámci Operačného programu Doprava 2007–2013.

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
frankovsky@terraprojekt.sk,
TERRAPROJEKT, a.s., Bratislava



Obr. 2 Severný portál tunela (foto Juraj Michalka)
Obr. 2 Northern portal of the tunnel (photo courtesy of Juraj Michalko)

THE SLOVAK REPUBLIC

TURECKÝ VRCH TUNNEL

The above-mentioned Turecký Vrch railway tunnel was opened for early use on 13th July 2012. Since that day trains have been allowed to pass through the tunnel using one running track, at the maximum permitted speed of 50 km/h.

The 1775 m long Turecký Vrch tunnel is part of the construction project package named Upgrading of the Nové Mesto nad Váhom – Púchov rail line, chainage km 100.500-159.100, for the speed up to 160 km/h, stage I and stage II (the Nové Mesto nad Váhom – Zlatovce section). Turecký Vrch is the first modern rail tunnel built in Slovakia and brought into service after more than a half of a century.

The preparatory work required for the upgrading of the section commenced in September 2009 by the site handover/takeover. The ceremonial tunnel breakthrough took place on 25th November 2010. According to the valid Works Schedule, the upgrading of the track section is to take 44 months, with the completion planned for the end of May 2013.

The project owner is Železnice Slovenskej Republiky (Slovak Railways) and the contractor is a consortium led by OHL ŽS, a. s., with Skanska SK, a. s., Váhostav - SK, a. s., Doprastav, a. s. and Eltra, spol. s r. o. being the other members of the consortium. Reming Consult a. s. is the general designer for the project. The construction supervision has been carried out by a consortium consisting of Infram SK, s. r. o. and Bung Slovensko, s.r.o.

The funding of the construction work on the track section at the amount of EUR 264 million (without VAT) is provided from the Cohesion Fund of the European Commission. The project is co-funded from the Slovak Republic sources within the framework of the Operational Programme Transport 2007-2013.

ING. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
frankovsky@terraprojekt.sk,
TERRAPROJEKT, a.s., Bratislava

ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES CZECH TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORTS

www.ita-aites.cz

VALNÉ SHROMÁŽDĚNÍ ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES GENERAL ASSEMBLY OF THE ITA-AITES CZECH TUNNELLING ASSOCIATION

The General Assembly of the ITA-AITES Czech Tunnelling Association was held at Hotel Duo, Prague 9, on Friday, the 1st June 2012. There were 29 delegates from 50 member organisations, 8 individual members and 11 guests present at the event.

At the opening, Ing. Ivan Hrdina recalled merits of Ing. František Dvořák in designing and constructing utility tunnels in Prague capital and of Ing. Petr Vozárik, who was for many years the chairman of the Editorial Board of TUNEL



Obr. 1 Předseda CzTA Ing. Ivan Hrdina předává cenu za studentskou soutěž o nejlepší diplomovou práci Ing. Veronice Onderkové

Fig. 1 Ing. Ivan Hrdina, the chairman of the CzTA, is handing over the prize for the student competition for the best diploma thesis to Ing. Veronika Onderková

journal. Subsequently he handed over CzTA's commemorative medals to them. The General Assembly assessed last year's activities of the association, discussed the economic situation and the proposal for the budget for 2012. Then the plan of activities of the Association was introduced. In the plan, the Association focuses itself on the preparation of the international conference Underground Construction Prague 2013. It will be held at Clarion Congress Hotel Prague in April 2013.

V pátek 1. června 2012 se konalo v hotelu Duo v Praze 9 valné shromáždění České tunelářské asociace ITA-AITES. Celkem bylo přítomno 29 delegátů z 50 členských organizací, 8 individuálních členů a 11 hostů.

Valné shromáždění zahájil předseda CzTA ITA-AITES Ing. Ivan Hrdina, který přivítal všechny účastníky. Vzápětí připomenul zásluhy Ing. Františka Dvořáka při kolektORIZACI Prahy a Ing. Petra Vozárika, který byl mnoho let předsedou redakční rady časopisu Tunel. Poté za potlesku všech přítomných předal oběma oceněným pamětní medaili CzTA.

Následovala zpráva o činnosti CzTA od valného shromáždění konaného dne 8. června 2011. Kladně byl zhodnocen především časopis Tunel, který si udržuje svoji vysokou úroveň. Také publikační činnost byla v minulém roce rozsáhlá, v edici Dokumenty CzTA byly vydány tři publikace.

Došlo rovněž k významné inovaci webových stránek, které byly v roce 2012 vybrány Národní knihovnou ČR k archivaci.

Nadále pokračuje pořádání vzdělávacích akcí, v minulém roce byla uskutečněna čtyři Tunelářská odpoledne, od roku



Obr. 2 Ing. František Dvořák (vpravo) a Ing. Petr Vozarik převzali pamětní medaili CzTA

Fig. 2 Ing. František Dvořák (right) and Ing. Petr Vozarik receiving the CzTA medal

2008 do června 2012 jich bylo uspořádáno již patnáct. Na začátku roku 2012 se navíc konal seminář o rakouské legislativě pro podzemní stavby.

Zprávu o ekonomické situaci, návrhu rozpočtu na rok 2012 a o stavu členské základny (k 1. 1. 2012 bylo členy asociace 50 organizací a 50 jednotlivců) přednesl Ing. Václav Soukup. Konstatoval, že v roce 2011 byly vyčerpány finanční prostředky získané z konference Podzemní stavby Praha 2010. Návrh rozpočtu na rok 2012 není vyrovnaný. Aby se zachoval stávající rozsah aktivit asociace, doporučilo předsednictvo schválit rozpočet s předpokládanou ztrátou 250 tis. Kč, která bude pokryta ze zatím nečerpáné rezervy z WTC 2007 uložené na vkladovém účtu. Navržený rozpočet počítá i s omezením některých výdajů (limitovat počet stránek časopisu Tunel na průměrně 98 str. v jednom výtisku, zrušit autorské honoráře apod.).

Valné shromáždění schválilo hospodaření asociace v roce 2011 a návrh rozpočtu na rok 2012 jednomyslně.

Doc. Hrubešová podala zprávu o činnosti pracovních skupin CzTA a aktivitě zástupců asociace ve WG's ITA-AITES.

Následovalo představení aktivit chystaných na rok 2012. Celkem budou uspořádány tři Tunelářská odpoledne a dva semináře. Nadále je plánováno vydávání časopisu Tunel. V říjnu by se měl uskutečnit odborný zájezd do Rakouska, který bude částečně dotován asociací. Velká pozornost je věnována přípravě konference PS Praha 2013, o postupu přípravy informoval Ing. Butovič. Účastníci byli vyzváni k podpoře konference a k zaslání abstraktů příspěvků do 30. 6. 2012.

Vyhlášení výsledků studentské soutěže o nejlepší diplomovou práci za rok 2011 oznámil Ing. Novotný. Vyhodnoceni byli:

1. místo – Ing. Veronika Onderková – FSv VŠB-TU Ostrava
Modelování technologie „pipe roofing“ pro sanaci tunelu Jablůnkov

2. místo – Ing. Miroslav Lipka – FSv VUT Brno
Posouzení vlivu nového hlubinného základu na konstrukci primárního kolektorového tunelu

3. místo – Ing. Jan Vrbata – FSv ČVUT Praha
Zpětná analýza měřených deformací primárního ostění tunelu Brusnice

Mimořádné ocenění – Bc. Jakub Mikolášek – FSv ČVUT Praha

Historické pohraniční opevnění ČR

V závěru jednání účastníci valného shromáždění přijali jednomyslně následující usnesení:

Usnesení z valného shromáždění CzTA, které se konalo 1. června 2012 v hotelu Duo v Praze 9

1. Valné shromáždění schvaluje zprávu předsedy o činnosti asociace v období od minulého valného shromáždění, které se konalo 8. června 2011.

2. Valné shromáždění schvaluje hospodaření asociace za rok 2011 a návrh rozpočtu na rok 2012.

EXKURZE NA STAVBU TRASY V.A PRAŽSKÉHO METRA

Protože se před rokem nepodařilo uspokojit všechny zájemce o exkurzi na stavbu metra V.A, uspořádala CzTA ve spolupráci s firmou Metrostav, a. s., v pátek 15. června 2012 opakovanou exkurzi s možností prohlídky plnoprofilových zeminových štítů (EPBS). Přišlo celkem 35 zájemců. Účastníci sestoupili do traťového tunelu jámou pro změnu logistiky pro ražbu štíty EPBS, která se nachází mezi stanicemi Veleslavín a Červený vrch (v budoucnu zde bude umístěn větrací objekt). Zde je zaměstnanci Metrostavu, a. s., seznámili se základními fakty a ukázali jim připravené složené segmenty z drátkobetonu (které jsou určeny pro zkušební úsek délky 15 m). Exkurze pokračovala levým (směrem do Dejvic) traťovým

3. Valné shromáždění vzalo kladně na vědomí hlavní aktivity CzTA v roce 2012:

– pořádání tunelářských odpolední, seminářů a tematického zájezdu do Rakouska;

– přípravu mezinárodní konference PS 2013.

Po ukončení oficiální části valného shromáždění následovala přednáška doc. Matouše Hilara, který informoval přítomné o právě proběhlém světovém tunelářském kongresu WTC 2012 v Thajsku.

Ing. Otakar Hasík seznámil posluchače se stavbou železničního tunelu Turecký vrch, kde je instalována pevná jízdní dráha. Stavba je prvním novým železničním tunelem ve Slovenské republice po mnoha letech. Přednášku Ing. Hasík uvedl dalšími informacemi generální ředitel společnosti Metroprojekt Praha, a. s., Ing. David Krása.

Valné shromáždění ukončil předseda CzTA Ing. Ivan Hrdina, který poděkoval přítomným za účast.

ING. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,
pruskova@seznam.cz, CzTA ITA-ATIES

tunelem do stanice Červený vrch, kde si prohlédli zeminový štít S-609 pojmenovaný „Tonda“, který byl připraven na start ražby traťového tunelu do stanice Dejvická. V druhém traťovém tunelu právě razil stroj S-610 „Adéla“ (oba od německé firmy Herrenknecht), který se aktuálně nacházel před stanicí Červený vrch. Po návratu na povrch proběhla v zasedací místnosti druhá část odborného programu – seznámení se s materiály o stavbě a film vysvětlující princip ražby pomocí EPBS v Praze a na stavbě metra v Barceloně.

ING. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,
pruskova@seznam.cz, CzTA ITA-ATIES

PŘÍPRAVA 12. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2013

22.–24. DUBNA 2013, PRAHA, ČESKÁ REPUBLIKA

**PREPARATION OF 12TH INTERNATIONAL CONFERENCE UNDERGROUND CONSTRUCTION PRAGUE 2013
22ND – 24TH APRIL 2013, PRAGUE, THE CZECH REPUBLIC**

Příprava 12. mezinárodní konference Podzemní stavby Praha 2013 intenzivně pokračuje. Pořadatelem konference je Česká tunelářská asociace ITA-AITES, předsedou organizačního výboru je Ing. Alexandr Butovič, Ph.D. z firmy Satra, s. r. o., a vědeckou radu vede doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D., (D2-Consult Prague, s. r. o., a FSv ČVUT Praha).

Na přípravě konference spolupracuje také Slovenská tunelářská asociace ITA-AITES.

Všechny potřebné informace o konferenci, jejíž součástí jsou také technická výstava, odborné exkurze a posterová sekce, lze nalézt **na webových stránkách** www.ita-aites.cz pod nabídkou Konference PS 2013. Z nich lze také stáhnout

The intense preparation of the 12th International Conference Underground Construction Prague 2013 is underway. The organiser of the Conference is the ITA-AITES Czech Tunnelling Association; the chairman of the Organising Committee is Dr. Alexandr Butovič from Satra, spol. s r. o.; the Scientific Council is chaired by Dr. Matouš Hilar (D2-Consult Prague, s. r. o., and the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical University in Prague).

The ITA-AITES Slovak Tunnelling Association also collaborates on the preparation of the Conference.

All necessary information on the Conference, parts of which are also the Technical Exhibition, technical excursions and

v PDF 2. oznámení i brožuru Nabídka pro partnery konference a vystavovatele.

Přes uvedené webové stránky bude probíhat komunikace s autory příspěvků i registrace účastníků.

Druhé oznámení již obsahuje jména odborníků, kteří budou řídit jednání jednotlivých sekcí, i názvy a přednášející klíčových a vyzvaných přednášek. Ty budou předneseny na začátku jednání sekcí.

Klíčové přednášky:

Libor Mařík (Česká republika): Historie a současnost NRTM v České republice

Ermín Stehlík (Česká republika): Výstavba pražského metra – historie, současnost a budoucnost

Martin Knights (Spojené království): Technologie a inovace v tunelování

Heinz Ehrbar (Švýcarsko): Pravidlo vyšších počtů v podzemním stavitelství – Zvládání rizik pro megaprojekty – Zkušenosti z Gotthardského bázového tunelu

Vyzvané přednášky:

Sekce 1 *Dopravní tunely ve městech – projektování a výstavba*

Dr. Vojtech Gall (USA): Nedestruktivní alternativy projektů mimoúrovňových křížení využívající velmi mělké konvenční tunelování

Dr. Davorin Kolic (Chorvatsko): Městské dopravní tunely v podzemním urbanismu

Sekce 2 *Dopravní tunely mimo města – projektování a výstavba*

Prof. Bai Yun (Čína): Trans-národní železnice pod Himálajemi

Sekce 3 *Ostatní podzemní stavby – projektování a výstavba*

Prof. Wulf Schubert (Rakousko): Požadavky na nedopravní podzemní stavby

Sekce 4 *Geotechnický průzkum a monitoring podzemních staveb*

Prof. Anthony Steven O'Brien (Spojené království): Geotechnické hodnocení, poslední vývoj a aplikace

Sekce 5 *Numerické modelování, vývoj a výzkum podzemních staveb*

Prof. Robert Galler (Rakousko): Trojrozměrné numerické modelování v podzemním inženýrství – některé poznámky k stavu vědy a současné výzkumné aktivity

Sekce 6 *Vybavení, bezpečnost provozu a údržba podzemních staveb*

Bernhard Kohl (Rakousko): Bezpečnost v silničních tunelech – stav oboru

Sekce 7 *Řízení rizik, smluvní vztahy a financování podzemních staveb*

Søren Degn Eskesen (Dánsko): Řízení rizik výstavby – nový vývoj a příklady z minulosti

Důležité termíny:

30. 9. 2012 – Zahájení registrace účastníků konference

1. 12. 2012 – termín pro zaslání komplexně zpracovaných příspěvků

Na shledanou v Praze v dubnu 2013!!!

ING. MILOSLAV NOVOTNÝ,
sekretář CzTA ITA-AITES,
ita-aites@metrostav.cz

a Poster Section, is available on web pages www.ita-aites.cz under Conference Underground Construction. The 2nd Announcement and the Prospectus for Partners and Exhibitors in PDF form can be downloaded from it.

All communication with authors of papers and the registration of attendees will proceed through the above-mentioned web pages.

The second announcement already contains the names of the professionals who will manage discussions in individual sections and the titles of key lectures and invited lectures, including the names of particular lecturers. The lectures will be delivered at the beginning of each section sessions.

Keynote lectures:

Libor Mařík (Czech Republic): Past and present of NATM in the Czech Republic

Ermín Stehlík (Czech Republic): Prague Metro construction - past, present and future

Martin Knights (United Kingdom): Technology and innovation in tunnelling

Heinz Ehrbar (Switzerland): The law of large numbers in underground construction – Risk Management for Mega-Projects – Lessons learned from the Gotthard Base Tunnel

Invited Lectures:

Section 1 *Urban transport tunnels – design and construction*

Dr. Vojtech Gall (USA): Non-Disruptive Alternatives for Grade Separation Projects in Urban Settings Using Very Shallow Conventional Tunneling

Dr. Davorin Kolic (Croatia): Urban Transport Tunnels in Underground Urbanism

Section 2 *Non-urban transport tunnels – design and construction*

Prof. Bai Yun (China): Trans-national railway under the Himalayas

Section 3 *Other underground structures – design and construction*

Prof. Wulf Schubert (Austria): Requirements for non-transport underground structures

Section 4 *Geotechnical investigation and monitoring for underground construction projects*

Prof. Anthony Steven O'Brien (United Kingdom): Geotechnical Characterisation, Recent Developments and Applications

Section 5 *Numerical modelling, development and research for underground cons. projects*

Prof. Robert Galler (Austria): 3-dimensional numerical modelling in underground engineering – some remarks to the state of the art and actual research activities

Section 6 *Equipment, operational safety and maintenance in underground structures*

Bernhard Kohl (Austria): Safety in Road Tunnels - State of the Art

Sekce 7 *Risk management, contractual relationships and funding of underground construction projects*

Søren Degn Eskesen (Denmark): Construction Risk Management – New developments and case histories

We are looking forward to meeting you in Prague in April 2013!!!

ING. MILOSLAV NOVOTNÝ,
Secretary of the ITA-AITES CzTA,
ita-aites@metrostav.cz

**PARTNEŘI MEZINÁRODNÍ KONFERENCE
PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2013**
**PARTNERS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE
UNDERGROUND CONSTRUCTION PRAGUE 2013**



• PLATINOVÍ PARTNEŘI • PLATINUM PARTNERS •



• ZLATÍ PARTNEŘI • GOLD PARTNERS •



• STŘÍBRNÍ PARTNEŘI • SILVER PARTNERS •



Podzemní **stavitelství**

- Bezalkalické urychlovače pro stříkané betony
- Produkty pro TBM
pěny pro zlepšení vlastností půdy, polymery, tmely a maziva
- Výrobky pro spárování a konsolidaci
- Výrobky pro opravy, ochranu a povrchovou úpravu betonu
- Výrobky pro hydroizolaci
syntetické izolační membrány
příslušenství hydroizolací a stříkané pryskyřice



Cholupický tunel



Tunel Jablunkov



Tunel Blanka



Olbramovický tunel

