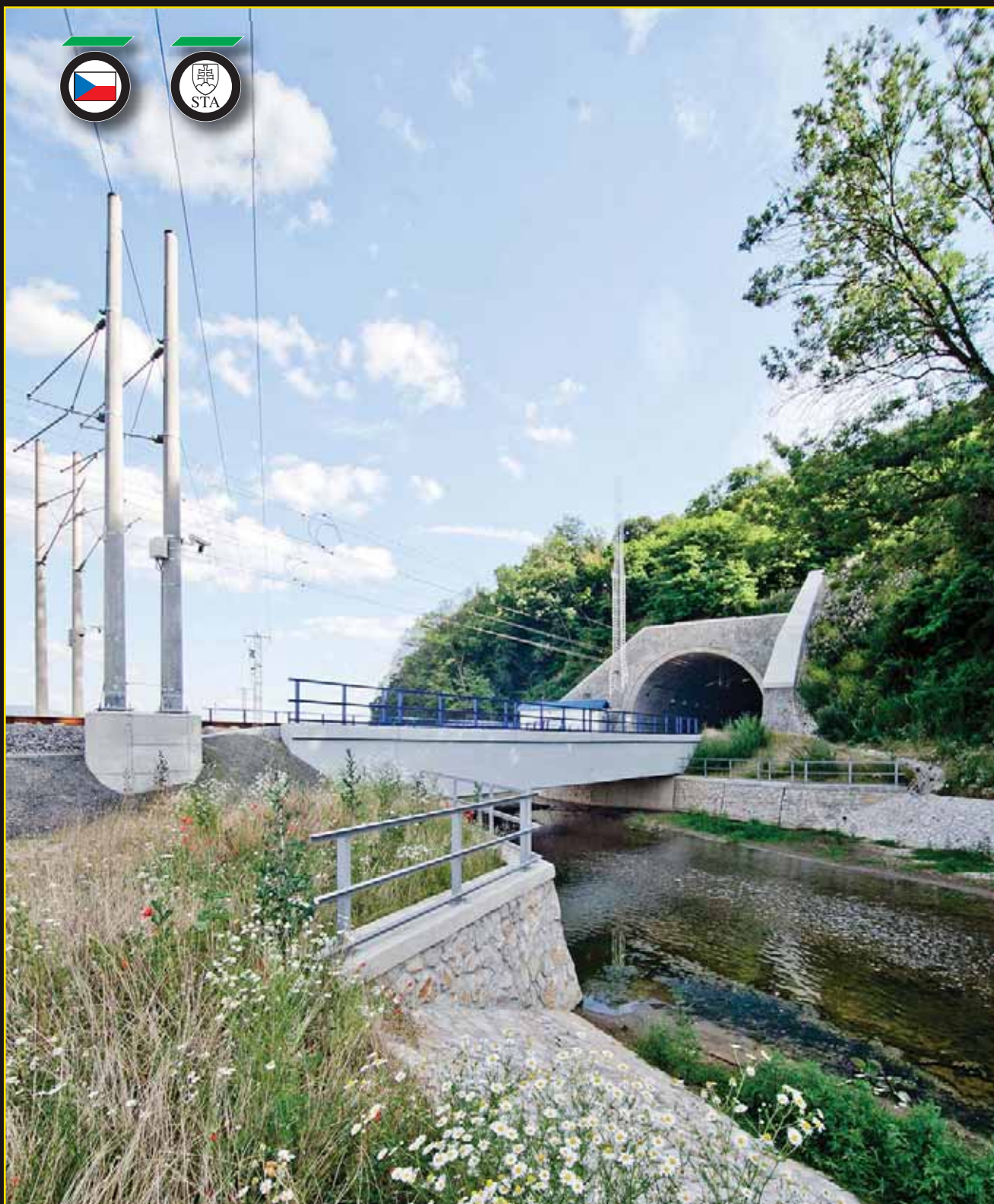


TuMeI

č. 1
2015

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





TUNNELLING
IS OUR
BUSINESS

BeMo Tunnelling GmbH

Since 1964 BeMo Tunnelling, with headquarter in Innsbruck [Austria], is a specialist in the design and construction of all kinds of underground structures, whether new construction, refurbishment, reinstatement or reconstruction as well as in the field of special civil engineering. Our experienced staff and know-how make us a world leader in our field, as can be seen from the excellent project record. A total of 400 kilometres of tunnel and underground structures of different sizes and dimensions have been built by BeMo over the past 50 years.



Crossrail, London (UK)
© Crossrail Ltd



NKWT,
Cochern (DE)



Baumleitertunnel,
Schalkau (DE)



KASIG,
Karanahle (DE)

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. Ing. Richard Šňupárek, CSc., člen redakční rady časopisu Tunel	1
Úvodníky:	
Dipl. Ing. Friedrich Neureiter, jednatel BeMo Tunnelling GmbH	2
Ing. Radko Bucek, Ph.D., generální ředitel – Mott MacDonald CZ, spol. s r. o.	3
Nový tunel Kaiser Wilhelm v údolí řeky Mosely: ražba tunelu pod městem Cochem hybridním plnoprofilovým razícím strojem	
Helmut Göhringer, BeMo Tunnelling GmbH, Innsbruck, Rakousko, Bodo Tauch, DB Projektbau GmbH, Frankfurt nad Mohanem, Německo	4
Zvládnání krasových jevů na stavbě tunelu Baumleite raženého metodou NRTM v Durinsku	
Helmut Göhringer, BeMo Tunnelling GmbH, Innsbruck, Rakousko	13
Tunely třetí fáze trati Bergen Bybanen v Norsku	
Ing. Michal Uhrin, Mott MacDonald CZ, spol. s r. o., MSc. Szilvia Toth, MSc. Vera Szanto, Mott MacDonald Hungary KFT	23
Metro v Baku: Fialová linka – startovací šachta LS04	
Ing. Petr Makásek, Ph.D., Ing. Petr Havlan, Ing. Barnabás Polák, Mott MacDonald CZ, spol. s r. o.	34
BIM a infrastrukturní projekty	
Ing. Petr Tomáš, Ing. Radim Krejczy, Mott MacDonald CZ, spol. s r. o.	41
Tunel Poľana – ražba a primární ostění	
Ing. Ján Papcún, METROSTAV a.s.	47
Tekuté nebo stříkané hydroizolační systémy v tunelech: kritické zhodnocení ve srovnání s fóliovými membránami	
Stefan Lemke, SIKA Services AG, Switzerland	58
Fotoreportáž z rozostavených tunelov v SR	71
Fotoreportáž z montáže TBM pro Ejpvovice	72
Fotoreportáž ze svěcení sv. Barbory a dne otevřených dveří	73
Ze světa podzemních staveb	76
Zprávy z tunelářských konferencí	80
Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice	82
Výročí	85
Z historie podzemních staveb	91
Zpravodaj České a Slovenské tunelářské asociace	97
Bibliografie 2014	98

REDAKČNÍ RADA/EDITORIAL BOARD

Čeští a slovenští členové / Czech and Slovak members

prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. – Stavební fakulta ČVUT v Praze (předseda/Chairman)
Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D. – GEOTest, a.s.
Ing. Miloš Frankovský – TERRAPROJEKT, a. s.
Ing. Otakar Hasík – METROPROJEKT Praha a. s.
doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D. – 3G Consulting Engineers, s.r.o.
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc. – VUT Brno, FAST
doc. RNDr. Eva Hrušková, Ph.D. – VŠB-TU Ostrava
RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D. – PUDIS a.s.
Ing. Viktória Chomová – Slovenská tunelárska asociácia
Ing. Jan Korejčík - Mott MacDonald CZ, spol. s r. o.
Ing. Ján Kušnir – REMING CONSULT 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 v Praze
prof. Ing. Pavel Přibyl, CSc. – ELTODO, a.s.
Ing. Boris Šebesta – METROSTAV a.s.
doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc. – Ústav geoniky AVČR v.v.i.
Ing. Pavel Šourek – SATRA, spol. s r. o.

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.: +420 702 062 610
e-mail: pruskova@ita-aites.cz
web: http://www.ita-aites.cz
Vedoucí redaktor: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.
Odborní redaktori: doc. Dr. Ing. Jan Pruška, Ing. Pavel Šourek, RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D., 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: Severný portál tunela Turecký Vrch, foto Bc. Jozef Jurík

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. Ing. Richard Šňupárek, CSc., Member of the Editorial Board	1
Dipl. Ing. Friedrich Neureiter, Executive Head of BeMo Tunnelling GmbH	2
Ing. Radko Bucek, Ph.D., Managing Director – Mott MacDonald CZ, spol. s r. o.	3
The New Kaiser Wilhelm Tunnel in Mosel Valley: Dual Mode TBM Tunnelling under the City of Cochem	
Helmut Göhringer, BeMo Tunnelling GmbH, Innsbruck, Austria, Bodo Tauch, DB Projektbau GmbH, Frankfurt am Main, Germany	4
Mastering Karst Features at the Baumleite NATM Tunnel Project in Thuringia, Germany	
Helmut Göhringer, BeMo Tunnelling GmbH, Innsbruck, Austria	13
Tunnels on Stage Three of Bergen Bybanen, Norway	
Ing. Michal Uhrin, Mott MacDonald CZ, spol. s r. o., MSc. Szilvia Toth, MSc. Vera Szanto, Mott MacDonald Hungary KFT	23
Baku Metro: Purple Line – Launching Shaft LS04	
Ing. Petr Makásek, Ph.D., Ing. Petr Havlan, Ing. Barnabás Polák, Mott MacDonald CZ, spol. s r. o.	34
BIM and Infrastructural Projects	
Ing. Petr Tomáš, Ing. Radim Krejczy, Mott MacDonald CZ, spol. s r. o.	41
Poľana Tunnel – Excavation and Primary Lining	
Ing. Ján Papcún, METROSTAV a.s.	47
Liquid or Spray-Applied Waterproofing Systems in Tunnels: a Critical Review in Comparison to Plastic Sheet Membranes	
Stefan Lemke, SIKA Services AG, Switzerland	58
Picture Report from Tunnels under Construction in the SR	71
Picture Report from the Assembly of the TBM for Ejpvovice Tunnel	72
Picture Report from the Consecration of St. Barbara Statuette and the Open Door Day	73
The World of Underground Constructions	76
News from Tunnelling Conferences	80
Current News from the Czech and Slovak Underground Construction	82
Anniversaries	85
From the History of Underground Constructions	91
Czech and Slovak Tunnelling Association ITA-AITES Report	97
Bibliography 2014	98

Ing. Václav Veselý - ARCADIS CZ a.s.
Ing. Ondrej Vida – SKANSKA SK, a. s.
Ing. Jan Vintera – Subterra a.s.
Ing. Jaromír Zlámal – POHL CZ, a.s.
CzTA ITA-AITES: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.

Zahraniční členové / International members

Prof. Georg Anagnostou – ETH Zürich, Switzerland
Dr. Nick Barton – NICK BARTON & ASSOCIATES, Norway
Prof. Adam Bezuijen – GHENT UNIVERSITY, Belgium
Prof. Tarcisio B. Celestino – UNIVERSITY OF SAO PAULO, Brazil
Dr. Vojtech Gall – GALL ZEIDLER CONSULTANTS, USA
Prof. John A. Hudson – IMPERIAL COLLEGE, UK
Prof. Dimitrios Kolymbas – UNIVERSITY OF INNSBRUCK, Austria
Prof. In-Mo Lee – KOREA UNIVERSITY, South Korea
Prof. Daniele Peila – POLITECNICO DI TORINO, Torino, Italy
Prof. Wulf Schubert – GRAZ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Austria
Prof. Ove Stephansson – GFZ Potsdam, Germany
Prof. Walter Wittke – WBI GmbH, Germany

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 and obligatory issues for 35 libraries and other subjects

OFFICE

Dělnická 12, 170 00 Praha 7, tel./fax: +420 266 793 479
e-mail: pruskova@ita-aites.cz
web: http://www.ita-aites.cz
Editor-in-chief: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.
Technical editors: doc. Dr. Ing. Jan Pruška, Ing. Pavel Šourek, RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D., 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: The Turecký Vrch Tunnel, the northern portal, photo courtesy of Bc. Jozef Jurík

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. Jiří 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

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

ARCADIS CZ a.s.
Geologická 4/988
152 00 Praha 5

BASF Stavební hmoty
Česká republika s.r.o.
K Májovu 1244
537 01 Chrudim

Stavební fakulta ČVUT v Praze
Thákurova 7
166 29 Praha 6

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

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

Energie - stavební a báňská a.s.
Vašíčkova 3081
272 04 Kladno

GeoTec-GS, a.s.
Chmelová 2920/6
106 00 Praha 10-Záběhllice

GEOtest, a.s.
Šmahova 1244/112
627 00 Brno

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

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

ILF Consulting Engineers, s.r.o.
Jirská 538/5
186 00 Praha 8

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

Inženýring dopravních staveb a.s.
Na Moráni 3/360
128 00 Praha 2-Nové Město

KELLER - speciální zakládání, spol. s r. o.
Na Pankráci 1618/30
140 00 Praha 4

MAPEL spol. s r.o.
Smetanova 192/33
772 11 Olomouc

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

METROSTAV a.s.
Koželušská 2450/4
180 00 Praha 8

Minova Bohemia s.r.o.
Lihovarská 1199/10
Radvanice
716 00 Ostrava

Mott MacDonald CZ, spol. s r.o.
Národní 984/15
110 00 Praha 1

OHL ŽS, a.s.
Burešova 938/17
602 00 Brno-Veveří

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

Pöyry Environment a.s.
Botanická 834/56
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

PUDIS a.s.
Nad vodovodem 2/3258
100 31 Praha 10

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR
Čerčanská 12
140 00 Praha 4

SAMSON PRAHA, spol. s r. o.
Týnská 622/17
110 00 Praha 1

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

SIKA CZ, s.r.o.
Bystřická 1132/36
624 00 Brno

SMP CZ, a.s.
Pobřežní 667/78
186 00 Praha 8

SPRÁVA ÚLOŽIŠTÍ
RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ
Dlážděná 1004/6
110 00 Praha 1-Nové Město

Subterra a.s.
Koželušská 2246/5
180 00 Praha 8 - Libeň

SUDOP PRAHA a.s.
Olšanská 2643/1a
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, v.v.i.
Studentská ul. 1768
708 00 Ostrava-Poruba

VIS, a.s.
Bezová 1658
147 01 Praha 4

FAKULTA STAVEBNÍ VUT v Brně
Veveří 331/95
602 00 Brno

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

Zakládání Group a.s.
Thámova 181/20
186 00 Praha 8

3G Consulting Engineers s.r.o.
Na usedlosti 513/16
office: Zelený pruh 95/97
140 00 Praha 4

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.
Jaškova 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

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.
Kragujevská 11
010 01 Žilina

HYDROBETON, s. r. o.
Stavitel'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.
Štverník 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
SPOLOČNOSŤ, a. s.
Mlynské nivy 45
821 09 Bratislava

OBO Bettermann s.r.o.
Viničianska cesta 13
902 01 Pezinok

PERI, spol. s r. o.
Šamorínska 18/4227
903 01 Senec

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

REMING CONSULT, a. s.
Trnavská cesta 27
831 04 Bratislava

RENESCO, 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

SLOVENSKÁ SPRÁVA CIEST
Miletičova ul. 19
826 19 Bratislava

SLOVENSKÉ 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

TAROSI c.e., s.r.o.
Slávičie údolie 106
811 01 Bratislava

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.
K cintorínu 63
010 04 Žilina - Bánová

TUNGUARD, s.r.o.
Osloboditeľov 120
044 11 Trstené pri Hornáde

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

VIIS-Zakladanie stavieb, spol. s r. o.
Kopčianska 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



Vážení přátelé,

dostává se vám do rukou první letošní číslo časopisu Tunel, které má už na první pohled výrazně internacionální charakter. Číslo je věnováno dvěma významným společnostem, které zanechávají nepřehlédnutelnou globální stopu v oblasti podzemního stavitelství – BeMoTunnelling GmbH a Mott MacDonald (resp. její české pobočce). Díky tomu se mohou čtenáři seznámit s řešením zajímavých technických problémů i s vlastní realizací podzemních staveb v blízkých i vzdálenějších zemích.

Stavby železničních tunelů v Německu, realizované BeMo, představují jednak kontinuální strojní ražbu pod nízkým nadložím v zastavěné městské oblasti, jednak ražbu tunelu pomocí NRTM v oblasti s obávanými krasovými strukturami. Příspěvky pracovníků Mott MacDonald CZ, spol. s r. o. se zabývají tunelovými stavbami v Norsku a v Ázerbájdžánu. Na tunelových stavbách tramvajové tratě v Bergenu je patrné praktické použití informačního modelu stavby (Building Information Modelling – BIM), jemuž je věnován ještě samostatný článek. Poznatky ze stavby metra v Baku poukazují mj. na problém nedostatečného geotechnického průzkumu zejména z hlediska interpretace naměřených dat.

Velmi zajímavý článek pracovníka švýcarské firmy SIKA SERVICES AG se podrobně zabývá stříkanými hydroizolačními systémy v tunelech a jejich srovnáním s fóliovými izolacemi. Vyznění článku je ke stříkaným izolacím poměrně kritické a uvidíme, zda nevyvolá v některém příštím čísle Tunelu diskusní článek zastánců této technologie.

České stavební firmy jsou zastoupeny pouze článkem o stavbě tunelu Poľana na Slovensku, na níž se podílí METROSTAV a.s. Je to odraz skutečnosti, že pokles investiční výstavby v minulých krizových letech se plně projevil a nové tunelové stavby se v naší republice téměř nerealizují. Věříme však, že tato situace se bude měnit. V nejbližší době se můžeme alespoň těšit s našimi slovenskými kolegy na zahájení výstavby několika dálničních tunelů na jejich páteřní dopravní komunikaci.

Pěkné čtení Vám přeje

*doc. Ing. RICHARD ŠŇUPÁREK, CSc.,
člen redakční rady*

Dear friends,

the first this-year's issue of Tunel journal arriving in your hand has, at the first sight, a markedly internationalist character. The journal issue is dedicated to two important companies leaving a highly visible global track behind them in the field of underground construction – BeMoTunnelling GmbH and Mott MacDonald (or its Czech branch). Owing to this fact readers can get acquainted with solutions to interesting technical problems and the realisation of underground structures in close and more remote countries.

The constructions of railway tunnels in Germany realised by BeMo represent, on the one hand, continual mechanical excavation under a low overburden in a built-up urban area and, on the other hand, tunnel excavation using the NATM in an area containing dreaded karst structures. Papers by Mott MacDonald CZ deal with tunnel construction projects in Norway and Azerbaijan. The practical use of the building Information Model (BIM) is presented on tunnel structures for the tramway track in Bergen, which is, in addition, even dedicated a separate paper. Knowledge gained from the Baku metro development project point to problems of insufficient geotechnical investigation viewed mainly from the aspect of the interpretation of measured data.

A very interesting paper by an employee of Swiss company SIKA SERVICES AG deals in detail with spray-applied waterproofing systems in tunnels and their comparison with plastic membrane waterproofing systems. The message of the paper is relatively critical to spray-applied waterproofing systems and we will see whether it will not provoke believers in this technology to submit a discussion paper for one of the future journal issues.

Czech civil engineering companies are represented only by a paper on the construction of the Poľana tunnel in Slovakia, which is participated in by METROSTAV a.s. This is the reflection of the fact that the decrease in capital investment works experienced during the past years has fully manifested itself and nearly no new tunnel construction projects are implemented in the Czech Republic. Nevertheless, we believe that this situation will change. On the near horizon we, together with our Slovak colleagues, can at least look forward for the commencement of construction works on several motorway tunnels located on their arterial road.

I wish you pleasant reading.

*doc. Ing. RICHARD ŠŇUPÁREK, CSc.,
member of the Editorial Board*



VÁŽENÍ ČTENÁŘI ČASOPISU TUNEL, KOLEGOVÉ,

je pro nás velkou ctí seznámit vás, čtenáře respektovaného českého odborného časopisu Tunel, s rozsahem činnosti naší společnosti. Dobrým důvodem k podrobnějšímu přiblížení našich aktivit české odborné veřejnosti je i ta skutečnost, že od srpna 2013 patří společnost BeMo Tunnelling GmbH do skupiny Metrostav.

BeMo Tunnelling GmbH (zkr. BeMo), se sídlem v Innsbrucku, je specialistou na projektování a výstavbu všech druhů podzemních staveb, ať už jde o novou výstavbu, modernizace, obnovu, nebo rekonstrukce.

Od roku 1964 činnost společnosti prochází stálou expanzí. BeMo díky svým inovativním technickým řešením při soutěžích na náročné stavby a technologickým inovacím bylo vždy v čele rozvoje Nové rakouské tunelovací metody (NRTM). O nelehkých začátcích zavádění NRTM do praxe svědčí několik informací z historie:

„Ve druhé polovině roku 1960 vyšla výzva k podávání nabídek na první úsek metra ve Frankfurtu nad Mohanem, který měl být budován pomocí razicího štítu. Alternativní návrh založený na principech NRTM nebyl investorem vzat v úvahu kvůli nedostatku zkušeností s touto metodou, a to navzdory tomu, že tato metoda byla zřetelně méně nákladná než ražby štítem. Za účelem prokázání, že je možné uplatnit NRTM i ve frankfurtské geologii, se BeMo rozhodlo pro demonstrační účely provést zkušební ražby ze šachty. O několik měsíců později vydalo město Frankfurt výzvu k odevzdání nabídek na úsek metra procházející pod frankfurtskou historickou radnicí Römer.

Sdružení firem vedené BeMo a ve spolupráci s profesorem Müllerem jako poradcem zakázku na základě alternativního návrhu NRTM získalo. Náklady a rizika ze zkušebních ražeb se vyplátily!“

Takto získaná velká zkušenost vedla společnost k založení divize pro transfery know-how, která vyváží know-how inženýrů BeMo do světa.

Jako uznání jeho zásluh pro rozvoj, propagaci a další vývoj NRTM bylo BeMo uděleno v roce 1982 právo nosit rakouský státní znak.

Aby bylo zajištěno, že naše produkty a služby budou stále na technologické špičce a budou splňovat požadavky ve stále se měnícím globálním podnikatelském prostředí, snaží se BeMo poskytovat svým zákazníkům nejmodernější technická řešení prostřednictvím neustálého zlepšování a dalšího rozvoje.

Dopady na životní prostředí, jako je hluk, prach a spotřeba zdrojů, jsou nevyhnutelné při realizaci našich projektů. BeMo si je plně vědomo svojí značné odpovědnosti při ochraně životního prostředí a zároveň zabránění poškození majetku a svědomitě využívání zdrojů. Snažíme se chovat k životnímu prostředí odpovědným způsobem v každém projektu.

BeMo bylo jednou z prvních společností v rámci tunelářského oboru Německa a Rakouska, která zavedla a certifikovala systém managementu kvality (QMS) podle řady ISO 9000 v roce 1995, po kterém následovaly certifikace OHSAS 18001 a SCC ** v roce 2004 a ISO 14001 v roce 2007.

Mezitím jsme zavedli integrovaný systém managementu (IMS), který neustále zlepšujeme a rozvíjíme. Naše IMS se skládá z ochrany zdraví při práci a systému řízení bezpečnosti podle OHSAS 18001 a SCC **, systému managementu kvality podle ISO 9001, stejně jako systému environmentálního managementu podle ISO 14001.

Tunelové stavby patří v současné době vedle dalších podzemních aktivit k nejprestižnějším a nejnáročnějším projektům realizovaným společností pro veřejné zadavatele. BeMo hraje vedoucí roli, a to buď jako hlavní dodavatel, nebo partner ve sdružení. Pro získání bližších informací o společnosti navštivte prosím www.bemo.net.



DEAR READERS OF THE MAGAZINE TUNEL, COLLEAGUES,

It is a great honor for us to introduce you, the readers of the respected Czech professional magazine Tunel, to a range of activities of our company. A good reason for a more detailed approach our activities to Czech professional public is the fact, that since August 2013, the company BeMo Tunnelling GmbH ranks in Metrostav Group.

BeMo Tunnelling GmbH (abbr. BeMo), with headquarter in Innsbruck, is a specialist in the design and construction of all kinds of underground structures, whether new construction, refurbishment, reinstatement or reconstruction.

Since 1964 the company's activities have been undergoing constant expansion. BeMo with its innovative tender proposals for difficult construction lots and its technological innovations was always at the forefront of the development of the New Austrian Tunnelling Method (NATM). The difficulties of introduction beginnings of the NATM into practice is evidenced by few information from history:

“In the second half of the 1960s a call went out for tenders for the first metro lot in Frankfurt/Main to be constructed using shield tunnelling. An alternative proposal based on the principles of the NATM was not taken into consideration by the owner because of a lack of experience with the method, despite the fact that it was clearly less expensive than shield tunnelling. In order to prove that it was possible to apply the NATM also in Frankfurt's soil, BeMo decided to conduct trial driving operations from a shaft for demonstration purposes. A few month later the City of Frankfurt issued a call for tenders for a metro lot to cross under Frankfurt's historic City Hall, the Römer.

A joint venture led by BeMo and assisted by Professor Müller as an adviser was awarded the contract on the basis of an alternative NATM proposal. The costs and risk of the trial operations had paid off!”

The great experience thus acquired led the company to set up a Division for Know-how Transfer, which exports the know-how of BeMo's engineers to many countries throughout the world.

In recognition of its merits for the advancement, promotion and further development of NATM, BeMo was granted the right to bear the Austrian state coat of arms in 1982.

To ensure that our products and services continue to remain on the technological leading edge and meet the requirements of an ever-changing global business environment, BeMo strives to provide their customers with state-of-the-art engineering solutions through continuous improvement and further development.

Environmental impacts, such as noise, dust and the consumption of resources, are unavoidable in the execution of our projects. BeMo is fully aware of its considerable responsibility to protect the environment while avoiding damage to property and conscientiously using resources. We endeavour to act in an environmentally accountable manner on every project.

BeMo was one of the first companies within the tunnelling industry of Germany and Austria to introduce and certify a Quality Management System (QMS) according to the ISO 9000 series in the year 1995, followed by certifications of OHSAS 18001 and SCC** in the year 2004 and ISO 14001 in 2007.

Meanwhile we have introduced an Integrated Management System (IMS), which we are continuously improving and developing. Our IMS consists of an Occupational Health and Safety Management System according to OHSAS 18001 and SCC**, a Quality Management System according to ISO 9001 as well as an Environmental Management System according to ISO 14001.

Current tunnelling activity is amongst other underground schemes in prestigious and challenging projects for public clients. BeMo plays a leading role either as Main Contractor or Joint-Venture Partner. To obtain more information about the company, please visit www.bemo.net.

DIPL. ING. FRIEDRICH NEUREITER

*jednatel BeMo Tunnelling GmbH
Executive head of BeMo Tunnelling GmbH*

VÁŽENÉ KOLEGYNĚ A KOLEGOVÉ, ČTENÁŘI ČASOPISU TUNEL,

v úvodníku k druhému číslu časopisu tunel v roce 2012 jsem stručně představil širokou škálu činností, jimiž se Mott MacDonald celosvětově zabývá již přes 120 let. V tom letošním bych se rád více rozepsal o působení a projektech české pobočky společnosti, která na našem území působí již 22. rokem. Od roku 1993, kdy byla dceřiná společnost Mott MacDonald CZ v Praze založena, spolupracovala na mnoha významných projektech v ČR a ve velké míře i na projektech v zahraničí. K dnešnímu dni ve firmě pracuje téměř 150 zaměstnanců v kancelářích v Praze, Brně a nově otevřených pobočkách v Bratislavě na Slovensku a v Baku v Ázerbájdžánu.

Naše společnost se zaměřuje především na projekční a konzultační činnost v oblasti tunelů, mostů, silnic, dopravního plánování, vodohospodářských staveb, EU fondů, PPP projektů, životního prostředí a od loňského roku nově i v oblasti železnic. Jsme tudíž schopni obsáhnout veškeré typy dopravních staveb od prvotních studií přes všechny stupně projektové přípravy a podporu při zadávání zakázky až po realizační fázi ať už na straně investora, nebo zhotovitele. Naší velkou výhodou je zájem velké nadnárodní společnosti, které nám umožňuje využívat její celosvětové zkušenosti k efektivnímu a často inovativnímu technickému řešení staveb.

Pokud jde o naše oddělení tunelů, zakládání staveb a geotechniky, v posledních letech se postupně rozšířilo až na bezmála 40 odborníků, což ho řadí mezi jedno z největších v ČR. Udržet tak početné specializované oddělení nám v době nedostatku tuzemských tunelových staveb umožňuje především práce na zakázkách v zahraničí. Ty však není vůbec jednoduché získat. Kromě jazykových a formálních překážek bojujeme často s významnými místními hráči, kteří mají silné vazby na investory a zároveň i více vstupních informací o připravovaných projektech. Naší výhodou může být ve vyspělejších zemích nižší hodinová sazba expertů. V méně vyspělých zemích lze uspět zase nabídnutím nejmodernějších trendů a technologií, se kterými nemají místní firmy zkušenosti. V každém případě však práce v zahraničí znamená částečně se oprostit od českých zvyklostí a začít pracovat podle zvyklostí a pravidel platných v dané zemi. Naši zaměstnanci s tím již mají bohaté zkušenosti, takže jsou schopni projektovat v cizím jazyce, podle místních norem a s použitím jakéhokoliv požadovaného statického softwaru.

V tomto čísle si můžete přečíst tři články, které vás seznámí s projekty, na kterých se podílíme. První z nich pojednává o projektu rozšíření tramvajové sítě v norském Bergenu, který zahrnuje i několik tunelů a mostů. Další článek informuje o aktuálním stavu prací na našem stěžejním projektu rozvoje metra v Baku. Třetí článek přináší premiérově v časopisu Tunel základní seznámení s procesem BIM (Building Information Modelling), do češtiny překládaným jako informační modelování budov, s příklady jeho využití na několika zahraničních projektech. Tento proces je stále více využíván a dokonce vyžadován v mnoha vyspělých zemích po celém světě a zůstává jen otázkou času, kdy dorazí i do České republiky.

Závěrem mi dovoluji popřát všem mnoho osobních i obchodních úspěchů a těším se na budoucí spolupráci při přípravě a realizaci dalších projektů.



DEAR COLLEAGUES, READERS OF TUNEL JOURNAL,

In the leading article for the second issue of Tunel journal in 2012 I briefly introduced the wide range of activities Mott MacDonald has been dealing with worldwide for over 120 years. In this year's issue I would like to write more about the activities and projects dealt with by the Czech branch of the company, which has been active in the Czech Republic for nearly 22 years. Since 1993, which is the year in which the Mott MacDonald CZ branch was founded in Prague, it participated in many significant projects in the CR and, to a great extent, even in projects abroad. As of this day, nearly 150 employees work in our company, in the offices in Prague, Brno and the newly established branches in Bratislava, Slovakia, and Baku, Azerbaijan.

Our company focuses itself mainly on designing and consultancy activities in the field of tunnels, bridges, roads, transportation planning, water management projects, EU funds, PPP projects, environment and, from the past year, newly even the field of railways. We are therefore capable of covering all types of transport-related structures, from initial studies through all stages of design preparation and support during the procurement process up to the realisation phase, both on the side of the project owner or the contractor. Our great advantage lies in the background provided by the big multinational company, which allows us to use its global experience for effective and frequently innovative technical solutions to structures.

As far as our department of tunnels, foundation of structures and geotechnics is concerned, its staff was gradually expanded during recent years to nearly 40 professionals, which fact ranges it among the largest in the Czech Republic. Maintaining the department with such a large staff during the period of the lack of domestic contracts for tunnel structures is possible, first of all, thanks to our foreign contracts. But it is not at all easy to win them. Apart from language barriers and formal obstacles, we often fight important local players, who maintain strong relationships with project owners and have more input information about the projects being under preparation. Lower hourly rates of our experts can be our advantage in more developed countries. In less developed countries, we can succeed by offering state-of-the-art trends and technologies the local companies are not experienced in. In any case, working abroad means the necessity to partially get rid of Czech customs and start to work following the customs and rules applicable in the particular country. Our employees have wealth of experience with it and they are therefore capable of designing in the particular foreign language, following local standards and using any prescribed structural design software.

In this journal issue you can read three papers, which will acquaint you with three projects we are participating in. The first of them deals with the design for the expansion of tramway network in Bergen, Norway, which even comprises several tunnels and bridges. The next paper informs about the current state of the work on our pivotal project for the development of metro in Baku. The third paper provides (as a premiere in Tunel journal), basic information about the BIM (building Information Modelling) and presents examples of its application to several projects carried out by our company abroad. This process is more and more used and is even prescribed worldwide in many developed countries and it remains only a matter of time when it even arrives to the Czech Republic.

To conclude, allow me to wish all of you lots of personal and commercial success and I look forward to future collaboration on the preparation and implementation of new projects.

Radko Bucek

ING. RADKO BUCEK, PH.D.

**Generální ředitel – Mott MacDonald CZ, spol. s r. o.
Managing Director – Mott MacDonald CZ, spol. s r. o.**

NOVÝ TUNEL KAISER WILHELM V ÚDOLÍ ŘEKY MOSELY: RAŽBA TUNELU POD MĚSTEM COCHEM HYBRIDNÍM PLNOPROFILOVÝM RAZICÍM STROJEM

THE NEW KAISER WILHELM TUNNEL IN MOSEL VALLEY: DUAL MODE TBM TUNNELLING UNDER THE CITY OF COCHEM

HELMUT GÖHRINGER, BODO TAUCH

ABSTRAKT

Společnost Deutsche Bahn AG vybudovala nový tunel v souběhu se stávajícím 150 let starým tunelem Kaiser Wilhelm v údolí řeky Mosely. Ražba nového tunelu dlouhého 4200 m byla prováděna plnoprofilovým razičím strojem s častými změnami režimu, tj. jak s otevřeným, tak i uzavřeným čelem. Dokončení strojní ražby nového tunelu Kaiser Wilhelm bylo důležitým příspěvkem k zavedení bezpečnostních norem v současnosti požadovaných pro železniční tunely v Německu. Tento článek se zabývá komplikovaným průchodem zeminového štítu v režimu ražby pod okrajovou částí města Cochem. Obtížné geologické poměry a velmi krátké vzdálenosti mezi klenbou tunelu a základy budov kladly velké nároky na tuto stavbu. Z toho důvodu byla dodavatelem stavby společně s objednatelům vytvořena zvláštní koncepce pro zvládnutí této náročné části ražby, která se lišila od smlouvy.

ABSTRACT

The Deutsche Bahn AG built a new tunnel parallel to the existing 150-year-old Kaiser Wilhelm Tunnel in the Mosel Valley. Excavation of the 4,200-m-long new tunnel was performed by TBM in open and closed mode with frequent mode changes. Finalization of the mechanized drive for the New Kaiser Wilhelm Tunnel was an important step towards installing the safety standards currently required for railway tunnels in Germany. This paper deals with the difficult EPB mode when tunneling under Cochem's upper town. The demanding geological conditions and very short distances between tunnel roof and building foundations posed the big challenges on this project. A special concept – differing from the contract – was thus jointly developed by the contractor and the client to master this very difficult part of excavation.

POPIS STAVBY

Dvoukolejný tunel Kaiser Wilhelm, který byl původně otevřen v roce 1879, leží na železniční trati Koblenz – Perl Mosel mezi městy Ediger-Eller a Cochem (obr. 1, 2, 3, 4). Toto železniční spojení je důležitou součástí transevropské sítě (TEN) pro konvenční železniční dopravu. Jeho stavební stav a nedostatky spojené s bezpečnostními normami týkajícími se požáru a ochrany před neštěstími vyvolaly nutnost vybudovat druhý tunel. Po dokončení by kombinace nového tunelu a renovovaného tunelu měla zajistit tunelový systém vyhovující všem požadavkům kladeným na moderní dopravní síť.



Obr. 1 Pohled na portál nového tunelu Kaiser Wilhelm ve městě Cochem (Zdroj: BeMo, 2012b)

Fig. 1 View of the portal of the New Kaiser Wilhelm Tunnel in Cochem (Source: BeMo, 2012b)

PROJECT DESCRIPTION

The double-track Kaiser Wilhelm Tunnel, originally opened in 1879, is located on the Coblenz-Perl Mosel rail line between Ediger-Eller and Cochem (Fig. 1, 2, 3, 4). This railway connection is an important component of the Trans-European Network (TEN) for conventional rail traffic. Its structural status and the inadequacies of its safety standards with regard to fire and disaster protection made it necessary to build a second tunnel. On completion the combination of a new tunnel and a refurbished old tunnel would ensure a tunnel system that meets all the requirements of a modern traffic network.



Obr. 2 Pohled na smontovaný plnoprofilový tunelovací stroj na ediger-eller-ském portálu (Zdroj: BeMo, 2010)

Fig. 2 View of the assembled TBM at the Ediger-Eller portal (Source: BeMo, 2010)



Obr. 3 Zařízení staveniště u ediger-ellerského portálu (Zdroj: BeMo, 2011)
Fig. 3 Site installation at the Ediger-Eller portal (Source: BeMo, 2011)

Druhá trouba tunelu Kaiser Wilhelm je přibližně 4200 m dlouhá a výška nadloží nad klenbou tunelu se pohybuje od 3 m do 230 m. Osa druhé tunelové trouby probíhá východně od té stávající. Vzorový příčný řez nového tunelu je znázorněn na obr. 5.

Modernizace tunelu se provádí ve dvou fázích. V první fázi se souběžně se starým tunelem Kaiser Wilhelm staví druhá paralelní jednokolejná trouba (nový tunel Kaiser Wilhelm). Ve druhé fázi se potom původní tunel obnovuje a mění se na jednokolejný.

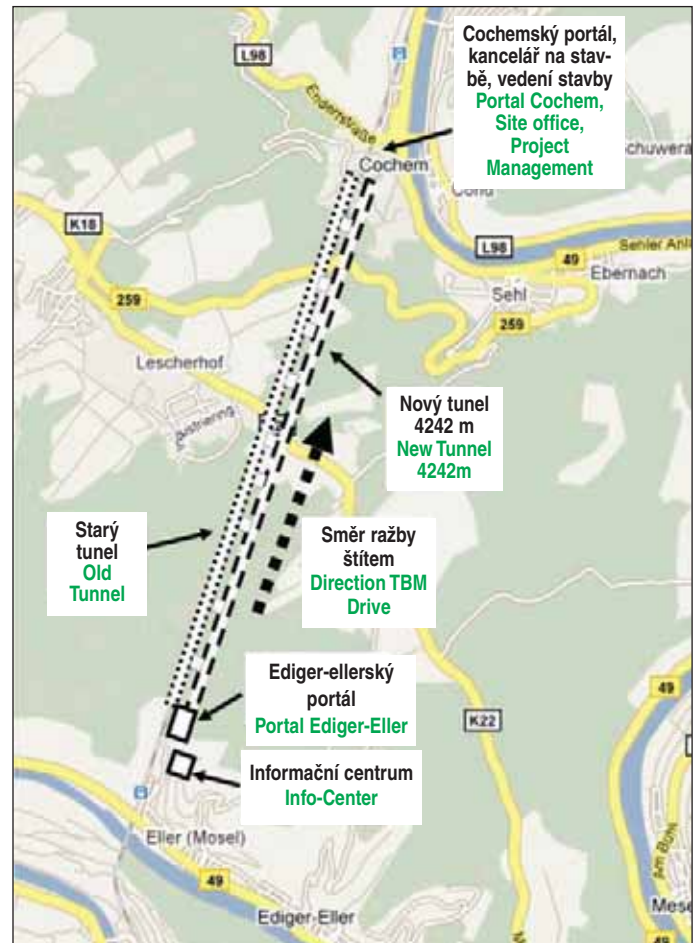
Po dokončení se bude každá tunelová trouba provozovat jako jednokolejný tunel. Obě trouby budou propojeny osmi propojkami v pravidelných vzdálenostech přibližně 500 m, takže budou odpovídat nejnovějším bezpečnostním normám (TSI-SRT, 2008/2012) a předpisům vydaným Německým spolkovým železničním úřadem (EBA, 1997/2001).

Uvedení obou trub jednosměrných tunelů do provozu se plánuje na prosinec 2015. Strojní ražba 4242 m dlouhého nového tunelu Kaiser Wilhelm byla úspěšně zakončena prorážkou 7. listopadu 2011 (obr. 6, 7).

Technicky nejobtížnější částí strojní ražby, hlavně co se týká tunelování, byla ražba plnoprofilovým strojem pod částí města Cochem v režimu s otevřeným čelem (obr. 8). V některých místech se klenba tunelu dostala do vzdálenosti jen 3,2 m od základů budov nacházejících se nad ním, přičemž sedání se muselo minimalizovat. Bylo to poprvé, kdy se ve světě tato tunelovací metoda použila pro ražbu pod obydlenu oblastí s tak nízkým



Obr. 6 Prorážka štítu, cochemský portál (Zdroj: BeMo, 2011)
Fig. 6 TBM breakthrough at the Cochem portal (Source: BeMo, 2011)



Obr. 4 Schéma stávajícího tunelu (první trouba) a nového tunelu (druhá trouba) (Zdroj: BeMo, 2012b na základě map z Google)
Fig. 4 Schematic view of the existing tunnel (first tube) and the new tunnel (second tube) (Source: BeMo, 2012b based on Google Maps)

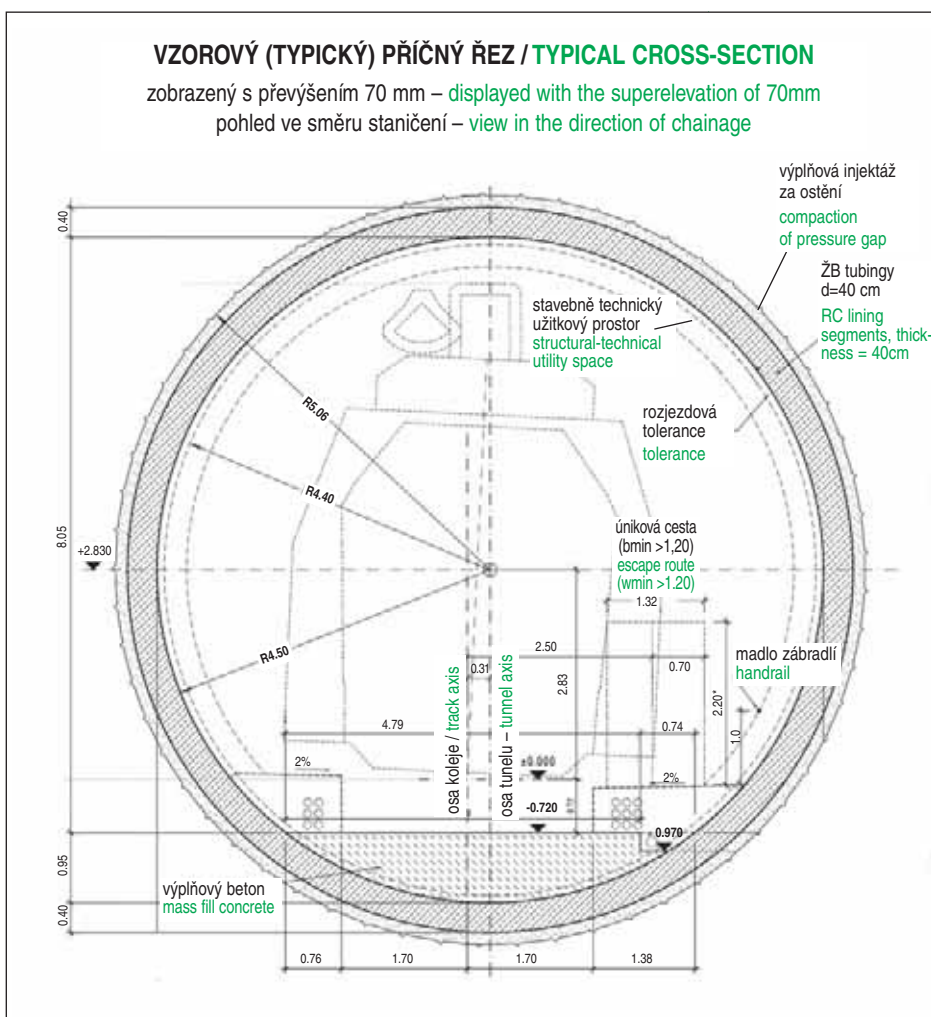
The second tunnel tube of the Kaiser Wilhelm Tunnel has a length of approx. 4,200m and the overburden above the tunnel crown ranges between 3m and 230m. The axis of the second tube runs 25m east of the existing tube. The typical cross-section of the new tunnel is shown in Fig. 5.

Refurbishment of the tunnel is being conducted in two phases. In the first phase the Old Kaiser Wilhelm Tunnel is given a second parallel single-track tube (New Kaiser Wilhelm Tunnel). In the second phase the original tunnel is being reinstated and modified as a single-track tunnel.

When completed, each tube will be operated as a single-track tunnel. The two tubes will be connected by eight cross-passages at regular intervals of approx. 500m and will thus comply with the latest safety standards (TSI-SRT, 2008/2012), and guidelines issued by the German Federal Railway Authority (EBA, 1997/2001).

The double-track, twin-tube tunnel is planned to go into operation in December 2015. Mechanized driving for the 4,242-m-long New Kaiser Wilhelm Tunnel was successfully concluded with the breakthrough on November 7, 2011 (Fig. 6 and 7).

The technically most difficult part of the mechanized drive, namely in terms of tunneling, was the closed-mode EPB under-tunneling of Cochem's upper town (Fig. 8). In some places the tunnel roof came as close as 3.2m to the foundation of buildings above it and settlement had to be kept to a minimum. This was the first time that this tunneling method was applied anywhere in the world to tunnel under a residential area with so little overburden. The task was made all the more difficult by the fact that there were mixed face conditions in this area: on the one hand, the prevailing hard rock face in the invert and, on the other hand, soft ground at the top of the tunnel face. The structural state of the



Obr. 5 Vzorový příčný řez nového tunelu (druhá trouba) (Zdroj: BeMo, 2012a)
Fig. 5 Typical cross-section of the new tunnel (second tube) (Source: BeMo, 2012a)

nadložím. Úkol byl ještě ztížen tím, že v dané oblasti byly štítem zastiženy smíšené horninové poměry: skalní hornina převažující ve spodní části čelby a měkká hornina v její horní části. Zastižený stav ražbou ovlivňovaných budov byl zkoumán v přípravné fázi v rámci programu ochrany staveb a byl posouzen pro podcházení ražbou jako kritický.

Štít byl navržen tak, aby se vypořádal s relativně stabilními oblastmi pevné skalní horniny zastiženými na většině trasy, které se měly procházet v režimu otevřeného čela. K překonání poruchových pásem a měkkých hornin pod částí města Cochem bylo však také nutné používat aktivní zajištění čela výrubu. Proto byl stroj vybaven šnekovým dopravníkem, který se dal kdykoliv nastavit z režimu s otevřeným čelem na přetlakový režim s uzavřeným čelem a naopak. Tyto provozní výhody upřednostnil využití zeminového štítu oproti štítu bentonitovému.

Jak popsali Handke a kol. (2011), změny z jednoho provozního režimu do druhého se daly provádět v krátkém čase a bez velkých úprav. Autoři také uvádějí všeobecný popis tunelu, horninových poměrů a popis strojařského přístupu ke zjištění získaným při ražbě v pevné skalní hornině a v přechodových oblastech mezi stabilní pevnou skalní horninou a nestabilní velmi rozpukanou skalní horninou.

Tento příspěvek se zabývá zjištěními, které vyplynuly v průběhu etap přípravy a provádění ražeb pod částí města Cochem.

PŘEDPOVĚĎ GEOLOGICKÝCH POMĚRŮ POD ČÁSTÍ MĚSTA COCHEM

Zhruba 450 m dlouhá oblast pod městem Cochem je charakterizována vrstvami měkkých hornin složených ze čtvrtohorních

affected buildings was reviewed from the pre-construction building protection program and assessed as critical for under-tunneling.

The shield machine was devised to cope with the relatively stable solid rock zones encountered along the bulk of the route, which were to be tackled in open mode. However it was also possible to apply active face support to overcome fault zones and the soft ground under Cochem's upper town. Consequently, the machine was equipped with a screw conveyor that could be converted at any time from open mode to pressurized closed mode and vice versa. Operational advantages called for an EPB shield machine instead of a shield machine with fluid-supported face.

As described, by Handke et al. (2011), changing from one operating mode to the other was possible in a rather short time and without major modifications. The authors also give general project descriptions of the tunnel and the soil conditions, as well as the mechanical engineering approach, the findings obtained when excavating in solid rock and in the transition areas between stable solid rock and instable, highly fissured rock.

This paper deals with the findings obtained during the preparation and execution stages for tunneling under Cochem's upper town.

FORECAST FOR GEOLOGY UNDER COCHEM'S UPPER TOWN

The roughly 450-m-long area under Cochem's upper town is characterized by layers of soft ground consisting of quaternary slope loam or slope debris of varying thickness. These soils are highly susceptible to settlement and adopt flow characteristics when affected by water. The layers are embedded in an extensive depression enclosed by sections of solid rock.



Obr. 7 Pohled na nový tunel Kaiser Wilhelm, cochemský portál (Zdroj: BeMo, 2011)
Fig. 7 View of the New Kaiser Wilhelm Tunnel at Cochem portal (Source: BeMo, 2011)

svahových hlín nebo svahových sutí o různé mocnosti. Tyto zeminy jsou velmi náchylné k sedání. Jsou-li vystaveny působení vody, nabývají vlastnosti tekutých písků. Tyto vrstvy jsou usazeny v rozsáhlé depresi uzavřené úseky pevných skalních hornin.

Podle geotechnické prognózy měla ražba pod městem Cochem postupně klesat z pevných skalních hornin do vrstev měkkých hornin, dokud by neměl být příčný řez tunelu úplně obklopen vrstvami měkkých hornin. Obecně podmínky smíšené čelby ještě více ztěžují řízení štítu a zajišťování stability čelby. Pevná skalní hornina je charakterizována relativně stabilními poměry. V přechodové zóně se pak pevná skalní hornina postupně mění na rozpukanou skalní horninu. Puklinové systémy a jejich kvádřová odlučnost, stejně jako povlaky jílu nebo siltu na vrstevních plochách, případně vznik tektonických ohlazů, napomáhají odělování bloků v průběhu ražby.

PLÁNOVANÁ KONCEPCE PRO RAŽBU POD ČÁSTÍ MĚSTA COCHEM

Ražba pod horní částí města Cochem se měla provádět v režimu s uzavřeným čelem, aby se zajistila stabilita čelby a co nejmenší sedání. Aby se tyto požadavky splnily, byl stroj navržen takto:

- řezná hlava z velké části uzavřená;
- řezná hlava s možností odstupu z důvodu přístupu k její opravě;
- řezná hlava s límcem;
- integrované systémy pro vážení rubaniny (systém vážení na dopravníkovém pásu) a také množství injektážní hmoty do obvodové spáry mezi výrub a definitivní ostění;
- možnost ovlivnění konicity obálky štítu a tím i omezení vlastního nadvýrubu;
- hlavní součásti stroje se dají kontrolovat, aby dobře fungovaly a celý systém je pak zajišťován optickým a akustickým poplašným zařízením, které umožňuje co nejrychlejší odstraňování závad;
- všechna data z pohonu stroje se sbírají elektronicky a jsou přenášena on-line;
- budovy se monitorují průběžně a data se přenášejí on-line s předem definovanými spouštěcími mechanismy pro aplikaci nouzových opatření.

Pokud by to bylo zapotřebí, plánovalo se i částečné zajištění oblasti nad klenbou tunelu pomocí injektážní clony prováděné z vnitřku razicího stroje. Injektáž z povrchu by byla obtížná z důvodu omezené přístupnosti.

KONCEPCE PROVÁDĚNÍ

S použitím dostupných geologických informací byl v dostatečném předstihu před zahájením ražeb pod městem Cochem navržen několikastupňový program. Cílem bylo zajištění pravidelných stavebních postupů, bezpečnost a stabilita ražby.

Hlavní součásti programu byly následující:

- posuzování stávajících geologických informací a v případě potřeby stanovování dalšího průzkumu;
- analyzování schopnosti budov vyrovnávat se se sedáním;
- stanovování preventivních opatření pro stroj a metody pro zajištění bezproblémové ražby;
- stanovování nutných monitorovacích činností;
- koncepce geotechnických měření, která se mají provádět na povrchu v režimu trvalých měření jednotlivých budov včetně přenášení v reálném čase na řídicí panel tunelovacího stroje;
- provádění předběžných zkoušek pro zlepšování vlastností rubaniny s cílem snižování ucpávání a lepivosti v oblasti řezné hlavy stroje;

According to the geotechnical prognosis, driving under Cochem's upper town would dip from the solid rock into the soft ground layers, until the tunnel cross-section was completely surrounded by the soft ground layers. The mixed-face conditions made steering the shield machine and ensuring face stability all the more demanding. The solid rock is characterized by relatively stable conditions. In the transition zone the solid rock gradually changes to fissured rock. Fissure systems and thick beds as well as accumulations of clay or silt on bedding planes lead to slicken-side surfaces that favor the detachment of blocks during driving.

PLANNED CONCEPT FOR DRIVING UNDER COCHEM'S UPPER TOWN

The drive under Cochem's upper town was to be executed in closed mode to ensure face stability and as little settlement as possible. To meet these demands the machine was designed as follows:

- cutting wheel largely closed;
- cutting wheel can be displaced to permit retrieval of the cutting wheel;
- cutting wheel with rim;
- integrated mass balance systems for extraction (belt weighing system) and annular gap grouting;
- conicity and overcut can be limited;
- essential machine components are checked for proper functioning, backed up by optical and acoustic alarms to ensure that errors are remedied as quickly as possible;
- all data from the machine drive are collected electronically and transmitted online;
- buildings are monitored continuously and data transmitted online with predefined trigger levels for contingency arrangements.

If necessary, it was also planned to partially support the roof zone by means of a grout curtain installed from the machine. In this way support measures could be installed directly from inside the tunnel. Grouting from the surface was difficult because of the limited accessibility.

EXECUTION CONCEPT

Using the available geological information a multi-stage program was designed well before starting to drive under Cochem's upper town. The goal was to ensure regular construction procedures as well as safe and steady driving.

The program's main elements were to:

- assess the existing geological information and if necessary stipulate additional exploration;
- analyze the buildings' ability to cope with settlement;
- define machine and method precautions to ensure problem-free driving;
- define necessary monitoring activities;
- implement a geotechnical measurement concept to be performed on the surface by permanently surveying the individual buildings, including real time transmission to the TBM control panel;
- conduct pretests for conditioning of excavated material to reduce clogging and stickiness;
- conduct in-situ tests of the ground's groutability;
- perform additional examination of the building geometry of the critical buildings.

Assessment of Geological Information

Analysis of the available geological information showed the necessity to locate the rock horizon more precisely after performing additional exploratory drilling. The goal was not only to obtain further information on the elevation of the rock horizon, but also to have a better knowledge of the thickness of the rock layer in the tunnel cross-section. Moreover, the geotechnical investigation performed parallel to

- provádění zkoušek injektovatelnosti horniny in situ;
- provádění dodatečného zkoumání stavební geometrie kriticky ohrožených budov.

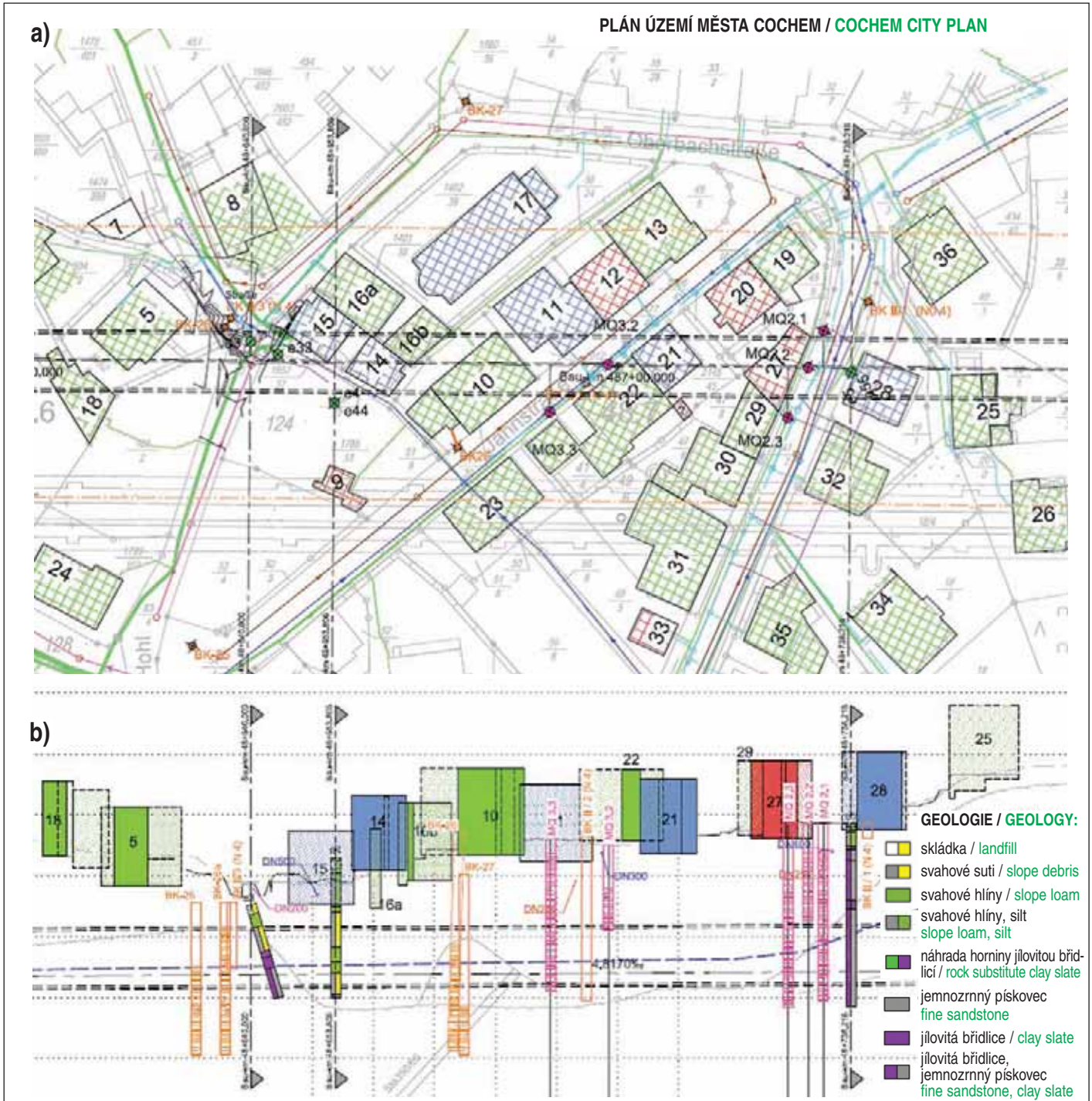
Posuzování geologických informací

Analýza dostupných geologických informací ukázala nutnost lokalizovat skalní horizont přesnějším provedením dodatečných průzkumných vrtů. Cílem bylo nejen získání dalších informací o výšce skalního horizontu, ale i získání lepších znalostí o tloušťce vrstev skalní horniny v příčném řezu tunelu. Navíc geotechnický průzkum prováděný souběžně s ražbou a v souladu s požadavky objednatele sloužil k opravám předpovědí parametrů zemin (φ , c , modul E , křivky zrnitosti, pórovitost), jejich zvrstvení a struktury.

excavation in agreement with the client served to correct the soil parameters forecast (φ , c , E module, grain-size distribution curves, porosity), the stratification and the soil structure in relation to the tunnel's cross-section.

The six additional exploratory drillings indicated that mixed-face conditions prevailed in the cross-section over approx. 230m of the planned tunnel. These ranged from solid rock (clay slate, quartzitic fine sandstone) to soft ground (slope loam, silt, slope debris). In the remaining area to be undertunneled the tunnel cross-section was completely located in solid rock (Fig. 8b).

As far as grain-size distribution was concerned in comparison with the prognosis, the slope loam emerged as a sandy silt containing stones, whereas in the case of the slope debris the silt merely filled the porous areas between the stony and gravelly grain fractions. Given



Obr. 8a Situace povrchové zástavby dotčené ražbou

Fig. 8a Layout of existing buildings affected by tunnelling

Obr. 8b Podélný řez pro horní část města Cochem zachycující vztah geologie k raženému tunelu a povrchové zástavbě (Zdroj: BeMo, 2012a)

Fig. 8b Surface situation and geological longitudinal section for Cochem's upper town (Source: BeMo, 2012a)

Šest dodatečných průzkumných vrtů ukázalo, že v příčném řezu převládaly podmínky smíšeného čela výrubu v délce přibližně 230 m plánovaného tunelu. Ty se pohybovaly od pevné skalní horniny (jílovitá břidlice, jemný křemenný pískovec) až k měkkým horninám (svahové hlíny, silt, svahové sutě). Ve zbývajících oblastech, pod kterou se mělo razit, se celý příčný řez nacházel v pevných skalních horninách (obr. 8b).

Co se týkalo zrnitosti zastižených hornin se ve srovnání s prognózou svahová hlína objevovala ve formě písčitého siltu s obsahem kamenů, zatímco v případě svahových sutí silt pouze zaplňoval pórovité oblasti mezi kameny a šterkovými frakcemi. Při poměru siltu $\geq 10\%$ jsou tyto zeminy vysoce náchylné k nasákavosti a rychle vlhnou například po několika pojezdech. Navíc od podílu siltu $\geq 20\%$ by podzemní voda nebo přítok vody učinila zeminu náchylnou k vysoké plasticitě.

Tyto informace byly používány k posuzování přijatelnosti sedání kriticky ohrožených budov při nízkém nadloží a ukázaly, že pro bezpečnou ražbu pod nejméně ohroženými budovami bude potřebné další zajištění. To se týkalo celkem 70 m ze 450 m dlouhého úseku, který se měl razit pod částí města Cochem. Zkušební injektáž ke zlepšení zeminy odhalila, že injektování vrstev s převládajícím siltem bylo obtížné, jak bylo předpovídáno, ale že hornina byla přesto schopná přijímat velké množství injektážních materiálů díky své heterogenitě a obsahu pórů.

Zlepšování zeminy

Po rozsáhlém hodnocení rizik u budov s cílem minimalizování deformace vyvolané ražbou bylo rozhodnuto zlepšit vlastnosti zeminy podél zhruba 70 m dlouhého úseku pomocí injektážní clony. Tato injektážní clona se provedla přibližně v polovině mezi nejnižší částí základů a klenbou tunelu, a to prováděním z povrchu přes šachtu umístěnou mezi starým a novým tunelem Kaiser Wilhelm (obr. 9). Minimální vzdálenost mezi klenbou tunelu a nejnižší částí základů budov byla v některých místech pouze 3 m.

Injektážní šachta byla zajištěna s použitím vyztuženého stříkaného betonu a zesilovacího obvodového věnce. Čistý průměr šachty byl 6 m a měla hloubku 13 m. Nárůstu tlaku vody bylo zabráněno provedením odlehčovacích vrtů.

Ražba bez předstihového zajištění nebyla v tomto úseku možná z důvodu rizik pro stabilitu staveb. Přímé podchycování staveb, například prováděním mikropilotového deštníku ze zvláštních šachet se zajišťováním budov podpěrnými lisami, bylo vyloučeno jako nevhodné, jelikož by znamenalo velký počet rozrážek vedoucích k nežádoucímu zvětšení deformací. Bezpečná ražba pod městem s použitím injektážních clon vyžadovala přesně stanovené předstihové vyzdvižení staveb s využitím předkompenzace. Možnost kompenzování rozdílů se musela předvídat v závislosti na stupni sedání. Použila se metoda Soilfrac vyvinutá firmou Keller Grundbau GmbH a povolený zdvih vypočtený statickým výpočtem byl přesně dodržován.

Při další ražbě pod městem Cochem pak již nebylo provádění dalších předstihových a doplňkových zajišťování potřebné.

Preventivní opatření pro ražbu hybridním pinoprofilovým razičím strojem pod městem Cochem

Základní koncepce pro bezpečnou ražbu pod městem Cochem požadovala nepřetržitý provoz 24 hodin po 7 dní v týdnu, bez plánovaných přestávek v ražbě. V důsledku toho se v dostatečném předstihu před skutečnou ražbou realizovaly následující preventivní kroky:

- Všechny části stroje, obzvláště řezná hlava, šnekový dopravník a pěnové trysky pro přidávání přísad, prošly údržbou a byla zkontrolována jejich správná funkce. Váha na pásovém dopravníku byla kalibrována. Provedla se dokumentace a okamžité odstranění zjištěných problémů.
- Osadily se dodatečné řezné nástroje, aby bylo možné vypořádat se s vrstvami svahových sutí a svahových hlín.

a silt proportion of $\geq 10\%$, these soils are highly susceptible to movement and moisten quickly, e.g. when driven over several times. Moreover, from a silt proportion of $\geq 20\%$ groundwater or water inflow would make the soil flow-susceptible.

This information was used to assess the settlement compatibility of the critical buildings with shallow overburden and showed that additional support would be needed to drive under the most endangered buildings safely. This concerned a total of some 70m of the 450-m-long section to be excavated under Cochem's upper town. Test grouting to improve the soil revealed that the silt-dominated layers were difficult to grout, as had been forecast, but that the ground was nevertheless able to take a large amount of grouting material thanks to its heterogeneity and pore volume.

Improving the Soil

Following an extensive risk evaluation of the buildings with the goal of minimizing deformation resulting from excavation, it was decided to improve the ground over the critical length of roughly 70m by means of a grout curtain. The grout curtain was installed about mid-way between the lowest part of the foundations and the tunnel crown, namely working from the surface through a shaft located between the Old and the New Kaiser Wilhelm Tunnels (Fig. 9). The minimum distance between the tunnel roof and the lowest part of the building foundations was as little as 3m in some places.

The grouting shaft was produced using reinforced shotcrete and a strengthening ring at the shaft head. The shaft had a clear diameter of 6m and a depth of 13m. Any build-up of water pressure was prevented by drilling relief holes.

Excavation without any advance support along this section was not possible because of the risk to the buildings. Direct underpinning of the buildings, e.g. by installing a pipe umbrella support from special shafts with the buildings secured by supporting jacks, was ruled out as unsuitable because it would entail a large number of points of attack, restrutting and deformation. Safe tunneling under the upper town using a grout curtain would need a defined amount of pre-compensation lift. Depending on the degree of settlement, the possibility to compensate differences had to be foreseen. The Soilfrac method developed by Keller Grundbau GmbH was applied, and the permissible lift calculated by structural analysis was precisely adhered to.

No additional supports were needed for the remaining drive under Cochem's upper town.

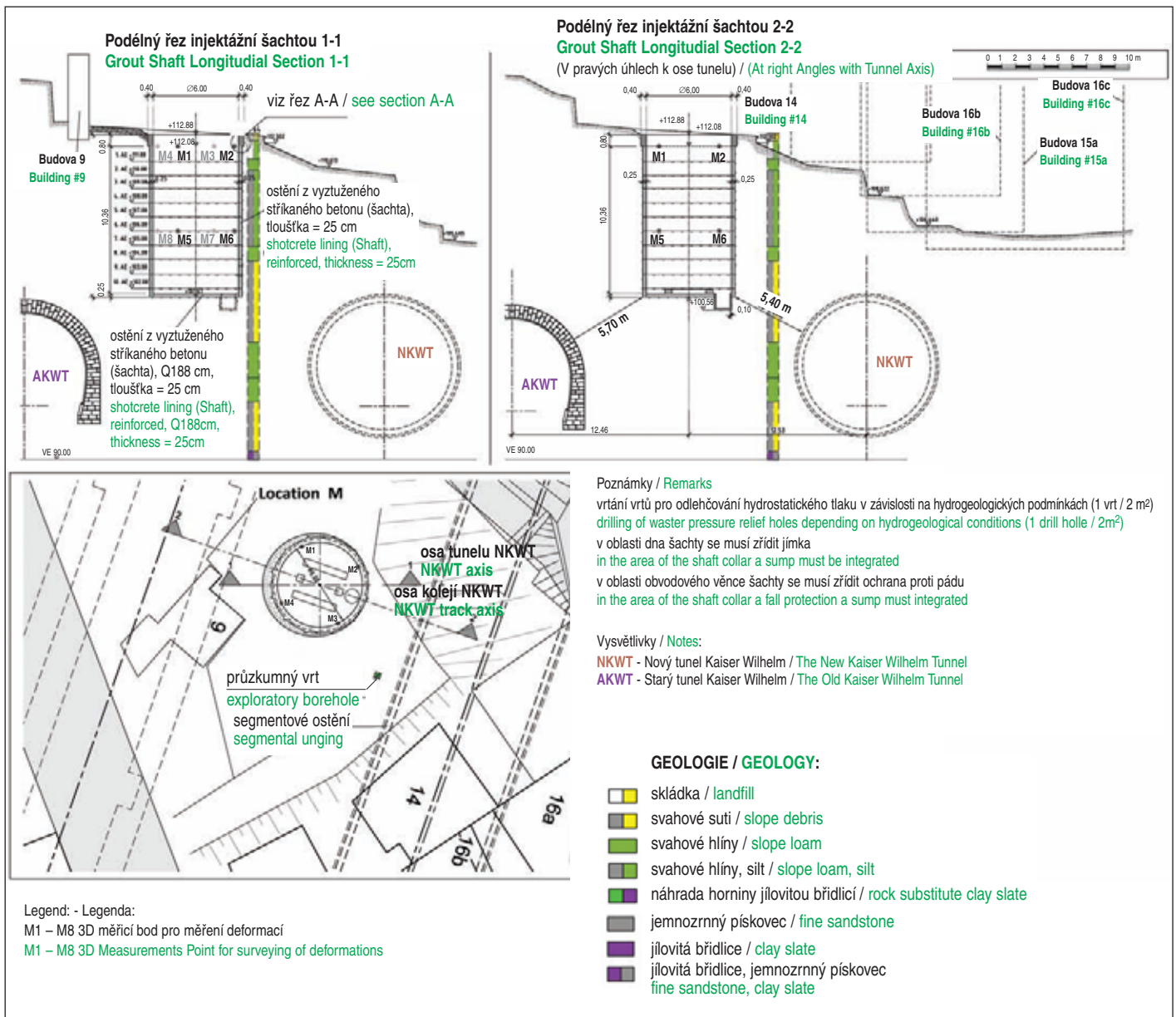
Machine and Method Precautions for Tunneling under Cochem

The basic concept for safely tunneling under Cochem's upper town called for continuous 24/7 operation without any scheduled breaks in tunneling operations. As a consequence, the following pre-emptive steps were taken well ahead of actual driving:

- All machines, particularly the cutting wheel, screw conveyor, foam lances for adding additives, underwent maintenance and were checked for proper functioning. The belt weigher was calibrated. Documentation and immediate repair of recognized problems were performed.
- Additional cutters were installed to cope with the slope debris and slope loam layers.
- Grill bars were replaced.
- Cutting discs were replaced with special disc cutters of high-grade steel and a double seal containing lubricant to prevent blockage.

Compressed air lock was tested.

In order to ensure that the earth paste and its properties were optimally adapted to the geological conditions and that clogging and stickiness would be reduced, extensive conditioning tests were performed before driving was commenced. In addition to the lab tests, two test sections with actual driving conditions were set up to examine application to the actual geology and evaluate performance under driving conditions.



Obr. 9 Výkres injektážní šachty umístěné mezi starým a novým tunelem Kaiser Wilhelm (Zdroj: BeMo, 2012b)
 Fig. 9 Grout Shaft located between the Old and the New Kaiser Wilhelm Tunnels (Source: BeMo, 2012b)

- Mřížování v otvorech řezné hlavy bylo obnoveno.
- Valivá dláta se nahradila speciálními z ušlechtilé oceli a použilo se dvojité těsnění obsahující mazivo k bránění blokování.

Aby se zajistilo, že z rubaniny vytvořená pasta a její vlastnosti budou optimálně přizpůsobeny geologickým poměrům, aby se snížilo ucpávání a leplivost, prováděly se před zahájením ražby rozsáhlé zkoušky pro zlepšování vlastností. Kromě laboratorních zkoušek byly určeny dva zkušební úseky pro zkoumání použití ve skutečné geologii a pro vyhodnocení chování v podmínkách ražby.

Zkoušky ukázaly, že vlastnosti zlepšující přísada Rheosoil 143 od firmy BASF AG na bázi polymeru splňovala dané požadavky. Hornina byla dostatečně plastifikována na to, aby se odtěžovací komora dala zcela zaplnit a dal se v ní udržovat tlak. Toho bylo dosaženo jak u pevných skalních hornin, tak u měkkých hornin. Současně se dostatečně zmenšila přilnavost a soudržnost. Pro monitorování vývoje teploty v zeminové pastě byla v odtěžovací komoře instalována dvě tepelná čidla. Vytvořily se otvory pro větrání přístropí, aby se umožnilo injektování pěny a bránilo se jejímu hromadění pod stropem. Tímto způsobem se daly zajistit podmínky pro jasně definovaný opěrný tlak i v přístropí.

The tests showed that the conditioning agent Rheosoil 143 by BASF AG (anti-clay polymer) met the demands. The ground was sufficiently plasticized to ensure that the extraction chamber could be completely filled and the pressure maintained. This was achieved in both solid rock and soft ground. At the same time adhesion and cohesion were sufficiently reduced. To monitor temperature development in the earth paste, two temperature sensors were installed in the extraction chamber. Openings for roof ventilation were made to permit foam injections and prevent accumulation of foam in the roof. In this way, clearly defined support pressure conditions could also be achieved in the roof.

Water, bentonite and foam additive and the effective addition of compressed air were finely adjusted according to the power consumed by the cutter head engine. Preliminary tests showed 60% to 80% to be favorable.

Precautions during Execution and Construction Operations

To interpret the pre-construction building protection program a geology and buildings monitoring program (tube water levels, measurement bolts) with the corresponding trigger levels for contingency arrangements was defined. In addition, the deformation behavior of the segmental lining including any changes in joint displacement and

Voda, bentonit a pěnová přísada a efektivní přidávání stlačeného vzduchu byly jemně upravovány podle energie spotřebované motorem pohánějícím řeznou hlavu. Předběžné zkoušky ukázaly, že dosahované hodnoty 60 % až 80 % byly příznivé.

Preventivní opatření během provádění

Pro program ochrany staveb byl ve fázi přípravy zpracován program monitoringu geologie a budov (hadicové vodováhy, měřicí trny) s odpovídajícími spouštěcími hodnotami pro nouzová opatření. Navíc se monitorovalo deformační chování segmentového ostění včetně všech změn v posunutí spár a velikosti mezer. Data z měření byla zaznamenávána a přenášena elektronicky. Navíc byla obsluha štítu nepřetržitě informována na samostatné obrazovce o měřeních a jejich vyhodnocení. Pro obsluhu štítu byly informace o tlaku redukovány na holou nutnost pomocí integrovaných poplašných systémů.

Opěrný tlak a provozní nastavení stroje (např. síla přitlaku, krouticí moment, počet otáček řezné hlavy za minutu, rychlost postupu vpřed, posun řezné hlavy, nadvýlom, vážení rubaniny, spotřeba energie motoru, tlak přitlačných válců, tlak injektáže, nastavení pěnotvorné jednotky) potřebné pro ražbu se průběžně aktualizovaly a byly vedením stavby přenášeny přímo k obsluze štítu ve formě zvláštních instrukcí. Aby se zajistila bezpečná ražba pod městem Cochem, byla celá posádka razicího štítu opakovaně školená a instruována.

Na stavbě se skladovaly materiály a zařízení (vrtací nářadí, přísady pro zlepšování vlastností) podle havarijního plánu a možných nouzových opatření (mikropilotový deštník, injektážní materiál, stříkaný beton, silikátová pěna).

Místní obyvatelé byli obeznámeni s procesem technického provádění a realizace díla na několika informačních večerech a formou osobních rozhovorů. Odezva byla kladná.

Kdyby se přes všechna přijatá preventivní opatření tyto staly nedostatečnými, hornina by se před přechodem z režimu zajištění čelby zeminovou pastou do režimu zajištění stlačeným vzduchem nasýtila bentonitem.

Ve zvláštních katalogích byla popsána nejen preventivní opatření, ale i kroky, které se měly podniknout v případě, že by došlo k nepředvídané události. Bylo-li by to zapotřebí, plánovalo se také provedení opakované injektáže přes skládané ostění.

Pro kritický úsek ražby byl vytvořen tým pro rozhodování na místě. Skládal se z vedení a stavebního dozoru objednatele, vedení stavby ze strany společného podniku a z poradců objednatele. Navíc se vypracoval poplachový plán s definovaným oznamovacím řetězcem. Projekt podcházení ražbou se realizoval na základě plánovacích dokumentů a statických výpočtů zkontrolovaných zkušebním inženýrem firmy EBA Dipl. Ing. Reinholdem Maidlem a byl schválen firmou DB ProjektBau GmbH, zvláště co se týká opěrného tlaku a injektáže do obvodové mezery mezi výrubem a ostěním tunelu.

ZJIŠTĚNÍ V PRŮBĚHU RAŽBY

Opěrné tlaky byly optimálně upravovány měněním tlaku na zeminovou pastu a tlakem injektáže do obvodové mezery mezi štítem a horninou a v závislosti na deformačním chování budov. Ražba proto mohla postupovat plynule a bezproblémově s tím, že hodnoty sedání byly hluboko pod předpověďmi.

Úpravy a opakovaná injektáž ze šachty pro kompenzaci sedání se omezily na několik míst, kde bylo nezbytné pouze minimální kompenzační zdvihání. Přechod ze skalní horniny do měkké horniny a naopak postupoval bezproblémově okamžitým a citlivým střídáním otevřeného a uzavřeného provozního režimu. Přechod mezi režimy způsoboval pouze malé deformace nadloží. Provozní data stroje se průběžně přizpůsobovala deformačnímu chování. Kontroly odběrné komory s potřebným snížením úrovně rozpojené rubaniny nebyly potřebné. Scénáře nebezpečných nehod definované předem na základě komplexní



Obr. 10 Pohled do tunelu na konec závěsu plnoprofilového tunelovacího stroje (Zdroj: BeMo, 2011)

Fig. 10 View into the tunnel showing the TBM back-up (Source: BeMo, 2011)

gap dimensions was monitored. The measurement data were recorded and transmitted electronically. Moreover, on a separate monitor the shield operator was continuously informed of the measurements and their interpretation. For the shield operator the comprehensive data were reduced to the bare necessity by means of integrated alarm systems.

The support pressure and machine operating settings (e.g. contact pressing force, torque and rpm of cutting head, rate of advance, cutting head displacement, overcut, mass balance, engine power consumption, thrust cylinder pressure, grout injection pressure, settings for foam unit) needed for driving were continuously updated and transmitted directly to the shield operator by the site management in the form of special instructions. The entire driving crew received repeated training and instructions to ensure safe tunneling under Cochem's upper town.

As a fallback plan equipment and materials (drilling tools, conditioning agents) were kept on site including for possible contingency measures (pipe umbrella, grouting material, shotcrete, silica foam).

Local residents were integrated in the technical implementation and realization process at several information evenings and in personal conversations. Response was positive.

If partial settlement and face inspections were to become necessary despite all the precautions taken, the ground would be saturated with bentonite before switching from the earth paste-supported mode to the compressed air-supported mode.

Special catalogs outlined not only the pre-emptive measures, but also the steps to be taken in the event that a contingency occurred.

In such a case it was also planned to perform regrouting through the segmental lining, if needed.

An on-site decision-making team was set up for the critical undertunneling section. It consisted of the client's project management and on-site supervision, the JV's project management and the client's advisors. In addition, an alarm plan with the defined reporting chain was drawn up. The undertunneling project was executed on the basis of the planning documents and structural analysis checked by EBA Test Engineer Dipl.-Ing. Reinhold Maidl and approved by DB ProjektBau GmbH, especially for support pressure and annular gap grouting.

FINDINGS MADE DURING EXECUTION

Support pressures were optimally adjusted by altering the pressure on the earth paste and the annular gap grouting pressure against the ground and the deformation behavior of the buildings. Driving was thus able to proceed continuously and problem-free with settlement far below the forecasts.

analýzy byly bezpečně řízeny díky citlivému monitoringu a preventivním opatřením zahájeným včas, dokonce ještě před vlastními ražbami. Kromě plánovaných opatření k vypořádávání se s problémy byl jako nouzové řešení vypracován katalog kroků, které se měly realizovat. Pro provoz v režimu otevřeného čela spočívalo nouzové řešení v přechodu na scénář s uzavřeným čelem. Dalekosáhlejší nouzová opatření, jako je dodatečné zlepšování horniny, které by se dalo provádět i zevnitř stroje, nebyla potřebná.

SHRNUTÍ

Ražba pod částí města Cochem kladla velké nároky na návrh stroje a jeho posádku. Koncepce provádění byla vypracována při intenzivních diskusích mezi objednatelem, jeho poradci a zhotovitelem tak, aby bylo zajištěno, že bude optimálně přizpůsobena vlastnostem horniny a budov. Klíčovými komponenty úspěšného provádění této technicky náročné stavby byla optimální příprava, koordinace a úzká spolupráce všech zúčastněných stran. Výsledný tubus tunelu je na obr. 10.

Na závěr je možné konstatovat, že ražba tunelu pod částí města Cochem s obytnými budovami vysoce citlivými na sedání, jejichž základy byly v minimální vzdálenosti od klenby tunelu, byla provedena bezpečně a bez vážných problémů ovlivňujících stabilitu čela výrubu. Ražba byla provedena v režimu zeminového štítu. Tato metoda se v daných podmínkách ukázala jako vysoce flexibilní a užitečná. Stavby utrpěly v důsledku sedání pouze malé škody ve formě trhlin. Segmentové ostění bylo instalováno ve vysoké kvalitě a zcela vyhovuje požadavkům na vodotěsnou konstrukci.

**HELMUT GÖHRINGER, BeMo Tunnelling GmbH,
Innsbruck, Rakousko**
**BODO TAUCH, DB Projektbau GmbH,
Frankfurt nad Mohanem, Německo**

Recenzovali: Ing. Pavel Polák, Ing. Radim Krejczy

REFERENCE

Části tohoto příspěvku byly založeny na následujících publikacích pana Bodo Taucha (DB Projektbau GmbH), Dr.-Ing. Dietera Handkeho (IMM Maidl & Maidl Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG) a Marco Reitha (ALPINE BeMo Tunnelling), prvně publikovaných ve vydání časopisu Tunnel č. 4/2012. Souhlas byl udělen vydavatelem:

Tauch, B., Handke, D., Reith, M. 2012. Kaiser Wilhelm Tunnel: Undertunnelling Uptown Cochem in EPB Mode. Tunnel, 2012(4):50.

http://www.tunnel-online.info/download/455404/2012_04_Kaiser_Wilhelm_Tunnel.pdf (leden 2013).

Readjustment and regrouting from the shaft to compensate for settlement was limited to a few places where only minimal compensation lifting was necessary. The transitions from rock to soft ground and vice versa proceeded problem-free by promptly and sensitively using the open and closed operating modes. This caused only little deformation. The machine operating data were continuously adjusted to the ground deformation behavior. Chamber inspections with a consequent reduction in the earth paste level were not needed. Hazardous incident scenarios defined in advance on the basis of a comprehensive analysis were safely controlled thanks to sensitive monitoring and pre-emptive measures instituted early, even before driving began. In addition to planned coping measures, a catalog of steps to be taken was drawn up as a fallback solution. For regular operation in open mode, the fallback solution was to switch to closed mode. Further-reaching fallback levels such as additional ground improvements, which could also be performed from inside the machine, were not needed.

SUMMARY

Undertunneling Cochem's upper town posed high demands on machine design and the driving crew. The execution concept was worked out in intense discussions between the client, its advisors and the contractor to ensure that it was optimally adapted to the ground and building properties. Optimal preparation, coordination and close cooperation on the part of all parties involved were key components in the successful execution of this technically challenging project (Fig. 10).

In conclusion, it can be stated that tunneling under Cochem's upper town with residential buildings that are highly sensitive to settlement and have minimal distances between their foundations and the roof of the tunnel was accomplished safely and without any serious problems affecting the stability of the face. Driving was performed in EPB mode and proved to be a highly flexible and useful method under the given circumstances. Buildings incurred only slight settlement damage in the form of cracks. The segmental lining was installed in very high quality and fully meets the demands made of a watertight structure.

**HELMUT GÖHRINGER, BeMo Tunnelling GmbH, Innsbruck,
Rakousko**
**BODO TAUCH, DB Projektbau GmbH,
Frankfurt nad Mohanem, Německo**

CREDITS

In parts this paper has been based on the following publication by Bodo Tauch (DB Projektbau GmbH), Dr.-Ing. Dieter Handke (IMM Maidl & Maidl Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG) and Marco Reith (ALPINE BeMo Tunnelling), first published Tunnelverlag, Tunnel 04/2012. Permission was given from publisher:

Tauch, B., Handke, D. and Reith, M. 2012. Kaiser Wilhelm Tunnel: Undertunnelling Uptown Cochem in EPB Mode. Tunnel, 2012(4):50. http://www.tunnel-online.info/download/455404/2012_04_Kaiser_Wilhelm_Tunnel.pdf (January 2013).

LITERATURA / REFERENCES

BeMo, 2010. BeMo Tunnelling GmbH, fotografie stavby.

BeMo, 2011. BeMo Tunnelling GmbH, fotografie stavby.

BeMo, 2012a. BeMo Tunnelling GmbH, odbor navrhování tunelů.

BeMo, 2012b. BeMo Tunnelling GmbH, fotografie stavby.

EBA, Eisenbahn-Bundesamt. 1997/2001. Směrnice "Fire and Catastrophe Protection Requirement for Building and Operating Railway Tunnels"(01.07.1997, změněná 15.08.2001). Německý název: Richtlinie „Anforderungen des Brand und Katastrophenschutzes an den Bau und Betrieb von Eisenbahntunneln“. http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_01012002_211retr.htm. Vstup v lednu 2013.

TSI-SRT, 2008/2012. Evropské předpisy TSI – SRT (Technical Specification for Interoperability – Safety in Railway Tunnels. 2008/163/EC Technické podmínky interoperability týkající se bezpečnosti železničních tunelů v transevropském systému konvenčních a vysokorychlostních tratí, změněných směrnicí 2012/464/EU. <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Pages/SRT-TSI.aspx>. Vstup v lednu 2013.

ZVLÁDÁNÍ KRASOVÝCH JEVŮ NA STAVBĚ TUNELU BAUMLEITE RAŽENÉHO METODOU NRTM V DURINSKU

MASTERING KARST FEATURES AT THE BAUMLEITE NATM TUNNEL PROJECT IN THURINGIA, GERMANY

HELMUT GÖHRINGER

ABSTRAKT

Německé dráhy v současnosti budují dvoukolejnou vysokorychlostní trať mezi Ebensfeldem a Erfurtem ve středním Německu. Tunel Baumleite s délkou 1317 m byl ražen ve vápencích, v nichž existovala reálná možnost neočekávaného výskytu krasových jevů. Ražba tunelu metodou NRTM byla prováděna nepřetržitým průzkumem pomocí předvrtů. Skutečně se narazilo na několik krasových struktur, s největší dutinou o objemu 500 krychlových metrů. Tato překážka byla zvládnuta kombinací průzkumu s vyplňováním, kotvením a injektováním inkriminovaného prostoru. Všechny činnosti byly řešeny smluvně s použitím takzvaného „modelu flexibilních jednotkových cen“, který je rovněž v článku popsán.

ABSTRACT

Deutsche Bahn is currently building a double-track, high-speed railway between Ebensfeld and Erfurt in Central Germany. The 1,317-m-long Baumleite Tunnel had to be driven through limestone, where the sudden occurrence of karst phenomena was a definite possibility. The NATM drive was performed with continuous exploration drills. Several karst structures were in fact encountered, with the largest cavity having a volume of 500 cubic meters. This obstacle was mastered by combining exploration with backfilling, anchoring and grouting works. All activities were contractually dealt with using the so-called "flexible unit price model," which will also be described in the presentation.

POPIS STAVBY

Všeobecně

Německé dráhy v současnosti budují dvoukolejnou vysokorychlostní trať mezi Ebensfeldem a Erfurtem ve středním Německu jako součást stavebního oddílu „Verkehrsprojekte Deutsche Einheit Nr. 8.1“. Vzhledem k tomu, že trať prochází pohořím Durynský les, buduje se většina trati buď na mostech, nebo v tunelech. Součástí této stavby (celková délka 107 km) je tunel Baumleite s délkou 1317 m, který se nachází poblíž durynského města Schalkau.

Společnost BeMo Tunnelling GmbH získala smlouvu od společnosti DB Netz AG na stavbu traťového tunelu, včetně tří propojek, nouzových únikových štol a šachty (obr. 1).

Geologické poměry

Tunel Baumleite se razil ve vápencích s nadloží pohyblivým se mezi 7 a 30 metry. Vrstvy vápence jsou proloženy tenkými vrstvami jílovce. Průzkumné vrty narazily na řadu dutin až kaveren a množství nesoudržného materiálu, obzvláště v jižní části stavby. Dutiny ukazovaly na krasové jevy, přičemž nesoudržný materiál mohl být do těchto dutin uložen dodatečnou sedimentací. Některé z průzkumných vrtů byly použity k monitorování výšky hladiny podzemní vody. Na jednom místě hladina podzemní vody vykazovala kolísání 17 metrů během několika dnů, což bylo pravděpodobně způsobeno silně rozpukanou skalní horninou (obr. 2).

Metoda ražení – NRTM

Ražba a primární ostění se prováděly Novou rakouskou tunelovací metodou (NRTM). Příčný profil se razil ve třech fázích: přístropí (74,9–81,5 m²), opěří (48,4–50,6 m²) a dno (33,3–38,4 m²). Zhotovitel používal různé třídy výrubu, které se lišily délkou záběru, typem a rozsahem výztužných prvků. Pevná skalní hornina vyžadovala hlavně použití trhacích prací, strojní rozpojování

PROJECT DESCRIPTION

General

Deutsche Bahn is building a new double-track, high-speed rail line between Ebensfeld and Erfurt in Central Germany as part of the "Verkehrsprojekte Deutsche Einheit Nr. 8.1." Due to the Thuringian Forest and its elevations, most of the rail line is built either on bridges or in tunnels. The 1,317-m-long Baumleite Tunnel is part of this project (total length 107km (66 miles)) and is situated in Thuringia near the city of Schalkau.

BeMo Tunnelling GmbH was awarded the contract by DB Netz AG for construction of the running tunnel including three cross-passages, emergency tunnels and a shaft. (Fig. 1)

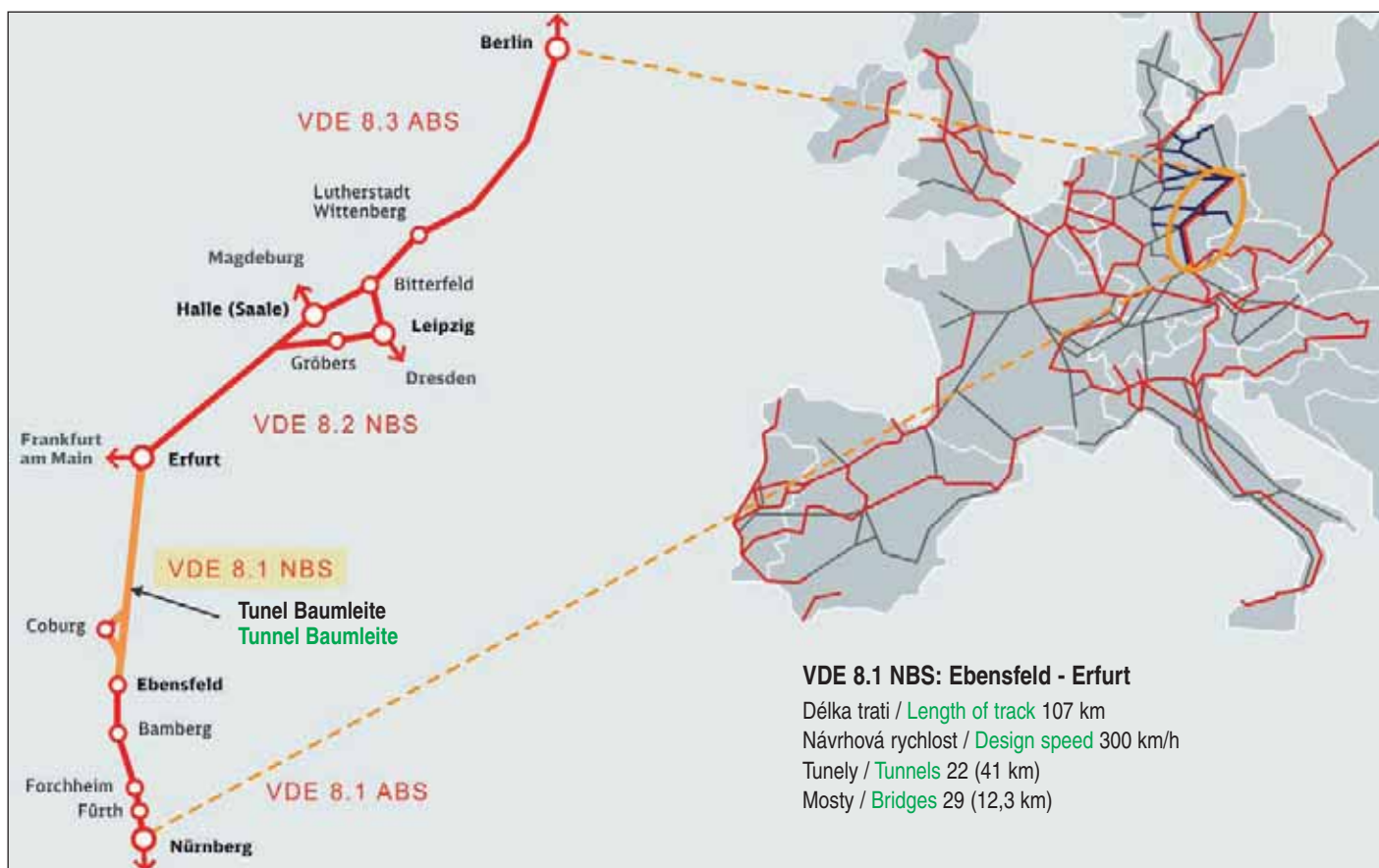
Geology

Baumleite Tunnel had to be driven through limestone with a cover of between 7 and 30 meters above crown. The layers of limestone are separated by thin layers of claystone. The exploratory drillings encountered many voids and much loose material, especially in the southern part of the project. The voids indicate karst structures, while the loose material might have been naturally backfilled into the voids. Some of the exploration drill holes were used to monitor the groundwater levels. In one place the water level showed fluctuations of 17 meters within several days, probably caused by the fissured rock. (Fig. 2)

Excavation method – NATM

The initial excavation and support were performed according to the New Austrian Tunnelling Method (NATM). The cross-section is excavated in three phases: the crown (74.9 – 81.5m²), the bench (48.4 – 50.6m²) and the invert (33.3 – 38.4m²). The client uses different excavation classes that differ in advance length and support measures.

The solid rock calls for mainly drilling and blasting, while in small areas mechanical excavation can be performed (backhoe). After mucking, the support is built in and consists of two layers of mesh,



Obr. 1 Situace nové trasy Neubaustrecke VDE 8 (Zdroj: DB, n.d.)
 Fig. 1 Overview of Neubaustrecke VDE 8 (Source: DB, n.d.)

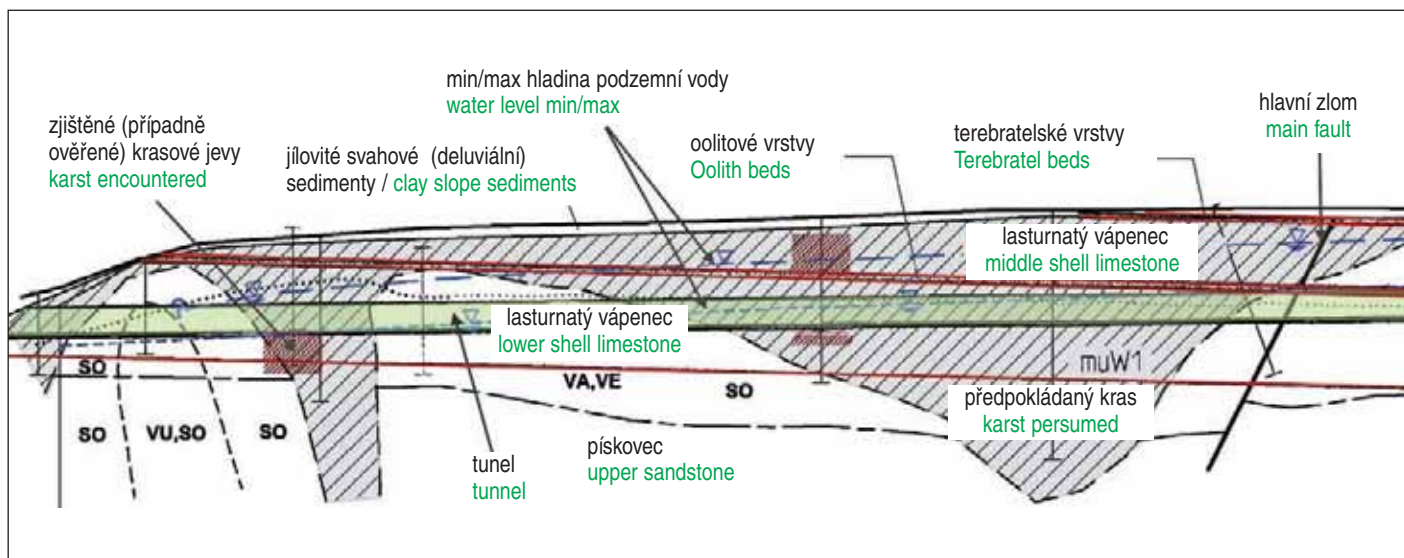
tunelbagem se dalo provádět pouze v malém rozsahu. Po odvezení rubaniny se provádělo zajištění výrubu svorníky a stříkaným betonem s výztuží ze dvou vrstev kari sítí a příhradových nosníků. Zajištění výrubu se měnilo podle geologických poměrů, pro zajištění kaloty v následujícím záběru se používalo předstíhové opatření ve formě jehlování. Příkladem metody NRTM, použité s úspěchem v obdobně obtížných podmínkách, byla stavba tunelu Egge (Fuegenschuh&Arnold, 2003).

V každém záběru se líc výrubu a líc stříkaného betonu ostění zaznamenával pomocí tunelového scanneru, aby byl zaručen správný profil a tloušťka ostění. Velmi účinným nástrojem pro

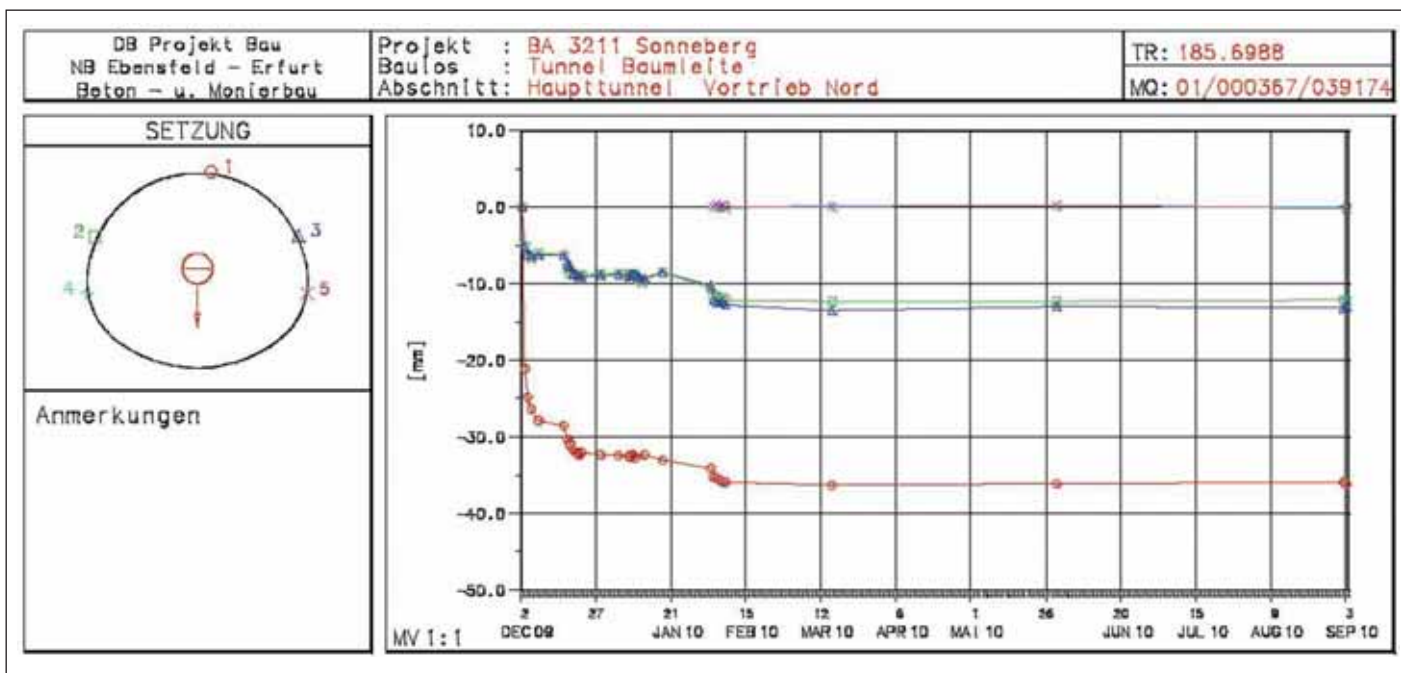
a lattice girder, shotcrete and anchors. Depending on the geology, the strength of the support varies and additional measures, such as spiles, are used to secure the top heading in the subsequent advance.

An example of NATM applied successfully in difficult hydro-geological conditions can be seen from the Egge Tunnel project (Fuegenschuh & Arnold, 2003)

At each advance the open rock and the finished shotcrete are recorded with a tunnel scanner to ensure correct profile and shotcrete thickness. A very important tool for ensuring safe working conditions and the right choice of advance rate and support is the recording of settlement. Normally measuring cross-sections are placed every 20



Obr. 2 Geologické poměry tunelu Baumleite (Zdroj: Arcadis, 2006)
 Fig. 2 Geology of Baumleite Tunnel (Source: Arcadis, 2006)



Obr. 3 Deformace výrubu ve staničení 367 (Zdroj: BeMo, 2010a)

Fig. 3 Graph of settlement at Station 367 (Source: BeMo, 2010a)

zajištění správné rychlosti a bezpečnosti ražby byl monitoring deformací výrubu. Normálně byly měřicí profily umístovány po 20 metrech, v kritických úsecích byly intervaly pouze 3 metry. Měření se prováděla denně nebo, bylo-li to zapotřebí, ještě častěji. Data zpracovával geodet přítomný na stavbě a následně byla graficky zobrazována. Varovné stavy pro různé třídy výrubu byly stanoveny projektantem. Při jejich překročení byla v dané oblasti upravena třída výrubu a instalována dodatečná výztuž (obr. 3).

Po ustálení deformací primárního ostění se instalovalo ostění sekundární. Vodotěsnost tunelového ostění byla zajišťována 2 mm silnou hydroizolační fólií (EPO-PE) s podkladní ochrannou geotextilií 1000 g/m². Sekundární betonové ostění bylo rozděleno na klenbu a spodní klenbu. Obě části jsou vyztuženy ocelí s průměrným množstvím 85 kg/m³. Tloušťka klenby byla 45 až 60 cm, spodní klenby 60 až 75 cm. V oblastech, kde se hladina podzemní vody nacházela výše než 30 m nad vrcholem ostění, bylo sekundární ostění prováděno z betonu odolného proti průsakům s použitím odlišné betonové směsi a s těsněním spár (obr. 4).

meters, in more critical cases at intervals of only 3 meters, and measurements are recorded daily, if necessary even more frequently. The data are processed by the onsite surveyor and then depicted in graphs. For the different excavation classes trigger levels are set by the designer. If the trigger levels are exceeded, additional support is needed in the affected area and the excavation class has to be adapted. (Fig. 3)

After settlement of the outer lining has ceased, the inner lining can be built. Waterproofing is ensured by a 2-mm plastic membrane (FPO-PE) that on the shotcrete side is accompanied by a 1,000g/m² fleece. The subsequent concrete inner lining is separated into the invert and the vault. Both parts are reinforced with an average steel quantity of 85kg/m³. The thickness of the invert ranges between 60 and 75cm, that of the vault between 45 and 60cm. In areas where the water level exceeds 30 meters the inner lining is also executed as a waterproof concrete construction by using a different concrete mix and a sealing joint construction. (Fig. 4)

Tab. 1 Zjednodušená nabídková tabulka pro ražbu s předpokládanými rychlostmi ražeb (Zdroj: DB, 2008)

Table 1 Bidding table for heading, simplified and with presumed performance rates (Source: DB, 2008)

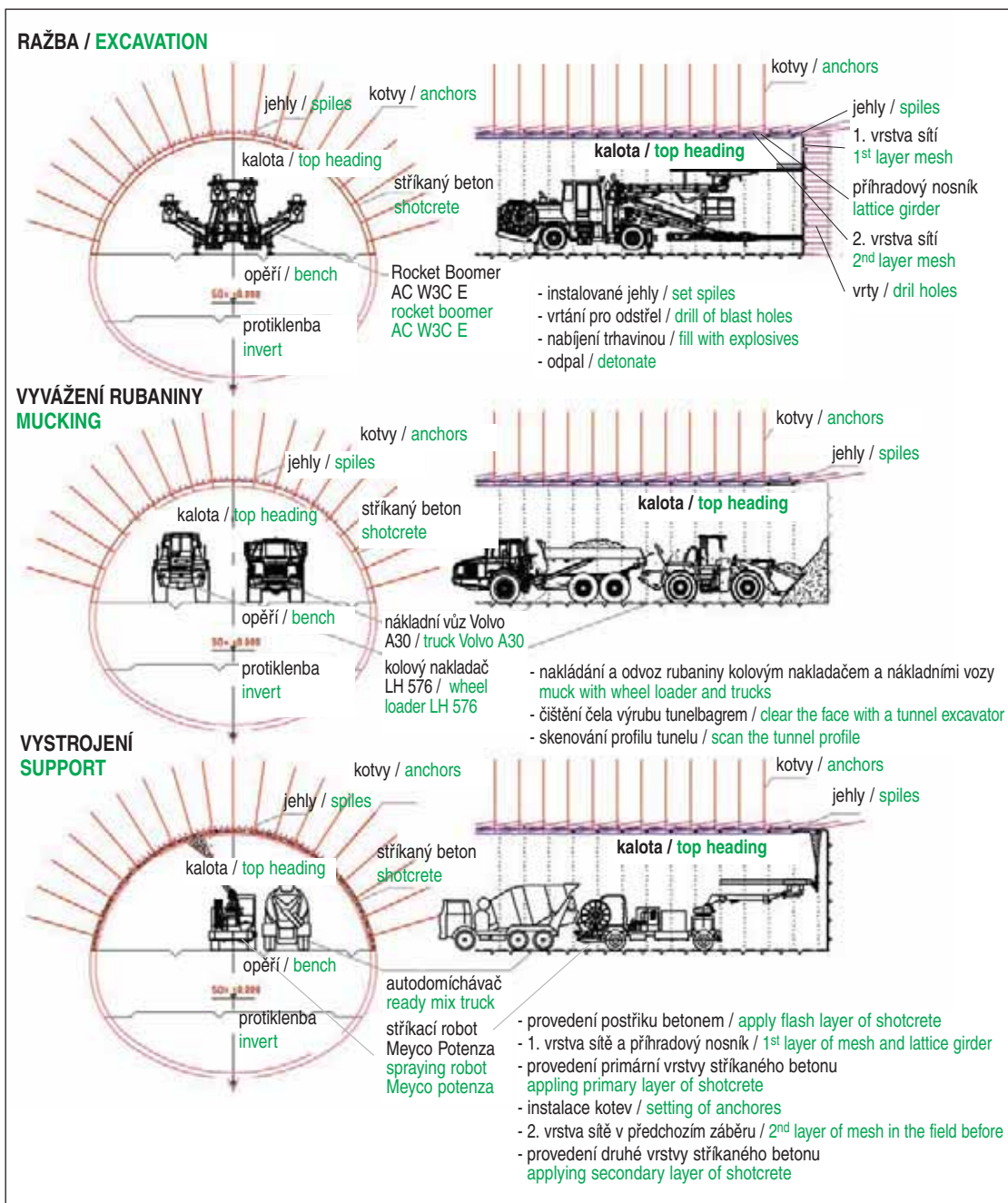
Třída výrubu Heading class	Délka záběru Advance length [m]	Rozdělení Distribution [m]	Výkon Performance [m/den/m/day]	Čas Time [dny/days]
K 4.3	1,3 / 1.3	70,00 / 70.0	7,8 / 7.8	8,97 / 8.97
K 4.4	1,0 / 1.0	70,00 / 70.0	6,0 / 6.0	11,67 / 11.67
K 6.1	1,3 / 1.3	151,00 / 151.0	6,5 / 6.5	23,23 / 23.23
K 6.2	1,0 / 1.0	275,00 / 275.0	5,0 / 5.0	55,00 / 55.00
K 6.3	1,0 / 1.0	448,00 / 448.0	4,0 / 4.0	112,00 / 112.00
K 6.4	1,0 / 1.0	200,29 / 200.29	3,5 / 3.5	57,23 / 57.23
K 6.5A	1,0 / 1.0	50,00 / 50.0	3,0 / 3.0	16,67 / 16.67
St 4.5a	2,0 / 2.0	200,29 / 200.29	18 / 18.0	11,13 / 11.13
St 4.5b	2,0 / 2.0	50,00 / 50.0	16 / 16.0	3,13 / 3.13
S 4.1	6,0 / 6.0	262,00 / 262.0	20 / 20.0	13,10 / 13.10
S 4.2	4,0 / 4.0	185,29 / 185.29	18 / 18.0	10,29 / 10.29
Součet / Sum				322,41 / 322.41

Contract

The contract is based on a unit price model. In the bill of quantities all works are described and subdivided into several positions and separate cost codes. The price of each cost code multiplied by the forecast quantity gives the volume for the respective cost code. The sum of all cost codes gives the total contract volume, which is the only criterion for award. The final accounting is drawn up on the basis of the quantities actually measured and performed during the project.

Construction period

The bid invitation (call for bids) contains tables in which the bidder must enter the construction time he deems necessary to perform the contract within the time frame set by the client. A fixed time rate is used when the work is precisely described and



Obr. 4 Schéma postupu prací při NRTM (Zdroj: BeMo, 2012)

Fig. 4 NATM sequence (Source: BeMo, 2012)

Smlouva

Smlouva byla založena na modelu jednotkových cen. Ve výkazu výměr byly popsány všechny práce, které byly dále rozděleny do několika pozic a samostatných nákladových položek. Jednotková cena každé nákladové položky násobená předpokládaným množstvím dávala cenový objem příslušné nákladové položky. Součet všech nákladových položek dával celkovou cenu smlouvy, která byla jediným kritériem pro udělení zakázky. Konečné vyúčtování se připravovalo na základě skutečně naměřených množství provedených v průběhu stavby.

Doba stavby

Výzva k podání nabídek obsahovala tabulky, ve kterých musel zhotovitel uvést dobu, kterou považuje za nezbytnou k provedení díla uvnitř časového rámce stanoveného investorem. Tam, kde byly pracovní činnosti přesně popsány a neočekávaly se změny (zařízení staveniště, čas na dokončení tunelovacích prací po prorážce kaloty, provedení sekundárního ostění a vyklizení staveniště) se použily pevné časové sazby. Flexibilní časové sazby se použily pro dobu ražby kaloty, průzkum krasových jevů a provedení jejich

changes are not expected, i.e. planning, site equipment, extra time for completion of tunneling works after the crown heading is broken through and the inner lining works and site clearance have been finished. A flexible time rate is used for the excavation time, karst exploration and, for steps required to cope with karst conditions. Table 1 shows the schedule for the heading, whereby the bidder had to complete the grey shaded areas. A similar table for the karst exploration and karst measures also had to be filled in and handed over to the client as part of the bid. Moreover, the hours calculated per unit had to be estimated and entered for each cost code containing tunneling works.

Accounting and flexible construction period

For the different excavation classes a “meter-excavation” price is set that includes the excavation work and a predefined amount of support, such as anchors, spiles, mesh, lattice girders and shotcrete. If the amount of support needed during execution varies, the accounting will be adjusted. If less

support is needed, an amount will be subtracted, and if more is needed the amount will be increased. If the shotcrete thickness of the lining is changed, e.g. from 25 to 30cm, the additional excavation will be added according to the model.

Another big influence on the cost is the available project time. Construction time is normally calculated according to performance in each class and the actual distribution per class. The particular feature of this contract is the fact that all changes in driving performance cause changes in the available project time. As an example, Table 2 shows the result in the column “target time (days)” (23.46 days). In this contract the time influence of additional or less work is calculated. The basis is the target hours for the advance work (3,378.3). The number of available hours is calculated from the variations in performance. The “flexible construction time” is calculated as “total target time (days)” multiplied by “total target hours” divided by “total actual hours”, in our example:

$$\text{Flexible construction time} = 23.46 \times 3,621.55 / 3,378.30 = 23.46 \times 1,072 = 25.15 \text{ d}$$

Tab. 2 Výpočet flexibilní doby (Zdroj: DB, 2008)
Table 2 Calculation flexible time (Source: DB, 2008)

Třída výrubu/ opatření k zajištění Excavation class/ support measure	Jednotka Unit [jednotka/unit]	Výkon Performance [m/den/m/day]	Hodiny na jednotku Hours per unit [hod/jednotka] [hrs/unit]	Množství Quantity [jednotka/unit]	Cílová doba Target time [dny/days]	Hodiny Hours [hodiny/hrs]
		A	B	C	C/A	C x B
K 4.3	m	7,8 / 7.8	18,46 / 18.46	55	7,05 / 7.05	1015,3 / 1015.3
K 4.4	m	6,0 / 6.0	24,00 / 24.00	80	13,33 / 13.33	1920
K 6.1	m	6,5 / 6.5	22,15 / 22.15	20	3,08 / 3.08	443
Celková cílová doba a celkové hodiny Total target time and hours					23,46 / 23.46	3378,3 / 3378.3
Stříkaný beton 25 cm / Shotcrete 25cm	m ²		0,23 / 0.23	-2000		-460
Stříkaný beton 30 cm / Shotcrete 30cm	m ²		0,31 / 0.31	2000		620
Třída výrubu K4.4 / Excavation class K4.4	m ³		0,22 / 0.22	100		22
SN jehly 4 m / SN Spiles 4m	ks / pcs		0,19 / 0.19	-125		-23,75 / -23.75
IBO jehly 6 m / IBO Spiles 6m	ks / pcs		0,3 / 0.3	150		45
Stříkaný beton / Shotcrete	m ³		4,0 / 4.0	10		40
Celkové skutečné hodiny = Součet mínus/plus hodin a celkových cílových hodin Total actual hours = Total minus/plus and total target hours						3621,55 / 3621.55

sanace. Tab. 1 ukazuje harmonogram ražby, ve kterém zhotovitel musel vyplnit šedá pole. Podobná tabulka se vyplňovala pro průzkum krasu a opatření pro krasové jevy a musela být předána investorovi jako součást nabídky. Navíc byly odhadnuty hodiny na jednotku a ty se vyplnily u každé nákladové položky obsahující tunelářské práce.

Účtování a flexibilní doba stavby

Pro různé třídy výrubu byla stanovena „cena za metr ražby“, která zahrnovala objem výrubu, předem definované množství

The new construction time gives new costs for staff, machinery, indirect wages and indirect costs. These costs are thus billed according to excavation work plus all extra works affecting the construction time.

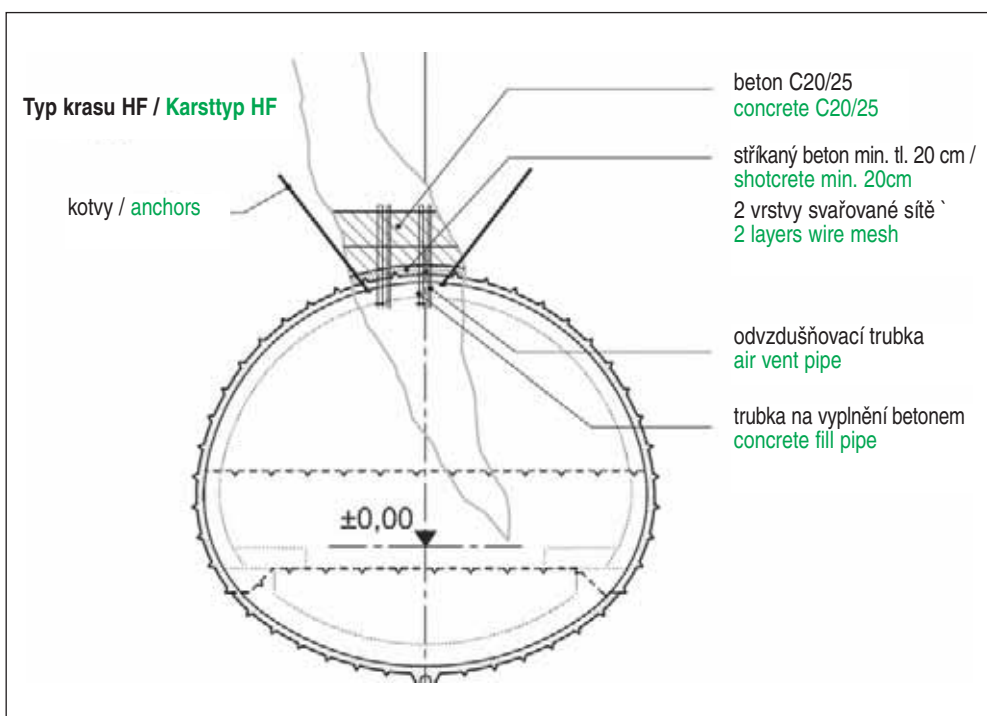
The same method is used for the karst structures in an effort to create a fair billing system for this basically unpredictable work. The following figure is a schematic illustration of a karst system. If such a situation is encountered, the main position will be billed and adjusted for all additional works. For bigger events various karst features can be mixed.

(Fig. 5)

Application of the contract model

During tunnelling the contractor and the client agree on the excavation class with a fixed advance length and on fixed (e.g. shotcrete thickness) and flexible (e.g. number of spiles) support measures. The result is a RESS (Required Excavation and Support Sheet), which is agreed upon and signed by both partners.

The RESS will not change as long as the geological conditions do not change. At the tunnel face the lead miner and a representative of the client agree on the flexible support measures needed for the geological structures within the borders given by the RESS. When karst features are encountered, the construction management and the client must decide how to deal with the karst using the karst types given in the contract.



Obr. 5 Schematické znázornění typu krasové struktury (Zdroj: ILF, 2008)
Fig. 5 Karsttyp HF (Source: ILF, 2008)

výztuže výrubu, jako jsou svorníky, jehly, sítě, příhradové nosníky a stříkaný beton. Jestliže se vyztužení potřebné v průběhu ražby lišilo, účtování se upravilo. Bylo-li zapotřebí méně výztuže, příslušné množství se odečetlo, jestliže byla potřeba výztuže větší, množství se zvýšilo. Jestliže se tloušťka ostění změnila, například z 25 na 30 cm, přidal se další odpovídající výrub. Další velký vliv na cenu měla doba stavby, která byla k dispozici. Doba stavby se normálně počítá podle výkonu v každé třídě výrubu a skutečného rozdělení na třídy. Zvláštním rysem této smlouvy bylo to, že všechny změny ve výkonech ražby působily změny v době stavby, která je k dispozici. Například tab. 2 ukazuje výsledek ve sloupci „cílová doba (dny)“. V této smlouvě se vypočítával časový účinek víceprací nebo méněprací. Základem byly cílové hodiny pro práce na jednom záběru (3378,3). Počet hodin, které byly k dispozici, se vypočítával ze změn ve výkonu. „Pružná doba stavby“ se vypočetla jako „celková cílová doba (dny)“ násobená „celkovými cílovými hodinami“ dělenými „celkovými skutečnými hodinami“. V našem příkladu je to:

$$\text{Pružná doba stavby} = 23,46 \times 3621,55 / 3378,30 = 23,46 \times 1,072 = 25,15 \text{ dnů.}$$

Změněná doba stavby znamenala nové náklady na zaměstnance, stroje, nepřímé mzdy a nepřímé náklady. Tyto nové náklady se účtovaly podle práce na ražbě a dalších prací ovlivňujících dobu stavby.

Stejná metoda účtování se používala při zastižení krasových struktur při ražbě ve snaze vytvořit spravedlivý účtovací systém pro tuto v podstatě nepředvídatelnou činnost. Obr. 5 je schematickým znázorněním jednoho krasového jevu. Jestliže se při ražbě narazí na podobnou situaci, je prováděno účtování se zahrnutím všech víceprací. V komplikovaných případech mohou být různé krasové jevy kombinovány.

Použití smluvního modelu

V průběhu ražby se investor a zhotovitel dohodli na třídě výrubu s fixní délkou záběru a na fixních (např. tloušťce stříkaného betonu) a flexibilních (např. počtu jehel) opatřeních k zajištění stability výrubu. Výsledkem byl „List požadovaných výlomů a výztuže“ (RESS – Required Excavation and Support Sheet), který schválily a podepsaly obě strany. RESS se neměnil, pokud se neměnily geologické poměry. V opačném případě se zhotovitel a investor dohodli na flexibilních opatřeních k zajištění výrubu, která byla potřebná pro dané geologické struktury uvnitř hranic daných příslušným listem RESS. Vyskytnou-li se krasové jevy, musí se zhotovitel a investor rozhodnout, jak se s krasovým jevem vypořádat s použitím typů sanací daných ve smlouvě.

REALIZACE STAVBY

Standardní záběry a průzkum krasu

K listům RESS byl navíc důležitým nástrojem takzvaný „List průzkumu krasu“. Průzkum se normálně skládal z pěti vrtů o průměru 50 mm, 12 m dlouhých, skloněných 20° pod vodorovnou rovinu, které procházely počvou ražby. Jejich účelem bylo zjistit, zda se pod počvou v dalších záběrech nevyskytují velké dutiny nebo kaverny. Tyto kroky se opakovaly každých 5 metrů. Oblast nad kalotou tunelu se trvale zkoumala pomocí vrtů pro jehly, kterých bylo normálně 35 až 40, a byly 4 m dlouhé. Boční oblasti ražby tunelu se zkoumaly pomocí vrtů pro svorníky, kterých bylo normálně sedm až osm a které byly 4 až 6 metrů dlouhé. Pro získání dalších informací o krasových jevech se využívaly též vrty pro trhačí práce na čelbě.

Všechny tyto vrtací práce se prováděly pomocí soupravy Rocket Boomer bez jakýchkoliv úprav zařízení. Jestliže vrty



Obr. 6 Stabilizace kaverny ve staničení 580,01 (Zdroj: BeMo, 2010b)
Fig. 6 Sealing the opening and the void at TM 580.01 (Source: BeMo, 2010b)

PROJECT EXECUTION

Standard advances and karst "exploration"

In addition to the RESS, a second important tool was the so-called karst exploration sheet. It normally consisted of five to six drill holes, diameter 50mm, 12m long, inclined 20° down to the horizontal and drilled through the base level of the respective excavation area to make sure no major voids were located under the forthcoming work area. These steps were repeated every 5 meters. The area above the tunnel excavation was continuously explored using the drill holes for the spiles, normally 35 to 40 holes, each 4m long. The lateral areas of the tunnel excavation were explored using the drill holes for the anchors, normally seven to eight holes, each 4 to 6m long. The blasting holes in the tunnel face were used to get further information on the karst features.

All these drillings were performed with the Rocket Boomer without making any equipment modifications. If drill holes had shown major voids, very soft areas or clearly visible karst structures, the exploration program could have been extended. To provide for this eventuality, the contract included a variety of additional drillings, such as drill holes up to diameter 150mm and 15-m-long or rotary drillings.

Encountering a karst structure

Encountering and Exploration

The face at Station 580.01 in the top heading looked very good and stable, the spiles and the anchors had been drilled into solid ground. But when drilling the blast holes, voids were encountered on the right side of the tunnel face. The regular karst exploration system was put into place to check the area beneath the tunnel invert. The drillings confirmed a void or soft ground there. Work commenced normally, but no explosives were put into the drill holes close to the void. Detonation caused a small opening in the tunnel face, showing a large void behind it. The client and the construction management were

ukázaly velké prázdné prostory, plastické oblasti nebo evidentní krasové struktury, bylo možné program průzkumu rozšířit. Aby se zajistila tato eventualita, smlouva obsahovala možnost použití různých druhů dodatečných vrtů, jako jsou vrty do průměru 150 mm a 15 m dlouhé rotační vrtání.

Zastižení krasové struktury

Zastižení a průzkum

Čelo výrubu v kalotě ve staničení 580,01 m vypadalo velmi dobře a stabilně, vrty pro jehly a svorníky byly prováděny do pevné horniny. Při provádění vrtů pro trhací práce se však narazilo na prázdné prostory na pravé straně od čela výrubu. K ověření oblasti pode dnem tunelu se použil výše popsaný systém průzkumu. Vrty potvrdily, že se před čelbou nachází dutina nebo velmi měkká hornina. Trhací práce byly zahájeny normálním postupem, ale vrty v blízkosti předpokládané dutiny se nenabíjely. Výbuch způsobil malý otvor v čele výrubu, kterým bylo vidět do velké kaverny v pozadí. Investor a zhotovitel společně rozhodli o zastavení ražby a nutnosti stabilizace celého prostoru stříkaným betonem.

Dutina byla prozkoumána a graficky analyzována (obr. 6, 7). Vrchol dutiny vypadal stabilně, nestabilně působil prostor pode dnem. Byla obava, že po odstřelu by mohlo dojít ke zřícení rozvolněného materiálu z horní části kaverny a zaplnění vstupu do nižší, možná mnohem větší kaverny. Z počvy kaloty se proto provedlo pět řad průzkumných vrtů. Každá řada byla složena z deseti 12 m hlubokých vrtů. Na pravé straně se ve staničení 580,01 narazilo na dutiny a rozvolněný materiál. Poté se ve staničení 580,01 provedl druhý průzkum, aby se zkontrolovala celá oblast kolem výrubu ve všech směrech. Výsledek byl alarmující, jelikož mnoho vrtů ukázalo buď dutiny, nebo rozvolněný materiál až do konce každého vrtu. Vzhledem k těmto průzkumným zjištěním se ražba omezila pouze na opěří, čímž byl získán čas na vyprojektování vhodného řešení sanace.

Aby se dutina potvrdila a získaly se další informace, bylo rozhodnuto, že se na čele výrubu musí provést tři rotační vrty, každý 12 m hluboký, skloněný 30° pod vodorovnou rovinu. Podle podmínek se odebírala jádra nebo rozvolněný materiál, a pokud se narazilo na dutinu, prováděla se kontrola kamerou. Tyto práce byly obtížné, jelikož horninový materiál byl zcela nesoudržný. Dva vrty ukázaly pevnou horninu v prvních dvou metrech, po nich následoval rozvolněný materiál a dutiny až do konce každého vrtu. Třetí vrt ukázal rozvolněný materiál v celé délce. Jelikož vrt končil v rozvolněném materiálu, kontrola kamerou nebyla možná. Dospělo se k závěru, že je zřejmé, kde porušená oblast začíná, ale ne, kde končí (obr. 8).

Nakládání s krasovou strukturou

Aby se zajistila bezpečná ražba, bylo rozhodnuto, že se kaverna musí vyplnit a hornina pode dnem tunelu se musí stabilizovat. V otvoru na čelbě výrubu se provedla konkávní stěna z vyztuženého stříkaného betonu. Do stěny se zabudovaly plnicí trubky na zaplňování betonem a odvětrávací trubky. Kaverna byla po etapách zcela vyplněna prostým betonem, kterého bylo spotřebováno 304 m³ (obr. 9).

Pro zpevnění rozvolněného materiálu pode dnem tunelu bylo nutné celou oblast proinjektovat cementem. Kromě toho se musely zaplnit i dutiny za ostěním. Původní řešení spočívalo v použití samozávrtných injektovatelných svorníků typu IBO. Vrty pode dnem byly provedeny ve třech řadách, v každé z nich bylo 120 svorníků IBO s délkou od 4 do 10 metrů. Svorníky byly skloněny 45° až 60° pod vodorovnou rovinu, aby zasáhly celý rozsah porušené oblasti. Pro boční a horní tři řady radiálních

informed immediately. Jointly they decided that the current advance had to be terminated and the area around the opening stabilized, meaning all loose material at the tunnel face would be removed and the whole area sealed with a layer of shotcrete. The void was surveyed and graphically analyzed. (Fig. 6, 7)

The top of the void looked very stable, but the main concern was the invert because it looked like the detonation might have caused loose material to collapse and fill the entrance to a lower, possibly much larger, void. From the face five rows of ten exploration drillings 12m deep were made. Voids and loose material were encountered at the right side of Station 580.01. After that, a second exploration was performed at Station 580.01 in order to check the whole area around the tunnel excavation in all directions. The result was alarming because many of the drill holes at the opening showed either voids or loose material all the way to the end of each drilling. Due to this massive problem excavation was shifted to the bench, thus allowing time to develop a proper solution involving the designer and the structural engineer.

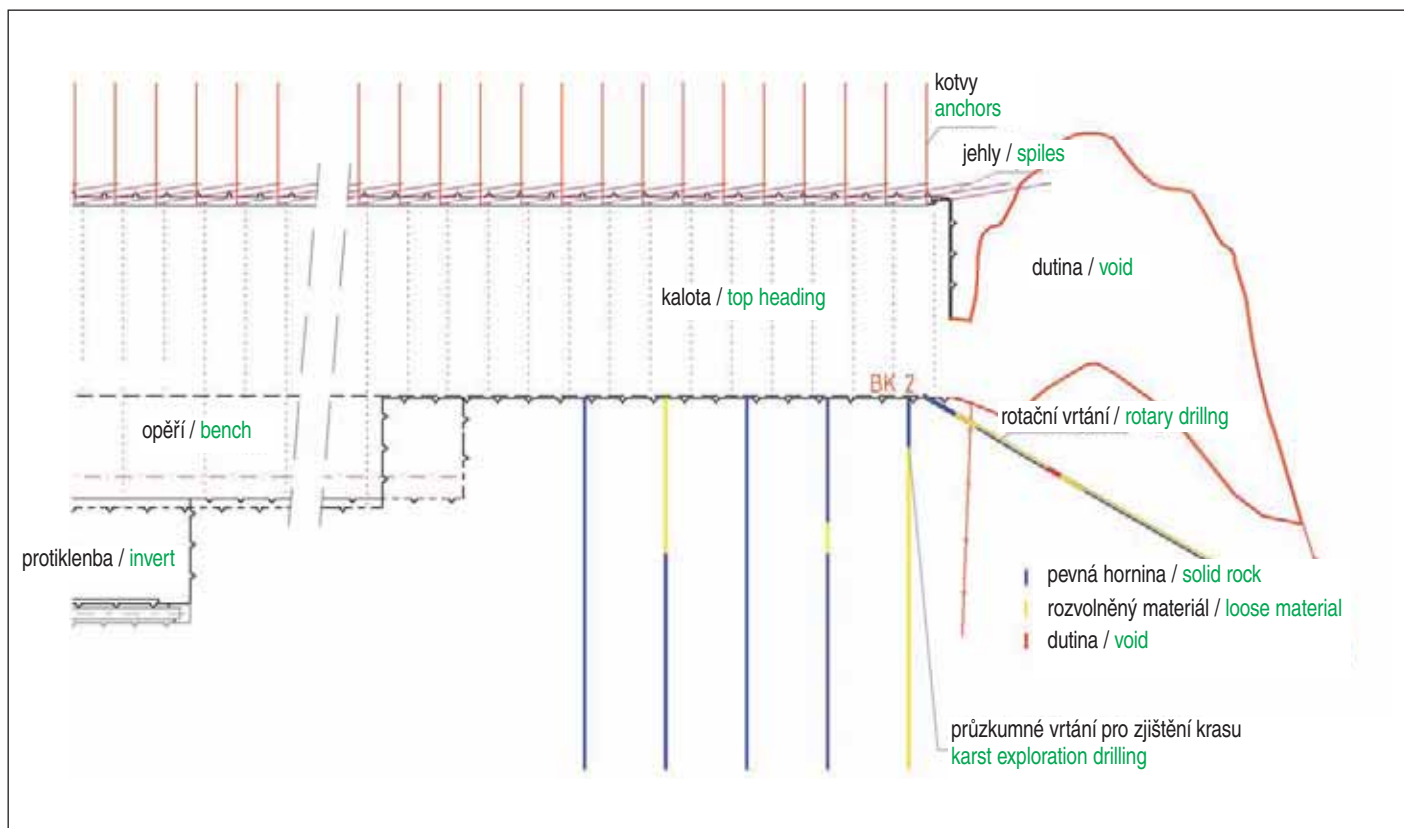
To confirm the void and obtain further information it was decided that at the face three rotary drillings, each 12m deep, inclined 30° down to the horizontal, had to be performed. Depending on the circumstances, cores or loose material would be collected and, if a void was encountered, camera inspection would be made. The work was difficult because the material was very inconsistent. Two drillings showed solid ground for the first 2 meters, followed by loose material and voids to the end of each drilling. The third drilling showed loose material only in the middle section of the hole. Because the drilling ended in loose material, camera inspection failed. We concluded that we knew where the disturbed area began, but not where it ended. (Fig. 8)

Processing the karst structure

To ensure a safe heading it was decided that the void had to be filled and the ground under the invert stabilized. At the tunnel face a concave



Obr. 7 Zaměřování kaverny ve staničení 580,01 (Zdroj: BeMo, 2010b)
Fig. 7 Surveying the void at TM 580.01 (Source: BeMo, 2010b)



Obr. 8 Schéma vrtného průzkumu kaverny ve staničení 580,01 (Zdroj: BeMo, 2012)
 Fig. 8 Exploring the void at TM 580.01 (Source: BeMo, 2012)

vrťů, z nichž každá obsahovala osm svorníků IBO, se použily svorníky 6 m dlouhé. Svorníky byly injektovány cementovou maltou s vodním součinitelem mezi 0,5 a 0,7. Kritérium pro ukončení injektáže bylo buď 2000 kg injektáže na vrt, nebo dosažení tlaku 5 barů. Ve druhém a dalších krocích byly svorníky, které nedosáhly kritéria pro ukončení injektáže, plněny opakovaně. Radiální svorníky vykázaly malý příjem injektážní směsi, celkem pouze 4200 kg. Tím bylo potvrzeno, že oblast boků a horní klenby byla porušena pouze malou měrou a podařilo se jí utěsnit. V oblasti pode dnem vykazalo v prvním kroku 17 z 36 svorníků nárůst tlaku překračující 5 barů; každý ze zbývajících svorníků byl vyplněn 2000 kg injekční směsí. Ve druhém kroku vykazalo šest dalších svorníků nárůst tlaku přes 5 barů, ostatní nevykazovaly žádný nárůst. Tyto dva kroky si vyžádaly celkem 86 700 kg cementu. Vysoké náklady a značná spotřeba času vedly k zastavení tohoto postupu (obr. 10).

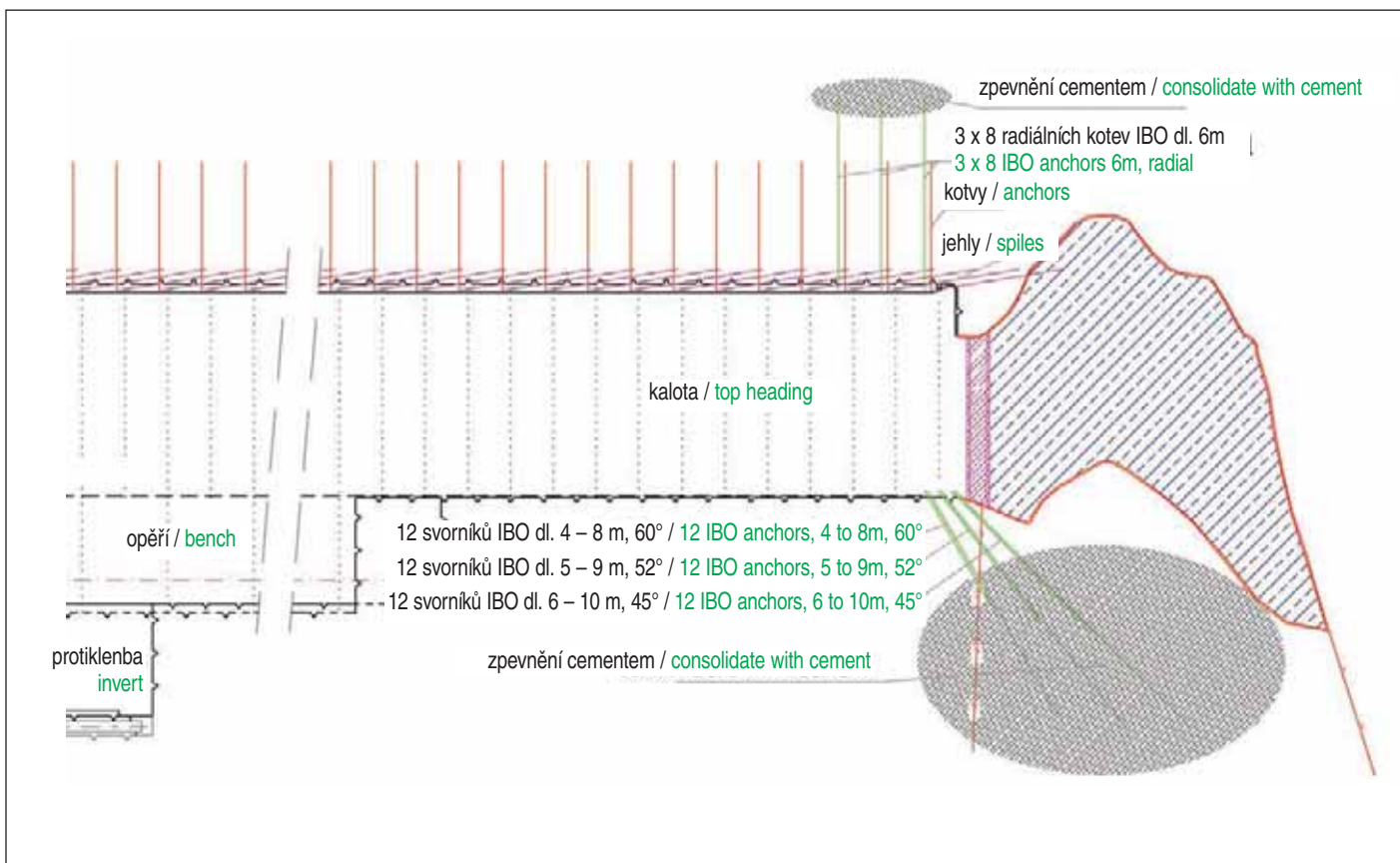
Pro rychlejší vyplňování dutin a možnost použití rychleji tuhneoucího materiálu bylo nutno použít jinou metodu. Novým řešením bylo provedení mikropilotového deštníku ALWAG AT 114,3 x 6,3 mm s osmi do vějíře rozprostřenými perforovanými trubkami pod počvou, ukloněnými 45° svisle od vodorovné. Provádění prvních vrťů bylo velmi problematické, jelikož rozvolněná hornina bránila tomu, aby výplachová voda vynášela vyvrtaný materiál. V důsledku toho se vrtací korunka zanesla, což velmi ztížilo její vytažování z vrtu. Proto byl postup vrtání zpomalen a zvýšeno množství dodávané výplachové vody, což situaci zlepšilo. Po úspěšném dokončení vrtání se trubkami plnila rozvolněná oblast maltovou směsí (cement – písek 0/2 mm – voda). Malta se míchala na betonárně a dopravovala se autodomíchačem k soupravě Meyco Spraying Robojet, která se v daném případě používala jako normální pumpa na beton. Rychlost plnění byla do 9 m³/hod. a celkem se použilo 140 m³ malty (obr. 11).

wall was erected using wire mesh, rebar and shotcrete. Concrete fill pipes and air vent pipes were set in the wall to ensure a safe fill rate. The void was filled to the very top in stages with regular concrete, using a total of 304m³. (Fig. 9)

To consolidate the loose material in the invert it was necessary to fill the whole area with stabilizing material. In addition, the area behind the lining at the void had to be checked. The agreed solution was to use grouted self-drilling anchors (IBO). The setup in the invert consisted of three rows, each having 12 IBO anchors between 4 and 10m long inclined 45° to 60° down to the horizontal, to reach a wide range of the disturbed area. For the side and top three rows of 8 IBO anchors, 6m long, radial spread, were used. The anchors were filled with a cement water value between 0.5 and 0.7 using an Obermann injection device. The stop criterion was either 2000kg of grouted material per anchor or a pressure of 5 bars. In a second and subsequent step all anchors that did not reach the stop criterion would be filled again. The radial



Obr. 9 Uzavírání vstupu do kaverny ve staničení 580,01 (Zdroj: BeMo, 2010b)
 Fig. 9 Closing the void at TM 580.01 (Source: BeMo, 2010b)



Obr. 10 Schéma sanace rozvolněné horniny injektáží cementovou směsí pomocí svorníků IBO (Zdroj: BeMo, 2012)
 Fig. 10 Consolidating material with cement (Source: BeMo, 2012)

Ražba

Aby se zajistila stabilita výrubu při další ražbě, bylo před čelbou provedeno jehlování osm metrů dlouhými jehlami. Ražba kaloty probíhala se záběrem 1 m, svorníky byly prodlouženy na deset metrů. Po třech záběrech byla oblast pode dnem stabilizována mikropilotovými deštníky s výplní 38 m³ malty a jednou řadou svorníků s doinjektováním dalších 11 700 kg cementu (obr. 12). Následující záběry skrze sanovanou kavernu byly prováděny bez potíží.

Očekávalo se, že další ražba kaloty, opěří i dna bude obtížná. Od staničení 592,01 však pokračovala ražba tunelu bez problémů podle původního návrhu.



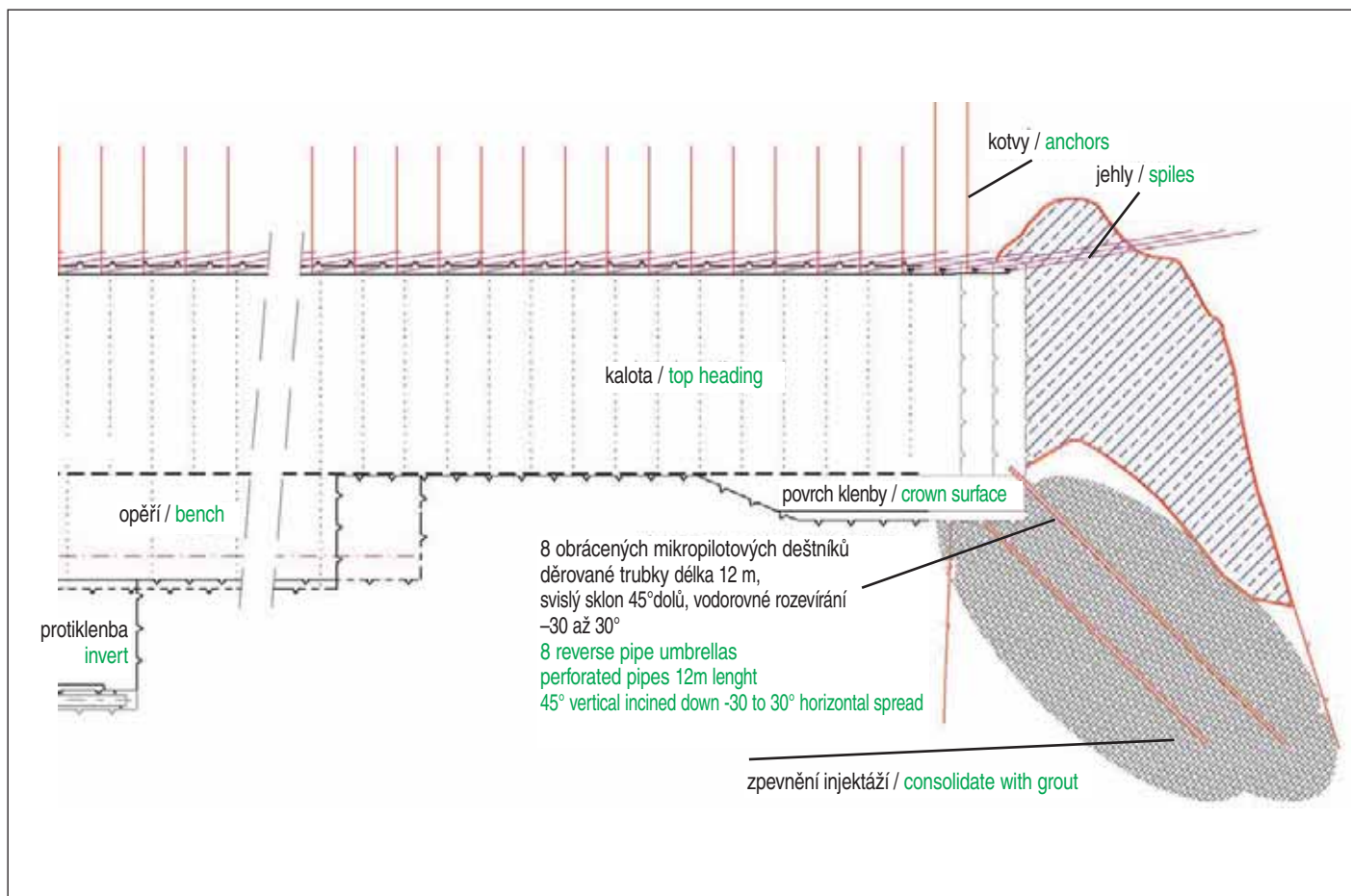
Obr. 11 Provádění sanačních prací (Zdroj: BeMo, 2010b)
 Fig. 11 Filling the invert with mortar through a pipe umbrella (Source: BeMo, 2010b)

anchors showed minor grout intake, namely a total of only 4,200kg. This confirmed that this area was only slightly disturbed and now sealed. In the invert 17 of 36 anchors showed a pressure rise exceeding 5 bars in the first step; all the others were filled with 2,000kg each. In the second step six additional anchors showed a pressure rise of more than 5 bars, the others showed no pressure build-up. These two steps called for a total of 86,700kg of cement. The intense costs and great time needed caused us to abort this method. (Fig. 10)

A new method was needed to fill the voids faster and with a faster-setting material. The solution was a reversed pipe umbrella ALWAG AT 114.3 x 6.3mm consisting of a fan of perforated pipes inclined 45° down to the horizontal. The first drilling was very problematic because the disturbed area prevented the drilling water from flushing out the drilled material. The bit consequently silted up, which made the retrieval of the drilling tool very difficult. Thereafter, drilling progress was reduced and extra water added through the pipe, which improved the situation. After the drillings were successfully completed, a mortar mix (cement – sand 0/2mm – water) was filled into the pipes. The mortar was batched in the batching plant and transported with a ready-mix truck to a Meyco Spraying Robojet, which in this case was used as a regular concrete pump. The fill rate was up to 9m³/h and a total of 140m³ mortar was used. (Fig. 11)

Heading

To ensure a stable bedding for the lining, a protective umbrella was added 3.9 m in front of the face. After that the heading commenced at an advance of 1.0m/round with extended anchor length of 10m and 8.0-m-long spiles. After three advances the invert was stabilized with four reversed pipe umbrellas filled with 38m³ of mortar and one row of anchors adding another 11,700kg of cement. The subsequent advances were performed with no major difficulties, the ensuing stabilization of the invert showed no intake of grout material. At Station 592.01 tunnel driving continued according to plan. (Fig. 12)



Obr. 12 Schéma sanace oblastí pode dnem pomocí injektovaných mikropilot a ražba vyplněnou dutinou (Zdroj: BeMo, 2012)

Fig. 12 Consolidating material with grout and heading through the filled void (Source: BeMo, 2012)

ZÁVĚR

Operativní kombinace ražby s použitím principů NRTM, s opatřeními pro průzkum krasu a s návrhem na zmáhání jeho struktur byla ideální pro zvládnutí obtížných geologických poměrů na stavbě tunelu Baumleite. Problémy byly řešeny profesionálně a velmi konstruktivně spoluprací mezi investorem a zhotovitelem stavby. Model smlouvy zvolený investorem se ukázal jako velmi dobrý nástroj pro pružné řešení problémů vzniklých v průběhu ražby. Hlavním faktorem úspěchu na této stavbě byla aktivní spolupráce všech účastníků výstavby a rychlé dosahování dohod o krocích, které bylo nutno učinit.

HELMUT GÖHRINGER,
BeMo Tunnelling GmbH, Innsbruck, Rakousko

Recenzovali: *Ing. Vladimír Prajzler,*
Ing. Pavel Růžička

The advances in the bench and invert were expected to be difficult. However, due to the extensive filling work performed in the top heading the excavation progress was performed without noteworthy disturbances.

CONCLUSION

The flexible combination of NATM drive with provisions for karst exploration and support was the ideal way to handle the geology at Baumleite Tunnel. Despite the difficult circumstances involved with the karst structures, the problems were managed professionally and in a very constructive manner between the client and the contractor. The contract model chosen by the owner proved to be a good means of handling the actually encountered situations in a flexible way. However, close cooperation between all involved parties and quick agreement on steps to be taken were the key factors in the success of this project.

HELMUT GÖHRINGER,
BeMo Tunnelling GmbH, Innsbruck, Austria

LITERATURA / REFERENCES

- DB, n.d.: Deutsche Bahn AG
Arcadis Consult GmbH, 2006: Ingenieurgeologischer Längsschnitt mit geotechnischem Bewertungsband
Fuegenschuh, N., Arnold, J., 2003: Flexibility of NATM shown during the construction of the Egge Tunnel, Germany – Excavation and lining of a large Tunnel project exposed to difficult hydrogeological conditions, v: Proceedings of the Rapid Excavation and Tunneling Conference, RETC 2003
BeMo, 2010a: BeMo Tunnelling GmbH, Geotechnical Measurement & Survey Department, Graph of Settlement at Station 367 DB, 2008: Deutsche Bahn AG, Award Nr. 416/08/202379, BA 3211 Sonneberg, Tunnel Baumleite
ILF, 2008: Tunnelröhre, Karstmaßnahmen bei Karsthohlräumen
BeMo, 2010b: BeMo Tunnelling GmbH, Staveništní fotografie
BeMo, 2012: BeMo Tunnelling GmbH, Tunnel Design Department

TUNELY TŘETÍ FÁZE TRATI BERGEN BYBANEN V NORSKU

TUNNELS ON STAGE THREE OF BERGEN BYBANEN, NORWAY

MICHAL UHRIN, SZILVIA TOTH, VERA SZANTO

ABSTRAKT

Tento článek popisuje projekt a podává náhled na probíhající výstavbu šesti tunelů navržených v rámci třetí fáze rozvoje tramvajové sítě v Bergenu v Norsku. Článek nejprve představuje projekt v obecnosti, popisuje geologické poměry na trase, zmiňuje specifické požadavky projektu jako například 3D CAD modelování nebo požadované normy a potom se zaměřuje na tunely samotné s cílem poukázat na malé, avšak zajímavé rozdíly od běžné technické praxe ve střední Evropě.

ABSTRACT

This article provides description of the design and insight into the ongoing construction of six tunnels on Stage 3 of the light rail network development in Bergen, Norway. It introduces the project in general, outlines the ground conditions, mentions specific project requirements such as 3D CAD design or applicable standards and then focuses on the tunnels with the aim to highlight small but interesting differences from the common Central European tunnelling industry practice.

ÚVOD

Firma Mott MacDonald byla vybrána, aby vypracovala multiprofesní prováděcí projektovou dokumentaci pro fázi 3 rozvoje tramvajové sítě v Bergenu v Norsku. Předmětem projektu je prodloužení stávající dvoukolejné trati tramvaje Bybanen. V době psaní tohoto článku byly fáze 1 i 2 trati Bybanen už ve standardním provozu (obr. 1), předmětná fáze 3 ve výstavbě



Obr. 1 Ilustrační fotografie trati Bybanen v provozu
Fig. 1 Illustration photo of the Bybanen in operation

INTRODUCTION

Mott MacDonald was appointed to carry out a detailed multi-disciplinary engineering design for the Stage 3 of the light rail (Bybanen) development in Bergen, Norway. The project is an extension to the existing twin track Bybanen Network. At the time of writing of this article Stages 1 and 2 of the Bybanen were already operational (Fig. 1), Stage 3 was under construction and Stage 4 in the planning phase. The Stage 3 "Rådalen – Flesland" route is approximately 7.1km long, and is planned from the Lagunen shopping centre in the northeast (interface with Stage 2) to the Bergen Airport Flesland in the southwest (Fig. 2). The development is being organized by the client Bybanenn Utbygging (light rail development office) under the Hordaland Fylkeskommune.

About half length of the Stage 3 will be in tunnels and its development will also involve 10 bridges (on or over the route) and numerous retaining walls. There will be 5 drill and blast tunnels and 1 cut and cover tunnel on the route. However, all of the mined tunnels have also cut and cover portal sections. Figure 2 presents a schematic layout of the



Obr. 2 Schematická situace trasy fáze 3
Fig. 2 Layout scheme of the Stage 3 route

a fáze 4 ve stadiu územního plánování. Trasa fáze 3 „Rådal – Flesland“ je dlouhá zhruba 7,1 km a je vedena od obchodního centra Lagunen na severovýchodě (propojení s fází 2) až po bergenské letiště Flesland na jihozápadě (obr. 2). Investorem projektu je organizace Bybanen Utbygging (rozvoj tramvajové sítě) patřící pod správu Hordaland Fylkeskommune.

Zhruba polovina délky fáze 3 bude vedena v tunelech a její projekt zahrnuje také 10 mostů (buď na trati, nebo přes ni) a nespočet opěrných stěn. Na trase je navrženo 5 ražených tunelů metodou drill and blast a jeden tunel čistě hloubený (cut and cover). Všechny ražené tunely obsahují také hloubené úseky při portálech. Obrázek 2 znázorňuje schematickou situaci trati s tunely vyznačenými červenou barvou. Tabulka 1 shrnuje jména tunelů a přibližné délky jejich ražených a hloubených částí.

Tab. 1 Seznam tunelů

Tunel	Hloubená délka [m]	Ražená délka [m]
Folldal	125	585
Steinsvik	145	425
Solhei	150	470
Dyrhovd	40	95
Såtamyrikulverten	235	---
Flesland	80	540

Projektové práce byly rozděleny mezi různé kanceláře firmy Mott MacDonald, přičemž zásadní objekty stavební části projektu byly dodány z Prahy, Brna a Budapešti. Cílem tohoto článku je podat popis projektu tunelů na předemné trati a náhled na jejich probíhající výstavbu. Zdůrazněny budou zajímavé rozdíly od běžné středoevropské praxe. Tyto vycházejí zejména z odlišné topografie, výrazně odlišných geologických poměrů a drobných rozdílů například v klimatu, technických normách nebo legislativních požadavcích na výstavbu.

Hlavní očekávání investora pro tento projekt zahrnovala: bezpečnou výstavbu, provoz a údržbu, minimální rušivý dopad na místní komunity, minimální dopad na životní prostředí a estetické zapracování konstrukcí do stávající krajiny. Investor dále očekával vysokou úroveň 3D CAD projektování, především s ohledem na přesné stanovení výměr, řízení rizika kolizí mezi návrhy různých technických profesí (a tím minimalizaci neplánovaných prostojů při výstavbě) a pro splnění předstáv stavebních firem. Projekt proto zahrnoval základní prvky tzv. Building Information Modelling (BIM). Problematika BIM je blíže vysvětlena v samostatném článku (viz str. 34 tohoto čísla).

GEOLOGICKÉ POMĚRY

Na začátku je zajímavé zmínit, že v norské stavební praxi existuje velmi silné rozlišení mezi termíny „geologie“ a „geotechnika“. Geologie, ve zdejšímu chápání, se zabývá čistě prostředím skalních hornin, kdežto geotechnika se zabývá čistě zeminami, které se mohou nacházet v nadloží skalních hornin. Norsko má přirozeně dlouhou tradici v inženýrské práci s prostředím „tvrdých hornin“ a je tam k dispozici velmi dobré porozumění a praktické zkušenosti s chováním skalních hornin. Mnoho prvků zajištění horninového masivu při výstavbě se proto nevyžaduje explicitně projektovat předem, protože jejich stanovení provede zkušený geolog během trhacích prací na stavbě podle mapování skutečného stavu odhaleného masivu.

route with tunnels marked in red colour. Table 1 lists the tunnel names and their respective cut and cover and drill and blast lengths.

Table 1 List of tunnels

Tunnel	Cut & cover length [m]	Drill & blast length [m]
Folldal	125	585
Steinsvik	145	425
Solhei	150	470
Dyrhovd	40	95
Såtamyrikulverten	235	---
Flesland	80	540

The design work was spread across various Mott MacDonald offices and major parts of the civil design packages were carried out in Prague, Brno and Budapest. The aim of this paper is to provide a description of the design for the tunnels on the route and insight into their construction. Interesting differences from common Central European practice will be highlighted. These arise primarily from different topography, significantly different ground conditions and some differences in climate conditions, technical standards or statutory requirements.

The main Client's expectations for this project included: safe construction, operation and maintenance, minimum disruption to local communities, minimum environment impact and aesthetic incorporation of structures into the existing landscape. The Client also expected a high level of 3D CAD design development in order to allow for precise determination of quantities, management of clashes between the designs of the individual technical disciplines (thus avoiding unplanned delays during the construction phase) and to meet the expectations of the construction industry. The design therefore included a basic set of Building Information Modelling (BIM) elements. Details of BIM approach are discussed in more detail also in a separate article (see page 34).

GROUND CONDITIONS

At the beginning it is interesting to note that in the Norwegian construction industry there is a very solid distinction between the terms “geology” and “geotechnics”. Geology is understood to deal purely with rock conditions whereas geotechnics would deal purely with soils above the bedrock level. Norway, by nature, has a long tradition in hard rock engineering and there is a very good understanding and practical experience with rock behaviour. Therefore, many rock support elements are often not required to be explicitly treated beforehand by design because they are determined by experienced geologists during the blasting works on site according to the actual mapped conditions.

A site investigation campaign was undertaken for the project in order to determine the ground and groundwater conditions. Because competent bedrock is typically found close below the ground surface the site investigation was primarily aimed to verify the depth to the “good rock surface” along the extent of the route. The exploratory works were carried out by means of various drilled probes, penetration probes and geophysical tests. In terms of relative numbers there were naturally far more penetrations and geophysics (e.g. seismic probes) compared to the conventional coring.



Obr. 3 Příklad výchozu horniny na den
Fig. 3 Example of rock exposure

Pro projekt byly provedeny průzkumné práce za účelem ověření geologických a hydrogeologických poměrů na trase. Protože únosné skalní podloží se typicky nachází mělce pod povrchem terénu, bylo primárním cílem průzkumu ověření hloubky „po zdravou skálu“ v rámci rozsahu trasy. Průzkumné práce byly realizovány pomocí různých druhů vrtaných sond, penetračních sond a geofyzikálních zkoušek. Ve smyslu vzájemného poměru bylo použito mnohem více penetrací a geofyziky (např. seismické sondy) než konvenčních jádrových vrtů. Byly odebrány vzorky hornin, zemin a podzemní vody ke zkoušení v laboratoři.

Po délce trasy byl také nalezen nespočet výchozů horniny na den (obr. 3). Tyto byly studovány během úvodních pochůzek budoucím stavenišťem a zhruba 50 z nich bylo geologicky zmapováno za účelem klasifikace hornin a stanovení směru, sklonu a charakteru diskontinuit horninového masivu.

Kde to bylo možné, byla měřena úroveň hladiny podzemní vody. Ovšem v mnoha případech nebylo možné ustálenou hladinu podzemní vody stanovit. To proto, že úroveň vody se velmi pružně mění s množstvím srážek. Se silným deštěm může rychle vystoupat až na úroveň terénu, ale po dešti stejně rychle odtéci pryč. Obvyklá místní praxe je navrhovat konstrukce na hladinu podzemní vody na úrovni terénu, pokud není navržen a proveden drenážní systém, který většinou navržen bývá.

Pokryvné útvary na trase zahrnovaly rozličné typy zemin. Nejobvyklejší byla násypová tělesa, jílu nebo jílu s pískem, rašelina a ledovcové morény. Mocnost zeminového pokryvu se typicky pohybovala mezi 0 a 5 m. Byly však zastíženy i případy s lokálně hlubším uložením skalního podloží (mocnost pokryvů přes 10 nebo i 15 m), nejčastěji ve spojení s šikmým povrchem skalního podloží. Stavební konstrukce v těchto oblastech (např. základy mostů nebo opěrných stěn) vyžadovaly zvláštní pozornost v projektu.

Skalní podloží obvykle představovaly velmi pevné metamorfované celky (rula a amfibolit) nebo vyvřeliny (dolerit, anorthoit a gabbro). V omezeném množství případů byla velmi únosná hornina proložena vrstvami mnohem méně pevných svorů (Mica Schist), které zvyšovaly riziko pohybu bloků horniny po plochách puklinového systému během výkopových prací.

Samples of rocks, soils and groundwater were taken and tested in a laboratory.

There were numerous cases of rock exposure above the ground surface encountered on the route (Fig. 3). These were studied during the initial site walk-overs and about 50 of them were geologically mapped for rock classification and for orientation and character of discontinuities.

Ground water level was measured where applicable. However, in many cases it was not possible to define a steady state ground water table. This is because the water levels flexibly fluctuate with precipitation. They can quickly rise up to the ground surface with heavy rainfall and equally quickly drain away. The local engineering practice is to design structures for ground water at the ground level unless drainage system is provided, which is mostly the case.

There were various soil types covering the bedrock on the route. The most typical ones were Engineering Fill, Clay or Clay with Sand, Peat and Glacial Moraines. The soil cover thickness typically varies between zero and 5m. Localized cases with deeper rock (over 10m or 15m of soil cover) were also encountered, typically in connection with steep gradient of the rock surface. Structures in these areas (e.g. retaining walls or bridge foundations) required special design treatment.

The bedrock consisted typically of extremely strong metamorphic units (Gneiss and Amphibolite) or igneous ones (Dolerite, Anorthosite and Gabbro). In a limited number of cases the strong rock was inter-bedded with a much weaker Mica Schist unit which increased the risk of movement along the discontinuity planes during excavation.

For tunnel support design purposes the rock was classified according to the NGI Q-system. Based on the available cores and rock exposure data, parameters for wedge stability analysis were also derived. In terms of design for temporary retaining structures the typical ground configuration was “very weak over very strong”, i.e. typically up to about 7m of potentially very weak ground (e.g. peat) overlying hard rock. The proposed installation of the retaining wall system had to take this into account.

Pro účely návrhu prvků výztuže ražených tunelů bylo skalní podloží klasifikováno podle NGI Q-systému. Z dat získaných na jádrech a při mapování výchozů horniny na den byly také odvozeny parametry pro strukturní analýzu stability výrubu. Ve smyslu návrhu dočasných pažících konstrukcí bylo typické uspořádání geologického profilu možné charakterizovat jako „velmi měkké nad velmi pevným“, tedy obvykle až do 7 m mocnosti potenciálně velmi málo únosné zeminy (např. rašelina) pokrývající velmi tvrdé skalní podloží. To muselo být vzato v úvahu při návrhu pažící konstrukce z hlediska proveditelnosti.

V projektu bylo třeba také zvážit seismické účinky na konstrukce. Vrcholové zrychlení podloží na povrchu terénu příslušné pro oblast Bergenu je mezi 0,8 a 0,9 m/s². Stavební konstrukce byly navrženy na seismické účinky podle ustanovení Eurokódu 8 s norskými národními přílohami.

PRVKY BIM PROJEKTOVÁNÍ

Bylo vyžadováno, aby projekt obsahoval elementární principy BIM přístupu. Všechny inženýrské profese realizovaly svůj CAD návrh primárně skrze sestavení 3D geometrických modelů. Tyto modely byly centrálně koordinované, sdílené mezi profesemi po dosažení požadovaného stupně rozpracovanosti a byla na nich prováděna detekce kolizí. Modely jednotlivých profesí v dané oblasti stavby se sdružovaly do „master modelů“. Data z topografických měření byla triangulována do 3D modelu plochy povrchu terénu. Výsledky průzkumu podloží byly zpracovány na 3D model povrchu skalní horniny. Záznamy o stávajících podzemních sítích včetně jejich šachet nebo komor byly také převedeny do formátu 3D CAD modelu. Názvoslovná konvence pro úrovně (v MicroStation) nebo vrstvy (v AutoCAD) v CAD modelech byla zpracována podle třídnic standardních specifikací stavebních prací a materiálů, které vydává Statens vegvesen (Norská státní správa silnic), což vytvořilo spojení mezi CAD modelem, specifikací pro provádění a standardizovaným výkazem výměr. 2D výkresová dokumentace byla primárně vytvořena z řezů nebo pohledů generovaných z 3D geometrických modelů. Kde to bylo možné, byly výměry odečítány z 3D modelů. Za nejdůležitější však bylo považováno to, že

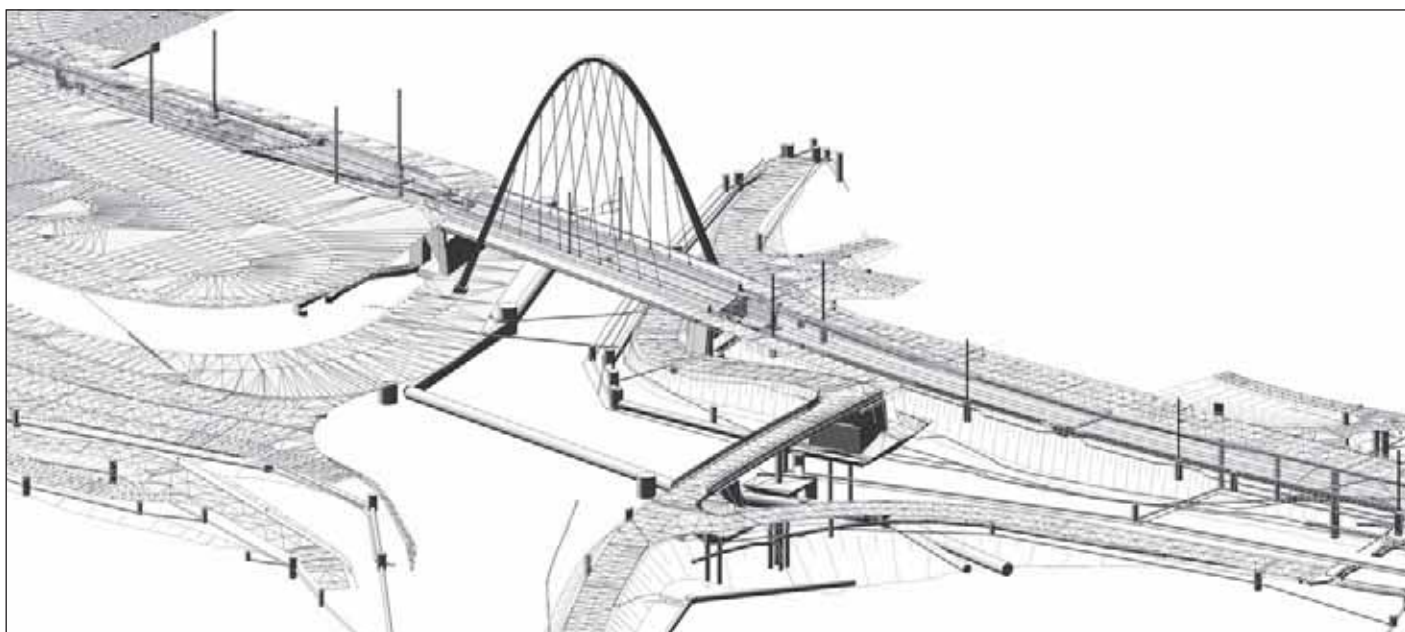
Impact of seismic action also had to be taken into account. The peak ground acceleration applicable to the Bergen area is between 0.8 and 0.9 m/s². Structures were designed to seismic action according to Eurocode 8 provisions with Norwegian National Annexes.

BIM DESIGN ELEMENTS

It was required to undertake the design with basic BIM principles. All engineering disciplines carried out their CAD work primarily by developing 3D geometrical models. The models were centrally coordinated, shared between disciplines after reaching a required workflow stage and clash detection was carried out on them. Individual discipline models in a given area were merged into master models. Topographical data were triangulated into a 3D ground surface model. Ground investigation data were processed into a 3D rock surface model. Information about existing underground services including their chambers or manholes was also processed into 3D CAD model format. The naming convention for levels (MicroStation) or layers (AutoCAD) in the CAD models was based on numerical process codes from the Standard Specifications of construction works and materials issued by the Statens vegvesen (Norwegian Public Road Administration) which created a link between CAD models, workmanship specifications and standard bills of quantities. 2D drawing deliverables were primarily developed from sections or views taken from the 3D geometrical models. Bills of quantities were taken of the 3D models where applicable. Most importantly, the 3D modelling allowed interdisciplinary co-ordination sessions to take form of a virtual walk over the proposed design aimed to visually check and resolve clashes (Fig. 4).

DESIGN STANDARDS

The design was carried out to Bergen Bybanen Technical Specifications, Statens vegvesen (Norwegian Public Road Administration) Handbooks, Norwegian Rail Standards and Eurocodes with Norwegian National Annexes. It is interesting to note in this respect that the Statens vegvesen Handbooks take precedence over the Eurocodes in case of



Obr. 4 Ilustrační snímek pro jednání o koordinaci profesí
Fig. 4 Illustration slide for interdisciplinary coordination session



Obr. 5 Folldal západ
Fig. 5 Folldal West

3D modelování umožnilo interaktivní schůze meziprofesionální koordinace ve formě virtuální pochůzky navržených konstrukcí, zaměřené na odhalení a vyřešení kolizí (obr. 4).

NORMY

Projekt byl vypracován podle technických specifikací pro Bergen Bybanen, příruček vydávaných Statens vegvesen, norem norské železnice a Eurokódů s norskými národními přílohami. V této souvislosti je zajímavé podotknout, že tam, kde je třeba navrhovat podle pravidel Statens vegvesen, jsou ustanovení jejich příruček v případě odlišnosti nadřazené ustanovením platných Eurokódů. Zhruba od roku 2012 probíhá harmonizace těchto příruček pro navrhování se systémem Eurokódů a nové příručky tak již přijaly terminologii, značení a filozofii návrhu podle Eurokódů. Avšak splnění ustanovení platných Eurokódů automaticky negarantuje splnění ustanovení příruček Statens vegvesen, které mohou být přísnější nebo jinak odlišné.

ÚVOD K TUNELŮM NA TRASE

Účelem tunelů bylo překonat různé překážky trati, jak je blíže popsáno v následujících sekcích článku. Všechny tunely byly navrženy jako dvoukolejné. Pro splnění vysokých nároků na bezpečnost byl nouzový chodník navržen vždy na obou stranách tunelu a vybaven madlem zábradlí na stěně tunelu, nouzovým osvětlením a značením.

Tunel Folldal

Tunel Folldal vede trať od obchodního centra Lagunen směrem na Råstolen. Jedná se o nejdelší tunel fáze 3 těsně přesahující 700 m délky, což zahrnuje dva hloubené železobetonové úseky portálové a jeden mezilehlý (obr. 5).

Ražba probíhala směrem od Råstolen. Blízko východního portálu byly zastíženy nepříznivé geologické poměry. Horninový masiv byl proložen vrstvami jílu. V reakci na to bylo ke standardnímu systému výztuže ze svorníků a stříkaného betonu navíc vyžadováno jehlování a betonová žebra (vyztužená žebra ze stříkaného betonu podle doporučení NGI Q-systému). Tyto dodatečné prvky zajištění výrubu byly také použity v oblastech portálů.

Přibližně ve vzdálenosti 100 m od východního portálu se v tunelu nachází údolnicový bod. Prosáklá podzemní voda bude z tohoto bodu odvedena do moře pomocí drénu zhotoveného směrovým vrtáním. Rozměry jímky v tomto místě byly stanoveny nejen na základě požadavků drenážního systému, ale také z hlediska prostoru potřebného pro zhotovení vrtu.

Plánovaný rozvoj dopravní infrastruktury v této oblasti bude zahrnovat výstavbu dálničního tunelu pod tunelem Folldal. Aby se minimalizoval dopad při budoucí ražbě, byla v místě plánovaného křížení (v blízkosti mezilehlého hloubeného

discrepancy. The handbooks are being harmonized with the Eurocodes since approximately 2012. The new handbook issues therefore use the Eurocode terminology, notation and design philosophy. However, if a design satisfies the requirements of the Eurocodes it does not automatically guarantee that clauses of the Handbooks will be satisfied as well, because these can be more onerous or otherwise different.

INTRODUCTION TO TUNNELS ON THE ROUTE

The purpose of the tunnels was to overcome various constraints on the route as detailed in the sections below. All of them were designed as double track type. In order to meet high safety standard there is an emergency walkway provided on each side, fitted with handrail on the wall, emergency lighting and signage.

Folldal Tunnel

Folldal tunnel leads the track from the Lagunen shopping centre towards Råstolen. It is the longest tunnel of Stage 3 with just over 700m including two reinforced concrete portals and a 50m long intermediate cut and cover section (Fig. 5).

The tunnel was excavated from Råstolen. Close to the east portal, unfavourable rock conditions were encountered. The bedrock was inter-bedded with clay. Therefore, in addition to the standard rock bolts and sprayed concrete support, spiling and concrete arches (reinforced ribs of sprayed concrete as per NGI Q-charts) were required. These additional support elements were utilized in the portal areas as well.

At approximately 100m distance from the east portal there is a low point in the tunnel. Seepage water from the tunnel will be drained into the sea via a drain constructed with directional drilling. The size of the sump in this location was dictated not only by the drainage requirements but also by the plant used for the directional drilling.

Future infrastructure development in the area will include a construction of a highway tunnel below the Folldal Tunnel. To reduce mutual impact from the foreseen future tunnelling works a concrete slab was constructed under the track level close to the intermediate cut and cover section of the tunnel.

Steinsvik Tunnel

From the Råstolen stop until the Sansdlivegen stop the alignment runs under residential areas in two tunnels connected by a post-tensioned reinforced concrete bridge (the Steinsvik Bridge). The first 570m long Steinsvik Tunnel has a vertical gradient drop of 6% from Råstolen, which is the maximum allowable gradient for the line (Fig. 6). After a low point, the track vertical gradient slightly increases towards the bridge.



Obr. 6 Tunel Steinsvik
Fig. 6 Steinsvik Tunnel



Obr. 7 Tunel Solhei
Fig. 7 Solhei Tunnel

úseku) pod úrovní svršku navržena roznášecí železobetonová deska.

Tunel Steinsvik

Od zastávky Råstolen po zastávku Sansdlivegen vede trať pod rezidenční oblastí ve dvou tunelech propojených dodatečně předepjatým železobetonovým mostem (most Steinsvik). První z nich, 570 m dlouhý tunel Steinsvik (obr. 6), je navržen s podélným svislým 6% sklonem směrem dolů od zastávky Råstolen, což je maximální dovolený sklon pro předmětnou trať. Po dosažení údolnicového bodu se sklon začne drobně zvedat směrem ke zmíněnému mostu.

Pro místní správu je Råstolen důležitá oblast pro budoucí rozvoj. V návaznosti na to bylo dohodnuto, že odvodnění této oblasti, které si místní správa přeje, bude provedeno skrze údolnicový bod tunelu Steinsvik jako součást prací Bybanen fáze 3. Zvažovány byly varianty odvodnění pomocí směrového vrtání, odvodnění podél stávající silnice a dodatečný dren uvnitř tunelu. Nakonec bylo zvoleno řešení s dodatečným středovým drénem v profilu tunelu. V tunelu byla pod úrovní svršku osazena betonová odvodňovací roura vnitřního průměru 1000 mm. Rýha pro uložení této roury byla provedena trhačími pracemi po dokončení tunelu ve standardním profilu.

Nadloží tohoto tunelu bylo obecně poměrně nízké s maximem okolo dvou průměrů ražby, zatímco pro zhruba polovinu délky bylo méně než jeden průměr. V takových úsecích se redukovala délka záběru.

V Norsku se běžně používají železobetonové (ŽB) desky přikotvené do horniny nad oblastmi extrémně nízkého nadloží. Robustní ŽB deska se betonuje na terénu a překlenuje profil tunelu. Kotvy, zhotovené dříve než deska, fungují jako táhla stahující horninu v nadloží kaloty tunelu k betonové desce. Ražba tunelu proběhne až po dokončení těchto ochranných opatření.

Během práce na prováděcí dokumentaci Mott MacDonald zapracoval takovou desku do projektu jako opatření pod budoucí čtyřpatrovou budovou, jejíž stavba byla navržena nad profilem tunelu s nadložím pouhých 3 až 4 m únosné horniny.

Stavba zahájená od mostu Steinsvik zastihla podružnou tektonicky porušenou zónu nad korunou ražené části tunelu. Orientace poruchy byly rovnoběžné s podélnou osou tunelu, a tudíž změna polohy portálu by nevedla k odstranění problému. Proto bylo v této oblasti přistoupeno k použití železobetonové desky podobných parametrů jako v případě extrémně nízkého nadloží.

For the local municipality Råstolen is an important future development area. Therefore, drainage of the area via the local low point, desired by the municipality, was agreed to be handled as a part of the Bybanen Stage 3 works. Directional drilling, drainage along an existing road and additional drainage pipe inside the tunnel were considered as design alternatives. Eventually, the option with the additional middle drain inside the tunnel profile was adopted. A concrete pipe with a maximum internal diameter of 1000mm was installed inside the tunnel below the track level. The trench for the pipe was drill and blast excavated after the completion of the standard tunnel profile.

In general, the cover of the tunnel was rather shallow, the maximum being only two tunnel diameters while for around half of the total length of the tunnel the rock cover was less than one diameter. In these areas reduced advance length was applied.

It is a common practice in Norway to use reinforced concrete (RC) slabs anchored into the rock above extremely low cover sections. The robust RC slab is cast on surface and spans across the tunnel profile. The anchors (completed before the slab) act as tie-backs connecting the rock above the proposed tunnel to the slab. The tunnel is excavated after these protective measures are in place.

During the detailed design stage Mott MacDonald incorporated a reinforced concrete slab in the scheme to account for a future four-storey building planned to be built above the tunnel with only 3 to 4m of rock cover.

Tunnelling works starting from the Steinsvik Bridge encountered a minor fault zone above the crown of the drill and blast tunnel. The orientation of the fault was parallel to the tunnel axis, therefore moving the portal location was not a viable option. A reinforced concrete slab with similar details to the slab designed for the other low cover area had to be used in this location as well.

Solhei Tunnel

After the Steinsvik Bridge the vertical alignment is constantly rising towards Sandslivegen. A major fault zone had to be crossed with a 120m long intermediate cut and cover section. After the fault zone the line continued as drill and blast crossing a road with a minimum cover of only 2.3m. In the western part of the tunnel the low side cover was the greatest challenge.

In order to speed up the construction, the tunnelling works were ongoing on several sites simultaneously. For example, the construction of the Solhei tunnel (Fig. 7) started with the completion of the first 15m of the tunnel in the east. This enabled the contractor to proceed with the works of the reinforced concrete portal, while the excavation works for the cut and cover section were still ongoing. After the completion of the cut and cover portal areas, tunnelling could have started in both directions.

Dyrhovd Tunnel

With its total length of slightly less than 100m the Dyrhovd Tunnel is the shortest tunnel of Stage 3. Apart from the double track the tunnel also accommodates a cycle path and a public footpath. With this special cross-section arrangement, the span of the tunnel is 14m and the skew span of the portal reaches 19m (Fig. 8).

Geophysical site investigations predicted unfavourable rock quality for this area. However, local conditions were better than estimated. With the use of systematic rock bolting (3 to 5m long), shotcrete, sprayed concrete arches and spiling, the Dyrhovd tunnel became the first tunnel to be completed on Stage 3 in January 2014.

Tunel Solhei

Od mostu Steinsvik svislé vedení trasy vytrvale stoupá směrem k Sandslivenen. Významná zóna tektonického porušení křížující trasu musela být překonána 120 m dlouhým mezilehlým hloubeným úsekem. Po překonání poruchy ražba pokračovala metodou drill and blast a překřížila silnici s nejmenším nadložím pouhých 2,3 m. V západní části tunelu bylo překonání nízkého nadloží na straně největší výzvou.

Aby se zrychlil postup výstavby, probíhaly práce na několika stavenišťích současně. Například stavba tunelu Solhei (obr. 7) začala ražbou prvních 15 m na východě. To umožnilo zhotoviteli zahájit práce na železobetonové konstrukci hloubeného portálu a zároveň pokračovat v těžbě pro mezilehlý hloubený úsek. Po dokončení hloubených částí probíhala ražba v obou směrech současně.

Tunel Dyrhovd

S kolovou délkou těsně pod 100 m je tunel Dyrhovd nejkratším tunelem fáze 3. Navíc k dvoukolejnému uspořádání musel profil tunelu zahrnout i veřejnou cyklostezku a chodník pro pěší. Toto zvláštní uspořádání příčného řezu vedlo ke kolmému rozponu tunelu 14 m a šikmému rozponu portálu až 19 m (obr. 8).

Geofyzikální metody průzkumu staveniště předpovídaly nepříznivou kvalitu horniny v této oblasti. Avšak skutečně zastižené poměry byly příznivější než předpověď. Za použití systematické sítě svorníků (délka 3 až 5 m), stříkaného betonu, žeber ze stříkaného betonu a jehlování byla ražba tunelu Dyrhovd první dokončenou v rámci fáze 3, a to v lednu 2014.

Tunel Såtamyrikulverten

Såtamyrikulvert má sloužit jako podjezd trasy Bybanen pod stávající Flyplassvegen (hlavní silnicí vedoucí na letiště Flesland). Tunel je zhotovený čistě metodou cut and cover, tedy hloubený po celé délce (obr. 9). Ražba metodou drill and blast byla taky zvažena, ale nakonec zamítnuta s ohledem na nízké nadloží mezi korunou tunelu a stávající silnicí. To bylo diktováno výškovým vedením trasy, neboť trať musela rychle nabrat výšku, aby vedla přibližně po stávajícím terénu nedařleko od západního portálu, tak aby se zamezilo těžbě pomocí trhacích prací v místech, kde by mohly v blízké budově rušit výrobní provoz citlivý na vibrace.

Pro omezení dopadu na silniční provoz na Flyplassvegen byla výstavba Såtamyrikulverten navržena jako fázovaná:

- Zhotovení svislých prvků (ocelové trouby – RD piloty) pro dočasné pažící stěny v požadovaném rozsahu na jihu od Flyplassvegen.
- Výkop, výstavba a zásyp části tunelu na jih do Flyplassvegen bez omezení silničního provozu. Dočasné pažící stěny byly navrženy pro omezení šíře výkopu v pokryvech nad úrovní skalního podloží v blízkosti silnice.
- Realizace dočasné silniční přeložky přes dokončenou část tunelu a převedení dopravy.
- Zhotovení svislých prvků pro dočasnou pažící stěnu v požadovaném rozsahu napříč Flyplassvegen.
- Výkop, výstavba a zásyp zbylé části Såtamyrikulvert.
- Obnovení Flyplassvegen do původního stavu, návrat původního režimu dopravy, odstranění přeložky a finální terénní úpravy.

Tunel Flesland

Posledním na trase je 620 m dlouhý tunel Flesland, který vede trať do nového letištního terminálu (obr. 10). Tunel se skládá z 80 m dlouhého hloubeného železobetonového portálu na východě, 540 m dlouhé části ražené trhacími pracemi a krátké přechodové konstrukce (jižní portál). Odtud trať vstupuje do stavební jámy spodního podlaží budovy nového terminálu.



Obr. 8 Tunel Dyrhovd
Fig. 8 Dyrhovd Tunnel

Såtamyrikulverten

The purpose of the Såtamyrikulvert is to serve as an underpass of the Bybanen below the existing Flyplassvegen (major road leading to the Flesland airport). The tunnel will be constructed only by a cut and cover technique (Fig. 9). Drill and blast approach was also considered but rejected based on the very low rock cover between the tunnel crown and the existing road. This was dictated by the rail alignment because the track needed to gain height and run approximately on surface not far from the west portal of the tunnel in order to avoid excavation by blasting which could disturb movement sensitive operations in an adjacent building.

To minimize impact on the Flyplassvegen road traffic the Såtamyrikulvert is being constructed in stages as follows:

- Installation of vertical members (steel tubes – RD piles) for temporary retaining walls where required south of the Flyplassvegen.
- Section of the tunnel south of the Flyplassvegen excavated, constructed and backfilled with the road remaining in operation. Temporary retaining walls were required to minimize the extent of excavation above the rock level in areas close to the Flyplassvegen.
- Temporary road bypass constructed over the completed section of tunnel and traffic diverted.
- Installation of vertical members for temporary retaining wall where required across the non-operational Flyplassvegen.
- The remaining section of the Såtamyrikulvert excavated, constructed and backfilled.
- The Flyplassvegen restored into its original position, road traffic diverted back and bypass removed, final landscaping completed.

Flesland Tunnel

The last tunnel on the line is the 620m long Flesland Tunnel, which brings the track into the new airport terminal (Fig. 10). The tunnel includes 80m long reinforced concrete east portal, 540m long drill and blast section and a short transition structure (south portal). From there, the line enters the airport cut and cover shaft leading directly into the lower floor of the new terminal.

Similarly to the Folldal Tunnel Flesland also features a low point where the seepage water from the tunnel will be collected and pumped back into a nearby stream at the east portal. The sump is located in a roughly 20m long, 12m deep and 5.5m wide rock cavern.

The tunnel was blasted from the east portal to the south portal with a short detour to form the low point cavern using the same drilling rig.

Podobně jako Folldal také Flesland tunel má údolnicový bod, kde bude průsaková voda z tunelu sbírána v jímce a přečerpávána do potoka nedaleko východního portálu. Jímka bude umístěna ve zhruba 20 m dlouhé, 12 m hluboké a 5,5 m široké kaverně vyrubané v hornině.

Ražba tunelu proběhla od východního portálu směrem k jižnímu portálu s krátkou odbočkou pro výlom kaverny v místě údolnicového bodu za použití stejné mechanizace po celé délce.

Tunel Flesland je jediný v rámci fáze 3 se systémem nucené ventilace, která byla vyžádána kvůli napojení na konstrukci letištního terminálu.

PROVÁDĚCÍ PROJEKT A VÝSTAVBA

Ražené tunely

Výška tunelů podkovového profilu je 7 m, zatímco rozpon je buď 10 m (Folldal, Steinsvik, Solhei a Flesland) nebo 14 m (Dyrhovd). Prostorové uspořádání příčného řezu bylo navrženo podle technických specifikací pro Bybanen a norských železničních norem. Kvalita horninového masivu umožnila návrh a výstavbu všech tunelů se svislými stěnami, tj. nebylo třeba vyvinout alternativní příčné řezy (např. s protiklenbou v počvě).

Délka záběru nezáležela pouze na kvalitě horninového prostředí, ale také na požadavcích pro omezení hluku a vibrací. Protože většina tunelů byla ražena pod rezidenčními oblastmi, omezení dopadu vibrací a hluku mělo zásadní význam. Běžný záběr byl délky zhruba 5,3 m na plný profil. V méně únosných oblastech se délka záběru redukovala na 2 až 3 m. V místě portálů se používala pilotní štola s omezením délky záběru na cca 1,5 m. Poté bylo provedeno postupné rozšíření z profilu štoly na plný profil tunelu.

Tunely byly obecně při ražbě poměrně suché, a tudíž nebylo třeba používat těsnící injektáž. Všechny tunely byly navrženy jako odvodněné konstrukce. Počva podkovového profilu byla zhotovena s 3% příčným spádem směrem k bočnímu drénu uloženému do rýhy. Prosáklá voda je odváděna skrze zásyp v počvě do tohoto podélného drénu na straně profilu. Podél drenážního potrubí byly navrženy šachty pro kontrolu a čištění a komory s lapačem písku. Vzdálenost mezi jednotlivými šachtami nebo komorami podél drenážního potrubí byla maximálně 80 m.

Vyztužení tunelů pomocí svorníků a stříkaného betonu je považováno za trvalé. V lokálních méně únosných oblastech byla použita vyztužená žebra ze stříkaného betonu nebo železobetonové desky kotvené do horniny. Na rozdíl od přístupu NRTM nemají navrhované tunely žádné sekundární ostění. Vnitřní ostění se skládá z hydroizolační membrány (zabraňující kapání prosáklé vody na svršek nebo trakční vedení) podepřené samonosnými příhradovými nosníky.



Obr. 10 Tunel Flesland
Fig. 10 Flesland Tunnel



Obr. 9 Východní portál Sätamyrikulverten s technologickou místností
Fig. 9 Sätamyrikulverten East with tunnel technical room

Flesland Tunnel is the only Stage 3 tunnel with mechanical ventilation; this is required due to the interfacing airport terminal structure.

DETAILED DESIGN AND CONSTRUCTION

Drill and blast tunnels

The height of the horse-shoe shaped tunnels is 7m, while the span being either 10m (Folldal, Steinsvik, Solhei and Flesland) or 14m (Dyrhovd). Space requirements for the cross-sections were based on the Bybanen Technical Specifications and Norwegian national rail standards. The quality of the rock allowed design and construction of all tunnels with vertical walls. No alternative cross-sections (e.g. with rounded invert) had to be developed.

Advance length was governed not only by the rock quality but also by noise and vibration limitation. As most of the tunnels were constructed below residential areas, keeping the impact limited was of paramount importance. The normal advance length was around 5.3m full face. In weak zones, reduced advance length of 2 to 3m was applied. In portal areas a pilot tunnel was constructed with a limited advance length of around 1.5m. Afterwards, the pilot tunnel was gradually enlarged to the full profile.

The tunnels were dry in general and thus no pre-grouting was required. All tunnels were designed as drained structures. The formation plane of the horse-shoe section was constructed at a 3% gradient towards a side drain located in a trench. Seepage water drains through backfill into the drain. Inspection and cleaning manholes and sandtrap chambers were provided along the drain. The maximum distance between the drainage manholes was 80m.

The tunnel support by rock bolts and sprayed concrete is considered permanent. In localized weak areas reinforced ribs of sprayed concrete or anchored reinforced concrete slabs were provided. Unlike in NATM tunnels there is no secondary lining. The inner lining consists of a waterproofing membrane (preventing water from dripping onto the track or the OCS) supported by self-bearing lattice girders.

Fire hydrants were required at every 250m. However, in case of the Flesland Tunnel the average distance between fire hydrants was reduced to 60m based on specific fire safety assessment. The hydrants are connected by filled fire main. Dry main was rejected at the beginning of the project due to non-compliance with local practice.

Požární hydranty byly požadovány každých 250 m. Ovšem v případě tunelu Flesland byla jejich rozteč redukována na 60 m na základě zvláštního posudku požární bezpečnosti. Hydranty jsou spojeny požárním vodovodem. Použití suchovodu bylo zamýšleno na začátku projektu pro nekompatibilitu s místní praxí.

Při zkoumání nákladů na výstavbu v Norsku se ražené tunely jeví jako výrazně levnější než hloubené železobetonové. Proto tam, kde to umožnily místní horninové poměry, byla poloha portálů drobně modifikována pro zvětšení délky ražených částí. Minimální požadavek na horninové nadloží byl 4 m. Proto, na základě scanů horninového podloží, byla poloha a geometrie přechodových bloků a navazujících železobetonových konstrukcí aktualizována v průběhu výstavby.

Ražba tunelů metodou drill and blast v souhrnné délce 2,1 km byla úspěšně dokončena 25. 11. 2014 prorážkou u západního portálu tunelu Steinsvik.

Přechodové bloky

Ražené úseky tunelů jsou napojené na hloubené železobetonové konstrukce portálů pomocí krátkých (2 m) přechodových bloků, které zajišťují rozhraní mezi podkovovým profilem tunelu a obdélníkovou konstrukcí portálu a zvyšují únosnost podepření v místě zahájení ražby, kde bývá hornina obvykle více zvětralá.

Železobetonové portály

Portály ražených tunelů jsou navrženy jako monolitické železobetonové rámy založené plošně na základových pasech. Vodorovná rozteč stropní desky je různá v různých místech trasy, čistá výška nad horní hranou koleje je min. 5,55 m. Průměrná délka betonážních bloků byla cca 20 m. Základové pasy portálů jsou uloženy na 250 mm hutněném podsypu drceným kamenivem. Odvodnění je zajištěno vnitřním drénem napojeným na drén raženého úseku.

Mocnost zásypu nad stropní deskou portálu se výrazně mění podél trasy. Dimenze nosné konstrukce proto byly u dlouhých portálových úseků optimalizovány. Příkladem budiž východní portál tunelu Steinsvik, kde se mocnost zásypu mění od 1 po 9 m, tloušťka stěn od 600 po 900 mm a stropní desky od 550 po 1000 mm (obr. 11).

Mezilehlé uzavřené hloubené úseky

Na trase byly navrženy dvě mezilehlé hloubené konstrukce z uzavřeného celoplošně izolovaného monolitického železobetonového rámu – v rámci tunelu Folldal a Solhei. Jejich konstrukce se skládá ze základové desky, stěn a stropní desky s náběhy na obou stranách.

Tyto konstrukce jsou umístěny v lokálních depresích povrchu skalního podloží, kde silně zvětralá vrstva nad povrchem zdravé horniny musela být odebrána a nahrazena hutněným zásypem z drceného kameniva. Takto vytvořená „údolí“ ale

Looking at the construction costs in Norway, drill and blast tunnelling is considerably cheaper than cut and cover works. Where local rock conditions allowed, the position of the tunnel portal was slightly modified to allow for longer tunnels. The minimum requirement for rock cover was 4m. Therefore, based on rock scans, the position and geometry of transition units plus the adjoining reinforced concrete structures were updated during the construction phase.

The blasting of the tunnels, 2.1km length in total, was successfully completed on 25/11/2014 by breakthrough at the Steinsvik west portal.

Transition structures

Drill and blast tunnels are connected to the reinforced concrete portals through a short (2m) transition unit, which provides interface between the horse-shoe tunnel profile and the rectangular portal structure as well as additional safety to the rock support at the tunnel entrance where the rock is usually more weathered.

Reinforced concrete portals

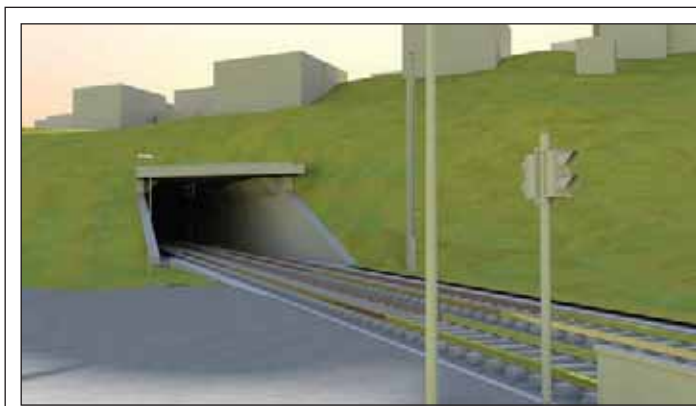
The portals of the drill and blast tunnels are cast-in-place reinforced concrete open frames with spread footings. The horizontal span of the roof slab varies along the line and the clear headroom above the top of rail is min 5.55m. The average length of casting units was roughly 20m. The footings of the portals are founded on min 250mm compacted crushed rock fill. Drainage is provided through internal drain connected to the drill and blast tunnel drain.

The backfill on the top of the roof slab is highly variable along the line. Therefore, the structural dimensions have been optimised for longer portals. For example, at Steinsvik east portal, where the backfill depth changes from 1 to 9m, the wall thickness varies between 600 and 900mm and the roof thickness varies between 550 and 1000mm respectively (Fig. 11).

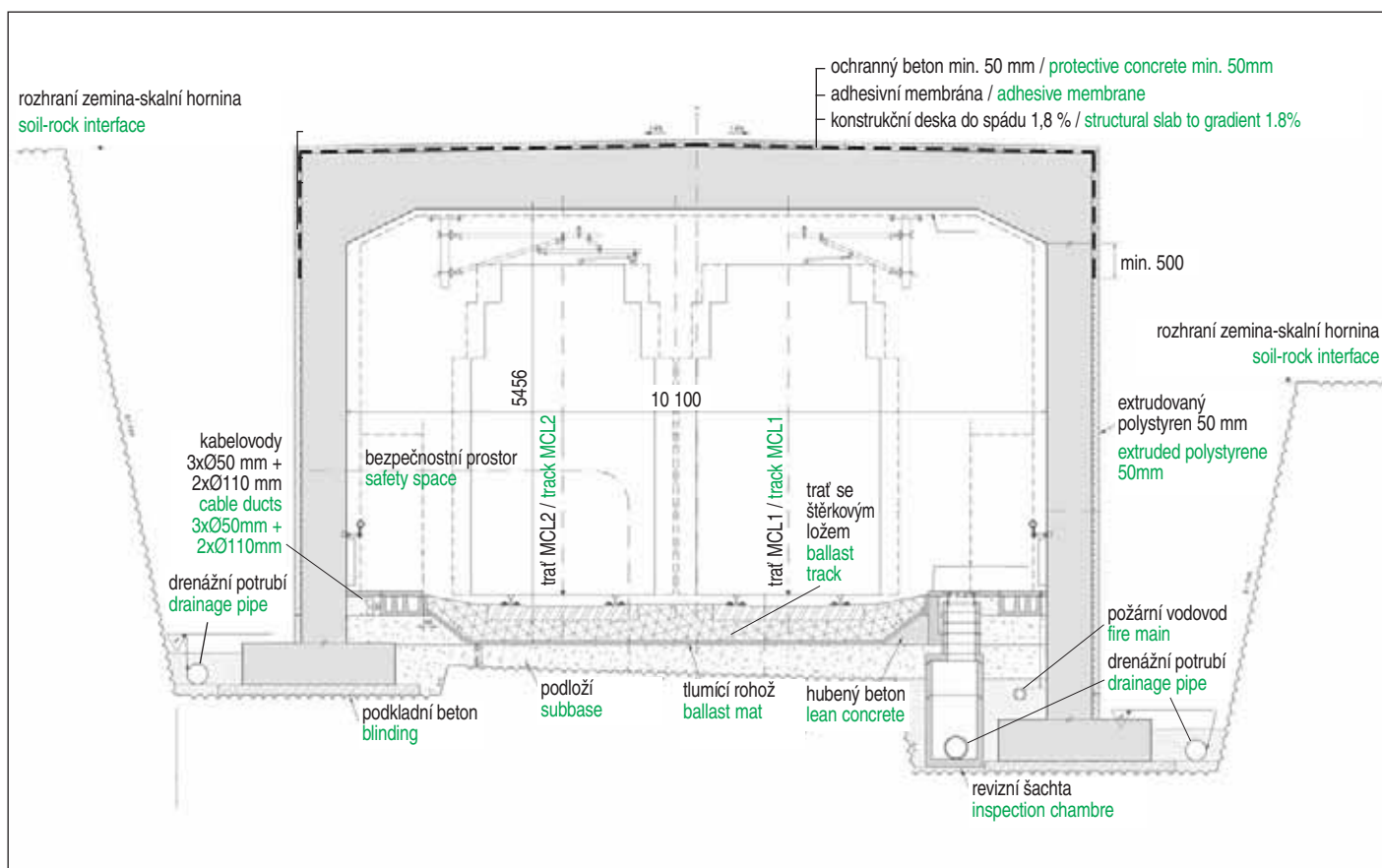
Intermediate closed cut and cover sections

There are two cast-in-place reinforced concrete closed-frame fully tanked structures on the route – in Folldal and Solhei tunnels. The structures consist of a base slab, walls and a roof slab with haunches at both sides.

These structures are located at depressions in the rock surface where the highly weathered ground above the rock head had to be removed and replaced with compacted crushed rock fill. However, these “valleys” are attracting groundwater inflow. As it was not advisable to disturb the natural long-term hydrogeological equilibrium, ground water from the surrounding areas could not be drained down by the cut and cover structures. Therefore, water tightness was a main requirement for these structures, which were designed to



Obr. 11 Východní portál Solhei (vizualizovaný 3D model a fotografie stavby)
Fig. 11 Solhei East Portal (rendered 3D model and construction photo)



Obr. 12 Sâtamyrikulvert, vzorový příčný řez s drenážní šachtou
Fig. 12 Sâtamyrikulvert normal profile with drainage inspection chamber

k sobě stahují podzemní vodu. Protože nebylo vhodné dlouhodobě narušit přirozenou hydrogeologickou rovnováhu, podzemní voda z okolí nesměla být drénována skrze tyto hloubené konstrukce. Proto se vodotěsnost stala jedním z hlavních požadavků a konstrukce byly navrženy až na tlak 20 m vody. Během výstavby byla zvláštní pozornost věnována fázování zpětného zásyvu, aby nemohlo dojít ke zdvíhu konstrukce tlakem vody.

Tunel Sâtamyrikulverten

Sâtamyrikulvert je jediný čistě hloubený tunel na trase. Jeho konstrukci tvoří monolitický železobetonový rám. Skládá se ze základových pasů (uložených na skalním podloží skrze podkladní beton), stěn a stropní desky s náběhem na každé straně. Čistá vodorovná rozteč konstrukce je 10,1 m, čistá výška od horní hrany koleje po strop je 5,55 m. Rám zastřešuje obě koleje a nouzový chodník na každé straně (obr. 12).

Tunel je rozdělen spárami na 12 bloků. Z toho je 10 standardních bloků (každý délky 20 m) a 2 bloky portálové. Západní portál navazuje na opěrnou stěnu podepírající Flyplassvegen na jižní straně zářezu pro trať. Východní portál obsahuje technologickou a kontrolní místnost integrovanou na straně a je zakončen standardními křídlovými stěnami. Všechny portály na trase jsou navrženy jako obdélníkové pro architektonické rozlišení tramvajových tunelů od typicky obloukových portálů tunelů silničních.

Konstrukční beton je navržen pevnostní třídy B45 podle Příručky 026 (přibližný ekvivalent třídy C45/55 podle NS 1992-1-1), trvanlivostní třídy MF40 podle národní přílohy k NS-EN 206-1 a specifikace SV-40 podle Příručky 026. Betonářská výztuž je navržena třídy B500NC podle NS 3576-3. Obecný požadavek na krytí hlavní nosné výztuže je 75±15 mm.

Stropní deska tunelu bude chráněna vnější vysokogramážní adhezivní živičnou hydroizolací typu A3-2 podle Příručky 026. Hydroizolace bude zatažena minimálně 500 mm pod pracovní

withstand up to 20m water pressure. During the construction, special attention had to be paid to the sequencing of backfilling in order to avoid flotation.

Sâtamyrikulverten

The Sâtamyrikulvert is the only purely cut and cover tunnel on the route. Its structure is formed by a cast-in-place reinforced concrete frame. The structure consists of spread footings (bearing on bedrock via blinding concrete), walls and a roof slab with a haunch at each side. The clear horizontal span of the structure is 10.1m, the vertical clearance from the top of rail to roof slab soffit is 5.55m. The frame accommodates both tracks and an emergency walkway at each side within a single cell (Fig. 12).

The tunnel is divided by joints into 12 casting units. There are 10 standard units (each 20m long) and 2 portal units. The west portal interfaces with a retaining wall supporting the Flyplassvegen on the south. The east portal incorporates a tunnel control room attached to its side and is ended by standard wing walls. All portals use rectangular details for architectural distinction of the light rail tunnels from typically arched road tunnel portals.

Structural concrete will be strength grade B45 to Handbook 026 (equivalent to C45/55 to NS-EN 1992-1-1), durability class MF40 to National Annex to NS-EN 206-1 and specification SV-40 to Handbook 026. Grade B500NC ribbed steel reinforcement bars to NS 3576-3 shall be used. General cover to main reinforcement will be 75±15mm.

The tunnel roof slab shall be protected by external high-grade bitumen-based adhesive waterproofing membrane type A3-2 to Handbook 026. The membrane shall extend along the tunnel walls down to 500mm distance below the construction joint. The membrane shall be protected by a minimum 50mm

spáru mezi stěnami a stropní deskou. Na vodorovných površích bude izolace chráněna minimálně 50 mm prostého betonu. Spáry mezi jednotlivými bloky budou izolovány pomocí vnitřních polymerových water-stop pásů uložených podél střednice stěn a stropní desky.

Tunel je navržený jako odvodněný, otevřený ve dně. Základní drenážní funkci zajistí vnější zásypový materiál. Dále bude použita vnější drenážní trubka při základovém pásu na každé straně tunelu a jedna vnitřní drenážní trubka při pásu na pravé straně tunelu. Dno tunelu je v příčném 3% sklonu k vnitřnímu drénu. Podél vnitřní drenáže budou osazeny dvě kontrolní a čisticí šachty a jedna komora s lapačem písku. Drenážní trubky jsou napojeny na drenáž v širé trati, respektive za rubem opěrné stěny v případě jižní strany západního portálu.

Požární vodovod je uložen pod chodníkem na pravé straně tunelu. Podél vodovodu jsou umístěny 3 požární hydranty na komorách, jeden při každém portálu a jeden zhruba uprostřed délky tunelu.

ZÁVĚR

Na trase fáze 3 trati Bergen Bybanen bylo navrženo 6 tunelů pro překonání komplikované morfologie terénu a dalších překážek, čímž byla zhruba polovina délky této trati umístěna v podzemí. Z důvodů hospodárnosti návrhu byla maximalizována délka ražených drill and blast úseků na úkor nákladnějších cut and cover úseků. Hloubené železobetonové úseky byly navrženy v oblastech portálů, v mezilehlých zónách velmi nepříznivého podloží a ve zvláštním případě tunelu Såtamyrikulvert, který podchází pod hlavním silničním tahem na letiště s velmi nízkým nadloží. Tunely byly projektovány s ohledem na bezpečnost, ochranu životního prostředí a estetický soulad s krajinou a práce byly fázovány tak, aby omezily rušivé vlivy na místní komunity. Hlavními prvky vyztužení drill and blast tunelů byly svorníky a stříkaný beton. Jehlování, vyztužená žebra ze stříkaného betonu nebo ŽB desky na terénu přikotvené k hornině byly použity pro překonání úseků obtížných pro ražbu. Jmenované prvky vyztuže jsou považovány za trvalé. Vnitřní ostění skládající se z hydroizolační membrány podepřené samonosnými příhradovými nosníky je koncipováno jako ochrana trati proti podzemní vodě. Všechny drill and blast tunely byly v době psaní tohoto článku již úspěšně vyraženy, zatímco výstavba železobetonových konstrukcí pokračuje. Vysoká úroveň 3D CAD modelování byla v projektu využita zejména pro kontrolu nákladů a vyhnutí se kolizím.

*Ing. MICHAL UHRIN, michal.uhrin@mottmac.com,
Mott MacDonald CZ, spol. s r. o.
MSc. SZILVIA TOTH, szilvia.toth@mottmac.com,
MSc. VERA SZANTO, vera.szanto@mottmac.com,
Mott MacDonald Hungary KFT*

Recenzovali: Ing. Pavel Růžička, Ing. Martin Srb

thick plain concrete layer on horizontal surfaces. Contraction joints and movement joints between the individual casting units shall be protected by proprietary internal polymer-based water-stop bars running along the walls and the roof slab.

The tunnel is designed as a drained structure, open at bottom. The primary drainage function will be provided by the external backfill material. Additionally, external drainage pipe shall be provided at each side of the tunnel next to the footing and internal drainage pipe will be provided at the right-hand side of the tunnel next to the footing. The formation plane inside the tunnel shall be at 3% gradient towards the drainage pipe. One sand trap chamber and two inspection chambers will be provided along the internal drainage pipe line. The drainage pipes are connected to the open track drainage system, respectively to the back drainage of the retaining wall in case of the south side of the west portal.

Fire main is provided below walkway on the right-hand side of the tunnel. There are 3 fire hydrants with chambers provided along the fire main line, one at each portal and one approximately at mid-length of the tunnel.

CONCLUSION

In order to overcome a challenging topography and other constraints 6 tunnels have been designed for the Stage 3 of the Bergen Bybanen, making approximately half of the route located underground. For economic reasons drill and blast sections were maximized at the expense of the more costly cut and cover sections. These were designed at portals, at intermediate weak areas and in the special case of Såtamyrikulvert passing under the airport road at very shallow cover. The tunnels were designed with respect to safety, environment protection and aesthetic incorporation into the natural landscape and the works were sequenced to minimize disruption to local communities. The main drill and blast tunnel support elements were rock bolts and sprayed concrete. Spiling, reinforced ribs of sprayed concrete and RC slabs on surface anchored to rock were utilized to overcome areas difficult for tunnel excavation. The support elements are considered to have permanent function. The inner lining consisting of waterproofing membrane supported by lattice girders is provided for protection of the track from groundwater. All drill and blast works were completed at the time of writing of this article while construction of reinforced concrete works continues to progress. High level of 3D CAD design was utilized for the benefit of the project in terms of cost control and avoidance of clashes.

*Ing. MICHAL UHRIN, michal.uhrin@mottmac.com,
Mott MacDonald CZ, spol. s r. o.
MSc. SZILVIA TOTH, szilvia.toth@mottmac.com,
MSc. VERA SZANTO, vera.szanto@mottmac.com,
Mott MacDonald Hungary KFT*

LITERATURA / REFERENCES

- Handbook*. Using the Q-system. Rock mass classification and support design. Norwegian Geotechnical Institute (NGI). 2013. *Handbook 026E*. General specifications 2. Standard specification texts for bridges and quays. Principal specification 8. Norwegian Public Road Administration. 2009.
- NS-EN 1992-1-1:2004+AC:2008+NA:2008. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings. Standard Norge.
- NS 3576-3:2012. Steel for the reinforcement of concrete. Dimensions and properties. Part 3: Ribbed steel B500NC. Standard Norge.

METRO V BAKU: FIALOVÁ LINKA – STARTOVACÍ ŠACHTA LS04

BAKU METRO: PURPLE LINE – LAUNCHING SHAFT LS04

PETR MAKÁSEK, PETR HAVLAN, BARNABÁS POLÁK

ABSTRAKT

Nová fialová linka v hlavním městě Ázerbájdžánu Baku propojí největší autobusové nádraží pro meziměstské autobusy „Avtovogzal“ na západním okraji města s centrem a dále s východním okrajem města. Článek pojednává o projektu šachty LS04, která je navržena jako přijímací šachta pro dojezd stávajících zeminových štítů. Ty byly v souladu s požadavkem investora projektovány pouze pro ražbu v úseku mezi stanicemi B01 a B03. Zároveň bude šachta sloužit pro start nových plnoprofilových bentonitových štítů (SPB), které jsou určeny pro ražbu až do stanice B12.

ABSTRACT

The new Purple Line of metro in Baku, the Azerbaijan capital, will link “Avtovogzal”, the largest bus terminal for intercity buses at the western edge of the city with its centre and further on with the eastern outskirts of the city. The paper deals with the design for shaft LS04, which is designed as a receiving shaft for the current Earth Pressure Balance TBMs. These machines were designed only for driving tunnels between B01 and B03 stations, in compliance with the project owner's requirement. At the same time, the shaft will be used for the launching of new Slurry Pressure Balance TBMs (SPBs), which are designed for driving tunnels up to station B12.

ÚVOD

Již na několika konferencích či v článcích [1, 2, 3] byla odborná veřejnost seznámena s rozsáhlým projektem rozvoje metra v hlavním městě Ázerbájdžánu: Baku. Tento článek pojednává o přijímací, respektive startovací šachtě pro tunelovací stroje „LS04“ na fialové lince metra, která je právě ve výstavbě.

Fialová linka propojí největší autobusové nádraží pro meziměstské autobusy „Avtovogzal“ na západním okraji města s centrem a dále s východním okrajem města. Celkem projekt zahrnuje depo, 12 stanic a dvoukolejný tunel pro odstavné koleje za stanicí B12 s celkovou délkou trasy cca 20 km. Projekt „Detail design“ (přibližně ekvivalent českého DSP) a realizační dokumentace jsou prováděny konsorciem společností Systra (Francie), Mott MacDonald CZ a Saman (Jižní Korea). Mott MacDonald CZ projektuje tratě tunely, tunelové propojky, kolejové spojky, ventilační šachty, technologické objekty ventilačních šachet, startovací šachty pro razicí štíty a odstavný tunel.

OPERAČNÍ PLÁN RAŽEB

Základní problematikou operačního plánu pro ražbu je neexistence jakékoli koncepce výstavby celé linky na straně klienta. Během realizace projektu stále není schválena dispozice a umístění stanice B05, což projektové práce realizační dokumentace značně komplikuje. Ražba plnoprofilovými zeminovými štíty (EPB) firem Herrenknecht a Robbins (netradičně jsou pro jednotlivé tratě tunely použity štíty dvou výrobců) začala ve stavební jámě pro stanici B01 a měla být ukončena ve stanici B03. Oproti původnímu plánu byla v rámci stanice B03 otevřena stavební jáma nad pozastavenými stroji umožňující pokračování ražby směrem ke stanici B04, která je v současné době (leden 2015) ve výstavbě. Do této jámy byla přesunuta veškerá logistika, aby mohla být dokončena stanice B01. Za stanicí B04 je navržena přijímací šachta LS04 pro dojezd stávajících zeminových štítů, které byly v souladu s požadavkem investora projektovány pouze pro ražbu v úseku mezi stanicemi B01 a B03. Jejich parametry nespĺňují náročné požadavky pro další ražbu, které jsou odvislé zejména od vedení trasy a specifické komplikované geologie v centrální části města pod hladinou podzemní vody.

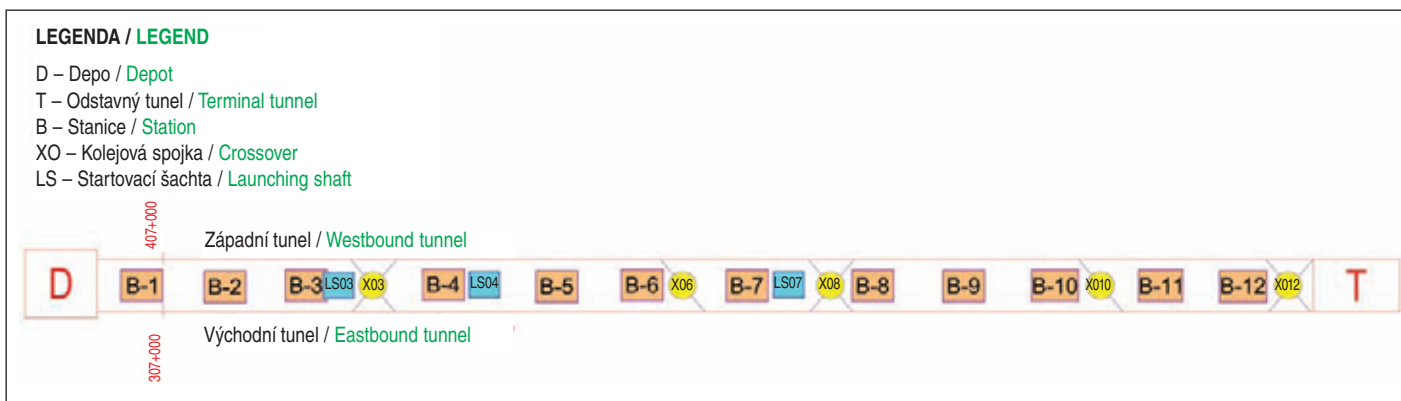
INTRODUCTION

The professional public has already been acquainted with the extensive project for the development of metro in Baku, the Azerbaijan capital, at several conferences or in several papers [1, 2, 3]. This paper deals with the receiving shaft LS04, respectively the launching shaft for TBMs located on the Purple Line of the metro, which is at the moment under construction.

The Purple Line will link “Avtovogzal”, the largest bus terminal for intercity buses at the western edge of the city, with its centre and further on with the eastern outskirts of the city. In total, the project comprises a depot, 12 stations and a double-track tunnel for stabling tracks behind station B12, with the total line length amounting approximately to 20km. The Detailed Design and Workshop Drawings are carried out by a consortium consisting of Systra (France), Mott MacDonald CZ and Saman (South Korea). Mott MacDonald CZ designs new running tunnels, cross passages, crossovers, ventilation shafts, headhouses of ventilation shafts, launching shafts for TBMs and the tunnel for stabling tracks.

OPERATIONAL PLAN FOR DRIVING TUNNELS

The fundamental problem of the operational plan for driving tunnels lies in the non-existence of any concept of development of the entire line on the project owner's side. The layout and location of station B05 has not been approved till now, when the project implementation is already underway, which fact significantly complicates the work on workshop drawings. Driving tunnels, using Herrenknecht and Robbins Earth Pressure Balance TBMs (shields supplied by two manufacturers are non-traditionally used for driving individual running tunnels), started in the construction pit for station B01 and was planned to be finished at station B03. In contrast with the original plan, a construction pit was opened above the temporarily stopped machines within the framework of station B03, which allows for the continuation of tunnel driving toward station B04, which is currently (January 2015) under construction. All logistics systems will be moved to this pit so that the completion of Station B01 is possible. Receiving shaft LS04 for the arrival of the current EPB TBMs, which were designed in compliance with project owner's requirements only for driving tunnels in the section between stations B01 and B03, is proposed



Obr. 1 Schéma fialové linky
 Fig. 1 Purple line scheme

„Staré“ štíty budou nahrazeny plnoprofilovým bentonitovým štítem (SPB) v případě Herrenknechtu a konvertibilním plnoprofilovým bentonitovým / zeminovým štítem (SPB/EPB) v případě Robbinsu. „Nové“ štíty odstartují z šachty LS04 a současná koncepce počítá s jejich kontinuální ražbou do stanice B07, za níž bude realizována startovací šachta LS07. Z té dojde k novému spuštění strojů směrem ke stanici B12, ve které budou oba bentonitové štíty demontovány. Do finální podoby realizace ražby ještě mohou promluvit požadavky klienta na uvádění jednotlivých úseků do provozu s využitím kolejových spojek. Ty jsou navrženy jako jednosměrné za stanic B06 a B10 a jako obousměrné ve stanic B03 a B08 (obr. 1).

TECHNICKÉ ŘEŠENÍ ŠACHTY LS04

Původně byla stavební jáma o rozměrech 90x27,6 m situována za stanic B04 a s hloubkou dna 35 m pod terémem představovala vskutku projektový oříšek. Na základě výslovného požadavku zhotovitele, jenž v té době disponoval pouze omezeným strojním vybavením, byla stavební jáma navržena z pilotových rozpíraných stěn s průměrem piloty 1,5 m délky 48 m se ztraceným ocelovým pažením a s tryskovou injektáží za rubem konstrukce. Rozpěry byly navrženy v pěti úrovních jak ocelové, tak železobetonové, piloty měly být kromě ztraceného ocelového pažení (trubka 1420/14) vyztuženy dvojitým ocelovým armokošem 28+22 ϕ 32.

Na poslední chvíli byla změněna celková koncepce jámy, její umístění a technologie výstavby. Z důvodu snížení investičních nákladů a omezeného místa na povrchu byla jáma zredukována na šachtu navrženou bezprostředně za stanic B04 tak, že mají společnou mezilehlou stěnu. Finální rozměry šachty se, v závislosti na uspořádání stanice B04 a požadavcích provozovatelů razicích štítů, po sérii jednání ustálily na 20 m délky a 27,6 m šířky. Později byla délka revidována na 22 m, s ohledem na zvažovanou instalaci speciálního prvku těsnícího prorážku štítu podzemní stěnou. Hloubka šachy po základovou spáru spodní desky je 31,5 m pod úrovní terénu.

Pro zhotovení podzemních stěn byl terén snížen o cca 3,5 m. Výkop je na jedné straně pažen pilotovu stěnou a na ostatních stranách vysvahován 1:1. Vysvahování bohužel zůstalo pouze v projektu, protože ho zhotovitel neakceptoval. Budiž zadostiučiněním projektanta, že došlo k sesuvu kolmých stěn výkopu do přibližného sklonu 1:1.

Podzemí stěny jsou navrženy tloušťky 1,5 m délky 40 m s maximální délkou lamely 6,7 m z betonu třídy C35/45. Koncepce lamel byla několikrát změněna v problematických rohových místech, zejména s ohledem na požadavky zhotovitele k vylomení ocelových pažnic pro umístění těsnění (stopend) (obr. 2). Ocelové armokoše podzemních stěn třídy B500 B jsou rozděleny na tři výztužné oblasti s až třemi vrstvami výztuže 2x ϕ 40/150 mm a 1x ϕ 25/150 mm. Svislá výztuž je spojována pomocí mechanických spojek. V oblasti vjezdu a výjezdu štítů je ocelová výztuž nahrazena výztuží sklolaminátovou.

to be located behind station B04. Their parameters do not meet the demanding requirements for the continuing driving, which depend mainly on the tunnel alignment and the specific and complicated geology under the water table in the central part of the city.

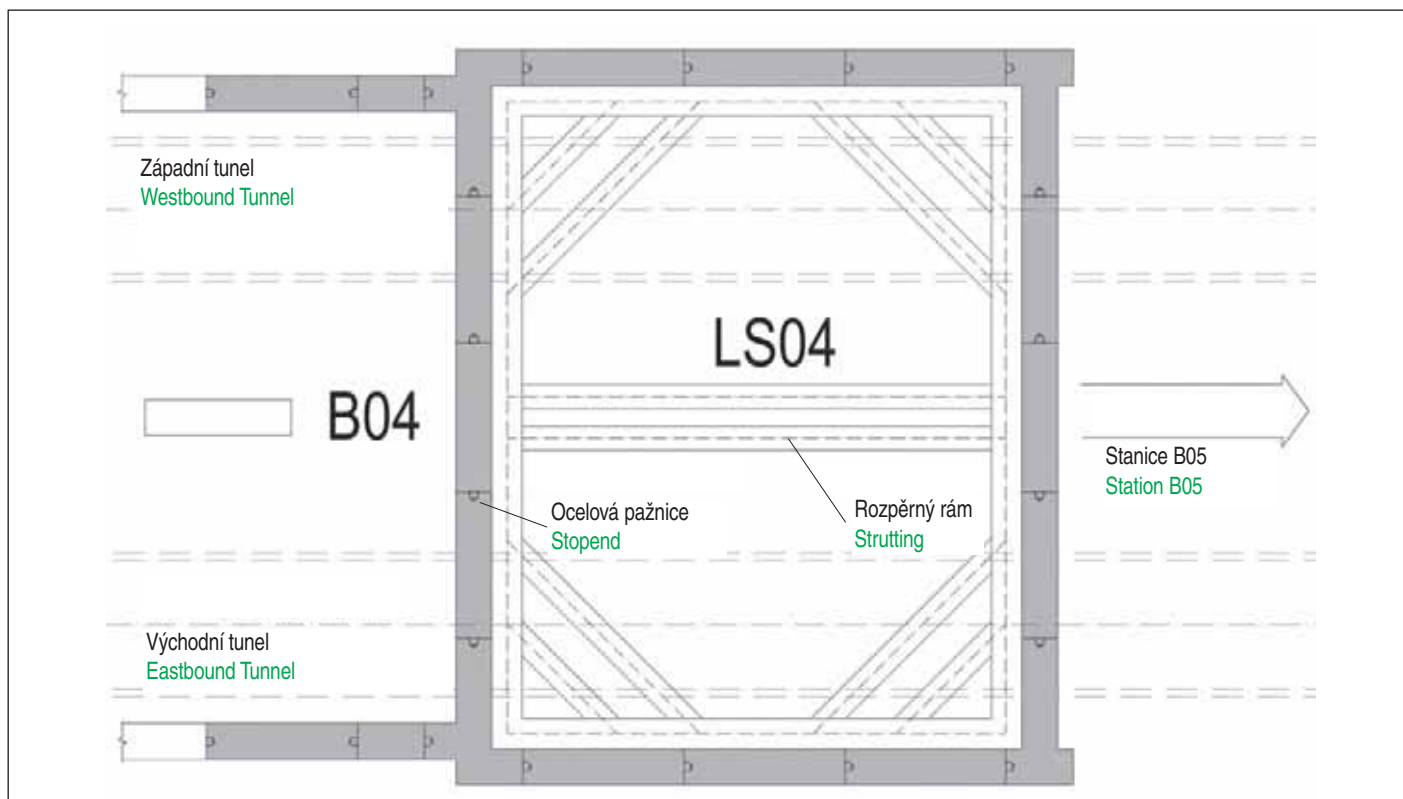
The “old” TBMs will be replaced by a slurry shield (SPB TBM) in the case of the Herrenknecht machine and by a convertible SPB TBM / EPB TBM in the case of the Robbins machine. The “new” TBMs will be launched from shaft LS04; the current concept takes into account continual driving up to station B07, behind which launching shaft LS07 will be realised. TBMs will be re-launched from this shaft toward station B12, in which both SPB TBMs will be disassembled. The final stages of the execution of the drives may still be affected by the project owner’s requirements for commissioning individual sections using crossovers. The crossovers are designed to be uni-directional behind stations B06 and B10 and bi-directional at stations B03 and B08 (see Fig. 1).

TECHNICAL SOLUTION TO SHAFT LS04

The location of the 90x27.6m construction pit was originally designed to be behind station B04. With its bottom depth of 35m under the terrain surface it represented a significant designing problem. Based on the explicit requirement of the contractor, which had only a limited mechanical equipment at disposal, the construction pit was designed to be lined with braced pile walls with the piles 1.5m in diameter and 48m long, with sacrificial steel casing and jet grouting behind the outer surface of the structure. The struts were designed to be at five levels, both steel and reinforced concrete ones; the piles were to be reinforced with double steel reinforcement cages 28+22 ϕ 32 in addition to the lost steel casings (steel pipes 1420/14).

The overall concept of the pit, its location and construction technology was at the last moment changed. Taking into consideration the requirement for lowering investment costs and the restricted space on the surface, the pit was reduced to a shaft located immediately behind station B04, with the intermediate wall shared with the station. The final dimensions of the shaft, depending on the layout of station B04 and requirements of the TBM operators, got settled after a series of negotiations on the length and width of 20m and 27.6m, respectively. The length was later revised to 22m with respect to the installation drive-out seal. The depth of the shaft up to the formation level of the bottom slab is 31.5m under the terrain surface.

The terrain was lowered by about 3.5m for the purpose of the execution of diaphragm walls. The excavation was supported by a pile wall on one side, whilst 1:1 slopes were to be carried out on the other sides. Unfortunately, the creation of slopes remained



Obr. 2 Situace šachty LS04
Fig. 2 General arrangement LS04

Podzemní stěny jsou rozeprény ve čtyřech úrovních ocelovými rámy z oceli třídy S355 (svařované I profily pro převázky, trubky pro rozpěry). Ve dně šachty je navržena železobetonová deska z betonu třídy C35/45 tloušťky 1,5 m. Při návrhu rozpěr bylo přihlíženo k požadavku dodavatele razicích štítů na maximální prostor pro montáž a demontáž štítů. Podrobněji v následující kapitole.

Poslední fází bude výstavba přesýpané konstrukce tvořící tunelový tubus v prostoru šachty. Proti nadměrnému navýšení deformací podzemních stěn během zasypávání, způsobenému postupným odstraňováním rozpěrných úrovní, bude nad hloubenými tunely zhotovena mezilehlá železobetonová deska.

TECHNICKÉ POŽADAVKY PROVOZOVATELŮ RAZICÍCH ŠTÍTŮ

Šachta musí splnit prostorové požadavky pro demontáž stávajících štítů, montáž štítů nových a jejich obsluhu v průběhu ražeb, při současném požadavku klienta na minimalizaci rozměrů šachty LS04.

Požadavky provozovatelů štítů pro příjem stroje:

- Přímá linie ražby minimálně 20 metrů před podzemní stěnou a minimálně 12 m po prorážce stěny uvnitř šachty, vše v konstantním podélném sklonu.
- Výjezd byl původně plánován na výjezdové lože z betonu C-/7.5 s horním povrchem situovaným 2,4 metru pod tunelovou osou. Požadavek na výjezdové lože byl s ohledem na finální geometrii rozpěrných rámu, světlý pracovní prostor v šachtě a limitovaný přístup k šachtě na povrchu (pouze z jedné čelní a z jedné podélné strany) revidován na ocelovou konstrukci. Ta umožňuje větší flexibilitu při manipulaci se štítem, zejména pak příčný přesun štítu.

Požadavky provozovatelů štítů pro start stroje:

- Start z přímého lože minimální délky 15 m v konstantním podélném sklonu, po prorážení stěny je požadováno minimálně 20 metrů bez změny směrového a výškového vedení stroje.
- Detailní projekt rozjezdového lože bude dodán výrobcem štítů, požadováno bylo zachování dostatečného prostoru mezi ostěními

only in the design because the contractor did not accept the work. Fortunately, to designer's satisfaction, the vertical ground walls collapsed, forming roughly 1:1 slopes.

The diaphragm walls are designed to be 1.5m thick, 40m long, with the maximum length of panels of 6.7m, of C35/45-grade concrete. The concept of the panels was several times changed at the corners, mainly with respect to contractor's requirements regarding the removal of the stopends (see Fig. 2). The B500 B-grade steel reinforcing cages for the diaphragm walls are divided into three reinforcement areas with up to three layers of reinforcement bars, 2x ϕ 40/150mm and 1x ϕ 25/150mm. The vertical reinforcement is spliced using couplers. The steel reinforcement is replaced by glassfibre reinforced plastic reinforcement in the area of the drive out and drive in of TBMs.

The diaphragm walls are braced at four levels by steel frames of S355-grade steel (welded I sections for walers, tubes used for braces). A C35/45-grade, 1.5m thick reinforced concrete slab is designed for the shaft bottom. When the struts were being designed, a requirement of the supplier of the TBMs for the maximum space for the assembly and disassembly of the shields was taken into consideration. For more details see the chapter below.

The construction of the cut-and-cover structure forming the tunnel tube in the space of the shaft will be the last phase. An intermediate reinforced concrete slab will be carried out above the cut-and-cover tunnels to prevent excessive increases in deformations of the diaphragm walls during the process of backfilling, which is caused by gradual removing of the bracing levels.

TECHNICAL REQUIREMENTS OF TBM OPERATORS

The shaft has to meet requirements regarding the dismantling of existing shields, assembly of new shields and their operation during the course of driving the tunnels, following the concurrent requirement of the project owner for the minimisation of the dimensions shaft LS04.

Requirements of operators for the TBM drive out:

tunelu a horním povrchem spodní desky šachty min. 85 cm, umožňující instalaci rozjezdového lože.

- Rozjezdové síly cca 11 MN (Robbins) budou zachyceny ocelovými rámy kotvenými do spodní desky.

Požadavky provozovatelů štítů obecné:

- Zhotovení těsnícího bloku 10x10x10 m z tryskové injektáže pro každý tunel na vjezdu i výjezdu stroje.
- Minimální světlá výška pod spodní úrovní rozpěr 4 m od osy tunelu.
- Minimální boční vzdálenost od štítu k podzemní stěně 2 m.
- Minimální velikost montážního otvoru 8x6 m.
- Nejtěžší vertikálně manipulovaná část štítu 120 tun.

S ohledem na omezené rozměry ve startovací šachtě budou návěsy štítů sestaveny na povrchu, poté spuštěny do jámy a zasunuty do v té době již vyražených tunelů na straně stanice B04. Startovací šachta se bohužel nachází v místě budoucího vertikálního oblouku, který krátce za šachtou přechází do maximálního povoleného sklonu 4 %. Aby bylo možné vyhovět normovým požadavkům na vertikální trasování a zároveň požadavkům na přímé úseky ražby v blízkosti šachty, je budoucí vertikální oblouk pro potřeby příjmu a startu štítů nahrazen dvojicí teoretických rovin situovaných tak, aby rozložily odchylku do mezí kompenzovatelných v rámci stavebních tolerancí. Nové štíty budou startovat v podélném sklonu 1,7 %, což společně s požadavky na přímou délku startovací platformy neumožňuje napojení startovací roviny na rovinu výjezdu s využitím standardních operačních poloměrů. Návěsy štítů proto budou muset během startu překonat přechodovou oblast s vertikálním poloměrem hluboko pod běžným operačním limitem strojů.

GEOLOGIE A JEJÍ INTERPRETACE

Budoucí šachta LS04 leží ve stratigraficky jednoduchém profilu. Svrchní cca 3 m jsou tvořeny navážkami, pod kterými leží mocná (35 m) vrstva neogenních jílu. Od hloubky cca 38 m je predikována vrstva silně zvětralých vápenců, jejichž kvalita, co do míry porušení a vlastností, s hloubkou stoupá. Ustálená hladina podzemní vody se nachází v hloubce cca 10 m pod terénem. Z popsaného geologického profilu je jasné, že rozhodující vrstvou pro návrh LS04 je vrstva neogenních jílu.

Při stanovování geotechnických parametrů se vycházelo z výsledků inženýrskogeologického průzkumu (IGP), který byl bohužel zpracován nedostatečně. Může se zde zmínit například ve výsledcích chybějící jakoukoli zmínku o svrchní vrstvě geologického profilu, ale i třeba nedostatečně popsané vlastnosti vápenců (pouze konstatace hodnot pevnostních parametrů bez odkazu na provedené polní, případně laboratorní zkoušky). Pro vrstvu jílu bylo oproti tomu provedeno dostatek zkoušek jak polních (SPT, presiometrická zkouška), tak laboratorních (triaxiální zk. – UU, CU, oedometrická zkouška atd.). V případě polních zkoušek bylo provedeno v prostoru budoucí šachty a jejím blízkém okolí do 35 m celkem 5 presiometrických zkoušek, 8 SPT zkoušek a celkem 9 jádrových vrtů pro odběr porušených a neporušených vzorků. U laboratorních měření bylo realizováno celkem 7 triaxiálních zkoušek a 15 oedometrických zkoušek. I přes dostatečný počet měření je nutno konstatovat, že kvalita geotechnického průzkumu zůstala na velmi slabé úrovni. Dalo se předpokládat, že s ohledem na dostatek měření bude provedena kvalitní analýza všech parametrů, ale to se nestalo. Ve výsledcích IGP neexistovala například korelace mezi naměřenými hodnotami jednotlivých zkoušek, případně byly bez jakýchkoli komentářů. Dále chyběly podrobnější interpretace změny oedometrického modulu s hloubkou, ačkoliv jak výsledky presiometrické zkoušky, tak výsledky oedometrických zkoušek tuto skutečnost indikovaly. Ve výčtu problematických částí IGP by bylo možné pokračovat, ale to by svou rozsáhlostí přesahovalo tento článek.

Z důvodu výše zmíněných bylo přistoupeno k vlastní reinterpretaci geotechnických parametrů. Parametry pro svrchní vrstvu byly, vzhledem k absenci jakýchkoli informací, stanoveny na základě zkušeností z jiných projektů. Pro vrstvu vápenců byly geotechnické parametry

- The tunnel excavation alignment to be straight at the length of 20 metres before the diaphragm wall and 12m after the breakthrough inside the shaft as the minimum, all of that at a constant longitudinal gradient.
- The drive out was originally planned to be carried out on a C-/7.5-grade concrete cradle with the upper surface located 2.4m under the tunnel axis. Taking into consideration the final geometry of the strutting frames, the net working space in the shaft and the limited access to the shaft on the surface (accessible only from one front side and one lateral side), the requirement for the receiving cradle was revised to a steel structure. It provides more flexibility for the handling of the shield, mainly the lateral shifting of the shield.

Requirements of operators for the TBM drive in:

- Launching from a straight cradle with the minimum length of 15m, at a constant longitudinal gradient; a minimum length of 20m without changes in the horizontal and vertical alignment is required after breaking through the wall.
- The detailed design for the launching cradle will be supplied by the TBM manufacturer; it was required that a sufficient space between the tunnel lining and the upper surface of the shaft bottom slab allowing for the installation of the launching cradle be provided, i.e. 85mm as the minimum.
- Launching forces of about 11MN (Robbins) will be sustained by steel frames, which will be anchored to the bottom slab.

General requirements of TBM operators:

- The preparation of a jet grouted sealing block 10x10x10m for each tunnel at the drive out and drive in areas of the TBM.
- The minimum clearance height under the lower level of the struts to be 4m from the tunnel axis.
- The minimum lateral distance between the shield and the diaphragm wall to be 2m.
- The minimum dimensions of the assembly opening to be 8x6m.
- The heaviest part of the shield capable of vertical handling to be 120 tonnes.

Taking into consideration the limited dimensions of the launching shaft, the gantries of the shields will be assembled on the surface to be subsequently lowered down the pit and pushed into the tunnels on the side of station B04, the excavation of which will be at that time already completed. Unfortunately, the launching shaft is located on the future vertical curve, which passes to the maximum permitted longitudinal gradient of 4% shortly behind the shaft. So that the meeting of requirements of standards regarding the vertical alignment and, at the same time, meeting the requirements for straight sections of the tunnel excavation near the shaft is possible, the future vertical curve is replaced for the needs of the reception and launching of TBMs by a pair of theoretical planes situated in a way allowing the distribution of the deviation to the limits capable of compensating within the framework of construction tolerances. The new TBMs will be launched at a longitudinal gradient of 1.7%, which fact, together with requirements for the length of the straight launching platform, does not allow for connecting the launching plane to the exit plane using standard operating radii. For that reason the gantries will have to overcome a transition area with the vertical diameter deep under the common operational limit of the machines.

GEOLOGY AND ITS INTERPRETATION

The future shaft LS04 is located within a stratigraphically simple profile. The about 3m thick upper layer is formed by made ground. A thick (35m) layer of Neogene clays lies under. A layer of heavily weathered limestone is predicted down from the depth of about 38m. Its quality regarding the degree of fracturing and the

Tab. 1 Charakteristické hodnoty parametrů pro všechny vrstvy
Table 1 Characteristic values of parameters for all layers

Vrstva / Layer	γ	φ_{cv}	φ'	S_u	c'	C_c	C_s	K_0
	Objemová tíha přirozeně vlhké zeminy Soil bulk unit weight	Kritický úhel vnitřního tření Critical angle of internal friction	Efektivní úhel vnitřního tření Effective angle of internal friction	Neodvodněná smyková pevnost Undrained shear strength	Koheze Cohesion	Koeficient komprese Compression index	Koeficient rekompresce Recompression index	Součinitel zemního tlaku klidu Coefficient of earth pressure at rest
	(kN/m ³)	(°)	(°)	(kPa)	(kPa)	(-)(-)	(-)	
Navážka Made ground	20	-	20	-	10	--	0,5 / 0.5	
Jíl / Clay	20	26	-	60-150	-	0,11 / 0.11	0,015 / 0.015	1,0 / 1.0
Vápenec Limestone	21	-	35	-	150	--	0,5 / 0.5	

stanoveny s přihlédnutím k výsledkům presiometrických zkoušek a k fotodokumentaci. Je jasné, že takto stanovené hodnoty se pohybují v určitých mezích, a proto byla v rámci geotechnických výpočtů provedena citlivostní analýza. Pro vrstvu jílu se vycházelo jak z výsledků polních zkoušek (na základě výsledků penetračních zkoušek byl stanoven průběh neodvodněné smykové pevnosti s hloubkou; z výsledků presiometrických zkoušek byla stanovena hodnota zemního tlaku v klidu K_0 a hodnota neodvodněného modulu deformace s hloubkou), tak z výsledků laboratorních zkoušek (triaxiální zkouška a oedometer pro stanovení pevnostních a deformačních vlastností jílu). Po pečlivé reinterpretaci s využitím všech dostupných dat byly hodnoty vzájemně

properties increases with the increasing depth. The groundwater standing level is located at the depth of about 10m under the terrain. It is obvious from the above geological profile that the layer of Neogene clay is the deciding layer for designing the shaft LS04.

When the geotechnical parameters were being determined, the results of the geotechnical interpretative report (GIR), which had been unfortunately carried out insufficiently, provided the basis for the determination. We can mention, for example, that there was no mention of the upper layer of the geological profile in the results, but also the insufficiently described properties of the limestone (only a statement of values of strength-related parameters without any reference to the field tests or laboratory tests which had been conducted). In contrast, sufficient number of tests, both field (SPT, pressuremeter tests) and laboratory ones (triaxial tests – UU, CU, oedometer tests etc.) were conducted for the clay layer. Regarding the field tests, the total of 5 pressuremeter tests, 8 SPT tests and 9 cored boreholes for taking disturbed and undisturbed samples were carried out in the area of the future shaft and the close vicinity up to the depth of 35m. Laboratory measurements comprised the total of 7 triaxial tests and 15 oedometer tests. Despite the sufficient number of measurements, we must state that the quality of the geotechnical investigation remained at a very low level. We expected that, taking into consideration the sufficient number of measurements, the quality of the analyses of all parameters would be good. Unfortunately, it was not the case. We missed, for example, a correlation between the measured values of individual tests; no comments were added to the values in the GIR results. In addition, the more detailed interpretation of the oedometer modulus changing with depth was missing, despite the fact that both the results of pressuremeter tests and the results of oedometer tests had indicated this reality. It would be possible to continue to mention the problematic parts of the GIR, but the volume would exceed the scope of this paper.

For the above-mentioned reason we proceeded to our own re-interpretation of geotechnical parameters. With respect to the absence of any information, the parameters for the upper layer were determined based on experience from other projects. The geotechnical parameters for the limestone layer were determined taking into consideration the results of pressuremeter tests and photo documentation. It is obvious that the values determined in this way vary within certain limits. For that reason a sensitivity analysis was conducted within the framework of geotechnical analyses. Regarding the clay layer, the determination was based on



Obr. 3 Ukládání armokoše podzemní stěny
Fig. 3 D-wall's steel cage placing

porovnány a korelovány. Příjemným překvapením byla dobrá korelace mezi deformačními parametry stanovenými pomocí laboratorních zkoušek a pomocí polních zkoušek. Charakteristické hodnoty parametrů pro všechny vrstvy jsou uvedeny v tabulce 1.

Parametry uvedené v tabulce naznačují, že vrstva jílu byla modelována pomocí modifikovaného Cam-Clay materiálového modelu. Daný model byl zvolen z několika důvodů:

- Použití různých hodnot tuhostí zeminového prostředí pro stav odlehčení/přetížení.
- Schopnost predikce nárůstu neodvodněné smykové pevnosti s hloubkou v případě neodvodněné analýzy (tato predikace byla ověřena na průběhu S_u , který je s hloubkou znám).
- Tuhost zeminy je závislá na hodnotě středního efektivního napětí.

Pro ostatní geologické vrstvy byl použit Mohr-Coulombův materiálový model a chování vrstev bylo ve výpočtu uvažováno jako odvodněné. Příčný geologický řez je prezentován na obr. 4.

STATICKÉ ANALÝZY

Klíčovými hledisky pro návrh a posouzení šachty a všech jejích prvků byla stratigrafie podloží, geotechnické parametry, zatížení, postup výstavby a interakce s budoucí stanicí B04. Zatěžovací stavy byly uvažovány následující: jeřáb pro montáž štítů, mostní jeřáb pro dopravu ŽB segmentů, průjezd razicích štítů podzemní stěnou, síly při startování razicích štítů, seismika, atd.

Konstrukce šachty byla analyzovaná ve dvou na sebe kolmých řezech s respektováním postupu výstavby v programu Plaxis 2D. Ve



Obr. 4 Příčný geologický řez
Fig. 4 Geological profile

the results of field tests (the results of penetration tests provided the basis for the determination of the undrained shear strength-depth curve; the value of earth pressure at rest K_0 and the undrained modulus of deformation with depth were determined from the results of pressuremeter tests) and from the results of laboratory tests (triaxial tests and oedometer tests for the determination of strength-related and deformational properties of clay). After thorough re-interpretation using all data available, the values were compared against each other and were correlated. Good correlation between the deformational parameters determined by means of laboratory tests and field tests was a pleasant surprise. Characteristic values of parameters for all layers are presented in the Table 1.

The parameters presented in the table suggest that the clay layer was modelled using the Modified Cam-Clay Model. This particular model was selected for several reasons:

- The use of various values of the soil stiffness for the swelling/compression states.
- The capability of predicting the increase in undrained shear strength with depth in the case of the undrained analysis (this prediction was verified on the course of S_u with depth, which is known).
- The stiffness of soil depends on the value of the mean effective pressure.

The other geological layers were analysed using the Mohr-Coulomb material model and the behaviour of layers was considered as drained in the analysis. The geological cross-section is presented in Fig. 4.

STRUCTURAL ANALYSES

Key aspects for the design and assessment of the shaft and all its elements comprised the sub-grade stratigraphy, geotechnical parameters, loading, construction procedure and interaction with the future B04 station. The following loading cases were considered: a crane for the assembly of shields, an gantry crane for transporting reinforced concrete segments, the passage of TBMs through the diaphragm wall, forces acting during the launching of TBMs, seismics, etc.

The shaft structure was analysed in two sections perpendicular to each other, respecting the construction procedure, using Plaxis 2D software. In terms of geotechnical structures, it is a classical analysis using an FEM program. The problem is modelled as plane strain with the design approach NP2 – EC7; the analysis steps respect the proposed construction process. The connections of steel frames to the diaphragm wall are modelled as hinges and the contact between the foundation slab and diaphragm walls is considered as a fully restrained joint.

The construction process has three parts: the construction of shaft LS04, construction of station B04 and backfilling of shaft LS04. The first part, the construction of shaft LS04 itself, and the last part, the backfilling of the shaft, represent nothing non-traditional from the designing point of view. The construction part of station B04 (built using the Top&Down method) and the introduction of its interaction with the shaft into the calculation turned out to be problematic. No generally applicable methodology exists for giving true picture of the correct composite action. For that reason the influence of station B04 was analysed in various variants taking into consideration various types of joints between the diaphragm wall and the future reinforced concrete slabs of station B04 in the meaning of rotational and axial strength (see Fig. 5).

smyslu geotechnických konstrukcí jde o klasickou analýzu s využitím programu na bázi MKP. Problém je modelován jako rovinné přetvoření s návrhovým přístupem NP2 – EC7, výpočetní kroky respektují navržený způsob výstavby. Styk ocelových rozpěrných rámců a podzemních stěn je modelován kloubově a kontakt základové desky a podzemních stěn je uvažován jako plně vetknutí.

Postup výstavby má tři hlavní části: výstavba šachty LS04, výstavba stanice B04 a zасыпání šachty LS04. První část, tj. vlastní výstavba šachty LS04, a poslední část, tj. její zасыпávání nepředstavují z pohledu návrhu nic netradičního. Problematickou částí analýzy se ukázala část výstavby stanice B04 (budována metodou Top & Down) a zavedení její interakce se šachtou do výpočtu.

Pro vystižení korektního spolupůsobení neexistuje obecně platná metodika. Proto byl vliv výstavby B04 do výpočtu analyzován v různých variantách s uvažováním různých typů spoje mezi podzemní stěnou a budoucími železobetonovými deskami stanice B04 ve smyslu rotační a osové tuhosti (obr. 5).

Ocelové rozpěrné rámy byly analyzovány v programu SAP 2000 jako 3D rám na pružinách, kde pružiny představují zeminové prostředí včetně zahrnuté tuhosti podzemních stěn. Ocelové rámy byly posouzeny ve smyslu principů klasické mechaniky podle příslušné normy.

ZÁVĚR

Přijímací a startovací šachta je z hlediska ražeb klíčovým stavebním objektem, který je v současné chvíli (leden 2015) na kritické cestě. Ražba plnoprofilovými zeminovými šíty od stanice B03, která probíhá v době psaní článku, bude muset být zpomalena, případně zastavena, neboť objekt šachty není dokončen. V této době probíhá hloubení lamel podzemních stěn. Následovat bude provedení zátek z tryskové injektáže a vlastní hloubení a rozpírání šachty. Teprve po vyhloubení a zhotovení spodní železobetonové desky bude možná prorážka a demontáž starých zeminových štítů.

Ing. PETR MAKÁSEK, Ph.D., petr.makasek@mottmac.com,

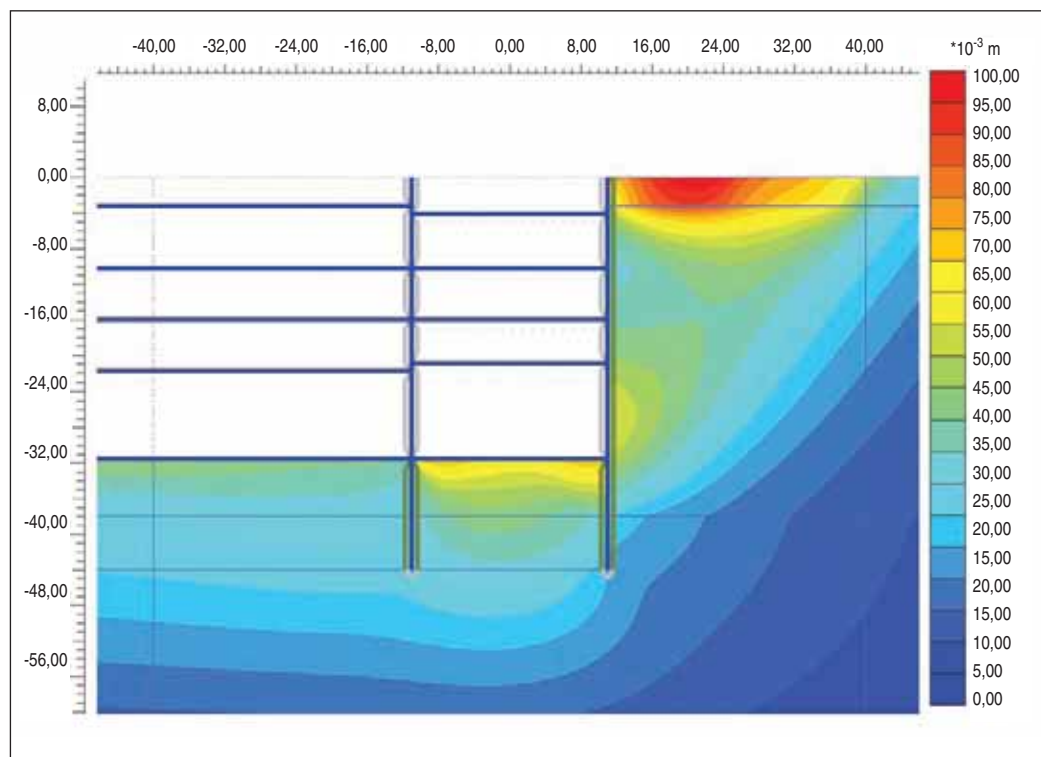
Ing. PETR HAVLAN, petr.havlan@mottmac.com,

Ing. BARNABÁS POLÁK, barnabas.polak@mottmac.com,

Mott MacDonald CZ, spol. s r. o.

Recenzovali: doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc.,

Ing. Jaromír Zlámal



Obr. 5 Celkové deformace po výstavbě stanice B04

Fig. 5 Total displacements after construction of B04 Station

The steel strutting frames were analysed using SAP 2000 software as a 3D frame-spring model, where springs represent the earth environment inclusive of the stiffness of diaphragm walls. The steel frames were assessed in the meaning of principles of classical mechanics according to the relevant standard.

CONCLUSION

The receiving and launching shaft is a key structure in terms of the tunnel excavation. At the moment (January 2015) it is on the critical path. The advance rate of the driving with tunnel boring machines from station B03, which is underway at the time of writing this paper, will have to be reduced or even suspended because of the fact that the shaft structure has not been finished. The excavation for diaphragm wall lamellas is currently underway. The work on jet grouted plugs and the excavation and bracing of the shaft will follow. Only after the completion of the excavation and casting the reinforced concrete bottom slab will it be possible for the old TBMs to break through into the shaft and be disassembled.

Ing. PETR MAKÁSEK, Ph.D., petr.makasek@mottmac.com,

Ing. PETR HAVLAN, petr.havlan@mottmac.com,

Ing. BARNABÁS POLÁK, barnabas.polak@mottmac.com,

Mott MacDonald CZ, spol. s r. o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] RŮŽIČKA, P., MAKÁSEK, P., POLÁK, B., TYRLIK, M. Metro Baku: Návrh a realizace fialové linky. *Tunel*, 2/2012, p. 27-34.
- [2] RŮŽIČKA, P., BUCEK, R., ČENĚK, J. Baku: Koncepce rozvoje sítě metra v hlavním městě Ázerbájdžánu. Sborník příspěvků. Zakládání staveb Brno 2010, p. 145-149.
- [3] RŮŽIČKA, P., POLÁK, B., TYRLIK, M., KOLEVSKI, M. Baku metro development. Sborník příspěvků. Podzemní stavby Praha 2013, id. 125.
- [4] Uživatelská příručka pro mechanizované tunelování v podmínkách ČR. Česká tunelářská asociace ITA-AITES, z. s., 2014.
- [5] Baku Metropolitan, Purple line. Launching Shaft LS04, Shop drawing, 2014. Mott MacDonald CZ, spol. s r. o.

BIM A INFRASTRUKTURNÍ PROJEKTY

BIM AND INFRASTRUCTURAL PROJECTS

PETR TOMÁŠ, RADIM KREJCZY

ABSTRAKT

Článek je věnován *Building Information Modelling (BIM)*. *Building Information Modelling* neboli informační model budovy je digitální model, který reprezentuje fyzický a funkční objekt s jeho charakteristikami. Je to tedy otevřená databáze informací o objektu, která slouží v prvotní fázi pro koordinaci jednotlivých profesí, dále pak pro jeho realizaci, ale zároveň i pro jeho správu a údržbu. První část příspěvku je zaměřena na popis, procesy projektování, výstavbu a správu majetku. Ve druhé části jsou představeny příklady zpracování konkrétních staveb s využitím vybraných procesů a technologií BIM. Jedná se o zahraniční projekty, kde metodika BIM je hojně využívána a v některých státech je již zákonem vyžadována.

DEFINICE BIM

„Technologiemi podporované procesy, které spravují, doplňují, upravují a sdílí informace o objektu během celého jeho životního cyklu.“ [1]
 „BIM je organizovaný přístup ke sběru a využití informací napříč projektem. Ve středu tohoto úsilí leží digitální model obsahující grafické a popisné informace o návrhu, výstavbě a správě objektů.“ [2]

ABSTRACT

The paper is dedicated to the *Building Information Modelling (BIM)*. The *Building Information Modelling* is a digital model representing a physical and functional building with its characteristics. It is therefore an open database of information about a building/structure, serving for the coordination of individual professions during the course of the initial phase and, subsequently, for the building/structure realisation and the administration and maintenance. The first part of the paper is focused on the description, designing processes, construction and property management. Examples of the processing of individual buildings/structures using selected BIM processes and technologies are presented in the second part. Foreign projects, where the BIM is frequently used and is already required by law in some states, are introduced there.

BIM DEFINITION

„A coordinated set of processes, supported by technology, that adds value through creating, managing and sharing the properties of an asset throughout its lifecycle.“ [1]
 „The BIM is an organised approach to collecting and using information throughout a project. A digital model containing graphic and descriptive information on the design, construction and administration of buildings/structures lies in the centre of this effort.“ [2]

ÚVOD

Stavebnictví je obor, kde jsou informační technologie zaváděny jen velmi pomalu. Jednou z možností, jak zvýšit kvalitu procesu přípravy projektu, realizace stavby a správy budovy či objektu, je využití *Building Information Modeling*. BIM (Informační modelování budov) je problematika poměrně nová, která rozlišuje BIM jako model, tedy jako formu informační databáze a BIM jako proces, který využívá BIM model pro výměnu, shromažďování a sdílení informací. BIM model si lze představit jako informační databázi, která v ideálním případě obsahuje kompletní data od prvotního návrhu, přes výstavbu, správu budovy a případné rekonstrukce, až po její demolici včetně ekologické likvidace stavebního materiálu a uvedení staveniště do původního stavu. Do této informační databáze by měli přispívat všichni účastníci stavebního procesu. Pro dosažení maximálního efektu by ani jeden z účastníků stavebního procesu neměl odmítat používat informační model (tím se pak efektivita informačního modelování omezuje, případně snižuje) a zároveň do něj přispívat svými výsledky.

To ale nemusí znamenat, že do modelu všichni vkládají všechny své vědomosti a data. V každém případě by však měli sdílet informace, které jsou užitečné pro ostatní účastníky procesu návrhu stavby. Výhodou tohoto principu spolupráce je přístup k informacím pro všechny účastníky, aniž by došlo ke ztrátě dat. Základním nástrojem pro BIM je 3D model. Avšak je třeba si uvědomit, že samotný 3D model není informační model budovy, ale je pouze jedním z nástrojů, jak jednotlivé informace zobrazovat. Grafické informace totiž nemusí zajímat všechny účastníky stavebního procesu. Například rozpočtář si data z informačního modelu budovy raději načte do tabulkového procesoru, investora pak bude zajímat nejen architektonické zobrazení projektu, ale i celkové náklady na výstavbu, harmonogram výstavby,

INTRODUCTION

Civil engineering is an industrial branch where information technologies are introduced very slowly. One of the options for increasing the quality of the process of planning the project, realisation of the construction and administration of the building/structure is to use the *Building Information Modelling*. The BIM issue is relatively new. It distinguishes the BIM as a model, i.e. as a form of an information database, from the BIM process, which uses the BIM model for the exchange, collection and sharing of information. It is possible to imagine the BIM model as an information database containing, in an ideal case, complete data starting from the initial proposal through the building/structure construction, administration and contingent reconstruction, up to its demolition, including environmentally friendly disposal of building materials and reinstatement of the site. All parties to the construction process should contribute to this information basis. To achieve maximum effects, not one of the parties should refuse to use the information model (in such a case the effectiveness of the information modelling is restricted or reduced) and, at the same time, contribute to it by their particular results.

Nevertheless, it does not have to mean that all of the parties insert all their knowledge and data into the model. In any case, they should share the information that is useful for the other participants of the process of designing the building/structure. The advantage of this principle of collaboration lies in the access to information available for all parties without losing the data. A 3D model is the basic tool for the BIM. It is however necessary to realise that the 3D model itself is not the information model of the building/structure. It is only one of the tools for displaying individual pieces of information. The reason is that not all of the parties to the construction process have to be

případně různé analýzy za účelem snížení spotřeby energie, zjištění a porovnání nákladů investičních a provozních (životnost, náklady na výměnu) apod.

Proto lze zjednodušeně říci, že BIM je 3D model rozšířený o další parametry. Čtvrtý parametr (4D) reprezentuje časové závislosti, tzn. harmonogram výstavby, 5D pak představuje výkaz výměr, náklady a ceny. Analýzy zaměřené na udržitelný rozvoj lze vyjádřit 6D, 7D je pak určen pro správce a majitele dané stavby a obsahuje konkrétní informace o parametrech objektu s ohledem na jejich provoz a údržbu. Souborné využití výše uvedených parametrů lze považovat za BIM proces. Další důležitou výhodou při použití informačního modelování je koordinace mezi jednotlivými profesemi tak, aby případné kolize, které se v návrhu mohou objevit, byly odhaleny a eliminovány již v době příprav a ne až během samotné výstavby. Toto je jedním z velkých přínosů použití BIM technologie oproti běžnému způsobu práce, kde je taková koordinace mnohdy velmi komplikovaná.

Metodika BIM je již také zakotvena v ISO normách. Tento ISO standart je přijatý i v ČSN normách. O to se zasloužila zejména společnost buildingSMART International (bSI), která zpracovává jednotlivé podklady a návrhy pro vypracování těchto norem. S tím souvisí i pojem OpenBIM, což je iniciativa organizace bSI a několika předních dodavatelů softwaru podporujících otevřený buildingSMART datový model (IFC), normy ISO a další aktivity buildingSMART. Hlavním cílem OpenBIM je tedy univerzální přístup zefektivňující spolupráci při projektování, realizaci a provozu staveb a je založený na otevřených standardech a pracovních postupech.

V České republice se zavádění BIM do praxe a legislativy věnuje mj. odborná rada pro BIM – czBIM, pod jejíž hlavičkou vznikl i první dokument seznamující širokou veřejnost se základními principy BIM [3] a úvod tohoto článku z této publikace čerpá.

V zahraničí byly přínosy BIM identifikovány již dříve a během posledních let dochází k nárůstu použití BIM v praxi. V mnoha zemích byly principy BIM dokonce zakotveny do požadavků na výstavbu státních a veřejných objektů nejenom budov, ale i infrastruktury. Prvním se stalo Finsko v roce 2007, následovaly jej Norsko, Nizozemsko, Dánsko. Ve Velké Británii bude vyžadován BIM pro všechny vládní projekty od roku 2016. V některých státech USA je použití BIM také vyžadováno, stejně tak v Singapuru, Hongkongu, Austrálii apod.

Jak bylo naznačeno, nespornou výhodou BIM je vyšší stupeň přípravy stavby, který se odrazí na průběhu stavby samotné i na nižších

interesu v grafické informaci. Pro příklad, odhadčí preferuje získávání dat z informačního modelu stavby/struktury a ukládání do tabulky, zatímco projektant bude zájmem nejen v architektonické podobě projektu, ale i v celkové ceně stavby, harmonogramu nebo různých analýzách připravených s cílem snížení spotřeby energie, určení a srovnání investičních a provozních nákladů (životnost, náklady na výměny), atd.

Je tedy možné říci, že BIM je 3D model s dalšími parametry. Čtvrtý parametr (4D) představuje časové závislosti, 5D model představuje výkaz výměr, náklady a ceny. Analýzy zaměřené na udržitelný rozvoj lze vyjádřit 6D a 7D model. Je určeno pro správce a majitele stavby a obsahuje konkrétní informace o parametrech objektu s ohledem na jeho provoz a údržbu. Souborné využití výše uvedených parametrů lze považovat za BIM proces. Další důležitou výhodou při použití informačního modelování je koordinace mezi jednotlivými profesemi tak, aby případné kolize, které se v návrhu mohou objevit, byly odhaleny a eliminovány již v době příprav a ne až během samotné výstavby. Toto je jedním z velkých přínosů použití BIM technologie oproti běžnému způsobu práce, kde je taková koordinace mnohdy velmi komplikovaná.

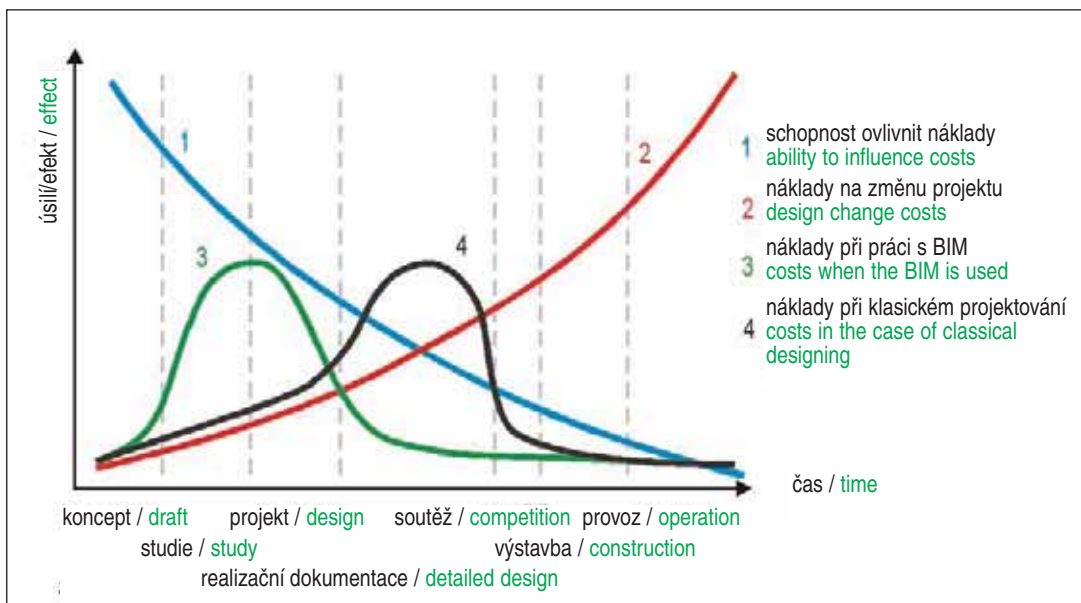
The BIM methodology has already been confirmed in ISO standards. The ISO standard has even been taken over in Czech CSN standards. It is first of all thanks to the buildingSMART International (bSI), which processes individual source documents and proposals for the work on these standards. The OpenBIM term is also associated with it. It is an initiative of the organisation buildingSMART and several leading software suppliers supporting the open buildingSMART data model (IFC), ISO standards and other activities of buildingSMART. The main objective of the OpenBIM is therefore universal access increasing the effectiveness of collaboration in the process of designing, realising and operating structures/projects. It is based on open standards and working procedures.

The CzBIM Council is one of the bodies pursuing the putting of the BIM into practice and legislation in the Czech Republic. The first document acquainting the wide public with basic principles of the BIM [3] originated under the auspices of this council. The introduction of this paper draws from this publication.

The BIM benefits have been identified abroad even earlier and the use of the BIM in practice has been increasing during past years. The BIM principles were incorporated into requirements for the development of governmental and public projects not only for buildings but also for infrastructure. The first of them was Finland in 2007; Norway, the Netherlands and Denmark followed. The BIM will be prescribed for all governmental projects in Great Britain from 2016. The BIM application is also required in some states of the USA, as well as Singapore, Hong Kong, Australia etc.

Graf 1 Efekt nákladů v různých fázích projektu

Graph 1 The effect of costs in various project phases



nákladech na výstavbu a zejména pak při následné údržbě. Během přípravy stavby bude možné kalkulovat s náklady nejenom investičními, ale i dalšími, vznikajícími během celého života objektu. Graf 1 ukazuje efekt nákladů v různých fázích projektu. Modrá linka (1) vyjadřuje klesající schopnost ovlivnit náklady na stavbu a její výkonnost po všech stránkách. Červená linka (2) zobrazuje stoupající náklady na provádění jakýchkoliv změn v návrhu v pozdějších fázích projektu. Zelená linka (3) pak ukazuje pracovní postup s využitím BIM a černá linka (4) vyjadřuje náklady při využití klasického pracovního postupu (postup zaměřen na kresbu dokumentace).

Z grafu tedy vyplývá, že při využití metodiky BIM je provedena většina změn v počáteční fázi návrhu, kdy jsou náklady na tyto změny ještě malé, a není složité ovlivnit výslednou kvalitu návrhu stavby. Zatímco při klasickém způsobu projektování jsou tyto změny realizovány v pozdější fázi dokumentace, kdy již provádění jakýchkoliv změn je poměrně komplikované a nákladné.

Níže bude uvedeno několik projektů, kde je metodika BIM je zakotvena a použita.

SHATIN TO CENTRAL LINK, HONGKONG

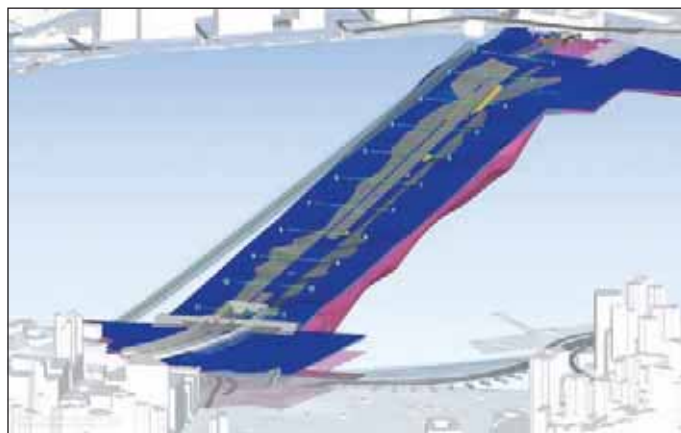
Shatin to Central Link (SCL) je nově plánovaná linka metra v délce 17 km spojující čtvrť Shatin s centrem Hongkongu. Nová linka bude sloužit jako klíčový článek hongkongské kolejové sítě, který vytvoří v stávající síti dva strategické koridory (severo-jihní a východo-západní). Navíc vznikne nové spojení do částí, které dosud nejsou pokryty kolejovou dopravou. Součástí této stavby je 1,4 km dlouhý plavený tunel pod zálivem propojující pevninu a ostrov Hongkong (obr. 1).

Právě na této části projektu se podílela společnost Mott MacDonald – plavený tunel s propojením do stávajících částí metra na pobřeží. Pražská pobočka navrhovala konstrukce pažení štetovnicových jímek a dočasných pracovních plošin na severním břehu v městské části nazývané se Hung Hom (obr. 2). Konstrukce pažení byly tvořeny ocelovými pilotami spojenými zámky beraněnými do mořského dna. Dočasné pracovní plošiny budou využívány pro obsluhu stavební jámy a budou tvořeny rovněž beraněnými pilotami s ocelovým roštem pokrytým betonovým povrchem. Stávající konstrukce poštovní budovy a estakáda městského obchvatu tvořily limitující prostorové a logistické podmínky. Další komplikace skýtaly rozmanité geologické poměry lokality. Ve všech těchto směrech byl pro optimalizaci řešení využit proces BIM. Se všemi jeho výhodami byly řešeny kolize mezi konstrukcemi, pohodlně byly ověřeny geologické profily lokality a v neposlední řadě proběhla kontrola výkazu výměr.

DOHÁ METRO, KATAR

Katarské Dohá prochází velkým industriálním rozvojem. Jedním ze sektorů, kde probíhá velký rozvoj, je síť metra. V současnosti není v provozu žádná linka metra. Avšak již v roce 2026 by měly být v provozu linky 4 – Red Line, Gold Line, Green Line a Blue Line. Celková délka by měla být 169,1 km z toho 80,7 km v podzemí. Na jednotlivých trasách se předpokládá až 73 stanic metra. Centrální stanicí bude Msheireb Station, která bude sloužit jako klíčové uzel zelené, červené a zlaté linky.

Mott MacDonald právě tuto stanicí projektuje. Stanice je kompletně zpracovávána metodikou BIM. Znamená to komplexní 3D model, kontrolu detekcí v rámci profesí (mezi konstrukční částí, TZB a architektury), výkazy výměr či harmonogramy výstavby. Zajímavostí je, že probíhá koordinace nejen v rámci stanice, ale i se současně projektovanými objekty. Jednak je to Msheireb Downtown Area, komerční ale i rezidenční zástavba, a Ashghal Road Tunnel (obr. 3), čtyřpruhový silniční tunel. Oba tyto objekty jsou situovány nad objektem křížení kolejí (cross-over), který je součástí stanice. Další stanicí je stanice Education City na zelené lince (obr. 4). Tato stanice bude spojena se stanicí železniční. Pro obě tyto stanice je zhotovitelem sdružení stavebních firem Samsung, OHL a Qatar Building Company. Hlavním investorem je Qatar Railways Company, ten i předal jednoznačné požadavky na informace, které bude BIM model obsahovat (7D). Tyto



Obr. 1 Celkový pohled na tunel – BIM model

Fig. 1 Overall view of the tunnel – the BIM model

As hinted above, an undisputable advantage of the BIM lies in a higher degree of construction planning, which reflects itself in the course of the construction itself and in lower costs of construction, in particular during the subsequent maintenance. It will be possible during the project planning to take into account not only investment costs but also other costs originating during the whole project life. The Graph 1 shows the effect of costs in various project phases. The blue line (1) expresses the decreasing ability to influence the costs of the project and its efficiency in all aspects. The red line (2) depicts the increasing cost of the execution of any project change during subsequent project phases. The green line (3) shows the working procedure using the BIM, whilst the black line (4) expresses the costs incurred when the classical working process is used (the process of focusing on the drawing of documents).

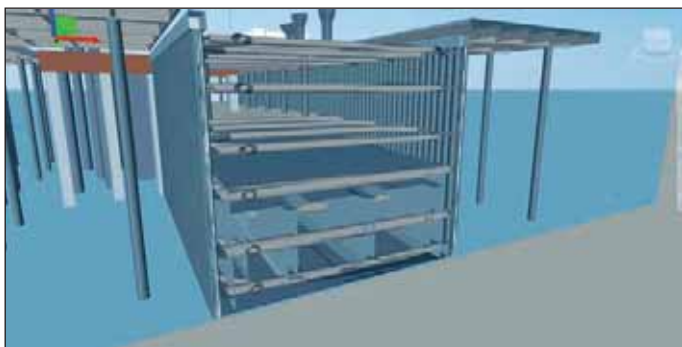
It follows from the graph that when the BIM methodology is applied the majority of changes is carried out in the initial designing phase, in which the costs of these changes are still small and it is not difficult to influence the resultant quality of the construction design. When a classical designing system is used, these changes are realised in the later phase of documentation, when the execution of any change is relatively complicated and expensive.

Several projects which the BIM methodology is incorporated into and is applied will be presented below.

SHATIN TO CENTRAL LINK, HONGKONG

Shatin to Central Link (SCL) is a new 17km long metro line connecting the Shatin district with Hong Kong downtown. The new line will become a key element of the Hong Kong rail network, which will create two strategic corridors (north-south bound and east-west bound) on the existing network. In addition, a new link to parts which have not been covered by rail-bound transport till now will originate. A 1.4km long immersed tunnel under the bay, connecting the continent and Hong Kong Island, is part of the project.

It is this part of the project that Mott MacDonald participated in – the immersed tunnel with a connection to existing parts of the metro system on the coast. The Prague branch designed the bracing structures of sheetpile cofferdams and temporary working platforms on the northern coast in the Hung Hom city district. The bracing structures consisted of interlocked steel piles driven into the sea bottom. The temporary working platforms will be used for servicing the construction pit and will also be formed by piles driven into the bottom, with steel grating covered with concrete surface on their tops. The existing structure of a post building and a city bypass road viaduct created limiting conditions in terms of logistics. Other complications were posed by variable geological conditions in the locality. The BIM process was applied to all of the above aspects for the optimisation of the solutions. Collisions between structures were solved, geological profiles in the locality were comfortably verified and,



Obr. 2 BIM model dílčí části konstrukce pažení
Fig. 2 The BIM model of a part of the bracing structure

at last but not least, the bill of quantities was checked deriving all its benefits (see Figures 1 and 2).

DOHA METRO, QATAR

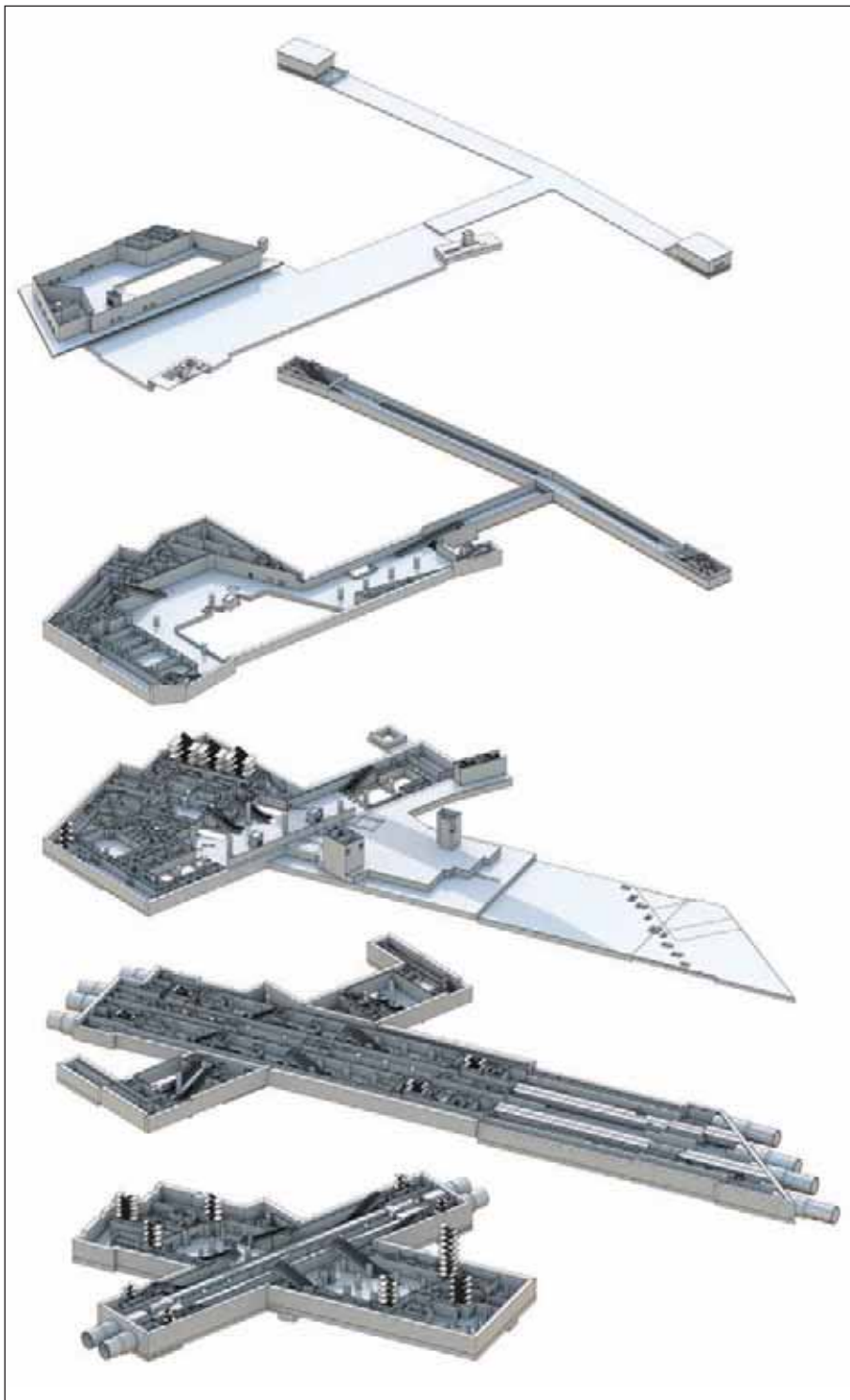
Doha, the Qatar capital, passes through great industrial development. One of the sectors where the great development is underway is the metro network. No metro line is in service at the moment. However, the following 4 lines should be in operation: the Red Line, Gold Line, Green Line and Blue Line. The total length should amount to 169.1km, with 80.7km of that length in the underground. Up to 73 metro stations are assumed to be on individual lines. Msheireb Station will be the central station serving as a key node on the Green, Red and Golden Lines.

The above-mentioned station is being designed by Mott MacDonald. The station is completely worked on using the BIM methodology. It means a comprehensive 3D model, checking on detections within the framework of professions (between the structural part, building equipment and architects), bills of quantities or construction programmes. An interesting fact is that coordination exists not only within the framework of the station but, even regarding structures being currently under design, namely the Msheireb Downtown Area, commercial and residential development projects and the Ashghal Road Tunnel (see Fig 3) and a four-lane road tunnel. Both these tunnel structures are located above a rail cross-over which is part of the station. Education City on the Green Line is another station (see Fig. 4). This station will be linked to a railway station. The contractor for the two stations is the consortium consisting of Samsung, OHL and Qatar Building Company. The main client is Qatar Railways Company. The client handed over unambiguous requirements for information which the BIM model will contain (7D). This information will subsequently allow for simpler administration and maintenance of individual stations.

BERGEN LIGHT RAIL, NORWAY

Mott MacDonald is at the moment finishing the work on the design for a tramway track in the city of Bergen, Norway. The double-track line running from the downtown to the airport is about 7km long. The part under design covers a wide range of professions associated with a project with such the extent. Among them there are in particular the signalling, traction, track bed and trackwork, geotechnical structures, drainage, sewerage, heavy current and weak current networks and fire safety elements. There are 8 stops, 11 bridges, 5 tunnels (both mined and cut-and-cover), a depot for rail-bound vehicles, a multi-storey car parking facility, etc. on the line.

The entire design has been carried out using the BIM methodology and, owing to this fact, several offices could participate in the work on it all over Europe. It means that individual designers for particular parts are allowed access to one central digital model, which they



Obr. 3 Stanice Msheireb – BIM model
Fig. 3 Msheireb station – the BIM model

informace budou pak sloužit k jednodušší správě a údržbě jednotlivých stanic.

BERGEN LIGHT RAIL, NORSKO

Mott MacDonald aktuálně dokončuje práce na projektu tramvajové tratě ve městě Bergen v Norsku. Dvoukolejná trať je vedena z centra města na letiště a dlouhá je asi 7 km. Projektovaná část zahrnuje široké spektrum profesí týkajících se projektu tohoto rozsahu. Jedná se zejména o signalizaci, trakci, železniční spodek a svršek, geotechnické objekty, drenáže, kanalizaci, silnoproudé i slaboproudé elektrické sítě a požární bezpečnostní prvky. Na trase je též 8 zastávek, 11 mostů, 5 tunelů (ražených i hloubených), depo kolejových vozidel, vícepatrové parkoviště apod.

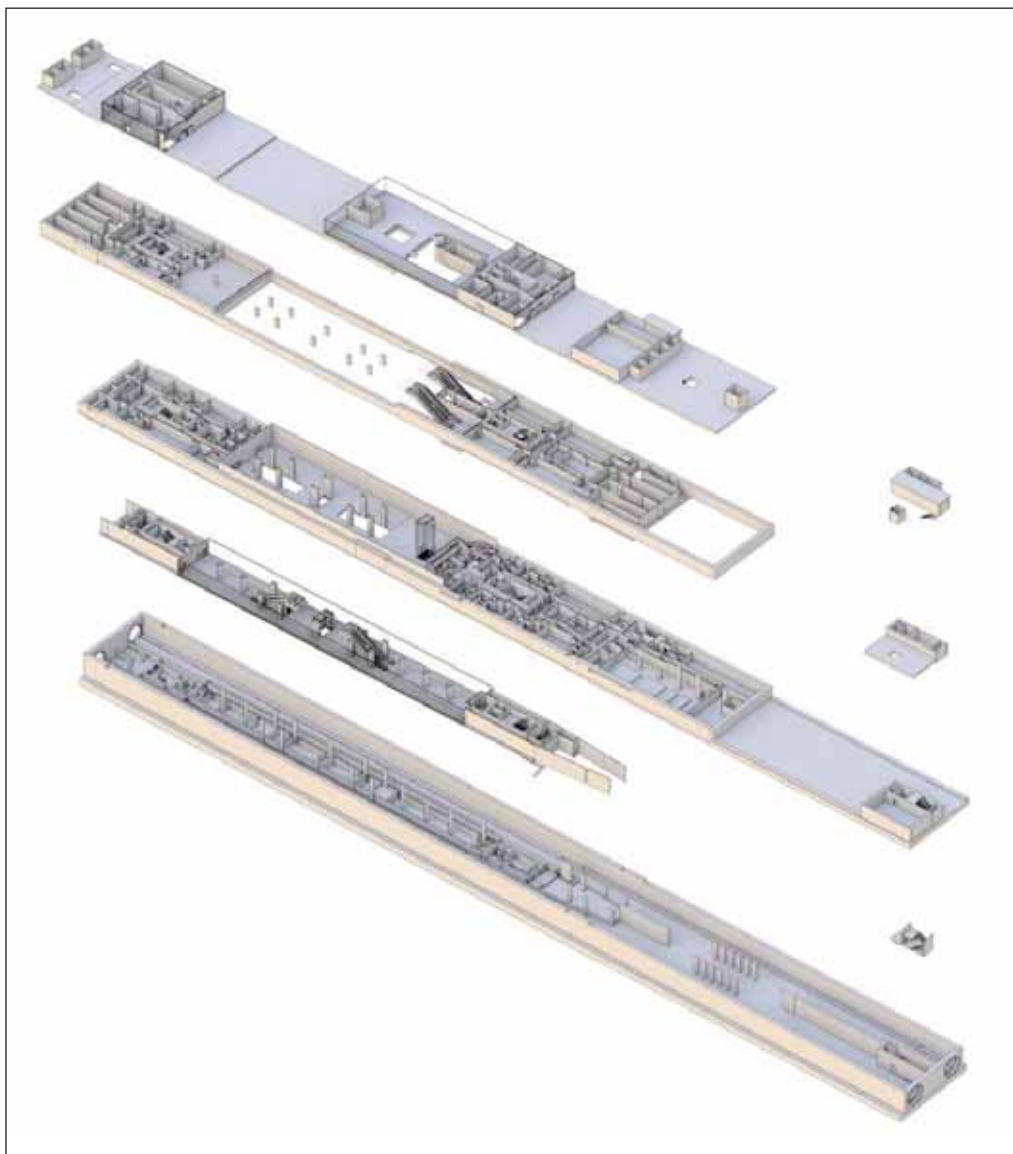
Celý projekt je zpracován metodikou BIM a díky tomu se také na projektu mohlo podílet několik kanceláří po celé Evropě. Znamená to, že jednotliví projektanti daných částí mají přístup do centrálního digitálního modelu, do kterého také přispívají svými částmi. Správce modelu pak jednotlivé části kontroluje a provádí případné detekce kolizí. Po vyhodnocení jsou dotčené osoby informovány. Aby nedocházelo k neoprávněným změnám, jsou jednotlivým uživatelům v rámci datového úložiště upravena uživatelská práva. Model je také využíván pro ocenění stavby na základě jasně stanovených specifikací a k tvorbě harmonogramů v rámci jednotlivých částí stavby.

Jedním ze zajímavých objektů na trase je architektonicky pojatý tramvajový most s chodníkem pro pěší. Most je betonový (předpjatý) zavěšený na ocelovém oblouku, který diagonálně překračuje jak silnici,



Obr. 5 Most K75 – BIM model

Fig. 5 K75 bridge – the BIM model



Obr. 4 Stanice Education City – BIM model

Fig. 4 Education City station – the BIM model

also contribute their parts to. The model administrator checks on the individual parts and carries out contingent corrections of collisions. After the assessment, affected persons are informed. User rights of individual users are modified within the data repository so that unauthorised changes are prevented. The model is in addition used for the project evaluation on the basis of unambiguously set specifications and for the development of programmes within the framework of individual parts of the project.

The architecturally conceived tramway bridge with a pedestrian walkway belongs among interesting structures. It is a pre-stressed concrete structure suspended from a steel arch, which diagonally crosses over a road and the tramway track, thus always forming an entrance gate for passengers travelling on the road or by tram from the airport (see Fig. 5).

Another interesting structure on the route is the Sätamyrikulverten cut-and-cover tunnel (see Fig. 6).

BAKU METRO, AZERBAIJAN

The Prague-based branch of Mott MacDonald, jointly with French Systra and South Korean Saman, are designing a metro in Baku, the capital of Azerbaijan. The Purple Line, which is currently under construction, will link "Avtovogzal", the largest bus terminal for intercity buses at the north-western edge of the city with its centre and further with the eastern outskirts of the city. In total, the project comprises



Obr. 6 Portál tunelu Sâtamyrikulverten – BIM model
Fig. 6 Sâtamyrikulverten tunnel portal – the BIM model

tak tramvajovou trať a tvoří tak pro cestujícího po silnici nebo tramvaji od letiště vždy vstupní bránu (obr. 5).

Dalším zajímavým objektem na trase je hloubený tunel Sâtamyrikulverten (obr. 6).

BAKU METRO, ÁZERBÁJDŽÁN

Pražská pobočka společnosti Mott MacDonald společně s francouzskou Systrou a jihokorejským Samanem projektují v hlavním městě Ázerbájdžánu v Baku metro. Aktuálně je ve výstavbě fialová linka, která propojí největší autobusové nádraží pro mezi-městské autobusy „Aftovogzal“ na severozápadním okraji města, s centrem a dále pokračuje na východní okraj. Celkem se jedná o depo, 12 stanic a dvoukolejný tunel pro odstavné koleje s celkovou délkou trasy asi 20 km. Modrá linka je v projektové fázi. Součástí projektových prací pražské pobočky jsou tratě tunely, propojky, ventilační šachty, technologické objekty ventilačních šachet, startovací šachty TBM a odstavný tunel.

Právě na technologické objekty ventilačních šachet byl aplikován BIM v rozsahu kontroly kolizí jednotlivých vedení v šachtě, výkazů výměr a celkové koordinace mezi vlastním objektem a šachtou (obr. 7).

ZÁVĚR

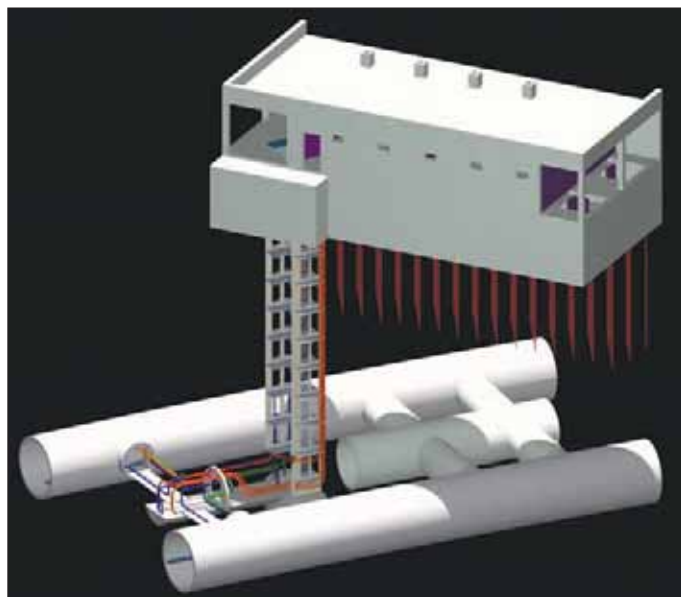
Za zkratkou BIM lze tedy najít komplexní proces výměny a sdílení informací a koordinaci profesí. Využitím informačního modelování lze dosáhnout vyšší úrovně přípravy objektu před zahájením výstavby, díky čemuž je možné odhalit případná rizika a snížit náklady při výstavbě a především v provozu, kdy je možné dosáhnout ještě větších úspor.

Využití procesu BIM se do budoucna jeví jako nezbytně nutné pro stavby většího charakteru. Proto, aby se BIM stal součástí přípravy staveb, je důležité připravit právní prostředí a zavést jednotlivé metodiky. Tyto metodiky by měly jednoznačně určit pravidla pro BIM.

Lze předpokládat, že investice do projektu (dokumentace) se časově zvýší. Zároveň ale bude dosaženo nižších nákladů při výstavbě a správě staveb. Výsledná úspora tedy bude mnohonásobně vyšší než počáteční náklady na projekt.

Ing. PETR TOMÁŠ, petr.tomas@mottmac.com,
Ing. RADIM KREJCZY, radim.krejczy@mottmac.com,
Mott MacDonald CZ, spol. s r. o.

Recenzovali: Ing. arch. Petr Vaněk, Ing. Martin Černý, Ph.D.



Obr. 7 Ventilační šachta mezistaničního úseku metra - BIM model
Fig. 7 Ventilation shaft of running tunnel of metro - the BIM model

a depot, 12 stanic a double-track tunnel for stabling tracks, with the total line length amounting approximately to 20km. The Blue Line is in the designing phase. The designing work of the Prague branch comprises running tunnels, cross passages, ventilation shafts, technological structures of ventilation shafts, TBM launching shafts and a tunnel for stabling tracks.

The BIM was applied to the technological structures of ventilation shafts, within the scope covering checking on collisions of individual lines in the shafts, bills of quantities and overall coordination between the structure itself and the shaft (see Fig. 7).

CONCLUSION

It is therefore possible to find behind the BIM abbreviation a comprehensive process of exchanging and sharing information and coordinating professions. By applying the information modelling it is possible to achieve a higher level of the project planning before the construction starts. Owing to this fact it is possible to detect contingent risks and reduce the costs to be incurred during construction works and, in particular, during the operation, where it is possible to achieve even higher savings.

The application of the BIM process appears to be absolutely necessary for future larger scope projects. It is important for the BIM to become part of the project planning process to prepare legal environment and introduce individual methodologies. These methodologies should unambiguously define rules for the BIM.

It is possible to assume that investments into the project (documentation) will be partially increased. However, lower costs will be achieved during the construction and administration of structures. The resultant saving will therefore be many times higher than the initial cost of the project.

Ing. PETR TOMÁŠ, petr.tomas@mottmac.com,
Ing. RADIM KREJCZY, radim.krejczy@mottmac.com,
Mott MacDonald CZ, spol. s r. o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] SHENNAN, R. *Mott MacDonald BIM manual, Mott MacDonald 2012*
- [2] Industry Working Group, UK, *Strategy Paper for the Government Construction Client Group from the BIM*
- [3] ČERNÝ, M. a kol. *BIM Příručka, Odborná rada pro BIM – http://www.czibim.org, 2013*

TUNEL POĽANA – RAŽBA A PRIMÁRNÍ OSTĚNÍ

POĽANA TUNNEL – EXCAVATION AND PRIMARY LINING

JÁN PAPCÚN

ABSTRAKT

Tunel Poľana je budován v rámci výstavby slovenské dálnice D3 Svrčinovec – Skalité. Stavba je realizována na poloviční profil, což znamená, že v pravém jízdním pásu dálnice se vybuduje tunel kategorie 2T – 8,0 dle STN 73 7507 s dočasným obousměrným provozem. Návrhová rychlost je 80 km/h. V levém jízdním pásu dálnice se vybuduje úniková štola (v minulosti již bylo cca 300 m štoly vyraženo jako průzkumná štola). Ta se v budoucnu přebuduje na levou tunelovou troubu. Součástí tunelu budou tři propojky mezi pravou tunelovou troubou a únikovou štolou, které slouží jako únikové cesty. Tento příspěvek se zaměřuje zejména na popis ražby pravé tunelové trouby. Přiblíží, v jakých geologických podmínkách a jakou metodou je tunel ražen, jaké je členění profilu, délky záběrů, postup budování primárního ostění, jaké materiály a stroje se při ražbě používají, jak probíhala výstavba a zajištění západního i východního portálu tunelu a popíše dosavadní průběh ražby.

ABSTRACT

The Poľana tunnel is being built within the framework of the development of the Svrčinovec – Skalité section of the Slovak D3 motorway. The half-profile construction is being realised, which means that a 2T – 8.0 category tunnel to STN 73 7507 standard with temporary traffic in it will be built for the right-hand part of the dual carriageway. The design speed is 80km/h. An escape gallery will be built along the left-hand part of the dual carriageway (the excavation of about 300m of the gallery was completed in the past as an exploratory gallery). The gallery will be converted into the left-hand tunnel tube in the future. Three cross passages between the right-hand tunnel tube and the escape gallery, which will serve as escape routes, will be parts of the tunnel. This paper is mainly focused on the description of the excavation for the right-hand tunnel tube. It will give readers an idea of the geological conditions in which the tunnel is being driven, the tunnel excavation method, the excavation sequence, the lengths of excavation rounds, the procedure applied to the construction of the primary lining, the materials and machines used during the construction work, the past progressing of the construction and stabilisation of the western tunnel portal and the eastern tunnel portal and will describe the excavation progress finished till now.

ÚVOD

Stavba dálnice D3 Svrčinovec – Skalité (obr. 1) má celkovou délku úseku 12,282 km (měřeno v ose dálnice) a je umístěna v Žilinském kraji, v okrese Čadca. Na jeho území prochází katastrálními územími obcí Svrčinovec, Čierne a Skalité.

Budovaný úsek dálnice začíná těsně před křižovatkou Svrčinovec, kde se napojí na úsek D3 Čadca (Bukov) – Svrčinovec. V křižovatce Svrčinovec bude napojen na existující silniční síť – silnici I/11 mimoúrovňovou křižovatkou, ve které bude řešeno přepojení křižujících se komunikací ve všech směrech. Za křižovatkou vstupuje do tunelu Svrčinovec délky cca 435 m. Úsek k následujícímu tunelu Poľana je veden na svazích údolí řeky Čierňanky na okraji zástavby obcí Svrčinovec, Čierne a Skalité, přičemž v katastru Čierne je dálnice částečně vytlačena až na hřeben masivu Valy. V celém úseku dálnice křížuje hluboká údolí místních toků – z významnějších jsou to Markov potok, Čierny a Gorilov potok, Čadečka a Rieka. V obci Skalité do masivu Poľana vstupuje dálnice tunelem Poľana délky cca 895 m a na konci se napojuje na rozestavěný úsek D3 Skalité – hranice Slovenska s Polskem.

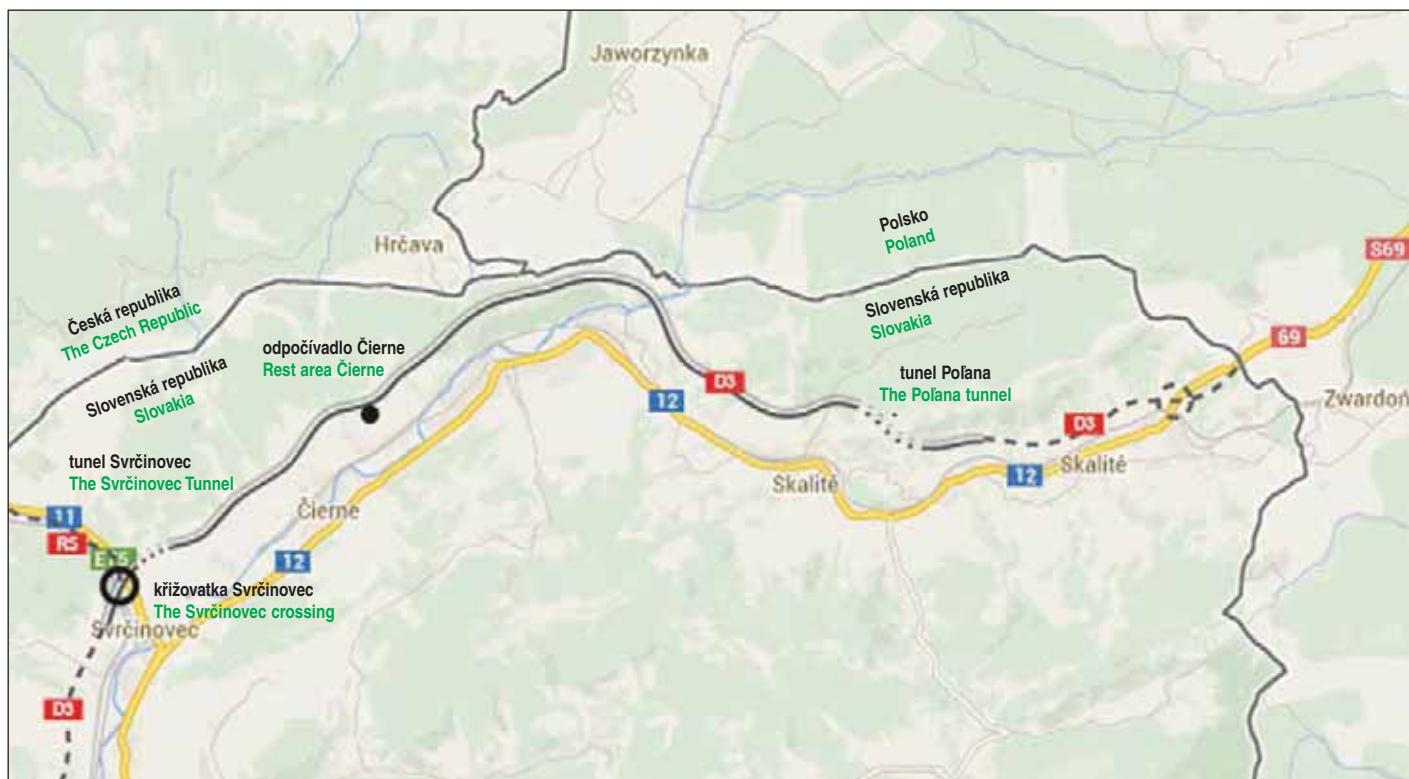
Dálnice je vedena na svazích údolí Čierňanky, ve kterém jsou umístěny významné dopravní stavby – silnice I/12 a železniční trať Čadca – Zwardoň, v počátečním úseku i elektrifikovaná trať Čadca – Bohumín a silnice I/11. Celé údolí je zastavěno téměř souvislou obytnou zástavbou, vybíhající až do přilehlých údolí přítoků řeky Čierňanky. Kromě silnic I. třídy jsou obce vybaveny hustou sítí místních účelových komunikací, z nichž hlavní tvoří osu zástavby obcí a jsou rozvětvované do bočních údolí k rozptýlené zástavbě umístěné na svazích. Zemědělská a lesní půda, většinou patřící soukromým vlastníkům, je zpřístupněna sítí polních a lesních cest.

INTRODUCTION

The total length of the project for the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway (see Fig. 1) (measured on the motorway centre line) amounts to 12.282km. The project is located in the region of Žilina, the district of Čadca. Within its area, it crosses cadastral districts of the municipalities of Svrčinovec, Čierne and Skalité.

The motorway section being under construction begins immediately before the Svrčinovec intersection, where it will connect the Čadca (Bukov) – Svrčinovec section of the D3 motorway. At the Svrčinovec intersection it will be connected to the existing road network, the I/11, through a grade-separated intersection, at which the connection of the roads intersecting the motorway in all directions will be solved. Behind the intersection, the motorway enters the about 435m long Svrčinovec tunnel. The section leading to the subsequent Poľana tunnel is designed to run on the slopes of the Čierňanka River, on the outskirts of the built-up areas of the municipalities of Svrčinovec, Čierne and Skalité, with the alignment in the cadastral district of Čierne partly pushed up to the Valy massif crest. The motorway alignment crosses deep valleys of local streams within the whole section length – among the most important there are the Markov brook, Čierny brook, Gorilov brook, Čadečka brook and Rieka brook. In the village of Skalité, the motorway enters the Poľana massif through the 895m long Poľana tunnel. At its end, it is connected to the D3 motorway section under construction, running between the village of Skalité and the border between Slovakia and Poland.

The motorway alignment runs on the slopes of the valley of the little river Čierňanka, in which important transport-related structures are located, namely the I/12 road and the Čadca – Zwardoň railway track and, in the initial section, even the Čadca –



Obr. 1 Situační schéma dálnice D3 Svrčinovec – Skalité (www.ndsas.sk)
 Fig. 1 D3 Svrčinovec – Skalité motorway map (www.ndsas.sk)

Stavbu dálnice realizuje „Združenie D3 Svrčinovec – Skalité“, které je tvořeno společnostmi Metrostav a.s., Váhostav-SK a.s., Doprastav, a.s. a Strabag s.r.o. Zhotovitelem tunelu Poľana je tzv. „malé“ sdružení společností Metrostav a.s. a Doprastav, a.s.

Investorem a budoucím provozovatelem dálnice D3 je NDS, a.s. (Národná diaľničná spoločnosť). Projektantem tunelu je společnost Basler&Hofmann Slovakia s.r.o.

Stavba se zhotovuje ve smyslu smluvních podmínek FIDIC – Smluvní podmínky pro technologické zařízení a projektování – realizaci pro elektrotechnická a strojně-technologická díla a pro stavební a inženýrská díla projektovaná zhotovitelem (dále jen „žlutý FIDIC“ nebo „žlutá kniha“).

VÝŠKOVÉ A SMĚROVÉ POMĚRY TUNELU POĽANA

Pravá tunelová trouba (PTT) měří 898 m, z toho délka ražené části tunelu je 860,60 m. Zbytek tvoří hloubené tunely na východním a západním portálu.

Směrem od západního portálu k východnímu tunel stoupá ve sklonu 2 %. Do portálů zasahuje údolnicový a vrcholový oblouk. Směrově je trasa tvořena dvěma protisměrnými oblouky o poloměrech $R=594,25$ m a $R=705,75$ m, které jsou spojeny přechodnicí. Příčný sklon jízdního pásu se překlápí z 3,5 % na 3,0 %. Budoucí levá tunelová trouba (LTT) je tvořena směrovými oblouky o poloměrech $R=650$ m a $R=675$ m spojenými přechodnicí a má stejně jako PTT 2 % stoupání od západního k východnímu portálu.

Osa únikové stoly je směrově i výškově souběžná s osou budoucí levé tunelové trouby a je odsazená o 2,4 m směrem k PTT. Výškově je v celé délce snížena o 0,15 m.

Geometrie propojek je dána průchodným průřezem ve smyslu STN 73 7507. Podélný sklon propojky P1 je 1,42 a 2 % (od PTT k únikové štolě), propojky P2 2,69 % a propojky P3 2,64 %. Příčný sklon všech propojek je 2%.

V tunelu budou vybudovány dva nouzové zálivy délky 50 m (1x na levé a 1x na pravé straně). Na pravé straně ve směru staničení (tj. od západu k východu) budou umístěny požární hydranty, SOS

Bohumín electrified railway track and the I/11 road. The entire valley is covered by nearly continuous residential development, which extends even to adjacent valleys of the tributaries of the Čierňanka River. With the exception of primary roads, the villages are equipped with dense networks of local tertiary roads, the main of which form the axes of the development of the municipalities and branch to side valleys, to houses scattered on the slopes. The access to farmland and forestland, mostly belonging to private owners, is provided by a network of field and forest roads.

The motorway construction is realised by the „Združenie D3 Svrčinovec – Skalité“ consortium consisting of Metrostav a. s., Váhostav-SK a. s, Doprastav, a. s. and Strabag s. r. o. The contractor for the Poľana tunnel construction is the so-called “small” consortium consisting of Metrostav a. s. and Doprastav, a. s.

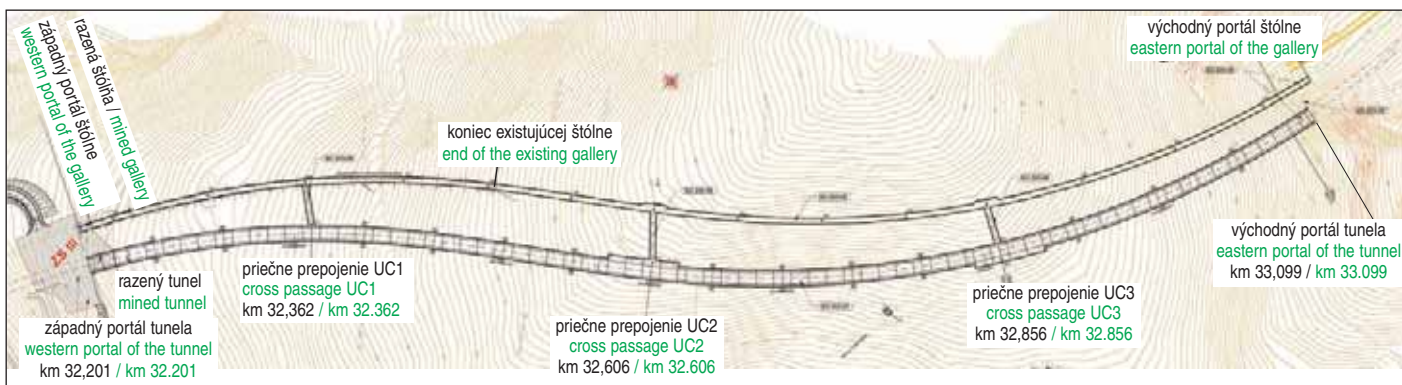
The project owner and the future operator of the D3 motorway is the NDS, a. s. (Národná diaľničná spoločnosť - the National Motorway company). Basler&Hofmann Slovakia s. r. o. is the designer for the tunnel.

The construction is being carried out in compliance with the FIDIC conditions of contract – Conditions of Contract for Plant and Design-Build for electrical and mechanical work and for structures and engineering works designed by the contractor (hereinafter referred to as “the Yellow FIDIC” or “the Yellow Book”).

VERTICAL AND HORIZONTAL ALIGNMENT CONDITIONS OF THE POLANA TUNNEL

The right-hand tunnel tube (the RTT) is 898m long; the length of the mined part of the tunnel amounts to 860.60m. The remaining length is formed by cut-and-cover tunnels at the eastern portal and the western portal.

The tunnel alignment ascends at the gradient of 2% in the direction from the western portal toward the eastern portal. A sag curve and a summit curve extend to the portals. The horizontal alignment is formed by a pair of reverse curves with the



Obr. 2 Situace tunelu a štoly (Projektová dokumentace, Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.)

Fig. 2 Tunnel and gallery plan (Design documents, Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.)

výklenky a čistící výklenky. Půdorys PTT, štoly a propojek je znázorněn na obr. 2.

GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Na skladbě masivu v trase tunelu Poľana se podílejí sedimenty paleogénu zastoupené jílovcí a pískovci, s převahou jílovců, které jsou překryty různě silnou vrstvou kvartérních deluviálních sedimentů.

Soubor zpevněných paleogenních sedimentů vytváří hydrogeologický masiv bez významnějších souvislých hydrogeologických kolektorů vrstevního typu s oběhem podzemní vody převážně v povrchové zóně a pásmech puklinového a tektonického porušení. Kvartérní sedimenty nevytvářejí významnější hydrogeologický celek. Jsou zastoupeny svahovými deluviálními sedimenty. Pro svou malou tloušťku a charakter složení tvoří spolu se zónou rozložených hornin jednotné zvodnělé prostředí.

Průnik podzemních vod do výrubu tunelu se předpokládá v zónách silně tektonicky porušených hornin.

PŘÍPRAVNÁ FÁZE

Před zahájením samotné ražby bylo zapotřebí provést terénní úpravy a zajištění portálů na východní a západní straně tunelu.

Jako první začaly koncem března 2014 práce na západním portálu. Bylo zapotřebí přebudovat portál, který zde byl zřízen při ražbě průzkumné štoly v roce 2006 (obr. 3). Celý původní portál se musel odkopat. Ubourala se i část štoly v délce cca 11 m.

Stavební jámu tvoří portálová stěna a pravý a levý boční svah (při pohledu ve směru staničení).

Levý boční svah je řešen svahováním ve sklonu 1:2.

Čelní portálová stěna je výškově rozdělena lavicí šířky 0,8 m na dvě etáže. První etáž se hloubila nejprve ve sklonu 1:1 a následně ve sklonu 4:1. Na svah 1:1 byl aplikován stříkaný beton C 20/25, tloušťky 10 cm.

Svah ve sklonu 4:1 byl zajištěn stříkaným betonem C 20/25 tloušťky 15 cm, vyztuženým ocelovou kari sítí Ø 8 mm s oky 150x150 mm a dále zemními hřebíky a lanovými horninovými kotvami s kotevními prahy.

Zemní hřebíky délky 3 m a průměru 28 mm se osazovaly v rastru 1,5 x 2,0 m. Odklon od vodorovné roviny je 14°. Lanové pětiramenné kotvy byly délky 25 m (volná délka 15 m, délka kořene 10 m), F = 500 kN, odklon od vodorovné roviny 3° a 12°. Vzájemná vzdálenost kotev činila 2,5 m.

Kotevní prah tvoří stříkaný beton C 20/25 tloušťky min. 400 mm, vyztužený dvěma vrstvami kari sítí Ø 8 mm s oky 100x100 mm a ocelovou štetovnicí LARSEN IIIIn.

Druhá etáž portálové stěny se hloubila ve sklonu 4:1 až po dno stavební jámy. Tato etáž je v úseku mezi štolou a pravou tunelovou troubou proměnné výšky 6,08 – 9,8 m. Zajištěna je stříkaným betonem C 20/25, tloušťky 0,15 m, vyztuženým ocelovou kari sítí Ø 8 – 150x150 mm a zemními hřebíky délky 5 m,

radii R=594.25m and R=705.75m, which are interconnected by transition curves. The roadway superelevation gradually revolves from 3.5% to 3.0%. The future left-hand tunnel tube (the LTT) is formed by directional curves with the radii R=650m and R=675m interconnected by transition curves. Its longitudinal gradient rises from the western portal toward the eastern portal at 2%, identically with the gradient of the RTT.

The axis of the escape gallery is horizontally and vertically parallel with the axis of the future left-hand tunnel tube and is set off 2.4m towards the RTT. Its elevation is by 0.15m lower throughout the tunnel length.

The geometry of cross passages is determined by the STN 73 7507 standard. The longitudinal gradient of cross passage P1 is 1.42% and 2% (from the RTT toward the escape gallery), whilst the gradients of cross passages P2 and P3 are 2.69% and 2.64%, respectively. The transverse gradient of all cross passages is designed at 2%.

There will be 250m long emergency lay-bys in the tunnel. One of them will be provided on the left side and one on the right side. Fire hydrants, emergency recesses and recesses for drainage inspection shafts are located on the right side (viewed from west toward east).

The ground plan of the RTT, the gallery and the cross passages is presented in Fig. 2.

GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

The composition of the massif along the Poľana tunnel route is made up by Palaeogene sediments represented by claystone and sandstone, with the predominance of claystone, which are overlain by a variously thick layer of Quaternary deluvial sediments.

The array of consolidated Palaeogene sediments forms a hydrogeological massif without more significant continual hydrogeological collectors of the bedding type with the groundwater circulation mostly in the surface zone and in fissure and tectonic faulting zones. The Quaternary sediments do not form any more significant hydrogeological unit. They are represented by deluvial slope sediments. Despite the small thickness of the sediments and the character of their composition, they, together with the zone of decomposed rock, form a uniform water-bearing environment.

The intrusion of groundwater into the tunnel excavation is expected to be encountered in heavily faulted rock zones.

PREPARATORY PHASE

It was necessary before the beginning of the tunnel excavation itself to carry out bulk excavation and stabilisation of portals on the eastern and western sides of the tunnel.



Obr. 3 Pohled na původní západní portál (www.panoramio.com, foto Róbert Gajdica)

Fig. 3 View of the original western portal (www.panoramio.com, photo Róbert Gajdica)

průměru 28 mm a dvěma řadami lanových horninových kotev délky 15 m (volná délka 10 m, délka kořene 5 m) s kotevními prahy. Vzájemná vzdálenost pětiramencových kotev je 2,5 m, $F = 500$ kN, odklon od vodorovné roviny 12° . Kotevní prahy jsou navrženy obdobně jako v případě první etáže.

Pravý boční svah se hloubil do hloubky 2 m (od původního terénu) ve sklonu 1:1, je chráněný stříkaným betonem C 20/25, tloušťky 0,1 m. Spodní etáž ve sklonu 2:1 se zajistila stříkaným betonem C 20/25 tloušťky 0,15 m. Byla vyztužena ocelovou kari sítí $\varnothing 8 - 150 \times 150$ mm a zemními hřebíky, délky 4 – 5 m, v rastru 1,5 x 2,0 m. Výška spodní etáže ve sklonu 2:1 je proměnná od 0 až do 5,2 m.

Před zahájením ražeb se nad klenbou PTT vybudoval ochranný deštník z mikropilot 114/6,3 mm délky 20 m.

Práce na západním portálu probíhaly až do konce července 2014 a prováděla je firma Geostatik. Ještě před jeho úplným dokončením bylo možné zahájit ražbu PTT.

Pohled na západní portál tunelu Poľana nabízí obr. 4 (vpravo PTT, vlevo úniková štola).

Během prací na stavbě západního portálu byly zahájeny práce na zařízení staveniště. Zařízení staveniště se skládá ze 3 částí – ZS1, ZS2 a ZS3. Všechny 3 části ZS jsou umístěny na západní straně tunelu. ZS1 slouží jako skladovací plocha materiálů pro ražbu a betonárnu. Na ZS 2 jsou umístěny kancelářské buňky, sociální zařízení a šatny. ZS 3 se nachází přímo u vstupu do tunelu a je tam umístěna zámečnická hala, betonárna, mezideponie, sklady a mycí zařízení pro kola nákladních vozidel odvázejících rubaninu.

V polovině července 2014 se rozběhly hrubé terénní práce včetně zabezpečení svahů východního portálu.

Způsob zajištění portálové stěny a svahů stejně jako použité materiály byly obdobné jako u portálu západního. Pouze kotevní prahy se neprovedly ze stříkaného betonu, ale byly použity betonové prefabrikáty a portálová stěna se budovala ve 3 etážích.

Největším problémem při zajišťování východního portálu byl přístup k němu. Na rozdíl od portálu západního, kde už existovala přístupová komunikace (vybudovaná pro ražbu průzkumné štoly), bylo třeba v náročných terénních podmínkách zřídit provizorní stavební přístupovou cestu. Dalším problémem byly klimatické podmínky. Neustálé přívalové deště neuvěřitelným způsobem komplikovaly zemní práce při prohlubování stavební jámy a hlavně při odvozu výkopku



Obr. 4 Pohled na stávající západní portál (foto Matúš Mikolaj)

Fig. 4 View of the current western portal (photo Matúš Mikolaj)

The work on the western portal started at the end of March 2014, as the first of the operations. It was necessary to rebuild the portal which was carried out during the excavation of the exploratory gallery in 2006 (see Fig. 3). The entire original portal had to be dug off. Even a part of the gallery at the length of about 11m was broken out.

The construction pit is formed by a portal wall and left-hand and right-hand side slopes (viewed in the direction of chainage).

The left-hand side is sloped at 1:2.

The front portal wall is divided into a 0.8m wide bench and two stages. In the beginning, the first stage was excavated at 1:1 slope and subsequently at 4:1 slope. A 10cm thick layer of shotcrete C 20/25 was applied to the slope.

The 4:1 slope was stabilised by a 15cm thick layer of C 20/25 shotcrete reinforced with KARI welded mesh $\varnothing 8$ mm, meshes 150x150mm, and earth nails and cable-type ground anchors with anchoring beams.

The 3m long and 28mm diameter earth nails were installed at 1.5 x 2.0m grid. The deviation from the horizontal plane is 14° . The five-strand cable anchors were 25m long (15m free length, 10m long root), $F = 500$ kN, deviation from the horizontal plane 3° and 12° . The spacing of anchors amounted to 2.5m.

The anchoring beam is formed by a layer of C 20/25-grade shotcrete minimally 400mm thick, reinforced with two layers of KARI mesh $\varnothing 8$ mm, meshes 150x150mm, and a LARSEN III steel sheet pile.

The second stage of the portal wall was excavated at the slope of 4:1, down to the construction pit bottom. The height of this stage changes between the gallery and the right-hand tunnel tube from 6.08 to 9.8m. The excavation is stabilised by a 0.15m thick layer of C 20/25-grade shotcrete, which is reinforced with KARI mesh $\varnothing 8$ mm, meshes 150x150mm, and 5m long and 28mm diameter ground nails and two tiers of 15m long cable-type ground anchors (10m free length, 5m long root) with anchoring beams. The five-strand cable anchors, $F=500$ kN, are spaced at 2.5m, the deviation from the horizontal plane is 12° . The anchoring beams are designed similarly to those designed for the first stage.

The right-hand side slope was excavated down to the depth of 2m (from the original terrain level) at the gradient of 1:1. It is protected by a 0.1m thick layer of C 20/25 shotcrete. The lower stage is at the gradient of 2:1. It was stabilised by a 15cm thick layer of C 20/25 shotcrete reinforced with KARI mesh $\varnothing 8$ mm, meshes 150x150mm. The excavation was further stabilised by 4 – 5m long ground nails installed at 1.5 x 2.0m grid. The height of the lower 2:1 sloped stage is variable, ranging from 0 to 5.2m.

z portálu. Zemina se neustále nasycovala vodou a docházelo k ujždění svahu. Práce na portálu prováděla firma Zakládání staveb, která jej koncem října 2014 dokončila. Pohled na východní portál nabízí obr. 5.

RAŽBA PTT

Délka ražené části tunelu v ose je 860,60 m. Tunel je navržen v nadmořské výšce cca 600 m n. m. Maximální výška nadloží je 64 m.

Nad tunelem ani v blízkosti portálů se nenachází žádná povrchová zástavba. Ražba probíhá technologií NRTM (Nová rakouská tunelovací metoda).

Předpokládané horninové poměry byly klasifikovány podle TP 06-1/2006 Podzemní stavby, Část 1: Cyklické ražení, vystrojovací třídy do následujících vystrojovacích tříd (VT) výrubu: 4,5/1, 5/2, 6/1, 6/2, 7/1, 7/2, 7/3, 5/1 NZ (nouzový záliv), 5/2 NZ, 6/1 NZ, 6/2 NZ a 7 NZ.

Profil tunelu PTT včetně nouzových zálivů je horizontálně členěn na kalotu, opěří a dno, resp. spodní klenbu (obr. 6, 7 a 8). Každá z těchto tří částí se razí samostatně.

Odstupy čeleb kaloty, opěří a dna stejně jako délky záběrů závisí na dané vystrojovací třídě. Příklad postupu ražeb ve VT 7/2 je zřejmý z obr. 9. Délky záběrů pro jednotlivé vystrojovací třídy jsou uvedeny v tab. 1.

Plocha výrubu tunelu je závislá na vystrojovací třídě. V kalotě činí řádově 58 m², v opěří 22 m² a v protiklenbě 20 m². V místech nouzového zálivu má kalota plochu 82 m², opěří 27 m² a protiklenba 34 m².



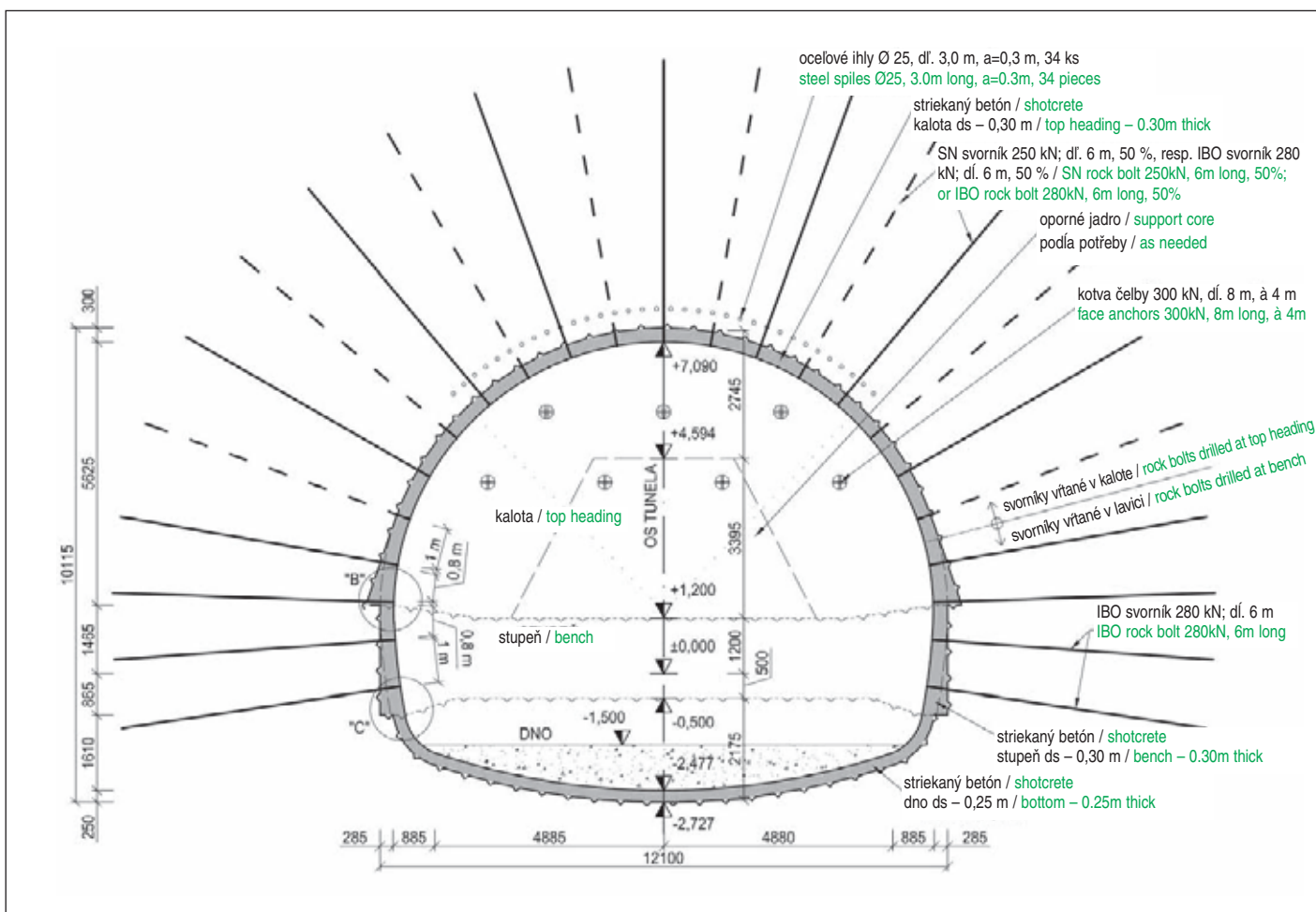
Obr. 5 Pohled na východní portál krátce před jeho dokončením (foto Lukáš Kuča)

Fig. 5 View of the eastern portal shortly before the completion (photo Lukáš Kuča)

Canopy tube pre-support consisting of 20m long tubes 114/6.3mm was installed over the RTT vault before the tunnel excavation started.

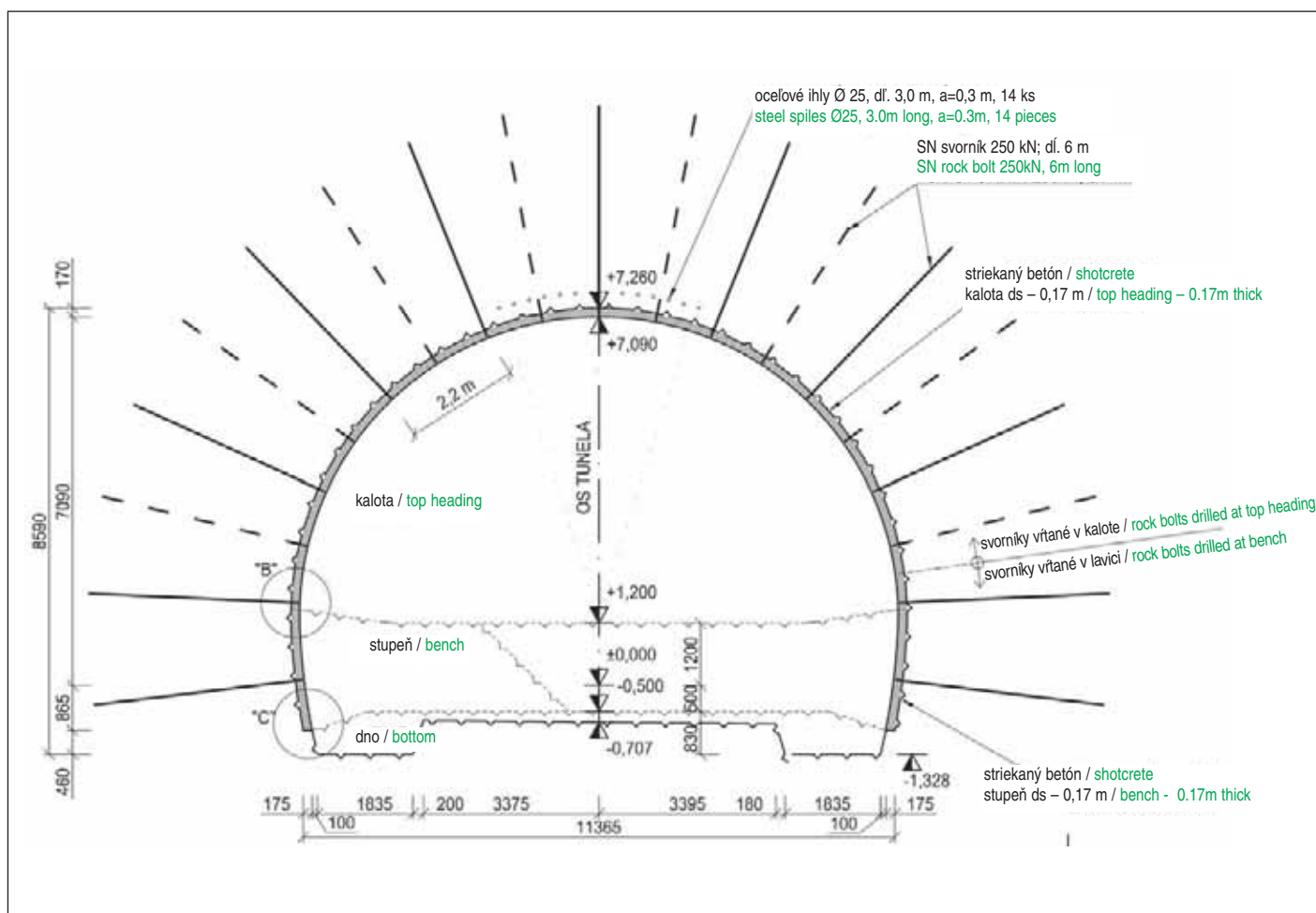
The work on the western portal lasted till the end of July 2014; it was carried out by Geostatik a.s., Žilina. It was possible to commence the excavation of the RTT even before the full completion of the portal.

A view of the western portal of the Poľana tunnel is presented in Fig. 4 (the RTT pictured right, the escape gallery pictured left).



Obr. 6 Vzorový pričný rez VT 7/2 (Projektová dokumentace, Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.)

Fig. 6 Typical cross-section for ESC 7/2 (Design documents, Basler & Hofmann Slovakia s. r. o.)



Obr. 7 Vzorový příčný řez VT 4 (Projektová dokumentace, Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.)

Fig. 7 Typical cross-section for ESC 4 (Design documents, Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.)

Rozpojování horniny se provádí buď strojně, nebo pomocí trhacích prací.

PRIMÁRNÍ OSTĚNÍ

Konstrukce primárního ostění sestává z ocelových sítí, příhradových rámu typu BTX, stříkaného betonu (SB) a systémově rozmístěných svorníků. V případě nestabilních horninových podmínek jsou před budováním primárního ostě-

The work on construction facilities started during the work on the western portal. The construction site facilities comprise 3 parts – CSF1, CSF2 and CSF3. All of the 3 parts are located on the western side of the tunnel. CSF1 is used as an area for storing materials required for the tunnel excavation and for the batching plant. Office containers, welfare facilities and changing rooms are installed on CSF2. CSF3 is located directly at the tunnel entrance. It contains a mechanical fitting shed, a concrete batching

plant, an intermediate stockpile, warehouses and a vehicle washing facility for cleaning the wheels of vehicles transporting muck from the tunnel.

The general terrain shaping including the stabilisation of the slopes of the eastern portal got underway in the middle of July 2014.

The method of the stabilisation of the portal wall and the side slopes, as well as the materials used, were identical with those applied to the western portal, with the exception of the anchoring beams, which were carried out using prefabricated concrete elements instead of shotcrete, and the portal wall, which was carried out in 3 stages.

The greatest problem regarding the stabilisation of the eastern portal lied in providing an access to it. In

Tab. 1 Délky záběrů pro jednotlivé vstrojovací třídy

Table 1 Lengths of excavation rounds for individual excavation support classes

Vstrojovací třída Excavation support class	Kalota (m) Top heading (m)	Opěří (m) Bench (m)	Dno (m) Bottom (m)
VT 4	1,7 – 2,2 / 1,7 – 2,2	3,4 – 4,4 / 3,4 – 4,4	max. 20 / max. 20
VT 5/1	1,3 – 1,7 / 1,3 – 1,7	2,6 – 3,4 / 2,6 – 3,4	max. 10 / max. 20
VT 5/2	1,3 – 1,7 / 1,3 – 1,7	2,6 – 3,4 / 2,6 – 3,4	max. 10 / max. 20
VT 6/1	1,0 – 1,3 / 1,0 – 1,3	2,0 – 2,6 / 2,0 – 2,6	4,0 – 5,2 / 4,0 – 5,2
VT 6/2	1,0 – 1,3 / 1,0 – 1,3	2,0 – 2,6 / 2,0 – 2,6	4,0 – 5,2 / 4,0 – 5,2
VT 7/1	0,8 – 1,0 / 0,8 – 1,0	1,6 – 2,0 / 1,6 – 2,0	3,2 – 4,0 / 3,2 – 4,0
VT 7/2	0,8 – 1,0 / 0,8 – 1,0	1,6 – 2,0 / 1,6 – 2,0	3,2 – 4,0 / 3,2 – 4,0
VT 7/3	0,8 – 1,0 / 0,8 – 1,0	1,6 – 2,0 / 1,6 – 2,0	1,6 – 2,0 / 1,6 – 2,0
VT 5/1 - NZ	1,3 – 1,7 / 1,3 – 1,7	2,6 – 3,4 / 2,6 – 3,4	max. 15 / max. 15
VT 5/2 - NZ	1,3 – 1,7 / 1,3 – 1,7	2,6 – 3,4 / 2,6 – 3,4	max. 15 / max. 15
VT 6/1 - NZ	1,0 – 1,3 / 1,0 – 1,3	2,0 – 2,6 / 2,0 – 2,6	4,0 – 5,2 / 4,0 – 5,2
VT 6/2 - NZ	1,0 – 1,3 / 1,0 – 1,3	2,0 – 2,6 / 2,0 – 2,6	4,0 – 5,2 / 4,0 – 5,2
VT 7 - NZ	0,8 – 1,0 / 0,8 – 1,0	1,6 – 2,0 / 1,6 – 2,0	3,2 – 4,0 / 3,2 – 4,0



Obr. 8 Nástřik spodní klenby SB (na obr. je vidět horizontální členění výrubu) (foto Lukáš Kuča)

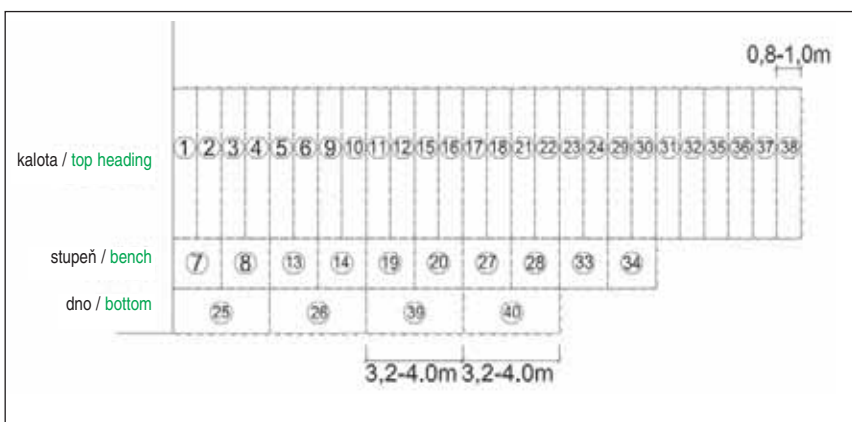
Fig. 8 Applying shotcrete to invert (the horizontal excavation sequence can be seen in the picture) (photo Lukáš Kuča)

ní aplikována opatření pro stabilizaci klenby výrubu a případně i zajištění horní části čelby v ploše kaloty (deštníky IBO, jehlování). Na obr. 10 je znázorněn podélný řez primárním ostěním (pro VT 5/1). Ihned po vyražení záběru dílčí části čelby tunelu (kalota, opěří, dno či protiklenba) se musí provést primární ostění podle navržené třídy výrubu.

Pro primární ostění je standardně navržen stříkaný beton třídy C20/25. Nástřik SB je prováděn mokrou cestou. Jako přísada urychlující tuhnutí SB se používá MasterRoc SA 183 firmy BASF. Náběhy pevnosti mladého SB (stříkaný beton do doby stáří 24 hod.) jsou předepsány podle křivky J2 a pro zvodnělé prostředí podle J3. Tloušťka primárního ostění se pohybuje v rozmezí od 170 mm do 300 mm (podle VT).

Výztuž ve stříkaném betonu je navržena modifikovaně podle VT ze svařovaných ocelových sítí $\text{Ø } 6 - 150 \times 150 \text{ mm}$, $\text{Ø } 8 - 150 \times 150 \text{ mm}$ a $\text{Ø } 8 - 100 \times 100 \text{ mm}$. Velikost přesahu sítě je min. 300 mm v každém směru. Sítě se použijí v jedné nebo dvou vrstvách, podle příslušné vstrojovací třídy. Napojení prvních sítí (vnějších) mezi kalotou a opěřím (resp. mezi opěřím a dnem) se provede pomocí stykovacích prutů – tzv. „vylamování“. Jde o ocelový profil $\text{Ø } 8 \text{ mm}$, délky 800 mm a tvaru L. Tyto prvky se při montáži první vrstvy sítě kaloty (resp. opěří) přivážou vázacím drátem na každý svislý drát výztužné sítě a jejich vodorovná část se ochrání zásypem před zastříkáním. Při osazování vnějších sítí opěří (resp. dna) se tyto prvky narovnají a použijí k napojení.

Napojení druhých sítí (vnitřních) je provedeno jejich nezastříkáním v délce přesahu tak, aby bylo možné po vyražení následujícího dílčího výrubu provést napojení navazujících sítí a jejich následné zastříkání SB (obr. 11).



Obr. 9 Časový postup ražeb ve VT 7/2

Fig. 9 Excavation sequence for ESC VT 7/2

contrast with the western portal, where the access road had existed (built for the excavation of the exploratory gallery), it was necessary to provide a temporary access road in the difficult terrain conditions. Another problem lied in climatic conditions. Permanent torrential downpours unbelievably complicated the earth-moving operations when the construction pit was being deepened and, in particular, during the transport of muck from the portal. The soil was continually saturated with water and slope slides took place. The work on the portal was carried out by Zakládání staveb a. s., which finished it at the end of October 2014. A view of the eastern portal is presented in Fig. 5.

EXCAVATION FOR THE RTT

The length of the mined part of the tunnel tube, measured on the tunnel axis, amounts to 860.60m. The tunnel elevation is designed at approximately 600m a. s. l. The minimum overburden height is 64m.

Surface buildings are located neither above the tunnel nor in the vicinity of the portals. The tunnel is driven using the NATM (the New Austrian Tunnelling Method).

The assumed ground conditions were categorised in compliance with the technical specifications *TP 06-1/2006 Underground Construction, Part 1: Cyclic Excavation, Excavation Support Classes* as being in the following excavation support classes: 4.5/1, 5/2, 6/1, 6/2, 7/1, 7/2, 7/3, 5/1 (EL – the emergency lay-by, 5/2 EL, 6/1 EL, 6/2 EL and 7 EL).

The profile of the RTT inclusive of emergency lay-bys is divided horizontally into top heading, bench and bottom or invert (see Figures 6, 7 and 8). Each of these three parts is driven separately.

The distances between the top heading, bench and bottom excavation faces depend on the particular excavation support class. An example of the excavation procedure for ESC 7/2 is obvious from Fig. 9. An example of the excavation round lengths for individual excavation support classes are presented in Table 1.

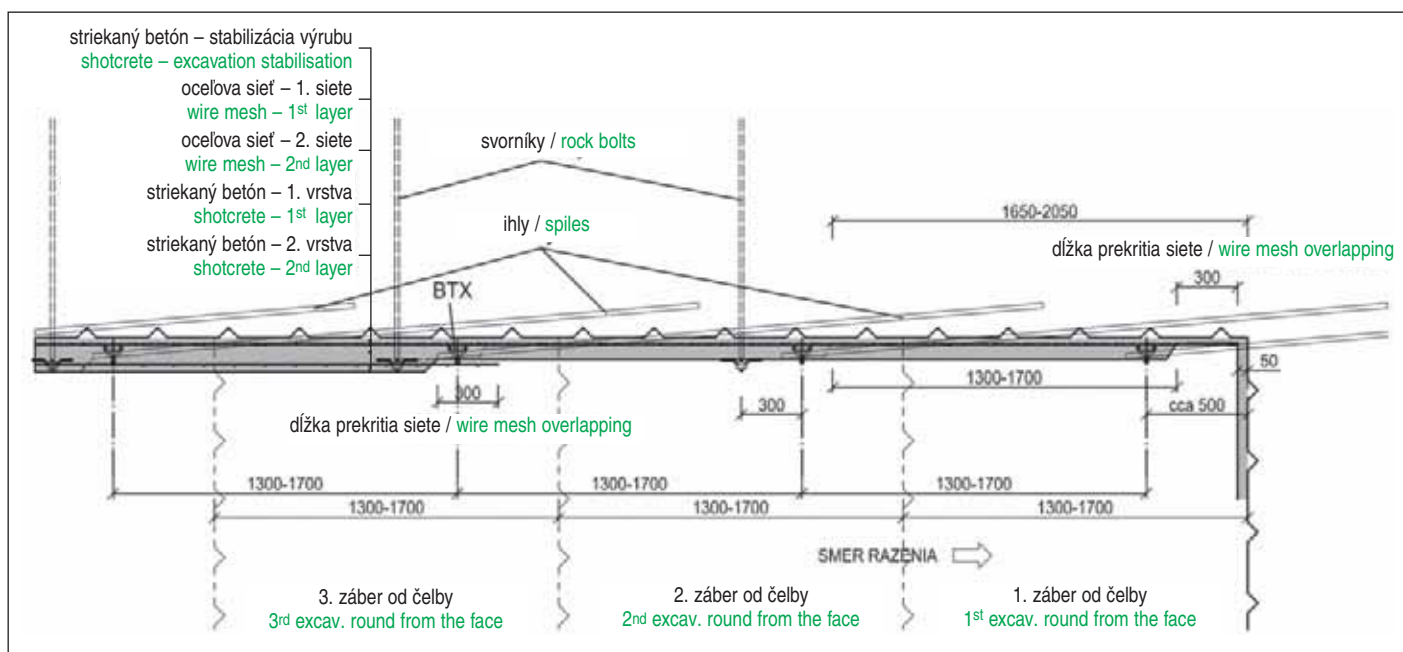
The excavated cross-sectional area of the tunnel depends on the excavation support class. At the top heading, bench and invert it amounts to the order of 58m², 22m² and 20m², respectively. In the locations of emergency lay-bys, the excavated cross-sectional area of top heading, bench and invert amounts to 82m², 27m² and 34m², respectively.

The ground is disintegrated either mechanically or by blasting.

PRIMARY LINING

The primary lining structure consists of welded mesh, BTX-type lattice girders, shotcrete (SC) and systematically distributed rock bolts. In the cases of instable ground conditions, measures designed to stabilise the vault of the excavated opening and, if necessary, to stabilise the upper part of the excavation face within the area of the top heading (IBO umbrellas, spiling) are applied before the installation of the primary lining. The longitudinal section through the primary lining (for ESC 5/1) is presented in Fig. 10. The primary lining, according to the designed excavation support class, has to be installed immediately after the completion of the partial excavation sequence (top heading, bench, bottom or invert).

Shotcrete grade C20/25 is designed as a standard for the primary lining. The shotcrete is applied using the wet process. BASF-produced MasterRoc SA 183 is used as the setting accelerator



Obr. 10 Podélný řez primárním ostěním (VT 5/1) (Projektová dokumentace, Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.)

Fig. 10 Longitudinal section through primary lining (ESC 5/1) (Design documents, Basler & Hofmann Slovakia s. r. o.)

Pro primární ostění kaloty a opěří jsou navrženy obloukové příhradové ocelové rámy (BTX), které se osazují v každém záběru. V protiklenbě se BTX neosazují. V podélném směru jsou rámy stabilizované pomocí ocelových rozpínek a celý oblouk je fixován k vnější vrstvě kari sítí.

Pro jednotlivé vystrojovací třídy je navrženo systémové kotvení. Navržené typy a délky se odlišují u VT podle předpokládaných geologických podmínek. V místech s mírně tektonicky narušenou skalní horninou jsou navrženy svorníky typu SN délky 4 až 6 m. V místech poruch nebo při výskytu silně tektonicky narušené skalní horniny jsou navrženy samozávrtné svorníky typu IBO R32 délky 6 m. Čas osazování svorníků v rámci budování primárního ostění, jejich injektáž a aktivace jsou dány technologickým postupem pro ražbu.

Při zastizení poruch nebo v místech se silně tektonicky narušenou skalní horninou je v příslušných vystrojovacích třídách navrženo předstihové zajištění horniny nad klenbou. Ocelové jehly nebo samozávrtné svorníky se osazují v klenbě kaloty vždy před výrubem dalšího záběru. Mohou být použity ocelové jehly průměru 25 mm a délky 3 m a 4 m nebo samozávrtné svorníky IBO R51L délky 9 m. Jehly se osazují většinou nasucho bez zaplnění vrtu cementovou suspenzí. Svorníky IBO R 51L se použijí v úsecích s okamžitým zavalováním vrtů a stabilizují se injektáží cementovou suspenzí.

Příklad postupu vybudování primárního ostění (ve VT 5/1) je následující.

Postup prací v kalotě:

1. provedení vrtů a osazení ocelových jehel \varnothing 25 dl. 3 m;
2. výlom kaloty: délka záběru 1,3 až 1,7 m (navrtání čelby podle vrtného schématu, nabíjení vývrtů, trhací práce);
3. odvětrání pracoviště na čelbě tunelu, odtěžení rubaniny, strojní dočištění výlomu;
4. zajištění výrubu kaloty primárním ostěním:
 - a) v prvním záběru od čelby:
 - nástřík líce výrubu stabilizační vrstvou ze SB tl. 25 mm a stabilizace plochy čelby SB tl. 50 mm podle potřeby,
 - osazení vnějších ocelových sítí (1. síť),
 - osazení ocelového příhradového rámu (BTX),
 - aplikace stříkaného betonu tl. 80 mm (1. vrstva),

additive. The early strength development (for shotcrete up to the age of 24 hours) is prescribed to follow the J2 curve, whilst the J3 curve is to be followed in the cases of a water-bearing environment. The primary lining thickness varies from 170mm to 300mm (depending on the ESC).

The shotcrete reinforcement is designed in a modified way, according to the particular ESCs, using welded mesh \varnothing 6 – 150x150mm, \varnothing 8 – 150x150mm and \varnothing 8 – 100x100mm. The minimum mesh mats overlapping is 300mm in every direction. Welded mesh is applied in one or two layers, depending on the particular excavation support class. The first layers of welded mesh between the top heading and the bench (or between the bench and the bottom) will be spliced using splice bars – the so called “break-off profiles”. They are 800mm long, \varnothing 8mm, L-shaped steel profiles. These elements are tied to each vertical wire of the wire mesh with tie-up wire during the installation of the first (outer) layer of the reinforcing mesh at the top heading and their horizontal parts are protected from covering with shotcrete by packing. When the outer layer of reinforcing wire mesh is being installed at the bench (or the bottom), these elements are straightened and are used for splicing.

The other (inner) mesh layers are spliced by omitting the spray application within the length of the overlap so that it is possible to connect the subsequent mesh and apply shotcrete on them after the completion of the following partial excavation (see Fig. 11).

Arched lattice girders (the BTX type) are designed for the primary lining of the top heading and bench, to be installed at each excavation round. No BTX girders are installed at the invert. The girders are stabilised in the longitudinal direction by means of steel struts and the whole arch is fixed to the outer KARI mesh layer.

Systematic anchoring is designed for individual excavation support classes. The types and lengths designed for the individual excavation classes differ depending on the assumed geological conditions. SN-type rock bolts 4 – 6m long are designed for locations with moderately faulted rock. Self-drilling rock bolts IBO R32, 6m long, are designed for locations displaying failures or the occurrence of heavily faulted rock. The times for the installation of rock bolts within the framework of the installation of the primary lining, their grouting and activation are defined in the technological procedure for the tunnel excavation.

- b) ve druhém záběru od čelby:
- provádění vrtů, jejich vyplnění cementovou směsí a osazení svorníků typu SN,
- c) ve třetím záběru od čelby:
- osazení vnitřních ocelových sítí (2. sítě),
 - dostříkání SB na finální tloušťku 170 mm (2. vrstva).

Postup prací v opěří:

1. odstup opěří od kaloty max. 50 m;
2. výlom opěří: délka záběru 2,6 až 3,4 m - dvojnásobek záběru výrubu v kalotě (očistění a navrtání čelby, nabíjení, trhací práce);
3. odvětrání pracoviště a odtěžení rubaniny, strojní dočištění výrubu;
4. zajištění výrubu opěří:
 - a) v prvním záběru od čelby:
 - zajištění výrubu stabilizační vrstvou ze SB tl. 25 mm podle potřeby,
 - osazení vnější ocelových sítí (1. sítě),
 - osazení ocelového příhradového rámu (BTX),
 - aplikace stříkaného betonu tl. 80 mm (1. vrstva),
 - b) ve druhém záběru od čelby:
 - provádění vrtů, jejich vyplnění cementovou směsí a osazení svorníků typu SN,
 - c) ve třetím záběru od čelby:
 - osazení vnitřních ocelových sítí (2. sítě),
 - dostříkání SB na finální tloušťku 170 mm (2. vrstva).

Postup prací ve dně:

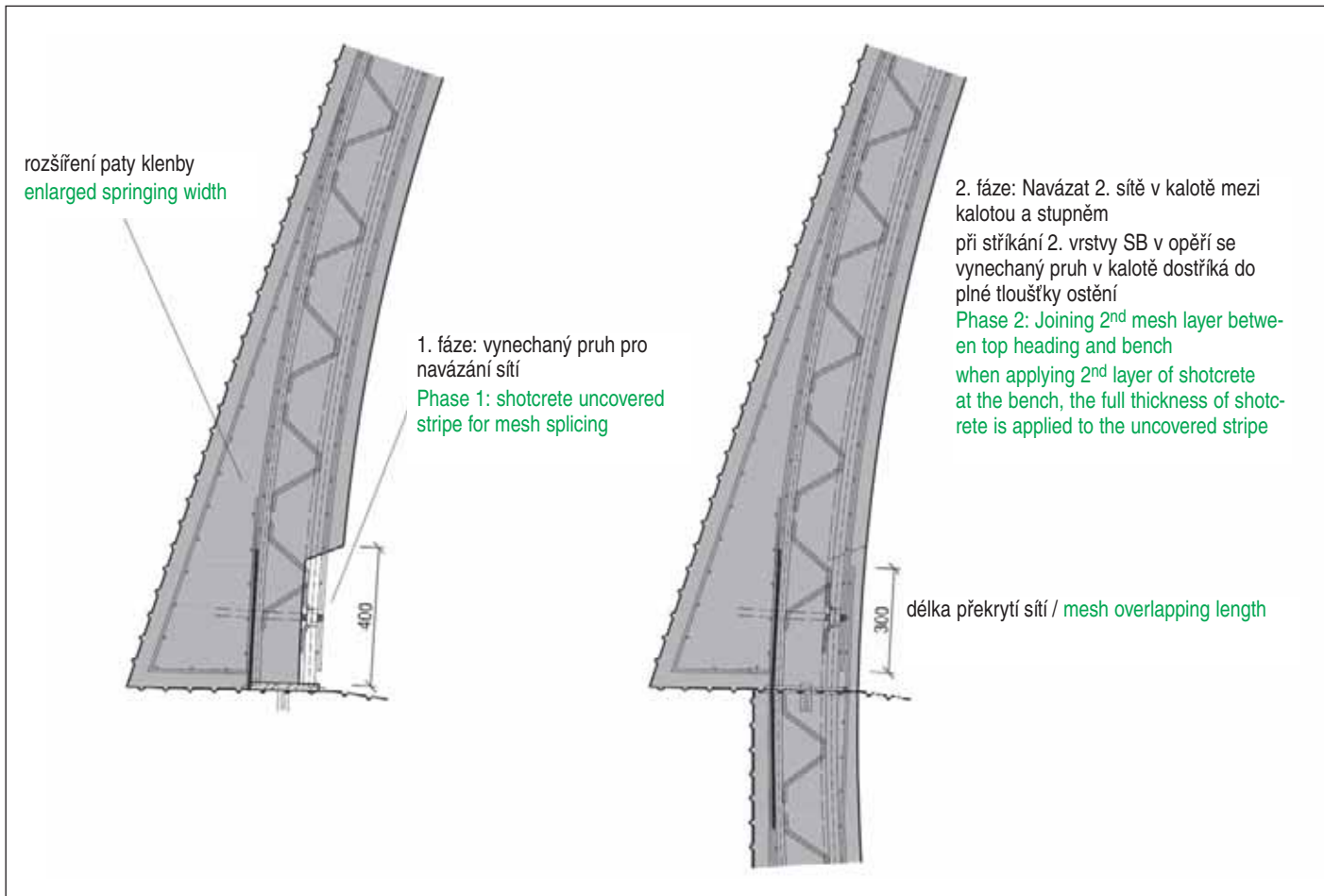
1. odstup dna od opěří bez omezení (případně podle výsledků měření deformací);

Advanced support of the ground above the excavation vault is designed in the particular excavation support classes for the cases of encountering failures or locations with heavily faulted rock. Steel spiles or self-drilling rock bolts are installed at the top heading vault always before the excavation of the next round. It is possible to use 3 or 4m long steel spiles 25mm in diameter or 9m long IBO R51L self-drilling rock bolts. The spiles are mostly installed without the filling of boreholes with a cement mixture. The IBO R51L rock bolts are to be used in sections with immediately collapsing boreholes; they are stabilised by injecting cement suspension.

An example of the procedure for the installation of the primary lining (for ESC 5/1) is as follows:

Works procedure for the top heading:

1. the execution of drillholes and insertion of 3m long steel spiles \varnothing 25mm;
2. the excavation of top heading: excavation round length 1.3 – 1.7m (drilling into the excavation face according to the drill pattern, loading the blast holes, blasting);
3. the evacuation of smoke from the workplace at the tunnel heading, removing the muck, mechanical cleaning of the excavated opening surface (scaling);
4. supporting the top heading excavation by the primary lining:
 - a) at the first excavation round back from the face:
 - applying a 25mm thick stabilisation layer of shotcrete to the surface of the excavated opening and stabilising the face by a 50mm thick layer of SC, as needed,
 - installing the outer welded mesh (1st layer),



Obr. 11 Napojení vnitřních sítí mezi kalotou a opěří (Projektová dokumentace, Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.)

Fig. 11 Splicing of the inner layer of mesh between top heading and bench (Design documents, Basler & Hofmann Slovakia s. r. o.)

2. výlom dna délka max. 10 m;
3. ochrana dna betonem C 16/20.

Strojní sestava

Důležitou součástí metody NRTM jsou strojní mechanismy. Tab. 2 uvádí strojní a elektrické zařízení používané při ražbě tunelu Pořana.

GEOTECHNICKÝ MONITORING

Program geotechnického monitoringu (GM) je navržen s cílem kontroly stability svahů stavebních jam a výrubu tunelové trouby a únikové štoly, kontroly namáhání prvků ostění, zajištění bezpečnosti pracovníků a mechanismů, rozpoznání ekonomických rezerv a stanovení geometrických tolerancí na základě sledování deformací výrubu. Program GM sestává z geotechnické dokumentace, měřicího programu a z interpretace měření a rozhodování vyplývajícího z posouzení varovných stavů.

Součástí prací geotechnického monitoringu je stálý geologický dozor, který souvisí s realizací geotechnické dokumentace při ražení a vystrojování tunelové trouby.

Měřicí program zahrnuje měření deformací povrchu a konstrukcí portálů, jednoduchých měřicích profilů s měřením deformací výrubu, hlavních měřicích profilů (měření deformací výrubu, stupně rozvolnění horninového masivu v okolí výrubu a měření kontaktních napětí), měření přítoků a hladiny

Tab. 2 Strojní a elektrické zařízení používané při ražbě tunelu Pořana
Table 2 Mechanical and electrical equipment used during the Pořana tunnel excavation

Zařízení Equipment	Typ Type	Použití Usage
vrtná souprava drilling set	Atlas Copco Rocket Boomer L2C Atlas Copco Rocket Boomer L2C	vrtání vývrtů drilling of holes
pásové rýpadlo tracked excavator	Liebherr R 944 C Tunel Litronic Liebherr R 944 C Tunel Litronic	rozpojování, nakládání disintegration, loading
bourací kladivo hydraulic hammer	Krupp HM 100 V Krupp HM 100 V	rozpojování horniny disintegration of ground
rýpadlo – nakladač excavator – loader	JCB 4 CX + bourací kladivo JCB 4 CX + breaker	rozpojování, nakládání disintegration
kolový nakladač loading, wheeled loader	Volvo L 180 F Volvo L 180 F	nakládání, doprava loading, transport
dampr dumper	Volvo A25D Volvo A25D	odvoz rubaniny transport of muck, SC
manipulátor SB manipulator	Meyco Potenza, Suprema Meyco Potenza, Suprema	stříkání betonu application of shotcrete
pracovní plošina hoisting platform	Atlas Copco DC 16/HL Atlas Copco DC 16/HL	manipulace, montáže handling, installation
injektažní čerpadlo grouting pump	IBO REP IBO REP	injektaž svorníků, jehel injection of grout for rock, bolts and spiles
ponorné čerpadlo submersible pump	Flyght KDFU Flyght KDFU	odvodnění pracoviště evacuation of water from workplaces
ventilátory ventilators	Korfmann Korfmann	odvětrání tunelu tunnel ventilation
trafostanice transformer station		elektrická energie power
kompresor compressor	kontejnerový container type	stlačený vzduch compressed air
autodomichávač readymix truck	dodavatel betonu supplier of concrete	transport betonu transport of concrete

- installing a steel lattice girder (BTX-type),
 - applying an 80mm thick layer of shotcrete (1st layer),
- b) at the second excavation round back from the face:
 - drilling, filling the drillholes with cement mixture and installing SN-type rock bolts,
 - c) at the third excavation round back from the face:
 - installing the inner layer of welded mesh (2nd layer),
 - applying shotcrete to the full thickness of 170mm (2nd layer).

Works procedure for the bench:

1. the maximum distance between the bench and the top heading of 50m;
2. the excavation for the bench: excavation round length of 2.6 to 3.4m – the double of the excavation round length at the top heading (cleaning of the face, drilling, loading of blast holes, blasting);
3. evacuating smoke from the workplace and removing the muck, mechanical cleaning of the excavated opening surface;
4. installing the bench excavation support:
 - a) at the first excavation round back from the face:
 - applying a 25mm thick stabilisation layer of shotcrete to the surface of the excavated opening by a 25mm thick layer of SC, as needed,
 - installing outer welded mesh (1st layer),
 - installing a steel lattice girder (BTX-type),
 - applying an 80mm thick layer of shotcrete (1st layer),

- b) at the second excavation round back from the face:
 - drilling, filling the drillholes with a cement mixture and installing SN-type rock bolts,
- c) at the third excavation round back from the face:
 - installing the inner layer of welded mesh (2nd layer),
 - applying shotcrete to the full thickness of 170mm (2nd layer).

Works procedure for the bottom:

1. unrestricted distance between the bottom excavation face and the bench face (or according to the results of deformation measurements);
2. maximum bottom excavation advance length of 10m;
- 3 bottom protection with C 16/20 concrete.

Mechanical equipment set

Mechanical equipment is an important part of the NATM excavation. The mechanical and electrical equipment used during the Pořana tunnel excavation is presented in Table 2.

GEOTECHNICKÝ MONITORING

The geotechnical monitoring (GM) programme is designed with the aim of checking on the stability of slopes of construction pits and the stability of the tunnel and escape gallery excavation, checking on stresses in the lining elements, securing the safety of workers and equipment, identifying economic reserves and setting geometric tolerances on the basis of the



Obr. 12 Deštník ze svorníků IBO R51 L (foto Lukáš Kuča)
Fig. 12 Protective umbrella - IBO R51 L rock bolts (photo Lukáš Kuča)

podzemní vody, teploty a deformačních charakteristik horninového prostředí.

ZÁVĚR

Ražba PTT začala dne 1. července 2014 dovrchně ze západního portálu. Prvních 20 m se razilo pod ochranným deštníkem z mikropilot 114/6,3 mm. Následně ražba pokračovala pod zajištěním přístropí tunelu z deštníků IBO R51 L (obr. 12). To znamená, že v každém 4. nebo 5. záběru se po obvodu klenby kaloty navrtalo 34 ks svorníků IBO R51 L dl. 9 m, které se následně zainjektovaly cementovou směsí. Projekt předpokládal, že přibližně po 30 m se geologie zlepší natolik, aby bylo možné budovat primární ostění ve vystrojovacích třídách, kde už nebude nutné instalovat ochranné IBO deštníky. Skutečně zastížená geologie (zvětralé jílovce a pískovce) však ani po vyražení 190 m v kalotě (160 m v opěří a 155 m ve dně) nedovoluje bezpečnou ražbu bez těchto deštníků. Nutnost jejich provádění má bohužel za následek výrazné zpomalení ražeb, čímž dochází ke zpoždění oproti původnímu harmonogramu. Špatné geologické podmínky rovněž neumožňují výraznější odstup kaloty od opěří a spodní klenby, což v důsledku opět zpomaluje postup ražeb. Primární ostění v současných geologických podmínkách je třeba co nejdříve uzavírat spodní klenbou, aby se předešlo velkým deformacím výrubu i nadloží. Aby byly časové ztráty pokud možno co nejmenší, bude nutné upravit postup výstavby. Do budoucna se proto například uvažuje i s ražbou z východního portálu.

*Ing. JÁN PAPCÚN, jan.papcun@metrostav.cz,
METROSTAV a.s.*

Recenzovali: Ing. Pavel Polák, Ing. Jan Korejčík

observation of excavation deformations. The GM programme consists of geotechnical documentation, the programme of measurements, the interpretation of measurements and making decisions following from the assessment of warning states.

Permanent geotechnical supervision, which is associated with the realisation of geotechnical documentation during the course of the excavation of the tunnel tube and installation of excavation support in it, is part of the geotechnical monitoring work.

The measuring programme comprises the measurements of deformations of the surface and portal structures, simple measurement stations (measuring deformations of the excavated opening, the degree of loosening of rock mass surrounding the excavation and measuring contact stresses), measurements of inflows and the water table level, temperature and deformational characteristics of the ground massif.

CONCLUSION

The uphill excavation for the RTT commenced on the 1st July of 2014 from the western portal. The initial 20m-long section was driven under canopy tube pre-support (114/6.6mm tubes). Subsequently the excavation proceeded with the vault of the tunnel top heading supported by umbrellas consisting of IBO R51 L rock bolts (see Fig. 12). It means that 34 holes were drilled around the vault circumference for 9m long IBO R51 L rock bolts at each 4th or 5th excavation round. Cement grout was subsequently injected into the holes containing the rock bolts. The design assumed that the geology would improve approximately 30m from the portal so much that it would be possible to install the primary lining in excavation support classes not requiring the installation of protective IBO umbrellas. However, the actually encountered geology (weathered claystone and sandstone) after the completion of 190m of the top heading (160m of the bench and 155m of the bottom) does not allow safe driving without the umbrellas. Unfortunately, the necessity for their installation leads to significant reduction in the excavation rates, causing delays in comparison with the original works schedule. In addition, the poor geological conditions do not allow for greater distances between the top heading and the bench and the invert, which fact also reduces the excavation advance rate. In the current geological conditions, the primary lining has to be closed by the invert as soon as possible so that large deformations of the excavation and the overburden are prevented. The construction procedure will have to be modified so that the losses of time are reduced as much as possible. For example, driving the tunnel tube from the eastern portal is therefore under consideration for the future.

*Ing. JÁN PAPCÚN, jan.papcun@metrostav.cz,
METROSTAV a.s.*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] ZWILLING, R. Technická správa – SO 203-07 Razený tunel – PTR, časť 01. Primárne ostenie. Basler&Hofmann Slovakia s.r.o., 04/ 2014, 17 s.
- [2] ZWILLING, R. Technická správa – SO 203-01 Západný portál pre razenie tunela, časť 01. Hrubé terénne úpravy. Basler&Hofmann Slovakia s.r.o., 01/ 2014, 10 s.
- [3] ZWILLING, R. Technická správa – SO 203-02 Východný portál pre razenie tunela, časť 01. Hrubé terénne úpravy. Basler&Hofmann Slovakia s.r.o., 06/ 2014, 11 s.
- [4] TOMEČEK, M. Technická správa – SO 203-56 Geotechnický monitoring. Basler&Hofmann Slovakia s.r.o., 02/ 2014, 28 s.
- [5] Súťažné podklady: Diaľnica D3 Svrčinovec – Skalité, Národná diaľničná spoločnosť, a.s.

TEKUTÉ NEBO STŘÍKANÉ HYDROIZOLAČNÍ SYSTÉMY V TUNELECH: KRITICKÉ ZHODNOCENÍ VE SROVNÁNÍ S FÓLIOVÝMI MEMBRÁNAMI

LIQUID OR SPRAY-APPLIED WATERPROOFING SYSTEMS IN TUNNELS: A CRITICAL REVIEW IN COMPARISON TO PLASTIC SHEET MEMBRANES

STEFAN LEMKE

ABSTRAKT

Během posledních několika let vstupují do tunelářského odvětví technologií stříkaných membrán pojmy jako „přístup 21. století“, „nová úroveň ochrany“, „inovativní hospodárný přístup k hydroizolaci tunelů“, „budoucí koncept sucha“, „voděodolnost pro hydrostatický tlak do 100 bar“ (Ouellet 2013) a „význačné úspory v projektu“. Tento trend přináší vysoká očekávání, avšak dosud bez kritického posouzení z technologického hlediska. Předmětem tohoto článku je prezentovat objektivní pohled na stříkané membrány nejen v souvislosti s materiály, ale také v souvislosti s komplexními podmínkami systému, a to s ohledem na nejmodernější technologii fóliových membrán a s cílem přiblížit omezení i výhody obou systémů.

ABSTRACT

Terms like 'the 21st century approach', 'a new level of protection', 'innovative, cost-effective method for tunnel waterproofing', 'a future design for dry', 'water resistance for hydrostatic pressures up to 100 bars' (Ouellet 2013) and 'significant project savings' have introduced the technology of spray-applied membranes to the tunnelling industry in the last couple of years, providing high expectations but, up to now, without being critically reviewed from a technological point of view. The subject of this publication is to present an objective view of spray-applied membranes, not only related to the materials but also to the complex system-relevant conditions, in consideration to the state-of-the-art technology of sheet membranes and with the aim to approximate limitations and advantages of both systems.

1. ÚVOD

Jedním z hlavních problémů tunelářských prací bylo odjakživa to, jak se vypořádat s výskytem podzemní vody, a to jak během procesu výstavby, tak po celou dobu životnosti díla. Dvouplášťový konstrukční systém s primárním ostěním ze stříkaného betonu, fóliovou hydroizolační membránou a monolitickým sekundárním ostěním s definitivní funkcí, se po celém světě etabloval jako účelný a účinný přístup při konvenční ražbě tunelů. Směrnice jako německé ZTV-ING, švýcarské SIA nebo příslušné rakouské směrnice – je uvedeno jen několik z těch nejvýznamnějších – obsahují doporučený systematický přístup k návrhu a provádění vodotěsných systémů, který zajišťuje kvalitu, trvanlivost, a hospodárnost realizovaných izolačních prací.

Pominou-li se některé nevýznamné systematické chyby dvouplášťových ostění a přijmeme-li předpoklad, že lze navrhnout jednoplášťové ostění, které je stejně nepropustné a trvanlivé jako dvouplášťové řešení, pak jednoplášťová konstrukce může přinést zjevné ekonomické výhody. Od bednění pro betonáž vnitřního pláště po osazení fóliové membrány, od montáže výztuže (pakliže je zapotřebí) po výrub samotný: účinná jednoplášťová konstrukce by mohla značně snížit celkové náklady na výstavbu. Proto byly podniknuty kroky k vývoji inovativních receptur stříkaného betonu a přijaty technologické postupy výstavby (Brogi 1992) pro zajištění vodotěsnosti jednoplášťového ostění. Ačkoliv laboratorní zkoušky a první in situ testy jednoplášťových ostění ukázaly slibné výsledky, spolehlivý a ověřený přístup v podobě dvouplášťové konstrukce s mezilehlou izolací nebyl dosud překonán, a to zejména proto, že vzhledem k výskytu trhlin v ostění nelze spolehlivě garantovat vodotěsnost jednoplášťového systému po celou dobu životnosti stavby.

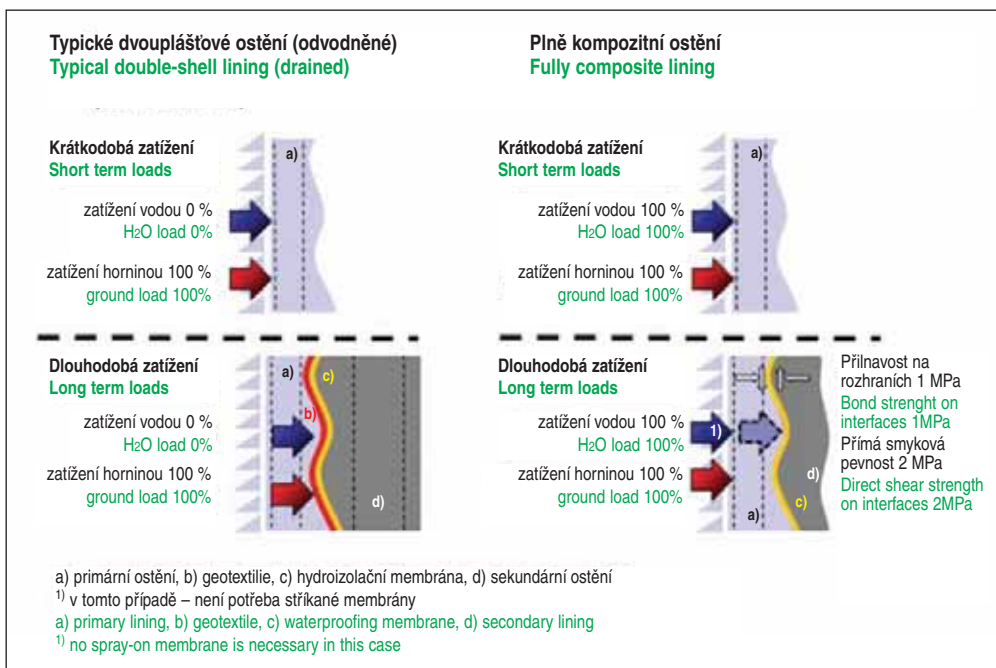
Navíc, je-li definitivní ostění ze stříkaného betonu nanášeno ve více vrstvách s časovou prodlevou mezi nástřiky, například kvůli montáži výztuže, musí být soudržnost mezi vrstvami dostatečná k tomu, aby bylo ze statického hlediska možné ostění považovat skutečně za monolitické. To vytváří omezení a požadavky na sekvenci nástřiků, rychlost zrání, čištění povrchů a technologii betonu obecně. Pro zajištění monolitického působení musí být mezi vrstvami dosažena minimální pevnost v tahu a ve smyku ve výši zhruba 1,5 MPa podle (Gall a kol. 2004). Také EN 1504 (Zásada 3: Obnova betonu) nebo (ASTRA 2002) stanovují podobnou minimální pevnost v soudržnosti nebo na

1. INTRODUCTION

One of the main problems of tunnelling works has always been how to deal with the occurrence of ground water during the construction process as well as throughout the whole lifecycle of the tunnel. Around the world the double-shell construction concept, with a primary shotcrete lining for the early ground support, a sheet membrane as a waterproofing measure and a secondary cast-in-place concrete lining for the permanent ground support, has established itself as a functional and efficient approach for lining works of conventional tunnelling. Guidelines such as the German ZTV-ING, the Swiss SIA or the corresponding Austrian guidelines - to name only a few of the more prominent ones - and their recommended systematic approach to the design and the construction of watertight systems are providing the state-of-the-art in terms of overall systematic approach, durability and efficiency.

Some minor systematic flaws of double-shell systems aside, and under the premise of being able to come up with a construction that is as tight and durable as a double-shell solution, a single shell construction provides obvious economic advantages. From formworks for casting the inner shell to the application of the sheet membrane, from the reinforcement (where required) to the excavation itself: an efficient single shell construction could lower the overall construction costs significantly. Therefore actions were taken for the development of innovative shotcrete recipes and adopted construction techniques (Brogi 1992) for providing watertightness of a single shell lining. Although laboratory tests and first in-situ testing of single shell linings showed promising results, up to now, the reliable and proven approach of a double-shell construction is still unrivalled, especially since the occurrence of cracks in the shell and therefore the watertightness of such systems could not be guaranteed for the lifecycle as a whole.

In addition, when a sprayed concrete final lining is applied in multiple layers and with distinct time intervals in between, include installation of reinforcement steel, for example, the bond between the different layers has to be adequate to qualify as a monolithic member in the structural sense. Limitations and requirements are therefore imposed on application sequencing, curing techniques, cleaning of the surface and adapted concrete technology. For verification of a monolithic



Obr. 1 Schematické srovnání dvouplášťového a kompozitního ostění
Fig. 1 Schematic of double-shell vs. composite shell approach

mezi odtržení, přičemž druhý citovaný zdroj argumentuje, že toto je nutné pro dostatečnou vodotěsnost spíše než pro statickou funkci. Na rozdíl od toho (Kupfer a kol. 1990) vidí pevnost ve smyku v úrovni 1,0 MPa (5% kvantil, bezpečnostní index $\beta=2,5$) a přídržnost zhruba 0,8 MPa, kdy index spolehlivosti je založen na předpokladu, že rozvětvení pracovní spáry mezi vnější a vnitřní vrstvou nevede k porušení ostění tunelu, ale pouze ke zvýšení jeho propustnosti pro vodu.

Během posledních několika let bylo nové pojetí hydroizolace přeneseno z oblasti mimo tunelářské odvětví a adaptováno na podmínky výstavby tunelů. Myšlenka spočívá v tom, že se mezi primárním a sekundárním ostěním nepoužije volně ložená fóliová membrána, ale že se tenká vrstva stříkané membrány aplikuje přímo na povrch primárního ostění. Po vyzrání této membrány se na její povrch přímo nanáší sekundární ostění ze stříkaného betonu, což má „teoreticky“ zajistit celoplošnou soudržnost mezi vnějším a vnitřním pláštěm ostění propojením s rubem a lícem stříkané membrány. Obr. 1 srovnává působení klasického dvouplášťového systému (pro odvodněný tunel) s tímto kompozitním ostěním (Pickett a kol. 2012).

Pro zajištění celoplošného spojení mezi hydroizolací nanášenou v tekuté podobě a betonovým podkladem má být mezi vrstvami dosažena minimální pevnost v soudržnosti a ve smyku na úrovni zhruba 1,0 až 1,5 MPa, podle (ZTV-BEL-B 1995), (SIA 272 2009), (ASTRA 2002) nebo (ETAG 2010). Oproti tomu (ITAtch 2013) požaduje pevnost pojení ve výši 0,5 MPa.

Pakliže jsou uvažovány a srovnávány tyto dva systémy (fóliová x stříkaná hydroizolace), mělo by dojít k přezkoumání a zvážení důležitých faktorů. Ty zahrnují:

- Složení materiálů samotných – chemické složky materiálu stříkané membrány a jejich chování jak v laboratorním prostředí, tak in situ na staveništi.
- Kontrolní postupy pro zajištění souladu s minimálními požadavky zkoušením vzorků v laboroři a na stavbě.
- Návrh a požadavky na provedení stříkaného hydroizolačního systému – tloušťka, přípustné pevnosti spojení, minimální požadavky na úpravu podkladní vrstvy před aplikací, čas potřebný na zránění apod.
- Návrh tunelu s odvodněním nebo bez odvodnění.
- Minimální požadavky na odborné provedení a na supervizi při provádění na stavbě.
- Předpoklady ohledně dlouhodobého působení systému podle různých kritérií.

Všechny tyto faktory zde budou diskutovány jeden po druhém a s ohledem na stávající technické normy, standardy a směrnice pro dosažení vodotěsných podzemních staveb.

structure, minimum tensile and shear strengths of approximately 1.5MPa between the layers, according to (Gall et al. 2004), shall therefore be achieved. Also the EN 1504 (Principle 3: Concrete restoration) or (ASTRA 2002) sets a similar minimum bonding strength or pull-off-strength between layers, in which the latter source argues that this is required for adequate waterproofing rather than for structural purposes. In contrast therefore, (Kupfer et al. 1990) has seen the shear strength in an area of 1.0MN/m² (5-% brittle, safety index C=2.5) and the adhesive strength in an area of 0.8MN/m², wherein the safety index is based on the assumption that the opening of the construction joint between outer and inner layer does not cause the failure of the tunnel lining but only leads to greater water permeability.

Within the last couple of years, a new idea for waterproofing has been transferred from outside the tunnelling industry and adopted for the conditions of tunnelling construction sites. The idea is not to use a loose-laid plastic sheet membrane in between two shells but to apply a thin layer of a sprayable membrane directly on the surface of the first (exterior) lining. After the curing of such a spray-applied membrane, a second lining of shotcrete will then be applied to the membrane surface, providing, 'theoretically', a full-face bond between the exterior and inner parts of the lining as well as with both sides of the membrane. Figure 1 shows the systematic double-shell approach (for a drained tunnel) in comparison to such a composite shell according to (Pickett et al. 2012).

For verification of a full-face bond waterproofing between liquid applied membranes and the substrate concrete, minimum bonding and shear strengths of approximately 1.0 to 1.5MPa between the layers, according to (ZTV-BEL-B 1995), (SIA 272 2009), (ASTRA 2002) or (ETAG 2010), shall therefore be achieved. In contrast therefore, (ITAtch 2013) set the bonding strength to 0.5MPa.

When considering and comparing the two systems (sheet membrane vs. spray-applied membrane), there are several important and different points to examine and review. These include:

- The composition of the materials themselves – the chemical components of the spray membrane materials and their behaviour both in a laboratory setting and in-situ at a job site.
- Verification procedures to ensure compliance with minimum specifications via laboratory and in-situ testing of samples.
- The design and application specifications of a spray-waterproofing system – thicknesses, acceptable bonding strengths, minimum conditioning of the substrate before application, curing times, etc.
- Consideration of drained and undrained waterproofing systems.
- Minimum requirements for skilled application and supervision of application in the work site.
- Assumptions about the long term in-situ performance of both systems and according to various track-record applications.

Each will be considered in turn and in view of existing industry norms, standards and guidelines for achieving watertight underground structures.

2. MATERIALS

Spray-applied membranes (SAM), liquid-applied membranes (LAM) or coatings, based on epoxy, acrylate, polyurea or polyurethane resins have been in widespread commercial use for some time. Examples of their application fields are seen in industrial flooring,

2. MATERIÁLY

Stříkané membrány (SAM), tekuté membrány (LAM) nebo nátěry na bázi epoxidové, akrylátové, polyurea nebo polyuretanové pryskyřice, mají již po značnou dobu široké komerční využití. Příklady oblastí jejich aplikace lze nalézt u hydroizolace průmyslových podlah, mostovek a parkovacích ploch, při rekonstrukcích střech a u hydroizolace hloubených podzemních konstrukcí, při utěšňování vnitřních povrchů a ochraně ostění ražených tunelů. U všech těchto tekutých materiálů je charakteristické, že vyžadují dobře připravený podklad, který je v dobrém stavu, rovný, neporézní a obvykle suchý. Pro jejich aplikaci je obecně vyžadována relativně nízká vlhkost s vyvarováním se kondenzace, omezené množství prachu ve vzduchu, s minimálními / maximálními teplotami. Při jejich realizaci je často nezbytná vícevrstvá aplikace s definovanými podmínkami pro schnutí podle použitého materiálu, nejvíce se hodí pro aplikaci na horizontálních površích. Některé materiály mohou vyžadovat zvláštní opatření pro zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

Při nedávných projektech ražby tunelů byly představeny a použity stříkané reaktivní pryskyřice (tvrzené pomocí polymerové reakce), jako je metylmetakrylát (MMA) nebo polyurea nebo jiné nereaktivní (redispersovatelné) latexové systémy na bázi etylen vinyl acetátu (EVA), kopolymeru styren vinyl acetátu, kopolymerů styren akrylátu, polymerů na bázi vody nebo polymerem etylen vinyl acetátu modifikované cementové hydroizolační membrány. V takovýchto latexových produktech byly použity EVA (nebo spíše VAE nebo VacE) s vysokým obsahem vinyl acetátu (VA), což představuje významný rozdíl v chování a charakteristikách materiálu v porovnání s použitím vysoce molekulárního EVA v extrudovaných fóliových membránách. V závislosti na chemické struktuře (např. druh a kvalita komonomerů) jsou takovéto druhy VAE nebo VacE více podobné klišu, měkké pryskyřici, dispergátoru nebo lepidlu z tavicí pistole, které jsou v některých případech rozpustné ve vodě. Některé produkty obsahující směsi cementu umožňující vytvoření krystalů na styčné ploše s jinými cementovými vrstvami, přidávají vodu (nereaktivní systémy) nebo suspenzní činidla pro vertikální aplikace, nebo používají odvzdušňovací aditiva pro snížení obsahu vzduchu, která se zamíchávají do matrice materiálu během jeho aplikace. Rozdíly lze spatřit ve výsledném chování produktu, např. ve vztahu k absorpci vody, propustnosti pro vodu, chemické odolnosti, opětovnému změkčení při kontaktu s vodou, pevnosti v tahu či finálně v nákladech. Na druhou stranu některé výrobky, například ty na bázi polyurea- nebo metylmetakrylátové pryskyřice, by mohly obsahovat určité množství aktivátoru, například izokyanát, amin nebo peroxid, o kterých je – v individuálních případech – známo, že mají výrazný zápach a potenciálně škodlivé účinky na zdraví (REACH 2009), v závislosti na jejich koncentraci a druhu. To je případ zejména během aplikace, kdy složky nejsou polymerizovány a jsou nastříkávány pomocí vysokého tlaku bez vzduchu. Proto musí být zváženo potenciální zdravotní a požární riziko (např. exploze směsi prach/vzduch na základě vysoce reaktivního povrchu). Kromě toho mohou být některé složky obou skupin materiálů (nereaktivní i reaktivní) klasifikovány jako složky s nízkým rizikem reakce při kontaktu s vodou.

Minimální celková tloušťka stříkané membrány doporučená výrobcem je 3 mm (Mott MacDonald 2004, ITAtech 2013), což se také shoduje se (SIA 272 2009) pro tekuté membrány u nedrénovaných konstrukcí. Horní limit aplikované vrstvy se liší mezi 1 mm až 10 mm (Mott MacDonald 2004) podle konkrétního materiálu, produktu nebo doporučení výrobce, a to na základě praktických zkušeností, hodnocení rizik nebo nákladů. Například podle technických specifikací MTR (Hongkong / Kontrakt 704 / Stanice SYP & HKU) je pro hloubené podzemní stavby požadováno, aby byly tekuté polymerové membrány nanášeny minimálně ve dvou vrstvách, čímž se předejde případným nedokonalostem. Tato upřednostňovaná vícevrstvá aplikace stříkaných membrán je také dokumentována v (ASTRA 2002) v souvislosti s předcházením stínovým efektům na hrubých površích ze stříkaného betonu. Horní limit tloušťky vrstvy je dále založen na procesu / rychlosti zrání a v této souvislosti na váze čerstvého materiálu, která může během aplikace způsobit „odlepení“ spoje. Zejména pro produkty zrající schnutím na vzduchu, hydratací nebo evaporační má samotná tloušťka

bridge and parking deck waterproofing, roof refurbishment and the waterproofing of cut-and-cover concrete structures, for the inner-surface sealing and protection of the tunnel linings. It is a characteristic of all of these liquid applied materials that they require a well prepared substrate that is sound, level, non-porous and usually dry. For application they generally require relatively low humidity and the avoidance of dew point conditions (condensation) and limited dust in the air, with minimum / maximum temperatures. Frequently multi-layer application with defined drying conditions, according to the specific material, is necessary for their system build-up and they are most suitable for use on horizontal surfaces. Additional health and safety measures may also be required.

Recently, mined tunnel construction projects have also seen the introduction and use of spray-applied reactive resins (curing by polymer reaction), such as methyl methacrylate (MMA) or polyurea or other non-reactive (re-dispersible) latex systems based on ethylene vinyl-acetate (EVA), styrene-vinyl-acetate copolymer, styrene-acrylate copolymers, water-based polymers or ethylene vinyl-acetate polymer modified cementitious waterproofing membranes. Such latex-like products have used EVA (or better VAE or VacE) with a high content of vinyl acetate (VA), which presents a significant different material performance and characteristic in contrast to the high-molecular EVA use in extruded plastic sheet membranes. Depending on the chemical structure (e.g. sort and quantity of co-monomers), such types of VAE or VacE are more similar to a glue, a soft resin, a dispersant or a hot-melt adhesive, which are, in some cases, water-soluble. Some products are incorporating cement compounds (e.g. as fillers), which may allow the built up of crystals on the interface with other cementitious layers, adding water (nonreactive systems) or suspending agents for vertical applications or using de-airing additives to reduce the air-content, which is mixed into the material matrix during its application. The differences are seen in the product performance in, for example, water absorption, water permeability, chemical resistance, re-softening in contact with water, tensile strength or finally in the costs. On the other hand some products, for example those based on polyurea- or methyl-methacrylate resins, could have some contents of an activator, for example isocyanate, amine and/or peroxide, which are - individually - known to have a significant odour and the potential of detrimental health effects (REACH 2009), depending on its concentration rate and type. This is the case, especially during its application, where the components are not polymerized and are air-lessly sprayed with high pressure. Therefore, the potential of health and fire risk (e.g. explosion of dust/air mixture based on a very high reaction surface) has to be assessed. In addition, some components of both material groups (non-reactive and reactive) may be classified as having a low hazard reaction when in contact with water.

The minimum total thickness of a spray-applied membrane recommended by manufacturers is 3mm (Mott MacDonald 2004, ITAtech 2013), which corresponds also with the (SIA 272 2009) for liquid-applied membranes for undrained structures. The upper limit for layer application varies between 1mm to 10mm (Mott MacDonald 2004) according to the specific material, product or manufacture's recommendation, based on practical experience, risk-assessment or cost. For example, according to the technical specification of the MTR (Hong Kong/Contract 704/ SYP & HKU stations) for cut & cover structures, there is a requirement for liquid polymer membranes to be sprayed in minimum two coats, because of the avoidance of corresponding imperfections. This preferred multiple layer application of spray applied membranes is also documented in (ASTRA 2002) for the avoidance of shadow effects on rough shotcrete surfaces. Additional, the upper limit for layer application is based on the curing process/ performance and in this connection on the fresh material weight, which may cause debonding during application. Especially, for products based on curing by air-drying, by hydration and/or by evaporation, the layer thickness itself in combination with the air- and water-content have an effect on the curing time (e.g. worst case scenario is a non or partial polymerization), plus its product performance (e.g. elastic-module, creeping behaviour, cohesion, shear-stiffness and viscosity) resulting in significant differences between laboratory

vrstvy v kombinaci s obsahem vzduchu a vody vliv na dobu zrání (např. nejhorší scénář je žádná nebo částečná polymerizace), plus na finální parametry produktu (např. modul pružnosti, dotvarování, soudržnost, smykovou tuhost a viskozitu), což vede k výrazným rozdílům mezi laboratorními vzorky a produkty aplikovanými v podmínkách staveniště. Například pro vytvoření spojitě, homogenní a trvale vodotěsné membrány nástřikem musí být u zrajícího produktu omezen obsah vzduchových pórů. Změna hmotnosti při absorpci vody je zde zavedena jako indikační test. Absorpce vody, např. podle (SIA 272 2009) nebo (EN 14223) méně než 5 % vyzrálého výrobku, může negativně ovlivnit chování materiálu a celého systému, například migraci dlouhodobých stabilizátorů, snížení pevnosti v tahu, přídržnosti, chemické odolnosti nebo odolnosti proti výluhu. Testování také ukázalo, že nehomogenní obsah vody, v důsledku nekonzistentního přidávání nebo míchání vody během aplikace, může mít za následek trhliny v membráně (Mott Mac Donald 2004). Kromě toho příliš brzké překrytí izolace stříkaným betonem může mít další dopady na výsledné parametry výrobku, kterým lze předejít sledováním průběhu zrání na stavbě, například měření tvrdosti nanesené membrány podle DIN 53505 nebo ASTM D 676. Naopak příliš pozdní přestřikání může způsobit některé problémy s charakteristikami přídržnosti produktu. Možným řešením tohoto problému je použití podkladního nátěru, pískování nebo jiné zdrsňování povrchu podložní vrstvy (1. vrstva) pro zvýšení mechanické vazby, nebo vícevrstvá aplikace čerstvého na čerstvé.

Zkoušky materiálu podle EN 1928 nebo DIN 16938-5.11, u kterých standardní testovací zařízení a rozměr šterbiny přispívají k relativně tenkým a měkkým membránám (např. bituminózní membrány), mohou dávat nějaké indicie o chování samotného materiálu pod tlakem vody (např. chování při toku za studena), ale určitě nebudou zkouškou parametrů celého systému (např. pevnosti v přídržnosti), zejména s ohledem na anomálie in situ v nosné konstrukci nebo podkladní vrstvě, jako jsou šterková hnízda, trhliny, spáry, nepravidelnosti apod. Propustnosti pro kapaliny u jedné homogenní membrány (stříkané, tekuté nebo průmyslově vyrobené) se zkouší podle EN 14150. Produkty působící uvnitř systému nebo matrice mohou být testovány podle EN 12390, s adaptací na stříkanou membránu podle ASTM 5385-93 nebo EN 14694. Měly by se dále použít doplňkové identifikační nebo indexové testy, aby se ukázalo, zda jsou vzorky použité v laboratoři stejné, jako ty použité při in situ zkouškách nebo na stavbě, např. hustota, tažnost, vlastnosti toku (viskozita) nebo popř. chemické složení. Tyto parametry by mohly být ověřeny například pomocí IR-spektroskopie nebo infračervené analýzy, přičemž obě tyto techniky jsou v daném odvětví dobře zavedené (ETAG 2010).

3. SYSTEMATICKÝ PŘÍSTUP A SROVNÁNÍ

Primární oblastí aplikace stříkaných hydroizolačních systémů v tunelech byly původně pouze konstrukce s relativně nízkými požadavky na vodotěsnost, jako jsou například únikové tunely. S přihlédnutím ke zmíněným ekonomickým výhodám by však mělo být použití stříkaných hydroizolačních systémů předpokládáno zejména v hlavních částech nově budovaných tunelových konstrukcí zejména v místech s komplikovanou geometrií, v křížení tunelů, pro konstrukce nad hladinou podzemní vody nebo v prostředí s velmi nízkou propustností (konkrétním příkladem může být londýnský jíl). Avšak v referenčních projektech, kde byla technologie stříkané hydroizolace použita pro konstrukce 10–15 m pod hladinou podzemní vody, byly zaznamenány problémy (Giambartolomei 2013). Dokonce i u konstrukcí umístěných nad hladinou podzemní vody byly po silném dešti detekovány lokální průsaky skrze vnitřní plášť ostění (Meier a kol. 2005, Anagnostou a kol. 2013). Proto se jeví jako rozumné a nutné podívat se blíže na technická omezení v použití stříkaných membrán, zejména ve srovnání s fóliovými membránami, a na možné poruchy, ke kterým typicky dochází.

3.1 Trvanlivost stavby

Společným znakem u všech tunelů je fakt, že hydroizolační systém není po dokončení definitivního ostění přístupný. Tudíž všechny užité parametry stříkaných nebo fóliových hydroizolací musí být navrženy pro životnost 100 a více let. To je nutné proto, aby byla trvalá

produced samples and in-situ applied products under job-site environmental conditions. For example, to produce a continuous, homogeneous, permanent-watertight membrane by spray application, the air-void-content of the cured product has to be limited. Mass change during water absorption is established here as an indicator test. Water absorption (e.g. according to SIA 272 2009, EN 14223) of less than 5% of the cured product may affect the material- and system-performance negatively, for example migration of long-term-stabilizers, reduction of tensile strength, of bonding behaviour, of chemical- or leaching-resistance. Or testing has revealed that non-homogeneous water content, as a result of inconsistent water addition or mixing during application, can result in cracking of the membrane (Mott Mac Donald 2004). Additionally, a too early overspray by shotcrete can cause further impact on the product performance, which can be avoided by monitoring the curing status at job sites, for example by measuring the Shore A hardness of the applied membrane according to DIN 53505 or ASTM D 676. By contrast, a too late overspray can cause some troubles with product bonding characteristics. Possible solutions to this are the use of a primer layer, a sanded or roughened substrate (1st layer) surface to increase the mechanical bond, or fresh-on-fresh application of multiple layers.

Material tests, according to EN 1928 or DIN 16938-5.11, and under which standard test apparatus and slit dimension contributes to relative thin and soft membranes (e.g. bituminous membranes), maybe gives some indication of the material performance itself under water pressure (e.g. cold-flow behaviour), but will definitely not test to its system performance (e.g. bonding strength), especially in view of in-situ anomalies in the supporting structure or substrate such as honeycombs, gravel pockets, cracks, joints, irregularities, etc.. The determination of permeability to liquids of a single homogeneous membrane (spray-, liquid-applied or industrially produced) is tested according to EN 14150. Products that are performing inside a system or matrix may be tested according to EN 12390 with adaption to a spray-applied membrane, according to ASTM 5385-93 or EN 14694. Additional identification or index tests should be used to establish that the specimens used in the laboratory are the same as applied in trials and in the works, for example, density, elongation, flow-characteristics (viscosity) or perhaps a chemical finger print could be verified using, for example, IR-spectroscopy or infrared analysis, both of which are well established techniques in the industry (ETAG 2010).

3. SYSTEMATIC APPROACH AND COMPARISON

The primary application field of spray-applied waterproofing systems in tunnels was originally only in structures with relatively low watertightness requirements, such as escape and rescue tunnels. Naturally, and with the mentioned economic advantages in mind, the application of sprayed waterproofing systems should be envisioned for a use in main parts of new tunnel constructions, particularly in tunnel areas with complex geometries, in junctions, for mostly limited sections of projects above the water table and/or with very low permeability of the ground, of which London Clay is a particular example. However, in so-called reference projects, where spray-applied technology has been used 10-15m under the water table, problems have been documented (Giambartolomei 2013) and even in projects, that are above the water table level, spot leaking through the inner shell has been detected after heavy rainfall (Meier et al. 2005, Anagnostou et al. 2013). Therefore it seems reasonable and necessary to have a closer look at technical constraints for the application of spray applied membranes, especially in comparison to sheet membranes and possible failures that are typically occurring.

3.1 Durability of the construction

In common with all transportation tunnels, the waterproofing system is not accessible after the final lining is installed. As such, all performance criteria of sprayed or sheet membranes must be designed for a service life of 100 years and more. This is needed to keep the permanent tunnel structure protected and available, to follow the safety regulations of the operating structure, and to keep the maintenance costs on a comparative level throughout the lifecycle of the construction.

konstrukce tunelu chráněná a funkční, aby byly dodrženy bezpečnostní předpisy provozované stavby a aby náklady na údržbu zůstaly na srovnatelné úrovni po celou dobu životnosti stavby.

Základní funkcí hydroizolačního systému u tunelových staveb je trvalá ochrana rubu nosné konstrukce před kontaktem s podzemní nebo povrchovou vodou a jejími agresivními složkami, které mohou způsobit poškození betonu. Toto se stejnou měrou týká dvouplášťového jako i kompozitního ostění, kde primární ostění pro zajištění výrubu, anebo podložní vrstva membrány, jsou vystaveny podzemní vodě a případnému koroznímu účinku. Protože sekundární (definitivní) ostění dvouplášťového konceptu bude obecně staticky kompetentní pro přenos všech vnějších zatížení po dobu životnosti stavby, primární ostění má pouze zajistit stabilitu výrubu při ražbě a bezpečnou výstavbu definitivního (sekundárního) ostění a je považováno za degradované, a tudíž částečně „ztracené“ pro dlouhodobé statické působení. Předpoklad degradace primárního ostění v dlouhodobém měřítku je založen na skutečnosti, že prvky z konstrukční oceli (svorníky, výztužné sítě, rámy, jehly apod.) používané ve stříkaném betonu nejsou dostatečně chráněné proti korozi, a že v kombinaci s následnou deformací v důsledku horninových tlaků dochází k trhlinám v primárním ostění anebo k průsakům vody skrze vrty pro svorníky, jejichž utěsnění cementovou injektáží nelze zaručit (Marcher 2011). Dále lze očekávat, že trvalé vystavení betonu primárního ostění výše uvedeným agresivním složkám podzemní vody urychlí jeho degradaci. Volně ložená membrána mezi primárním a sekundárním (definitivním) ostěním působí jako oddělovací nebo kluzná vrstva, která zabraňuje kontaktní vazbě na styčné ploše a tak snižuje riziko vzniku trhlin v definitivním (sekundárním) ostění z důvodu vázaného smršťování (ÖBV 2012, ITAtech 2013). Samozřejmě ve srovnání s výše uvedeným systémem ochrany na rubu (např. pomocí hydroizolačních membrán, injektáže nebo nátěru) může být trvalá konstrukce sama o sobě navržena tak, aby byla odolná vůči určitému agresivnímu působení, a to díky chemicky odolným materiálům, vodotěsnému betonu, těsnícím spárovým pásům a adekvátní výztuži pro omezení šířky trhlin. Zajištění potřebné úrovně kvality, kvalifikované pracovní síly a zaručeného dodavatelského řetězce, například kameniva konstantně vysoké kvality, může být náročné a spojené s nejistotami nebo odchylkami.

Pro stříkané membrány umístěné uvnitř kompozitního pláště, více méně uprostřed nosných pláští ostění, je výše zmíněná ochranná funkce splněna pouze částečně (omezená na vnitřní prvek). Zatímco dvouplášťové systémy jsou navrženy za předpokladu, že pouze vnitřní plášť nese plně dlouhodobé zatížení horninovým tlakem a vodou, cílem kompozitních ostění je při stanovení únosnosti celého systému započítat i vnější ostění. Pouze u plně systematického přístupu k navrhování mohou být uplatněny veškeré ekonomické výhody kompozitního působení ostění. To znamená, že návrh musí zohlednit fakt, že během doby životnosti kompozitního ostění mohou být některé jeho části vystaveny potenciálně agresivnímu působení podzemní vody. Z tohoto vyplývají další technická omezení návrhu ostění: Pokud není vnější plášť stříkaného betonu započítán a posouzen v rámci statického dimenzování (celková kritéria návrhu), je nutné prokázat, že trvanlivost stříkané hydroizolace není nižší než celková životnost stavby. Obdobně, pokud bude primární ostění v rámci celé kompozitní konstrukce započítáno do dlouhodobé únosnosti, musí projektant v návrhu zajistit, aby případné vystavení účinkům podzemní vody nesnížilo životnost primárního (externího) ostění pod navrhovanou životnost celé stavby. Takový požadavek na životnost lze například splnit zvýšením tloušťky stříkaného betonu nebo použitím vnější ztracené („obětované“) vrstvy.

3.2 Drénované tunely

V zásadě je třeba rozlišit hydroizolačními systémy chránící ostění proti tlakové podzemní vodě a proti průsaku beztlakové vody. Návrh drenážního systému, který zajistí plné snížení tlaku vnější vody, umožňuje projektantovi značně snížit dimenze definitivního ostění. Pokud takový drenážní systém funguje správně, tlak vody nebude na ostění působit a lze jej tedy vypustit ze zatěžovacích kombinací. To ovšem znamená, že návrh musí zajistit, aby použitý drenážní systém fungoval účinně během návrhové životnosti stavby (např. při plánované míře údržby), a že existují drenážní cesty, kterými voda odtéká do drenážního potrubí, čímž se sníží hydrostatický tlak podle očekávání.

In combination with the aspect of watertightness, a fundamental function of the waterproofing system in tunnelling works is the permanent (exterior) protection of the statically relevant structure against contact with the groundwater/natural soil or surface water and its aggressive constituents that can be damaging to the concrete. This applies equally to double-shell linings or to a composite-shell lining, where the ground supporting primary (initial or exterior) lining and/or the substrate of the membrane is also fully exposed to the groundwater and potential attack. Since the secondary (final) lining of the double shell concept will be responsible, in general, for the load transfer of all external loads during the lifespan of the construction, the primary lining is only responsible for the safe construction of the final (secondary) lining and is considered as degraded and therefore partially 'lost' for further structural assessments of the lining. The assumption regarding the long-term degradation of the primary lining is based on the fact that the structural steel elements (rock bolts, wire mesh, ribs, spiles, etc.) used in the sprayed concrete are not sufficiently protected against corrosion and in combination with subsequent ground deformation resulting in structural cracks and/or the setting of boreholes for radial rock dowels causing water ingress, which sealing by cement grouting cannot be guaranteed (Marcher 2011). It is also expected that the permanent exposure of the primary shells concrete to the aforementioned aggressive constituents of the groundwater will speed up the degradation. Further on, any loose-laid membrane between primary and secondary (final) linings acts additionally as a separation or sliding layer that prevents a contact bond (gearing) at the interface and ultimately reduces the potential of shrinkage cracking in the final (secondary) lining (ÖBV 2012, ITAtech 2013). In comparison to an aforementioned exterior protection system (e.g. with waterproofing membranes, injections or coatings), the final structure itself can be designed to resist certain attacks by using chemical-resistant raw materials, a watertight concrete concept including waterbars and adequate crack-width-limiting reinforcement, quality levels, labour skills and a guaranteed supply chain of, for example, constantly high quality aggregates, which can be challenging and connected to uncertainties or variabilities.

For spray-applied membranes, sandwiched inside a composite shell, more or less in the centre of the relevant static elements of the structure, the aforementioned protection function is only partly (limited to the inner element) fulfilled. While double shell systems are designed under the premise that only the inner shell carries the full load of the ground/water pressure, composite shell systems aim to include the outer shell properties for determining the resistance of the tunnel structure. Only with a fully systematic design approach, can the full economic advantage of a composite structure be activated. This means that throughout the lifetime of a composite shell lining, some parts of the complete structure are possibly exposed by design to potentially aggressive ground water conditions. Hereby other technical constraints for the design process can be derived: If the exterior layer of shotcrete is not integrated within the static dimensioning (total design criteria), the proof of the durability of the sprayed membrane equal to the lifespan of the construction becomes mandatory. Also, if the primary layer of a composite structure is going to be activated for the assessment of the possible system resistance, the designer has to make sure that the possible exposure to ground water will not reduce the lifespan of the primary (exterior) lining below the estimated values for the complete structure. This extra resistance can be achieved, for example, with an extension of the shotcrete thickness or by introducing a buffer or sacrificial layer.

3.2 Drained tunnels

In principle, distinction shall be made between waterproofing systems to protect against ground water inflow under pressure and non-pressurised seepage of ground water. The use of a drainage system that allows for a full reduction of external water pressure enables the designer to reduce the thickness of the permanent ground support significantly. If the drained waterproofing system works properly, no water pressure will be applied to the lining and can therefore be excluded from the compilation of all external loads. That said, the design

Staré tunely s kamennou nebo cihelnou obezdívkou dokládají, že k problémům s odvodněním docházelo zřídka. Charakteristickým rysem těchto staveb bylo jednak to, že vyrubaný profil nebyl ničím hermeticky těsněn, a také to, že prostor nadvýlomu byl po vyzdění definitivního ostění vyplněn kamenivem s vysokou pórovitostí. V důsledku toho mohla vnější podzemní voda odtékat bez výraznějšího odporu do drenážního potrubí v počvě (Kirschke 2001, Chabot a kol. 2013). Oproti tomu u ražby pomocí NRTM je vyrubaný profil utěsněn stříkaným betonem v kalotě a opěři, někdy také v počvě. V tomto případě je monolitické definitivní ostění betonováno přímo proti hydroizolační membráně, přičemž nerovný povrch stříkaného betonu a vliv smršťování vedou ke vzniku velmi úzké mezery mezi primárním a definitivním ostěním. Podzemní voda se do této mezery dostane pouze skrze trhliny nebo poruchy v konstrukci primárního ostění nebo skrze pracovní spáry nebo, méně často, skrze samotnou matici stříkaného betonu, nestane-li se tak samozřejmě přes vývrty v primárním ostění (Kirschke 2001). Jak zmíněná mezera, tak vysoká hydraulická vodivost ochranné geotextilie umožňují beztlaké odvodnění, a tudíž návrh tunelu za odvodněných podmínek. Pro hydrologické zóny (zejména v málo únosném podloží, při nízkém nadloží nebo v poloskalní hornině, ale také v ulehých propustných zeminách) s typicky vysokými průsaky podzemní vody je možné jako doplňující opatření navrhnout systematické obvodové drenážní pásy umístěné mezi primárním ostěním ze stříkaného betonu a geotextilií s plastovou membránou, jak bylo popsáno např. v (RI BWD-TU 2007). Dále v některých oblastech, například u alpských tunelů, v pevných skalních horninách vyžaduje moderní návrh odvodňovací prvek s vysokou hydraulickou vodivostí přes celý povrch (např. Chabot 2013). U zvláštních projektů, jakým je Gotthardský básový železniční tunel ve Švýcarsku, zahrnují specifikace požadavek na certifikovanou stoletou životnost hydroizolačního systému (fóliová membrána a odvodňovací prvek) za stálých 45 °C teplot in situ a za kombinovaného působení tlaku (až do 2 MPa) a smyku (obr. 2, 3).

Relektuje-li se na tyto principy návrhu odvodnění na technologii stříkané hydroizolace, která je charakteristická celoplošným spojením materiálu s podkladní vrstvou bez jakékoliv hydraulické vodivosti (toku vody) mezi vrstvami, zdají se stříkané hydroizolační systémy nezpůsobitelné k tomu, aby byly kvalifikovány jako součást drenážního systému, protože u nich nelze očekávat žádné významnější snížení vnějšího tlaku podzemní vody. Alespoň tomu tak doposud nebylo. Výjimkou z tohoto pravidla jsou tunely v oblastech, kde není podzemní voda významná, nebo které jsou nad hladinou podzemní vody, nebo které se nacházejí v podloží s velmi nízkou propustností, kde drenáž nemá význam. Proto by v současnosti neměly být stříkané hydroizolace používány také u tzv. částečně odvodněných tunelů, jako je tunel Freudenstein v Německu, navržených jako betonové ostění s částečným snížením hydrostatického tlaku (Kirschke 2001, Chabot 2002, Kirschke a kol. 1992), které okolo svého profilu uplatňují systémové složky jak odvodněného, tak neodvodněného přístupu. Jak bylo zmíněno dříve, alternativním návrhem může být integrace celoplošného odvodňovacího prvku, například nopolových fólií nebo geokompozit. Zde je nezbytné zajistit dlouhodobou kompatibilitu materiálu s jakýmkoliv typem materiálu na styku (např.



Obr. 2 Zpuchýřování
Fig. 2 Blistering



Obr. 3 Vnitřní tlaky při zráni
Fig. 3 Internal stresses

ner has to make sure that the applied drainage system works efficiently during the estimated life span of the construction (e.g. including maintenance procedures) and that the ground water can reach the drainage pipes and thereby reduce the water pressure as expected.

From old tunnels with a lining made of natural stone or brick masonry it is documented, that drainage problems rarely arise. The characteristic features of such a lining were on the one hand, that the excavated profile did not receive any hermetic sealing and on the other hand, that the overbreak was filled with a very porous stone package after the installation of the final lining. As a consequence, the inflowing groundwater could be drained without any significant flow resistance and collected in drainage pipes in the invert (Kirschke 2001, Chabot et al. 2013). By contrast, modern tunnelling such as NATM often receives a first hermetic sealing by shotcrete of the entire excavated arch profile of the vault and often also of the invert. Hereby, the final cast-in-place concrete lining is installed in direct contact with the waterproofing system (e.g. plastic membrane) and the initial rough/uneven shotcrete layer, influenced by shrinkage behaviour, resulting in a very narrow gap between primary and final lining components. Groundwater gets into this gap only through cracks or due to flaws in the primary shotcrete structure, or through construction joints or, more uncommonly, through the shotcrete matrix itself, if not more obviously through openings made by drilling through the lining layers or block outs (Kirschke 2001). Both, the ring gap and the low conductivity of the protection geotextile, permits pressure-less (free-flow) drainage and thus a full surface water pressure relief design. For hydrological zones (in particular in soft ground, under low cover or in weak rock, but also in compact ground) with mostly heavy groundwater ingress, systematic peripheral (circumferential) drainage strips could be designed and installed between the primary shotcrete layer and geotextile/plastic sheet membrane, as an additional measure and as described, for example in (RI BWD-TU 2007). Furthermore, in some regions, for example for tunnels in the Alps, in firm rocks, the modern design postulates a drainage element with high transmissivity over the full-surface (for example Chabot 2013). For special projects, such as the deep-seated Gotthard-base railway tunnel in Switzerland, the specification includes a certified 100 year design-life durability of the waterproofing system (sheet membrane and drainage element) under permanent in-situ temperatures of 45°C and under the combined effects of compression (up to 2 MPa) and shear (Fig. 2, 3).

Reflecting these drainage design concepts to spray-applied waterproofing technology, as characterized by a full-surface bond of a material to the substrate without any hydraulic conductivity (water flow) between, spray-applied waterproofing systems seem unable to qualify as a drained system, since no significant reduction of external groundwater pressure can be expected, at least not up to now. Exceptions to this rule are for tunnel in areas with no significant groundwater, or those above the groundwater table, and/or those in geological materials of very low permeability such as clay material, in which no drainage is required. Therefore, spray-applied membranes should currently also be avoided for so-called partly drained tunnels, such as the Freudenstein tunnel in Germany, defined as a limited hydrostatic pressure released concrete shell (Kirschke 2001, Chabot 2002, Kirschke et al. 1992), which includes system components for both drained- and undrained-concepts around its profile. As previously mentioned, the integration of a full-surface drainage element, for example dimple-sheets or geo-composites, is an alternative for the design. Hereby, it is essential to ensure that they have a long-term material compatibility with any kind of materials in contact (e.g. spray-applied membrane or shotcrete) and that they are not blocked during application of a sprayed material. On the other hand, the hydraulic conductivity (in-plane-flow capacity under permanent load and shear stress) has to be designed properly in view to the missing cavity of the smoothed substrate or additional levelling layer, which is recommended for spray-applied-membrane systems, and to a missing ring-gap-drainage in contradiction to double shell linings with a loose-laid membrane behind a cast-in-place concrete lining. In addition, when using geo-composites or dimple-sheets as a drainage layer,

stříkaná membrána nebo stříkaný beton) tak, aby nedošlo k ucpání drenážní cesty během aplikace stříkaného materiálu. Dále musí být hydraulická vodivost (propustnost v rovině drenáže při trvalém normálovém a smykovém zatížení) řádně navržena s ohledem na chybějící dutinu u hladké podložní vrstvy nebo dodatečné vyrovnávací vrstvy, které se doporučují pro systémy stříkané hydroizolace, v porovnání s dvouplášťovým ostěním s volně loženou membránou za monolitickým sekundárním ostěním. Při použití drenážní vrstvy v podobě geokompozit nebo nopových fólií je navíc jakýkoliv kompozitní spoj s podložní vrstvou anebo stříkanou membránou z důvodu svého separačního chování diskutabilní (ÖBV 2012).

V případě průsaků vody skrze podklad / primární ostění ze stříkaného betonu během aplikace v krátkodobém horizontu před dokončením vnitřního pláště, zejména když vzhledem k hydrogeologickým poměrům podloží je nutné uvažovat působení tlakové vody, je třeba zajistit flexibilní systém pro zvládání účinků vody. Například tlakové působení vytváří potenciál ke tvorbě „puchýřů“, a tudíž způsobuje ztrátu přidržitosti stříkané membrány, jak je ukázáno na obr. 2, což umožňuje tvorbu cest pro vodu. Tento jev je závažnější během fáze zrání produktu, kdy takovéto zpuchýřování a ztráta přilnavosti nemusí být vidět. Tekoucí voda má mimo to potenciál k výluhu materiálu v důsledku pronikání vody a reaktivitu materiálu (Aldrian a kol. 2009). Úroveň průsaků vody a způsob jejich lokálního řešení jsou tudíž při používání stříkané membrány zásadní. Průsaky lze zvládat například odvodněním nadloží, těsnícími injektážemi, použitím krátkých vývrtů a hadic, vytvořením odvodňovacích kanálů nebo zachycováním lokálně prosakující vody při instalaci nopových pásů přichycených k primárnímu ostění a zatažených k bočním drenům v patách opěří. Nopové drenážní pásy by měly těsně přiléhat k primárnímu ostění ze stříkaného betonu a měla by se na ně nanést regulační vrstva stříkaného betonu před aplikací stříkané hydroizolační membrány.

Pro kompozitní ostění, založené na statickém spolupůsobení mezi primárním (externím) a sekundárním (interním) ostěním, není z definice systému celoplošný drenážní prvek mezi oběma plášti možný, což výrazně zvyšuje riziko růstu vnějšího tlaku vody. Ani samostatně oddělené pásy drenážních prvků mezi externí a interní vrstvou stříkaného betonu nelze navrhnout systematicky bez dalších opatření, jako jsou vrtané otvory, protože jejich umístění musí přímo odpovídat nepředvídanému průsakovému kanálu (např. voda prosakující trhlinou) ve stříkaném betonu za odvodňovacím prvkem. A i takové pásové prvky do jisté míry mění konstrukční chování kompozitního ostění ve srovnání s místy, kde existuje celoplošný spoj membrány a ostění.

V literatuře lze nalézt také určité možnosti pro drenážní opatření u jednoplášťových konstrukcí. Aby bylo možno zajistit minimální propustnost mezi masivem a primární vrstvou stříkaného betonu, je zapotřebí dalších drenážních opatření, jako například obvodové drenážní pásy (neplést si s technikami lokálního řešení mokřých míst nebo doplňkovými drenážními opatřeními mezi primární vrstvou stříkaného betonu a geotextilií nebo fóliovou membránou) nebo osazení drenážními kanály, podle místních hydrogeologických podmínek. Jednoplášťové nebo kompozitní ostění v kombinaci s takovým systémem pro volné odvodnění masivu již bylo vytvořeno (Heimbecher a kol. 2004), avšak dosud pouze zřídka. Potenciální výhoda takového systému je spatřována ve snížení možnosti zanášení a ucpávání v důsledku minimalizace kontaktu s materiálem obsahujícím cement.

Nedostatečný návrh drenážního systému se projeví místním nárůstem špiček hydrostatického tlaku. A jako finální protiopatření – sekundární ostění musí být navrženo tak, aby přeneslo celý případný tlak vody, který na něj může působit.

3.3 Nedrénované tunely

Neodvodněné tunely, často označované jako „celoplošně izolované“ konstrukce, jsou charakterizovány 360° (celoplošnou) hydroizolací, přičemž na nosnou konstrukci působí plný tlak vody. V závislosti na úrovni tlaku vody působící na definitivní ostění a na zhodnocení rizika případné poruchy ve srovnání s náklady na opravu, opatřeními a zkušenostmi, jsou neodvodněné tunely vystavené tlaku vody většinou navrhovány s určitou mírou rezervy.

any (monolithic) bond to the substrate and/or to the membrane is placed in question (OBV 2012), because of its separation behaviour.

In case of water ingress through the substrate/primary sprayed concrete lining during the application in the short-term and before the inner shell is constructed, and especially when the ground/hydrological conditions must consider water under pressure, a flexible water management system must be incorporated. For example, pressure peaks have the potential for blistering and therefore create a bond loss of the spray-applied membrane, as shown in Figure 2, which allows the built up of water paths. This phenomenon is more critical during the product curing phase when such blistering and bond loss may not be visible. Furthermore, running water has the potential of material leaching or rather water penetration as a function of water encroachment and material reactivity (Aldrian et al. 2009). Therefore, the level of water ingress and its spot-management is essential when using a spray applied membrane. This can be achieved, for example, by de-watering the ground, by pre-injection methods, by placing short drill holes and hoses, by installing drainage channels or by collecting spot-seepage water with the installation of dimpled sheets stripes that are attached to the primary concrete lining and which are connected to the lateral drains located at the base of the tunnel side walls. The dimpled drainage sheets should be closely fitting to the primary shotcrete lining and have a regulating layer of sprayed concrete applied prior to application of the spray-applied waterproofing membrane.

For composite shell linings, which are related to the structural interaction between primary (exterior) and secondary (inner) lining, a full-surface drainage element between both layers is not possible, raising considerably the risk of backpressure of water. Even layers of drainage strips between the exterior and inner shotcrete layers cannot be designed systematically, without any other measures, such as drill holes, because of their location has to correspond directly to the unforeseen seepage channel (e.g. water seeping crack) in the shotcrete behind the drainage element. Additional, these strip-elements also change the structural behaviour of the composite shell compared to areas where a full surface bond of the membrane to the substrate exists.

For drainage measures of single shell constructions, the literature also indicates some options. In order to provide a minimal transmissivity between rock or ground and primary shotcrete layer, there is a need of additional drainage measures, such as, for example peripheral (circumferential) drainage strips (not to be confused with wet-spot-management techniques or the additional drainage measures between the primary shotcrete layer and geotextile or plastic sheet membrane) or installation of drainage channels, depending on the local ground and hydrological conditions. Single shell or composite shell linings in combination with such a system for free mountain drainage has been constructed (Heimbecher et al. 2004), but so far, only rarely. The potential advantage of such a system is seen in the more favourable silting or sintering behaviour, based on a minimized contact with substances containing cement.

Inadequate design of a drainage system is evident mostly in structural and waterproofing consequences, such as, for example, local build-up of hydrostatic pressure peaks. As a final defence, the secondary lining must be designed to carry the full potential water pressure that acts upon it.

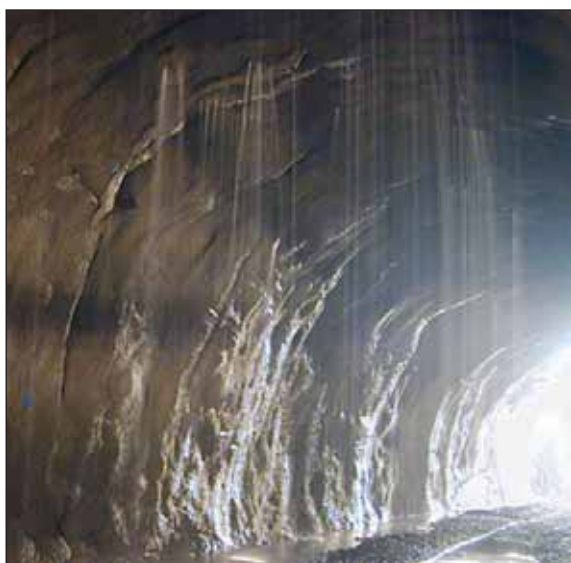
3.3 Undrained tunnels

Undrained tunnels, often referred to as a 'fully tanked' system, are characterized by a 360° (full-round) waterproofing with therefore, the full water pressure being applied to the structure. Depending on the degree of water pressure acting on the final lining, and an evaluation and risk assessment of possible damage in comparison to rehabilitation costs, measures and experience, mostly undrained pressurized tunnels are constructed with a certain level of redundancy. This redundancy, for example and according to (Ril 853 2011), is required to above 3 bar water pressure. Additional, the (ZTV-ING 2007) requires a systematically integrated injection/repair possibility to above a 1 bar water pressure for waterproofing membrane systems. Even TBM driven tunnels with precast concrete segmental linings prefer to have

Tato rezerva, například podle (Ril 853 2011), je nezbytná pro tlak vody nad 3 bary. Mimo to (ZTV-ING 2007) pro hydroizolační fóliové systémy vyžaduje systematicky integrovanou možnost injektáže / opravy pro tlak vody nad 1 bar. I u tunelů ražených plnoprofilovými štíty s prefabrikovaným segmentovým ostěním se preferuje přístup s rezervou v návrhu pro případ, že by byly vystaveny vyššímu tlaku vody, než se původně očekávalo.

Hlavní charakteristikou takového tunelu je celoplošné těsnění, jehož provedení je z hlediska předcházení poruch hydroizolační vrstvy technicky náročné. Problémy se systémy celoplošné hydroizolace s fóliovou membránou mohou nastat tehdy, pokud montáž výztuže (pakliže je třeba) a betonáž definitivního ostění nejsou provedeny s náležitou péčí. Pruty betonářské výztuže mohou při montáži hydroizolační fólie perforovat, popř. podkladní vrstva izolace (primární ostění) může obsahovat nežádoucí anomálie (např. příliš drsný povrch). Kontaktní injektáž (po dokončení ostění) mezi hydroizolační membránou a definitivním ostěním je proto nezbytná pro všechny celoplošně izolované tunely s monolitickým definitivním ostěním a musí být provedena před návratem hladiny podzemní vody na původní úroveň. Injektáž také zajistí dostatečný kontakt mezi primárním a sekundárním ostěním. Další problémy nebo průsaky mohou souviset s nesprávně provedenými těsnícími pásy v pracovních spárách monolitického definitivního ostění. Toto je způsobeno zejména nedokonalým probetonováním u kotviček spárových pásů, vyplývajícím například ze vzduchových dutin nebo hnízd v betonu, a to zejména v oblastech spár klenby a pracovních spár. Takovéto vady lze opravit a uvést do pořádku pomocí různých technik systematické nebo sanační injektáže.

Obtíže mohou nastat při zaměření se na instalaci hydroizolace spodní klenby za použití stříkané membrány (Meier a kol. 2005), a to kvůli typickým problémům hydrostatických zdvihů (zejména během fáze výstavby), akumulace vody, znečištění povrchu, stavební doprava, rizikům perforace, obtížnější přilnavosti k jakémukoliv typu ochranných opatření, jako např. maltový potěr nebo ochranná membrána atd. Na druhou stranu se, na rozdíl od fóliových membrán, stříkané hydroizolace pojí s podloží vrstvou, a jsou jí tudíž podepřeny a jsou tak méně náchylné k poškození následnými stavebními činnostmi. V reakci na to by oba systémy membrán (stříkané i volně ložené fóliové membrány) měly mít jednoduchou, pokud možno vizuální, možnost detekce poškození, jako je např. tenká signální vrstva nebo nátěr pro stříkané systémy, provedené v odlišné barvě, než je barva základního materiálu.



Obr. 4 Ostění ze stříkaného betonu bez hydroizolačních opatření pod tlakovou vodou s průsaky 3–25 l/s v průzkumné štolě projektu Fiecht [Czopak 2002]

Fig. 4 Shotcrete shell with no applied waterproofing measures and under water pressures of 3–25 l/s in the Fiecht project exploration gallery [Czopak 2002]



Obr. 5 Těsnící bariéra řešená adhezivními pásy proti migraci vody mezi plastovou fólií a stříkaným betonem

Fig. 5 Water barrier via adhesive tape solution to avoid water migration between plastic sheet membrane and shotcrete

redundant systems in case of being subjected to higher levels of water pressures than anticipated.

The main characteristic of such a pressurized tunnel is a full-round seal, which is technically demanding in terms of failure prevention for the waterproofing layer. Problems with a fully tanked system using sheet membrane waterproofing may occur, if the concrete - and reinforcement-works (where required) for the permanent lining are not carried out with the mandatory care. The steel wires may then perforate the membrane during the installation process or the supporting structure (inner lining) of the membrane system may include anomalies such as irregularities, imperfections, failures and/or a surface that is too rough. Therefore, contact grouting (post lining grouting) between membrane and inner lining is essential for all fully tanked tunnels with cast-in-place-concrete final lining and must be installed before recovery of the water table. This also ensures sufficient bedding between primary and secondary lining. Other problems or leakages may result from inappropriately installed waterstops within the construction joints of the final cast-in-place concrete lining. This is caused mostly by ineffective integration of the waterstop anchor-rips inside the concrete matrix, arising, for example, from air-cavities or pockets in the concrete pour and with special focus on the arch- and construction-joint areas. Such defects can be rectified or repaired using various systematic injection or grout possibilities.

With focus to the application of a waterproofing system in the invert (Meier et al. 2005), this is more difficult to achieve when using a spray-applied waterproofing system due to typical problems of hydrostatic uplifts (particularly during the construction phase), water accumulation, surface pollution, construction traffic, perforation risks, bonding performance to any kind of protection measures, such as mortar screed or protection membrane, and so on. On the other hand, unlike sheet membranes, spray-applied membranes are bonded to, and therefore supported by, the substrate, and so are less prone to damage by subsequent construction activities. In consequence, both membrane systems (spray-applied and loose-laid sheet membranes) should have a simple, preferably visual, damage detection possibility, such as a thin signal layer or coatings for spray-applied systems with different colour to the base material.

As an additional and important consideration, shotcrete as a final (inner) lining for pressurized structures (Figure 4), is stated as a non-cost-effective, risky construction method (Heimbecher et al. 2004) and seen as a practical solution only for precise profiles, such as TBM-driven tunnels, based on structural issues. In this connection, also the higher requirement to the inner surface of road-tunnels, for example, for

the application of an inner protection coating, is stated as a non-effective construction method (Heimbecher et al. 2004).

3.4 Mixed systems

Mixed or combined waterproofing systems are general designed:

- When long tunnels pass through different environmental conditions which are classified as being exposed to different classes of chemical attack (EN 206-1) or different levels of water pressure that might allow a diversification of the design. For example, according to (Ril 853 2011), in a transfer from a redundant system with a plastic sheet membrane and waterproof concrete to a non-redundant design of watertight concrete without a membrane.
- When longer structures pass through reaches of substantial dry as well as water-bearing

Dalším důležitým faktorem je to, že se uvádí, že stříkaný beton jako definitivní (vnitřní) ostění pro konstrukce pod tlakem vody (obr. 4) představuje nevhodný, rizikový přístup (Heimbecher a kol. 2004) a v návaznosti na statické problémy se bere jako praktické řešení pouze pro přesné profily, jakými jsou tunely ražené TBM. V této souvislosti se také zvýšený požadavek na vnitřní povrch silničních tunelů, například, ve smyslu aplikace vnitřního ochranného nátěru, uvádí jako neefektivní metoda (Heimbecher a kol. 2004).

3.4 Smíšené systémy

Smíšené nebo kombinované hydroizolační systémy se obecně navrhují:

- Když dlouhé tunely procházejí různými prostředím, která je možné klasifikovat podle různých expozic k chemickému působení (EN 206-1), nebo podle různých úrovní tlaku vody, což může umožnit diverzifikaci návrhu. Například podle (Ril 853 2011) lze navrhnout přechod od s rezervou navrženého ostění s fóliovou membránou a vodotěsným betonem na ostění z vodotěsného betonu bez membrány a bez rezervy v návrhu.
- Pokud dlouhé konstrukce procházejí jak převážně suchými, tak zvodněnými oblastmi, a to za použití přechodové zóny mezi tlakovými a drénovanými úseky, často včetně obvodové bariéry přímo na masivu, která byla použita např. v dálničním tunelu Grouft v Lucembursku v kombinaci se clonou těsnící injektáže, nebo v železničním tunelu Weinberg ve Švýcarsku (obr. 5).
- Když ražené tunely těsně membránovým systémem přecházejí do hloubených vodotěsných betonových konstrukcí bez membrány.
- Pro komplikované napojení betonového segmentového ostění hlavního tunelu raženého plnopřímým štítem, těsněného EPDM nebo bobtnavými pásky, na ostění propojky s membránovým systémem, jako bylo použito pro Finnetunnel v Německu (Gerstewitz a kol. 2012) pro tlak vody 6 bar.

Všechny tyto návrhové přístupy implementují podélné přechodové zóny mezi různými systémy hydroizolace. Na rozdíl od toho konstrukce, kde se hydroizolační systém mění v rámci příčného řezu, například stříkaná hydroizolace v kalotě a opěří kombinovaná s volně loženou fólií v protiklenbě v počvě, jsou náročné, a to v návaznosti na komplexnost, detailní práci, kompatibilitu materiálů a rozdíly ve funkčnosti (plná vazba x volně ložené). Například podle současného stavu vývoje fóliových membrán (DIN 18195) je třeba zajistit konce membrán proti tlakové vodě pomocí šroubované příruby s dostatečným maltovým ložem, namísto jednoduchého systému uchycení hřebíky, který se používá proti průsaku bez tlaku. Navíc je třeba vzít v úvahu návrh rozsektorování hydroizolace, jehož detaily budou náročné také z hlediska zóny přechodu na stříkanou hydroizolaci. Ve všech přechodových zónách musí návrh spoje mezi stříkanými membránami, fóliovými membránami nebo ocelovými plechy vzít v úvahu dlouhodobou kompatibilitu a trvanlivost materiálů a potřeby překrytí. Dobrou, materiálově kompatibilní alternativou pro takovéto přechodové zóny jsou řešení v podobě lepicích pásky, jak je zobrazeno na obr. 6.

Jak bylo uvedeno dříve, některé pryskyřice nebo složky stříkaných produktů mohou negativně ovlivnit trvanlivost membrán (např. PVC-P), což vyplývá z migrace plastifikátoru, nebo naopak. Dlouhodobou kompatibilitu materiálu s jakýmkoliv druhem plastových styčných ploch nebo materiálů ve styku lze testovat v souladu s EN ISO 177 (hodnocení nestálých složek, vzduch, 50°C, 0,02 MPa, 90d) nebo v souladu s EN 12637-3 (EN 1847 / EN 14414, 70d, 23°C); požadované relativní změny hmotnosti v obou případech jsou < 3% (ÖBV 2012).

3.5 Materiál a jeho dlouhodobé chování

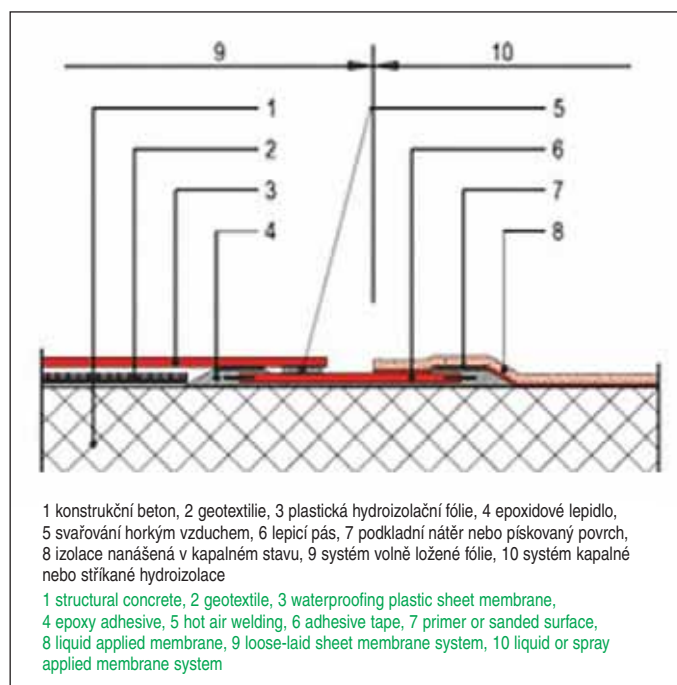
Během provozu tunelu jsou jak stříkané hydroizolační systémy, tak systémy fóliových membrán plně vystaveny podzemní vodě a jejím možným korozivním účinkům, zejména kyselá nebo zásaditá agresivita, a to i když jsou překryty pláštěm stříkaného betonu (beton–membrána–beton). Uhlíčitany, mikroorganismy nebo vytvrzovací

zóny, using a transfer zone between pressure-retentive and drained sections, often including a peripheral (circumferential) water barrier (separation) in the ground, such as used on the Grouft highway tunnel in Luxembourg, in combination by installing a grout injection curtain, or on the Weinberg rail tunnel in Switzerland (Figure 5).

- When mined tunnels, sealed with a membrane system, are transferring to a cut-and-cover watertight concrete concept structure without a membrane or
- For the complex connection of a concrete segmental lining of a TBM driven main tunnel, sealed by EPDM or swelling profile gaskets, to the cross-passage excavation that includes a membrane system, such as applied for the Finnetunnel in Germany (Gerstewitz et al. 2012) and against 6 bar water pressure.

All these design principles implement an axial (longitudinal) transfer zone of the different waterproofing systems. By contrast, designs where the waterproofing system changes inside the profile, for example bonded spray-applied membrane in the crown or wall area in combination with loose-laid plastic sheet membranes in the invert, are challenging, based on the complexity, detailed work, material compatibility and difference in functionality (fully-bond vs. loose-laid). For example, according to the sheet membrane state-of-the-art (DIN 18195), there is a need for end-capping of membranes against pressurized water to use a bolted loose-flange construction with an adequate mortar bed, instead of a simple nail clamped system as used for seepage water. Plus there is a need for a compartmentalised waterstop system, the details of which will be challenging also for the transition zone to spray-applied-membranes. In all transition zones, an adequate bond between sprayable membranes, plastic sheet membranes and/or to the steel plate has to consider in the long-term durable compatibility of the materials and the overlapping needs. A good and material compatible alternative for such a transition zone is given with adhesive tape solutions, as shown in Figure 6.

As previously mentioned, some resins or ingredients of sprayable products may affect negatively the durability of membranes (e.g. PVC-P) resulting from plasticizer migration or vice versa. The long-term material compatibility with any kind of plastic interfaces or materials in contact may be tested in accordance with EN ISO 177 (evaluation of volatile components, air, 50°C, 0.02MPa, 90d) or in accordance with EN 12637-3 (EN 1847/ EN 14414, 70d, 23°C), relative change of mass < 3% in both cases (ÖBV 2012).



Obr. 6 Napojení mezi fóliovou izolací a v kapalném stavu nanášenou membránou za pomoci lepicích pásky

Fig. 6 Intersection between sheet membrane and liquid applied membrane with adhesive tape solutions

složky a činidla jako akryl nebo vosky mohou mít na membránu také negativní vliv. Oba systémy budou vystaveny obdobným teplotám, fyzickému prostředí a zatížení. Dále pak na ně bude uvnitř kompozitního pláště působit dodatečné zatížení, např. smykové napětí. Podle chemické struktury a podle současného stavu znalostí podléhají stříkané membrány na bázi EVA, MMA nebo polyurea směsí podobnému procesu stárnutí jako membrány z termoplastického polyolefinu (TPO), jak je popsáno v (ÖBV 2012). Předvídatelné vlivy potenciálních faktorů snižujících užité parametry zahrnují hydrolyzu (působení vody), působení chemikálií, oxidaci (rozpad molekulárních řetězců kvůli kyselině, kyslíku nebo ozonu), působení mikroorganismů, teploty, mechanické napětí (např. tlak, tah a únava) nebo vysoce energetické záření (např. UV záření). Stříkané membrány jsou také vystaveny vnitřnímu napětí, které vzniká při procesu zrání, jak je indikováno na obr. 3. Tyto faktory mohou působit také společně v synergii. Jedním z nejdůležitějších testovaných parametrů pro zhodnocení stárnutí materiálů z polyolefinu (Journal of polymer science 1973) je odolnost proti oxidaci (při zvýšené teplotě), která je mimo jiné závislá na systému chemické stabilizace, a v důsledku toho na degradačním procesu stabilizace, výluhu a extrakci za podmínek daného prostředí in situ.

3.6 Působení systému během doby životnosti

Úspěšné zhotovení a další působení stříkané nebo fóliové membrány jakožto hotového výrobku, včetně její schopnosti odolávat vodě pod tlakem a tvořit spojitou vrstvu, úzce závisí na mnoha vzájemně propojených faktorech. Pokud tyto nejsou důkladně kontrolovány, může stavba vést ke značně zvýšené spotřebě materiálu a vyšším nákladům, nedostatečnému utěsnění nebo možnému kompletnímu selhání hydroizolačního systému. Takovoto problémy při používání fóliových membrán byly dobře dokumentovány v minulosti a vedly k zavedení systému řízení jakosti a požadavků na kontrolu, jako např. rakouské směrnice pro hydroizolace tunelů (ÖBV 2012). Chce-li projektant navrhnout stříkanou hydroizolační vrstvu jako řešení pro celou dobu životnosti stavby, musí uvážit řadu aspektů. Mezi klíčové otázky patří:

- Přídržnost na podložní vrstvu anebo na definitivní ostění za podmínek daného prostředí, popř. za vlhka. Toto je zásadní systémové kritérium pro zamezení migrace podzemní vody podél stykové plochy membrána–beton. Pevnost spojení některých výrobků k podkladnímu ostění může být např. značně snížena v místech nasycených vodou, v návaznosti na případné opětovné změkčení membránového produktu absorpcí vody, nebo kvůli „aquaplanningu“. Také většina hydrofobních podkladních nátěrů obsahuje ve vodě rozpustné sloučeniny, které nemohou odolávat permanentnímu kontaktu s vodou.
- Vzhledem ke skutečnému provedení podkladní vrstvy stříkaného betonu, které může zahrnovat anomálie, jako např. hnízda a šterkové kapsy, trhliny, nepravidelnosti, pracovní spáry apod., je důležitým faktorem dostatečná odolnost proti separaci vrstev.
- Řádný stav povrchu a jeho příprava. Například povrch podkladní vrstvy je jeden z klíčových prvků celkového systému a musí být zajištěn dodavatelem. Ve většině případů je zapotřebí dodatečně 3 cm podkladní vrstvy ze směsi s velikostí kamene < 4 mm, a to pro zaručení takové povrchové textury / hrubosti, aby se předcházelo uzavření vzduchu v povrchové matici, jehož expanze pod membránou vede ke tvorbě otvorů, nebo aby se zabránilo stínovým efektům během nástřiku (ITAtch 2013, ASTRA 2002, SIA 272 2009). Často je zapotřebí zajistit přiměřené řešení mokřých míst, např. pomocí těsnicích injektáží, vodních zábran či drenážních kanálků, nebo aplikace vrstvy z voděodolné malty nebo stříkaného betonu. Tyto faktory musí být brány v úvahu jak během výstavby, tak předem v zadávací dokumentaci.
- Generální dodavatel by měl garantovat požadované podmínky prostředí. Například teplota nebo atmosférická vlhkost prostředí mohou mít významný vliv na nástřik, zrání a konečně na finální působení produktu. U některých produktů je známo, že teplotní

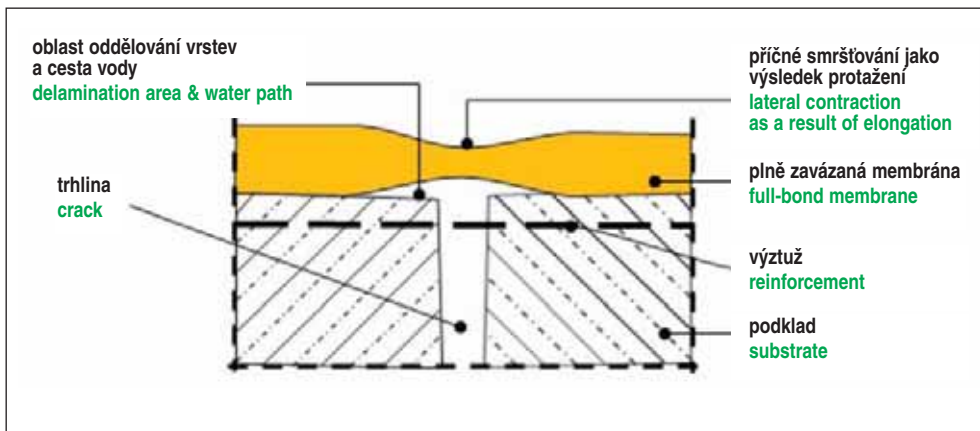
3.5 Material and its lifetime performance

During the tunnel operation, spray-applied waterproofing systems as well as sheet membrane systems are fully exposed to the groundwater and its potential attack, mostly by acidic or alkaline aggression, even when sandwiched in a shotcrete structure (concrete-membrane-concrete). Hydrocarbons, microorganism or curing compounds and agents, such as acrylics or waxes, may also negatively affect the membrane. Both systems will be subject also to similar temperatures, physical environmental exposures and stress. Furthermore, inside a composite shell matrix, additional extended loads, e.g. shear forces, will act on it. Transferred from the chemical structure and according to the current status of knowledge, spray-applied membranes based on EVA, MMA or polyurea compounds are subject to similar aging processes to thermoplastic-polyolefin (TPO) membranes, as described in (OBV 2012). Predictable influences of potential performance reduction factors include hydrolysis (water attack), chemical attack, oxidation (break-up of molecular chains due to acid, oxygen or ozone), micro-organism attack, temperatures, mechanical stresses (e.g. pressure, tension, fatigue), or high-energy radiation (e.g. UV radiation). Spray membranes are subject also to internal stresses that arise through curing processes as shown in Figure 3. These factors can act also together in synergy. One of the most important test parameters to evaluate the aging behaviour of polyolefin materials (Journal of polymer science 1973) is the oxidation (elevated temperature) resistance, which is amongst others, dependent on its chemical stabilisation system, and, as a consequence, on the stabilisation's degradation process, leaching or extraction behaviour under its in-situ environmental condition.

3.6 System lifetime performance

The successful performance of a spray-applied or sheet membrane installation as a finished product, including its ability to resist water under pressure and to form a continuous membrane layer, is closely linked to many interrelated factors. If these are not carefully controlled, the installation can result in significantly increased material consumption and costs, inadequate sealing or perhaps complete failure of the waterproofing system. Such problems when using sheet membranes have been well documented in the past and have led to quality management and control specifications such as the Austrian guideline for tunnel waterproofing (OBV 2012). With the aim of a spray applied waterproofing layer as a lifetime solution, typical problems have to be considered by the designer. The key issues are:

- The bond to the substrate and/or to the final lining under environmental and possibly wet conditions. This is a fundamental system-criteria to avoid migration of groundwater along membrane-concrete interfaces. For example the bonding strength of some products to the support lining may be drastically reduced under local water saturated conditions, based on possible re-softening of the membrane product by absorbing liquids or 'aquaplanning'. Also the most hydrophobic formulated primers containing water-soluble compounds, which cannot withstand permanent contact with water.
- In view of in-situ conditions of the supporting structure, that may incorporate anomalies such as possible honeycombing, gravel pockets, cracks, irregularities, construction joints, etc., an adequate peeling resistance is an additional factor.
- A proper surface preparation and condition. For example, the substrate surface is one of the key (cost) elements of the total system and has to be served, in general, by the main contractor. In most cases, there is a need of an additional regulating layer of 3cm and with an aggregate size < 4mm, even to guarantee a close surface texture/ roughness in order to prevent trapped air in the surface-matrix from expanding under the membrane, creating pinholes, or to avoid shadow effects during the spraying process (ITAtch 2013, ASTRA 2002, SIA 272 2009). Adequate water/wet-spot management is frequently needed, using, for example, pre-injection, water stopping or channelling, or application of a waterproof mortar or shotcrete layer. These must be factored into the construction process and the contract documentation.



Obr. 7 Očekávané chování membrány s plnou vazbou [Girnau et al. 1969]
Fig. 7 Aspired behaviour of a full-bonded membrane [Girnau et al. 1969]

extrémy a cyklické změny teploty během doby zrání stříkané membrány tuto membránu poškozují (Mott MacDonald 2004), což vytváří omezení pro použití v horkých a chladných klimatech.

- Musí být garantována zručnost pracovníků a náležitá péče při provádění hydroizolace.
- Je třeba zhodnotit schopnost přemostování trhlin, která je funkcí pevnosti v tahu, tažnosti a tloušťky nastříkané vrstvy. Protože tvrdnutí membrány snižuje její pružnost, minimální schopnosti přemostování trhlin je dosaženo pouze tehdy, je-li vrstva plně vyzrálá. Také je zde možnost vytváření potenciálních vodních cest uvnitř oblasti delaminace, i když trhlina není na povrchu finální vrstvy ostění vidět (obr. 7), což bude, mimo jiné, ztěžovat lokalizaci skutečného místa průsaku při sanaci. Také je třeba brát v úvahu skutečnost, že v podmínkách in situ jsou všechny povrchové trhliny v konstrukci tunelu biaxiální, a že přenos vlastností vzorků z laboratorních testů musí být adaptován na tyto místní podmínky a musí zahrnovat doporučené součinitele bezpečnosti.

Tak jako u jakéhokoliv materiálu zhotoveného přímo na stavbě, ale zejména u relativně tenké stříkané membrány jsou hlavními faktory pro úspěšné působení finálního produktu zručnost při provádění a kontrola kvality celkového systému. Kontrola kvality je nezbytná pro všechny komponenty kompozitního ostění. Vzhledem k tomu, že kontrolní zkoušky kvality, včetně testů odtržení během 28denní doby zrání nebo po ní, jsou časově a nákladově náročné, neměly by být při snaze o optimalizaci nákladů určitě sníženy pod úroveň běžnou u průmyslově produkovaných fóliových membrán nebo pod současnou úroveň kontroly kvality u tekutých membrán. Na druhou stranu, jakmile je produkt umístěn mezi vnitřním a vnějším ostěním, je velmi obtížné zkoušet jeho působení jak u fóliových, tak stříkaných membrán.

Pro konstrukce s monolitickým definitivním ostěním je zásadním požadavkem oboustranná vazba stříkaného hydroizolačního systému, a to vzhledem k pravděpodobnosti vytvoření trhlin v definitivním ostěním (smršťování) a možnému riziku delaminace vedoucí ke vzniku mezery mezi membránou a definitivním ostěním. Další problémy mohou nastat buď během fáze kontaktní injektáže, nebo kvůli volným fragmentům betonu, nebo kondenzaci vody na povrchu podkladní konstrukce během aplikace, což ovlivní vlastnosti spojené s membránou.

4. SHRnutí

Jak bylo ukázáno výše, jednoplášťový koncept definitivního ostění tunelů přináší potenciální ekonomické výhody, pokud je proveden řádně a použit ve vhodných podmínkách. Příznivé okolnosti se vztahují jak ke specifickým hydrogeologickým a technickým podmínkám finální stavby, tak k příznivým podmínkám na staveništi během aplikace stříkaných membrán. Dá-li se u konkrétního projektu namísto „klasické“ dvouplášťové konstrukce přednost kompozitnímu ostění, musí projekt a příprava stavby zajistit, aby výše uvedené systémové problémy vyplývající z volby materiálu, celkových

- The surrounding environmental conditions, as required to be guaranteed by the main contractor. For example, the temperature or atmospheric humidity of the environment can have a significant effect on the spray application, the curing behaviour and finally, on the ultimate product performance. For some products extremes of temperature and cyclic temperatures during the spray-membrane curing period have been known to damage the membrane (Mott MacDonald 2004), which generates a limitation for applications in hot and cold climates.
- The application skill and care of the installers has to be guaranteed.

- Crack bridging performance, which is a function of the tensile strength, elongation and thickness of the sprayed layer, has to be evaluated. Since hardening of the membrane reduces the elasticity, the minimum crack bridging ability is achieved only once the layer is fully cured. Also there is a possible development of potential water paths inside the delamination area, even if the crack is not seen on the surface of the final layer of the shell lining (Figure 7), which will hamper, among other things, a direct targeting of possible leaks. It must also be taken into account the fact that under in-situ conditions, all surface cracks in a tunnel structure are bi-axial and that a transfer of the sample properties from laboratory tests needs to be adapted on these in-situ conditions and with recommended safety factors also incorporated.

As with any material constructed in-situ, but especially for relatively thin spray-applied membranes, due to the complexity, the major factor for a successful performance is the quality control of the total system and of the application workmanship. This becomes essential when considering the potential static-load relevance for composite shell linings. Given that quality tests, including pull-off tests within or after 28 day curing times, are time and cost consuming they should definitely not be minimized below the standard levels of industrially-produced plastic sheet membranes or current quality levels of liquid-applied-membranes in efforts to be 'cost-optimized'. On the other hand, it is difficult to test the in-situ integrity of the final product performance of either sheet or spray-applied membranes once sandwiched inside the inner and outer linings.

Double bonding of spray-applied waterproofing systems is critical for structures with final cast-in-place concrete linings, given that crack development of the final lining is likely (due to its later installation, the extended constraining forces, and shrinkage), and the possible resulting risk of membrane delamination giving rise to a ring space between the two. Additional problems may arise either during a contact grouting phase, based on the cement laitance, or due to loose particles or condensation water on the surface of the supporting structure during application which will influence the bond to the membrane.

4. SUMMARY

As shown above, a single shell concept for permanent tunnel linings provides possible economic advantages if carried out properly and within the right circumstances. Favourable circumstances include specific hydrogeological and technical conditions of the final construction as well as favourable on site conditions during the application of spray-applied membrane products. If the use of a composite structure is going to be preferred over the 'classical' two-shell construction for a specific project, the designers and planners have to make sure that the aforementioned system-related problems, resulting from choice of material, and overall conditions of the underground space and the spray applied membranes, do not

podmínek podloží a stříkaných membrán, nebránily provozuschopnosti podzemní stavby po celou dobu její životnosti.

Na základě aktuálního stavu vývoje a vzhledem k současným referenčním projektům uplatňujícím stříkané membrány a dlouhodobým praktickým zkušenostem s kapalnými membránami, hydrofobními podkladními nátěry, stěrkami anebo membránovými systémy s plnou vazbou, musí být zamezeno stálému negativnímu tlaku vody, není-li použita kontra konstrukce. Proto mnoho výrobců stanovuje omezení stálého negativního tlaku vody na nule barů zejména s ohledem na návrhovou dobu životnosti. Dále výrobci specifikují, že během procesu aplikace a zrání stříkané membrány nelze tolerovat přítomnost jakékoliv vody. Na druhou stranu jsou stříkané systémy zvláště vhodné pro situace, kdy je přítomná voda pod nízkým pozitivním tlakem, např. méně než 10 m (Mott MacDonald 2004) nebo, podle různých sledovaných aplikací, méně než 5 m. Stříkané membrány dále nejsou považovány za praktické řešení pro stavby s celoplošným snížením tlaku vody (tunely s neuzavřenou izolací) kvůli soudržnému charakteru membrány, která tak zamezuje drenážnímu pohybu vody v rámci systému (ITAtch 2013).

Zatímco zkušenostmi ověřené dvouplášťové konstrukce s hydroizolačním systémem v podobě integrovaných fóliových membrán poskytují určitou bezpečnostní rezervu v souvislosti s efektivitou a funkčností, stříkaným membránám dosud tato na odborných zkušenostech založená záruka chybí. Projekt a příprava staveb se tudíž musí zaměřit na užitná kritéria během přípravy, výstavby a provozu. Tato kritéria v kostce zahrnují:

- spodní a horní limit pro tloušťku hydroizolační vrstvy;
- vícevrstvá aplikace za účelem zamezení příslušných nedokonalostí;
- homogenita a nepropustnost hydroizolační bariéry;
- použitelnost membrány v podmínkách staveniště;
- pevnost spojení (přídržnost) v kombinaci s pevností v odtrhu;
- specifikovaný časový interval pro aplikaci přestřiku (v harmonogramu stavby) z důvodu zaručení přídržnosti, což je také důležité pro spáry;
- stabilně vhodné podmínky povrchu a chování podkladní konstrukce s ohledem na nepravidelnosti podkladu, trhliny, spáry, poruchy a štěrková hnízda apod.;
- vyhodnocení bezpečnosti vzhledem k existujícím nejistotám;
- trvanlivost všech složek konstrukce za in situ podmínek během celé doby životnosti stavby;
- návrh detailů se zaměřením na trvanlivost, kompatibilitu materiálů a celkové působení systému;
- posouzení rizik s ohledem na aplikaci přímo na místě v podmínkách staveniště.

Pokud toto není provedeno s dostatečnou péčí, je technologický vývoj od volně ložené fóliové membrány k jednodílné stříkané membráně zhotovené na stavbě uskutečněn především přenosem problémů / rizika / zodpovědnosti z jedné osoby nebo firmy na druhou. Je tudíž nezbytné, aby se investor a projektant shodli na nezpochybnitelné definici požadované úrovně utěsnění stavby, zcela nezávisle na zvoleném principu hydroizolace.

Například požadovaná vodotěsnost třídy 3 podle specifikace německých (ZTV-ING 2007) norem umožňuje návrh polymerem modifikovaného stříkaného nebo litého betonového definitivního ostění pro únikové a záchranné tunely, bez jakéhokoliv druhu hydroizolační vrstvy (Friebel a kol. 2013). Oproti tomu vodotěsnost třídy 1 podle specifikace německé (Ril 853 2011) normy jednoznačně požaduje použití dvouplášťového systému s mezilehlou fóliovou membránou.

Na závěr je uvedena formulace rakouské (ÖBV) směrnice z roku 2012 pro hydroizolaci tunelů: „V tomto okamžiku lze závěrem uvést, že vzhledem k nedostatku rozsáhlých referenčních údajů, technickým omezením a nejistotám chování v dlouhodobém horizontu, nemůže být v současnosti použít stříkaných hydroizolačních systémů pro tunelové konstrukce považováno za rovnocenné prověřeným systémům syntetických (plastových) fóliových hydroizolačních membrán, které byly speciálně navrženy a vyvinuty pro tento účel.“ Jiný odkaz (Vollmann 2010): „V této fázi zůstávají stále nezodpovězené otázky ohledně požadovaných mezních podmínek pro aplikaci, zrání materiálu a také

hamper the availability of the underground facility throughout its design lifetime.

In respect to current state-of-the-art and based on current reference projects using spray-applied membranes and the long-term practical experience with liquid-applied membranes, hydrophobic formulated primers, coatings and/or with fully-bonded membrane systems, a permanent negative water pressure, without a contra structure, is to be rejected. Therefore, many manufactures set the limitation, in reference to permanent negative water pressure, to zero bar, especially in view of the required designlife period. Additionally, manufacturers specify that during the application and curing process of a spray-applied membrane, the presence of any kind of active water is not tolerable. On the other hand, spray-applied systems are particularly suitable to situations where any water present is under a low positive pressure of, for example, less than 10m (Mott MacDonald 2004) or according to various track-record applications, less than 5m. Additional, spray-applied membranes are not seen as a practicable solution for full surface water pressure relief (fully drained) designs due to the bonded nature of the membrane restricting the movement of water within the system (ITAtch 2013).

While the proven double-shell constructions with integrated sheet membranes as the waterproofing system provide a specific redundancy in terms of efficiency and functionality, spray-applied membranes are, up to now, lacking this knowledge-based assurance. Planners and designers therefore have to focus on performance criteria during planning, construction and operation. In a nutshell these criteria include:

- Lower and upper thickness limits of the waterproofing layer;
- Multiple layers application to avoid corresponding imperfections;
- Homogeneity and permeability of the waterproofing barrier;
- Applicability of the sprayed membrane under on-site conditions;
- Bonding strength in combination with peeling strength;
- Restricted application windows (times in the construction schedules) for overspray to guarantee the bonding characteristic, which is also important for day-joints;
- Static, surface conditions and performance of the supporting structure, including irregularities, cracks, joints, failure, and gravel pockets, etc.;
- Assessment of the safety index C in view to all uncertainties or variabilities;
- Durability of all system relevant components under local conditions throughout the lifespan of the structure;
- Detailing with a focus on the durability, material compatibility and system performance;
- Risk assessment in view to in-situ application and environment.

If this is not carried out with mandatory care, the technological development from a loose-laid plastic sheet membrane to an in-situ formed seamless spray-applied membrane is mainly conducted by moving the problems/risks/responsibilities from one point or responsible party to another. It is essential therefore, for the owner/designer to agree on an unmistakable definition for the required sealing effect or performance, quite independently of the chosen sealing principle.

For example, the required watertightness Class 3 specification of the German (ZTV-ING 2007) standards opens the design-frame nowadays to the use of polymer-modified sprayed- or cast-concrete final linings for escape and rescue tunnels, without any type of waterproofing layer (Friebel et al. 2013). By contrast, the watertightness Class 1 specification of the German (Ril 853 2011) standard clearly states application of a double shell method including a loose-laid plastic sheet membrane.

Referring to the Austrian ÖBV-guidelines of 2012 for tunnel waterproofing: "In conclusion at this time, due to the lack of extensive reference data, the technical limitations and uncertain long-term behaviour, the use of spray applied waterproofing systems for tunnel structures cannot currently be considered as an equivalent to proven synthetic (plastic) sheet waterproofing membrane systems that have been specifically designed and developed for this purpose." or referring to

trvanlivosti stříkané membrány.“ Z toho vyplývá pro působení celého systému stříkané izolace zásadní otázka přídržnosti mezi vrstvami při stálém kontaktu s vodou, vodním tlakem nebo při kontaktu s agresivními kapalinami.

Pro dosažení srovnatelné úrovně spolehlivosti stříkané a fóliové izolace je zapotřebí dalšího výzkumu, který musí být podpořen praktickými zkušenostmi ze současných referenčních projektů.

**STEFAN LEMKE, lemke.stefan@ch.sika.com,
SIKA SERVICES AG, SWITZERLAND**

Recenzovali: Ing. Otakar Hasík, Ing. Michal Uhrin

(Vollmann 2010): “At this stage there are still unanswered questions regarding required boundary conditions for application, material curing and as well for the durability of the spray applied membrane”. This includes the system relevant bonding behaviour between all layers under permanent contact with water, water under pressure or in contact with aggressive liquids.

To achieve this level of certainty, additional research is needed, which has to be assessed by practical experience from present reference projects.

**STEFAN LEMKE, lemke.stefan@ch.sika.com,
SIKA SERVICES AG, SWITZERLAND**

LITERATURA / REFERENCES

- Aldrian, W., Giefing, R. Spray-applied membranes. *World Tunneling*. Nov. 2009, pp. 16-19
- Anagnostou, G., Ehrbar, H. *Giswil Tunnel*. Tunnelling Switzerland. FGU, Swiss Tunneling Society STS & vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zurich, 2013, pp. 228-231
- ASTRA: *Spritzabdichtung im Tunnelbau*. Forschungsauftrag ASTRA 1999/144 (52/99), Sargans/CH, December 2002, pp. 51-52
- Broggi, E. Neuere Entwicklungen beim Stadtbahnbau in Bielefeld. *Beton* 3/1992, pp. 119-123
- Bundesministerium für Verkehr. Abt. Strassenbau: ZTV-BEL-B Teil 3, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für das Herstellen von Brückenbelägen auf Beton, Dichtungsschicht aus Flüssigkunststoff, 1995, p. 17
- Chabot, J. D. Draining underground tunnels. *Tunnel* 2/2002, pp. 18-24
- Chabot, J. D. S., Sandrone, F., Gamisch, T. *The importance of drainage system in railway tunnels and possibilities to reduce the LCC*. World Tunnel Congress 2013 Geneva. ISBN 978-1-138-00094-0, pp. 441-448
- Czopak, K. Der Erkundungsstollen Fiecht. *PORR-Nachrichten* Nr. 139, 2002
- Friebel, W.-D., Kaundinya, I., Thewes, M., Vollmann, G. Ausführungsmöglichkeiten von Rettungsstollen bei deutschen Strassentunneln. *Taschenbuch für den Tunnelbau* 2013, DGGT, pp. 21-48
- Gall, V., Zeidler, K., Munfah, N., Cerulli, D. Shotcrete for tunnel final linings – design and construction considerations. *North American Tunneling* 2004, Ozdemir (ed), Taylor & Francis Group, London, ISBN 90 5809 669 6, pp. 215-221
- Gerstewitz, T., Schalicke, H. *Finnetunnel – Neue Wege bei der Ausführung eines Dichtanschlusses zwischen Tubbingrohre und Verbindungsstollen*. 3. Münchener Tunnelbausymposium. STUVA, 2012
- Giambartolomei, M. Los efectos de las filtraciones en el subte B, a la vista. LA NACION, Martes 06 de agosto de 2013. <http://www.lanacion.com.ar/1607855-los-efectos-de-las-filtraciones-en-el-subte-b-ala-vista>
- Girnao, G., Haack, A. Tunnelabdichtungen. *Forschung + Praxis* (6), STUVA, 1969, pp. 67-72
- Guideline for European technical approvals (ETAG). Nr. 033, Liquid applied bridge deck waterproofing kits. Version July 2010
- Harper, M. Spray-on protection for Buenos Aires metro. *World Tunneling*, April 2013, pp. 27-29
- Heimbecher, F., Decker, W., Faust, H.-G., Bast: *Einsatzbereich endgültiger Spritzbetonkonstruktionen im Tunnelbau*. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Heft B 46, Bergisch-Gladbach, 2004, pp. 9- 20
- ITAtch Activity Group Lining and Waterproofing: ITAtch Design Guidance For Spray Applied Waterproofing Membranes, N° ISBN: 978-2-9700858-1-2, ITAtch report N°2 – APRIL 2013
- Journal of polymer science: Thermal degradation of ethylene-vinyl acetate copolymer. *Polymer Letters* 1973, Volume 11, pp.521-523
- Kirschke, D. Fortschritte und Fehlentwicklungen bei der Tunnelentwässerung. *Geotechnik* 24, Nr. 1, 2001, pp. 42-50
- Kirschke, D., Prommersberg, G. *Der Freudensteintunnel- Ein neuer Maststab für den Stand der Technik im Tunnelbau*. AET Archiv für Eisenbahntechnik, Bd. 44. Darmstadt: Hestra 1992, pp. 131-156
- Kupfer, H., Kupfer, H. *Statical Behaviour and Bond Performance of the Layers of a Single Permanent Shotcrete Tunnel Lining*. Spritzbeton-Technologie, Innsbruck, 1990, pp. 11-18
- Marcher, T., John, M., Mladen, R. *Determination of Load-Sharing Effects in Sprayed Concrete Tunnel Linings*. UK Underground Construction 2011, Conference and Exhibition, 29th-30th June 2011, Earls Court, London
- Meier, W., Holter, K. G., Haeusermann, S. *Waterproofing of an emergency escape tunnel by employing an innovative sprayable membrane: The Giswil gighway tunnel project, Switzerland*. Underground Space Use: Analysis of the Past and Lessons for the Future- Erdem & Solak (eds), 2005 Taylor & Francis Group, London, ISBN 04 1537 452 9, pp. 571-574
- Mott Mac Donald: Product Evaluation of Masterseal 345, Assessment, Application and Specification, UK, May 2004
- Osterreichische Bautechnik Vereinigung (OBV): Richtlinie Tunnelabdichtung. www.bautechnik.pro, December 2012
- Osterreichische Bautechnik Vereinigung (OBV): Richtlinie Tunnelentwässerung. www.bautechnik.pro, April 2010, pp. 16-18
- Ouellet, J. Hatley, J., Greensted, S., Harper, M. *Sprayed on waterproofing in frozen ground conditions: a shaft liner application case*. World Tunnel Congress 2013 Geneva, Taylor & Francis Group, London 2013, ISBN 978-1-138-00094-0, p. 1507
- Reach (Amending Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and Council on the Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals as regards Annex XVII: Commission Regulation (EC) No 552, 22 June 2009
- Pickett, A., Thomas, A. H. Where are we now with sprayed concrete lining in tunnels? *Tunnelling Journal*, April/May 2012, p. 35
- Pottler, R., Klapperich, H. *Single-shelled shotcrete lining aspects and application in central Europe, 3.5 special load cases - water loads*. Shotcrete for underground support VIII, 8. International conference, Sao-Paulo, 1999, pp. 174-191
- RI-BWD-TU, Richtlinie für Bergwasserdrangesysteme von Strassentunneln der deutschen Bundesanstalt für Strassenwesen (Bast), 12/2007
- Richtlinie 853.4101 (RIL 853): Abdichtung und Entwässerung. Eisenbahntunnel, planen, bauen und instand halten, Deutsche Bahn, 03/2011
- SIA 272: Abdichtung und Entwässerung von Bauten unter Terrain und im Untertagebau. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. Zurich, 2009
- Vollmann, G. *Known knowns and known unknowns about waterproofing of NATM-tunnels*. EU Tunnel Seminar #7 NATM Tunnel Construction Practices in Central EU, Innsbruck, September 21st, 2010
- Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING) der deutschen Bundesanstalt für Strassenwesen (Bast), 12/2007

FOTOREPORTÁŽ Z ROZOSTAVANÝCH TUNELOV V SR

(Foto: Ing. Milan Majerčík)

PICTURE REPORT FROM TUNNELS UNDER CONSTRUCTION IN THE SR

(Photo: Ing. Milan Majerčík)



Obr. 1 Ovčiarsko, južná tunelová rúra zo strany od západného portálu
Fig. 1 Ovčiarsko, southern tunnel tube viewed from the western portal side



Obr. 2 Ovčiarsko, severná tunelová rúra od západného portálu
Fig. 2 Ovčiarsko, northern tunnel tube viewed from the western portal



Obr. 3 Polana, východný portál
Fig. 3 Polana, eastern portal



Obr. 4 Svrčinovec, západný portál
Fig. 4 Svrčinovec, western portal



Obr. 5 Tunel Žilina, severná tunelová rúra od západného portálu
Fig. 5 Žilina tunnel, northern tunnel tube viewed from the western portal



Obr. 6 Tunel Polana – úniková štôľňa
Fig. 6 Polana tunnel – escape gallery

FOTOREPORTÁŽ Z MONTÁŽE TBM PRO EJPOVICE (FOTO JOSEF HUSÁK)

PICTURE REPORT FROM THE ASSEMBLY OF THE TBM FOR EJPOVICE TUNNEL (PHOTO JOSEF HUSÁK)



Obr. 1 Doprava štítu po vodě
Fig. 1 Shipping of the shield on a river



Obr. 2 Doprava štítu po kolech
Fig. 2 Transporting the shield on wheels



Obr. 3 Pohled na vjezdový portál a montáž obálky štítu
Fig. 3 A view of the entrance portal and assembly of the shield skin



Obr. 4 Smontovaná obálka štítu a startovací rám
Fig. 4 The assembled shield skin and thrust frame



Obr. 5 Zařízení staveniště pro montáž štítu
Fig. 5 The sheet assembly site facility



Obr. 6 Konstrukce otočného výsypného nosu na mezideponii rubaniny
Fig. 6 The turning dumping arm structure at the intermediate stockpile of muck

FOTOREPORTÁŽ ZE SVĚCENÍ SV. BARBORY A DNE OTEVŘENÝCH DVEŘÍ (FOTO JOSEF HUSÁK)

PICTURE REPORT FROM THE CONSECRATION OF ST. BARBARA STATUETTE AND THE OPEN DOOR DAY (PHOTO JOSEF HUSÁK)



Obr. 1 Svěcení sv. Barbory
Fig. 1 St. Barbara statuette consecration



Obr. 2 Uložení sv. Barbory
Fig. 2 St. Barbara statuette installation



Obr. 3 Slavnostní pokřtění Viktorie
Fig. 3 Ceremonial christening of Viktorie



Obr. 4 Den otevřených dveří
Fig. 4 Open Door Day



Obr. 5 Den otevřených dveří
Fig. 5 Open Door Day



Obr. 6 Viktorie připravená ke startu
Fig. 6 Viktorie prepared for launching



KAMKOLIV SE VYDÁTE...
...naleznete produkty a systémy Sika

www.sika.cz

STAVÍME NA DŮVĚŘE



... VÁŠ PARTNER V GEOTECHNICE

GeoTec GS

- průzkum
- dozor
- monitoring

GeoTec-GS, a.s.
Chmelová 2920/6
106 00 Praha 10

tel: +420 271 750 709 (-11)
fax: +420 271 750 113

web: www.geotec-gs.cz
email: paha@geotec-gs.cz



OZNÁMENÍ

ARCADIS CZ a.s., divize Geotechnika a Česko-Slovenská společnost pro mechaniku zemin a geotechnické inženýrství s patronací ÚTAM AV ČR

pořádají ve dnech 11. a 12. května 2015 v budově Akademie věd ČR, Praha 1, Národní třída 3

PRAŽSKÉ GEOTECHNICKÉ DNY 2015

Pondělí 11. 5. 2015

Dopolední program - odborný seminář:

Landslides – Role of Geology and Geotechnics

Odpolední program: Prezentace uchazečů o Cenu akademika Quido Záruby pro mladé inženýrské geology a geotechniky, vyhlášení vítěze a předání ceny.

23. Pražská geotechnická přednáška:

A Particle Level Review of Soil Behavior and Macroscale Implications

Prof. Carlos Santamarina, GeorgiaTech, USA

Úterý 12. 5. 2015

Workshop: **Landslides – Role of Geology and Geotechnics**

moderuje Prof. Carlos Santamarina, GeorgiaTech, USA

Účast na PGD 2015 je zdarma, akce je sponzorována pořádajícími organizacemi.

Pozvánky včetně podrobného programu a závazných přihlášek budou rozesílány během dubna 2015.

Kontaktní adresa: ARCADIS CZ a.s., divize Geotechnika, Ing. Michaela Frombergerová

Tel.: 234 654 101, fax: 234 654 102, e-mail: michaela.frombergerova@arcadis.cz, více na: www.arcadis.cz

České tunely odvětrávají



ventilátory ZVVZ

Už přes 200 ventilátorů dodala v letech 2009 – 2014 akciová společnost ZVVZ MACHINERY do českých dopravních tunelů.

- Tunelový komplex Blanka (Praha)
- Tunely Lahovice (pražský okruh), Valík (D5), Hřebeč (I/35), Dobrovského (Brno)
- Metro, trasa A Dejvická – Motol (Praha)

Nové typy ventilátorů APW pro podélné větrání (Ø 0,5 - 1,6 m) a APH pro příčné větrání (Ø 1,3 až 3,5 m) představují špičku v oboru. Certifikace na teplotu 400 °C po dobu 120 minut. Vysoká bezpečnost v případě požáru.



ZVVZ MACHINERY

ZVVZ MACHINERY, a.s., člen strojírenského holdingu ZVVZ GROUP, a.s., Milevsko, Česká republika /www.zvvz.cz

ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB / THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

MOZAIKA ZE SVĚTA

ŽELEZNIČNÍ TRASA POD CURYCHEM V PROVOZU

K výraznému zlepšení železniční dopravy mezi Ženevou – Bernem – Curychem a St. Gallenem došlo od 15. června 2014, kdy byl uveden do provozu 9,6 m dlouhý úsek podcházející centrum Curychu. Jeho klíčovou část tvoří cca 5 km dlouhý dvojkolejný tunel Weinberg s rovnoběžně vedeným únikovým tunelem.

Pod čtvrtou až devátou kolejí dnešního curyšského koncového nádraží je v hloubce 16 m nová průjezdní stanice Löwenstrasse dlouhá skoro 1 km. Má čtyři koleje s nástupišti délky 450 m.

BÁZOVÝ ŽELEZNIČNÍ TUNEL POD ANDAMI

Konsorcium firem z Argentiny, Chile, Japonska, Itálie a španělské pobočky Ambergu představilo záměr na výstavbu 52 km dlouhého bázového tunelu mezi Argentinou a Chile vedeného pod andským masivem. Uvažovaným termínem pro uvedení do provozu je rok 2020.

DVOUPATROVÝ TUNEL POD ŘEKOU JANG-TSE VE WUCHANU

Zlepšení automobilové i osobní dopravy v desetimilionovém čínském městě Wuchan má zajistit výstavba dvou dvoupatrových tunelů pod řekou Jang-tse. V horním patře tunelů dlouhých cca 2,6 km bude třípruhová vozovka, pod kterou budou koleje linky metra. Pro ražbu tunelů ve složitých geologických podmínkách dodá firma Herrenknecht dva kombinované štíty o průměru 15,76 m. Razit budou v hloubce 39,5 m pod hladinou řeky.

KANALIZAČNÍ SBĚRAČ EMSCHER

Oficiální časopis německé tunelářské asociace STUVA Tunnel uveřejnil ve svém čísle 5/2014 článek o výstavbě kanalizačního sběrače Emscher. Je to vodohospodářská a vpravdě ekologická stavba mimořádná svou velikostí a použitou technologií ražby štíty s protlačovaním železobetonových trub i délkou protlačovaných úseků.

Řeka Emscher dlouhá 85 km protéká průmyslovou oblastí Porúří a postupně se od 19. století stala stokou. V devadesátých letech 20. století bylo rozhodnuto, že všechny odpadní vody musí být odváděny novým kanalizačním sběračem, aby se řeka Emscher vrátila do své „původní“ přírodní podoby.

Nový hlavní kanalizační sběrač bude sledovat řeku Emscher v délce 51 km v hloubce 15 až 40 m. Na trase budou tři velké čerpací stanice. První část sběrače mezi Dortmundem a Deusenem včetně příslušné čistírny odpadních vod je již dokončena.

Nyní se pokračuje největším úsekem celého projektu, který má délku 35 km, na kterém v polovině roku 2014 pracovalo 8 razicích štítů. Jeden s přetlakem vzduchu na čelbě, za kterým se protlačují železobetonové trouby o vnitřním průměru 2800 mm. Dalších sedm jsou bentonitové nebo kombinované štíty s protlačováním trub o průměru 1600 mm až 2400 mm.

Doporučené maximální délky úseků pro protlačování trub výše zmíněných profilů se pohybovaly mezi 500 a 800 m, ale v tendru emscherského sběrače byly stanoveny následující maximální délky protlačovaných úseků:

- pro trouby DN 1600 až 1800 mm – max. 1000 m;
- pro trouby s DN přes 1800 mm – max. 1200 m.

Je samozřejmé, že se musí používat tlačné mezistanice, jejichž osazení mezi protlačované trouby se řídí vývojem tlačné síly hlavní tlačné stanice umístěné ve startovací šachtě. Základní předpoklad byl, že mezistanice se budou vkládat po 150 až 200 m. Z hlediska geodetických parametrů bylo stanoveno, že výšková odchylka při protlačování nesmí přesáhnout 50 mm a vodorovná odchylka nesmí být větší než 200 mm s tím, že vodorovná odchylka prorážky do šachty musí být do 100 mm.

Záměry projektu se daří plnit. Od října 2013 do února 2014 byl vyražen zatím nejdelší úsek délky 1140 m s troubami o vnitřním profilu 2800 mm. Denní postupy na protlačovaných úsecích se pohybují mezi 11 až 15 m/den.

PUBLIKACE „STADTBAHNSYSTEME / LIGHT RAIL SYSTEM“

Pod patronací německého ministerstva dopravy vyšla v září 2014 obsáhlá dvojjazyčná německo-anglická publikace o cca 990 stránkách zabývající „lehkými“ městskými kolejovými dopravními systémy. Popisuje principy těchto systémů, technologické vybavení, provoz a financování. Její cena byla stanovena cca na 130 eur.

ŽELEZNIČNÍ TUNEL HALLANDSÅS – RAŽBA V EXTRÉMNÍCH GEOTECHNICKÝCH PODMÍNKÁCH

Při přestavbě železniční trati ve Švédsku mezi Malmö a Göteborgem na vysokorychlostní provoz bylo nutné pod hallandskou vysočinou vyrazit dva tunely délky 8,7 km. Tuneláře ale očekávaly složité geotechnické podmínky – hlavně vysoce abrazivní horniny (ruly a amfibolity) s pevností až 250 MPa většinou velmi rozpukané a s vysokými přítoky podzemní vody s tlakem až 10 barů. Po neúspěšné snaze razit tunel konvenční metodou bylo rozhodnuto přejít na mechanizovanou ražbu, která měla i z environmentálních důvodů zajistit limitní množství přítoku podzemních vod do díla.

Firma Herrenknecht pro ražbu dodala speciálně vybavený kombinovaný štít o průměru 10,53 m schopný pracovat v uzavřeném módu jako bentonitový štít s hydraulickou dopravou rubaniny a v otevřeném módu jako skalní štít s pásovou dopravou rubaniny.

Razicí stroj zahájil práci ve východní troubě v září 2005. Nejlepší výsledky byly dosahovány při ražbě v otevřeném módu s masivními cementovými injektážemi, nicméně postup zpomalovaly časté servisní přestávky s výměnou rezných nástrojů.

Vyražení cca 11 km tunelů trvalo osm let.

ZDRŽENÍ STAVBY BÁZOVÉHO TUNELU CENERI.

Dokončení výstavby bázového tunelu Ceneri, který je součástí budovaného železničního systému jižně od gotthardského bázového tunelu, bylo předmětem soudních sporů. V srpnu 2013 vybral investor, AlpTransit Gotthard Ltd., dodavatele kompletního železničního vybavení tunelu. Odvolání dalších subjektů proti výsledkům výběrového řízení řešil švýcarský federální správní soud, který v březnu 2014 výběrové řízení anuloval, ale již v září 2014 švýcarský federální soud potvrdil platnost původního výběrového řízení.

Na pravidelném jednání parlamentní dozorčí komise v srpnu 2014 bylo konstatováno, že pokud by muselo proběhnout nové výběrové řízení, vícenáklady související i se zpožděním stavby by činily okolo 100 mil. SF. Při potvrzení původních dodavatelů budou vícenáklady asi 10 mil. SF a uvedení tunelu do provozu v listopadu 2019 bude i nadále cílem investora.

STUTTGART 21: STAVBA TUNELU FILDER ZAHÁJENA

Důležitou součástí velkolepé přestavby železničního systému ve městě Stuttgart je 9468 m dlouhý tunel Filder, který propojí mj. nové hlavní nádraží s letištěm. Tunel sestává ze dvou jednokolejných trub a jeho ražba byla zahájena v červenci 2014. Postup ražeb je zajímavý.

Většina trasy bude vyražena kombinovaným štítem fy. Herrenknecht o průměru 10,82 m, který ve spodní části začínající u nového nádraží bude pracovat v otevřeném módu, kdy rubaninu bude z čelby dopravovat pásový dopravník. V horní části od portálu Filder bude použit uzavřený mód s dopravou rubaniny z čelby šnekovým dopravníkem. V obou případech další dopravu rubaniny na portál obstará pásový dopravník.

Přibližně v polovině trasy se ale geologie mění a v této přechodové zóně bude asi 1,15 km obou trub vyraženo konvenční metodou včetně propojky mezi nimi. To si vynutí několik přesunů štítu.

TUNEL VEREINA – ZDROJ TEPLA PRO KLOSTERS

Švýcarský Klosters poblíž Davosu spojuje od roku 1999 s údolím Engadin, kterým teče řeka Inn, železnice, pro kterou byl

vyražen 19 km dlouhý tunel Vereina. Z jeho severního portálu vytéká každou minutu 2100 l podzemní vody teplé 17 °C. Z ní chce pomocí tepelných čerpadel získávat teplo pro vytápění části Klostru curyšská elektrárenská společnost. Mělo by to ušetřit 800 tisíc až milion litrů topného oleje ročně.

Ing. MILOSLAV NOVOTNÝ, mila_novotny@volny.cz

VELÍN SAT JE PŘIPRAVEN PRO BLANKU

STRAHOV AUTOMOBILE TUNNEL MANAGEMENT CENTRE PREPARED FOR BLANKA

The management centre of the Strahov automobile tunnel (the SAT) has recently been supplemented by technical equipment required for the management of the Blanka complex of tunnels (BCT). The equipment of all road tunnel structures in Prague is managed from this place. In the future, the management is to be concentrated at the new Multifunctional Operations Centre. It will be located in the vicinity of the SAT northern mouth.

Velín Strahovského automobilového tunelu (SAT) byl v nedávné době doplněn o technické vybavení potřebné pro řízení Tunelového komplexu Blanka (TKB). Z tohoto místa (na adrese Šermířská 11, Praha 6) s krásným výhledem na celou Prahu je řízena technologie všech silničních tunelových staveb, i když název velínu zůstal původní – odvozený od prvního tunelu na vnitřním městském okruhu. Veškeré řízení všech tunelových staveb v Praze má být soustředěno do nového multifunkčního operačního střediska, situovaného do blízkosti severního vyústění SAT. Kvůli velkému časovému zpoždění jeho výstavby byl však na přechodnou dobu pro řízení technického vybavení všech tunelů určen velín SAT a pro řízení dopravy velín HDŘÚ v ul. Na Bojišti, Praha 2 (obr. 1).

Potřebné rozšíření technického vybavení velínu SAT skoro vyčerpalo jeho prostorové rezervy. Velkoplošné zobrazení na čele velínu prošlo repasí a byly vyměněny jeho některé opotřebované díly, takže kvalita zobrazení je stejná jako u nového systému. Plocha pro zobrazení obrazů tunelových kamer byla rozšířena o 2x4 monitory umístěné po obou stranách tohoto velkoplošného zobrazení. Společně s repasovaným systémem velkoplošného zobrazení a monitory umístěné na dispečerských pracovištích může obsluha velínu současně sledovat 39 kamerových signálů. Zobrazení obrazů kamer je ovládáno novým systémem takovým způsobem, že každý dispečer se pomocí jediné řídicí klávesnice televizního dohledu dostane k možnosti navolení libovolné kamery připojené do systému, ať se

jedná o nejstarší systém v SAT z roku 1997, nebo v současné době do provozu uváděný kamerový systém na TKB. Pro řešitele to byl poměrně velký problém, protože k původním 230 kamerám ze všech provozovaných tunelových staveb přibýlo 380 nových kamer. Z tohoto čísla je dobře patrný rozsah nového díla (obr. 2).

Podobně se rozrostla i interní telefonní síť, pro jejíž ovládání byly použity dispečerské přístroje s grafickou dotykovou obrazovkou, poskytující rychlou orientaci v potřebných kontaktech.

Řídicí systém a datová síť byly rovněž doplněny novým SW a HW vybavením. Grafická nadstavba pro dispečerské řízení technického vybavení všech silničních tunelových staveb stále používá produkt Kerberus, průběžně inovovaný již od výstavby Strahovského automobilového tunelu uvedeného do provozu v roce 1997. Přidání TKB do systému řízení znamenalo zvýšení počtu elektronických informací o stavu technického vybavení (tzv. „proměnných“) o 130 000. Celkový počet přibližně 240 000 proměnných, zpracovávaných řídicím systémem v reálném čase, je integrován do jednotné databáze poskytující jasný přehled o časovém sledu všech důležitých událostí. Na dispečinku se po 12hodinových směnách střídají směny zpravidla 3 dispečerů. Dispečerů mají stejná práva pro řízení a jejich povely jsou zapisovány do databáze s časovým údajem a s identifikací osoby, která povel vydala.

Menšími úpravami prošlo i vnitřní vybavení velínu. Byly vyměněny pracovní desky dispečerských stolů a pro snížení vnitřní teploty při letních extrémech byla část proskleného povrchu opatřena protisluneční fólií.

Koncem roku 2014 proběhlo teoretické a praktické proškolení obsluhy velínu z problematiky TKB. Praktická část probíhala z lokality TKB, objekt Technologického centra č. 3 a školením obsluh prošli všichni pracovníci Technické správy komunikací, oddělení tunelů, kteří budou mít ve své pracovní náplni řízení rozsáhlého díla TKB.

*Ing. JIŘÍ ŠTEFAN,
stefanj@eltodo.cz, ELTODO, a.s.*



Obr. 1 Velín SAT, po stranách jsou vidět 4 nově instalované monitory určené pro zobrazení signálů kamerového dohledu tunelových staveb

Fig. 1 SAT management centre, 4 newly installed monitors designed for displaying signals of the camera surveillance over tunnel structures can be seen on the sides



Obr. 2 Ovládací pult kamerového systému
Fig. 2 Control panel of the camera system

BRENNERSKÝ BÁZOVÝ TUNEL

Záměrem tohoto textu je poskytnout základní informace o jedné z mimořádných podzemních staveb, která se staví na hranici mezi Rakouskem a Itálií. Je to brennerský báзовý tunel, který se stane součástí 2200 km dlouhého evropského železničního koridoru TEN SCAN-MED (Scandinavia – Mediterranean), vedoucího z Helsinek přes Stockholm, Malmö, Kodaň, Hamburk, Norimberk, Mnichov, Innsbruck, Bolognu, Řím, Neapol až do Palerma na Sicílii.

V detailnějším pohledu bude tunel součástí železniční trasy z Mnichova do Verony, jejíž délka po dokončení báзовého tunelu Brenner a všech modernizací bude 425 km.

Brennerský průsmyk

Báзовý tunel podchází brennerský průsmyk, který leží mezi Stuaiskými a Zillertálskými Alpami a díky své celkem snadné přístupnosti a poměrně nízkém nadmořské výšce pouhých 1374 m n. m. (je to nejnižší alpský průsmyk) byl od nepaměti využíván k překonávání alpského hřebene severo-jihním směrem. Prehistorickou stezku zde začali Římané využívat od roku 48 n. l. Sedlem vede silnice od roku 1772, železnice od roku 1867 a konečně provoz brennerské dálnice byl zahájen v roce 1974.

Stará brennerská železnice se stavěla mezi léty 1864 až 1867 a na trase mezi Innsbruckem a Bolzanem bylo nutno vyrazit 22 tunelů o celkové délce 5233 m. Výškový rozdíl mezi Innsbruckem a brennerským průsmykem je 786 m a pro dodržení maximálního sklonu stanoveného na severu na 25 promile bylo nutno prodloužit trasu odbočením do bočního údolí Schmirntal. I na jižním úseku za průsmykem směrem do Brixenu musela trať překonat přibližně stejný výškový rozdíl jako na severu. Aby to zvládla při určeném max. sklonu 22,72 promile, odbočila do údolí Pflerschtal. V obou odbočkách byly vyraženy i spirálové tunely.

Z historie přípravy báзовého tunelu

Již v roce 1847 uvažoval italský inženýr Giovanni Qualizza o železničním tunelu pod brennerským průsmykem. Se svou

ideou však ve své době neuspěl. Až v roce 1971 mezinárodní železniční unie (UIC – International Union of Railways) rozhodla o vytvoření skupiny expertů německých, rakouských a italských státních železnic, která měla vypracovat studii nové brennerské dráhy s báзовým tunelem. Ministři dopravy Německa, Rakouska a Itálie se v roce 1980 dohodli, že budou vypracovány studie proveditelnosti stavby, které se staly v roce 1989 základním dokumentem pro další postup přípravy. Samozřejmě tato stavba s celoevropským významem byla různě projednávána v Evropské unii včetně otázky spolufinancování.

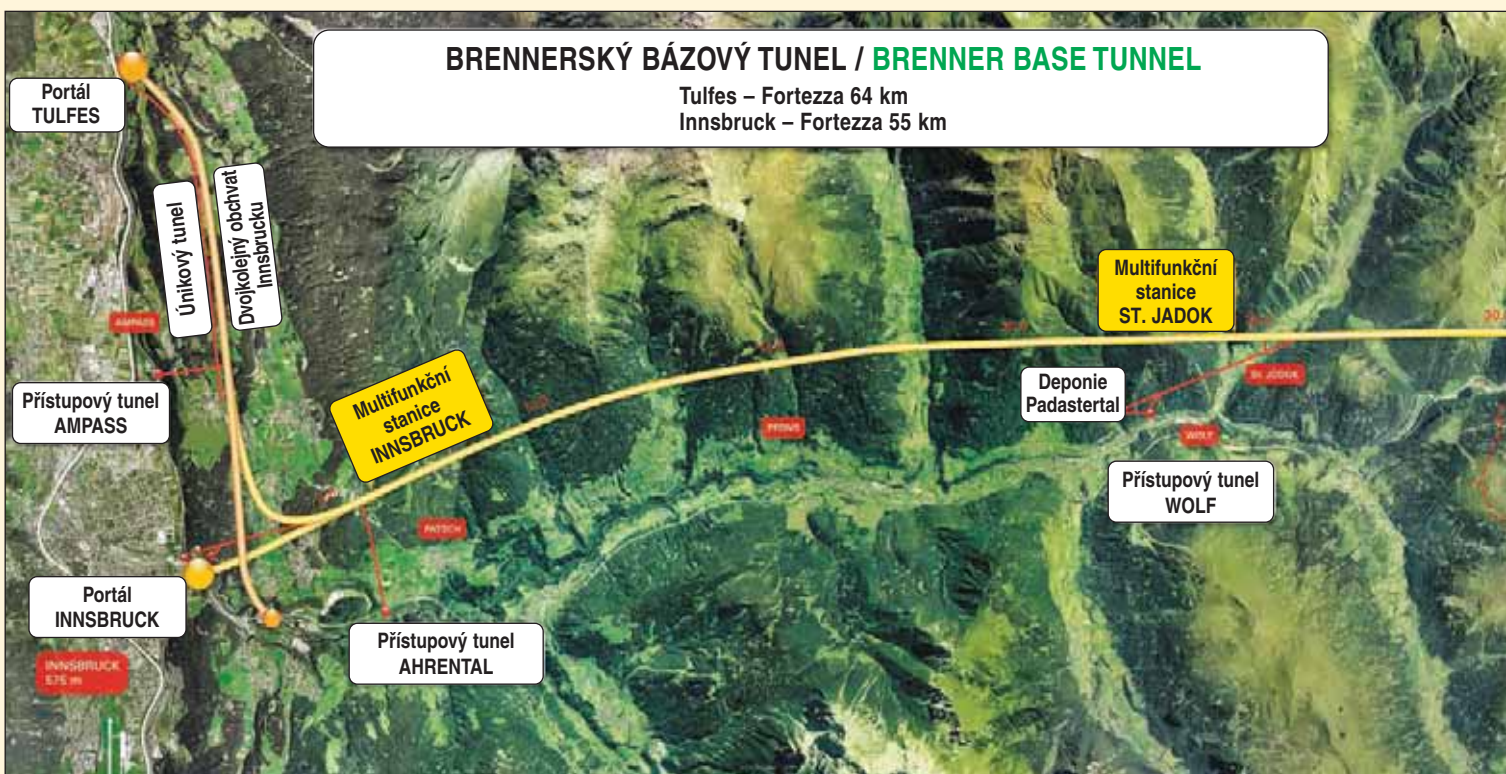
Mezistátní dohoda mezi Rakouskem a Itálií o výstavbě báзовého tunelu byla uzavřena v dubnu 2004. V témže roce byla vytvořena akciová společnost pro stavbu báзовého tunelu. Vlastní práce byly zahájeny v roce 2008, kdy za přítomnosti italského prezidenta Giorgia Napolitana byla slavnostně zahájena u obce Aica severně od Brixenu ražba průzkumného (servisního) tunelu pomocí TBM.

Báзовý tunel by měl být v provozu v roce 2026.

Základní koncepce báзовého tunelu

Vlastní báзовý tunel mezi severním portálem Innsbruck a jižním portálem Fortezza nad Brixenem má délku 55 km a bude tvořen dvěma jednokolejnými troubami o vnitřním průměru 8,1 m. Budou od sebe vzdáleny 70 m a každých 333 m se vybudují propojky, takže v případě mimořádné události vždy druhá trouba bude sloužit jako úniková cesta.

Zvláštností koncepce báзовého tunelu je průzkumná štola (tunel) o vnitřním průměru 6 m, která bude vyražena v hloubce 12 m pod úroveň hlavních trub uprostřed mezi nimi, a to v celé délce báзовého tunelu. Jen začátek již zmíněné průzkumné štoly Aica vede mimo trasu hlavních tunelů. Průzkumná štola poskytne podrobné údaje o geotechnických podmínkách celé trasy, což by podle investora mělo vést k úspoře nákladů i času. V průběhu stavby bude také sloužit pro dopravu rubaniny a po jejím dokončení a uvedení do provozu bude odvádět průsaky z hlavních tunelů a současně umožní jejich inspekci a údržbu bez přerušení železniční dopravy.



Obr. 1 Přehledná situace brennerského báзовého tunelu

V trase bázevého tunelu budou vybudovány tři podzemní multifunkční stanice (MS) – cca 5 km od innsbruckého portálu bude MS Innsbruck, asi na 25 km bude MS St. Jadok a na italské straně cca na 45 km se vybuduje MS Trens.

Vlastní bázevý tunel bude nedaleko nad Innsbruckem v podzemí propojen na dříve dokončený a provozovaný železniční obchvat Innsbrucku. Ten tvoří dvojkolejný tunel začínající u obce Tulfes v údolí Innu ve směru od Kufsteinu. Z bezpečnostních důvodů je nyní souběžně s tímto tunelem ražen 9 km dlouhý únikový tunel.

Napojením na železniční obchvat tak vznikne mezi Tulfesem a Fortezou nejdelší podzemní železniční trasa na světě délky 64 km.

Razicí práce budou prováděny z přístupových tunelů Ampass (je ražen z údolí Innu před Innsbruckem), Ahrental a Wolf (jsou raženy z brennerského údolí). Posledním přístupovým tunelem je Mules ražený z údolí řeky Eisack na italské straně.

Z celkových více než 200 km tunelů má být podíl ražby tunelovacími stroji 70 % oproti 30 % konvenčních ražeb.

Objem rubaniny činí celkem asi 22 mil. m³, předpokládá se, že přibližně 4 mil. m³ bude zpracováno na kvalitní kamenivo.

POSTUP STAVBY

Stavební část Tulfes – Pfnos

Únikový tunel o profilu 30 až 40 m² je 9 km dlouhý a běží rovnoběžně s dvojkolejným železničním tunelem provozovaného obchvatu Innsbrucku. Začal se razit konvenčně od portálu Tulfes v září 2014, kdy byl také dokončen mezilehlý přístupový tunel Ampass délky 1348 m. Z něj je únikový tunel rozražen na obě strany. Únikový tunel včetně propojek do provozovaného tunelu má být hotov v roce 2017.

Zjara 2015 bude opět konvenční metodou zahájena z přístupového tunelu Ampass ražba spojovacích železničních tunelů mezi obchvatem Innsbrucku a hlavními bázevémi tunely. Spojovací tunely budou napojeny před MS Innsbruck, která leží pod okrajovou částí Innsbrucku Igls.

MS Innsbruck se začne razit v létě 2015 z dokončeného přístupového tunelu Ahrental (délka 2426 m, profil: šířka 10,42x8,49 m, sklon 10 %). K místu jeho křížení s hlavní trasou byla již vyražena směrem od Innsbrucku průzkumná štola, jejíž ražba bude v létě 2015 pokračovat jižním směrem na Steinach (úsek Ahrental – Pfnos).

S přístupovým tunelem Ahrental také souvisí již dokončená ventilační šachta u obce Patch. Je 180 m hluboká s profilem 26,4 m². Byla hloubená z povrchu a ústí do přístupového tunelu. Zde se v podzemí razí vzduchotechnická kaverna 230 m dlouhá s profilem 225 m², ze které se bude zajišťovat větrání při stavbě bázevého tunelu i při jeho budoucím provozu.

Deponie rubaniny z ražeb zajišťovaných z přístupového tunelu Ahrental je zřízena vedle brennerské dálnice A13, kterou přístupový tunel podchází.

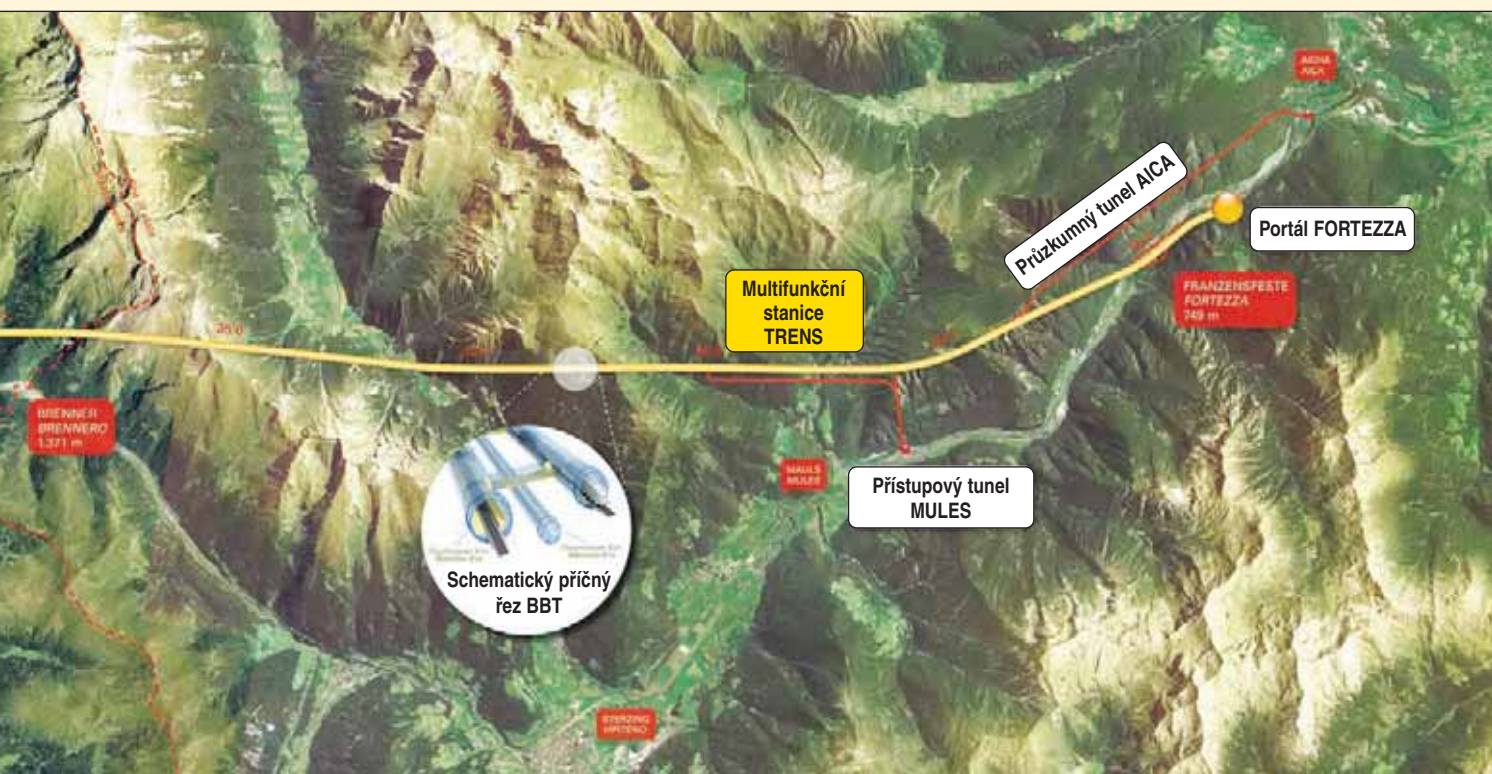
Staveniště Wolf

Přístupový tunel Wolf o profilu 120 m² se razí konvenčně od prosince 2013. Je dlouhý 4060 m, razí se úpadně ve sklonu -10 % a vede přibližně do dvacátého pátého km hlavní trasy, kde bude vybudována MS St. Jadok. Rubanina z ražeb se nebude transportovat přes portál Wolf. Pro její dopravu byl přístupový tunel prodloužen o 950 m do údolí Padastertal, ve kterém byla zřízena deponie s kapacitou cca 500 tis. m³. Ukládaná rubanina bude hutněna do „přísypů“ svahů údolí. Zřízení deponie vyvolalo dočasné přeložení potoka Padaster do tunelu o profilu 25 m², délky 1520 m, z čehož 1140 m bylo ražených.

Pro staveništní dopravu (i z ekologických důvodů) byly u staveniště Wolf vyraženy ještě dva tunely. Za portálem přístupového tunelu vede k deponii 701 m dlouhý tunel Padaster a součástí propojení staveniště s dálnicí je tunel Saxener dlouhý 1003 m.

Staveniště Mules

Staveniště se nachází na italské straně v údolí řeky Eisack nad Fortezou a pravděpodobně zde byl již proveden největší objem prací.



Dokončeny byly (mimo průzkumnou štolu Aica):

- přístupový tunel Mules délky 1779 m, který se na hlavní trasu napojil v km 48,5;
- dvě kaverny pro montáž razicích strojů dl. 180 m s průměrem 350 m²;
- kaverna logistiky dl. 40 m o průměru 322 m²;
- kaverna vzduchotechniky dl. 67 m o průměru 327 m² včetně vzduchotechnického tunelu dl. 123 m o pr. 93 m² a větrací šachta hl. 47 m o průměru 29 m²;
- propojovací tunel dl. 419 m o průměru 60 m²;
- prodloužení průzkumné štoly severním směrem o více než 2 km.

Z přístupového tunelu byla také zahájena *první ražba hlavních tunelů* na celé stavbě. Koncem roku 2014 bylo vyraženo asi 1650 m trasy z úseku délky 2400 m. Ražba probíhá konvenční metodou, protože zde trasa prochází významnou poruchovou

zónou – tzv. *periadritickou poruchou*. Ta souvisí se vznikem alpského pohoří a táhne se od Turína přes Merano a dál na Klagenfurt.

Výhledově bude severně od napojení přístupového tunelu na hlavní trasu přibližně v km 46 vybudována MS Trens.

Závěr

Brennerský bázový tunel, konkrétně staveniště u přístupového tunelu Wolf byl cílem exkurze pořádané v říjnu 2014 v rámci salcburského 63. Geomechanického kolokvia.

Jistě lze konstatovat, že Rakousko je hlavním současným centrem výstavby bázových tunelů – viz tunely Koralm, Semmering a zde popisovaný brennerský bázový tunel.

Doufáme, že se o postupu této mimořádné stavby podaří v časopise Tunel publikovat i odborné články.

Ing. MILOSLAV NOVOTNÝ, mila_novotny@volny.cz

LITERATURA / REFERENCES

Webové stránky: www.bbt.at
Propagační materiály stavby

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ / NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

TUNELÁŘSKÉ ODPOLEDNE 4/2014

TUNNEL AFTERNOON 4/2014

The Tunnel Afternoon on the historical underground workings topic was held on the 12th November 2014. RNDr. Václav Cílek, CSc. prepared a lecture on geologically interesting things in the Czech Republic. Further on, Ing. Jakub Mikolášek presented the topic regarding the underground of fortification structures in the Czech Republic. Ing. Jiří Růžička proceeded with the history of designing for the Prague metro project and implementing it. The last lecturer, Mr. Ladislav Lahoda, devoted himself even to two topics – unfinished and abandoned underground workings and secret underground manufactures. Mr. Lahoda introduced the activities of the CMA, a society for historical underground research, which has dedicated itself in the long term to researching such spaces. The topic selected for the Tunnel Afternoon 4/2014 – Historical underground workings – immensely captivated all audience. For that reason the Tunnel Afternoon 3/2015, which is planned for the 23rd September 2015, will be dedicated to the continuation of this theme.

Poslední Tunelářské odpoledne v roce 2014 se uskutečnilo ve středu 12. listopadu a zahájil jej místopředseda CzTA prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. Tématem byla historická podzemní díla, celý seminář po odborné stránce zajistil Ing. Alexandr Butovič, Ph.D. (Satra s.r.o.).

Jako první vystoupil RNDr. Václav Cílek, CSc. (Geologický ústav AV ČR), který si připravil přednášku na téma geologické zajímavosti České republiky. Během své prezentace promítl velké množství fotografií dokumentujících geologickou minulost ČR. Posluchači měli možnost sledovat, jak se měnilo rozložení pevniny a moří na zdejších území v průběhu jednotlivých historických epoch. Některé příběhy byly i úsměvné, například o prehistorickém plži sklízějícím při cestě zpět „salátek“, který stihl vyrůst na stopě jeho cestičky díky jím produkovaným enzymům. I takové údaje jsou prý paleontologové schopni vyčíst ze zkamenělin.

Další přednášku pronesl doc. Ing. Robert Kořínek, CSc. (VŠB-TU Ostrava), který hovořil o vývoji hornictví v České republice od doby kamenné po současnost. Zmínil technologie dobývání

a rozpojování hornin, začátky vědeckého přístupu i vznik báňského školství, který lze datovat do prvních desetiletí 18. století.

Po přestávce vystoupil Ing. Jakub Mikolášek (FSV ČVUT) s tématem podzemí pevnostních staveb v České republice. Vzhledem k tomu, že pevnostní stavby obranné linie 1. republiky se staly jeho koníčkem a věnuje jim mnoho ze svého volného času, měli posluchači možnost uvidět na fotografiích prostory, do kterých se běžný návštěvník nemá šanci dostat. Své poznatky o vojenském podzemí na hraničních územích České republiky publikoval spolu s prof. Ing. Jiřím Bartákem, DrSc., již dříve na stránkách časopisu Tunel.

Ing. Jiří Růžička (Metroprojekt a.s.) pokračoval přednáškou o historii projektování a realizace pražského metra. Zajímavé byly především informace o problémech výstavby metra okolo stanice Florenc, které mnohým posluchačům nebyly vůbec známé.

Posledním přednášejícím byl pan Ladislav Lahoda, který si připravil hned dvě témata – nedokončená a opuštěná podzemní díla a tajné podzemní továrny a jiné historické podzemní objekty. Pan Lahoda je prezidentem CMA – společnosti pro výzkum historického podzemí. Při jeho popisu průzkumů historických podzemních prostor bylo obdivuhodné, kam se se svými kolegy všude podíval. Bylo více než zřejmé, že tyto průzkumné výpravy jsou často spojeny s velkým rizikem. Na druhou stranu účastníci těchto výprav jsou občas odměněni nálezem míst, o kterých do té doby nikdo nevěděl. Více o opuštěných podzemních dílech lze nalézt na webových stránkách společnosti CMA www.podzemi-cma.cz.

Tunelářské odpoledne 4/2014 svým zaměřením přilákalo rekordní počet posluchačů – zúčastnilo se přes 110 jedinců. O kladném hodnocení semináře svědčí i fakt, že několika členy CzTA bylo znovu navrženo toto téma i pro rok 2015. Na další povídání z historických podzemních děl se tedy můžeme těšit 23. září 2015.

Vybrané prezentace lze vyhledat na webových stránkách asociace www.ita-aites.cz.

Ing. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D., pruskova@ita-aites.cz,
CzTA ITA-AITES

9. RAKOUSKÝ TUNELÁŘSKÝ DEN 9TH AUSTRIAN TUNNEL DAY

Jak jsme informovali v čísle 4/2014 ve zprávě o salcburském 63. Geomechanickém kolokviu, před ním se ve středu 8. října 2014 konal 9. Rakouský tunelářský den. Uvádíme zde přehled přednášek, které na něm zazněly a jejichž text byl uveřejněn v č. 6/2014 rakouského časopisu Geomechanics and Tunneling.

Zelená trasa metra v Dohá – šest tunelovacích strojů startuje

Hans Köhler, Rainer Rengshausen

Výhledová délka tří tras metra v Dohá má být 216 km, z čehož 96 km bude v tunelech. Tunelové úseky zelené trasy mají délku 2x17 km se šesti stanicemi a na jejich ražbu je postupně od září 2014 nasazováno šest zeminových štítů o profilu řezné hlavy 7,1 m. Ostění tvoří segmenty vyztužené ocelovými a částečně i PP vlákny.

Stavba je výrazně ovlivněna mimořádnými klimatickými i odlišnými společenskými podmínkami (kombinace vysoké teploty vzduchu a vlhkosti, omezení vyplývající z muslimského náboženství apod). Pro cca 3000 dělníků především z asijských zemí je zřízen mimo město samostatný ubytovací i volnočasový areál na ploše 130 tis. m².

Tunel Pummersdorfer – hydrogeologické podmínky v mělkém tunelu

Reinhold Hödl, Michael Höllrigl

Železniční trať mezi Vídní a Welsem se postupně přestavuje na čtyřkolejnou s tím, že čtyři koleje mezi Vídní a Lincem mají být zprovozněny v roce 2017. To je závislé na dokončení železničního obchvatu St. Pöltenu, jehož klíčovou částí je 3,5 km dlouhý tunel Pummersdorfer. Jeho dvě dvojkolejné trouby se razily konvenčně ve velmi nepříznivých geotechnických podmínkách (ražba v rozbrídavých horninách, nízké nadloží od 15 m do 25 m, velké přítoky podzemní vody – 3 m až 10 m nad klenbu kaloty se vyskytují vodonosné šterky).

Jihovýchodní kanalizační sběrač – tunelovací stroje dodané investorem

Gerhard J. Urschütz

Jihovýchodní kanalizační sběrač délky 15 km se stavěl východně od kanadského Toronta. Stavba byla specifická tím, že tunelovací stroje (EPBs) dodal investor. To zapříčinilo řadu neobvyklých situací a problémů jednak při dělbě rizik a dále při postupu stavby. V závěru přednášející konstatoval, že existuje mnoho důvodů vyhnout se takovéto smluvní praxi.

Únikový tunel Frejus

David Götz

Po opravě a úpravách po požáru v tunelu Mont Blanc (dl. 11,6 km), přišlo na řadu zvýšení bezpečnosti provozu v automobilovém tunelu Frejus (dl. 12,9 km). Nejprve byly zřízeny každých 1,8 km záchranné místnosti a následně se z francouzské strany zahájila ražba únikového tunelu rovnoběžného ve vzdálenosti 50 m se silničním tunelem (s propojkami po 400 m). Nejprve se razilo konvenčně 650 m a pak TBM zbývajících 5745 m francouzského úseku. Protiražba z italské strany byla opožděna, takže se stroj v hoře opravil a pokračoval v ražbě přibližně stejně dlouhého italského úseku.

Největším problémem byl výskyt bobtnavých hornin, čemuž byla přizpůsobena konstrukce TBM, organizace práce a v průběhu ražeb byla také zesílena výztuž segmentů určených do těchto hornin.

Od diskuse na tunelářském dni 2010 k VIP 2

Walter Purrer, Wolfgang Holzer

Tradiční panelová diskuse na 7. Rakouském tunelářském dni v roce 2010 měla téma: „NRTM – kam kráčíš?“. Jasným

výsledkem diskuse bylo konstatování, že cestou k úspěchu tunelových projektů je úzká spolupráce všech zúčastněných partnerů. Nepřiměřeně nízké ceny zakázek byly označeny za příčinu velkých problémů partnerské spolupráce poškozujících ekonomické a kvalitní provádění stavby. V tehdejší diskusi zaznělo i metaforické použití pojmu z období studené války „závody ve zbrojení“ pro vztahy mezi investory a dodavateli.

Následně byla v rakouské ITA ustavena pracovní skupina VIP, která výsledek své práce publikovala čísle 6/2012 časopisu Geomechanics and Tunneling pod názvem *Model zadávání infrastrukturních projektů* (zkratka VIP vychází z němčiny – Vergabemodell für Infrastrukturprojekte).

Vlastní diskuse na 9. Rakouském tunelářském dni se 8. 10. 2014 zaměřila na zásady obsažené ve vydaném dokumentu VIP.

Příklady aplikace zadávacích modelů podporující spolupráci podle TIWAG

Klaus Mitteregger, Franz Deisl

Investor Tiroler Wasserkraft AG (TIWAG) zahájil uplatňování nových idejí při snaze získat nejlepší nabídky pro stavbu podzemních objektů elektrárny Kauerntal a rozšíření elektrárny Kirchbichl. V přednášce bylo také referováno o nastavení spolupráce podle zadávacího modelu VIP.

Rizika při provádění staveb a jejich definování

Hans Georg Jodl

Přednášející uvedl různé definice rizik, přičemž sám definoval riziko jako typ události (incidentu – nehody), která v případě, že nebude zabráněno jejímu vzniku, povede s vysokou pravděpodobností k nechtěným důsledkům a vzniku škod. Charakterizoval nástroje moderního řízení rizik, které musí zajistit stanovení rizik, jejich ohodnocení, snížení možnosti jejich uplatnění a sledování vývoje rizik.

Rizika stavebního projektu

Max John

Projektování a provádění stavby čelí různým rizikům, která všechna mají vliv na cenu stavby. Přednáška se zabývala vnějšími i vnitřními riziky při zpracování projektu stavby a smluvními riziky z hlediska projektanta (konzultanta). Vnějšími riziky jsou především změny geotechnických podmínek oproti předpokládaným, ale i změny právních předpisů, norem a směrnic, což platí nejvíc u dlouhodobých projektů. Vnitřní jsou všechna rizika, která mají vliv na organizaci stavby (kompetence investora, projektanta a stavbyvedoucího; napjatý harmonogram stavby; změny odpovědných osob).

Sledování změn šířky trhlin ostění a vývoje teploty v silničních tunelech

Dietmar Mähner, Jochen Müller-Rochholz, Dirk Lange, Christoph Stauber

Přednáška se zabývala výzkumem trhlin v ostění z vodostavného betonu dálničního tunelu Rombacher Hütte u Bochumu, který byl zaměřen na změnu šířek trhlin ve vazbě na vývoj teploty. Cílem bylo zpřesnit metody nezbytných oprav trhlin ostění z vyztuženého betonu, které se musí provádět prakticky nepřetržitě od jeho dokončení v roce 1983.

Ing. MILOSLAV NOVOTNÝ, mila_novotny@volny.cz

KONFERENCE BIM DAY 2014 BIM DAY 2014 CONFERENCE

The BIM DAY 2014 conference, with the sub-title "BIM revolution is here! Are you prepared for the BIM revolution?" was held on the 27th November 2014 in the National Technical Library, Prague – Dejvice. This conference is organised every year by the BIM Technical Council and its objective is to introduce new trends associated with the implementation of the BIM methodology into current practice. The methodology and implementation of the BIM was discussed from the points of view of a project owner, designer, contractor and construction administrator. Despite the fact that buildings are viewed as the main BIM domain, the BIM is more and more enforcing itself even in the field of extensive transport-related construction projects, in particular regarding public contracts.

Ve čtvrtek 27. listopadu 2014 se v Národní technické knihovně v Praze-Dejvicích uskutečnila konference BIM DAY 2014 s podtitulem „BIM revoluce je tady! Jste připraveni na BIM revoluci?“ Tuto konferenci každoročně organizuje Odborná rada pro

BIM a jejím cílem je představení nových trendů souvisejících se zaváděním metodiky BIM do současné praxe. Konference se zúčastnilo přes 250 odborníků a kromě domácích řečníků zde zazněly příspěvky významných zahraničních hostů. Při souběžně konaných panelových diskusích byl dán prostor problematice BIM z různých úhlů pohledu. O metodice a zavádění BIM se diskutovalo z pohledu investora, projektanta, zhotovitele i správce stavby – tedy všech subjektů, pro které je BIM společným úložištěm technických, ekonomických i provozních informací o stavbě. I když jeho hlavní doménou jsou budovy, stále více se prosazuje i na poli rozsáhlých dopravních staveb, a to zejména u veřejných zakázek. Proto byla na konferenci otevřena i problematika legislativy, norem a vzdělávání. Koho problematika BIM zajímá, může si přečíst článek v tomto čísle časopisu Tunel, případně navštívit internetové stránky Odborné rady pro BIM www.czbim.org, kde je více informací a navíc možnost objednání BIM příručky v tištěné podobě.

Ing. JAN KOREJČÍK, Jan.Korejck@mottmac.com

AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLIC CURRENT NEWS FROM THE CZECH AND SLOVAK UNDERGROUND CONSTRUCTION

ČESKÁ REPUBLIKA

PRODLOUŽENÍ TRASY METRA V.A

Na nově budované trase metra V.A, která spojí stávající stanici Dejvická s novou stanicí Nemocnice Motol, byly dokončeny veškeré stavební a technologické práce. V současné době se odstraňují vady a nedodělky z přejímacích řízení jednotlivých stavebních oddílů. Probíhají komplexní zkoušky výtahů, eskalátorů, zabezpečovacího zařízení a všech technologicky vzájemně propojených celků.

V celé trase proběhlo začátkem ledna broušení kolejnic s následným mytím tratových tunelů, které se nejprve čistí mechanicky a potom mokřím způsobem tak, aby bylo vše hotovo a připraveno pro zkušební jízdy vlakovou soupravou s revizními techniky dne 10. 2. 2015.

Ve věci zkušebního provozu stavby byly ustanoveny hlavní a dílčí odborné skupiny, které posoudí způsobilost stavby pro ověřovací provoz. Odborných skupin bylo ustanoveno pět – elektrotechnická (silnoproud a slaboproud), strojní, stavební,

THE CZECH REPUBLIC

METRO LINE V.A EXTENSION

All civils and installations of equipment were completed on the newly built route of the 5th operational section of the Metro Line A (the V. A extension), which will link the existing Dejvická station with the new Nemocnice Motol station. At the moment, the snags identified during acceptance proceedings on individual construction lots are being eliminated. Comprehensive testing of lifts, escalators, the interlocking system and all technologically interconnected units is underway.

At the beginning of January, the process of grinding rails and subsequent washing of running tunnels, which are first cleaned mechanically and then using water, took place throughout the whole metro extension line length so that everything was finished and prepared for the trial run of the train carrying inspectors certified by the state technical supervising organization, which was planned for 10th February 2015.

The main expert team and partial expert teams concerning the trial operation were established to assess the possibility of starting the confirmation operation of the system. The following five teams were established: electrotechnical (heavy current and weak current), mechanical, civils, trackwork and a transport-related team. When this testing is finished, the Prague Public Transit Company Inc. will dispatch additional trains to the tracks to start the confirmation operation itself. With the exception of the absence of passengers, this operation will correspond to the real operation.

Thanks to favourable climatic conditions, even surface finishes in the surroundings of the stations, pavements and adjacent roads are being successfully completed.

In conclusion, let us remind you of the facts that the construction works commenced in 2010 and the total length of the new line including 4 new stations amounts to 6134m.



Obr. 1 Prakticky dokončená stanice Petřiny
Fig. 1 Almost completed Petřiny station

skupina traťového hospodářství a dopravní skupina. Až toto testování skončí, vyše Dopravní podnik během března na koleje další soupravy a zahájí tak vlastní ověřovací provoz, který již s výjimkou nepřítomnosti cestujících bude odpovídat provozu reálnému.

Vzhledem k příznivým klimatickým podmínkám se úspěšně dokončují také povrchové úpravy v okolí stanic, chodníky a přílehlé komunikace.

Závěrem si připomeňme, že stavba byla zahájena v roce 2010 a celková délka nové trasy je 6134 metrů včetně 4 nových stanic.

MODERNIZACE TRATI ROKYCANY – PLZEŇ

Na stavbě „Modernizace trati Rokycany – Plzeň“ část tunely Ejpvovice probíhala od listopadu 2014 montáž tunelovacího stroje EPBM, který byl vyroben německou firmou Herrenknecht. Stroj má průměr téměř 10 m, váží 1800 t a dosahuje délky 110 m. Jednou z jeho zajímavých vlastností je schopnost se v průběhu výstavby přestavovat do režimu stroje vhodného pro podmínky ražeb prováděných jak v měkkých, tak i v tvrdých horninách. Konec ledna pak byl již věnován přejímacím a závěrečným zkouškám.

Dne 23. 1. 2015 tak mohl proběhnout slavnostní křest tunelovacího stroje, který dostal jméno Viktorie. Součástí aktu bylo i vysvěcení a uložení sošky sv. Barbory do výklenku stěny vjezdového portálu, ze kterého budou v prvních únorových dnech tohoto roku zahájeny ražby jižní tunelové trouby. Věřme, že sv. Barbora, patronka všech tunelářů splní svůj úkol a bude na stráži po celou dobu realizace projektu.

Tunely Ejpvovice obsahují dva jednokolejné tubusy každý délky cca 4150 m, což budou po jejich dokončení nejdelší železniční tunely v ČR.



Obr. 2 Stvrzení křestu TBM Viktorie (foto Ing. Markéta Prušková, Ph.D.)
Fig. 2 Confirmation of the christening of Viktorie (photo Ing. Markéta Prušková, Ph.D.)

MODERNISATION OF ROKYCANY – PLZEŇ RAILWAY TRACK SECTION

The work on the Ejpvovice tunnel lot of the “Modernisation of Rokycany – Plzeň railway track section” project proceeded from November 2014 by assembling the EPB TBM manufactured by German-based firm Herrenknecht AG. The machine diameter is nearly 10m, the weight amounts to 1800 tonnes and the total length reaches 110m. One of its interesting properties is that it is possible to change the working regime over during driving to be suitable for specific conditions of driving through both soft ground and hard rock. The end of January was already dedicated to acceptance and final tests.

Owing to this fact, the ceremony of christening the full-face tunnelling machine could take place on the 23rd January 2015. It was given the name of Viktorie. Part of the christening ceremony was in addition the consecration of St. Barbara statuette and its installation to a niche in the entrance portal wall, from which the driving of the southern tunnel tube started at the beginning of February 2015. Let us believe that St. Barbara, a patron of all tunnellers, will fulfil her mission and will be on guard throughout the project implementation time.

The Ejpvovice tunnel consists of two single-track tunnel tubes, 4150m long each, which will become the longest railway tunnel tubes in the Czech Republic after the completion.

On the 24th January 2015, an Open Day event was organised on the site prior to the commencement of the tunnel excavation. The wild public had the opportunity to get acquainted with Viktorie and the tunnelling technology to be used for driving the Ejpvovice tunnel tubes. The Open Day was attended by about 8000 visitors.

D8 MOTORWAY – CONSTRUCTION LOT 805: LOVOSICE–ŘEHLOVICE

The operational-technical structure is being completed in the Prackovice tunnel and the preparation work for the installation of tunnel equipment has started. On the surface, work necessary for securing and stabilising the excavation, for example placing a stabilising embankment and draining the space above the revetment wall.



Obr. 3 Svatá Barborka (foto Ing. Markéta Prušková, Ph.D.)
Fig. 3 St. Barbara statuette (photo Ing. Markéta Prušková, Ph.D.)

Před vlastním zahájením ražeb byl dne 24. 1. 2015 na stavbě uspořádán také den otevřených dveří, kdy měla široká veřejnost možnost seznámit se s Viktorií a vlastní technologií ražeb, která bude použita pro ražbu Ejpovických tunelů. Dne otevřených dveří se zúčastnilo asi 8000 návštěvníků.

DÁLNIČNÍ D8 – 0805 LOVOSICE – ŘEHLOVICE

V tunelu Prackovice se dokončuje provozně technický objekt a byly zahájeny přípravné práce pro montáž technologického vybavení tunelu. Na povrchu byly zahájeny nezbytné zabezpečovací a sanační práce jako stabilizační násyp a odvodnění prostoru nad zárubní zdí.

V tunelu Radejčín probíhají práce na stavební části provozně technického objektu. Oba tunely jsou již vybaveny sjednocujícím a ochranným nátěrem definitivního ostění tunelu a jsou tak stavebně vlastně dokončeny.

Zhotovitel dokončuje dokumentaci technologického vybavení obou tunelů Prackovice a Radejčín a v současné době také obdržel od objednatele pokyn k zahájení prací na stavebních objektech, které byly z důvodu legislativní nouze zatím pozastaveny.

*Ing. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
METROSTAV a.s.*

PRŮZKUMNÁ ŠTOLA PRO RADLICKOU RADIÁLU JIHOZÁPADNÍ MĚSTO – SMÍCHOV

V současné době na stavbě průzkumné štoly pro Radlickou radiálu probíhají ražby první výhybny ve staničení 257 m (174,5 vyražených metrů od šachty). Ražba štoly doposud prošla pod ulicí Ke Sklárně, pod městským okruhem, tratí ČD, ulicí Křížová a ulicí Nový Zlíčov. Na konci prosince byly provedeny presiometrické zkoušky ve štole v prvních dvou profilech. Souběžně s ražbou probíhají i průzkumné práce na povrchu v rozsahu celé trasy plánované Radlické radiály.

*Ing. JAN VINTERA, JVintera@subterra.cz,
Subterra a.s.*

SLOVENSKÁ REPUBLIKA TUNEL ŠIBENIK

Na stavbe diaľničného tunela Šibenik dĺžky 588 m bolo dokončené betónovanie sekundárneho ostenia. V súčasnosti prebieha úprava sekundárneho ostenia a jeho následný náter. Zároveň sa buduje pochôdzna vrstva chodníkov. Na portáloch sa budujú havarijné nádrže a vodovodné šachty. Tunel Šibenik bude súčasťou úseku diaľnice D1 Jánovce – Jablonov celkovej dĺžky 9,5 km. Zhotoviteľom stavby je združenie Eurovia SK, a. s., Eurovia CS, a. s., Stavby mostov Slovakia, a. s. Ukončenie stavby a uvedenie diaľničného úseku do prevádzky sa predpokladá v roku 2015.

TUNELY POĽANA A SVRČINOVEC

Na stavbe úseku diaľnice D3 Svrčinovec – Skalité súčasťou stavby sú aj tunely Poľana (890 m) a Svrčinovec (445 m). V súčasnosti je na tuneli Poľana vyrazených 265 m kaloty, 209 m lavice a 160 m dna. Rázanie sa realizuje od západného portálu. Na východnom portáli prebiehajú práce na zárubnom múre. V tuneli Svrčinovec je v súčasnosti vyrazených 95 m v kalote, 65 m v lavici a 48 m dna od západného portálu. Na východnom portáli prebieha odkop 1. kotevnej úrovne.

As far as the Radejčín tunnel is concerned, the work on the civil part of the operational-technical structure is in progress. The unifying and protective coating of the final tunnel lining has been finished in both tunnel tubes, which fact means that the tubes are structurally complete.

The contractor is finishing the work on the as-built design for the equipment of both tunnels – Prackovice and Radejčín. At the moment the contractor received project owner's instruction to commence the work on the structures which has been suspended till now for the reason of the failure of legislation.

*Ing. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
METROSTAV a.s.*

EXPLORATORY GALLERY FOR THE RADLICE RADIAL ROAD FROM THE SOUTH-WESTERN SATELITE TOWN AND SMÍCHOV

At the moment, the excavation for the first passing bay at chainage m 257 (the excavation of a 174.5m long section from the shaft has been completed). The gallery excavation has passed under Ke Sklárně Street, under the City Circle Road, a Czech Railways' track, Křížová Street and Nový Zlíčov Street. Pressuremeter tests were conducted in the gallery at initial two profiles at the end of December. Survey operations are in progress also on the surface within the extent of the entire route of the planned Radlice Radial Road, simultaneously with the gallery excavation.

*Ing. JAN VINTERA, JVintera@subterra.cz,
Subterra a.s.*

THE SLOVAK REPUBLIC ŠIBENIK TUNNEL

The casting of the secondary concrete lining was finished on the 588m long Šibenik motorway tunnel construction site. At the moment, the secondary lining is being treated and subsequently provided with coating. At the same time, the layer of walkways capable of carrying the walking traffic is being built. Emergency reservoirs and manholes on the water main are under construction at the portals. The Šibenik tunnel will be part of the 9.5km long Jánovce – Jablonov section of the D1 motorway. The contractor is a consortium consisting of Eurovia SK, a. s., Eurovia CS, a. s., and Stavby mostov Slovakia, a. s. The completion of the works and bringing the motorway section into service is expected in 2015.

POLANA AND SVRČINOVEC TUNNELS

The project for the development of the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway contains, among other structures, the Poľana tunnel (890m) and Svrčinovec tunnel (445m). The excavation of the length of 265m of the top heading, 209m of the bench and 160m of the bottom has been finished in the Poľana tunnel. The tunnel is being driven from the western portal. A revetment wall is under construction at the eastern portal. Regarding the Svrčinovec tunnel, the excavation of 95m of the top heading, 65m of the bench and 48m of the bottom has been finished from the western portal till now. The excavation of the slope up to the 1st anchoring level is in progress at the eastern portal. The development of this section is provided by a consortium consisting of four companies: Váhostav – SK, a. s., Doprastav, a. s., Strabag, a. s., and Metrostav SK, a. s.

OVČIARSKO AND ŽILINA TUNNELS

There are two tunnels within the Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway: the Ovčiarisko tunnel (2367m) and the Žilina tunnel (651m). The Ovčiarisko tunnel is

Výstavbu úseku zabezpečuje združenie štyroch spoločností: Váhostav – SK, a. s., Doprastav, a. s., Strabag, a. s., a Metrostav SK a. s.

TUNELY OVČIARSKO A ŽILINA

Na úseku D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka súčasťou stavby sú dva tunely: Ovčiarsko (2367 m) a Žilina (651 m). Na tuneli Ovčiarsko prebieha razenie zo západného portálu, kde v severnej tunelovej rúre je vyrazených 446 m v kalote a v južnej tunelovej rúre 379 m v kalote. Na východnom portáli dochádza k sanácii. V tuneli Žilina prebieha razenie od západného portálu. V súčasnosti je vyrazených 44 m. Na východnom portáli prebieha zaistovanie portálovej steny. Stavbu realizuje združenie Doprastav, a. s., Váhostav – SK, a. s., Strabag, a. s. a Metrostav SK a. s.

TUNEL ČEBRAŤ

Na úseku D1 Hubová – Ivachnová, ktorej súčasťou je tunel Čebrať (1994 m), v súčasnosti prebieha razenie od východného portálu. V severnej tunelovej rúre je vyrazených 139,5 m a v južnej tunelovej rúre 47 m. Zhotoviteľom stavby je združenie spoločností OHL ŽS, a. s., a Váhostav – SK, a. s.

TUNEL POVAŽSKÝ CHLMEC

Na úseku D3 Žilina Strážov – Žilina Brodno, ktorého súčasťou je tunel Považský Chlmec (2250 m) došlo k začatiu prác 30. 6. 2014. V súčasnosti vrcholia projekčné práce na samotnom tuneli. Predpokladané začatie razenia tunela Považský Chlmec je plánované na február 2015. Zhotoviteľom stavby je združenie Eurovia a. s., Hochtief a. s. a Stavby mostov Slovakia, a. s.

TUNEL VIŠŇOVÉ

S výstavbou tunela Višňové (7500 m), ktorý je súčasťou úseku D1 Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala, sa začalo dňa 27. 6. 2014. Zhotoviteľom úseku je združenie firiem Salini Impregilo S.p.A a Dúha, a. s. V súčasnosti prebiehajú projekčné práce na samotnom tuneli. Začiatok výstavby sa predpokladá na jar roku 2015.

*Ing. MILAN MAJERČÍK,
milan.majercik@ndsas.sk, NDS a. s.*

being driven from the western portal, where the excavation of 446m of top heading in the northern tunnel tube and 379m of top heading in the southern tube has been finished. Stabilisation operations are underway at the eastern portal. The Žilina tunnel is being driven from the western portal. The length of 44m of the excavation has currently been completed. The stabilisation of the portal wall is being carried out at the eastern portal. The project is being realised by a consortium consisting of Doprastav, a. s., Váhostav – SK, a. s., Strabag, a. s., and Metrostav SK a. s.

ČEBRAŤ TUNNEL

In the Hubová – Ivachnová section of the D1 motorway, part of which is the Čebrať tunnel (1994m), the tunnel excavation is currently in progress from the eastern portal. The lengths of 139.5m and 47m of the excavation are at the moment finished in the northern tunnel tube and southern tunnel tube, respectively. The contractor is a consortium consisting of OHL ŽS, a. s., and Váhostav – SK, a. s.

POVAŽSKÝ CHLMEC TUNNEL

Construction work commenced on the Žilina Strážov – Žilina Brodno section of the D3 motorway on the 30th June 2014. The Považský tunnel (2250m) is part of the section. The work on the design for the tunnel itself is currently culminating. The commencement of the Považský tunnel excavation is planned for February 2015. The contractor is a consortium consisting of Eurovia a. s., Hochtief, a. s., and Stavby mostov Slovakia, a. s.

VIŠŇOVÉ TUNNEL

The work on the 7500m long Višňové tunnel, which is part of the Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala section of the D1 motorway, commenced on the 27th June 2014. The contractor is a consortium consisting of Salini Impregilo S.p.A and Dúha, a. s. At the moment, the tunnel itself is under design. The commencement of the construction works is planned for the spring of 2015.

*Ing. MILAN MAJERČÍK,
milan.majercik@ndsas.sk, NDS a. s.*

VÝROČÍ / ANNIVERSARIES

85 ROKOV DOC. ING. KOLOMANA V. RATKOVSKÉHO, CSC.

85TH ANNIVERSARY OF DOC. ING. KOLOMAN V. RATKOVSKÝ, CSC. BIRTH

Dňa 26. februára 2015 sa dožíva vzácneho jubilea 85 rokov náš dlhoročný priateľ, kolega, tunelársky odborník a vysokoškolský učiteľ doc. Ing. Koloman V. Ratkovský, CSC.

Narodil sa v roku 1930 v Bratislave. Vyuštudoval Stavebnú fakultu, vtedy Slovenskej vysokej školy technickej – SVŠT, dnes Slovenská technická univerzita – STU v Bratislave na odbore konštrukcie a dopravné stavby. Po krátkom pôsobení (1954–1956) na Traťovej dištancii ŽSR sa vracia späť na Stavebnú fakultu SVŠT, ktorá sa počas nasledujúcich 40 rokov stala jeho celoživotným pôsobiskom.

V roku 1956 nastúpil na katedru dopravných stavieb, ktorej v tom čase patrilo aj oddelenie podzemných stavieb. Neskôr



On the 26th February 2015, Doc. Ing. Koloman V. Ratkovský, CSC., our long-lasting friend, colleague, tunnelling expert and university teacher, lived to see the great 85th anniversary of his birth.

He was born in Bratislava in 1930. He studied at the Faculty of Civil Engineering of, at that time existing, the Slovak Technical University (STU), today the Slovak Technical University in Bratislava, graduating with a degree in civil engineering from the Department of Civil Engineering and Traffic Structures. After a short (1954–1956) employment at a maintenance section of the Slovak Railways, he returned to the Faculty of Civil Engineering of the STU, which became his lifelong sphere of activity.

In 1956 he entered the department of transport structures, a part of which at that time was the sub-department of underground structures. Later, within the framework of reorganisation, he, at that time already in the position of an assistant professor, together with the entire sub-department, transferred to the department of geotechnics, where he worked until his retirement in 1996.

v rámci reorganizácie, už ako odborný asistent, prestúpil spolu s celým oddelením na katedru geotechniky, kde pôsobil až do svojho odchodu do dôchodku v roku 1996.

V roku 1971 získal titul kandidáta technických vied a v roku 1979 sa habilitoval za docenta.

Počas svojej pedagogickej praxe vychoval nespočetné množstvo študentov denného štúdia, viedol domácich, ale i zahraničných diplomantov, vedeckých aspirantov i postgraduátov v kurzoch, na ktorých prednášal, resp. mnohé i sám organizoval.

Prednášal na mnohých domácich i zahraničných konferenciách a odborných podujatiach a prispel k výchove viacerých generácií špičkových odborníkov, ktorí pôsobili a pôsobia v stavebnej praxi dodnes.

V pedagogickej, vedecko-výskumnej, odbornej, poradenskej a expertíznej činnosti sa zameriaval najmä na oblasť technológií razenia a hĺbenia tunelov, kde postupne získal povest' vynikajúceho odborníka známeho nielen doma, ale i v zahraničí. Za kvalitnú pedagogickú činnosť bol v roku 1990 ocenený zlatou medailou SvF – SVŠT a v roku 2005 zlatou medailou Technickej univerzity Fakulty BERG Košice.

O jeho bohatej odbornej činnosti svedčia dodnes používané vysokoškolské učebnice, desiatky expertíz, posudkov a projektových úloh, ktorými výrazne ovplyvnil rozvoj a pokrok podzemného staviteľstva na Slovensku.

Aktívne sa zúčastňoval či už ako riešiteľ konkrétnych úloh, posudzovateľ, alebo expert prakticky na všetkých dôležitejších podzemných stavbách, ktoré sa pripravovali a budovali na Slovensku v posledných desaťročiach. Známe je najmä jeho pôsobenie pri príprave bratislavského metra a pri výstavbe komunálnych štôlní pomocou raziacich štítov. V poslednom období je známa jeho konzultačná a poradenská činnosť pri príprave a výstavbe prvých diaľničných tunelov na Slovensku.

Pôsobil aj ako poradca a odborný konzultant pre investorské organizácie, stavebné firmy i štátne orgány.

Známe sú i jeho dlhoročné kontakty so zahraničnými profesijnými organizáciami, ale i osobné a priateľské vzťahy s mnohými poprednými odborníkmi z oblasti tunelového staviteľstva po celom svete.

Tieto kontakty ako i aktívne členstvo a pôsobenie v národných i medzinárodných profesijných organizáciách vždy využíval v prospech rozvoja tunelárstva na Slovensku.

Zaslúžil sa o prijatie Slovenskej tunelárskej asociácie za národného člena do ITA-AITES. Ako dlhoročný funkcionár ITA-AITES bol v roku 2004 vyznamenaný medailou prezidenta ITA-AITES a v tom istom roku bol prijatý za čestného člena ITA-AITES.

Ani po odchode do dôchodku si jubilant dlho neužíval zaslúžený odpočinok a keď ho požiadali o spoluprácu, už v máji 1996, začína pôsobiť ako odborný poradca a konzultant na riaditeľstve Slovenskej správy ciest v Bratislave a neskôr na novozriadenej Národnej diaľničnej spoločnosti.

Svoje odborné vedomosti i dlhoročné skúsenosti tak odovzdával ďalej a svoje bohaté zahraničné kontakty využíval na organizovanie odborných exkurzií, nadväzovanie kontaktov a získavanie zahraničných skúseností pre pracovníkov NDS.

Pribúdajúci vek sa nedá nijako oklamať, a tak sa jubilant v roku 2008, napriek duševnej sviežosti a neuhasínajúcejmu životnému elánu, rozhodol definitívne uzavrieť svoje pracovné aktivity a dopriať si po dlhoročnom profesionálnom vypätí svoje roky zaslúženého oddychu.

Ing. PAVOL KUSÝ, CSc.

In 1971 he attained the degree of Candidate of Sciences and, in 1979, was awarded the decree of an Assistant Professor (doc.)

During the course of his teaching practice he prepared uncountable numbers of students of day-time studies, he led domestic as well as foreign students preparing their diploma theses, scientific candidates, postgraduate students in courses, in which he not only lectured but also organised many by himself.

He lectured at numerous domestic and foreign conferences and professional events and contributed to the education of several generations of top professionals, who have worked in civil engineering practice till now.

In his teaching, scientific-research, expert, advisory and expert examination activities he primarily focused himself on underground excavation technologies and construction of cut-and-cover tunnels, where he gradually gained a reputation as an outstanding expert known not only at home but also abroad. For his high quality teaching activities, he was awarded a gold medal of the Faculty of Civil Engineering of the Slovak Technical University in 1990 and a golden medal of the BERG Faculty of the Technical University in Košice in 2005.

His rich professional activity is manifested by the till now used university textbooks, tens of expert opinions, assessments and feasibility studies, through which he significantly influenced the development and progress of underground structural engineering in Slovakia.

He actively participated, either as a solver of particular problems, assessor or expert, virtually in all more important underground construction projects being prepared or implemented in Slovakia during the past decades. His activities during the planning of the Bratislava metro and the construction of municipal galleries using tunnelling shields are especially well known. His consultancy and advisory activities during the planning and implementation of first motorway tunnels in Slovakia has been known from the recent years.

He provided advisory and technical consultancy services to investment organisations, construction firms and state authorities.

His long-lasting contacts with foreign professional organisations, but also private and friendly relationships with numerous worldwide prominent experts in the field of the tunnel construction industry are also well known.

He always used these contacts and the active membership and activities in national and international professional organisations for the benefit of the development of the tunnelling industry in Slovakia.

He took credit for the acceptance of the Slovak Tunnelling Association as a member of the international ITA-AITES. As a long-lasting functionary of the ITA-AITES, he was awarded a commemorative medal by president of ITA-AITES in 2004 and, during the same year, was accepted as an honourable member of the ITA-AITES.

The jubilarian did not enjoy the well deserved rest even after his retirement and, when asked for collaboration, he began, as early as May 1996, to work as a technical advisor and consultant for the Directorate of the Slovak Road Administration in Bratislava and, later, at the newly established National Motorway Company (NMC).

In this way he passed his professional knowledge and long-lasting experience on and used his wealth of foreign contacts for organising technical excursions, establishing contacts and gathering foreign experience for employees of the NMC.

Growing age can be in no way deceived. For that reason the jubilarian decided in 2008, despite his mental fitness and great vigour, to definitely cease his working activities and indulge in taking well deserved rest after the long-lasting professional strains.

Ing. PAVOL KUSÝ, CSc.

75. NARODENINY ING. JURAJA KELEŠIHO 75TH BIRTHDAY OF ING. JURAJ KELEŠI

Keď je muž vo veku 75 rokov plný životnej energie a nezlomného odhodlania prežiť svoje seniorské roky bez obmedzení svojich aktivít, záľub a rodinných povinností, mnohí by mu aj závideli, ale my, čo ho poznáme bližšie, to radi doprajeme a k peknému životnému jubileu v takejto dobrej kondícii môžeme mu iba srdečne gratulovať. Radi však pri tejto príležitosti chceme pripomenúť odbornej verejnosti aj jeho úspešnú profesionálnu kariéru.



Narodil sa dňa 12. januára 1940 v Bratislave. Povolaniu, ktoré si zvolil nástupom na Priemyselnú školu stavebnú v roku 1953, zostal verný po celý život. Po maturite na tejto škole v roku 1958 pokračoval v rokoch 1959–1964 štúdiom na Slovenskej vysokej škole technickej v Bratislave, odbor inžinierske konštrukcie a dopravné stavby, dennou formou. Po absolvovaní nastúpil k podniku Doprastav, n. p., Bratislava a z Doprastavu aj odišiel v r. 2005 do dôchodku.

V roku 1967 sa začala na Slovensku pripravovať diaľničná výstavba. Plne sa do nej vložil a na jej prvom úseku Bratislava – Malacky, vetve D2 Praha – Bratislava, vo funkcii riadiaceho pracovníka, uvádzal do praxe nové technológie, ako napr. veľkocapitné miešacie centrá a kladenie konštrukčných vrstiev finišermi na celú šírku vozovky. V roku 1975 prešiel na odbor technického vývoja podniku, kde riešil aktuálne problémy diaľnic a cestnej výstavby. V roku 1979 prešiel do zvolenského závodu Doprastavu ako technický námestník, kde riešil aktuálne problémy výstavby Zvolenského dopravného uzla a výstavbu prístupových ciest a železnice pre Jadrovú elektrárň Mochovce. V roku 1984 prešiel na Ministerstvo stavebníctva SR do funkcie zástupcu riaditeľa odboru stavebnej výroby. Tu mal na starosti predovšetkým výstavbu sústavy vodných diel Gabčíkovo-Nagymaros a prípravu bratislavskej rýchlodráhy. V roku 1988 sa vrátil na Doprastav, kde vykonával krátko funkciu asistenta riaditeľa podniku a od roku 1989 námestníka pre rýchlodráhu s provizórnym využitím prechodu cez Dunaj po Starom moste. V roku 1993 prešiel do funkcie vedúceho marketingu, kde v nových podmienkach zabezpečoval spracovanie ponúk na jednotlivé zakázky, a tak pomáhal vytvárať výrobný program podniku Doprastav. V roku 1997 prešiel na odbor prípravy a výstavby tunelových stavieb. Zaujímavou stavbou z tohto obdobia bola rekonštrukcia slučkového železničného tunela Telgárt a razenie prieskumnej štôlne pre diaľničný tunel Višňové.

Juraj Keleši dlhodobo spolupracoval so svojou „alma mater“, Slovenskou vysokou školou technickou v Bratislave, pre ktorú zadával témy pre diplomové práce z konkrétnych stavieb a robil k nim aj konzultácie. Neskôr prednášal na rôznych odborných podujatiach a postgraduáloch o nových technológiách výstavby diaľnic a tunelov. Viedol tiež mnoho exkurzií na významné stavby Doprastavu. Vďaka tejto jeho činnosti nastúpilo viacero absolventov SVŠT do Doprastavu a niektorí sú aj dnes na významných postoch vo vedení spoločnosti.

Od roku 1991 bol členom Československej tunelárskej asociácie. Po rozdelení spoločného štátu v roku 1992 bol spolu s doc. Vladimírom Ratkovským zakladajúcim členom Slovenskej tunelárskej asociácie (STA). V roku 1993 bol Juraj Keleši zvolený za prvého predsedu STA a v tom istom roku bola STA na valnom zhromaždení v Amsterdame prijatá do medzinárodnej

When a man at the age of 75 years is full of vigour and steadfast determination to spend his senior years without restricting his activities, hobbies and family duties, many would even envy him. Anyway, we who know him closer are pleased to wish it to him and we can only cordially congratulate him to celebrate this great anniversary in such the good condition. We are also pleased to remind the professional public of his successful professional career.

He was born on the 12th January 1940 in Bratislava. He has remained for the whole life faithful to the profession he chose by entering the Technical school of civil engineering in 1953. After passing the school leaving exam at this school in 1958, he continued from 1959 – 1964 to study in the day-time form at the Slovak Technical University in Bratislava, obtaining a degree in civil engineering and transport-related structures. After the graduation, he entered Doprastav, n. p., Bratislava; he retired in 2005.

In 1967, the preparation of the development of motorways was launched in Slovakia. He fully embarked upon it and introduced into practice such technologies as, for example, large-capacity mixing centres and the placement of structural courses using full-width slip-form pavers on the initial section between Bratislava and Malacky, the Prague – Bratislava D2 branch. In 1975, he was transferred to the Technical Development Department of the company, where he solved current problems of the development of motorways and roads. In 1979, he transferred to the Zvolen-based plant of Doprastav, where he worked in the position of the Deputy Technical Director. He solved current problems of the development of the Zvolen Transport Node and the construction of approach roads and railway for the Mochovce Nuclear Power Plant. In 1984 he transferred to the Ministry of Construction, working in the position of the Deputy Director of the Department of Construction Operations. In this position, he was primarily in charge of the Gabčíkovo-Nagymaros system of waterworks and the preparation of the Bratislava high-speed LRT line. In 1988 he returned to Doprastav, where he performed for a short time the function of the assistant to the director of the company and, from 1989, the function of the Deputy-Director for the high-speed Light Rail Transit (LRT), with the temporary use of the Old Bridge for the crossing over the Danube. In 1993 he transferred to the position of the Head of Marketing, where he managed the work on bids for individual contracts and in this way helped to create the production program of Doprastav in new conditions. In 1997, he transferred to the Department of Planning and Construction of Tunnel Structures. The reconstruction of the Telgárt looped tunnel and the excavation for the exploratory gallery for the Višňové motorway tunnel belonged among more interesting construction contracts from this period.

Juraj Keleši long collaborated with the Slovak Technical University (STU) in Bratislava, his “Alma Mater”. He specified topics of diploma theses related to particular construction projects and provided consultation on them. Later he lectured at various professional events and postgraduate studies on new technologies for the construction of motorways and tunnels. In addition, he organised many excursions to significant construction sites of Doprastav. Owing to his activities, a number of the STU students entered Doprastav and some of them have obtained important positions in the company management.

From 1991 he was a member of the Czechoslovak Tunnelling Association. After the division of the common state in 1992, he, together with Vladimír Ratkovský, was a founding member of the Slovak Tunnelling Association (STA). In 1993, Juraj Keleši was elected as the first chairman of the STA and, in the same year, the STA was accepted to the international ITA-AITES at its General Meeting. Juraj Keleši performed the function of the chairman for

ITA-AITES. Juraj Keleši vykonával funkciu predsedu dve volebné obdobia do roku 1999 a zaslúžil sa o jej zveľadenie a rozšírenie.

Aktuálne, okrem príležitostnej pracovnej činnosti, sa venuje svojej širokej rodine a svojim športovým záľubám, predovšetkým vodným športom, okrem iného aj otužovaniu v ľadovej vode. Je tiež aktívnym členom Klubu seniorov v Doprastave.

Nášmu jubilatovi Ing. Jurajovi Kelešimu pri príležitosti 75. narodenín prajeme všetko dobré, pohodu vo sviatočných i všedných dňoch, veľa potešenia v záľube do vodných športov, radosť z rodiny, stretnutia s priateľmi, bývalými kolegami a hlavne veľa zdravia a neuhasnajúceho optimizmu v peknej jeseni svojho života.

Ing. MIKULÁŠ PÁKH, Ing. JOZEF FRANKOVSKÝ

two terms starting from 1999 and deserves praise for its improvement and expansion.

Currently he devotes himself not only to occasional work activities, but mainly to his wide family and sports, first of all water sports, among others even hardening bodies in ice cold water. He is further an active member of the Senior Club operating in Doprastav.

We wish our jubilarian Ing. Juraj Keleši on the occasion of the 75th anniversary all good, comfort in festive days as well as all other days, lots of delight in his water sports hobby, joy of his family, meeting his friends, former colleagues, and, first of all, great health and undiminished optimism in the beautiful autumn of his life.

Ing. MIKULÁŠ PÁKH, Ing. JOZEF FRANKOVSKÝ

I MLADÍCI JEDNOU PŘIJDOU DO LET K JUBILEU DOC. ING. ALEXANDRA ROZSYPALA, CSC. EVEN YOUNG MEN WILL ONCE GET OLDER ON THE OCCASION OF DOC. ING. ALEXANDR ROZSYPAL, CSC. ANNIVERSARY

Jsou lidé, kteří stárnou rychle a jsou lidé, kteří nikdy nezestárnou a zůstanou jak tělem, tak hlavně svým duchem stále mladí. Mezi ty druhé můžeme rozhodně zařadit významného stavebního inženýra – geotechnika s velkým západem pro mechaniku hornin a tunelové stavitelství – a schopného manažera doc. Ing. Alexandra Rozsypala, CSC., který začátkem března oslavil sedmdesátiny.

Po čtyřletém studiu na Průmyslové škole stavební, obor vodohospodářské stavby, pokračoval ve stejném oboru i na Stavební fakultě ČVUT v Praze. Studium ukončil v bouřlivém roce 1968. Na podzim roku 1968 při zpracování diplomové práce jezdil z Prahy do Ústí nad Labem, kde studoval bilanci minerálních vod a jejich praktické využití. Na tomto tématu jsme pracovali společně. Přitom jsme cestou míjeli tankové pozice okupačních spojeneckých vojsk Varšavské smlouvy a zároveň se přeli o to, jak dlouho tento stav vydrží.

Po promoci nastoupil čerstvý inženýr Alexandr Rozsypal plný energie do národní společnosti Stavební geologie a začal pronikat do tajů mechaniky zemin a inženýrské geologie. Problém s bydlením v Praze se rozhodl řešit změnou zaměstnavatele (Vodní stavby) a dvouletým pobytem na stavbě vodovodního přivaděče v Jizerských horách. Po získání bytu se do Prahy i do Stavební geologie opět vrátil a v této společnosti vydržel až do odchodu do penze. Jeho vysoké ekonomické znalosti, které získal jak postgraduálním studiem, tak diskusemi se svým otcem, významným ekonomem šedesátých a sedmdesátých let dvacátého století, jej předurčovaly pro manažerské pozice. Postupně vedl oddělení mechaniky hornin, odbor geotechniky a po privatizačním dělení společnosti Stavební geologie byl zvolen generálním ředitelem nově vzniklé firmy Stavební geologie – Geotechnika, a. s. Jeho ekonomické zkušenosti a manažerská obratnost přispěly k rychlé konsolidaci nové společnosti a jejímu dlouhodobému rozvoji. Za jeho řízení dosáhla firma největšího rozmachu a po řadu let se podílela na výstavbě většiny významných veřejných staveb od pozemních komunikací, železničních tratí po podzemní díla. Do firmy přivedl zahraničního partnera z Francie, společnost Simecsol, založenou prof. Jeanem Keriselem,



There are people who are getting older and there are people who will never get old and will remain young both in terms of their bodies and through their spirit. Among the latter ones, we can rank docent Ing. Alexandr Rozsypal, CSC., a prominent civil engineer – geotechnician having a great passion for rock mechanics and the field of tunnel engineering, and a competent manager, who celebrated the seventieth anniversary of birth at the beginning of March.

After four-year studies at a technical school of civil engineering, the water management branch, he continued in the same branch even at the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical University in Prague. He graduated in the tumultuous year 1968. In the autumn of 1968, during his work on the diploma thesis, he travelled from Prague to Ústí nad Labem, where he studied the balance of mineral water and its practical use. We worked jointly on this topic. In doing so, we were passing along the way the tank positions of allied occupation forces of the Warsaw Pact and, at the same time, argued about the time this condition would endure.

After the graduation, the fresh civil engineer Alexandr Rozsypal, full of energy, entered the national enterprise of Stavební Geologie (Civil Engineering Geology) and began to penetrate the mysteries of soil mechanics and engineering geology. He decided to solve his problem with living in Prague by changing the employer (Vodní Stavby) and a two-year stay at the construction site for an aqueduct in Jizerské mountains (Isergebirge). After gaining a flat, he returned to Prague and Stavební Geologie to remain there until his retirement. The high expertise he gained both by postgraduate studies and by discussions with his father, an outstanding economist of the 1960s and 1970s, predestined him for managerial positions. He was successively in charge of the rock mechanics department, the department of geotechnics and, after the privatisation dividing Stavební Geologie to sections, he was elected as the chief executive officer on the newly originated company Stavební Geologie – Geotechnika, a. s. His economic experience and managerial skills contributed to the quick consolidation of the new company and its long-term development. Under his management the company achieved the greatest expansion and many years participated in the implementation of the majority of important public construction projects, ranging from roads, railway tracks up to underground workings. He brought a foreign partner from France to the company, Simecsol, which was founded by Prof. Jean Kerisel, a leading French geotechnician and an expert in the foundations of historic structures. Ten years ago, when he after 15 years decided to leave the office of the top manager of the company, a symbolic meeting with Prof. Kerisel took place in Paris on the occasion of the termination of Simecsol. It was acquired by ARCADIS.

předním francouzským geotechnikem a znalcem zakládání historických staveb. Když se před 10 lety rozhodl po 15 letech odejít z funkce vrcholného manažera firmy, došlo k jeho symbolickému setkání s prof. Keriselem v Paříži u příležitosti zániku společnosti Simecsol. Ta byla převzata společností ARCADIS.

Jako ředitel vždy podporoval pobyty zaměstnanců v zahraničí jak na geotechnických projektech, tak konferencích nebo stážích u sesterských firem. Sám působil v zahraničí v 80. letech minulého století na Kubě a v Peru. Inicioval založení organizační složky na Slovensku, která se stala, zejména v posledních letech, významným příspěvatelem do rozpočtu společnosti ARCADIS.

Přestože Alexandr Rozsypal zastával dlouhá léta vrcholnou manažerskou funkci, neustával ve svém v geotechnickém vzdělávání. Získal titul kandidát věd již v roce 1986 a habilitoval se jako docent na Vysoké škole báňské v Ostravě v roce 1997. Zejména vynikl v navrhování a realizaci systémů kontrolního sledování, monitoringu zemních a základových konstrukcí a tunelů. Napsal o tomto speciálním oboru knižní publikaci, jedinou svého druhu u nás. Kromě řízení firmy přednášel pro adepty inženýrské geologie na Univerzitě Karlově v Praze a na Vysoké škole báňské v Ostravě, kde dodnes působí ve vědecké radě. Byl iniciátorem vzniku Zárubovy ceny pro mladé geotechniky, která se každý rok uděluje na Pražských geotechnických dnech.

I po odchodu z vrcholné pozice ve firmě neúnavně píše příspěvky, přednáší na konferencích, diskutuje na seminářích, komentuje nově vznikající normy. Jeho široký rozhled mu umožňuje přesně formulovat své názory. Má velice důvěrný vztah k francouzské literatuře a poezii, což povznáší jeho ducha. Od mládí výborný sportovec (běhal střední trať) byl zvyklý vždy podávat maximální výkon nejen na oválu, ale v práci.

Milý Sašo, těším se na naše vzájemné inspirativní diskuse a přeji Ti mnoho dalších let naplněných nejen novými nápady, ale hlavně radostí ze života.

Ing. VÍTĚZSLAV HERLE

In the position of the director, he always supported stays of employees abroad, no matter whether on geotechnical projects, conferences or secondment in sister firms. He himself worked abroad in the 1980s, in Cuba and Peru. He initiated the foundation of a branch in Slovakia, which has become a significant contributor to ARCADIS budget, most of all during the recent years.

Even though Alexandr Rozsypal held the top management function for long years, he did not cease improving his geotechnical education. He obtained a degree of Candidate of Sciences as far back as 1986 and was awarded the decree of an assistant professor (doc.) at the VSB Technical University of Ostrava in 1997. In particular he excelled in designing and implementing check observation, monitoring of groundwork and foundation structures and tunnels. He wrote a book on this special civil engineering branch, which is unique of its kind in our country. Apart from managing the company, he lectured for aspirants in engineering geology at the Charles University in Prague and at the VSB Technical University in Ostrava, at which he has been active in the Scientific Council till now. He was the initiator of the origination of the Academician Q. Záruba award for young geotechnicians, which is presented every year at the Prague Geotechnical Days.

He tirelessly writes papers, delivers lectures at conferences, discusses at seminars, comments on newly originating standards even after his departure from the top position in the company. His wide purview allows him to exactly formulate his opinions. He has an intimate relationship to French literature and poetry, which enhances his spirit. He, who has been an excellent sportsman since his youth (a middle-distance runner), has always been used to give maximum performance not only on the oval but also at work.

Dear Saša, I am looking forward to our mutual inspiring discussions and wishing you many more years filled not only with new ideas but also with joy of life.

Ing. VÍTĚZSLAV HERLE

ROZLOUČENÍ S ING. PAVLEM MAŘÍKEM, ČESTNÝM ČLENEM CZTA ITA-AITES A NOSITELEM PAMĚTNÍ MEDAILE CZTA

BIDDING FAREWELL TO ING. PAVEL MAŘÍK, THE CZTA HONORARY MEMBER AND THE CZTA COMMEMORATIVE MEDAL HOLDER

Jen o něco málo delší čas než půl roku nás dělí od chvíle, kdy jsem jménem celé naší tunelářské komunity na stránkách TUNELU č. 2/2014 blahopřál Ing. Pavlu Maříkovi k jeho 85. narozeninám. Připomněli jsme si při té příležitosti životní dráhu tohoto vzácného člověka, která byla naplněna, vedle těžkých osobních prožitků v dobách nesvobody, především tvůrčí inženýrskou prací v oblasti podzemního stavitelství.

Měl jsem příležitost s Ing. P. Maříkem spolupracovat na řadě zajímavých projektů a mohl jsem tak bezprostředně poznat jeho cit pro konstrukce, odborné znalosti, jasné technické uvažování a schopnost nezaujatě posuzovat náměty a řešení navržená jeho spolupracovníky. S přibývajícím věkem se naše profesní souznění postupně změnilo ve vzájemné přátelství, kterého si nepřestanu vážit. Upřímné přání prožití dalších let ve zdraví a v pohodě, které jsem vyslovil na závěr zmíněného blahopřání, se však, bohužel, nenaplnilo. Ing. Pavel Mařík nás navždy opustil 11. prosince 2014.

Loučím se s ním ještě jednou na stránkách našeho časopisu posledním přáním, vyjádřeným neokázalými slovy jeho syna Libora: „Vážení kolegové, kteří jste tátu znali, myslete na něj v dobrém.“

prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.



Only a little longer time than half a year divides us from the moment when I, on behalf of our entire tunnelling community, congratulated on the pages of TUNEL 2/2014 to Ing. Pavel Mařík to his 85th birthday. On that occasion we commemorated the course of life of this precious man. Apart from difficult personal experiences during the times of lack of freedom, it was filled, first and foremost, with creative engineering in the field of underground construction.

I had the opportunity to collaborate with Ing. P. Mařík on a number of interesting projects, therefore I could immediately know his sense of structures, expertise and clear technical thinking and capability of unprejudiced assessing topics and solutions proposed by his collaborators. With age, our professional harmony changed in mutual friendship, which I will never cease to appreciate. Unfortunately my sincere personal wishes to him to enjoy many years to come in good health and comfort were not met. Ing. Pavel Mařík departed us for ever on the 11th December 2014.

I am bidding him farewell once more on the pages of our journal by the last wish expressed by unpretentious words of his son Libor: „Dear colleagues who knew my father, think of him in good.“

prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.

VZPOMÍNKA NA RNDr. OTAKARA TESAŘE, DrSc. MEMORY OF RNDr. OTAKAR TESAŘ, DrSc.

Smutná zpráva zastihla ke konci minulého roku odbornou tune-lářskou i geologickou společnost, kdy po dlouhé nemoci dne 29. 12. 2014 zemřel ve věku 74 let RNDr. Otakar Tesař, DrSc. Výrazný odborník českého podzemního stavitelství se narodil 5. prosince 1940. Po šestiletém působení jako důlní geolog v Jáchymovských dolech a Rudných dolech Příbram pracoval tři roky v Ústředním ústavu geologickém v Praze.



Od roku 1968 do roku 1990 pracoval v Projektovém ústavu dopravních a inženýrských staveb (PÚDIS), od roku 1969 jako vedoucí oddělení inženýrské geologie. Byl hlavním geologem pro pražské metro, konkrétně pro úvodní úseky trasy C, A a částečně B, vedl průzkumy a následně sledování při výstavbě Strahovského automobilového tunelu či dostavby třetího Vinohradského tunelu. Spolupracovníci na něj vzpomínají jako na přátelského kolegu, který byl velmi aktivní a inspirativní. V soukromí byl kamarádský sportovec (tenis, lyžování, plavání) měl zálibu v pěstování kaktusů, měl rád hudbu – hrál dobře na klavír. V roce 1990 založil soukromou společnost IKE, s.r.o., jejíž hlavní náplní byl inženýrskogeologický průzkum, sledování a geotechnický monitoring podzemních staveb. Zde ve spolupráci s dalším výrazným odborníkem doc. Ing. Ivanem Kameníčkem, CSc. realizovali moderní přístupy nejen v průzkumu, ale i geotechnickém monitoringu podzemních staveb. Za zmínku stojí práce na pražských kolektorech či na prvních tunelech metra, ražených pomocí NRTM na úseku IV.B. V roce 2000 došlo k propojení firmy IKE, s.r.o., se společností GeoTec-GS, a. s., v níž Otakar Tesař působil až do odchodu do důchodu jako hlavní specialista pro obor podzemních staveb.

Pro tunelářskou veřejnost je jeho jméno spojované především s klasifikací horninového masivu QTS, kterou uveřejnil v roce 1977 na základě rozsáhlého souboru výsledků a dat z ražeb pražského metra. Tuto klasifikaci postupně aktualizoval jednak pro použití prstencové metody ražení na pražském metru, dále pak pro ražbu sovětským plnoprofilovým tunelovacím strojem, pro tunelové (výložníkové) frézy či následně pro použití NRTM. Klasifikace skalních a poloskalních hornin pro podzemní stavby byla i tématem jeho doktorské dizertační práce v roce 1989 na Přírodovědecké fakultě UK. Zde i nějaký čas přednášel zásady průzkumu pro podzemní stavby. Klasifikace QTS se stala ve své době součástí oborové normy pro železniční tunely a dodnes je používána především v prostředí pražské geologie.

Ti, kteří měli možnost být s Otou Tesařem v dlouhodobém pracovním a osobním kontaktu, vždy vzpomínají na jeho přívětivé jednání, skromnost, nadhled a smysl pro humor. Odchází s ním nejen vynikající odborník, ale také přítel a kamarád. Celá naše geotechnická a tunelářská společnost mu upřímně děkuje za celoživotní práci a velmi lituje jeho předčasný odchod.

*Za bývalé kolegy a spolupracovníky
RNDr. RADOVAN CHMELÁŘ, Ph.D.
člen redakční rady*

The sad news caught the professional tunnelling society at the end of the past year that RNDr. Otakar Tesař, DrSc., departed this life after a long disease on the 29th December 2014, at the age of 74. This significant expert in the Czech underground construction industry was born on the 5th December 1940. After a six-year period of working in the position of a mine geologist at Jáchymov Mines and Příbram Ore Mines, he worked for three years in the Central Geological Institute in Prague. From 1968 to 1990 he worked at PÚDIS (the Designing Institute for transport and engineering structures), from 1969 on in the position of the head of the department of engineering geology. He was the chief geologist for the Prague metro project, specifically for the initial section of the lines C, A and particularly B; he was in charge of surveys and subsequent monitoring during the construction of the Strahov Automobile Tunnel or the completion of the third Vinohrady tunnel construction. His collaborators remember him as a friendly colleague, who was very active and inspiring. In the private, he was a friendly sportsman (tennis, skiing, swimming). He had a penchant for growing cacti, loved music – playing very well piano. In 1990 he founded IKE, s. r. o., a private company with the main content of work comprising engineering geological survey, observation and geotechnical monitoring over underground construction projects. In this field, he, jointly with another outstanding expert, assistant professor Ing. Ivan Kameníček, CSc., implemented modern approaches not only to surveys but also to geotechnical monitoring over underground construction works. Worth mentioning is his work on Prague utility tunnels or initial metro tunnels driven using the NATM in the 4th operational section of the line B. In 2000, IKE, s. r. o., was interconnected with GeoTec-GS, a. s., company, in which Otakar Tesař worked until his retirement in the position of the main specialist for the branch of underground structures.

For the tunnelling society, his name is associated primarily with the QTS ground mass classification system, which was published by him in 1977 on the basis of an extensive set of results and data from the excavation for the Prague metro construction. He gradually updated this classification system for the application of the Ring Tunnelling Method to the Prague metro, later for driving tunnels using the Soviet-made full-face tunnel boring machine, for the use of cutter booms or, subsequently, for the use of the NATM. The classification of hard rock and semi-rock for the use in underground construction was even the topic of his doctoral thesis in 1989 at the Faculty of Science of the Charles University. He even lectured on the principles of survey for underground construction projects at the University. In its time, the QTS classification system became part of an industry standard for railway tunnels and it is applied till now to the Prague geological environment.

Those who had the opportunity to work in the long-term with Ota Tesař and be in close personal contact with him always remember his amiable behaviour, modesty and sense of humor. By his departure from life, we lose not only an excellent expert but also a good friend. Our entire geotechnical and tunnelling society sincerely thanks him for the lifetime work and feels very sorry for his premature departure.

*On behalf of former colleagues and collaborators
RNDr. RADOVAN CHMELÁŘ, Ph.D.
member of the Editorial Board*

Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

POHLEDNICE S TUNELY POD VODOU PICTURE POSTCARDS WITH IMMENSED TUNNELS

If we disregard several sections of Prague metro, immersed tunnels are an item of the underground construction industry which is virtually absent in the Czech Republic's conditions. Nevertheless, we can meet immersed tunnels, above all in the group of transport-related tunnels, relatively often. They transfer railways and roads usually across big rivers or sea straits, replace or supplement bridges. They were and still are also paid significant attention in period pictures, but also in fully current picture cards.

ÚVOD

Pomineme-li několik úseků metra v Praze, jsou tunely pod vodou položkou podzemního stavitelství, která se v podmínkách ČR prakticky nevyskytuje. Ve světě se však s tunely pod vodou, a to především ve skupině tunelů dopravních, setkáváme poměrně často. Převádějí železniční a silniční komunikace obvykle přes velké řeky nebo mořské úžiny, nahrazují nebo doplňují mosty. A také jim byla, resp. pořád je, věnována značná pozornost na dobových, ale také na zcela aktuálních pohlednicích.

Pozn.: V následujícím textu jsou pod obrázky uvedeny popisy z rubových stran pohlednic. Bývají v nich uváděny údaje k technickým parametrům staveb nebo k postupu stavby. Doplněním jsou údaje o editorech pohlednice příp. (je-li známý) o roku jejího vydání.

Poznámky autorů příspěvku jsou potom odlišeny kurzívou.

1. N. Y. – HUDSON TUNEL

Hudson Tunel představují dva tubusy pro vlaky dopravního systému PATH (Port Authority Trans-Hudson), obsluhujícího sídelní aglomeraci N. Y. Představují historicky první ne-lodní spojení mezi Manhattanem a Jersey City. První pokus o výstavbu



Obr. 1 Směrový oblouk Hudson Tunelu

Jižní tunely pod řekou Hudson z Jersey City do odbavovacích hal Church Street, New York. – Započaty v květnu 1905; otevřeny pro dopravu v červenci 1909. Dva tubusy přibližně 5,950 stop dlouhé, s ocelolitinovými prstenci vnějšího průměru 16 stop a 7 palců.

Success Postal Card Co., Pub., New York. No. 1010. 1910? [sbírka autorů]

Fig. 1 Horizontal curve on the Hudson tunnel

The southern tunnel tubes under the Hudson River leading from Jersey City to Church Street terminals, New York. Commenced in May 1905; brought into service for transport in July 1909. Two approximately 5950 feet long tunnel tubes lined with cast steel segments with the outer diameter of 16 feet and 7 inches. Success Postal Card Co., Pub., New York. No. 1010. 1910? [authors' collection]

těchto tunelů byl zahájen v listopadu 1874 ze strany Jersey City. Práce probíhaly ražením za podpory přetlaku vzduchu, nicméně bez štítu. V červenci 1880 došlo k průtrži, při které zahynulo 20 pracovníků. Dne 5. 11. 1882 stavební společnost zkrachovala a rozestavěný tunel byl zaplaven vodou. Stavba potom byla ukončena až v roce 1906, po 33 letech přerušovaného úsilí. Po většinu této doby byla provázena velkými finančními problémy. Dokončení obou tunelových trub umožnilo nasazení razicího štítu (obr. 1 a 2). V roce 1978 byly tunely prohlášeny za „Národní kulturní památku inženýrského stavitelství“. [1, upraveno]

2. HAMBURG – STARÝ LABSKÝ TUNEL (TUNEL SANKT PAULI)

Tunel Sankt Pauli (také „Starý Labský tunel“) byl vybudován pod ústím Labe v Hamburgu mezi lety 1907 a 1911. Šachty St. Pauli (severní strana, provedená šachtováním) a Steinwerder

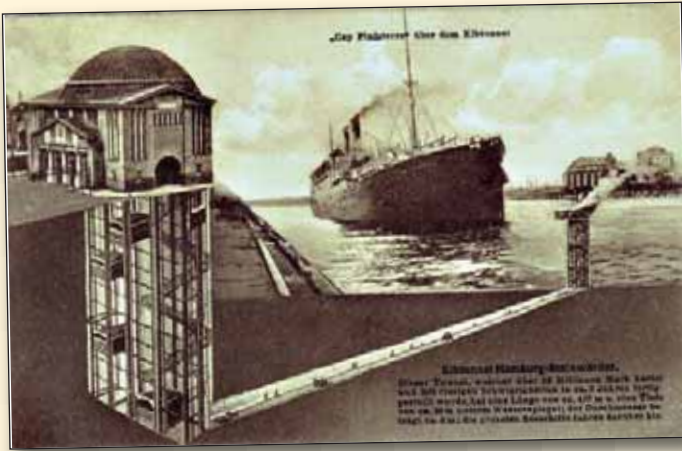


Obr. 2 Hudson River Tunel Hoboken N. Y.

Copyright by illustrated postal card novelty co. N. Y. IPCN 96-48. 1908. [sbírka autorů]

Fig. 2 The Hudson River Tunnel - Hoboken N. Y.

Copyright by illustrated postal card novelty co. N. Y. IPCN 96-48. 1908. [authors' collection]



Obr. 3 „Cap Finisterre“ nad Labským tunelem

Labský tunel Hamburg – Steinwärder.

Tento tunel, který stál přes 10 milionů marek, byl dokončen s velkými obtížemi po přibližně třech letech. Má délku cca 450 m a hloubku asi 20 m pod vodní hladinou. Průměr činí cca 6 m. Proplují nad ním i největší námořní lodě.

K. W., H. 1913. [sbírka autorů]

Fig. 3 „Cap Finisterre“ above the Elbe tunnel

The Elbe tunnel Hamburg – Steinwärder.

This tunnel, costing over 10 million German marks, was finished with significant difficulties after approximately 3 years. It is about 450m long and about 20m deep under the water surface. The diameter is 6m approximately. Even the largest naval ships can flow over it.

W., H. 1913. [authors' collection]



Obr. 4 Hamburg. Labský tunel, pohled do tunelu

Hamburg, „Labský tunel“

Stavební náklady 10 722 000 marek. Doba stavby cca 4 roky. Délka 450 m. Hloubka 21 m pod hladinou velké vody.

Verlag von C. Worzedialeck, Hamburg 5. Nr. 20. ?? [sbírka autorů]

Za pozornost stojí krásná secesní výzdoba vstupního objektu.

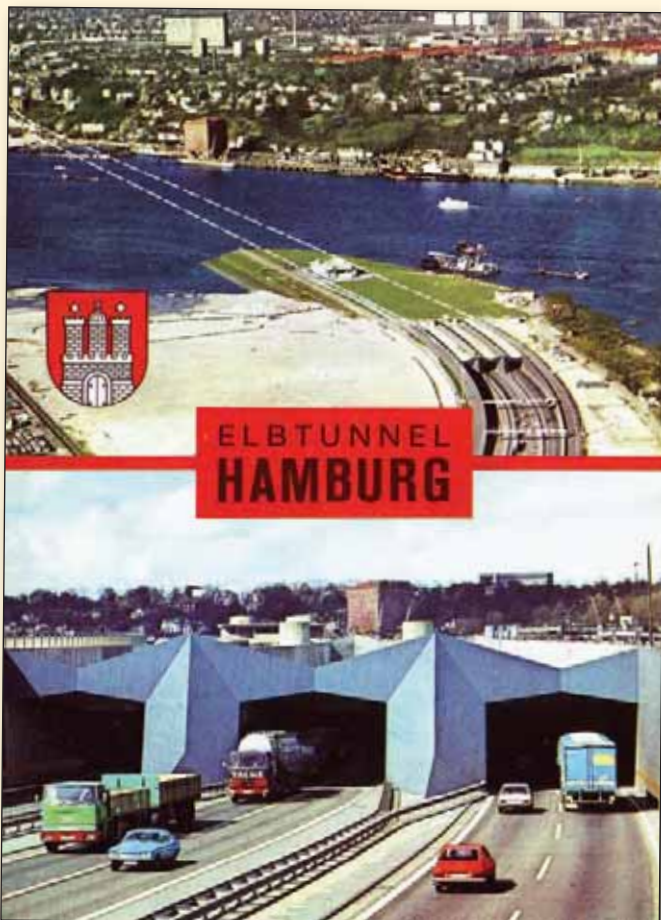
Fig. 4 Hamburg. The Elbe tunnel, a view down the tunnel

Hamburg, „The Elbe tunnel“

Construction cost of 10,722,000 German marks. Construction time approximately 4 years. The length of 450m. The depth of 21m under the high water level.

Verlag von C. Worzedialeck, Hamburg 5. Nr. 20. ?? [authors' collection]

The beautiful Art Nouveau decoration of the entrance structure deserves attention.



Obr. 5 Hamburg

Nový labský tunel, postavený 1968–1975

Kruger® 31.920.354 268906 Nr.7975. ?? [sbírka autorů]

Celková délka: 3 325 m, vlastní tunel: 2 653 m, tunelové dno: 27 m pod terémem (hladinou), 3 tunelové trouby, každá 9 m široká, 4,70 m vysoká

Pozoruhodný, kubisticky působící portál a na něj navazující prolomovaná pergola vytvářející světelně přechodové pásmo z otevřeného prostoru do tunelu.

Fig. 5 Hamburg

The new Elbe tunnel, built in 1968–1975

Kruger® 31.920.354 268906 Nr.7975. ?? [authors' collection]

Total length: 3325m, Tunnel itself: 2653m, Tunnel bottom: 27m under the terrain (water surface), 3 tunnel tubes, each 9m wide, each 4.70m high

The remarkable, cubistically impressive portal and a broken pergola linking to it. It creates a lighting transition zone from open air to the tunnel.

(jižní strana, provedená kesonováním) byly propojeny v dl. 448,5 m dvěma tunely vnějšího \varnothing 6 m. Ty byly vyraženy pneumatickým štítem. Nadloží v té době tvořila 3 m silná vrstva bahna. Na stavbě pracovalo cca 4 400 pracovníků. Tři z nich zahynuli na kesonovou nemoc a další dva zemřeli při nehodách.

Tunelové trouby byly navrženy s vnitřní šířkou 4,8 m a výškou nejméně 4,8 m. Původně byla v každé cesta pro vozíky tažené koněm, široká 1,92 m a po stranách zvýšené chodníky šířky 1,44 m. Pilíř mezi jednoproudými tubusy je 2 m. První rekonstrukcí prošel tunel ve 20. letech 20. stol. V roce 1928 jím projel první automobil. Vstupní objekt/věž na straně přístavu (St. Pauli) byl za 2. světové války velmi poškozen, na straně loděnic (Steinwerder) zcela zničen (obr. 3). V letech 1982–1983 byl tunel zcela uzavřen, když byly na dno Labe pokládány železobetonové desky, mající chránit jeho těleso při opakovaném bagrování koryta nezbytném pro lodní dopravu. Částečná uzavírka byla realizována v letech 2009–2010, při opravách ke 100. výročí otevření tunelu.

Osobní auta se do tunelu spouštějí/vyvázejí původními výtahy; poplatek za použití dnes činí 2 eura. Nyní tunelem projíždí cca 300 tis aut/rok (před otevřením „Nového Labského tunelu“ to bylo cca 20 mil. aut/rok). K tomu přistupuje cca 700 tis. pěších a 60 tis. cyklistů/rok. Ti mají použití bezplatné. Auta mohou do tunelu jen v pracovních dnech od 5:30 do 20:00 hod. O víkendech si tunel často pronajímají pořadatelé kulturních či sportovních akcí, byl také kulisou několika filmů. Stavební objekt a jeho zařízení jsou památkově chráněny – obr. 4. [2, 3, 4, upraveno].

3. HAMBURG – NOVÝ LABSKÝ TUNEL

Tunel byl otevřen 10. 1. 1975 kancléřem Helmutem Schmidtem během folklorního festivalu, kterého se zúčastnilo 600 000 lidí. Po dokončení měl tunel tři trouby po dvou pruzích (+ dvě mezilehlé větrací trouby). Z celkové délky 3325 m je 1056 m vedeno pod korytem Labe. Za středního přílivu se konstrukce nachází 28 m pod vodní hladinou. Tunelový komplex byl vybudován kombinací tří diametrálně odlišných technologií. První z nich bylo naplavení osmi tunelových sekcí vybetonovaných



Obr. 6 Mersey tunel pod řekou Mersey, mezi Liverpoolem a Birkenheadem
Zahájený v prosinci 1925 a otevřený králem Jiřím V. v červenci 1934. Délka 2,13 mil. Cena 7.077.800 £.

Větrací šachta na pilíři čelby

Interiér tunelu Mersey

Spojovací komora s hlavním a odbočným tunelem

Hlavní vstup a velký osvětlovací maják

?? [sbírka autorů]

Fig. 6 The Mersey tunnel under the Mersey River, between Liverpool and Birkenhead

Brought into service in December 1925 and opened by King George V in July 1934. The length of 2.13 miles. Cost of 7,077,800 £.

Ventilation shaft on the excavation face pillar

Mersey tunnel interior

Connecting chamber with the main tunnel and the tunnel branch

The main entrance and a big lighthouse

?? [authors' collection]

v suchém doku. ŽB prvky rozměrů 132 m (dl.) x 41,7 m (š.) x 8,4 m (v.) a hmotností 46 000 tun byly po zaplavení doku odtaženy a spuštěny do předem vyhloubené rýhy. Druhou technologií bylo štítování za podpory přetlaku vzduchu v dl. 1113 m. Tunelové ostění z litinových tubingů zde má vnější průměr 10,8 m. Zbývající metráž tunelu byla realizována v otevřené rýze (obr. 5).

S ohledem na neustále rostoucí dopravní zatížení byl tunel doplněn o čtvrtou rouru s dalšími dvěma dopravními pruhy otevřenou provozu 27. 10. 2002. K výstavbě byl tentokrát nasazen bentonitový štít s \varnothing 14,65 m, ve své době největší na světě. [2, 5, upraveno]

4. LIVERPOOL – TUNNEL MERSEY

Stavba prvního silničního tunelu pod řekou Mersey (tzv. Queensway Tunnel) byla zahájena 16. 12. 1925. Ze dvou stran ražené (horní) pilotní tunely se setkaly 3. 4. 1928. Následovalo dobírání zbývající kubatury tunelů (nejprve v horní a posléze v dolní polovině). Obezdívku tvoří litinové tubingy, s vyplněním rubové mezery cementovou maltou, utěsněním šroubů speciálními podložkami a temováním tubingových spár olovem. Ražba probíhala za použití trhaviny, ve skalní hornině tvořící dno řeky Mersey, a to v nepříliš velké hloubce – nejnižší bod tunelu leží cca 52 m pod nejvyšší vodní hladinou. Uprostřed řeky činí skalní nadloží pouze 1,20 m. Vozovka má čtyři pruhy, po dvou v každém směru. Jsou zde dvě odbočné větve, vyvedené mimo hlavní tunel do přístavů po obou stranách řeky (obr. 6 a 7); Birkenheadská větev byla v roce 1965 uzavřena.

Soubor staveb byl otevřen králem Jiřím V. 18. 7. 1934 za účasti 200 tis. lidí. Délka tunelu činí 3,428 km. V době dokončení byl nejdelším světovým podmořským tunelem a svůj primát si udržel 24 let.

Rubanina posloužila pro nasypání základů říční promenády a veřejné zahrady. Během devíti let stavby z 1700 mužů, kteří zde pracovali, 17 zahynulo. [6, 7, upraveno]



Obr. 7 Mersey tunel, spojovací komora s hlavním a odbočným tunelem

?? [sbírka autorů]

Fig. 7 The Mersey tunnel, connecting chamber with the main tunnel and the tunnel branch

?? [authors' collection]

5. DETROIT RIVER TUNEL

Před vybudováním tohoto tunelu byly pro spojení Kanadské jižní železnice se západní částí Michiganu k dispozici pouze přívozy. Tunel postavila Společnost pro zřízení tunelu pod řekou Detroit pro Kanadskou jižní železnici; byl pronajat Michiganské centrální železnici a posléze vlastněný Newyorskou centrální železnici. V současnosti jej užívá Kanadská pacifická železnice. Dnes je na straně Detroitu oblast kolem tunelu uzavřena pro veřejnost a je hlídána řadou bezpečnostních složek pro zabránění nekontrolovaného pohybu osob mezi USA a Kanadou (obr. 8). [8, upraveno]

6. TUNEL DETROIT – WINDSOR

Dne 1. 11. 1930 prezident Herbert Hoover otočil v Bílém domě „zlatým telegrafním klíčem“ a otevřel tak Detroit – Windsor



Obr. 8 Vstup do tunelu pod řekou Detroit, Detroit, Mich

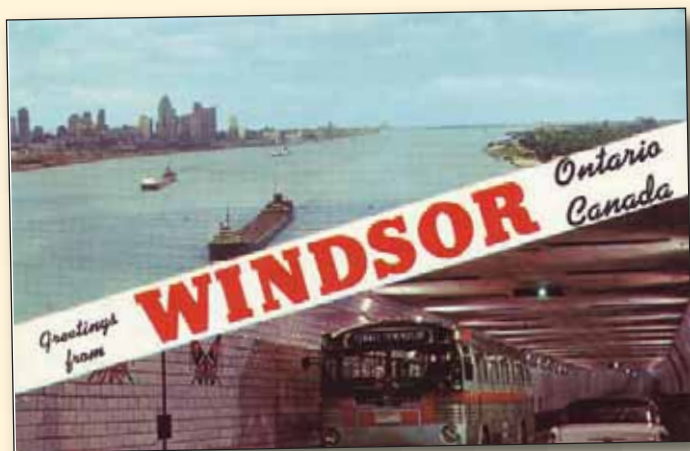
Detroit River Tunnel je originální tím, že je jediným tunelem tohoto typu, jaký kdy byl vybudován. Stavěl se v jímkách, veškeré práce probíhaly z úrovně vodní hladiny, bez použití stlačeného vzduchu. Tunel je elektrifikovaný. Stavba byla zahájena 1. října 1906 a dokončena 1. července 1910. Délka mezi portály je 1 a 3/8 míle, a celkově s rampami 2 a 1/2 míle. Byl postaven pro M.C.R.R. (Pozn. autorů: za cenu 8,500.000 \$).

C. T. American art co. Chicago. 1919 [sbírka autorů].

Fig. 8 Entrance to the tunnel under the Detroit River, Detroit, Mich

The Detroit River Tunnel is original in that it is the only tunnel of this type which has ever been built. It was built in cofferdams; all work operations were executed from the water surface level, without using compressed air. The tunnel is electrified. The construction works commenced on the 1st October 1906 and was finished on the 1st July 1910. The length between portals amounts to 1 and 3/8 of mile; the total length including ramps amounts to 2 and 1/2 of mile. It was built for the M.C.R.R. (authors' note: at the cost of 8,500,000 \$).

C. T. American Art co. Chicago. 1919. [authors' collection]



Obr. 9 Pozdravy z Windsoru Ontario Kanada

Windsor, Ontario, Kanada. Nahoře: Nákladní lodě na řece Detroit. Dole: Detroit – Windsor Tunnel.

Sigal Brother, Ltd., Windsor, Ontario, Canada. 1970. [sbírka autorů]
Pozn.: Podle textu na rubu pohlednice byli v roce 1970 jejími odesilatelé do Bratislavy čerství posrpnoví emigranti z ČSSR.

Fig. 9 Greetings from Windsor, Ontario, Canada

Windsor, Ontario, Canada. At the top: Cargo ships on the Detroit River. At the bottom: Detroit – Windsor Tunnel.

Sigal Brother, Ltd., Windsor, Ontario, Canada. 1970. [authors' collection]

Note: According to the text on the reverse side of the picture card, it was sent to Bratislava by fresh after-August emigrants from the CSSR in 1970.

tunel. Pravidelná doprava byla zahájena 3. 11. 1930. Tunel spojuje dálnici na severu Detroit (Michigan, USA) s Windsorem na jihu (Ontario, Kanada). Jde o druhý největší přechod mezi Spojenými státy a Kanadou, který používá asi 13 000 vozidel/den, tj. cca 9 mil. vozidel/rok (motocykly jsou vyloučeny a největším kamiónům již tunelový průřez nevyhovuje) – obr. 9. V době dokončení se jednalo o třetí tunel pro automobily v USA (po Hollandově v N. Y. a Posey v Kalifornii), dále byl třetím tunelem na světě spojujícím dva státy a vůbec prvním takovým pro motorová vozidla. Má dl. 1573 m, v každém směru jeden jízdní pruh, vozovka je v nejnižším místě 23 m pod hladinou řeky. Stavebně byla do dna řeky vyhloubena z hladiny příčná rýha a do ní naplaveno a potopeno devět ocelobetonových segmentů o hmotnosti 8000 tun. Ty byly posléze svařeny a zaplaveny vrstvou zeminy tloušťky od 1,2 m do 6,1 m. Takto zhotovená střední část tunelu byla k oběma břehům připojena vyraženými tunelovými rampami. Celkové náklady na stavbu činily 25 mil. US \$. S ohledem na to, že tunel v podstatě leží na dně řeky, je vymezena široká zóna, ve které je zakázáno kotvení lodí. [9, upraveno]

7. TUNEL RENDSBURG

Tunel Rendsburg (D) má dva 640 m dlouhé tubusy po dvou proudech. Převádí federální dálnici 77 pod Severomořsko-Baltským kanálem (dříve známým jako Kielský, resp. císaře Viléma) z Rendsburgu na severu k Westerröenfeldu na jihu – obr. 10. Tunel byl vybudován jako náhrada starého otočného mostu. Práce byly zahájeny 23. 11. 1957, otevřen byl 25. 7. 1961. Střední (hlavní) sekce dl. 140 m byla vybetonována v jámě jižně od kanálu a po jejím otevření naplavena do předem vyhloubené příčné rýhy. Kanál byl při této operaci uzavřen pro lodní dopravu pouze na 70 hodin. Připojovací rampy byly provedeny v otevřených jámách. Prostor použitý pro výstavbu naplavované sekce je dnes používán jako městské koupaliště. V současnosti tunel prochází rozsáhlou rekonstrukcí. [10, upraveno]

8. BALTIMORE HARBOR TUNNEL

Dva dvouproudé silniční tunely převádějící Interstate 895 jihovýchodně od centra Baltimore (Maryland, USA) pod řekou Patapsco.



Obr. 10 Silniční tunel pod Severomořsko-Baltským kanálem

Stavba od 23. 11. 1957 do 25. 7. 1961

Celková délka 1277,93 m – z toho uzavřený tunel 640 m

Povrch vozovky ve středu tunelu 20,15 m pod vodní hladinou

Herst. U. Verlag Schöning & Co + Gebrüder Schmidt – Lübeck sv Bestellnr. Rd 366 Auslieferungsl. Rendsburg, Jungfernstieg 4, Tel. 23765 u. 24633. ?? [sbírka autorů]

Fig. 10 Road tunnel under the North Sea – Baltic Sea canal

Construction period from 23rd November 1957 to 25th July 1961

The total length of 1277.93m – of that, the closed tunnel length of 640m

Roadway surface in the middle of the tunnel is 20.15m under the water surface

Herst. U. Verlag Schöning & Co + Gebrüder Schmidt – Lübeck sv Bestellnr. Rd 366 Auslieferungsl. Rendsburg, Jungfernstieg 4, Tel. 23765 u. 24633. ?? [authors' collection]

Tunelové roury jsou 2,33 km dlouhé, světlé šířky 6,7 m a výšky 4,3 m (obr. 11). Mocnost nadloží je od 15,2 m do 30,8 m. Tunel tvoří 21 naplavených úseků dl. 94 m, potopených do příčné rýhy vybagrované ve dně a přesypaných kameny. První segment byl potopen 11. 4. 1956. Zbývající délka tunelu, rampy, byla postavena metodou cut & cover (hloubením). Tunel byl otevřen 29. 11. 1957, cca dva měsíce před plánovaným termínem a ten samý den zažil velký dopravní nápor tisíců aut, mířících do Philadelphie na zápas v americkém fotbalu Army-Navy 1957.

V době otevření činilo mýtné 0,40 US \$/auto, nyní je 10x vyšší. V letech 1985 až 1990 byl tunel po etapách uzavřen a rozsáhle rekonstruován. [11, upraveno]

9. CHESAPEAKE BAY BRIDGE TUNNEL

Jde o 37 km dlouhé spojení přes ústí zálivu Chesapeake ve státě Virginia v USA. Jeho součástí jsou dva tunely pod plavební dráhou, spojující čtyři umělé ostrovy plochy cca 2 ha (obr. 12). V centrální části jde o Chesapeake Channel Tunnel (dl. 1 596 m, mezi ostrovy 3 a 4), v JZ části Thimble Shoal Tunnel (dl. 1 692 m, mezi ostrovy 1 a 2). Stavba mostu-tunelu byla zahájena 7. 9. 1960 a projekt byl uveden do provozu 15. 4. 1964. Tunely byly zřízeny naplavením ŽB sekcí, potopených do předem připravených rýh, s následným přesypáním. Průjezdový profil je široký 7,32 m (se 2 jízdními pruhy) a vysoký 4,11 m. K financování souboru staveb byl použit prodej dluhopisů, bez jakýchkoliv nároků na veřejné prostředky z daní. Během stavby přišlo o život sedm pracovníků.

Americká společnost stavebních inženýrů ocenila v roce 1965 celé spojení jako „vynikající inženýrský čin“ a ve stejném roce byla stavba označena za „jeden ze sedmi divů inženýrství moderního světa“.

Nahrazení již kapacitně nedostačujících tunelů novými, čtyřproudými, bylo v roce 2005 odloženo na neurčito. [12, upraveno]



Obr 11 Přístavní tunel, Baltimore, Maryland

Fairfield, resp. jižní portál nového, 1,7 míle dlouhého, dvoutubusového tunelu pod přístavem Baltimore, který je součástí obchvatu města spojujícího všechny dálnice.

D. E. Traub, 2313 South Rd., Baltimore 9, Md. ?? [sbírka autorů]

Fig. 11 Harbour tunnel, Baltimore, Maryland

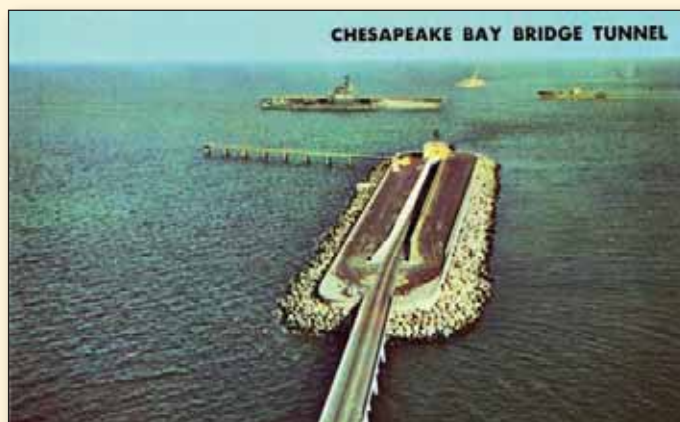
Fairfield, or the southern portal of the new, 1.7 miles long, double-tube tunnel under the Baltimore harbour, which is part of the city circle road interconnecting all motorways.

D. E. Traub, 2313 South Rd., Baltimore 9, Md. ?? [authors' collection]

ZÁVĚR

Príspevek je venován pohlednicím se zajímavým a atraktivním segmentem tunelového stavitelství, v ČR jen velmi málo frekventovaným. Atraktivní jsou, jak z pohledu profesního, tak i z pohledu sběratelského, především nejstarší položky (zde Hudsonský tunel, Starý Labský tunel a Detroit River Tunel).

*doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.,
Ing. RICHARD SVOBODA, Ph.D.*



Obr. 12 Chesapeake Bay most-tunel

Spojení Virginia Beach a Virginského Východního pobřeží U.S. silnicí č. 13. Jeden z technických divů světa. Tento projekt za 200.000.000 \$ se táhne v délce 17,6 km přes ústí zálivu Chesapeake. Sestává ze dvou tunelů a čtyř umělých ostrovů, stejně jako z 12 mílí, na snímku patrných, betonových mostů.

Fotografováno: Virginia Beach Photo Enterprises. Pub. by Rowe distributing Co., Norfolk, Va. 23509. ?? [sbírka autorů]

Fig. 12 Chesapeake Bay bridge-tunnel

The connection between Virginia Beach and Virginia Eastern Coast via the Road No. 13. One of technical wonders of the world. This 200,000,000 \$ project extends at the length of 17.6km over the Chesapeake Bay mouth. It consists of two tunnel tubes and four artificial islands as well as 12 miles of the concrete bridges seen in the picture.

Pictures taken by: Virginia Beach Photo Enterprises. Pub. by Rowe distributing Co., Norfolk, Va. 23509. ?? [authors' collection]

Poděkování: Příspěvek byl vypracován 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“ a programu Centra kompetence Technologické agentury České republiky (TAČR) v rámci projektu Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI), číslo projektu TE01020168.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Uptown Hudson Tubes [online]. 2014 [cit. 2014-11-21]. Dostupné na internetu <http://en.wikipedia.org/wiki/Uptown_Hudson_Tubes>
- [2] ARGE 4. Röhre Elbtunnel Die 4. Röhre des Elbtunnels in Hamburg: impresum Publikation und PR, 2004, 266 s.
- [3] Tunel Sankt Pauli v Hamburku je technickým unikátem [online]. 2014 [cit. 2014-11-21]. Dostupné na internetu <<http://www.novinky.cz/cestovani/198443-tunel-sankt-pauli-v-hamburku-je-technicky-unikatem.html>>
- [4] Elbe Tunnel [online]. 2014 [cit. 2014-11-21]. Dostupné na internetu <http://translate.google.cz/translate?hl=cs&sl=de&u=http://de.wikipedia.org/wiki/St._Pauli-Elbtunnel&prev=/search%3Fq%3Dalte%2Belbtunnel%2Bhamburg%26biw%3D1590%26bih%3D860>
- [5] Elbe tunnel [online]. 2014 [cit. 2014-11-21]. Dostupné na internetu <http://translate.google.cz/translate?hl=cs&sl=de&u=http://de.wikipedia.org/wiki/Neuer_Elbtunnel&prev=search>
- [6] Queensway tunnel [online]. 2014 [cit. 2014-11-21]. Dostupné na internetu <http://translate.google.cz/translate?hl=cs&sl=en&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Queensway_Tunnel&prev=/search%3Fq%3Dmersey%2Btunnel%26biw%3D1590%26bih%3D860>
- [7] Construction of the Queensway Mersey Tunnel [online]. 2014 [cit. 2014-11-21]. Dostupné na internetu <<http://www.liverpoolmuseums.org.uk/maritime/archive/collections/stewartbale/tunnelalbum/construction.aspx>>
- [8] Michigan Central Railway Tunnel [online]. 2014 [cit. 2014-11-21]. Dostupné na internetu <http://en.wikipedia.org/wiki/Michigan_Central_Railway_Tunnel>
- [9] Detroit-Windsor Tunnel [online]. 2014 [cit. 2014-11-21]. Dostupné na internetu <http://en.wikipedia.org/wiki/Detroit%2E%80%93Windsor_Tunnel>
- [10] Kanaltunnel Rendsburg [online]. [cit. 2014-11-21]. Dostupné na internetu <http://translate.google.cz/translate?hl=cs&sl=de&u=http://de.wikipedia.org/wiki/Kanaltunnel_Rendsburg&prev=/search%3Fq%3Dtunnel%2Brendsburg%26biw%3D1680%26bih%3D868>
- [11] Baltimore Harbor Tunnel [online]. [cit. 2014-11-21]. Dostupné na internetu <http://translate.google.cz/translate?hl=cs&sl=en&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Baltimore_Harbor_Tunnel&prev=/search%3Fq%3Dbaltimore%2Bharbor%2Btunnel%26biw%3D1680%26bih%3D868>
- [12] Chesapeake Bay Bridge, Tunnel [online]. [cit. 2014-12-10]. Dostupné na internetu <http://translate.google.cz/translate?hl=cs&sl=en&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Chesapeake_Bay_Bridge%25E2%2580%2593Tunnel&prev=search>
<<http://translate.google.cz/translate?hl=cs&sl=en&u=http://www.cbbt.com/facts.html&prev=search>>



UNDERGROUND
CONSTRUCTION

23-25 MAY 2016
PRAGUE

13. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE / 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE
PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2016 / UNDERGROUND CONSTRUCTION PRAGUE 2016

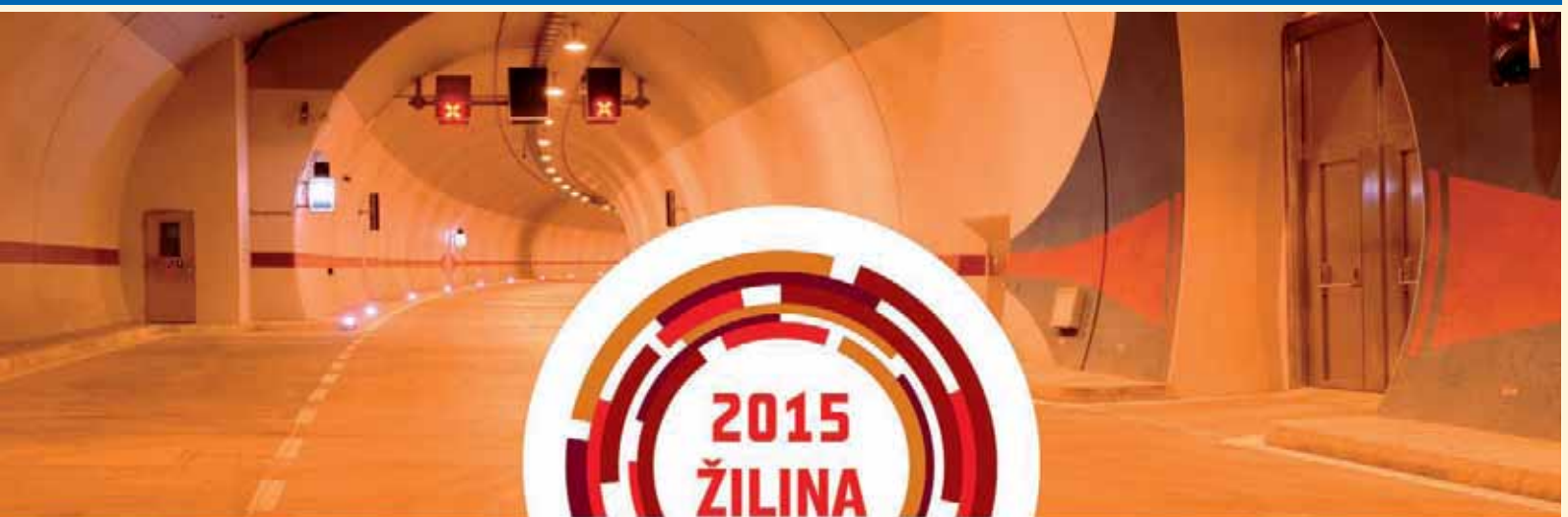
3. VÝCHODOEVROPSKÁ TUNELÁŘSKÁ KONFERENCE / 3RD EASTERN EUROPEAN TUNELLING CONFERENCE

EETC 2016

23.-25. KVĚTNA 2016 | PRAHA, ČESKÁ REPUBLIKA / 23-25 MAY 2016 | PRAGUE, CZECH REPUBLIC



www.ps2016.cz
ps2016@guarant.cz



TUNELY A PODZEMNÉ STAVBY 2015
TUNNELS AND UNDERGROUND CONSTRUCTION 2015

Konferencia s medzinárodnou účasťou / Conference with International Attendance

11.-13. 11. 2015, hotel Holiday Inn, Žilina

www.tps2015.sk, tps2015@guarant.sk



ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉ A SLOVENSKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES CZECH AND SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORT

www.ita-aites.cz

www.sta-ita-aites.sk

KONFERENCE PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2016

"UNDERGROUND CONSTRUCTION PRAGUE 2016" CONFERENCE

Příprava 13. mezinárodní konference *Podzemní stavby Praha 2016* probíhá podle plánu. V druhé polovině roku 2014 byla provedena řada významných rozhodnutí a kroků v rámci přípravy. Konference se uskuteční ve dnech 23. až 25. května 2016 v prostorách moderního hotelu Clarion (obdobně jako v letech 2010 a 2013). V roce 2016 proběhne konference společně se 3. východoevropskou tunelářskou konferencí (*Eastern European Tunnelling Conference*) *EETC 2016*. Konference získala podporu světové tunelářské asociace (ITA-AITES Endorsement). Společenský večer se opět bude konat v mimořádném a účastníky oblíbeném prostředí Břevnovského kláštera. Byl sestaven přípravný výbor a vědecká rada konference, do přípravy konference byla zapojena řada českých i zahraničních odborníků. Obdobně jako v minulosti s přípravou asistuje společnost Guarant International spol. s r. o. Veškeré podrobnosti ohledně konference jsou již dostupné na webových stránkách konference, kde jsou uvedeny informace v češtině (www.psp Praha.cz) i v angličtině (www.ucprague.com). Na uvedených stránkách jsou mimo jiné nejdůležitější termíny přípravy, abstrakty budou přijímány do 30. 9. 2015 a registrace účastníků bude spuštěna 15. 10. 2015. Věříme, že i v roce 2016 bude pro vás konference dostatečně atraktivní, přirozeně veškeré podněty z řad členů CzTA na přípravu konference jsou vítány.

doc. Ing. MATOUŠ HILAR, Ph.D., hilar@3-g.cz
Předseda vědecké rady konference PS 2016

The preparation of the 13th international conference *Underground Construction Prague 2016* proceeds according to the plan. A number of significant decisions and steps were made within the framework of the preparation during the second half of 2014. The conference will take place from 23rd to 25th May 2016 on the grounds of the modern Clarion hotel (similarly to the years 2010 and 2013). In 2016, the conference will be held jointly with the 3rd Eastern European Tunnelling Conference (*EETC 2016*). The Conference has gained support from the International Tunnelling Association (the ITA-AITES Endorsement). The Gala Dinner will again be held in the Brevnov monastery, the environment of which is exceptional and very popular with conference attendees. The Conference Steering Committee and the Scientific Council have already been assembled and numerous Czech and foreign professionals have been engaged in the preparation. Similarly as in the past, Guarant International spol. s r. o. assists with the preparation. All details regarding the Conference are already available of the conference web pages, where information is presented both in Czech (www.psp Praha.cz) and English (www.ucprague.com). Among other things, the above-mentioned pages contain the most important deadlines for the preparation; abstracts will be accepted until the 30/09/2015 and the registration of attendees will commence on 15/10/2015. We believe that the conference will be sufficiently attractive for you even in 2016. Naturally, all suggestions to be submitted by the CzTA members will be welcomed.

doc. Ing. MATOUŠ HILAR, Ph.D., hilar@3-g.cz
Chairman of the PS 2016 Conference Scientific Council

ČINNOST SEKCE TUNELY ČSS V ROCE 2014

Činnost sekce v průběhu roku 2014 byla, obdobně jako v několika předchozích letech, soustředěna na otázky provozování a údržby tunelových úseků dálnic a silnic ČR, na dokončování souboru tunelů Blanka MO Praha a na pokračování spolupráce členů sekce v technickém výboru C 3.3 společnosti PIARC a v jeho pracovních skupinách.

Na pravidelných čtvrtletních jednáních byli účastníci informováni o poškozeních konstrukcí tunelu Panenská D 8 nadměrným nákladem v lednu 2014, úspěšné likvidaci požáru nákladního vozidla v tunelu Lochkov SOKP 514 v témže měsíci a o dopravních haváriích, bohužel se smrtelnými následky, v tunelech MO Praha Mrázovka a Cholutice SOKP 513 v srpnu a září 2014. Program jednání obsahoval také informace a zkušenosti z prováděných hlavních prohlídek tunelů.

Díky laskavosti dodavatelských společností tunelu MO Praha Blanka bylo červnové jednání sekce organizováno jako podrobná prohlídka stavebně dokončeného tunelu připravovaného pro jeho uvedení do provozu. Na připojeném jednání sekce byla, po vzájemné dohodě, ukončena činnost pana profesora Bartáka jako předsedy Sekce tunely ČSS započatá spolu s obnovením její činnosti v roce 1994. ČSS a její Sekce tunely srdečně a upřímně děkují prof. Barákovi za dlouholetou spolupráci a doufají v její příležitostně laskavé pokračování. Po dohodě s předsednictvem ČSS bude nový předseda Sekce tunely zvolen po schválení nových stanov ČSS mimořádným sjezdem v červnu 2015.

Činnost sekce v roce 2014 zahrnovala dále, jako každoročně, organizování uvádění článků a zpráv s problematikou tunelových úseků

pozemních komunikací v časopisu *Silniční obzor* stejně jako prezentování této problematiky na Silniční konferenci 2014 v Olomouci.

Také ve třetím roce období 2012–2015 mezi kongresy mezinárodní silniční společnosti PIARC pokračovala spolupráce členů sekce v pracovních skupinách technické komise C 3.3 provozování tunelů. Informace z jednání technické komise C 3.3 byly prof. Příbylem, účastníkem těchto jednání, předávány na stránkách časopisu *Silniční obzor*. Zaslouhou prof. Příbyla byl v rámci pracovní skupiny WG 6 přeložen do češtiny manuál souhrnu informací společnosti PIARC o tunelech na pozemních komunikacích dosažitelný na <http://tunnels.piarc.org>. Prof. Příbyl spolupracoval také na činnostech pracovní skupiny WG 3 zaměřené na chování uživatelů v tunelovém provozu a organizoval jednání této pracovní skupiny v září 2014 v Praze. Ing. Šajtar osobní účastí na činnostech pracovní skupiny WG 5 a organizováním zpracování podkladů o tunelech MO Praha, zajistil přiřazení informací o těchto tunelech k souboru více než dvou desítek obdobných informací o použití tunelů v městských aglomeracích zpracovávaných v rámci WG 5.

Na jednáních sekce tunely byly také v průběhu roku 2014 předávány informace o účasti jejích členů na činnostech mezinárodní společnosti ITA-COSUF (třetí setkání bezpečnostních techniků tunelů březen 2015 Luxemburg, workshop červen 2015 Berlin a říjen 2015 Kodaň).

Plán činnosti Sekce tunely ČSS na rok 2015

Činnost Sekce tunely ČSS bude pokračovat v roce 2015 organizováním obvyklých jednání v termínech 18. 3., 17. 6., 16. 9. a 3. 12. 2015.

Kromě pokračování projednávání otázek provozování a údržby tunelových úseků silnic ČR, dokončení spolupráce členů sekce v pracovních skupinách PIARC před kongresem 2015 této společnosti v závěru roku 2015 v Soulu, bude činnost sekce v průběhu roku nově zaměřena na probíhající rozvoj výstavby tunelových úseků silnic a dálnic na území Slovenské republiky. Březenové číslo časopisu Silniční obzor by mělo

přinést informace o účasti českých stavebních společností na zahájených stavbách tunelů na Slovensku. ČSS Sekce tunely projedná možnost připojení jejích členů k exkurzi na lokality zahájených staveb tunelů na Slovensku, kterou připravuje Česká tunelářská asociace na termín 18.–20. 6. 2015.

Ing. JIŘÍ SMOLÍK, Sekce tunely ČSS

PRÍPRAVA KONFERENCIE TUNELY A PODZEMNÉ STAVBY 2015, 11.–13. 11. 2015 ŽILINA PREPARATION OF THE TUNNELS AND UNDERGROUND STRUCTURES 2015 CONFERENCE, 11TH – 13TH NOVEMBER 2015, ŽILINA

Slovenská tunelárska asociácia v spolupráci s Českou tunelářskou asociáciou intenzívne pracuje na príprave konferencie **Tunely a podzemné stavby 2015**, ktorá sa bude konať v dňoch 11.–13. novembra 2015 v Žiline.

Cieľom konferencie je informovať širokú odbornú verejnosť a vymeniť si skúsenosti v oblasti plánovania, realizovania a prevádzkovania podzemných stavieb. Pre účastníkov konferencie budú určite zaujímavé aj exkurzie na jednotlivé tunelové stavby, ktorých je momentálne v žilinskom regióne 7, vrátane zatiaľ najdlhšieho a najočakávanejšieho slovenského diaľničného tunela Višňové.

Všetky potřebné informace o konferenci nájde na www.tps2015.sk, kde bude prebiehať aj komunikácia s autormi príspevkov a registrácia účastníkov. V súčasnosti je distribuované 1. oznámenie – Call for Papers, ktoré si môžete stiahnuť na uvedenej webovej adrese. Termín na zaslanie abstraktov k príspevkom v rozsahu 300–500 slov je do 30. 3. 2015. Rozhodnutie o oznámení o akceptovaní abstraktov bude do 30. 4. 2015.

Tešíme sa na vašu účasť na konferencii a na stretnutie v Žiline

*Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
predseda Slovenskej tunelárskej asociácie,
Ing. VIKTÓRIA CHOMOVÁ,
predsedníčka prípravného výboru konferencie*

The Slovak Tunnelling Association, in collaboration with the Czech Tunnelling Association, intensely works on the preparation of the **Tunnels and Underground Structures 2015 Conference**, which will be held on 11th through 13th November 2015 in Žilina.

The objective of the conference is to inform the wide professional public and to exchange experience in the field of the planning, implementation and operation of underground construction projects. Interesting for the conference attendees will certainly also be excursions to individual tunnel construction sites, the number of which in the region of Žilina currently amounts to 7, inclusive of the Višňové tunnel, till now the longest and most awaited of Slovak motorway tunnels.

All necessary information about the conference is available on www.tps2015.sk, which is, in addition, the place where communication with authors of papers and the registration of attendees will take place. At the moment, the 1st Announcement – the Call for Papers – is being distributed. You can download it on the above-mentioned web address. The deadline for submitting abstracts to papers ranging from 300 – 500 words is 30/03/2015. The decision and announcement about the acceptance of the abstracts will take place by 30/04/2015.

We are looking forward to your participation in the conference and to meeting you in Žilina.

*Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
the Chairman of the Slovak Tunnelling Association,
Ing. VIKTÓRIA CHOMOVÁ,
the Chairman of the Conference Steering Committee*

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ UVEŘEJNĚNÝCH V TUNELU, ČASOPISU ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE A SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA-AITES V ROCE 2014 BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED IN THE JOURNAL TUNEL OF THE CZECH TUNNELLING ASSOCIATION AND THE SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES WITHIN THE YEAR 2014

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED

Číslo Strana
Issue Page

1. ÚVODNÍK EDITORIAL

prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.	1/2014	1
Ing. Petr Kučera	1/2014	2
Ing. Pavol Sokol	1/2014	3
Ing. Josef Kutil	2/2014	1
JUDr. Jan Prachař	2/2014	2
Ing. Peter Witkovský	2/2014	3
Ing. Viktória Chomová	3/2014	1
Ing. Libor Hájek	3/2014	2
Ing. Ludvík Šajtar	3/2014	3
Ing. Jan Korejčík	4/2014	1
Ing. Ondřej Fuchs	4/2014	2
Ing. Václav Hořejší, MBA	4/2014	3

2. PODZEMNÍ URBANISMUS, VÝHLEDOVÉ STAVBY, NORMY UNDEGROUND CITY PLANNING, PROSPECTIVE PROJECTS, STANDARDS

- Synergický efekt tunela Velká Fatra, alebo komplexné riešenie dopravy v úseku Turany – Hubová
Synergic Effect of the Velká Fatra Tunnel, or Comprehensive Solution

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED

Číslo Strana
Issue Page

- for Transport in Turany-Hubová Section*
Ing. Ján Snopko, Ing. Veronika Očenášová, Ing. Jana Chabroňová Ph.D.
- 1/2014 71
- Příprava hlubinného úložiska v České republice
Preparation of a Deep Geological Repository in the Czech Republic
Ing. Ilona Pospíšková
- 2/2014 11
- 3. DOPRAVNÍ STAVBY
TRANSPORT-RELATED PROJECTS
- Rekonstrukce tunelu Velký Prštický – 2. etapa
Reconstruction of Velký Prštický Tunnel – Stage 2
Ing. Milan Chodacki, Zbyněk Drienovský
- 1/2014 9
- Dostavba vjezdového jižního portálu tunelu Turecký vrch
Completion of the Southern Entrance Portal of Turecký Vrch Tunnel
Ing. Milan Chodacki, Zbyněk Drienovský
- 1/2014 16
- Súčasná možnosť eliminácie nákladov na nadvýlomy pri konvenčnom razení tunelov
Current Possibilities of Eliminating Expenses for Overbreaks in Conventional Tunnelling
Ing. Anton Petko
- 1/2014 32

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHEDČíslo Strana
Issue Page

- Dvokolejný železniční tunel Sudoměřice – zkušenosti ze zahájení výstavby
Sudoměřice Double-Track Railway Tunnel – Experience from the Works Commencement
Ing. Libor Mařík, Ing. Tomáš Just 1/2014 41
- Synergický efekt tunela Velká Fatra, alebo komplexné riešenie dopravy v úseku Turany – Hubová
Synergic Effect of the Velká Fatra Tunnel, or Comprehensive Solution for Transport in Turany – Hubová Section
Ing. Ján Snopko, Ing. Veronika Očenášová, Ing. Jana Chabroňová Ph.D. 1/2014 71
- Projekt Kehärata vo Fínsku – alebo ako môžu baktérie ovplyvniť technické riešenie tunela
Kehärata Project, Finland – or how Bacteria Can Affect Technological Solution for a Project
Ing. Juraj Ježek 2/2014 33
- Tunel Holmestrand v Nórsku
Holmestrand Tunnel in Norway
Ing. Ivan Vida, Ing. Anton Petko 2/2014 40
- Tunel Nordfjörður, Island
Nordfjörður Tunnel, Iceland
Ing. Aleš Gothard, Ing. Ivan Piřšć 2/2014 49
- Požár nákladního vozidla v tunelu Lochkov
Truck Fire in Lochkov Tunnel
Ing. Jiří Svoboda, Ing. Michal Hnilička 2/2014 56
- Zvýšení efektivity záchrany osob v tunelech diverzifikovaným akustickým systémem
Increasing the Effectiveness of the Rescue of Persons in Tunnels by a Diversified Acoustic System
prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc., Ing. Jan Příkryl, Ing. Ondřej Příbyl 3/2014 4
- Začlenění tunelového komplexu Blanka do městského dopravního systému
Incorporation of Blanka Complex of Tunnels into Urban Transport System
Ing. Jiří Štefan, doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph.D. 3/2014 15
- Komplikace při ražbě hlavní strojovny vzduchotechniky tunelového komplexu Blanka
Complications during the Excavation of a Ventilation Plant Cavern in the Blanka Complex of Tunnels
Ing. Alexandr Butovič, Ph.D. 3/2014 32
- Požární větrání tunelového komplexu Blanka k zajištění bezpečného zásahu IZS
Fire Ventilation of Blanka Complex of Tunnels for Ensuring Safe Integrated Rescue System Intervention
Ing. Jiří Záparka 3/2014 47
- Rekonstrukce tunelu Alter Kaiser Wilhelm, VP07
Reconstruction of Alter Kaiser Wilhelm Tunnel, VP07
Ing. Jiří Matějček, Ing. Jiří Patzák 4/2014 4
- Tunel Bancarevo – Srbsko
Bancarevo Tunnel – Serbia
Ing. Josef Bača, Ing. Miroslav Rypáček, Bc. Tomáš Němeček, Ing. Ota Jandajsek 4/2014 11
- Radlická radiála – geotechnický průzkum a průzkumná štola tunelu Radlický
Radlice Radial Road – Geotechnical Investigation and Exploratory Gallery for Radlice Tunnel
Ing. Václav Dohnálek, Ing. Jan Panuška, Ing. Alexandr Butovič, Ph.D., RNDr. Radovan Chmelař 4/2014 22
- Ražba Sudoměřického tunelu na IV. tranzitním koridoru z pohledu geotechnika
Sudoměřice Tunnel Excavation on 4th Railway Transit Corridor from Geotechnical Engineer's Perspective
Ing. Milan Kössler, Mgr. Marián Steiger, Vladimír Táborský 4/2014 43
- Geotechnický monitoring tunela Šibeník
Geotechnical Monitoring of Šibeník Tunnel
RNDr. Tomáš Molčan, Mgr. Lubomír Lauko 4/2014 54
- 4. METRO
SUBWAY**
- Městská dráha (Citybanan) – výstavba tunelu pod kostelem Gustava Vasy
Underground Mass Transit System (Citybanan) – Tunnel Construction under Gustav Vasa Church
Ola Andersson, Sven-Erik Johansson 1/2014 25
- Norsborg – podzemní depo metra v Štokholme
Norsborg – Stockholm Metro Underground Depot
Ing. Peter Balušik, Ing. Ondrej Vida, Ing. Peter Ferančík 2/2014 23
- 5. KANALIZACE, KOLEKTORY, MALÉ PROFILY
SEWERAGE, UTILITY TUNNELS, SMALL PROFILE TUNNELS**
- Protipovodňová opatření v Jablonci nad Nisou – převod povodňových průtoků raženými štolami
Flood Prevention Measures in Jablonec nad Nisou – Diversion of Flood Flows through Mined Tunnels
Ing. Miroslav Vlk, Ing. Petr Šenk 1/2014 52
- Mikrotunelování v proměnlivých geologických podmínkách
Microtunnelling in Variable Geological Conditions
Ing. Karel Franczyk, Ph.D. 3/2014 61

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHEDČíslo Strana
Issue Page

- 6. SANACE, REKONSTRUKCE, ÚDRŽBA, OPRAVY
RECONSTRUCTION, REINSTATING, MAINTENACE, REPARATION**
- Rekonstrukce Střelenského tunelu
Střelná Tunnel Reconstruction
Ing. Petr Mikulášek 1/2014 63
- Problematické podmínky při zajištění zástavby před prováděním podzemního díla
Problematic Conditions during the Stabilisation of Existing Buildings prior to the Underground Construction Work
Ing. Petr Tětek 3/2014 41
- 7. TEORIE, VÝZKUM, SLEDOVÁNÍ
THEORY, RESEARCH, MONITORING**
- Experiment EPSP – stavba zátky pro hlubinné úložiště radioaktivních odpadů v rámci evropského projektu DOPAS
EPSP Experiment – Construction of a Plug for a Deep-Seated Radioactive Waste Repository within the Framework of European Project DOPAS
Ing. Markéta Dvořáková, RNDr. Irena Hanusová, Ph.D., Ing. Marek Vencel, Ing. Jiří Svoboda, Ph.D. 2/2014 4
- Příprava hlubinného úložiště v České republice
Preparation of a Deep Geological Repository in the Czech Republic
Ing. Ilona Pospíšková 2/2014 11
- Budování podzemního výzkumného pracoviště Bukov
Development of the Bukov Underground Research Facility
Ing. Markéta Dvořáková, Ing. Marek Vencel, Ing. Petr Kříž, Ph.D. 2/2014 18
- Demonstrační experiment Mock-Up Josef
Mock-Up-Josef Demonstration Experiment
Ing. Jiří Štátka 2/2014 65
- Komplikace při ražbě hlavní strojovny vzduchotechniky tunelového komplexu Blanka
Complications during the Excavation of a Ventilation Plant Cavern in the Blanka Complex of Tunnels
Ing. Alexandr Butovič, Ph.D. 3/2014 32
- Homogenizace a modifikace složeného ocelobetonového ostění s časovým nárůstem modulu pružnosti stříkaného betonu
Homogenisation and Modification of Composite Steel-Concrete Lining, with the Modulus of Elasticity of Sprayed Concrete Growing with Time
Ing. Josef Rott, Ph.D. 3/2014 53
- Radlická radiála – geotechnický průzkum a průzkumná štola tunelu Radlický
Radlice Radial Road – Geotechnical Investigation and Exploratory Gallery for Radlice Tunnel
Ing. Václav Dohnálek, Ing. Jan Panuška, Ing. Alexandr Butovič, Ph.D., RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D. 4/2014 22
- Výzkum tepelného namáhání hornin
Research into Thermal Stress of Ground
RNDr. Karel Sosna, Ing. Jiří Záruba, Mgr. Jan Franěk, Ph.D. 4/2014 33
- Ražba Sudoměřického tunelu na IV. tranzitním koridoru z pohledu geotechnika
Sudoměřice Tunnel Excavation on 4th Railway Transit Corridor from Geotechnical Engineer's Perspective
Ing. Milan Kössler, Mgr. Marián Steiger, Vladimír Táborský 4/2014 43
- Geotechnický monitoring tunela Šibeník
Geotechnical Monitoring of Šibeník Tunnel
RNDr. Tomáš Molčan, Mgr. Lubomír Lauko 4/2014 54
- 8. RŮZNÉ
MISCELLANEOUS**
- Použití elektronických roznětných systémů při výstavbě tunelů
The Use of Electronic Initiation Systems in Tunnel Construction
Ing. Pavol Sokol 1/2014 19
- Městská dráha (Citybanan) – výstavba tunelu pod kostelem Gustava Vasy
Underground Mass Transit System (Citybanan) – Tunnel Construction under Gustav Vasa Church
Ola Andersson, Sven-Erik Johansson 1/2014 25
- Súčasná možnosti eliminácie nákladov na nadvýlomy pri konvenčnom razení tunelov
Current Possibilities of Eliminating Expenses for Overbreaks in Conventional Tunnelling
Ing. Anton Petko 1/2014 32
- Predikce geologických poměrů při ražbě TBM na projektu Neelum-Jhelum
TBM Advance Geological Forecasting on the Neelum-Jhelum Project
Gary Peach, Aristotelis Caravanas 2/2014 74
- Problematické podmínky při zajištění zástavby před prováděním podzemního díla
Problematic Conditions during the Stabilisation of Existing Buildings Prior to the Underground Construction Work
Ing. Petr Tětek 3/2014 41
- 9. TECHNOLOGIE
EQUIPMENT**
- Technologie stabilizující nadloží a předpolí použité při výstavbě tunelového komplexu Blanka
Technologies Stabilising the Overburden and the Tunnel Front Zone used during the Construction of the Blanka Complex of Tunnels
Ing. Petr Kučera, Ing. Adam Janíček, Ing. Ondřej Šilhan 1/2014 4

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED

	Číslo Issue	Strana Page
■ Požár nákladního vozidla v tunelu Lochkov <i>Truck Fire in Lochkov Tunnel</i> Ing. Jiří Svoboda, Ing. Michal Hnilička	2/2014	56
■ Zvýšení efektivity záchrany osob v tunelech diverzifikovaným akustickým systémem <i>Increasing the Effectiveness of the Rescue of Persons in Tunnels by a Diversified Acoustic System</i> prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc., Ing. Jan Příkryl, Ing. Ondřej Příbyl	3/2014	4
■ Začlenění tunelového komplexu Blanka do městského dopravního systému <i>Incorporation of Blanka Complex of Tunnels into Urban Transport System</i> Ing. Jiří Štefan, doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph.D.	3/2014	15
■ Tunelový trenážer TOMMS <i>TOMMS Tunnel Simulator</i> Ing. Jan Příkryl, Ing. Jan Šilar, Ing. Tomáš Šmerda, MBA	3/2014	23
■ Požární větrání tunelového komplexu Blanka k zajištění bezpečného zásahu IZS <i>Fire Ventilation of Blanka Complex of Tunnels for Ensuring Safe Integrated Rescue System Intervention</i> Ing. Jiří Záparka	3/2014	47
10. ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS		
■ Alter Kaiser Wilhelm tunel – Cochem, Německo <i>Alter Kaiser Wilhelm Tunnel – Cochem, Germany</i> Ing. Jan Vintera	1/2014	91
■ Tunel Bancarevo na dálnici E 80 –Dimitrovgrad v Srbsku Ing. Jan Vintera	1/2014	91
■ Tunel Nordfjordur, Island <i>Nordfjordur Tunnel, Iceland</i> Ing. Aleš Gothard	1/2014	92
■ Závažný požár v tunelu Lochkov na silničním okruhu kolem Prahy <i>Serious Fire in Lochkov Tunnel on Prague City Ring Road</i> prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc.	1/2014	93
■ Modernizace centrálního řídicího systému automobilového tunelu Sitina v Bratislavě „za provozu“ <i>Modernisation of Central Management System for Sitina Automobile Tunnel in Bratislava “Under Traffic”</i> Ing. Tomáš Šmerda	1/2014	94
■ Prorážka dálničního tunelu Bancarevo v Srbsku <i>Bancarevo Motorway Tunnel Breakthrough, Serbia</i> Ing. Jan Vintera	2/2014	87
■ Publikace Jablunkovské tunely Ing. Miloslav Novotný	2/2014	87
■ Plzeňská podzemí RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D.	2/2014	88
■ Mozaika ze světa Ing. Miloslav Novotný	1/2014 2/2014 3/2014 4/2014	95 86 71 66
■ Metrostav v Norsku <i>Mertostav in Norway</i> Ing. Boris Šebesta	3/2014	72
■ Tunelový komplex Blanka – taktické cvičení IZS <i>Blanka Complex of Tunnels – IRS tactical Exercise</i> Ing. Lukáš Rákosník	4/2014	67
11. AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLICĚ CURRENT NEWS FROM THE CZECH AND SLOVAK UNDERGROUND CONSTRUCTION		
■ Soubor staveb MO v úseku Myslbekova – Pelc-Tyrolka (Blanka) <i>Construction Lots within Myslbekova – Pelc-Tyrolka Section of the City Circle Road (Blanka Tunnel)</i>		
■ Prodloužení trasy metra V.A <i>Metro Line No. 5 Extension</i>		
■ Dálnice D8 – 0805 – Lovosice – Řehlovice <i>D8 Motorway – Construction Lot 805: Lovosice – Řehlovice</i>		
■ Modernizace trati Rokycany – Plzeň <i>Modernisation of Rokycany – Plzeň – Railway Track Section</i>		
■ Průzkumná štola pro radlickou radiálu Jihozápadní Město – Smíchov <i>Exploratory Gallery for the Radlice Radial Road Linking South-Western Satellite Town with Smíchov</i> Ing. Boris Šebesta, Ing. Jan Vintera	1/2014	98

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED

	Číslo Issue	Strana Page
■ Tunel Šibeník <i>Šibenik Tunnel</i>		
■ Tunely Pořana a Svrčinovec <i>Polana and Svrčinovec Tunnels</i>		
■ Tunely na dálnici D1 <i>Tunnels on the D1 Motorway</i> Ing. Miloslav Frankovský	1/2014	101
■ Soubor staveb MO v úseku Myslbekova – Pelc-Tyrolka (Blanka) <i>Construction Lots within Myslbekova – Pelc-Tyrolka Section of the City Circle Road (Blanka Tunnel)</i>		
■ Prodloužení trasy metra V.A <i>Metro Line No. 5 Extension</i>		
■ Dálnice D8 – 0805 – Lovosice – Řehlovice <i>D8 Motorway – Construction Lot 805: Lovosice – Řehlovice</i>		
■ Modernizace trati Rokycany – Plzeň <i>Modernisation of Rokycany – Plzeň – Railway Track Section</i> Ing. Boris Šebesta, Ing. Jan Vintera	2/2014	91
■ Prorážka části odlehčovací stoky CO ₃ ražené bentonitovým štítem pod Královskou zahradou Pražského hradu <i>Breakthrough a Part of CO₃ Relief Sewer Driven under the Royal Garden in Prague Castle Using Slurry Shield</i> Ing. Milan Schagerer, RNDr, Radovan Chmelař, Ph.D.	2/2014	93
■ Sudoměřický tunel <i>Sudoměřice Tunnel</i> Ing. Libor Mařík	2/2014	94
■ Tunel Šibeník <i>Šibenik Tunnel</i>		
■ Tunely Pořana a Svrčinovec <i>Polana and Svrčinovec Tunnels</i>		
■ Tunely Ovčiarско a Žilina <i>Ovčiarско and Žilina Tunnels</i>		
■ Tunel Čebrať <i>Čebrať Tunnel</i> Ing. Milan Majerčík	2/2014	94
■ Soubor staveb MO v úseku Myslbekova – Pelc-Tyrolka (Blanka) <i>Construction Lots within Myslbekova – Pelc-Tyrolka Section of the City Circle Road (Blanka Tunnel)</i>		
■ Prodloužení trasy metra V.A <i>Metro Line No. 5 Extension</i>		
■ Modernizace trati Rokycany – Plzeň <i>Modernisation of Rokycany – Plzeň – Railway Track Section</i> Ing. Boris Šebesta, Ing. Jan Vintera	3/2014	76
■ Prorážka železničního tunelu Sudoměřice <i>Sudoměřice Railway Tunnel Breakthrough</i> Ing. Libor Mařík	3/2014	78
■ Tunel Šibeník <i>Šibenik Tunnel</i>		
■ Tunely Pořana a Svrčinovec <i>Polana and Svrčinovec Tunnels</i>		
■ Tunely Ovčiarско a Žilina <i>Ovčiarско and Žilina Tunnels</i>		
■ Tunel Čebrať <i>Čebrať Tunnel</i>		
■ Tunel Povážský Chlmec <i>Povážský Chlmec Tunnel</i>		
■ Tunel Višňové <i>Višňové Tunnel</i> Ing. Milan Majerčík	3/2014	78
■ Soubor staveb MO v úseku Myslbekova – Pelc-Tyrolka (Blanka) <i>Construction Lots within Myslbekova – Pelc-Tyrolka Section of the City Circle Road (Blanka Tunnel)</i>		
■ Prodloužení trasy metra V.A <i>Metro Line No. 5 Extension</i>		
■ Modernizace tratě Rokycany – Plzeň <i>Modernisation of Rokycany – Plzeň Railway Track Section</i>		
■ Dálnice D8 – 0805 – Lovosice – Řehlovice <i>D8 Motorway – Construction Lot 805: Lovosice – Řehlovice</i> Ing. Boris Šebesta	4/2014	73
■ Průzkumná štola pro Radlickou radiálu Jihozápadní Město – Smíchov <i>Exploratory Gallery for the Radlice Radial Road Linking South-Western Satellite Town with Smíchov</i> Ing. Jan Vintera	4/2014	74
■ Tunel Šibeník <i>Šibenik Tunnel</i>		
■ Tunel Pořana a Svrčinovec <i>Polana and Svrčinovec Tunnel</i>		

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED

	Číslo Issue	Strana Page
■ Tunely Ovčarsko a Žilina <i>Ovčarsko and Žilina Tunnel</i>		
■ Tunel Čebrať <i>Čebrať Tunnel</i>		
■ Tunel Povážský Chlmec <i>Povážský Chlmec Tunnel</i>		
■ Tunel Višňové <i>Višňové Tunnel</i> Ing. Milan Majerčík	4/2014	75
12. ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCE		
■ Tunelářské odpoledne 3/2013 <i>Tunnel Afternoon 3/2013</i> Ing. Martin Srb, Ing. Markéta Prušková, Ph.D.	1/2014	97
■ Tunelářské odpoledne 1/2014 <i>Tunnel Afternoon 1/2014</i> Ing. Markéta Prušková, Ph.D.	2/2014	88
■ 19. ročník mezinárodního semináře zpevnování, těsnění a kotvení horninového masivu a stavebních konstrukcí 2014 <i>19th Annual International Seminar on Reinforcing, Sealing and Anchoring of Ground Mass and Civil Engineering Structures 2014</i> doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D.	2/2014	89
■ Workshop o městských kolektorech v Riyadhu, Saúdská Arábie <i>Training Session on Utility Tunnels, Riyadh, The Kingdom of Saudi Arabia</i> Ing. Jan Sochůrek	2/2014	90
■ Světový tunelářský kongres WTC 2014 a 40. Valné shromáždění ITA-AITES <i>World Tunnel Congress WTC 2014 and 40th General Assembly of ITA-AITES</i> Ing. Miloslav Novotný	3/2014	73
■ Tunelářské odpoledne 2/2014 <i>Tunnel Afternoon 2/2014</i> Ing. Markéta Prušková, Ph.D.	3/2014	73
■ Swiss Tunnel Congres 2014 v Luzernu <i>Swiss Tunnel Congres 2014 in Lucerne</i> Ing. Vlastimil Horák	3/2014	74
■ Tunelářské sympozium v Mnichově 2014 <i>Munich Tunnelling Symposium 2014</i> Ing. Vlastimil Horák	3/2014	76
■ Informace o konferenci Polní geotechnické metody 2014 <i>Information on the Geotechnical Methods 2014 Conference</i> Ing. Richard Barvínek	4/2014	68
■ XV. Dunajsko-evropská geotechnická konference <i>XV. Danube-European Conference on Geotechnical Engineering</i> doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D.	4/2014	69
■ Tunelářské odpoledne 3/2014 <i>Tunnel Afternoon 3/2014</i> Ing. Markéta Prušková, Ph.D.	4/2014	69
■ 14. ročník mezinárodní konference geotechnika 2014 <i>14th Biannual Conference Geotechnics 2014</i> doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D.	4/2014	70
■ Konference EETC 2014 Athény <i>EETC 2014 Conference in Athens</i> Ing. Markéta Prušková, Ph.D.	4/2014	71
■ 63. geomechanické kolokvium v Salcburku Ing. Miloslav Novotný	4/2014	72
13. ZPRÁVODAJSTVÍ ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES CZECH TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORTS		
■ Činnost sekce Tunely v roce 2013, plán činnosti na rok 2014 <i>Activities of the Tunnels Section in 2013, Work Plan 2014</i> Ing. Jiří Smolík	1/2014	109
■ Valné shromáždění CzTA ITA-AITES <i>General Assembly of the CzTA ITA-AITES</i> Ing. Markéta Prušková, Ph.D., Ing. Miloslav Novotný	3/2014	85
■ Konference Podzemní stavby Praha 2016 <i>Underground Construction Prague 2016 Conference</i> Ing. Alexandr Butovič, Ph.D.	3/2014	86

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED

	Číslo Issue	Strana Page
■ Odborný zájezd CzTA ITA-AITES <i>ITA-AITES CzTA Technical Excursion</i> Ing. Markéta Prušková, Ph.D.	4/2014	92
■ Zpětná analýza mělce založených tunelových konstrukcí Ing. Aleš Zapletal, DrSc.	4/2014	92
■ Konference Podzemní stavby Praha 2016 <i>Underground Construction Prague 2016 Conference</i>		
■ Exkurze CzTA Ing. Markéta Prušková, Ph.D.	4/2014	94
■ Vydání uživatelské Příručky pro mechanizované tunelování v podmínkách ČR Ing. Boris Šebesta	4/2014	94
14. SPRÁVODAJSTVO SLOVENSKEJ TUNELÁŘSKEJ ASOCIÁCIE ITA-AITES ITA-ITES SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION REPORT		
■ Valné shromáždění Slovenskej tunelárskej asociácie <i>General Assembly of Slovak Tunnelling Association</i> Ing. Jozef Frankovský	2/2014	110
15. VÝROČÍ ANNIVERSARIES		
■ Osmdesát pět let Ing. Karla Matznera <i>Eighty-fifth Anniversary of the Birth of Karel Matzner</i> Ing. Miloslav Novotný	1/2014	102
■ Na památku h. prof. Ing. Marty Doležalové, CSc., specialistky na matematické modelování metodou konečných prvků <i>In Memory of h. prof. Ing. Marta Doležalová, CSc., a Specialist in Mathematical Modelling using the Finite Element Method</i> Ing. Jiří Hudek, CSc., Ing. Milan Doležal, CSc.	1/2014	103
■ 75 let prof. Ing. Jiřího Bartáka, Dr.Sc. <i>Seventy-fifth Birthday Anniversary of prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.</i> Ing. Miloslav Novotný	2/2014	95
■ Blahopřejeme Ing. Pavlu Maříkovi k 85. narozeninám <i>Congratulation to 85th Birthday of Ing. Pavel Mařík</i> prof. Ing. Jiří Barták, Dr.Sc.	2/2014	101
■ Připomínka jubilanta speciální technologie <i>Reminiscence of the Toaste and Special Technology</i> Ing. Karel Franczyk, Ph.D.	2/2014	102
■ 9. 5. 1974 zahájení provozu pražského metra – 40 let <i>9th May 1974 – Prague Metro Inauguration – 40 Years</i> Ing. Josef Kutil	2/2014	103
■ Životní jubileum – 70 let Ing. Ludvíka Šajtara, jednatele a generálního ředitele Satra, spol. s.r.o. <i>Life Jubilee – 70th Anniversary of Ing. Ludvík Šajtar, the Acting Secretary and General Manager of Satra, spol. s.r.o.</i> Pavel Knor	3/2014	79
■ 75 let doc. Ing. Richarda Šňupárka, CSc. <i>75th Anniversary of Birth of doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc.</i> prof. Ing. Josef Aldorf, Dr.Sc.	4/2014	77
■ Ing. Jiří Hudek, CSc. – dovršení tří čtvrtin století <i>Ing. Jiří Hudek, CSc. – Century Topping off Three Quarters of a Century</i> RNDr. Radovan Chmelář, Ph.D.	4/2014	78
■ Subterra slaví 50 let <i>Subterra Celebrating 50-Year Anniversary</i> Ing. Jan Vintera, Ing. Jiří Nový, Štěpán Sedláček	4/2014	80
15. Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS		
■ Z historie pohlednic <i>From the History of Postcards</i> doc. Ing. Vladislav Horák, CSc.	1/2014	105
■ Vyšehradský tunel v Praze <i>Vyšehrad Tunnel in Prague</i> Ing. Pavel Šourek, Jakub Karlíček	1/2014	106
■ Pohlednice s železničními tunely v Moravském Švýcarsku <i>Picture Postcards Showing Railway Tunnels in Moravian Switzerland</i> doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., Ing. Richard Svoboda, Ph.D.	2/2014	106
■ Pohlednice s tematikou tunelů v Čechách <i>Tunnels in Bohemia in Picture Postcards</i> doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., Ing. Richard Svoboda, Ph.D.	3/2014	81
■ Evropa – pohlednice s alpskými tunely <i>Europe – Picture Postcards with Alpine Tunnels</i> doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., Ing. Richard Svoboda, Ph.D.	4/2014	87

JMENNÝ REJSTŘÍK AUTORŮ STATÍ ČASOPISU TUNEL ZA ROK 2014

NAME INDEX OF AUTORS OF ARTICLES PUBLISHED IN THE TUNEL JOURNAL IN THE YEAR 2014

Jméno: name:	číslo: number:	strana: page:	Jméno: name:	číslo: number:	strana: page:	Jméno: name:	číslo: number:	strana: page:
A			K			Sokol, Pavol	1/2014	3
Aldorf, Josef	4/2014	77	Karlíček, Jakub	1/2014	106		1/2014	19
Andersson, Ola	1/2014	25	Knor, Pavel	3/2014	79	Smolík, Jiří	1/2014	109
B			Korejčík, Jan	4/2014	1	Snopko, Ján	1/2014	71
Bača, Josef	4/2014	11	Kössler, Milan	4/2014	43	Sochůrek, Jan	2/2014	90
Balušík, Peter	2/2014	23	Kříž, Petr	2/2014	18	Sosna, Karel	4/2014	33
Barták, Jiří	1/2014	1	Kučera, Petr	1/2014	2	Srb, Martin	1/2014	97
	2/2014	101	Kutil, Josef	1/2014	4	Steiger, Marián	4/2014	43
Barvínek, Richard	4/2014	68		2/2014	1, 103	Svoboda, Jiří ml.	2/2014	4
Butovič, Alexandr	3/2014	32, 86	L			Svoboda, Jiří st.	2/2014	56
	4/2014	22	Lauko, Lubomír	4/2014	54	Svoboda, Richard	2/2014	106
C							3/2014	81
Caravanas, Aristotelis	2/2014	74	M				4/2014	87
D			Majerčík, Milan	2/2014	94	Š		
Dohnálek, Václav	4/2014	22		3/2014	78	Šajtar, Ludvík	3/2014	3
Doležal, Milan	1/2014	103		4/2014	75	Šebesta, Boris	1/2014	98
Drienovský, Zbyněk	1/2014	9, 16	Mařík, Libor	1/2014	41		2/2014	91
Dvořáková, Markéta	2/2014	4		2/2014	94		3/2014	72, 76
	2/2014	18	Matějček, Jiří	4/2014	4		4/2014	73, 94
F			Mikulášek, Petr	1/2014	63	Šenk, Petr	1/2014	52
Ferančík, Peter	2/2014	23	Molčan, Tomáš	4/2014	54	Šilar, Jan	3/2014	23
Franczyk, Karel	2/2014	102	N			Šilhan, Ondřej	1/2014	4
	3/2014	61	Němeček, Tomáš	4/2014	11	Šmerda, Tomáš	1/2014	94
Franěk, Jan	4/2014	33	Novotný, Miloslav	1/2014	95, 102		3/2014	23
Frankovský, Jozef	2/2014	110		2/2014	86, 87, 95	Šourek, Pavel	1/2014	106
Frankovský, Miloslav	1/2014	101		3/2014	71, 73, 85		3/2014	81
Fuchs, Ondřej	4/2014	2		4/2014	66, 72	Štáštka, Jiří	2/2014	65
G			Nový, Jiří	4/2014	80	Štefan, Jiří	3/2014	15
Gothard, Aleš	1/2014	92	O			Štefan, Ladislav	4/2013	4
	2/2014	49	Očenašová, Veronika	1/2014	71	T		
H			P			Táborský, Vladimír	4/2014	43
Hájek, Libor	3/2014	2	Panuška, Jan	4/2014	22	Tětek, Petr	3/2014	41
Hanusová, Irena	2/2014	4	Patzák, Jiří	4/2014	4	Tichý, Tomáš	3/2014	15
Hnilička, Michal	2/2014	56	Peach, Gary	2/2014	74	V		
Horák, Vladislav	1/2014	105	Petko, Anton	1/2014	32	Vencl, Marek	2/2014	4
	2/2014	106		2/2014	40		2/2014	18
	3/2014	81	Piršič, Ivan	2/2014	49	Vida, Ivan	2/2014	40
	4/2014	67, 87	Pospíšková, Ilona	2/2014	11	Vida, Ondřej	2/2014	23
Horák, Vlastimil	3/2014	74, 76	Prachar, Jan	2/2014	2	Vintera, Jan	1/2014	91, 98
Hořejší, Václav	4/2014	3	Prušková, Markéta	1/2014	97		2/2014	87, 91
Hrubešová, Eva	2/2014	89		2/2014	88		4/2014	74, 80
	4/2014	69, 70		3/2014	73, 85		1/2014	52
Hudek, Jiří	1/2014	103		4/2014	69, 71, 92, 94		2/2014	76
CH			Příbyl, Ondřej	3/2014	4		3/2014	76
Chabroňová, Jana	1/2014	71	Příbyl, Pavel	1/2014	93		4/2014	74, 80
Chmelař, Radovan	2/2014	88, 93		3/2014	4	Vlk, Miroslav	1/2014	52
	4/2014	22, 78	Příkryl, Jan	3/2014	4, 23	W		
Chodacki, Milan	1/2014	9, 16	R			Witkovský, Peter	2/2014	3
Chomová, Viktória	3/2014	1	Rákosník, Lukáš	4/2014	67	Z		
J			Rott, Josef	3/2014	53	Zápařka, Jiří	3/2014	47
Jandejsek, Ota	4/2014	11	Rypáček, Miroslav	4/2014	11	Zapletal, Aleš	4/2014	92
Janíček, Adam	1/2014	4	S			Záruba, Jiří	4/2014	33
Ježek, Juraj	2/2014	33	Sedláček, Štěpán	4/2014	80			
Johansson, Sven-Erik	1/2014	25	Schagerer, Milan	2/2014	93			
Just, Tomáš	1/2014	41						

ITAWTC 2015 

Navštivte nás na 41. ročníku Mezinárodního
tunelářského kongresu ITAWTC 2015
na stánku číslo 15 a 16
Lacroma Valamar Congress Center
22. – 28. května 2015, Dubrovnik, Chorvatsko



Naskenujte si QR kód svým
chytrým telefonem a podívejte
se na video o stavbě tunelu!

VŠE CO POTŘEBUJETE PRO STAVBU TUNELU!

Bez ohledu na to, o jaký projekt jde: malý tunel nebo velký tunel, vodní elektrárnu
nebo metro, potrubní nebo jiný kolektor. My jsme specialisté na tunely!
A máme vše potřebné pro jejich výstavbu.

www.atlascopco.cz

Sustainable Productivity

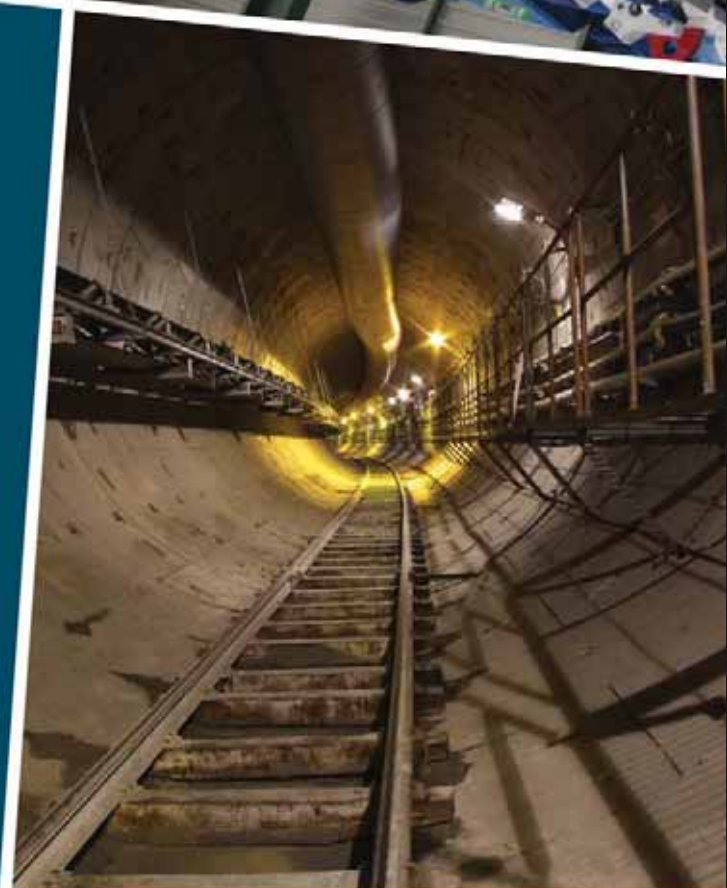
Atlas Copco



Mott MacDonald

Váš partner pro podzemní stavby a zakládání

- Projektová činnost (DÚR, DSP, TD, DPS, DSPS)
- 3D numerické modelování
- NRTM inženýr
- Monitoring
- Supervize
- Stavební dozor
- Hloubené tunely
- Ražené tunely
- Šachty
- Kaverny
- Pažící konstrukce
- Speciální zakládání staveb
- Stabilita svahů



Kariéra ve společnosti Mott MacDonald

Mott MacDonald je přední poradenskou, projektovou a inženýrskou společností s celosvětovou působností. Divize tunelů a zakládání staveb v České republice pracuje na celé řadě tuzemských a zahraničních projektů podzemních staveb, tunelů, prvků speciálního zakládání a dalších geotechnických konstrukcí.

Chcete-li se na těchto projektech podílet společně s námi a obohatit tak svou profesní kariéru o zajímavé zkušenosti, kvalita je pro Vás standardem, neznámé výzvou a úspěch cílem, zašlete nám prosím svůj životopis spolu s motivačním dopisem na adresu alena.kastelic@mottmac.com.