

TuDi

č. 3
2016

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





Požární bezpečnost tunelů

- protipožární obklady
železobetonových
konstrukcí tunelů
- protipožární nástřiky
železobetonových
konstrukcí tunelů
- ochrana kabelových tras –
zajištění funkce při požáru
v tunelu
- protipožární těsnění
prostupů kabelů a potrubí,
těsnění spár
- zařízení pro odvod tepla a
kouře, vzduchotechnika s
požární odolností



Promat s.r.o.

tel: 233 334 806

Čkalova 22/784 fax: 233 333 576

160 00 Praha 6

promat@promatpraha.cz

www.promatpraha.cz

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:

Ing. Pavel Šourek, člen redakční rady	1
Úvodníky:	
Ing. Ladislav Zajíc, jednatel Promat s.r.o.	2
Ing. Ludvík Šajtar, jednatel a generální ředitel SATRA, spol. s r.o.	3
Požární ochrana tunelového ostění	
Ing. Libor Fleischer, Promat s.r.o.	4
Tunelový komplex Blanka a vybraná požárně bezpečnostní zařízení	
Ing. Petr Kejklíček, Promat s.r.o.	14
Přehled požárních zkoušek v tunelu Runehamar v Norsku prováděných v roce 2003	
Ing. Libor Fleischer, Promat s.r.o.	19
Požární větrání TKB – od projektu ke zprovoznění	
Ing. Jiří Zápařka, SATRA spol. s r.o.	31
První zkušenosti ze zkušební provozu Brusnického, Dejvického a Bubenečského tunelu městského okruhu v Praze	
Ing. Alexandr Butovič, Ph.D., SATRA spol. s r.o.	40
Ražby v poruchových zónách – problémy a jejich řešení	
prof. Wulf Schubert, Graz University of Technology	49
Tunely pro německé železnice – tradice a inovace	
M. Sc., Heinz Ehrbar, DB Netz AG /Frankfurt on the Main	57
Fotoreportáž z prorážky tunelu Ejpvovice dne 7. června 2016	66
Fotoreportáž ze dne otevřených dveří tunelu Ejpvovice, 11. června 2016	67
Ze světa podzemních staveb	71
Zprávy z tunelářských konferencí	77
Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice	83
Výročí	87
Z historie podzemních staveb	92
Z činnosti pracovních skupin CZTA	96
Zpravodajství České tunelářské asociace	97

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. Miloslav Frankovský – TERRAPROJEKT, 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 Hrubešová, Ph.D. – VŠB-TU Ostrava
RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D. – PUDIS a.s.
Ing. Viktória Chomová – STA
Ing. Jan Korejčík – Mott MacDonald CZ, spol. s r.o.
Ing. Ján Kušnir – REMING CONSULT a. s.
Ing. Libor Mařík – HOCHTIEF CZ a.s.
Ing. Miroslav Novák – METROPROJEKT Praha a. s.
doc. Dr. Ing. Jan Pruška – Stavební fakulta ČVUT v Praze
prof. Ing. Pavel Příbyl, 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: Tunel Považský Chlmec, střední jáma (foto Ing. Libor Mařík)

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:

Ing. Pavel Šourek, a member of the Editorial Board	1
Ing. Ladislav Zajíc, Promat s.r.o. Executive Head	2
Ing. Ludvík Šajtar, Executive Head and General Manager of SATRA, spol. s r.o.	3
Fire Protection of Tunnel Linings	
Ing. Libor Fleischer, Promat s.r.o.	4
Blanka Complex of Tunnels – Selected Fire Safety Equipment	
Ing. Petr Kejklíček, Promat s.r.o.	14
Summary of Fire Tests Conducted in Runehamar Tunnel, Norway 2003	
Ing. Libor Fleischer, Promat s.r.o.	19
Fire Ventilation – from Design to Bringing into Service	
Ing. Jiří Zápařka, SATRA spol. s r.o.	31
Initial Experience from Trial Operation of the Brusnice, Dejvice and Bubeneč Tunnels on the City Circle Road in Prague	
Ing. Alexandr Butovič, Ph.D., SATRA spol. s r.o.	40
Tunnelling in Fault Zones – Problems and Solutions	
prof. Wulf Schubert, Graz University of Technology	49
Tunnels for German Railways – Tradition and Innovation	
M. Sc., Heinz Ehrbar, DB Netz AG /Frankfurt on the Main	57
Picture Report from the Ejpvovice Tunnel Breakthrough on the 7th June 2016	67
Picture Report from the Ejpvovice Tunnel Doors Open Day Held on The 11th June 2016	66
The World of Underground Constructions	71
News from Tunnelling Conferences	77
Current News from the Czech and Slovak Underground Construction	83
Anniversaries	87
From the History of Underground Constructions	92
CZTA Working Groups	96
Czech Tunnelling Association ITA-AITES Report	97

Ing. Václav Veselý – ARCADIS CZ a.s.
Ing. Ondřej 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: Považský Chlmec tunnel, middle pit (photo courtesy of Ing. Libor Mařík)

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 Ing. Pavel Mařík (✉)	Minova Bohemia s.r.o. Lihovarská 1199/10 Radvanice 716 00 Ostrava
Členské organizace: 3G Consulting Engineers s.r.o. Na usedlosti 513/16 office: Zelený pruh 95/97 140 00 Praha 4	Mott MacDonald CZ, spol. s r.o. Národní 984/15 110 00 Praha 1
AMBERG Engineering Brno, a.s. Ptašinského 10 602 00 Brno	OHL ŽS, a.s. Burešova 938/17 602 00 Brno-Veveří
Angermeier Engineers, s.r.o. Pražská 810/16 102 21 Praha 10	POHL cz, a.s. Nádražní 25 252 63 Roztoky u Prahy
AQUATIS a.s. Botanická 834/56 656 32 Brno	PRAGOPROJEKT, a.s. K Ryšánci 1668/16 147 54 Praha 4
ARCADIS CZ a.s. Geologická 4/988 152 00 Praha 5	Promat s.r.o. V. P. Čkalova 22/784 160 00 Praha 6
AZ Consult, spol. s r.o. Klíšská 12 400 01 Ústí nad Labem	PROMINECON CZ a.s. Revoluční 25/767 110 00 Praha 1
BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o. K Májovu 1244 537 01 Chrudim	PUDIS a.s. Nad vodovodem 2/3258 100 31 Praha 10
Stavební fakulta ČVUT v Praze Thákurova 7 166 29 Praha 6	ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR Čerčanská 12 140 00 Praha 4
EKOSTAV a.s. Brigádníků 3353/351b 100 00 Praha 10	SAMSON PRAHA, spol. s r. o. Týnská 622/17 110 00 Praha 1
ELTODO, a.s. Novodvorská 1010/14 142 00 Praha 4	SATRA, spol. s r.o. Sokolská 32 120 00 Praha 2
Energie - stavební a báňská a.s. Vašíčkova 3081 272 04 Kladno	SIKA CZ, s.r.o. Bystřická 1132/36 624 00 Brno
Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava L. Poděště 1875/17 708 33 Ostrava-Poruba	SMP CZ, a.s. Pobřežní 667/78 186 00 Praha 8
FAKULTA STAVEBNÍ VUT v Brně Veveří 331/95 602 00 Brno	SPRÁVA ÚLOŽIŠT RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ Dlážděná 1004/6 110 00 Praha 1-Nové Město
GeoTec-GS, a.s. Chmelová 2920/6 106 00 Praha 10-Záběhlce	Subterra a.s. Koželušská 2246/5 180 00 Praha 8 - Libeň
GEOTest, a.s. Šmahova 1244/112 627 00 Brno	SUDOP PRAHA a.s. Olšanská 2643/1a 130 80 Praha 3
HOCHTIEF CZ a. s. Plzeňská 16/3217 150 00 Praha 5	SŽDC, s. o. Dlážděná 1003/7 110 00 Praha 1
ILF Consulting Engineers, s.r.o. Jirsíkova 538/5 186 00 Praha 8	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Studentská 95 532 10 Pardubice
INSET s.r.o. Lucemburská 1170/7 130 00 Praha 3-Vinohrady	ÚSTAV GEOLOGICKÝCH VĚD Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity v Brně Kotlářská 267/2 611 37 Brno
Inženýring dopravních staveb a.s. Na Moráni 3/360 128 00 Praha 2-Nové Město	ÚSTAV GEONIKY AV ČR, v.v.i. Studentská ul. 1768 708 00 Ostrava-Poruba
KELLER - speciální zakládání, spol. s r. o. Na Pankráci 1618/30 140 00 Praha 4	VIS, a.s. Bezová 1658 147 01 Praha 4
METROPROJEKT Praha a.s. I. P. Pavlova 1786/2 120 00 Praha 2	Zakládání Group a.s. Thámova 181/20 186 00 Praha 8
METROSTAV a.s. Koželušská 2450/4 180 00 Praha 8	

STA:

Čestní členovia: doc. Ing. Koloman V. Ratkovský, CSc. Ing. Jozef Frankovský prof. Ing. František Klepsatel, CSc. Ing. Juraj Keleši	PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA UK Katedra inžinierskej geológie Mlynská dolina G 842 15 Bratislava
Členské organizácie: ALFA 04, a. s. Jašíkova ul. 6 821 03 Bratislava	REMIING CONSULT, a. s. Trnavská cesta 27 831 04 Bratislava
AMBERG Engineering Slovakia, s. r. o. Somolického 819/1 811 06 Bratislava	RENESCO, a. s. Panenská 13 811 03 Bratislava
BANSKÉ PROJEKTY, s. r. o. Miletičova ul. 23 821 09 Bratislava	SIKA SLOVENSKO, spol. s r. o. Rybničná 38/e 831 06 Bratislava
BASF Slovensko, s. r. o. Prievozská 2 821 09 Bratislava	SKANSKA SK, a. s. Závod Tunely Košovská cesta 16 971 74 Prievidza
BASLER & HOFMANN SLOVAKIA, s. r. o. Panenská 13 811 03 Bratislava	SLOVENSKÁ SPRÁVA CIEST Miletičova ul. 19 826 19 Bratislava
DOPRASTAV, a. s. Drieňová ul. 27 826 56 Bratislava	SLOVENSKÉ TUNELY, a. s. Lamačská cesta 99 841 03 Bratislava
DOPRAVOPROJEKT a.s. Kominárska 2, 4 832 03 Bratislava	Spel SK spol. s r.o. Františkánska 5 917 01 Tmava
GEOCONSULT, spol. s r. o. Miletičova 21 P.O.BOX 34 820 05 Bratislava	STI, spol. s r. o. Hlavná 74 053 42 Krompachy
GEOFOS, spol. s r. o. Veľký diel 3323 010 08 Žilina	Strabag, s.r.o. Mlynské Nivy 61/A 825 18 Bratislava
GEOSTATIK spol. s r. o. Kragujevská 11 010 01 Žilina	STU, Stavebná fakulta Katedra geotechniky Radlinského 11 813 68 Bratislava
HOCHTIEF CZ a.s. org. zložka Slovensko Miletičova 23 821 09 Bratislava	TAROSI c.c., s.r.o. Slávičie údolie 106 811 01 Bratislava
HYDROBETÓN, s. r. o. Staviteľ'ská 3 831 04 Bratislava	TECHNICKÁ UNIVERZITA Fakulta BERG Katedra dobývania ložísk a geotechniky Katedra geotech. a doprav. staviteľ'stva Letná ul. 9 042 00 Košice
IGBM, s. r. o. Chrenovec 296 972 32 Chrenovec-Brusno	TERRAPROJEKT, a. s. Podunajská 24 821 06 Bratislava
K-TEN Turzovka, s. r. o. Vysoká nad Kysucou 1279 023 55 Vysoká nad Kysucou	TUBAU, a. s. Bytčická 89 010 09 Žilina
MAPEI SK, s. r. o. Nádražná 39 900 28 Ivanka pri Dunaji	TuCon, a. s. K cintorínu 63 010 04 Žilina - Bánová
Metrostav a.s., org. zložka Mlynské Nivy 68 821 05 Bratislava	TUNGUARD, s.r.o. Osloboditeľov 120 044 11 Trstené pri Hornáde
NÁRODNÁ DIAľNICNÁ SPOĽOČNOSŤ, a. s. Mlynské nivy 45 821 09 Bratislava	URANPRES, spol. s r. o. Fraňa Kráľa 2 052 80 Spišská Nová Ves
Niedax, s.r.o. Pestovateľská 6 824 04 Bratislava	ÚSTAV GEOTECHNIKY SAV Watsonova ul. 45 043 53 Košice
OBO Bettermann s.r.o. Viniciánska cesta 13 902 01 Pezinok	VÁHOSTAV-SK, a. s. Hlinská 40 010 18 Žilina
OHL ŽS, a.s., o.z. Furmanská 8 841 03 Bratislava 47	VUIS-Zakladanie stavieb, spol. s r. o. Kopčianska 82/c 851 01 Bratislava
PERI, spol. s r. o. Šamorínska 18/4227 903 01 Senec	ŽELEZNICE SR Klemensova 8 813 61 Bratislava
PUDOS PLUS, spol. s r. o. Račianske Mýto 1/A 839 21 Bratislava 32	ŽILINSKÁ UNIVERZITA Stavebná fakulta, blok AE Katedra geotechniky, Katedra technológie a manažmentu stavieb Univerzitná 8215/1 010 26 Žilina

Vážení čtenáři, kolegové tuneláři,

(v tom správném a dobrém slova smyslu), do vašich rukou se dostává další číslo našeho časopisu Tunel, časopisu České tunelářské asociace a Slovenskej tunelárskej asociácie. Je skutečností, že v České republice na rozdíl od Slovenska nepanují zrovna časy hojnosti, ba co více je zřejmé, že ani jen tak panovat nezačnou. V tuto chvíli se vlastně realizuje pouze železniční tunel u Ejovic na Plzeňsku, pokud nepočítáme doposud nezprovozněné dva tunely na dálnici D8 (Prackovice, Radejčín). Ani příprava dalších projektů zatím nepředstavuje pozitivní vyhlídky. Na Slovensku je stav o poznání lepší s probíhající výstavbou tunelů Považský Chlmec, Ovčiarско, Svrčinovec, Poľana, Žilina a Višňové a s celou řadou dalších připravovaných projektů.

Přes tuto skutečnost a s přihlédnutím k faktu, že právě proběhla konference Podzemní stavby Praha 2016, kde se aktuální projekty dostatečně představily, je velice příjemné, že i toto číslo časopisu Tunel přináší nové články z tunelářského prostředí České republiky. To není nacionalistická proklamace, ale jednak příjemné zjištění, že stále máme řadu zajímavých témat z oblasti výstavby a provozu tunelů, o které je přínosné se podělit, ale zároveň i pobídkou pro všechny účastníky slovenských projektů, aby se se svými zkušenostmi a poznatky rozdělili se čtenáři časopisu.

V krátkosti mi prosím dovolu obsah tohoto čísla představit.

Velká část časopisu je věnována požární bezpečnosti tunelových staveb. Téma mnohokrát probírané, často až zneužívané, ale zcela nepochybně závažné. Na otázky využití protipožárních, nebo spíše požárně odolných materiálů z produkce společnosti Promat, včetně jejich aplikace na tunelovém komplexu Blanka, odpovídají první dva články. Navíc doplněné o téma provedených požárních zkoušek v tunelu Runehamar v Norsku.

Šíří informací o tunelovém komplexu Blanka pak doplňuje podrobný popis požárního větrání shrnující zkušenosti projektanta od prvotních úvah až po odzkoušení, doladění a ověření realizovaného díla. Posledním tématem na téma Blanky, přesněji tunelů Brusnického, Dejvického a Bubenečského, je odpověď všem pochybovačům o technických důvodech, resp. dopravní vhodnosti a funkčnosti této výjimečné stavby. Už prvotní zkušenosti z provozu tunelu totiž potvrzují předpoklady a cíle projektu.

A abychom se netočili jen okolo tunelového komplexu Blanka, můžeme najít řadu zajímavých informací o rozsahu železničních tunelových staveb, ale i jejich budování a technických specifikách v sousedním Německu. Tento článek rozhodně vede k zamyšlení. Stejně tak i jediný článek s geotechnickým tématem o ražbě v poruchových zónách. Jako by se zdálo, že s odlivem projektů zmizely i technické a teoretické problémy při jejich realizaci. Myslím, že by tomu mělo být právě naopak a že bychom měli přechodné období (v to pevně věřím) využít pro rozšíření našich vlastních znalostí a zkušeností o zkušenosti přenesené. A právě proto zde jsou stránky časopisu Tunel!

Věřím milé čtenářky a milí čtenáři, že aktuální číslo časopisu Tunel se řadí k množství čísel časopisu předešlých a patřících svou odbornou úrovní k ceněným časopisům i mimo české a slovenské kraje. Věřím, že budou pro vás informace zajímavé a přínosné, a že se ke stránkám časopisu budete i nadále rádi vracet.

Srdečně zdraví

Ing. PAVEL ŠOUREK, člen redakční rady a odborný redaktor

Dear readers and colleagues,

arriving in your hand is the new issue of our Tunel journal published by the Czech Tunnelling Association and the Slovak Tunnelling Association. It is the fact that the presence is not just the time of abundance that, in contrast with the Slovak Republic, currently reigns in the Czech Republic, but what's more, it is obvious that it will not any soon. As a matter of fact, the railway tunnel near Ejovice in the region of Plzeň is the only tunnel being currently under construction, if we do not count in the two tunnels on the D8 motorway which have not been brought into service yet (the Prackovice and Radejčín). Not even the preparation of new projects for the time being represents positive outlooks. The condition in Slovakia with the ongoing construction of the Považský Chlmec, Ovčiarско, Svrčinovec, Poľana, Žilina and Višňové tunnels and a number of other projects under preparation is considerably better.

Despite this fact and with respect to the fact that the conference Underground Construction Prague 2016, where the current projects were sufficiently introduced, has just ended, it is very nice that even this Tunel journal issue brings new papers from the environment of tunnel builders in the Czech Republic. This is not a nationalistic proclamation. It is a pleasant finding that we still have many interesting topics from the field of construction and operation of tunnels sharing of which is beneficial, and, in addition, it is encouragement for all participants in Slovakian projects to share their experience and knowledge with the journal readers.

Allow me, please, to briefly introduce the content of this issue.

A large part of the journal is dedicated to the fire safety of tunnel structures. This topic has been many times discussed, often even misused, but undoubtedly serious. Questions regarding the use of fireproof, or rather fire resisting materials from the production program of the company of Promat, including their application to the Blanka complex of tunnels, are answered by two initial papers. They are in addition complemented by the topic of fire tests carried out in the Runehamar tunnel, Norway.

The broad information about the Blanka complex of tunnels is further complemented by a detailed description of the fire ventilation summing up the experience of the designer from initial considerations up to testing, tuning and verifying the completed work. The last paper on the topic of the Blanka, more specifically the Brusnice, Dejvice and Bubeneč tunnels, provides an answer to all doubters regarding technical reasons, respectively traffic suitability and functionality of this exceptional project. The reason is that even the initial experience from the complex of tunnels confirms the correctness of the project assumptions and objectives.

And, not to circle only round the Blanka complex of tunnels, we can find lots of interesting information about the extent of railway tunnel structures, their construction and technical specifications in neighbouring Germany. This paper certainly leads to rumination. The same applies to the only paper on a geotechnical theme about driving tunnels through fault zones. It seems as if technical and theoretical problems of the realisation of tunnels have disappeared with the outflow of tunnel construction projects. I suppose that it should be just the opposite and we should use the interim period (I firmly believe that interim) for expanding our own knowledge and experience to cover even transferred experience. And this is just the reason why Tunel journal pages are here!

I believe, dear readers, that the current issue of Tunel journal rates itself among the many previous issues belonging through their professional level among journals valued even outside Czech and Slovakian countries. I believe that the information will be interesting and beneficial for you and you will be happy to return to the journal pages even in the future.

Cordially greeting you

Ing. PAVEL ŠOUREK, Member of the Editorial Board and Technical Editor



**VÁŽENÉ ČTENÁŘKY A ČTENÁŘI
ČASOPISU TUNEL,**

je mi ctí, že vám mohu na těchto stránkách říci několik slov o naší společnosti Promat s.r.o. I když se podzemními stavbami zabýváme v rámci koncernu hodně dlouho, je možné, že pro velkou část bude firma neznámou. Nerazíme tunely, štol, nebetonujeme ostění a neprovádíme hydroizolace podzemních staveb. Naším úkolem je chránit podzemní stavební konstrukce a unikající osoby před účinky případného požáru.

Česká společnost Promat s.r.o. patří do celosvětové skupiny Promat International, jejímž vlastníkem je společnost Etex. Firma Promat vznikla v roce 1957 v Německu jako specializovaná odborná společnost, působící na poli pasivní požární bezpečnosti staveb všeho druhu. Do dnešních dob se firma vyprofilovala do několika specializací. Naše výrobky a konstrukce se uplatňují v požární bezpečnosti pozemních staveb, podzemních staveb, petrochemickém a chemickém průmyslu, ve výrobě lodí, kolejových vozidel a v aplikacích speciálních izolací tepelných zařízení a technologických procesů, které doprovázejí vysoké teploty.

V oblasti aplikací protipožárních konstrukcí se opíráme o bohaté zkušenosti našich zahraničních kolegů. Vždyť naše první materiály byly použity již v roce 1963 v Anglii v silničním tunelu ve městě Dartford. Firma Promat s.r.o. byla založena v roce 1993 a postupně, jak se rozvíjela její činnost, zaměřovala svou pozornost i na oblast podzemních staveb. Možná málokdo ví, že naše materiály byly použity již při výstavbě Strahovského tunelu. Jednalo se o obklad ostění deskami GLASAL®-T, které dodnes – i po tolika letech – slouží svému účelu. Také v navazujícím tunelu Mrázovka se uplatnily naše materiály; tentokrát se jednalo o protipožární konstrukci v oblasti nasávacích štěrbin, kde byly použity desky PROMATECT®-H. A nebyly to aplikace poslední. Dělá mi radost, když se podívám po naší nevelké zemi a vidím, že i když se tu zase tak moc tunelů nestaví, na většinu jsme se nějakou měrou podíleli – Klimkovice, Královopolský, Panenská, Libouchec, Valík, Komořanský, Lochkovský a v poslední řadě tunelový komplex Blanka.

Za ty roky už víme, že podzemní stavitelství je náročná disciplína. Požadavky investorů, projektantů a zhotovitelů nás neustále pohánějí kupředu a nutí nás neusnout na vavřínech. Podílíme se na různých výzkumných programech a projektech, ať už v zahraničí, nebo i u nás v ČR. Tyto projekty jsou spojeny nejčastěji s výzkumem chování tunelového ostění při požáru. Požární bezpečnost staveb, i těch podzemních, je vážnou a nedílnou součástí stavebního díla. Někdy mám pocit, že tato „součást“ není vítána, že je vnímána jako zbytečná a drahá. O technické úrovni a bezpečnosti stavebních děl se rozhoduje na jiném poli. My můžeme garantovat, že budeme vždy připraveni řešit požadavky norem a legislativy, investorů a projektantů. Pro tento proces máme již dostatečně zkušený tým a dostatek zkušeností.

Na závěr chci popřát všem hodně optimismu a síl pro další podzemní díla a loučím se s pozdravem – „Promat – oheň Vám nedá mat!“

**DEAR TUNEL JOURNAL READERS,**

I am honoured that I can say a couple of words about our company, Promat s.r.o. (Promat Limited) using these journal pages. It is possible that, despite the fact that we deal with underground construction within the framework of the concern for a very long time, we will be a firm unknown to a large proportion of readers. We do not drive tunnels or galleries, do not carry out concrete liners and do not install waterproofing systems in underground structures. Our objective is to protect underground structures and protect

escaping people against the effects of a contingent fire.

The Czech company of Promat s.r.o. is part of the worldwide group Promat International, the owner of which is the company of Etex. The firm of Promat originated in Germany in 1957 as a specialised professional company operating in the field of passive fire safety of all kind of structures and buildings. Until now, the firm has profiled itself into several specialisations. Our products and structures are used in the field of fire safety of underground structures, underground construction, petrochemical and chemical industries, manufacture of ships, rolling stock manufacture and applications of special insulations of thermal applications and technological processes attending high temperatures.

In the field of the application of fire-protective structures we rely on the wealth of experience of our foreign colleagues. After all, first our materials were used as long ago as 1963 in England, in a road tunnel in the town of Dartford. The firm of Promat s.r.o. was founded in 1993 and gradually, with developing its activities, focused its attention even on the field of underground construction. Perhaps few know that our materials were already used during the course of the construction of the Strahov tunnel. It was the application of GLASAL®-T cladding boards, which serve their purpose until now, even after so many years. Our materials asserted themselves even in the subsequent Mrázovka tunnel; PROMATECT®-H boards were used there as fire-protective structures in the areas of air suction slots. And it has not been the last application. It makes me happy if I look around our small country and can see that, even though tunnels constructed here are not so many, we have contributed to some extent to the majority of them – the Klimkovice, Králov Pole, Panenská, Libouchec, Valík, Komořany, Lochkov tunnels and, at last but certainly not least, the Blanka complex of tunnels.

We have learned during the years that underground construction is a challenging discipline. Requirements of project owners, designers and contractors keep driving us forward and force us not to fall asleep on laurels. We participate in various research programs and projects, both abroad and in our country, the Czech Republic. Those projects are most frequently associated with the research into the behaviour of tunnel linings during the course of fires. Fire safety of buildings, even of underground structures, is a serious and inseparable part of construction workings. Sometime I have a feeling that this “part” is not welcomed, that it is perceived as unnecessary and expensive. Decisions dealing with the technical level and safety of underground structures are made somewhere else. We can guarantee that we will always be prepared to solve requirements of standards and legislation, project owners and designers. We already have got a sufficiently experienced team and enough experience available for this process.

At the conclusion, I want to wish everyone lot of optimism and strengths for future underground construction projects. I say goodbye with greeting – “Promat – fire will not checkmate you!”

ING. LADISLAV ZAJÍC*jednatel Promat s.r.o.***Promat s.r.o. Executive Head**

VÁŽENÍ ČTENÁŘI,

dne 17. července 1991 byla středa. Administrativa prezidentů Bushe a Gorbáčova dosáhla dohody nad prvním draftem budoucí smlouvy START II. Vznikla nová vláda Chorvatského demokratického společenství. Naše země byla dosud federací. A byla založena společnost SATRA, spol. s r.o.

Celkem 25 let je číslo, které svádí k melancholickému bilancování nad dlouhým výčtem dosažených milníků, srovnávání a vyvažování úspěchů i neúspěchů a malování světlých zítřků. Zejména pokud přijmeme formulaci *čtvrtstoletí* jako označení stejného časového úseku, má najednou stejné výročí v onom jiném měřítku větší naléhavost; 25 let je jen číslo, ale *čtvrtstoletí* zavazuje.

Uplynulou dobu můžeme charakterizovat různým pohledem. Jako nejpřirozenější se jeví měřítko lidského života. Někteří z těch, se kterými jsme v roce 1991 odcházeli z Vojenského projektového ústavu, již s námi bohužel naše výročí slavit nemohou. Rada našich kolegů přišla na krátké období a SATRA je pro ně pouze dílčí životní epizodou. Někteří strávili delší část života uvnitř firmy, než kolik prožili předtím. A máme i kolegy, kteří ještě nebyli na světě, když firma vznikla.

Jsume technici, a tento fakt určitým způsobem determinuje i to, jak nazíráme na souvislosti života a běhu času. Nabízí se i jiný přírůbek, jímž je možno popsat naše uplynulé čtvrtstoletí. Na projektu tunelového komplexu Blanka jsme se začali podílet v době, kdy tento projekt ani neměl své jméno. Blanka byla pouze jednou z posuzovaných variant, které byly reprezentovány jen pomyslnou čarou na mapě. Odevzdali jsme ověřovací studii, byli jsme u toho, když Blanka zůstala jako jediná a postupně jsme ji provedli územním a stavebním řízením. V letech 2002–2004 vznikla průzkumná štola pro část dnes Bubenečského tunelu. Bylo zpracováno biologické hodnocení přírodních památek Královská obora a Jablonka. V roce 2006 jsme vydali zadávací dokumentaci pro výběr zhotovitele stavební a technologické části a následující téměř 10 let jsme působili jako projektant a koordinátor celého severozápadního úseku Městského okruhu v Praze. Potýkali jsme se s problémy, které často nebylo možno předvídat a které neměly v naší realitě obdoby. Bohužel, ne vždy to byly problémy technické, čím dál častěji jsme byli zapojováni do politických a právních her. Nijak tomu nepomáhal ani mediální obraz projektu, silně ovlivněný iracionální touhou části veřejnosti po negativních informacích, které média tolik ochotně vycházejí vstříc.

V sobotu 19. září 2015 byl celý tunelový komplex Blanka uveden do provozu. Tomuto momentu předcházel několikaměsíční maraton zkoušek, který vyvrcholil úspěšným cvičením složek IZS takřkajíc v předvečer zprovoznění. Od prvních minut bylo zřejmé, že projekt slouží spolehlivě a přináší řadu pozitivních efektů. Došlo k razantnímu úbytku intenzit povrchové dopravy. Tam, kde se zátěž lokálně zvýšila, je doprava většinou plynulejší, nebo se prostě čeká na další pokračování v dopravní koncepci města. Tunelový komplex Blanka má jeden specifický dopad, který Pražané charakterizují jako „zmenšení“ metropole. Vzdálenost, kterou dříve trvalo překonat 45 minut, je nyní možné zvládnout za třetinu času.

Zdálo by se, že naše činnost u této stavby již pomalu končí s blížícím se koncem zkušebního provozu. Naše role v projektu však shodou překotných okolností i nadále zůstává významná. Od letošního června zajišťujeme provoz tunelového komplexu Blanka. S tímto projektem jsme prošli celým jeho dosavadním životním cyklem, a tím jsme potvrdili komplexnost našich znalostí a schopností. Ve vizi společnosti SATRA, spol. s r. o. se píše: „*Naše práce nekončí odevzdáním projektu, ale až po kolaudaci a uvedení díla do provozu. Jdeme ještě dále a přebíráme odpovědnost za provoz díla, se kterým jsme strávili více než dvě desetiletí let života.*“

Budeme-li bilancovat úspěchy naší práce, měli bychom se ptát: mělo celé to snažení smysl? Je skutečně naše práce víc, než jen obchodní případ? Za prvního půl roku provozu projelo tunelovým komplexem Blanka více než 14 milionů vozidel. Pokud by každý z řidičů, který používá tunely dvakrát denně pro cestu do práce a nazpět, ušetřil oproti původnímu stavu pouhých 5 minut v jednom směru, celková úspora v tomto období by pro něj činila celkem 22 hodin. To je téměř celý den, který mohl strávit s rodinou, s přáteli nebo jej ekonomicky zhodnotit. A pokud by každý z řidičů, který ve stejném období použil tunely, ušetřil oproti původnímu stavu opět oněch 5 minut, činila by celková úspora času za první půl rok provozu celkem 135 let. Naše práce tak pozitivně změnila život statisíců obyvatel.

Vážení čtenáři časopisu Tunel, děkuji vám, že jste v onom uplynulém čtvrtstoletí byli s námi. Přeji vám i naší společnosti hodně dalších společných let a věřím, že i nadále budeme tento kvalitní časopis zásobovat zajímavými příspěvky z naší práce.



DEAR READERS,

there was Wednesday the 17th July 1991. The administration of presidents Bush and Gorbachov reached an agreement on the first draft of the future START II treaty. A new government of the Croatian Democratic Alliance originated. Our country was still a federation. In addition, the company of SATRA, spol. s r.o. was founded.

The total of 25 years is a number tempting to melancholic balancing over a long summary of reached milestones, to comparing and balancing success and failure cases and to painting the bright future. In particular if we accept the formulation *a quarter century* as marking of the same period of time, the same anniversary has all of the sudden greater urgency on that other scale. 25 years is only a number, but *a quarter century* obliges.

The elapsed time can be characterised from various points of view. The scale of human life appears to be most natural. Some of the people with whom we left Vojenský Projektový Ústav (the Military Designing Institute) in 1991 unfortunately can no more celebrate this anniversary with us. Many of our colleagues came for a short period of time and SATRA was only a partial episode of life for them. Some of them spent a part of their life inside the company which was longer than the time they had spent before. We even have colleagues who had not been born yet when the firm originated.

We are technicians and this fact in a certain way determines even how we regard the coherence of life and the passage of time. Even another comparison is offered allowing for describing our past quarter century. We began to participate in the project for the Blanka complex of tunnels at the time when this project even did not have its name yet. Blanka was only one of the variants to be assessed, which were represented only by an imaginary line on the map. We submitted a verification study, we were there when Blanka remained as the only variant and we led it through the zoning process and the building permission proceedings. An exploratory gallery for a part of the current Bubeneč tunnel originated in the 2002-2004 period of time. Biological assessment of natural monuments Královská Obora (Royal Game Reserve) and Jablonka was carried out. In 2006, we issued the tender design for the selection of the contractor for the civil engineering and technological parts and during the following nearly 10 years we acted as the consulting engineer and coordinator for the entire north-western section of the City Circle Road in Prague (the inner circle). We faced problems which frequently could not be anticipated and were unprecedented in our reality. Unfortunately, the problems were not always technical. More and more frequently were we engaged in political and legal “games”. The media image of the project was of no help because of the fact that it was significantly influenced by the irrational craving of a part of the public for negative information, which the media meet so obligingly.

Saturday the 19th September 2015 was the day when the entire Blanka complex of tunnels was opened to traffic. This moment was preceded by a several months lasting marathon of tests, which culminated by a successful exercise of the Integrated Rescue System, so to say on the eve of bringing Blanka into service. It has been obvious since the first minutes of the operation that the project serves reliably and brings many positive effects. The surface traffic flow volume sharply decreased. Where the traffic flow volume locally increased, the traffic is mostly more fluent or further continuation of the transportation concept is simply awaited. The Blanka complex of tunnels has one specific consequence, which is characterised by Prague citizens as “reducing the size” of the metropolis. The distance for overcoming of which the time of 45 minutes was formerly necessary can now be overcome in a third of that time.

It could seem that our work on this project is slowly ending with the approaching end of the trial operation. But owing to turbulent circumstances our role in the project will continue to be important. We ensure the operation of the Blanka complex of tunnel since June 2016. We have passed through the entire life cycle to date with this project, thus confirming the comprehensive character of our knowledge and experience. The following statement is contained in the SATRA, spol. s r. o. vision: „*Our work ends only after the certificate of practical completion is issued, not with handing a completed project over. We go even further and take over responsibility for the operation of the tunnels which we spent over two tens of life with.*“

When we take stock of the achievements of our work, we should ask: Did all our efforts have sense? Is it true that our work is more than a business case? Over 14 million vehicles passed through the Blanka complex of tunnels during the first six months of the operation. If each of the drivers who use the tunnels twice a day for travelling to the work and back saves a mere 5 minutes in one direction in comparison with the original condition, the total saving in this period of time would amount to 22 hours. It is nearly all day he could spend with the family or friends or increase its value. And if each of the drivers who used the tunnels during this period of time saved again the 5 minutes, the aggregate saving for the first half year of the operation in comparison with the original condition would amount to 135 years. In this way our work has positively affected lives of hundreds of thousands of citizens.

Dear TUNEL journal readers, allow me to thank you for being with us during the past quarter century. I wish you lots of future common years and believe that we will continue to supply this good quality journal with contributions from our work.

ING. LUDVÍK ŠAJTAR

jednatel a generální ředitel SATRA, spol. s r.o.

Executive Head and General Manager of SATRA, spol. s r.o.

POŽÁRNÍ OCHRANA TUNELOVÉHO OSTĚNÍ FIRE PROTECTION OF TUNNEL LININGS

LIBOR FLEISCHER

ABSTRAKT

Všechny podzemní stavby, kde se pohybují lidé, jsou složitými stavebními a technologickými díly. Nejen svým provedením, ale zejména následným provozem. Stejně jako objekty pozemního stavitelství i ty podzemní musí splňovat veškeré bezpečnostní podmínky. Mezi nejzákladnější požadavky patří zajištění stability objektu a požární bezpečnost. Podmínky pro bezpečnou evakuaci jsou dány v normativních požadavcích na tyto stavby. Jsou nedílnou součástí požárně bezpečnostního řešení stavby, které stanovuje zásady požární bezpečnosti každého konkrétního díla. Aby osoby měly možnost bezpečného úniku, musí stavební konstrukce vykazovat takovou požární odolnost, aby nedošlo k jejich porušení v příliš krátkém čase. Tady je zásadní rozdíl mezi požárem objektu stojícího na povrchu a požárem, který vznikne v podzemí. Při požáru pozemního objektu teplo vznikající hořením může volně unikat do okolí a objekt je ochlazován okolní atmosférou. Naopak při požáru v podzemí se teplo kumuluje uvnitř a stavba ukrytá v podzemí není tak účinně ochlazována, v podstatě se z tunelu stane pec. Samozřejmě záleží na zdroji hořlavých látek, ale jak ukázaly mnohé experimenty, stačí k těmto extrémním projevům běžné a na první pohled bezpečné materiály. Proto je důležité posoudit požární odolnost hlavní nosné konstrukce tunelu – ostění. Pro splnění navržených parametrů existuje několik způsobů a je na projektantovi, jaký systém požární ochrany ostění zvolí. Při návrhu by se měla zhodnotit veškerá rizika a zvážit i případné náklady na sanaci, či ekonomické dopady spojené s uzavřením podzemní dopravní tepny po dobu oprav.

ABSTRACT

All underground constructions with people moving inside are pieces of complex construction and technological work. It is so not only due to their execution but, in particular, due to the subsequent operation. As well as buildings, even underground constructions have to satisfy all safety conditions. Ensuring structural stability and fire safety belongs among the most basic requirements. Safe evacuation conditions are specified in standard requirements for these structures. They are an inseparable part of the fire design for the construction, which sets the principles of fire safety of each particular construction. Building structures have to exhibit fire safety preventing their damaging within a too short time so that persons are able to safely escape. Here is the basic difference between a fire in a building standing on the surface and a fire originating in the underground. In the case of a fire in a building on the surface, the heat generated by burning can freely escape to the surroundings and the structure is cooled down by the ambient atmosphere. On the contrary, in the case of a fire in the underground, heat is accumulated inside and the structure hidden in the underground is not cooled down so effectively and, in substance, the tunnel turns into a furnace. Of course, it depends on the source of flammable substances, but, as shown by numerous experiments, common and at first glance safe cargos suffice to these extreme manifestations. It is therefore important to assess the fire resistance of the main load-bearing tunnel structure, the lining. Several ways of meeting design parameters exist and it depends on designers which fire protection system they select. When a design is being carried out, all risks and potential costs of rehabilitation or economic consequences associated with closing the underground thoroughfare during repairs should be assessed.

ÚVOD

Dnešní doba je charakteristická volným pohybem osob a zboží. Zejména v Evropě v posledních desetiletích jsou patrné velké investice do dopravní infrastruktury. Tento trend se týká samozřejmě i všech rozvinutých částí světa. Se zahušťováním sítě komunikací přichází i potřeba budování podzemních dopravních staveb, a to buď z důvodu zkracování tras, nebo ukrývání dopravy pod povrch ve velkých městských aglomeracích za účelem zklidnění povrchové dopravy. Tento trend se nevyhýbá ani České republice a zejména jeden z největších projektů poslední doby – tunelový komplex Blanka – je toho důkazem.

Podzemní stavební díla jsou velmi náročné projekty nejen pro složitý způsob výstavby, ale také při jejich provozování. Jelikož se v dopravních tunelech pohybují lidé, jsou na tyto stavby kladeny přísné požadavky, mezi které spadá i požární bezpečnost. Tento článek se zabývá jen jednou částí požární problematiky, a to odolností ostění proti účinkům požárů spadající do pasivní oblasti požární odolnosti.

ZÁKLADNÍ NORMOVÉ POŽADAVKY

Základní požadavky pro projektování tunelů obsahují normy ČSN 73 7507 Projektování tunelů pozemních komunikací a ČSN 73 7508 Železniční tunely.

INTRODUCTION

The present time is characterised by the free movement of people and goods. Large investments into transport infrastructure have been apparent in recent decades in particular in Europe. Of course, this trend relates to all developed parts of the world. A need for developing underground transportation structures comes with increasing the road network density, carried out either for the reason of reducing the lengths of routes or hiding transportation under the surface in large urban agglomerations with the aim of reducing surface traffic flow. This trend even does not avoid the Czech Republic. The Blanka complex of tunnels, one of the recent largest projects, is a proof of it.

Underground construction projects are very exacting not only because of complicated construction processes but also because of the complex operation. Since people move through traffic and transport tunnels, strict requirements are imposed on them, with fire resistance among them. This paper only deals with one part of fire protection problems, the resistance of a lining to the effects of fires, which falls into the passive area of fire resistance.

BASIC STANDARD REQUIREMENTS

Basic requirements for designing tunnels are contained in standards ČSN 73 7507 Design of Road Tunnels and ČSN 73 7508 Railway Tunnels.

Předmětem prvně jmenované normy je navrhování tunelů pozemních komunikací a variant jejich šířkového uspořádání, průjezdný prostor tunelu, jeho příčné uspořádání, směrové a výškové vedení komunikace v tunelu. Obsahuje konstrukční pokyny, bezpečnostní úpravy i zásady požární bezpečnosti. Norma platí pro projektování nově navrhovaných tunelů silnic, dálnic a místních komunikací. Pro projektování rekonstrukcí a nového technického vybavení stávajících tunelů platí ustanovení této normy v maximálně využitelném rozsahu. Norma neplatí pro tunely místních komunikací a tunely s městskou kolejovou hromadnou dopravou, pro samostatné tunely nemotoristických komunikací a pro tunely účelových komunikací. Norma také neplatí pro podjezdy a tunely do 100 m délky. Druhá výše uvedená norma platí pro projektování tunelů drážních pro kolejová vozidla do rychlosti 160 km/h.

Obě normy obsahují kapitoly zabývající se požární bezpečností a opírají se o základní normy požární bezpečnosti staveb: ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty, ČSN 73 0804 Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty, ČSN 73 0810 Požární bezpečnost – Společná ustanovení, ČSN 73 0873 Požární bezpečnost staveb – Zásobování požární vodou, ČSN 73 0875 Požární bezpečnost staveb – Stanovení podmínek pro navrhování elektrické požární signalizace v rámci požárně bezpečnostního řešení, ČSN 73 0848 Požární bezpečnost staveb – Kabelové rozvody.

Dopravní prostor tunelové trouby je podle ČSN 73 0875 taxativně zařazen do pátého stupně požární bezpečnosti u krátkých tunelů (krátký tunel je tunel s délkou 100 až 500 m včetně), střední a dlouhé tunely pak do sedmého stupně požární odolnosti (střední tunel má délku 500 až 1000 m včetně, dlouhý tunel přes 1000 m). Což znamená, že tunelové ostění, pokud plní nosnou funkci, musí mít pro krátké tunely požární odolnost REI 120, pro střední a dlouhé tunely REI 180. Konstrukce a materiály použité na ostění musí být třídy reakce na oheň A1.

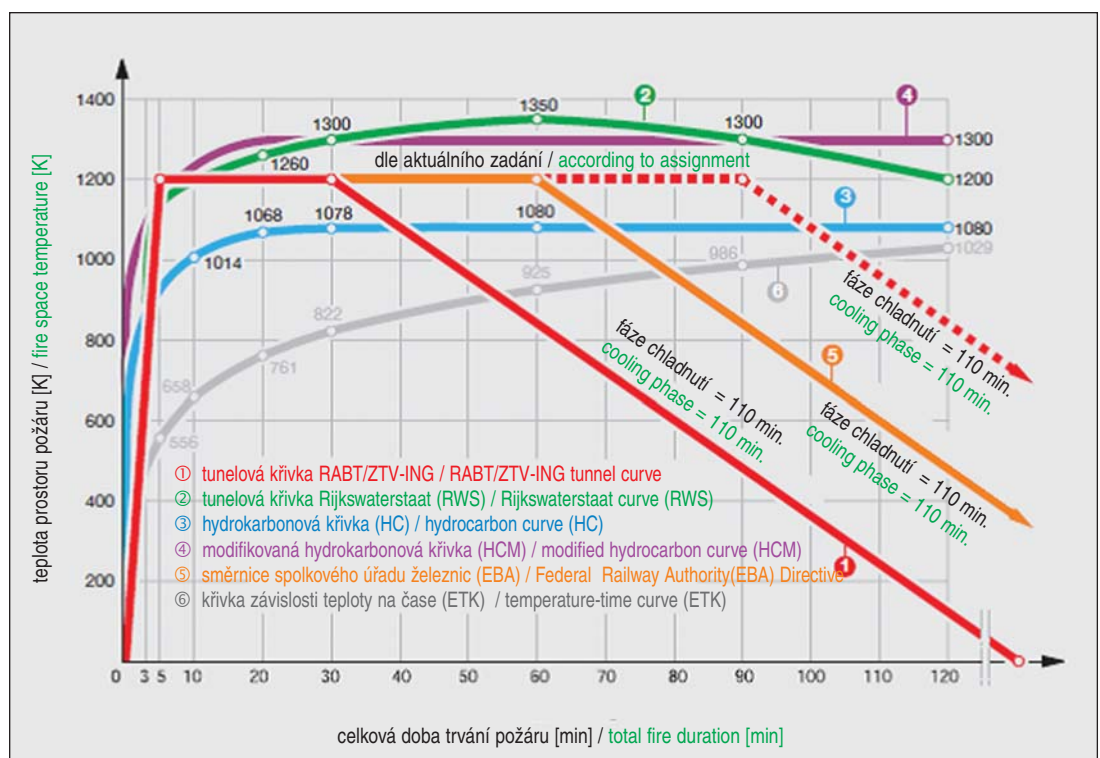
V České republice se v podzemních tunelových stavbách uvažuje teplotní scénář podle křivky ETK, což je normový požár v uzavřené místnosti. Ovšem v tomto směru neexistuje mezi jednotlivými zeměmi shoda a každá země se řídí svými požadavky a předpisy. Aplikovatelných křivek je několik a názory na průběh požáru v tunelu se mezi odborníky liší. Jednotlivé křivky jsou uvedeny na obr. 1.

Pokud porovnáme teploty u ETK křivky a nejprísnejší křivky RWS v třicáté minutě, je rozdíl teplot 478 °C. Jak prokázalo několik reálných testů (například Runehamar test, uskutečnil se v Norsku v roce 2003, pojednává o něm článek

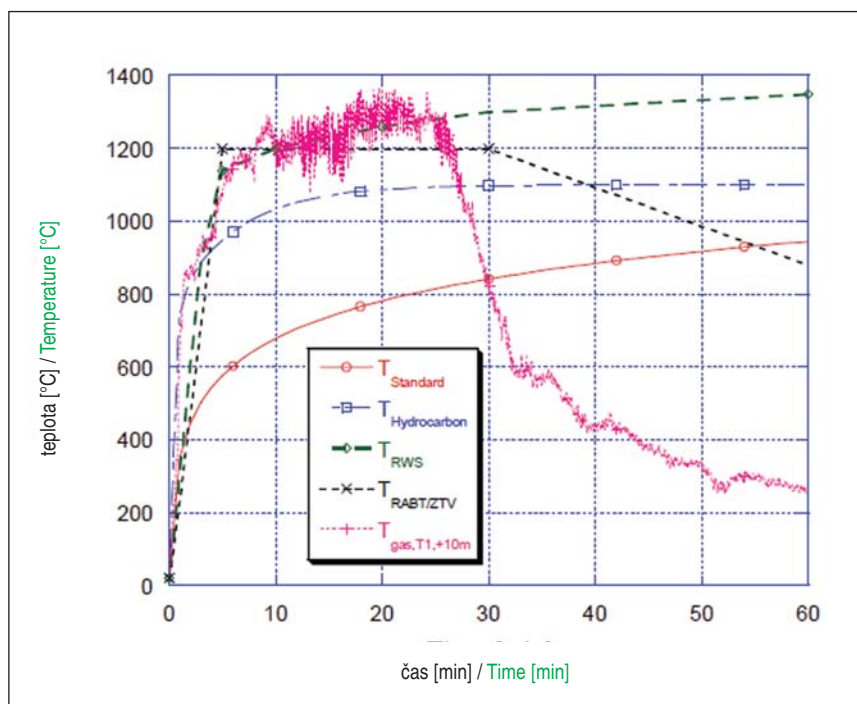
The subject of the former standard is designing road tunnels and the variants of the roadway width geometry, the tunnel clearance profile, the transverse arrangement of the clearance profile and the horizontal and vertical alignment of the road in a tunnel. The standard contains construction instructions, safety modifications and fire safety principles. It is applicable to designing newly proposed tunnels for roads, motorways and local roads. As far as designing for reconstruction and new technical equipment of existing tunnels is concerned, the provisions of this standard are applicable to the maximum usable extent. The standard is not applicable to tunnels on local roads and tunnels carrying urban track-bound mass transport, to independent tunnels on non-motoring roads and to tunnels on tertiary roads. In addition, the standard is not applicable to underpasses and tunnels with the length of up to 100m. The latter above-mentioned standard is applicable to designing railway tunnels for rail vehicles with the maximum velocity of 160km/h.

Both standards contain chapters dealing with fire safety. They are based on the following fundamental standards on the fire safety of buildings: ČSN 73 0802 Fire protection of buildings – Non-industrial buildings, ČSN 73 0804 Fire protection of buildings – Industrial buildings, ČSN 73 0810 Fire protection – General requirements, ČSN 73 0873 Fire protection of buildings – Equipment for fire-water supply, ČSN 73 0875 Fire protection of buildings – Setting specification for design of fire detection systems, ČSN 73 0848 Fire protection of buildings – Cable line.

Road space in a tunnel tube is exhaustively categorised by ČSN 73 08 7507 as the fire safety degree five for short tunnels (the short tunnel is a tunnel with the length of 100-500m, inclusively), whilst medium-length and long tunnels are categorised as fire resistance degree seven (the medium-length tunnel is 500 to 1000m long, inclusively; the long tunnel length exceeds 1000m). It means that the fire resistance class of a tunnel lining fulfilling a bearing function has to be REI 120 for short tunnels and REI 180 for medium-length and long tunnels. The fire



Obr. 1 Teplotní křivky požárních scénářů
 Fig. 1 Temperature curves of fire scenarios



Obr. 2 Průběh teplot plynů v porovnání s teplotními křivkami

Fig. 2 History of temperatures of gases compared with temperature curves

ve stejném čísle časopisu Tunel), kdy se nechaly hořet reálné, běžné se vyskytující náklady bez zvláštního rizika (dřevěné palety, plastové materiály), dosahované teploty překračovaly 1300 °C. Navíc se ukázalo, že nárůst teplot je mnohem rychlejší a již v páté minutě dosahovala teplota plynů přes 1200 °C. Průběh teplot plynů v porovnání s teplotními křivkami je vidět na grafu v obr. 2.

U každého nově navrhovaného tunelu je nutná analýza případných rizik. Na základě této analýzy a následně požárně bezpečnostního řešení stanovuje projektant podrobné požadavky na zajištění požární bezpečnosti stavby. V minulých letech se odehrálo několik vážných požárů v dopravních tunelech. Tyto události vedly k diskusi o úrovni zabezpečení podzemních staveb a snaze zvýšit bezpečnost všeobecně. Při porovnání úmrtí doprovázejících havárie spojené s požáry v tunelech a na běžných komunikacích hovoří statistiky jasně. Tunely jsou bezpečnější než otevřené komunikace. Jenže kolik kilometrů je otevřených komunikací a kolik kilometrů je tunelů?

Podzemní stavby mají velmi rozdílná specifika oproti stavbám na povrchu:

- evakuace osob – je možná jen směrem ven k portálu tunelu, druhým tubusem nebo únikovou štolou, z tunelu nejde vyběhnout ze dveří, vyskočit oknem, slézt po žebříku nebo odletět ve vrtulníku;
- větrání – odvod kouře a tepla – velké objemy, specifika tlakových poměrů v tubusech tunelů;
- kolaps stavebních konstrukcí – porušení únosnosti ostění může vést k závalům, zaplavení, zejména u mělce založených podzemních staveb nacházejících se v městských aglomeracích a pod vodními plochami;
- zásah jednotek integrovaného záchranného systému, zejména jednotek HZS;
- omezení fungování infrastruktury po dobu sanace poškozené stavby;
- technologické vybavení sloužící pro běžný provoz a zejména pak při krizových situacích.

reaction class A1 is prescribed for structures and materials used for the lining.

In the Czech Republic, the ETK curve is assumed for the temperature scenario for underground tunnel structures, which is a standard fire in a closed room. However, no consensus exists in this respect among individual countries and each country follows its own requirements and regulations. There are several applicable curves available and opinions on the course of a tunnel fire among professionals differ. They are presented in Fig. 1.

If we compare temperatures at the ETK curve and the most stringent RWS curve in the thirtieth minute, the difference amounts to 478°C. As proved by several realistic tests (for example the Runehamar test conducted in Norway in 2003, which is discussed in the same issue of TUNEL journal), where temperatures reached by burning realistic commonly occurring cargos without any special risk (wooden pallets, plastic materials) exceeded 1300°C. In addition, it turned out that the temperature increase rate is much faster and the temperature of gases exceeded 1200°C as early as the fifth minute. The history of the temperatures of gases in comparison with temperature curves is presented in Fig. 2.

with temperature curves is presented in Fig. 2.

An analysis of potential risks is necessary for each newly designed tunnel. Detailed requirements for ensuring the fire safety of a structure is set by the designer on the basis of this analysis and the subsequent fire design. Several serious fires happened in traffic tunnels during the recent years. These events led to discussions about the level of fire safety of underground structures and the effort to improve the safety in general. When death tolls accompanying incidents associated with fires in tunnels and on common roads are compared, statistics speak clearly. Tunnels are safer than open roads. However, how many kilometres of open roads exist and how many kilometres of tunnels exist?

The specifics of underground structures significantly differ from at-grade buildings:

- evacuation of persons – it is possible only in the direction toward the tunnel portal, through the other tunnel tube or through an escape gallery. It is not possible to run away from a tunnel through a door, jump out a window, climb down a ladder or fly away by a helicopter;
- ventilation – removing smoke and heat – large volumes, specifics of pressure conditions in tunnel tubes;
- a collapse of building structures – bearing failure of a lining may lead to collapses or inundation, mainly in shallowly founded underground structures located within urban agglomerations and under water areas;
- intervention of the Integrated Rescue System units, in particular the Fire Rescue Service;
- restricted functioning of the infrastructure during the course of the damaged structure rehabilitation;
- tunnel equipment serving during common operation and, in particular, during crisis situations.

PROPERTIES OF CONCRETE AND VARIANTS OF ITS PROTECTION

Concrete itself is an excellent material and is certainly most suitable for the construction of underground structures. On the

VLASTNOSTI BETONU A VARIANTY JEHO OCHRANY

Beton sám o sobě je výborný materiál a pro stavbu podzemních staveb určitě nejvhodnější. Z hlediska požární odolnosti má však své limity. Je možné zabezpečit vlastní odolnost pouhým betonem. Je to otázka zejména tloušťky krytí ocelové výztuže a celkové tloušťky železobetonové konstrukce. Při zahřátí betonu nad 100 °C dochází k několika reakcím. Fyzikálně, částečně také chemicky vázaná voda se v betonu uvolňuje a uniká ven. Expanzní faktor voda : vodní pára je 1:1700. Což způsobuje odprýskávání kusů betonu do velkých hloubek a dochází tak k oslabování nosné výztuže a rychlejší ztrátě nosnosti. Tento jev je o to intenzivnější, čím je beton kvalitnější, hutnější a tedy méně propustný pro unikání vodní páry. Odprýskaný beton je patrný na obr. 3, kde je zachycen vzorek betonového dílce ze standardního betonu s výztuží. Na obr. 4 je zaznamenán stav betonu po reálném požáru.

Rozhodující je také rychlost nárůstu teploty, kdy se ještě výrazněji projevují rozdíly v uvažovaných teplotních scénářích oproti křivce ETK a například RWS. Dalším projevem je teplotní degradace betonu. Tato degradace je nevratná a znamená vždy rozsáhlé sanační práce do velkých hloubek poškozeného betonu. Pro beton jsou zásadní teploty nad 300 °C a doba působení těchto teplot. Při teplotě 100–200 °C dochází ke ztrátě fyzikálně vázané vody a k enormnímu zvýšení vnitřního tlaku vyvolaného expanzí vodní páry. Současně dochází k rozkladu sádry. Kolem teploty 300–350 °C začíná prskat křemičité kamenivo. Při teplotě 400 °C se rozkládá Portlandit. Kolem teploty 500 °C dochází ke změnám z krystalové fáze z β na α . Při teplotě 700 °C nastává rozklad uhlíkatu vápenatého. Jedná se o silnou endotermickou reakci, která je doprovázena uvolňováním oxidu uhličitého, 800 °C znamená začátek vzniku keramických vazeb. Při teplotě 1100–1200 °C se tvoří Wollastonit. Teplota 1300 °C znamená celkový rozklad betonu a tavení některých složek. Shrnutí těchto skutečností může být jednoduše interpretováno tak, že konstrukční beton při teplotě 500 °C má pouze 50 % únosnost a při teplotě 800 °C již jen 10 % únosnost. A velmi podobně s únosností je na tom ocel. Na obr. 5 je znázorněn graf ztráty pevnosti betonu a oceli v závislosti na rostoucí teplotě.

Záleží vždy na konkrétní skladbě betonové směsi, na stáří betonu, na vlhkosti betonu, ale u běžných stavebních betonů



Obr. 3 Ukázka odprýskaného betonu až po ocelovou výztuž

Fig. 3 Demonstration of concrete flaked off up to steel reinforcement

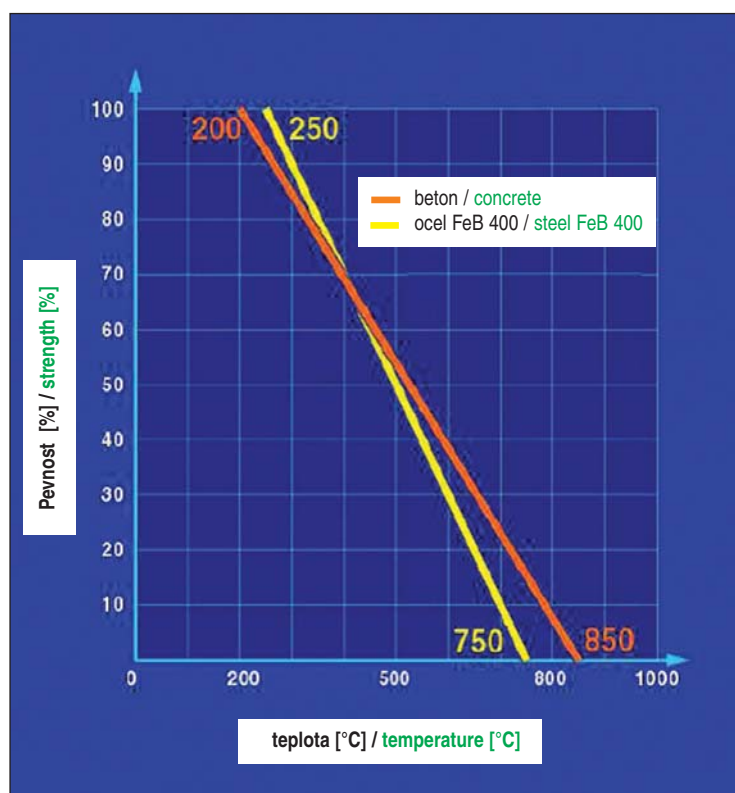
other hand, it has got its limitations from the aspect of fire resistance. It is mainly the matter of the concrete cover of steel reinforcement and the total thickness of the reinforced concrete structure. When concrete is heated over 100°C, several reactions take place. Water physically and partly even chemically bound in concrete releases and escapes out. The water : steam expansion factor is 1:1700. This phenomenon causes spalling off of the concrete surface up to great depths resulting into reducing the strength of bearing reinforcement and more rapid loss of the load-bearing capacity. This phenomenon is the more intense the higher the quality and density of concrete (the less permeable for escaping steam). Examples of flaked off concrete surfaces are presented in Fig. 3, where a sample of a concrete lining segment made of standard concrete containing steel reinforcement is exhibited. The condition of concrete after a real fire is recorded in Fig. 4.

The increase in the temperature, where the differences in the assumed temperature development scenarios in comparison with the ETK curve and, for example, the RWS curve manifest themselves even more noticeably, is also crucial. The thermal degradation of concrete is another manifestation. This degradation is irreversible and always means the extensive rehabilitation of the damaged concrete reaching to large depths. Temperatures over 300°C and the duration of the action of these temperatures are crucial for concrete. Physically bound water is lost and the internal pressure induced by the expansion enormously increases at temperatures ranging from 100 to 200°C. At the same time gypsum starts to decompose. Around the temperature of 300-350°C siliceous aggregates begin to crack. Portlandite decomposes at 400°C. Around the temperature around 500°C, crystalline phase β starts to convert into phase α . At the temperature of 700°C, calcium carbonate begins to decompose. It is a strong endothermic reaction, which is accompanied by releasing carbon dioxide; 800°C means the beginning of the origination of ceramic bonding. Wollastonite develops at the temperature of 1100–1200°C. The temperature of 1300°C means the overall decomposition of concrete and melting of some components. Summing these facts up can be simply interpreted as the fact that structural concrete at the temperature of 500°C has only 50% bearing capacity, whilst the capacity is only 10% at the temperature of 800°C. The strength of steel behaves very similarly. A chart of the loss of strength of concrete and steel depending on growing temperatures is presented in Fig. 5.



Obr. 4 Oprýskání betonu až na nosnou výztuž

Fig. 4 Concrete suffering spalling up to the depth of the bearing reinforcement



Obr. 5 Závislost pevnosti betonu a oceli na teplotě

Fig. 5 Dependence of the strengths of concrete and steel on temperature

půjde o velmi podobný průběh. Existují samozřejmě i speciální žárobetony, ty ale nejsou vhodné jako konstrukční beton pro stavební konstrukce.

Kromě složení betonové směsi má na celkovou odolnost vliv i tvar ostění. Jako nejvhodnější tvar se jeví klasická zakřivená klenba. Naopak ostění skládající se ze svislých stěn a vodorovného stropu odolává tepelnému zatížení daleko obtížněji. Takovému ostění se nejde často vyhnout ani u tunelů s klasickou klenbou, kde u rozsáhlejších a složitějších děl se v podzemí nacházejí například odbočky, z důvodů šířky vozovky se v takových částech volí vodorovná nosná konstrukce. Na základě mnoha testů prováděných akreditovanou zkušebnou Efectis na modelech tunelových tubusů pravoúhlého tvaru se ukázalo, že kromě standardních projevů betonu dochází vlivem akumulace napětí v rozích na styku stěna – strop k selhání konstrukce, kdy vznikají trhliny na celou tloušťku ostění. Tento typ ostění se používá nejčastěji u mělkých hloubených tunelových staveb v městských aglomeracích, kde na povrchu stojí budovy nebo tam jsou povrchové komunikace. Destrukce ostění pak může způsobit zával a poškození povrchové infrastruktury.

Varianty ochrany betonového ostění

a) Krytí výztuže betonem

Chování betonu při vysokých teplotách již bylo popsáno. Přesto jednou z variant, jak zajistit požární odolnost konstrukce, je zejména návrh krytí betonu odpovídající požadované požární odolnosti. Tato praxe je běžná v pozemním stavitelství. Betonové krytí ocelové výztuže nabízí požární ochranu po určitou dobu, vyšší betonové krytí prodlužuje tuto dobu až do doby dosažení kritických teplot na výztuži. V zásadě může zvýšené krytí betonem prodloužit čas do nástupu kritického odprýskávání. Má to však své hranice. Zkušenosti z požárů a výsledky zkoušek s modelovými požáry ukazují dokonce tvorbu trhlin s odprýskáním do hloubek

It always depends of the particular composition of concrete mix, the concrete age and the concrete moisture, but the course will be very similar in the cases of common structural concrete types. Of course, special high temperature resisting concrete types for building structures exist, but they are not suitable as structural concrete for common building structures.

Apart from the composition of concrete mix, even the lining geometry affects the overall resistance. A classical curved vault appears to be the most suitable geometry. On the contrary, a lining consisting of vertical walls and a horizontal ceiling resists thermal loads with much more difficulty. Such a lining type cannot be often avoided even in tunnels with a classical vault, where, for example, branches are located in the underground in more extensive and more complicated structures, where, with respect to the roadway width, horizontal bearing structures are selected for such parts. It turned out on the basis of numerous tests conducted on models of rectangular geometry tunnel tubes by Efectis, an accredited testing laboratory, that, apart from standard manifestations of concrete, the structure fails at corners at the wall – roof interface due to the accumulation of stress and cracks develop throughout the lining thickness. This lining type is used most frequently in shallow cut-and-cover tunnel structures in urban agglomerations, where buildings stand on the surface or where there are at-grade roads. In such the case the destruction of the lining may cause a collapse and damage to the surface infrastructure.

Concrete lining protection variants

a) Covering steel reinforcement with concrete

The behaviour of concrete at high temperatures has already been described. Despite this fact one of the variants how to ensure fire resistance of a structure lies in the concrete cover corresponding to the fire resistance required. This practice is common in building. Covering steel reinforcement with concrete offers fire protection for a certain time; thicker concrete covers extend this time until the critical temperatures are reached on the reinforcement surface. Basically, the increased thickness of concrete cover may extend the time to the onset of critical spalling. Of course, it has got its limits. However, experience from fires and results of tests with model fires show the development of cracks up to the depths exceeding 40mm. A concrete structure damaged by fire requires expensive and long-running repair measures.

The fire in the Eurotunnel in 1996 led to serious damages to the tunnel lining along the length of 500m. Concrete flaked off up to the depth of two thirds of the lining thickness. The repair of the damaged section took 6 months and claimed ca 55 million Euros. The damage and losses incurred due to the suspension of the tunnel operation climbed to 300 million Euros.

b) Concrete with the content of polypropylene fibres

One of the ways how to restrict concrete flaking lies in creating sufficient space in concrete for the expansion of the steam originating during the course of heating the concrete. To this end, adding of polypropylene fibres to concrete mix started. It is currently the most common method of increasing the fire resistance of concrete tunnel linings. The method takes advantage of the low melting temperature of the fibres, fluctuating about 160°C. After the fibres are melted, a network of free canals develops in the concrete layer, allowing steam to escape to the surface. In this way the pressure is reduced and massive

vyšších než 40 mm. Požárem poškozená betonová konstrukce vyžaduje drahá a dlouhou dobu trvající sanační opatření.

Požár v Eurotunelu v roce 1996 vedl k vážnému poškození ostění tunelu v délce 500 m. Došlo k odprýskání betonu do hloubky dvou třetin síly ostění. Oprava poškozeného úseku trvala 6 měsíců a vyžádala si cca 56 milionů eur. Škoda a finanční ztráty za neprovozování tunelu po dobu oprav se tehdy vyšplhaly na částku 300 milionů eur.

b) Beton s obsahem polypropylenových vláken

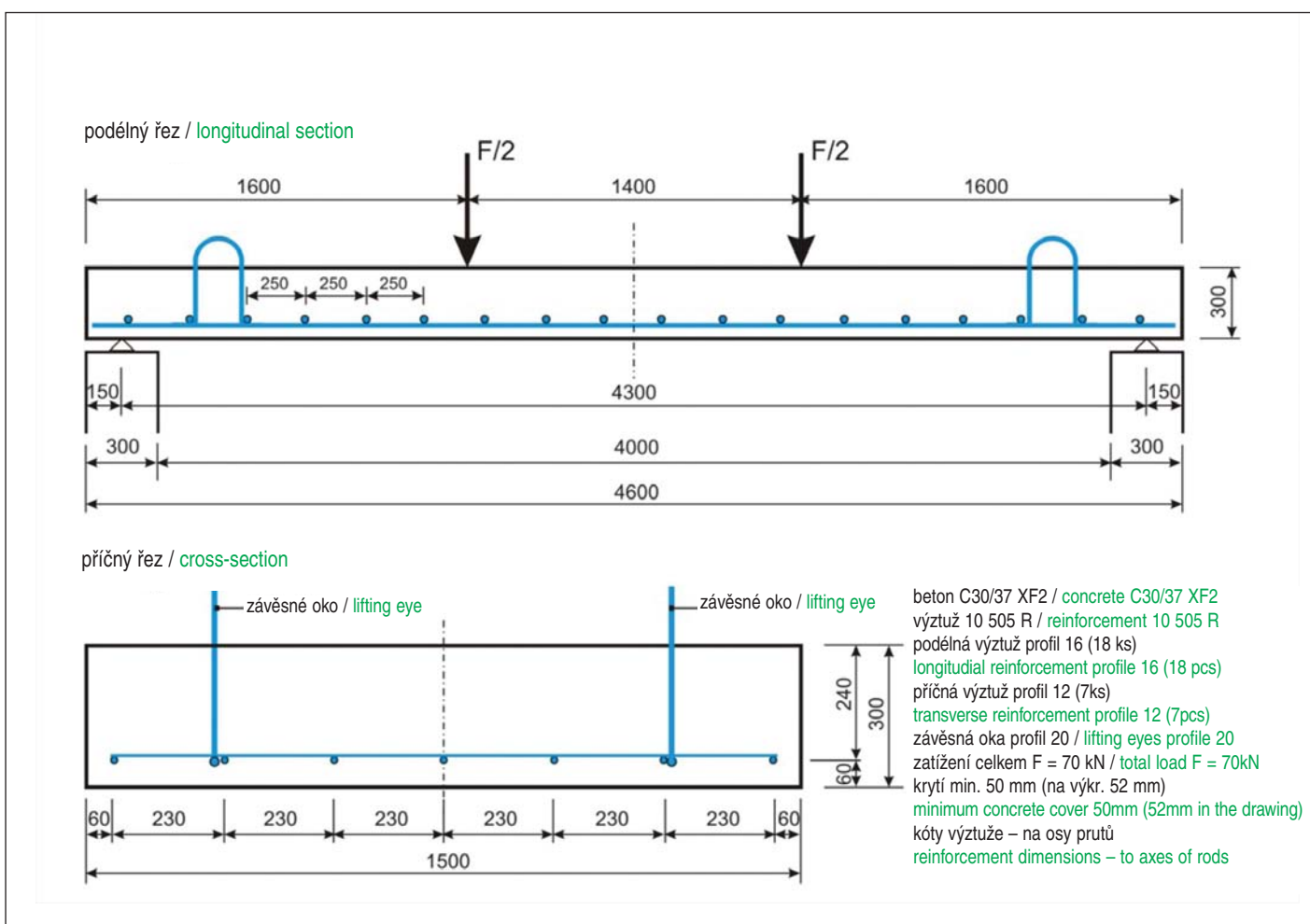
Jednou z cest, jak omezit odprýskávání betonu, je vytvořit v něm dostatečný prostor k expanzi vodní páry, vznikající při zahřátí betonu. Za tímto účelem se začala do betonu přidávat polypropylenová vlákna. V dnešní době se jedná o nejběžnější metodu ke zvýšení požární odolnosti betonových ostění tunelů. Využívá se nízké teploty tání těchto vláken, která se pohybuje kolem hodnoty 160 °C. Po jejich roztavení se vytvoří v betonové vrstvě síť volných kanálků, jimiž může k povrchu unikat vodní pára, čímž se sníží tlak a nedochází k masivnímu odprýskávání. Pro správnou funkci je důležité pravidelné rozptýlení vláken v betonu. Tato technologie prodlouží zachování celistvosti betonové konstrukce, nedokáže však ochránit vlastní beton před účinky vysokých teplot, které způsobují jeho rozpad. I když se může po požáru povrch betonu jevit v pořádku, jeho vlastnosti budou změněny a měl by být posouzen rozsah sanace.

V roce 2009 až 2010 probíhaly ve zkušebně PAVUS a. s. ve Veselí nad Lužnicí zkoušky vodorovného tunelového ostění.

flaking does not take place. Regular dispersion of fibres in concrete is important for proper functioning. This technology extends maintaining the integrity of the concrete structure, but it is not able to protect the concrete against the effects of high temperatures causing its decomposition. Even if the concrete surface may appear to be in order, its properties will be changed and the extent of rehabilitation should be assessed.

In 2009 to 2010, tests were conducted on the horizontal tunnel lining at PAVUS a. s. testing laboratory in Veselí nad Lužnicí. The tests were organised within the framework of the CIDETAS Exploration Centre at the Czech Technical University, under the auspices of the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic, project No. 1M0579. The purpose of the tests was to verify linings loaded during a fire according to the hydrocarbon curve. Two samples with the dimensions of 4600x1500x300mm, produced from C30/37 grade concrete, containing polypropylene fibres (reinforcing steel grade 10 505 R, seven longitudinal rods Ø 16mm, minimum concrete cover 50mm; transverse rods Ø 12mm, spaced at 250mm) were always tested. The samples were loaded by 70kN. The drawing is in Fig. 6. The required fire resistance was R 180 and the values of the deflection limit and deflection rate limit were adopted as criteria for reaching the limit states. The value of the deflection limit $D = L^2/400d = 154.1\text{mm}$ and the deflection rate limit $dD/dt = 6.85\text{mm/min}$ were prescribed.

The good effectiveness of the fibres manifested itself during the course of the test; no significant scaling appeared. On the other hand, deformations grew relatively rapidly; sample DI did



Obr. 6 Schéma modelu stropní desky

Fig. 6 Diagram of the model of a roof deck



Obr. 7 Vzorek po zkoušce s viditelnou velikostí deformace
Fig. 7 A sample after testing, showing a visible magnitude of deformation

Testy byly organizovány v rámci Výzkumného centra CIDE-TAS při ČVUT za podpory MŠMT ČR, projekt č. 1M0579. Předmětem testů bylo ověřit chování ostění se zatížením při požáru, probíhajícího podle hydrokarbonové křivky. Testovaly se vždy 2 vzorky o rozměrech 4600x1500x300 mm vyrobené z betonu třídy C30/37 XF2 s obsahem polypropylenových vláken (ocel výztuže 10 505 R, podélná v sedmi kusech Ø 16 mm minimální krytí 50 mm, příčná výztuž Ø 12 mm po 250 mm). Zatížení vzorků bylo 70 kN. Výkres konstrukce je na obr. 6. Požadovaná požární odolnost byla R 180 a kritérii dosažení mezních stavů byly hodnoty mezního průhybu a mezní rychlost průhybu. Pro dané vzorky byla hodnota mezního průhybu $D = L^2/400d = 154,1 \text{ mm}$ a mezní rychlost průhybu $dD/dt = 6,85 \text{ mm/min}$.

V průběhu zkoušky se projevila dobrá účinnost vláken, nedocházelo k velkému odprýskávání betonu. Na druhou stranu deformace rostly poměrně rychle, vzorek D1 nevyhověl na mezní velikost deformace a vzorek D2 jen těsně. Výsledky jsou patrné z grafu na obr. 9. Dalším zjištěním po odebrání vzorků bylo, že beton byl tepelně degradován a jeho struktura poškozena do velkých hloubek. Objevily se také trhliny do více než 2/3 tloušťky vzorku, které jsou patrné na obr. 7 a 8.

Zkouška ukázala, že polypropylenová vlákna omezila odprýskávání betonu, což umožnilo výrazně prodloužit odolnost zkušebních vzorků. Ukázalo se ale také, že beton má limitní izolační schopnosti pro ochranu ocelové výztuže, pokud je použito namáhání podle hydrokarbonové křivky. Důkazem jsou velikosti deformací. Vlákná také nezabrání teplem degradaci betonu do velkých hloubek.

c) Protipožární omítky

Další z variant ochrany betonového ostění je použití speciálních protipožárních omítek. Mají velkou výhodu, že jejich aplikace je možná na jakýkoliv zakřivený povrch. Jeví se jako dobrý materiál pro sanace. Nevýhodou naopak je problematická přídržnost k podkladům, na které jsou aplikovány. U nových betonů na povrchu zůstávají zbytky přípravků usnadňující odbedňování. Lze je běžně smýt vodou a doporučuje se oplach studenou tlakovou vodou při minimálním tlaku 200 barů. To platí, pokud bednění je odstraněno po úplném vytvrdnutí betonu. Pokud se z důvodů zvýšení produktivity a v souladu s technologickým předpisem provádí odbedňování dříve, používají se k zabránění rychlého vysychání povrchu ochranné přípravky, které mohou vsáknout do betonu do hloubky 1–2 mm. V tomto případě oplach tlakovou

not satisfy the criterion for the deformation value limit and sample D2 passed only narrowly. The results are obvious from graph in Fig. 9. Another findings made after taking the samples were that the concrete was thermally degraded and its structure was damaged to great depth. Even cracks reaching deeper than 2/3 of the sample thickness appeared. They are shown in Figures 7 and 8.

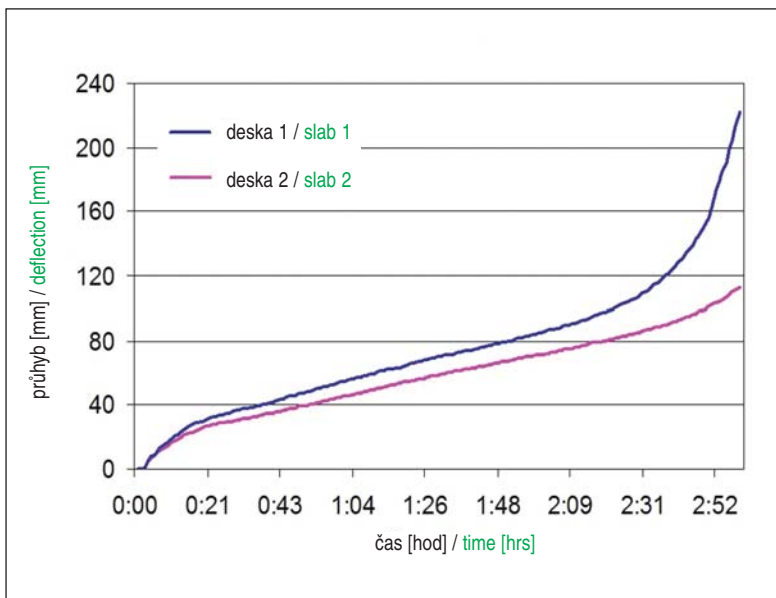
The test proved that polypropylene fibres restricted concrete spalling, which fact allowed for significant extension of the duration of the resistance of the test samples. However, it in addition turned out that the concrete has got limit insulation properties regarding the protection of steel reinforcement if the stressing according to the hydrocarbon curve is applied. The magnitude of deformations is a proof of it. In addition, the fibres do not prevent thermal degradation of concrete to great depths.

c) Fire-protective plastering

Another variant of the protection of concrete linings is the application of special fire-protective mortars. The great advantage of them is the fact that their application is possible to any curved surface. They appear to be a good material for repairs. Conversely, the problematic bond to the substrate to which they are applied is their disadvantage. In the cases of new surfaces, remains of concrete form release agents stick to the surface. Usually they can be washed off with water; rinsing with cool high-pressure water under the minimum pressure of 200bar is recommended. This applies if the formwork is struck after concrete completely hardens. If stripping is carried out sooner for the reason of increasing productivity and in compliance with a technological regulation, protective agents preventing quick drying of the surface are applied, which can soak into concrete up to the depth of 1-2mm. In this case rinsing with 200bar high-pressure water is not sufficient and it is necessary to use ultra-high-pressure washing with the application of the water pressure of 700bar. Perfect cleaning of the substrate is absolutely necessary in the cases of the reconstruction of older structures. It is possible to use special detergents removing all sediments from the concrete surface. Concrete linings of longer operated tunnels is usually strongly contaminated with dirt and emissions produced by passing vehicles. Rinsing with 700bar high-pressure water is also recommended, depending on the lining surface condition. An inseparable part is the creation of an adhesion bridge prior the application of the plastering. It will allow for perfect bonding of the plaster with the concrete substrate. The



Obr. 8 Detail velikosti trhlin
Fig. 8 A detail of the magnitude of cracks



Obr. 9 Deformace desky v závislosti na čase

Fig. 9 Deformation of a slab in dependence on time

vodou 200 barů nestačí a musí být použito ultra vysokotlaké omytí, kdy se používá tlaku vody 700 barů. U rekonstrukcí starších staveb je bezpodmínečně perfektní očištění podkladu. Je možno použít speciální detergenty, které odstraní z povrchu betonu veškeré usazeniny. Betonové ostění u déle provozovaných tunelů bývá silně kontaminováno nečistotami a emisemi od projíždějících vozidel. Podle stavu povrchu ostění se doporučuje provést rovněž oplach takovou vodou 700 barů. Nedílnou součástí před aplikací omítkoviny je vytvoření adhezního můstku, který umožní perfektní spojení malty s betonovým podkladem. Použití výztužné sítě kotvené do ostění tunelu není nutné a záleží na předpisu konkrétního výrobce. Pokud však musí být použita, doporučuje se výhradně nerezová. U starých ostění se doporučuje provést zkoušku přilnavosti vhodným zařízením, například odtrhávací zkoušečkou PosiTest®.

U omítek bývá problematická výsledná kvalita povrchu, která nemusí vyhovovat požadavkům na pohledové vlastnosti ostění. Pouhým nástřikem nelze dosáhnout hladkého povrchu. Je možné zahrazení, které se však provádí ručně, což zvyšuje pracnost a prodlužuje dobu aplikace.



Obr. 10 Poškození betonu požárem

Fig. 10 Damage to concrete by a fire

application of a reinforcing mesh anchored into the tunnel lining is not necessary and depends on the manufacturer's specifications. But if it has to be used, we recommend exclusively stainless steel. In the cases of old linings it is recommended that a bonding test is conducted using proper equipment, for example PosiTest® tester.

As far as the plaster is concerned, the resultant quality, which does not have to meet requirements for visual properties of the lining, is often problematic. It is impossible to achieve a smooth surface only by spray application. Smoothing the surface is possible, but it is carried out by hand. It increases labouriousness and extends the duration of the application.

A typical and worldwide used representative of fire-protective plastering material is Cafco FENDOLITE® MII, which is based on Portland cement and vermiculite.

d) Cladding with fire-protective slabs

Cladding linings with slabs belongs among the most effective methods of protecting the linings. It is not at all a new technology. The first documentable application was in England, in the town of Darford, in 1963.

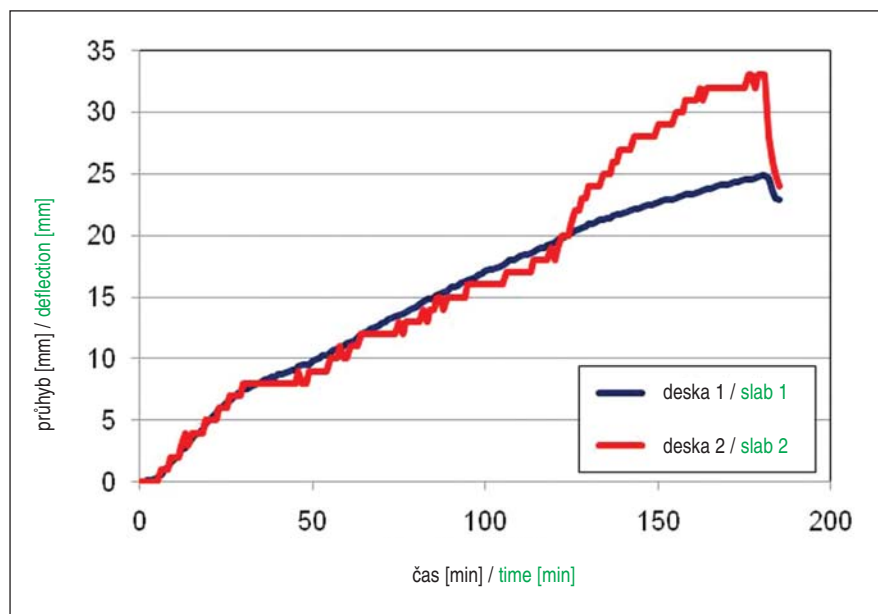
The advantage of cladding with slabs is that it fulfils several functions. The first and most basic of them is fire protection – securing the bearing capacity and stability of tunnel linings. The cladding can be designed for the effects of the most stringent temperature scenarios so that temperatures in concrete and steel reinforcement do not exceed the critical limit. In addition, the cladding works as a filter against aggressive substances, such as chlorides from road salt or exhaust emissions, thus reducing the corrosion of concrete reinforcement. In addition, cladding can act as a safety umbrella in leaking tunnels, such as that in Hamburg, where the cladding in tunnels under water areas ensures flowing of seeping water down to the lining footings, where water is diverted through a pipeline to storage tanks to be pumped outside the tunnel from them.

A great advantage in the case of a tunnel fire lies in the quick replacement of damaged slabs. Of course, the lining is checked, but experience from real fires shows that the lining is not at all damaged or the damage is miniscule in comparison with the other systems of protecting linings against the effects of fires. The fire in one of Hamburg tunnels which happened in 2011 can be used as a proof. Fortunately, it was not a big fire and nobody



Obr. 11 Stav ostění po 180 minutách – minimální deformace

Fig. 11 Lining condition after 180 minutes – minimum deformation



Obr. 12 Průběh deformace na vzorcích ostění s obklady

Fig. 12 Development of deformation on lining samples with cladding

Typickým a celosvětově používaným představitelem protipožární omítkoviny je materiál Caeco FENDOLITE® MII, jeho základem je portlandský cement a vermikulit.

d) Obklady protipožárními deskami

Obklady ostění deskami patří k nejúčinnějším způsobům ochrany ostění a nejedná se vůbec o novou technologii. První doložitelná aplikace byla v Anglii ve městě Darford v roce 1963. Výhodou deskových obkladů je, že plní více funkcí. Tou první a nejzákladnější je požární ochrana – zajištění únosnosti a stability tunelového ostění. Obklad může být navržen na účinky nejprísnejších teplotních scénářů tak, aby teploty v betonu a ocelové výztuži nepřekročily kritickou mez. Obklad dále funguje jako filtr proti agresivním látkám, jako jsou chloridy z posypových solí nebo emise výfukových plynů, čímž je omezena koroze ocelové výztuže. Dále může obklad sloužit jako pojistný deštník u prosakujících tunelů, jako je to ve městě Hamburk, kde obklad v tunelech pod vodními plochami zajišťuje stékání prosakující vody k patám ostění, kde je voda odvedena potrubím do záchytných jímek a odtud čerpána mimo tunel.

V případě požáru v tunelu je velkou výhodou rychlá výměna poškozených desek. Je samozřejmé, že se provede i kontrola ostění, ale zkušenosti z reálných požárů ukazují, že ostění není poškozeno vůbec nebo jen v nepatrném rozsahu v porovnání s ostatními způsoby zajištění ostění proti účinkům požáru. Důkazem může být požár právě v jednom z hamburských tunelů, ke kterému došlo v roce 2011. Naštěstí se nejednalo o velký požár a nikdo nepřišel o život. Oheň vznikl v motorovém prostoru taháče návěsů a bylo velké štěstí, že se nerozšířil na vlastní náklad, 20 tun kukuřice. Stropní část tunelu včetně přesahu na svislé stěny byla tvořena obkladem z desek 2 x PROMATECT®-H 12 mm. I když se jednalo o malý požár, byla poškozena první vrstva deskového obkladu, ale vlastní ostění zůstalo nepoškozené. Oprava byla velice rychlá a sestávala z výměny několika desek, což se děje suchou cestou bez mokřých procesů. Naproti tomu zbývající část svislého ostění bez obkladu byla zřetelně poškozena odprýskáním vrstvy betonu, jak je vidět na obr. 10.

Stejně jako vzorky s polypropylenovými vlákny bylo v rámci projektu Výzkumného centra CIDETAS také testováno ostění

lost the life. The fire originated in the motor space of a truck-tractor and it was great luck that it did not spread to the cargo itself (20 tonnes of ray). The tunnel roof part including overlaps to vertical walls was formed by cladding with 2 x PROMATECT®-H 12mm slabs. Even though it was a small fire, the first layer of the cladding slabs was damaged, but the lining itself remained undamaged. The repair was very quick. It consisted of replacing several slabs. This work was carried out using a dry way, without wet processes. By contrast, the remaining part of the vertical lining without the cladding was significantly damaged by spalling of a concrete layer, see Fig. 10.

The lining clad in PROMATECT®-T, 25 mm slabs (see Fig. 11) as well as the samples containing polypropylene fibres were tested within the framework of the CIDETAS Research Centre. In contrast to the samples containing fibres, the samples with the cladding behaved significantly better. The maximum deformation of sample D1 was only

25mm, which is 4.8 times better result than the deformation when fibres were used. In the case of sample No. 2 a part of the cladding fell off at the end of the test course, but the deformation amounted to 33mm even at this sample, which was 3.6 times better in comparison with the use of fibres. The condition of the lining after 180 minutes is documented in Fig. 11; the deformations are very small. The results are shown in the graph in Fig. 12. Both samples satisfied requirements by a sufficient margin. The cause of falling a part of the cladding off could lie in the fact that the samples were produced including the cladding in Prague and were subsequently transported to the testing laboratory. This is not a standard procedure. Samples should be produced and assembled in the testing laboratory. Nevertheless, despite this fact, the results with the cladding were unambiguously best.

In practice, the slabs are installed either by placing them into the mould and subsequent placing of reinforcement and concrete or by attaching them additionally on the completed lining after stripping the formwork. The two ways are shown in Figures 13 and 14.

The application of cladding with slab-type materials offers even other advantages. For example, PROMATECT®-H 2 calcium silicate slab has got 5 times better insulation properties than



Obr. 13 Ukládání obkladových desek do bednění

Fig. 13 Placement of cladding slabs into moulds

s obkladem z desek PROMATECT®-T 25 mm (obr. 11). Oproti vzorkům s vlákny se vzorky s obkladem chovaly výrazně lépe. U vzorku D1 byla maximální deformace jen 25 mm, což je 4,8krát lepší výsledek než u vláken. U vzorku č. 2 došlo ke konci průběhu testu k odpadnutí části obkladu a i u tohoto vzorku činila deformace 33 mm, tj. 3,6krát lepší hodnota oproti vláknům. Stav ostění po 180 minutách je zachycen na obr. 11, deformace jsou velmi malé. Výsledky jsou znázorněny v grafu na obr. 12. Oba vzorky tak s rezervou vyhověly. Příčinou odpadnutí části obkladu mohla být skutečnost, že vzorky byly vyráběny v Praze včetně obkladu a pak následně transportovány do zkušebny, což není standardní postup. Vzorky by se měly vyrábět a montovat ve zkušebně. Ale i přes tuto skutečnost byly výsledky s obkladem jednoznačně nejlepší.

V praxi se pak desky montují buď uložením do bednění s následnou montáží výztuže a betonáží, nebo dodatečným obkladem na hotové, odbedněné ostění. Oba způsoby jsou patrné z obr. 13 a 14.

Použití obkladů z deskových materiálů má i další výhody. Například kalciumpilíkatová deska PROMATECT®-H 2,5krát lépe izoluje než beton. Takže například deska silná 20 mm nahradí 50 mm betonu, čehož by se dalo využít ke zmenšení celkové tloušťky betonového ostění a současně využít tyto desky pro ochranu betonu při požáru.

SHRNUTÍ

Nutnou součástí každého projektu podzemní stavby je podrobná analýza všech rizik. Na základě této analýzy se projektant rozhoduje, jak se s těmito okolnostmi vyrovná. Proto velmi důležitou součástí projektové dokumentace každého podzemního díla je požárně bezpečnostní řešení stavby, které stanovuje podmínky požární bezpečnosti ve všech ohledech a důsledcích. Dnešní doba našťastí přináší celou řadu materiálových a konstrukčních možností. Ať už se projektant rozhodne pro jakoukoliv výše uvedenou ochranu ostění tunelu, musí si být jistý, že v případě mimořádné události bude možná včasná evakuace osob, nedojde ke kolapsu konstrukce a bude umožněn zásah jednotek HZS.

Důležitým a sledovaným faktorem je ekonomičnost každého stavebního díla. Kromě vlastních nákladů na výstavbu je potřeba zohlednit také budoucí náklady na údržbu, opravy a rekonstrukce pro případné prodloužení životnosti. Kromě těchto aspektů je nutné také zvážit případné náklady spojené s dobou neprovozování tunelu při rozsáhlé opravě a vliv této skutečnosti na okolní infrastrukturu. U tunelů situovaných mělce nebo v nestabilních horninách také rizika spojená s případným závalem a propadem terénu v místě ztráty únosnosti tunelového ostění.

Tento příspěvek se věnoval jen malé části pasivní požární bezpečnosti podzemních staveb se zaměřením na požární odolnost tunelového ostění. Problematika požární bezpečnosti v těchto stavbách je samozřejmě daleko obsáhlejší. Každá podzemní stavba je složité inženýrské dílo a je jistě přáním všech, aby takových děl přibývalo. Protože zejména dopravou přetížená města potřebují dobudovat dopravní infrastrukturu, která všem usnadní rychlejší a svobodnější pohyb.

Ing. LIBOR FLEISCHER, fleischer@promatpraha.cz,
Promat s.r.o.

Recenzovali / Reviewed: prof. Ing. Jan Vítek, CSc.,
prof. Ing. František Wald, CSc.



Obr. 14 Dodatečný obklad požárně ochrannými deskami
Fig. 14 Additional cladding with fire protection slabs

concrete. So, for example, a 20cm thick slab substitutes 50cm of concrete. This fact could be taken advantage of for reducing the concrete lining thickness and, at the same time, these slabs could be used for the protection during the course of a fire.

RESUME

A part necessary in each underground construction design is a detailed analysis of all risks. The designer decides on the way he or she will cope with these conditions on the basis of this analysis. For that reason the fire design determining fire safety conditions in all respects and consequences is a very important part of the design for each underground construction. Fortunately, the present time brings a range of material and structural options. Whichever of the above-mentioned tunnel lining protection systems is selected, the designer has to be certain that the timely evacuation of persons will be possible, a collapse of the structure will not take place and the intervention of the Fire Rescue Service units will be allowed for.

Economy of any construction working is an important and observed factor. It is necessary to take into account not only the cost of construction but also the future costs of maintenance, repairs and reconstruction required for contingent extension of the life length. Apart from the above-mentioned aspects it is even necessary to consider potential costs associated with the duration of the suspension of operation in the case of an extensive repair and the impact of this fact on the infrastructure in the surroundings. Regarding tunnels at shallow depths or in instable ground, there are additional risks associated with a contingent collapse and sinking of the ground surface in the location of the loss of the bearing capacity of the tunnel lining.

This paper was dedicated to an only small part of passive fire safety of underground structures with the focus on the fire resistance of tunnel linings. Of course, the issue of fire safety in these structures is much more extensive. Each underground structure is a piece of complex engineering work. It is certainly the wish of all people that the number of such workings increases. The reason is the fact that mainly the cities overburdened by traffic need to finish the development of transportation infrastructure, which will facilitate faster and freer movement for everybody.

Ing. LIBOR FLEISCHER, fleischer@promatpraha.cz,
Promat s.r.o.

TUNELOVÝ KOMPLEX BLANKA A VYBRANÁ POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ZAŘÍZENÍ

BLANKA COMPLEX OF TUNNELS – SELECTED FIRE SAFETY EQUIPMENT

PETR KEJKLIČEK

ABSTRAKT

Dnešní velkoměsta se již neobejdou bez dopravy umístěné do podzemí. Podíváme-li se kamkoliv do světa, tak doprava postupně mizí v tunelových sítích. Tento proces není novodobý. Typickým představitelem je metro, které je ve velkých aglomeracích nejrozšířenějším podzemním dopravním systémem. S rostoucím počtem obyvatel ve městě a tím i rostoucím počtem automobilů se trend podzemních silničních komunikací stává čím dál tím víc aktuální. Společně s městskými okruhy tunely přispívají ke zklidnění dopravy v centrech měst a usnadňují průjezd rozsáhlými aglomeracemi. Předpokladem toho, že účastníci provozu budou podzemní komunikace využívat, je jejich důvěra v bezpečný průjezd a v případě nehody bezproblémové vyřešení této situace. Z těchto důvodů jsou novodobé tunely vybavovány složitými systémy, které hlídají bezpečný pohyb dopravních prostředků a usnadňují řešit komplikace, které mohou vlivem nepozornosti řidiče nebo z důvodu technické závady v tunelu vzniknout. V tunelech se nacházejí, mimo jiné, systémy pro odvod tepla a kouře, které eliminují tepelné namáhání konstrukcí, umožňují bezpečnou evakuaci a zásah jednotek HZS. Tunely jsou také protkány hustou sítí kabelů, které procházejí požárními úseky, na jejichž hranicích se musí požárně těsnit. To vše je i součástí tunelového komplexu Blanka, který vzhledem ke svému ojedinělému rozsahu je technologiemi výborně vybaven.

ABSTRACT

Today's cities can no more cope without traffic put underground. If we look anywhere in the world, traffic gradually disappears in networks of tunnels. This process is not new. Metro is a typical representative. It is the most common underground transportation system in large agglomerations. With growing population of cities, thus also growing numbers of vehicles, the trend towards underground roads becomes more and more current. Together with city ring roads, tunnels contribute to easing traffic flows on roads in centres of cities and facilitate passage through large agglomerations. A condition for the use of underground roads by road traffic participants is that they will trust in the safe passage through the tunnel and that, in the case of an accident, the situation will be solved without problems. For these reasons current tunnels are equipped with complicated systems watching over the safe movement of means of transport, facilitating solutions to the complications which can originate due to inattentiveness of a driver or because of a technical defect inside the tunnel. In tunnels there are, apart from other things, heat and smoke evacuation systems eliminating thermal loading on structures and allowing for safe evacuation and the intervention of fire rescue service units. Tunnels are, in addition, interwoven with a dense network of cables passing along fire compartments; they have to be provided with fire sleeves at the borders of the compartments. All of that is also part of the Blanka complex of tunnels, which is, with respect to its unique extent, provided with excellent equipment.

ÚVOD

V současné době je tunelový komplex Blanka největší podzemní silniční dopravní stavbou, která byla realizována v České republice. Jedná se o soustavu na sebe navazujících tunelů (Brusnický, Dejvický a Bubenečský) s celkovou délkou tunelových těles 5,5 km, patří k nejdelším městským

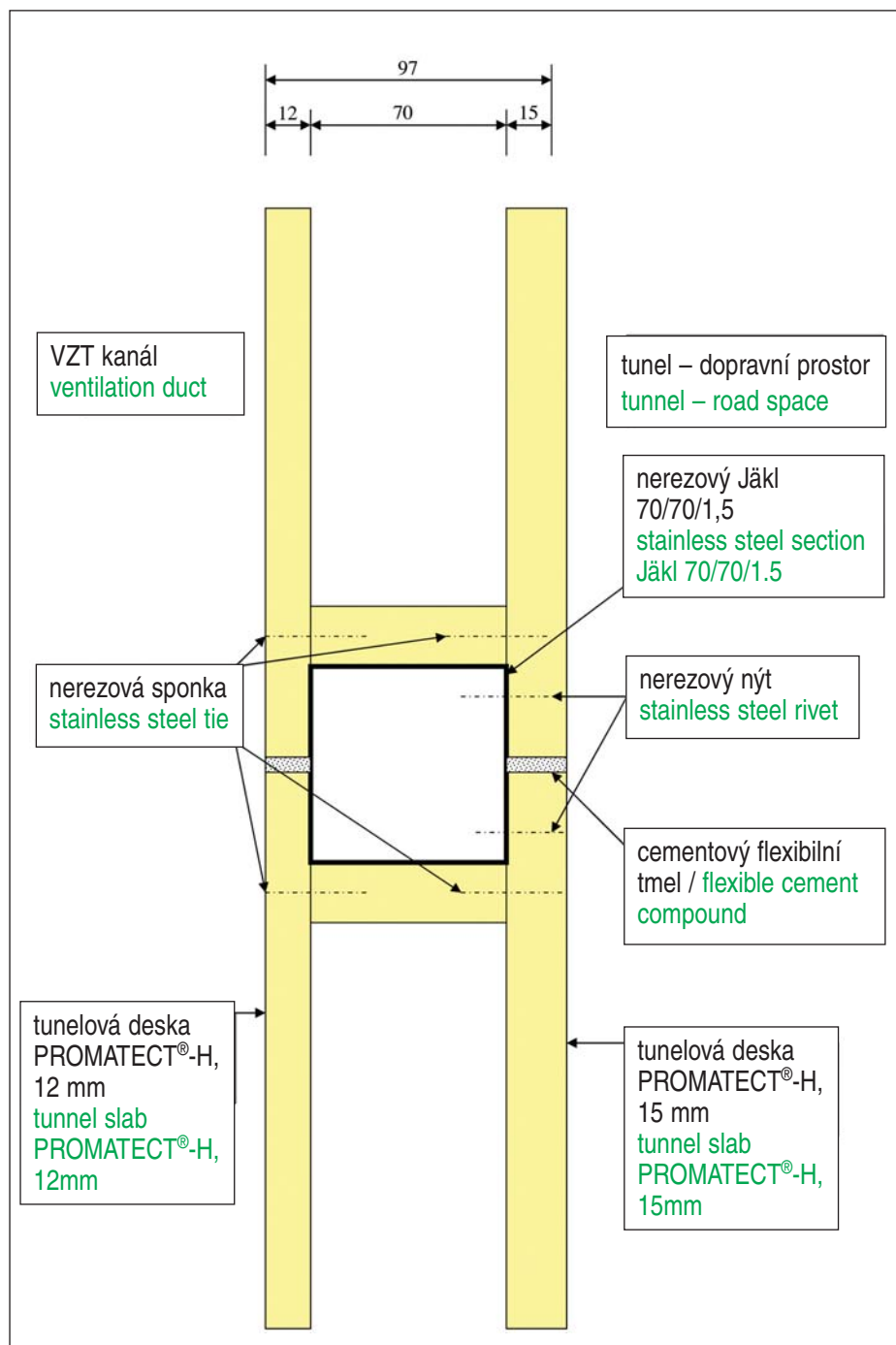


Obr. 1 Otevřený tunelový komplex Blanka
Fig. 1 Commissioned Blanka complex of tunnels

INTRODUCTION

The Blanka complex of tunnels is currently the largest underground road project realised in the Czech Republic. It is a series of tunnels linking to each other (the Brusnice, Dejvice and Bubeneč tunnels) with the total length of the tunnel bodies reaching 5.5km, thus belonging among the longest urban tunnels in Europe. Through its parameters the construction ranks among the state-of-the-art and safest projects of this type in the world. In terms of traffic, this complex of tunnels is interconnected with the part of the City Circle Road (the inner circle) realised in the past, containing the Zlíchov, Strahov and Mrázovka tunnels, which have already been in operation for some time. This system gave rise to traffic connection from the Barrandov Bridge on the Southern Link Road up to the municipal district of Troja, where the complex of tunnels is, for the time being, terminated, led to the surface and connected to existing at-grade roads.

The tunnel was open on 19/09/2015 at 14:39 hours, after a relatively short and intimate speech, in Letná. First car



Obr. 2 Schéma konstrukce zákrytů
Fig. 2 Cover structure chart

tunelům v Evropě. Svými parametry se řadí k nejmodernějším a nejbezpečnějším stavbám tohoto typu na světě. Tento tunelový komplex je dopravně propojen s částí Městského okruhu realizovanou v minulosti a s již nějaký čas provozovanými tunely Zlíhovským, Strahovským a tunelem Mrázovka. Bylo tak vytvořeno dopravní spojení z „jižní spojky“ od Barrandovského mostu až do Troje. Tam je tunelový komplex prozatím ukončen, vyveden na povrch a napojen na stávající pozemní komunikace.

V sobotu 19. 9. 2015 v 14.39 byl po relativně krátkém a komorním proslovu na Letné tunel otevřen a do podzemních prostor vjelo první civilní auto, čímž byla odstartována nová etapa pražské dopravy (obr. 1). Bezpečnost provozu má na starosti velké množství systémů sloužících pro řízení běžného provozu a také při řešení mimořádných událostí. Patří mezi ně zejména dopravní nehody nebo v krajním případě

entered the underground space, thus starting a new stage of Prague traffic (see Fig. 1). The operation safety is taken care of by numerous systems serving to manage common operation and, in addition, to solve extraordinary events. Among them, there are mainly traffic accidents or, in an extreme case, the origination of a fire after an accident or on a vehicle passing along the tunnel. All these systems are fed by power and communicate among each other by means of cable distribution systems passing through fire compartments, which have to be sealed in all fire dividing structures in compliance with requirements of the project fire design. It is necessary in the case of a fire in the tunnel to ensure quick evacuation of smoke from the tunnel by means of effective smoke and heat evacuation systems. In this way the evacuation of people and the intervention of Fire Rescue Service units are secured and facilitated.

EVACUATION OF SMOKE AND HEAT FROM TUNNEL TUBES OF THE MINED PARTS OF THE BLANKA TUNNEL

Approximately a half of the total length of the tunnels was carried out using the cut-and-cover method, whilst the other half was constructed using mining methods. The system of operating ventilation in the Blanka complex of tunnels is based on a combination of semi-transverse and longitudinal ventilation, using the piston effect of passing vehicles. During the course of the common operation, air is supplied through entrance portals and local intake gates distributed in individual sections of the whole tunnel.



Obr. 3 Nasávací štěršina
Fig. 3 Suction slot



Obr. 4 Požární těsnění prostupů kabelů
Fig. 4 Fire-stop sealing of openings for cables

vznik požáru po nehodě či na projíždějícím vozidle. Všechny tyto systémy jsou napájeny elektrickou energií a komunikují mezi sebou pomocí kabelových rozvodů, které procházejí požárními úseky a musí být ve všech požárně dělících konstrukcích utěsněny podle požadavků požárně bezpečnostního řešení stavby. Při požáru v tunelu je nutné zajistit jeho rychlé odvětrání účinnými systémy pro odvod kouře a tepla. Tím se zabezpečí a usnadní evakuace osob a zásah jednotek HZS.

ODVOD KOUŘE A TEPLA Z TUNELOVÝCH TRUB RAŽENÝCH ČÁSTÍ TUNELU BLANKA

Z celkové délky tunelů byla přibližně polovina tunelových trub prováděna technologií hloubenou a druhá technologií raženou. Systém provozního větrání v tunelovém komplexu Blanka je založen na kombinaci polopříčného a podélného větrání s využitím pístového efektu projíždějících vozidel. Za běžného provozu je vzduch do tunelu přiváděn vjezdovými portály a lokálními přívody po jednotlivých úsecích celého tunelu.

V případě požáru je odvod tepla a zplodin hoření v hloubené části tunelů zajištěn proudovými ventilátory, které jsou osazené ve vrchlíku ostění tunelu.

V ražených úsecích tunelů je navržen nucený odvod tepla a kouře pomocí ventilačních kanálů a ventilátorů. Úkolem těchto kanálů je odvádět vzduch, případně zplodiny hoření při požáru, z vrchlíku tunelového tělesa do spodního, centrálního vzduchotechnického kanálu pod vozovkou. Tento hlavní kanál je napojen na centrální ventilátory, které odsávají v případě požáru kouř a teplo mimo tělesa jednotlivých trub tunelů. Nasávací systémy jsou umístěny ve vzdálenosti cca 80 m v nice betonového ostění ražených tunelů (severní a jižní tubus).

Nasávací šterbiny a zakrytí odvětrávacích kanálů jsou vytvořeny speciální technologií Promat, navrženou a realizovanou přímo pro tento typ a charakter stavby. Tato polygonová konstrukce, kopírující po cca 500 mm obloukový tvar tunelového ostění, má za úkol uzavřít vzduchotechnické kanály v ostění, které se nacházejí v ostění tunelu. Obvod těchto kanálů je tvořený ze tří stran železobetonovou konstrukcí ostění tunelu, která sama o sobě splňuje požadované parametry požární odolnosti. Oproti tomu čelní strana (vlastní zákryt kanálu) je provedena speciálně navrženou sendvičovou konstrukcí, tvořenou pomocí skladby tunelových desek PROMATECT®-H, v kombinaci s vodorovnými nos-

In the case of a fire, the evacuation of smoke and heat from the cut-and-cover parts of the tunnels is provided by jet fans, which are installed under the tunnel lining vault crown.

In the mined sections of the tunnels, a forced heat and smoke removal system is designed, using ventilation ducts and fans. The task of these ducts is to remove air or combustion products during a fire from the top of the tunnel body and lead it to the central ventilation duct at the bottom. This main duct is connected to central fans, which suck smoke and heat in the case of a fire, and divert them outside individual tunnel tubes. The suction systems are located at the spacing of approximately 80m, in niches in the concrete lining of the mined tunnels (the northern and southern tubes).

The suction slots and the cover of the ventilation ducts are formed using a special technology, Promat, which was designed and realised specifically for this type and character of the structure. The task of this polygonal structure copying at ca 500mm spacing the vaulted geometry of the tunnel lining is to close the ventilation ducts carried out in the tunnel lining. The circumference of these ducts is formed from three sides by the reinforced concrete structure of the tunnel lining, which meets the required fire resistance parameters by itself. In contrast, the front side (the duct cover itself) is carried out using an especially designed sandwich structure formed by means of the composition of PROMATECT®-H tunnel boards in combination with horizontal load-bearing ribs made from closed stainless steel square profiles 70/70/1.5mm or 70/70/2mm. Stainless steel grade 1.4404 ensuring the resistance not only to water but also to contingent aggressive substances was prescribed. The composition of the structure and the suction slot are obvious in Fig. 2 and Fig. 3, respectively.

The requirement for the fire resistance value was set by the designer to be EI30 DP1-S, with the temperature scenario according to the ISO 834 curve. The project owner in addition required resistance to oil products, road salt, frost, water, moisture, mildew etc.

The following two types of the ducts occur on this construction site: ducts in a tunnel tube for two traffic lanes (41 sets) and for three traffic lanes (28 sets).

The procedure of the assembly of the covers comprised anchoring PROMATECT®-H 12mm thick tunnel boards into cut-to-measure PROMATECT®-H boards. Stainless steel closed sections were subsequently anchored with stainless-steel anchors at ca 500mm spacing for the purpose of creating the required polygon copying the tunnel lining vault. The whole system is subsequently closed by a 15mm thick PROMATECT®-H tunnel board for the reason of better mechanical properties.

Structural steel parts of the suction gates were transported to the construction site as semi-finished products and were installed under the tunnel crown as a whole using a lifting mechanism. Level irregularities were removed during the course of the assembly by cement and the smoke tightness parameter was secured at joints with special PROMASE-AL®-Aspray sealant.

The covers were installed in ca 3 months in continually operated shifts, during which 69 double sets were assembled. This assembly proceeded "hand in hand" with the maximum possible detailed preparation and suitable timing

nými žebry z nerezových uzavřených čtvercových profilů 70/70/1,5 mm nebo 70/70/2 mm. Požadavkem byla třída nerez 1.4404, která zajišťuje odolnost nejenom vůči vodě, ale také i případným agresivním látkám. Skladba konstrukce je patrná na obr. 2 a nasávací šterbina na obr. 3.

Požadavek požární odolnosti byl stanoven projektantem na hodnotu EI30 DP1-S s teplotním scénářem podle křivky ISO 834. Investor také požadoval odolnost vůči ropným produktům, posypovým solím, mrazu, vodě, vlhkosti, plísním, apod.

Na této stavbě se vyskytují dva druhy těchto kanálů, a to kanály v tunelové trubě pro dva průjezdné pruhy vozidel (41 sestav) a pro tři průjezdné pruhy vozidel (28 sestav).

Postup montáže zákrytů probíhal tak, že do přířezů z desek PROMATECT®-H byly ukotveny tunelové desky PROMATECT®-H o tl. 12 mm. Následně pomocí nerezových kotev byly kotveny nerezové uzavřené profily ve vzdálenosti cca 500 mm z důvodu vytvoření požadovaného polygonu kopírujícího ostění klenby tunelu. Celý systém je pak uzavřen tunelovou deskou PROMATECT®-H tl. 15 mm z důvodu lepších mechanických vlastností.

Ocelové konstrukční části nasávacích otvorů byly na stavbu dopraveny jako polotovary a pomocí zdvižného mechanismu jako celek osazeny do vrchlíku tunelu. Vlastní nerovnosti při montáži byly vyrovnány cementovým tmelem a parametr kouřotěsnosti byl zajištěn v místě spojů speciální sítěkovou hmotou PROMASEAL®-Aspray.

Montáž zákrytů probíhala v 24hodinovém nepřetržitém provozu cca 3 měsíce, kdy bylo celkem namontováno 69 zdvojených sestav. Tato montáž šla „ruku v ruce“ s maximální možnou detailní přípravou a vhodným načasováním dodávek veškerých komponentů určených pro zákryty včetně přesného formátování přířezů z tunelových desek PROMATECT®-H.

Zajímavostí je, že vzhledem k požadovaným pevnostním charakteristikám na nosné nerezové uzavřené čtvercové profily nebylo možné tunelové desky PROMATECT®-H kotvit klasickou technologií (tj. vruty se zápusťnou hlavou). Byl proto zvolen netradiční způsob kotvení pomocí nerezových nýtů, který se v praxi výborně osvědčil.

POŽÁRNÍ TĚSNĚNÍ INSTALACÍ A SPÁR V TUNELOVÉM KOMPLEXU BLANKA

Další oblastí pasivní požární bezpečnosti bylo komplexní řešení veškerých požárních dotěsnění všech druhů instalací a spár procházejících přes jednotlivé požární předěly. To, že těchto míst bude značné množství, vyplynulo z velkého počtu technologických zařízení, která se ve stavbě vyskytují a jsou navzájem propojena hustou sítí kabeláže. Celý tunelový komplex má sedm technologických center zajišťujících kompletní chod tunelu a 23 technologických propojení tunelových trub. To jsou právě ta místa v tunelu, kde je extrémní množství rozvodů technologií, převážně kabelů, procházejících přes jednotlivé požární předěly do dalších požárních úseků. Parametr požární odolnosti požárních ucpávek a spár byl z požárně bezpečnostního řešení stanoven na hodnotu EI90. Prvotním úkolem bylo vytvořit tzv. vstupní pasportizaci s popsáním jednotlivých prostupů a stanovení nejvhodnější technologie systémů Promat. Navržené požární ucpávky v daných prostorách kombinují systémová řešení do suchého a také do vlhkého prostředí. Do vlhkých míst (pod úroveň komunikace tunelového tělesa) byly nejčastěji použity deskové přepážky tvořené hydrofobizovanou minerální vlnou

of the supplies of all components designed for the covers, including precise formatting of the cut-to-measure PROMATECT®-H tunnel boards.

It is an interesting fact that it was not possible to anchor the PROMATECT®-H tunnel boards using the classical technology (i.e. screws with countersunk heads) with respect to the strength-related characteristics prescribed for the load-bearing closed stainless steel square profiles. For that reason a non-traditional way of anchoring with stainless steel rivets was chosen, which excellently proved itself in practice.

FIRE-STOP SEALING OF INSTALLATIONS AND JOINTS IN BLANKA COMPLEX OF TUNNELS

The comprehensive solution to the completion of fire-stop sealing of all kind of installations and joints passing through individual fire barriers was another area of passive fire safety. The fact that the fire-stop points will be plentiful followed from the large number of equipment sets existing in the construction, which are interconnected by a dense network of cables. The whole complex of tunnels has got seven technology centres ensuring the complete operation of the tunnel and 23 technology links between the tunnel tubes. They are just the places in the tunnel where there are extreme numbers of technology distribution lines, mostly cables, passing through individual fire barriers to other fire compartments. The parameter of the fire resistance of fire-stop sealing points and joints was set in the fire design at EI90. The primary task lied in carrying out the so-called condition survey describing individual passages and determining the most



Obr. 5 Požární těsnění prostupů kabelů
Fig. 5 Fire-stop sealing of openings for cables



Obr. 6 Spára s požární odolností v klenbě tunelu pod garážemi Prašný most
Fig. 6 Fire resistant joint at the tunnel crown under Prašný Most Bridge garages

a stěrkovou hmotou PROMASEAL®-Aspray. Oproti tomu do suchého prostředí (nad úroveň komunikace tunelového tělesa) byly aplikovány systémy minerální vlny se stěrkou PROMASTOP®-I. Ukázky požárního těsnění průstupů kabelů jsou zobrazeny na obr. 4 a 5.

Podobné principy návrhů a montáží platily i při těsnění některých stavebních a dilatačních spár. Zajímavostí bylo, že ve vzduchotechnických kanálech vzhledem k vysoké vlhkosti a nutnosti umožnit dilatace spáry ve všech třech možných směrech byla použita speciální technologie vkládaného dílce Promat®, následně mechanicky kotveného ve spáře nerezovými příponkami. Příklad spáry s požární odolností v klenbě tunelu pod garážemi Prašný most je na obr. 6.

V rámci finální pasportizace při předání se dospělo k jistě zajímavému celkovému číslu 3506 ks požárního těsnění instalací a spár.

Další oblastí pasivní požární odolnosti byla ochrana vzduchotechnického plechového potrubí u požárních klapek. Doizolování potrubí ke klapkám se provádělo systémem desek PROMATECT®-L500. V místech dělicích příček v propojovacích chodbách nad průjezdnými vraty určených pro hasičskou techniku byly použity konstrukce z desek PROMATECT®-H.

ZÁVĚR

Vlastní výstavba takto rozsáhlé stavby byla pro všechny zúčastněné subjekty, podílející se na realizaci, velmi náročná. Každý se ve své oblasti potýkal se spoustou těžkostí. Je dobrou zprávou, že se dílo podařilo. Málokdo z uživatelů ví, co se nachází za ostěním tunelu, v propojovacích chodbách a technologických centrech. Jaké složité systémy bdí nad jejich bezpečností. Je nutné posilovat obecné povědomí, že podzemní stavby jsou bezpečné, a že velké aglomerace se s rostoucím počtem obyvatel a dopravních prostředků bez podobných staveb neobejdou. Stačí se podívat kolem sebe do blízkého evropského světa. První měsíce provozu ukazují, že Tunelový komplex Blanka má nezastupitelné místo v současné i budoucí dopravní infrastruktuře Prahy a přispěl k lepší dopravní obslužnosti. Lze jen doufat, že v brzké budoucnosti budou realizovány další navazující dopravní stavby, které dále posunou dopravu v hlavním městě na ještě vyšší úroveň.

Ing. PETR KEJKLÍČEK, kejklicek@promatpraha.cz,
Pomat s.r.o.

Recenzovali / Reviewed: Ing. Vladimír Petržílka,
prof. Ing. Pavel Příbýl, CSc.

suitable technology of the Promat systems. The fire seals designed for particular rooms combined the system solutions for both dry and wet environments. Barriers formed by hydrofobised mineral wool and PROMASEAL®-Aspray sealant were applied to wet places (under the roadway level in the tunnel body). In contrast, systems of mineral wool with PROMASTOP®-I sealant were applied to the dry environment (above the roadway level in the tunnel). Examples of fire-stop sealing of cable passages are presented in Figures 4 and 5.

Similar design and assembly principles were applied even to the sealing of some construction and expansion joints. An interesting fact was that a special Promat® segment insertion technology was applied in ventilation ducts with respect to high humidity and necessity for allowing joints to expand in all three possible directions; the segment was subsequently anchored in the joint using stainless steel ties. An example of a fire resistant joint in the tunnel vault under Prašný Most Bridge garages is presented in Fig. 6.

A certainly interesting total number of 3506 places of the fire-stop sealing of installations and joints was arrived at within the framework of the final condition survey during the process of handing over.

The protection steel sheet ventilation ducts at fire dampers formed another area of passive fire resistance. Completing the insulation up to the dampers was carried out using a system of PROMATECT®-L500 boards. Structures from PROMATECT®-H boards were used in the locations of dividing walls in cross passages above gates passable for fire fighting equipment.

CONCLUSION

The construction itself of such the extensive structure was very challenging for all subjects participating in the realisation. Each of them was faced with lots of problems in their particular areas. It is good news that their work has succeeded. Few users know what is found behind the tunnel lining, in cross passages and technology centres, which complex systems keep watch over their safety. It is necessary to increase the general awareness that underground structures are safe and that, with the population and the number of means of transport growing, big agglomerations cannot cope without similar projects. Just take a look around into the close European environment. The initial months of the operation show that the Blanka complex of tunnels has an irreplaceable role in the current and future transportation infrastructure of Prague and that it has contributed to better transport accessibility. It is only possible to hope that other linking transportation projects will be soon realised to shift transportation in the capital to even a higher level.

Ing. PETR KEJKLÍČEK, kejklicek@promatpraha.cz,
Pomat s.r.o.

PŘEHLED POŽÁRNÍCH ZKOUŠEK V TUNELU RUNEHAMAR V NORSKU PROVÁDĚNÝCH V ROCE 2003

SUMMARY OF FIRE TESTS CONDUCTED IN RUNEHAMAR TUNNEL, NORWAY 2003

LIBOR FLEISCHER

ABSTRAKT

Nasimulovat reálný požár v tunelové stavbě není jednoduchá záležitost. Je to dáno zejména velikostí vlastních zkoušených konstrukcí. Existují samozřejmě certifikovaná zkušební laboratorní zařízení, která umí ověřit vlastnosti požárních konstrukcí nebo zmenšených modelů, ale rozměry zkušebních pecí jsou limitované. Jak se ukazuje i při zkouškách konstrukcí pro pozemní stavitelství, velkorozměrové vzorky se chovají odlišně od vzorků menších. U standardních nadzemních objektů se počítá, že po uplynutí určené doby požární odolnosti dojde ke kolapsu stavebních konstrukcí, který končí zpravidla zřícením stavby nebo její části. Může takový stav nastat i v podzemní stavbě? Samozřejmě pokud se tunelová stavba nachází v pevné a soudržné hornině, hrozí maximálně opadání požárem poškozeného ostění nebo části horniny. U mělce uložených podzemních staveb ovšem může vlivem porušení únosnosti ostění dojít k rozsáhlým závalům nebo zaplavení podzemních prostor. Projekt Runehamar byl prvním rozsáhlým projektem, který se pokusil najít odpověď na otázku, co se skutečně děje v tunelu, pokud v něm dojde k požáru kamionu s běžným nákladem, jako je dřevo nebo plast. Výsledky experimentu mohou být pro někoho překvapivé, pro někoho poučné. Naměřené a zaznamenané hodnoty jsou odrazem reálných dějů, které se odehrály v rámci čtyř zkoušek s různými náklady.

ABSTRACT

Simulating a fire in a tunnel structure is no simple matter. It is given first of all by the dimensions of the structures to be subjected to testing. Of course, certified testing laboratory facilities capable of verifying properties of fire structures or scaled-down models exist, but the dimensions of testing furnaces are limited. As it turns out even in the tests of structures for the structural engineering industry, large-size specimens behave differently from smaller ones. In the cases of standard surface buildings, it is taken into account that after the prescribed duration of fire resistance elapses, the structures will collapse, ending usually by the fall of the structure or its part. Can such a state take place even in an underground structure? Of course, if the tunnel structure is located in firm coherent ground, the maximum threat is that the tunnel lining or rock affected by the fire flakes off. However, in the cases of near-surface underground structures, extensive collapses or inundation of underground spaces can take place as the result of the bearing failure of the tunnel lining. The Runehamar project was the first extensive project which tried to find the answer to the question what actually goes on in a tunnel if a truck carrying a common load, such as timber or plastic ignites. The results of the experiment can be surprising for somebody or illuminating for somebody else. The measured and recorded values are the reflection of the real processes which took place within the framework of four tests using different cargos.

ÚVOD

Uběhlo již pár let, co byly prováděny rozsáhlé požární zkoušky ve starém tunelu Runehamar v Norsku. Jednalo se o jedny z nejrozsáhlejších zkoušek zaměřených na zkoumání reálných požárů nákladních vozidel. Impulzem k těmto zkouškám byly vážné požáry v tunelech v 90. letech, zejména požáry v Eurotunelu, tunelu Mont Blanc, Tauernském tunelu a Svatogothardském tunelu. U těchto požárů došlo kromě zničení samotných vozidel a technologického vybavení tunelů také k destruktivnímu poškození samotného tunelového ostění. Důsledkem bylo v některých případech zastavení provozu tunelů na dlouhé měsíce. Došlo zde i ke ztrátám na životech.

Dalším důvodem těchto testů bylo zjištění, že mezi dopady reálných požárů a výsledky zkoušek prováděných v malém rozsahu jsou stále velké rozdíly. V rámci švédského a evropského výzkumného programu bezpečnosti v tunelech byly v září roku 2003 provedeny komplexní rozsáhlé zkoušky. Konkrétně byly posuzovány požáry návěsů v rozsahu, který přibližně odpovídal výše uvedeným vážným požárům. Zkoušky byly prováděny Švédským národním zkušebním a výzkumným ústavem ve spolupráci s partnery projektu UPTUN: Výzkumem staveb a konstrukcí, střediskem požárního výzkumu TNO z Nizozemí a Norskou laboratoří pro výzkum požáru (SINTEF/NBL). Do projektu UPTUN bylo zapojeno 41 partnerů ze 17 evropských zemí. I když zkoušky proběhly již před

INTRODUCTION

Several years have already passed since extensive fire tests were conducted in the old Runehamar tunnel in Norway. They were ones of the most extensive tests focused on the examination of real truck fires. The impulse towards those tests was given by serious fires in tunnels during the 1990s, first of all fires in the Eurotunnel, the Mont Blanc tunnel, the Tauern tunnel and the St Gotthard tunnel. Apart from the damage to vehicles themselves and tunnel equipment, the tunnel lining itself suffered destructive damage in the cases of those fires. As a result, the operation of the tunnels was in some cases stopped for long months. Even lives were lost.

Another reason for the tests lied in the fact that there still are great differences between the consequences of real fires and the results of small scale tests. Extensive comprehensive tests were carried out in September 2003 within the framework of a Swedish and European research programme focused on safety in tunnels. Concretely, semitrailer fires were assessed within a range approximately corresponding to the above-mentioned serious fires. The tests were carried out by the Swedish National Test and Research institute in collaboration with the UPTUN project partners: the TNO Building and Construction Research, Centre for Fire Research in the Netherlands and the Norwegian Fire Research Laboratory (SINTEF/NBL). There were 41 partners from 17 countries involved in the UPTUN project. Even though the tests were conducted some time ago, their results are a good source of knowledge even today.

Tab. 1 Komodity použité jako palivo ve čtyřech zkouškách
Table 1 Commodities used as fuels in four tests

zkouška č.	popis požárního zatížení	celková hmotnost (kg)	teoretická tepelná energie (GJ)	hmotnostní podíl plastu (%)
test No.	fire load description	total weight (kg)	theoretical thermal energy (GJ)	weight percentage of the plastic (%)
1	360 dřevěných palet o rozměrech 1200x800x150 mm, 20 dřevěných palet o rozměrech 1200x1000x150 mm, 74 PE palet o rozměrech 1200x 800x150 mm	10 911	240	18
1	360 wooden pallets with the dimensions of 1200x800x150mm, 20 wooden pallets with the dimensions of 1200x1000x150mm, 74 PE pallets with the dimensions of 1200x 800x150mm	10911	240	18
2	216 dřevěných palet a 240 PUR rohoží o rozměrech 1200x800x150mm	6853	129	18
2	216 wooden pallets and 240 PUR mats with the dimensions of 1200x800x150mm	6853	129	18
3	nábytek a příslušenství (zabalená dvířka skříní, čalouněné loketní opěrky, čalouněné pohovky, vycpaná zvířata, plastové květiny, květináče, dřevěný domeček pro panenky, plastové hračky, 10 velkých gumových pneumatik	8500	152	18 (bez pneumatik)
3	furniture and accessories (packed doors of cabinets, upholstered armrests, upholstered sofas, stuffed animals, plastic flowers, flower pots, a wooden dollhouse, plastic toys, 10 big rubber tyres	8500	152	18 (without tyres)
4	600 krabic z vlnité lepenky s náplní plastových pohárků (18 000 pohárků) z nevytlačovaného polystyrenu	3120	67	19
4	600 corrugated cardboard boxes filled with not extruded polystyrene plastic tumblers (1800 tumblers)	3120	67	19

časem, jejich výsledky jsou dobrou studnicí poznatků i v dnešní době.

Tento článek přináší nejzákladnější informace o prováděném výzkumu.

CÍLE PROJEKTU

Z politického a společenskoeconomického pohledu jsou tunely v celoevropské dopravní síti velmi důležité. Pro volný a konkurenceschopný evropský trh má dobře řešená dopravní situace prvořadý význam. Pro uživatele – dopravce, soukromé osoby je nezbytné důležité, aby byly tunely bezpečné a současně ekonomicky přínosné. Přerušení jakékoliv dopravní sítě má vždy společenskoeconomický dopad. Díky celoevropským politickým změnám a ekonomickému růstu dochází ke zvyšování mobility obyvatel a evropské dopravní sítě se rozšiřují a modernizují. Je potřeba zajistit důvěru v bezpečnou dopravu v silničních a železničních tunelech. Z technického hlediska se projekt Runehamar zaměřil na získání detailních poznatků o průběhu požárů nákladů na návěsích a sledoval účinky tepla na ostění tunelu v blízkosti požáru. Tyto zkoušky poskytly vědecky podložené výsledky a významné informace, které mohou využít schvalující orgány, projektanti tunelů a hasičské záchranné sbory.

Detailnější informace o celém projektu lze nalézt v publikaci [1] nebo na internetových stránkách [2] uvedených v použité literatuře.

PŘÍPRAVA

Před vlastními požárními zkouškami byly v laboratořích provedeny předběžné zkoušky sestávající ze zkoušek volného hoření pod velkou digestoří (průmyslovým kalorimetrem). Cílem těchto zkoušek bylo získat předběžné poznatky o rozvoji požárů. Uspořádání vzorku u předběžných zkoušek je na obr. 1. Celkem

This paper brings the basic information about the completed research.

PROJECT OBJECTIVES

From the political and socioeconomic point of view, tunnels on the European transport network are very important. Freedom in transport has got paramount importance for the free and competitive European market. For users – carriers as well as private persons, it is of essential importance that tunnels are safe and, at the same time, economically beneficial. Interruption of any transport network has always a socio-economic impact. Thanks to European political changes and economic growth, the mobility of the population grows and European transport networks are expanded and modernised. It is necessary to



Obr. 1 Volné odhořívání dřevěných palet pod průmyslovým kalorimetrem
Fig. 1 Free process of burning wooden pallets under an industrial calorimeter



Obr. 2 Zavěšení zkušební panelu v průběhu zkoušky
Fig. 2 Hanging a test board during the course of the test

byly provedeny tři zkoušky s využitím dvou palet daného druhu nákladu. Výška palet byla 1,5 metru, což odpovídá zhruba polovině výšky nákladu požárního zatížení při zkoušce ve skutečném měřítku. Pro zkoušky pod průmyslovým kalorimetrem byly použity následující druhy nákladu:

1. dřevěné a plastové palety (82/18 %);
2. dřevěné palety a PUR (polyuretanové) rohože (82/18 %);
3. kartonové krabice s PS (polystyrénovými) pohárky (81/19 %).

S ohledem k očekávanému vysokému tepelnému namáhání bylo nutné tunel izolovat materiály, které odolávají vysokým teplotám. Bylo rozhodnuto použít panely PROMATECT®-T místo například nástřiku. Před zkouškami v tunelu Runehamar nebyly známy účinky zvýšeného požárního zatížení na množství uvolněného tepla a teplotní křivku požáru teplota/čas. Proto bylo doporučeno provést požární zkoušku uvažované konstrukce podle nizozemské teplotní křivky požáru RWS. Kvůli prudkému nárůstu teploty v prvních pěti minutách, který způsobí ostění tunelu tepelný šok, a dosahované maximální teplotě 1350 °C, je tato teplotní křivka požáru RWS stále považována za nejnepríznivější typ uhlovodíkového požáru.

Požadavky na panely PROMATECT®-T lze popsat následovně:

- systém měl být schopen odolat čtyřem požárům s maximálními teplotami až do 1400 °C;
- kritérium teploty na povrchu horniny, v níž je tunel vyražen, bylo stanoveno na 250 °C.

Z hlediska minimalizace škod byla tato teplota vnímána jako pro horninu bezpečná. Systém nesměl projevit žádné poruchy celistvosti. To se týkalo panelů PROMATECT®-T a podpěrného rámu včetně upevňovacích součástí. Montáž systému byla jednoduchá, čímž se omezil potřebný čas montáže celého systému. V nepravděpodobném případě poškození panelů (mechanický náraz) systém umožňoval rychlou výměnu poškozených panelů. Promat také požadoval možnost vyjmutí panelů, které byly vystaveny účinkům požáru, z tunelu za účelem jejich prozkoumání ve Výzkumném a technologickém středisku společnosti Promat (PRTC).

Aby bylo možné provést více než jednu zkoušku, byly desky sestaveny ze dvou tenkých desek (20 a 25 mm), navzájem spojených vrstvou lepidla. Toto řešení sice není běžné a praktické, ale v tomto případě bylo zvoleno proto, aby byla zaručena integrita panelu po dobu více než jedné extrémní požární zkoušky.

PŘEDBĚŽNÉ ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO SYSTÉMU

V laboratoři GERCO se provedly tři požární zkoušky, aby se posoudila celistvost desek po třech požárních zkouškách a celistvost zvolených upevňovacích součástí pro montáž konstrukce. Jak

ensure trust in safe traffic in road and railway tunnels. From the technical point of view, the Runehamar project was focused on obtaining detailed knowledge about the course of cargo fires on semitrailers and followed the effects of heat on tunnel linings in the vicinity of a fire. These tests provided scientifically founded results and important information, which can be used by approving authorities, tunnel designers and fire rescue services.

More detailed information about the whole project can be found in reference [1] or on web pages [2] contained in References.

PREPARATION

Preliminary tests comprising the testing of free burning under a large extractor hood (an industrial calorimeter) were conducted in laboratories prior to the fire tests themselves. The objective of those tests was to obtain preliminary knowledge regarding the development of fires. The arrangement of the specimens used for the preliminary tests is presented in Fig. 1. The total of three tests was carried out, using two pallets of each particular cargo type. The pallets were 1.5m high. This height roughly corresponds to a half of the height of the cargo during the course of a full-scale test. The following types of cargo were used for testing under an industrial calorimeter:

1. wooden and plastic pallets (82/18 %);
2. wooden pallets and PUR (polyurethane) mats (82/18 %);
3. cardboard boxes with PS (polystyrene) tumblers (81/19 %).

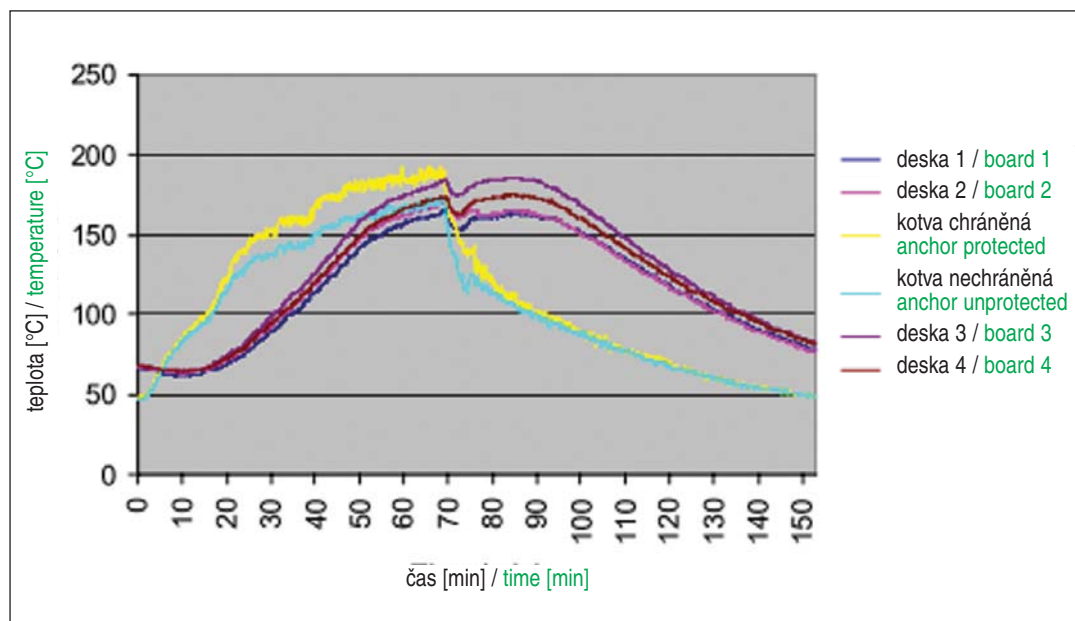
With respect to the expected high thermal stress it was necessary to insulate the tunnel with materials resisting high temperatures. The decision was made that PROMATECT®-T boards were to be used instead of a spray-applied layer. Before the tests in the Runehamar tunnel, the effects of increased fire loading on the amount of the released heat and the time/temperature fire curve had not been known. It was for that reason recommended that the fire test of the structure under consideration be carried out according to the Netherlands standard - the RWS fire curve. With respect to the steep increase in temperature during the initial five minutes, which causes a thermal shock to the tunnel lining, and to the maximum temperature of 1350°C reached, the RWS fire curve is still considered to be the most favourable type of a hydrocarbon fire.

Requirements for PROMATECT®-T boards can be described as follows:

- the system should be able to resist four fires with the temperatures up to 1400°C;
- the criterion for the temperature on the surface of the ground which the tunnel is driven through was set at 250°C.



Obr. 3 Ohřívání desky PROMATECT®-T a jejich upevnění
Fig. 3 Heated PROMATECT®-T boards and their fixation



Obr. 4 Teploty během zkoušky 3 na neexponované straně

Fig. 4 Temperatures during the course of the Test No. 3 on the unexposed side

je vidět na obr. 2 a 3, desky byly zavěšeny na kotevních šroubech M6. Tento způsob se u obkladů ve standardních tunelech neprovádí, ale tady byl zvolen z důvodů možné rychlé opravy. Zkoumán byl také vliv izolace na ocelových upevňovacích šroubech. Dva ze čtyř šroubů byly ponechány bez izolace a byl měřen nárůst teploty na neexponované straně kotevních šroubů. Jak je vidět na obr. 4, rozdíl teplot byl zanedbatelný. Na nechráněných šroubech 193 °C, na izolovaných 174 °C.

Během těchto zkoušek byla zaznamenána maximální teplota v peci 1350 °C, což odpovídá maximální teplotě křivky požáru RWS. Po třech provedených zkouškách teplota na neexponované straně desek nepřekročila hodnotu 200 °C, kterou bylo třeba srovnávat s maximální dovolenou teplotou na povrchu okolní horniny 250 °C.

Výsledkem předběžných zkoušek bylo konstatování, že během tří po sobě jdoucích požárních zkouškách nebyly u desek PROMATECT®-T a podpěrného rámu zaznamenány žádné poruchy celistvosti. Na neexponované straně byla naměřena maximální teplota desek 186 °C a neprojevil se žádný významný vliv tepelného mostu v místě kotevních šroubů. Díky těmto závěrům byl systém nabídnut konsorciu tunelu Runehamar pro použití v programu požárních zkoušek ve skutečném měřítku.

PRŮBĚH VLASTNÍCH ZKOUŠEK

Místo požáru bylo ve vzdálenosti 560 m od západního vjezdu, směr proudění vzduchu uvnitř tunelu byl

From the aspect of the minimisation of damage, this temperature was considered as safe for rock. The system was not allowed to manifest any damage to integrity. This applied to PROMATECT®-T boards and the supporting frame including fixing materials. The assembly of the system was simple, which meant a reduction in the time required for the installation of the whole system. In the unlikely case of a damage caused to the boards (a mechanical impact), the system allowed for the quick replacement of the damaged boards. The company of Promat in addition required a possibility of removing the boards which were exposed to the effects of the fire from the tunnel for the purpose of examining them at the Promat Research & Technology Centre (PRTC).

The boards were assembled from two thinner boards (20 and 25mm) connected to one another by a layer of an adhesive. Of course, this solution is not common and practical, but it was chosen in this case so that the integrity of the board for more than one extreme fire test was maintained.

PRELIMINARY ASSESSMENT OF THE PROPOSED SYSTEM

Three fire tests were carried out in the GERCO laboratory with the aim of assessing the integrity of the boards after three fire tests and the



Obr. 5 Průběh požárů po 5 minutách

Fig. 5 Development of fires recorded at 5-minute intervals



Obr. 6 Průběh požárů po 30 minutách
Fig. 6 Development of fires recorded at 30-minute intervals

z východu na západ. Průřez tunelu v místě požáru je znázorněn na obr. 8. V rámci programu byly provedeny čtyři zkoušky s požárem v nákladovém prostoru uvnitř návěsu. Ve třech zkouškách byly použity směsi různých vybraných celulózových a plastových materiálů. V jedné zkoušce byl použit reálný druh nákladu, který obsahoval nábytek a bytové příslušenství. Ve třech zkouškách byl hmotnostní poměr přibližně 80 % celulózy a 20 % plastu. Náklady byly překryty standardní polyesterovou plachtou. Druhy nákladu jsou uvedeny v tabulce 1.

MĚŘENÍ A VYHODNOCENÍ

Průběh požárů

Na obr. 5 a 6 jsou zobrazeny požáry při jednotlivých zkouškách, a to po 5, respektive 30 minutách. Při první a druhé zkoušce (Test 1, Test 2) zůstal náklad a fotoaparát ve stejné poloze. Při třetí zkoušce (Test 3), byl náklad a fotoaparát posunut proti směru proudění o 5 m. Při čtvrté zkoušce (Test 4) byl náklad posunut o dalších 5 m proti směru proudění. Obr. 6 a 7 poměrně jasně ukazují, že všechny požáry po 30 minutách stále hořely a při první a třetí zkoušce požár ještě významně vzplanul.

Teploty spalin

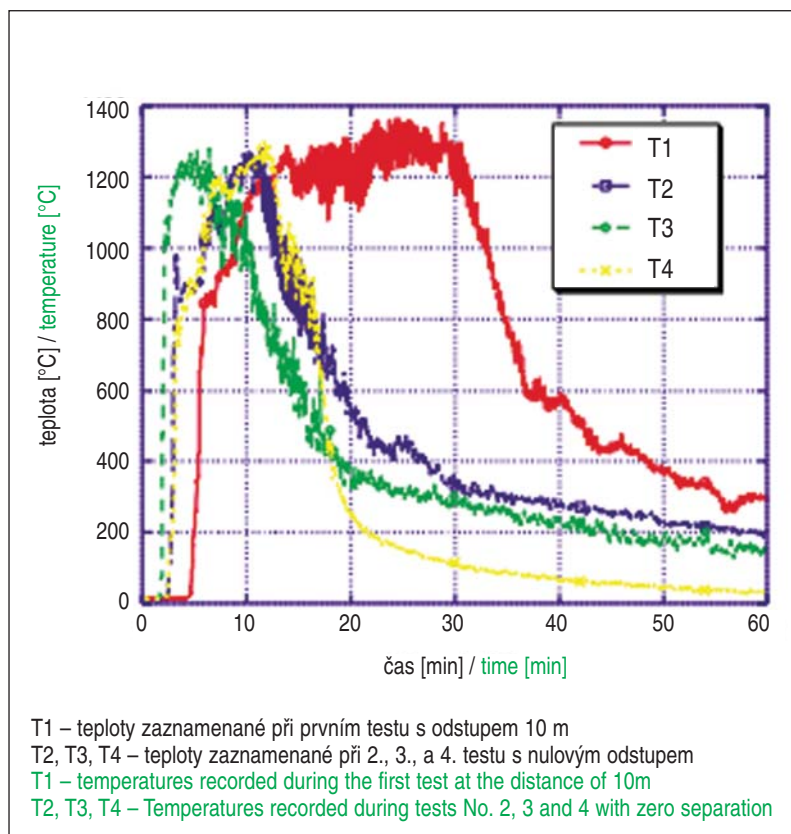
Čtyři druhy nákladů použité při zkouškách byly zvoleny tak, aby umožnily simulovat průběh požáru a aby při nich byla různá maximální velikost uvolněného tepla. První zkouška měla nejvyšší celkový energetický obsah a vykazovala nejvyšší maximální hodnoty uvolňování tepla (obr. 7). Velké množství hořlavého materiálu také zajistilo delší dobu uvolňování vysokoteplotních spalin, maximální dosažená teplota byla 1365 °C.

Teplota spalin je v blízkosti stropu při první zkoušce (odstup 10 m) porovnává se čtyřmi různými teplotními křivkami požáru (viz obr. 2 v článku Ing. Fleischera na str. 6). Je dobře vidět, že nárůst teplot u prvního požáru

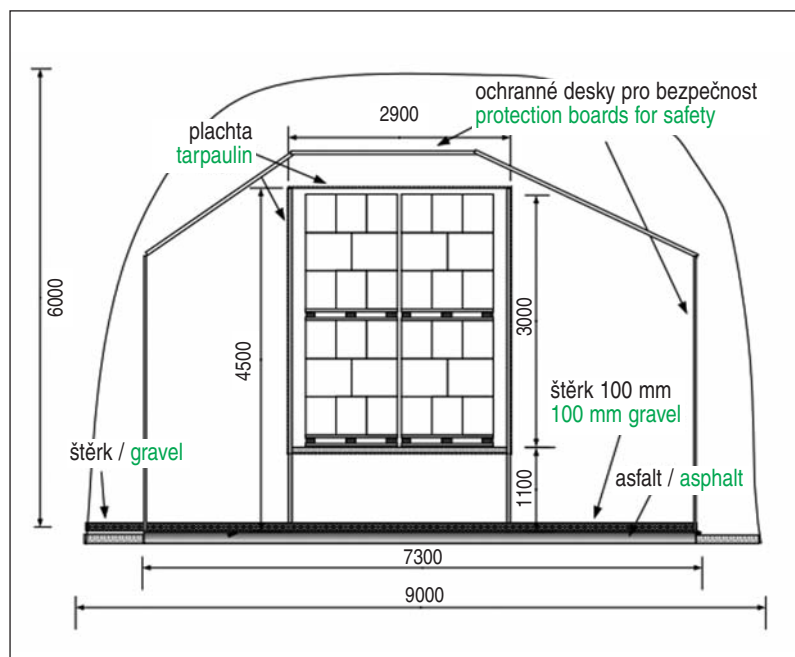
integrity of the components used for the fixation during the installation. As obvious from Figures 2 and 3, the boards were hung with M6 anchoring bolts. This system is not applied to cladding in standard tunnels, but it was chosen in this case so that a quick repair was possible. In addition, the effect of the insulation on the steel fixation bolts was examined. Two of the four bolts were left without insulation and the rise of temperature on the non-exposed side of the anchoring bolts was examined. As shown in Fig. 4, the difference in temperatures was negligible. The temperatures measured on unprotected as well as insulated bolts amounted to 193°C and 174°C, respectively.

The maximum temperature recorded during these tests amounted to 1350°C. This value corresponds to the maximum temperature for the RWS fire curve. After the completion of the three tests, the temperature on the non-exposed side of the boards did not exceed 200°C. This value had to be compared with the maximum temperature of 250°C permitted for the surface of the surrounding rock.

imum temperature for the RWS fire curve. After the completion of the three tests, the temperature on the non-exposed side of the boards did not exceed 200°C. This value had to be compared with the maximum temperature of 250°C permitted for the surface of the surrounding rock.



Obr. 7 Naměřené teploty spalin v blízkosti požáru během všech 4 testů
Fig. 7 Temperatures of products of combustion near the fire measured during all 4 tests



Obr. 8 Schéma protipožárního obkladu ostění deskami PROMATECT®-T v místě zkušebního tělesa

Fig. 8 Chart of PROMATECT®-T protection boards for safety in the location of the test specimen

je velmi prudký a přibližně tři minuty od vzplanutí teplota téměř přesně odpovídá uhlíkové křivce. Dále teplota narůstá a sleduje takřka přesně křivku RWS. Přitom křivka RWS byla navržena na modelování požáru cisterny s benzinem nebo motorovou naftou, trvajících 120 minut a uvažovaným uvolňováním tepla 300 MW. Při zkouškách v Runehamaru nebyla hodnota 120 minut dosažena, ale požáry přesto s velkou přesností v počátku kopírovaly křivku RWS. Při čtvrté zkoušce bylo použito pouze 3210 kg kartonových krabic a polystyrenových pohárků, ze všech zkoušek měl tento náklad teoreticky nejvyšší tepelnou energii. Avšak zaznamenané teploty odpovídaly první zkoušce, i když jen kratší dobu.

Tepelná izolace a odpadávání skály

Jak je vidět na obr. 8, tunel byl izolován deskami PROMATECT®-T. Izolace byla provedena z bezpečnostních důvodů, aby se zabránilo padání kusů skály tunelového ostění. Izolovaná délka stropu byla 75 m, stěny byly izolovány v délce 25 m – kolem centra požáru. Za izolovanými stěnami ve směru proudění byla skála chráněna keramickými rohožemi, zejména k omezení průniku horkých zplodin nad stropní izolaci. Tyto horké zplodiny by jinak mohly narušit jak skalní strop, tak ocelovou konstrukci, na které byly zavěšeny izolační desky. Také proti směru proudění byly

The preliminary testing led to the statement that no failure of integrity of PROMATECT®-T boards and the supporting frame were recorded during three successive fire tests. The maximum temperature of the boards measured on the non-exposed side amounted to 186°C and no significant influence of a thermal bridge manifested itself in the location of the anchoring bolts. Owing to these conclusions, the system was offered to the Runehamar consortium for the use in the programme of full-scale fire tests.

THE COURSE OF THE TESTS THEMSELVES

The fire location was at the distance of 560m from the western entrance; the direction of the air flow inside the tunnel was from the east to the west. The tunnel cross-section in the location of the fire is presented in Fig. 8. Four tests were conducted in the framework of the programme, with the fire inside the cargo space. Mixtures of various selected cellulosic and plastic materials were used in three tests. In one test, a realistic cargo type was used. It consisted of furniture and household accessories. In three tests the cellulose to plastics weight percentage was approximately 80% to 20%. The cargos were covered with a standard polyester canvas. The cargo types are presented in Table 1.

MEASUREMENTS AND ASSESSMENT

Development of fires

Figures 5 and 6 display the fires in individual tests, taking the snaps at 5-minute respectively 30-minute intervals. During the first test and second test (Test No. 2; Test No. 2) the cargo and the camera remained in the same positions. In the third test (Test No. 3) the cargo and the camera were shifted against the airflow direction (upstream) by 5m. In the fourth test (Test No. 4) the cargo was shifted upstream by additional 5m. Figures 6 and 7 relatively clearly show that all fires continued to burn after 30 minutes and, during the first and third tests, the fire repeatedly significantly flared up.

Temperatures of products of combustion

The four types of the cargos used in the tests were chosen with the intention that they allow the simulation of the fire development and that the maximum magnitude of the heat released during them varied. The first test had the maximum energy content and exhibited the highest maximum heat releasing values (see Fig. 7). The big amount of the combustible material in addition secured a longer time of releasing high-temperature products of combustion; the maximum temperature reached 1365°C.

The temperature of products of combustion close to the tunnel roof measured during the first test (at the distance of 10m) is compared with four different fire temperature curves (see Fig. 2 in the paper Fire

Tab. 2 Špičkové hodnoty rychlosti vývinu tepla
Table 2 Peak values of heat release rates

zkouška č.	dobu od vzplanutí k dosažení nejvyšší hodnoty uvolňování tepla (min)	lineární rychlost šíření požáru (R=koeficient lineární regrese) (MWmin ⁻¹)	špičkové hodnoty rychlosti vývinu tepla (MW)	odhad na základě laboratorních zkoušek (MW)
test No.	time from flaring to reaching the highest heat release value (min)	linear velocity of spreading the fire (R=coefficient of linear regression) (MWmin ⁻¹)	peak values of heat release rate (MW)	estimation based on laboratory tests (MW)
1	18,5	20,5 (0,997)	203	186–217
2	14,3	29,0 (0,991)	158	167–195
3	10,4	17,0 (0,998)	124,9	–
4	7,7	17,7 (0,996)	70,5	79–95



Obr. 9 Padající kusy skály; a) za izolovanou oblastí ve směru proti proudění, b) za izolovanou oblastí ve směru proudění

Fig. 9 Falling pieces of rock; a) beyond the insulated area (upstream from the fire), b) beyond the insulated area (downstream from the fire)

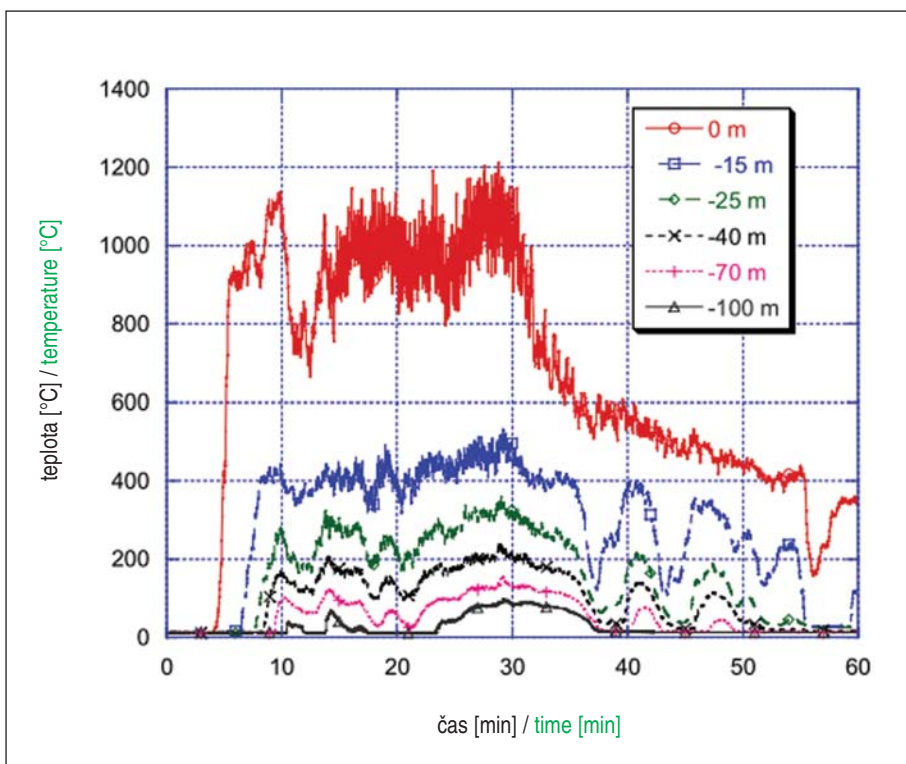
stěny izolovány keramickými rohožemi do vzdálenosti 9 m, i když ne v celé výšce až k vozovce. To proto, aby se spaliny, vracející se proti směru proudění, udržely pod stropní izolací. Během první zkoušky a po ní se jasně ukázalo, jak taková přídatná izolace byla zapotřebí, protože v obou směrech – po směru proudění, i proti – za hranicí izolace na vozovku padaly velké kusy skály (obr. 9). Za izolací na straně po směru proudění byl tunel poškozen prakticky po celé délce až k západnímu vjezdu.

Padání kusů skály za izolovanou oblastí na straně proti směru proudění bylo způsobeno stáčením zplodin, a to i přes protichůdný vliv větrání. Toto vrácení bylo způsobeno tím, že s rostoucí intenzitou požáru se snižovala rychlost, takže nad požářištěm docházelo k nárůstu tlakového spádu. Výsledky je možné vidět na obr. 10, kde jsou znázorněny teploty během požáru při první zkoušce. Je vidět, že ve vzdálenosti 40 m od požáru proti směru proudění se teplota dlouhou dobu drží vysoko nad hodnotou 100 °C a až do

Protection of Tunnel Linings). It is well visible that the increase in temperatures in the case of the first fire is very steep and the temperature measured approximately three minutes after flaring of the fire nearly exactly corresponds to the hydrocarbon curve. Further on the temperature grows and follows nearly exactly the RWS curve. However, the RWS curve was designed for modelling a fire involving a tank containing petrol or diesel oil, lasting for 120 minutes, with the assumed heat release of 300MW. The 120-minute value was not reached during the tests in the Runehamar tunnel; nevertheless, in the beginning the fires copied the RWS curve with great accuracy. In the fourth test, only 3210kg of cardboard boxes and polystyrene tumblers were used; of all tests the thermal energy of this cargo was theoretically the lowest. But the temperatures recorded corresponded to the first test, even though for a shorter time.

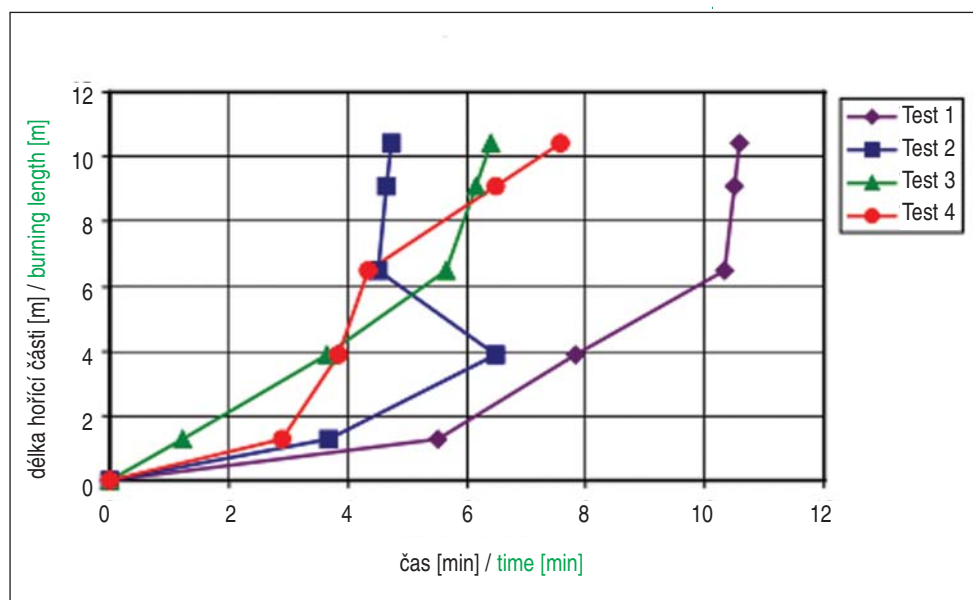
Thermal insulation and flaking off of rock

As shown in Fig. 8, the tunnel was insulated with PROMATECT®-T boards. The insulation was carried out for safety reasons, to prevent falling of pieces of the rock lining the tunnel. The length of the ceiling provided with the insulation was 75m; walls were insulated along the length of 25m – around the fire centre. Beyond the insulated walls, upstream from the fire, the rock was protected with ceramic mats, mainly for restricting the passage of hot products of combustion over the insulation of the ceiling. The hot products of combustion could otherwise damage both the rock roof and the steel structure carrying the insulation boards. Also upstream from the fire, the walls were insulated with ceramic mats up to the distance of 9m, even though not covering the whole height down to the roadway. It was so with respect to the products of combustion returning against the direction of the flow to be kept under the roof insulation. During the course of the first test and after the test it clearly turned out that such the additional insulation was necessary because of the fact that big pieces of rock (see Fig. 9) were falling in both directions – upstream and downstream – beyond the insulation borders. The tunnel suffered damage beyond the insulation on the side in the direction of airflow virtually throughout the length, up to the western entrance.



Obr. 10 Teplota na straně proti směru proudění v různých vzdálenostech od požáru

Fig. 10 Temperature on the upstream side at various distances from the fire



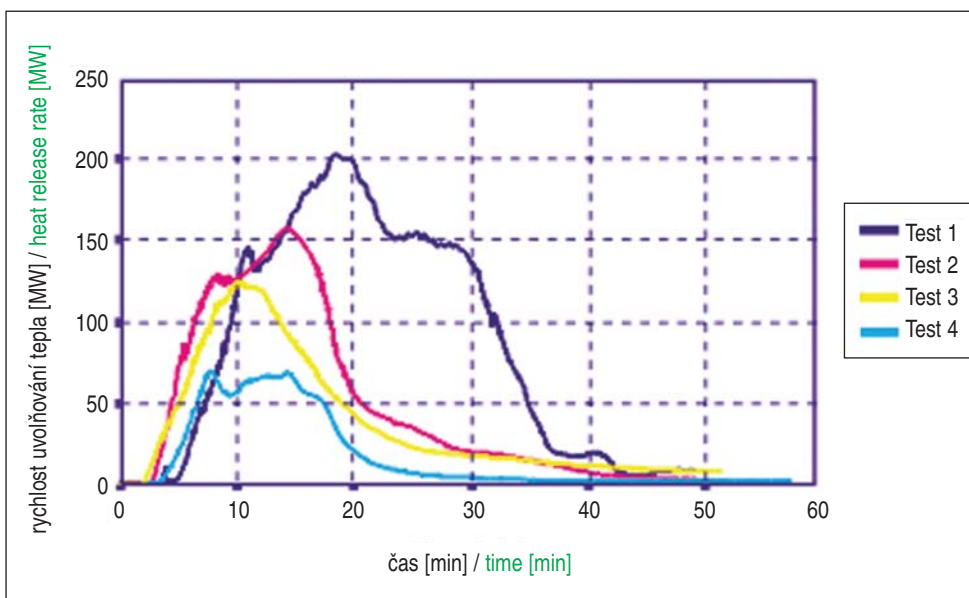
Obr. 11 Délka hořící části nákladu v závislosti na čase

Fig. 11 The length of the burning portion of the cargo in dependence on time

vzdálenosti 100 m od požáru proti směru proudění je teplota stále blízká 100 °C.

Teplota uvnitř nákladu a šíření požáru

Všechny zkoušky vykazují mezi 10. až 15. minutou teploty uvnitř nákladu v rozmezí 900 °C až 1000 °C, maximální hodnota při první zkoušce je 1200 °C. Při první zkoušce se první termoelektrický článek v blízkosti požáru ohřál zhruba 3 minuty po vzplanutí. Pouhých 7 minut na to byl celý náklad v plamenech. Při druhé zkoušce je doba mezi ohřevem prvního a posledního termoelektrického článku ještě kratší, 4 minuty. Při všech zkouškách byl celý náklad v plamenech v rozmezí od 8 do 10 minut po zapálení. Na obr. 11 je znázorněna „délka hořící části nákladu“ v závislosti na čase, vztažená k teplotě 600 °C. První a třetí zkouška vykazují téměř monotónní nárůst „délky hořící části“ v čase odpovídajícím konstantní rychlosti šíření požáru zhruba 18 mm/s pro „délku hořící části“ v rozmezí 1,3 až 6,5 metru. Jinak je tomu u druhé a čtvrté zkoušky. Čtvrtá zkouška naznačuje ještě rychlejší šíření požáru v této délce. Kvůli padajícím částem nákladu během zkoušek je



Obr. 12 Rychlost vývinu tepla čtyř velkorozměrových požárních zkoušek s požárním zatížením těžkých nákladních automobilů

Fig. 12 Heat buildup rate for four large-scale fire tests with fire loads on heavy trucks

Falling of pieces of rock beyond the insulated area on the side upstream from the fire (against the direction of airflow) was caused by turning of products of combustion back, even despite the contradictory effect of the ventilation. This turning back was caused by the fact that the flow velocity was reducing with the growing fire intensity, therefore the pressure gradient was growing above the seat of the fire. The results can be seen in figure 10, presenting the temperatures during the fire in the first test. It can be seen that the temperature value at the distance of 40m upstream from the fire is kept for a long time high above 100°C and is still near to 100°C up to the distance of 100m upstream from the fire.

Temperature inside cargo and spreading of fire

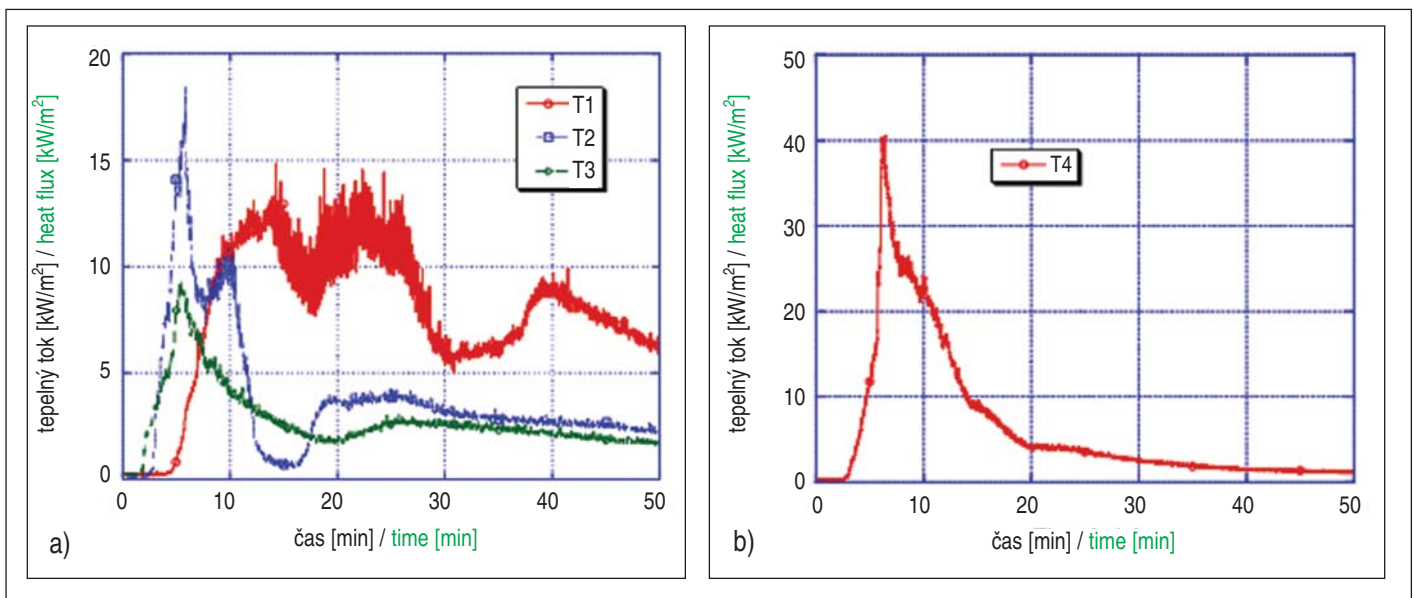
Between the 10th to 15th minute, all tests exhibit temperatures within the range of 900°C – 1000°C; the maximum value in the first test is 1200°C. During the first test the first thermoelectric couple in the vicinity of the fire heated up approximately 3 minutes after the fire burst. A mere 7 minutes later the whole cargo was in flames. In the second test, the interval between the first and last thermocouple heating up is even shorter, 4 minutes. In all tests the whole cargo was in flames within the range of 8 to 10 minutes after ignition. Fig. 11 presents the “length of the burning portion of the cargo” in dependence on time, related to the temperature of 600°C. The first test and third test exhibit nearly monotonous growth of the “length of the burning portion” with time, which corresponds to a constant velocity of spreading the fire of approximately 18mm/s for the “length of the burning portion” between 1.3 to 6.5m. This is different as far as the second test and fourth test are concerned. The fourth test suggests even faster spreading of fire along this length. Unfortunately, more detailed analysing is difficult because of the parts of the cargo falling down (see Fig 11). This fact could even be the reason for the unrealistic behaviour during the test No. 3, where it looks as if the “length of the burning portion” of 6.5m took place sooner than the “length of the burning portion” of 4.5m.

Heat development rate

The following apparatuses were used for determining the heat release values:

- 5 bidirectional differential pressure sensors;
- 12 thermoelectric couples;
- 3 oxygen (O₂) analysers;
- 2 carbon dioxide (CO₂) and carbon monoxide (CO) analysers.

The measurements are not presented in this paper. All more detailed information is contained in reference [1] which was published after the tests and from which this paper draws. Pulsation of the fire was recorded during the course of the initial two fire tests (Test No. 1 and Test No. 2) at the time when the heat release rate exceeded 130MW. Owing to this fact the measurement station recorded the state of air flow pulsation, where the measurement results proved that the maximum velocity pulsated in the range



Obr. 13 Sálání tepla sestavy návěsu na straně proti směru proudění; a) hustota toku tepla ve vzdálenosti 10 metrů od sestavy návěsu proti směru proudění, b) hustota toku tepla ve vzdálenosti 5 metrů od sestavy návěsu proti směru proudění

Fig. 13 Heat radiation of the semitrailer set on the upstream side of the fire; a) the heat flow density at the distance of 10m from the semitrailer set upstream from the fire, b) the heat flow density at the distance of 5m from the semitrailer set upstream from the fire

však podrobnější analýza obr. 11 obtížná. To by také mohl být důvod nerealistického chování při zkoušce 3, kdy to vypadá, jako by „délka hořící části“ 6,5 m nastala dříve než „délka hořící části“ 4,5 m.

Rychlost vývinu tepla

Ke stanovení hodnot uvolněného tepla bylo použito několik různých přístrojů:

- 5 obousměrných snímačů tlakového rozdílu;
- 12 termoelektrických článků;
- 3 kyslíkové (O_2) analyzátoři;
- 2 analyzátoři oxidu uhličitého (CO_2) a oxidu uhelnatého (CO).

Měření nejsou v tomto článku uvedena. Veškeré podrobnější informace jsou v publikaci [1], která byla po zkouškách vydána a ze které tento článek čerpá. Během prvních dvou požárních zkoušek (zkoušky 1 a 2) bylo zaznamenáno pulzování požáru v době, kdy rychlost uvolňovaného tepla překračovala 130 MW. Díky tomu byl v měřicí stanici zaznamenán stav pulzování proudění vzduchu, kdy výsledky měření prokázaly, že maximální rychlost pulzovala v rozmezí 3 až 4 ms^{-1} směrem k minimální rychlosti v rozmezí 1 až 1,5 ms^{-1} . Perioda maximální rychlosti byla v této době zhruba 45 sekund. Křivky hodnot uvolňování tepla jsou znázorněné na obr. 12 a představují již skutečné hodnoty (průměr v době pulzování pro první a druhou zkoušku) po provedení korekce doby přenosu.

Když se hodnota uvolněného tepla požáru dostala nad 5 MW, u všech zkoušek se rychlost nárůstu požáru jevila lineární až do 100 MW, s výjimkou čtvrté zkoušky, kdy je hodnota uvolněného tepla rovna 70 MW. K aproximaci hodnot uvolněného tepla v rozmezí 5–100 MW (pro první až třetí zkoušku) a 5–70 MW (pro čtvrtou zkoušku) byla proto použita lineární regrese. Korelační koeficient uvedený v tabulce 2 v závorkách je ve všech případech velmi vysoký ($>0,99$), což ukazuje na prakticky lineární chování rychlosti uvolňování tepla v daném rozmezí. Tabulka 2 ukazuje, že nejrychlejší nárůst požáru (29 $MWmin^{-1}$) vykazují dřevěné palety a rohože (druhá zkouška), následují dřevěné palety a plastové palety v první zkoušce (21 $MWmin^{-1}$). Rychlosti nárůstu požáru při třetí a čtvrté zkoušce byly velice podobné (17–18 $MWmin^{-1}$).

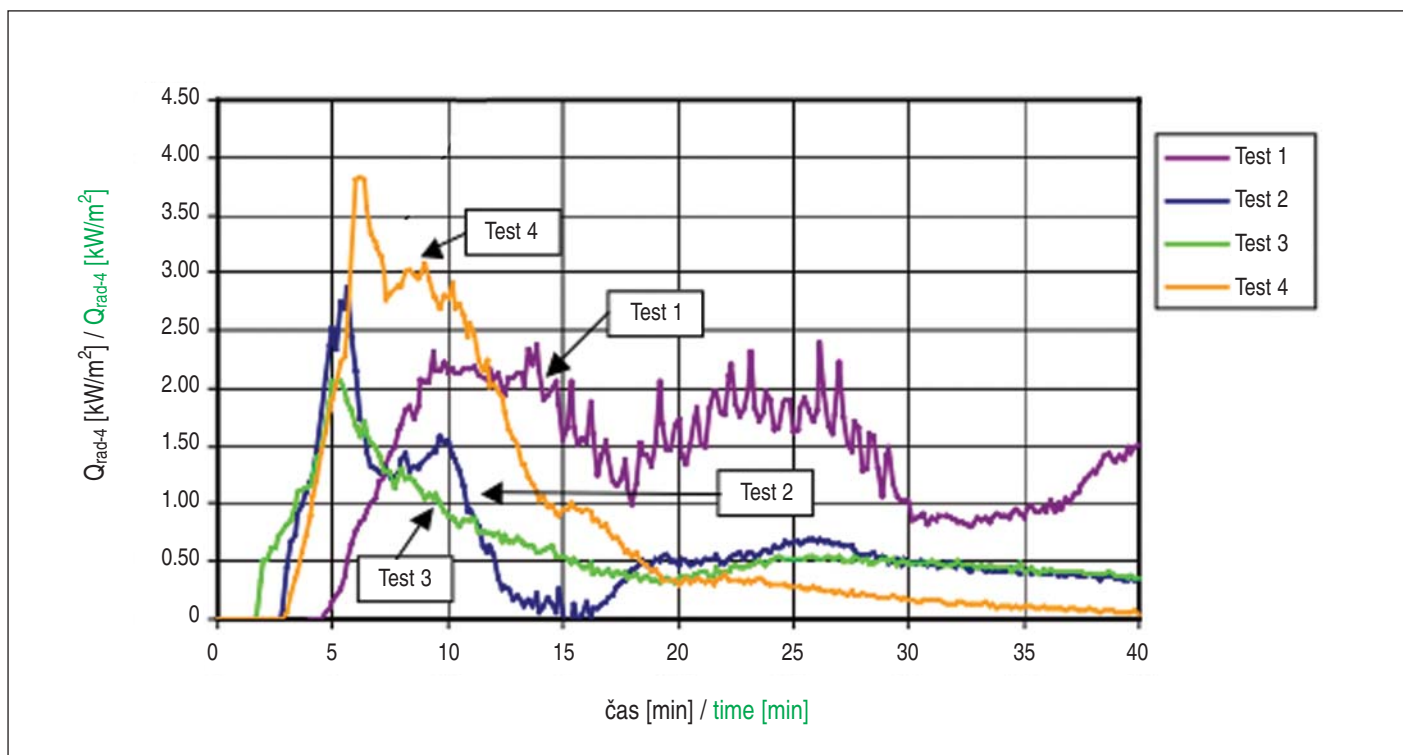
of 3 to 4 ms^{-1} towards the minimum velocity in the range of 1 to 1,5 ms^{-1} . At this time the maximum velocity period was approximately 45 seconds. The heat release curves are displayed in Fig. 12; they already represent actual values (the average at the time of pulsation for the Test No. 1 and Test No. 2) after the correction of the transfer time.

When the fire heat release value got over 5MW, the fire buildup rate appeared linear up to 100MW in all of the tests, with the exception of the fourth test, where the heat release value is equal to 70MW. For that reason linear regression was applied to the approximation of the released heat values in the range of 5–100MW (for the first through to third test) and 5–70MW (for the fourth test). The correlation coefficient presented in Table 2 in brackets is in all of the cases very high ($>0,99$), which indicates the virtually linear behaviour of the heat release rate in the given range. Table 2 shows that the fastest fire buildup rate (29 $MWmin^{-1}$) is exhibited by wooden pallets and mats (the second test), followed by wooden pallets and plastic pallets in the first test (21 $MWmin^{-1}$). The fire buildup rates in the third and fourth test were very similar (17–18 $MWmin^{-1}$).

Intensity of heat transferred through radiation in the vicinity of the fire

High temperatures induce strong radiation of heat, which is crucial for spreading a fire to other vehicles in a tunnel. Another important question associated with the radiation of heat is how close fire fighters can get to the fire before further progressing is prevented by strong radiation. Tests conducted by fire fighters in protective clothing determined the upper limit of the exposition to be approximately 5 kWm^{-2} . When this limit is exceeded, the work of fire fighters is difficult and they begin to feel pain after approximately 5 minutes.

The results of measurements conducted during the course of the extensive tests are presented in Fig. 13. They show that this upper limit was exceeded in all tests at the distance of 10m from the semitrailer set. Fire fighters have to be able not only to resist radiated heat, but also to work in the heat. The radiation at the distance of 20 metres from the fire upstream from the fire is an important criterion for assessing whether fire fighters can reach the fire with the water jet or not. The values of the density of heat flow rate measured at this distance are presented in Fig. 14.



Obr. 14 Hustota toku tepla 20 metrů od požáru proti směru proudění (test 4: 15 m od požáru)

Fig. 14 The heat flow density 20m from the fire (test 4: 15m behind the fire)

Intenzita tepla sáláním v blízkosti požáru

Vysoké teploty vyvolávají silné sálání tepla, které je zásadní pro šíření požáru na ostatní vozidla v tunelu. Další důležitou otázkou související se sáláním tepla je, jak blízko se hasiči dostanou k požáru, než jim v dalším postupu zabrání silná radiace. Zkoušky, které provedli hasiči v ochranném obleku, stanovily horní mez expozice zhruba 5 kWm^{-2} . Při překročení této meze je práce hasičů obtížná a začínají cítit bolest již po zhruba 5 minutách.

Výsledky měření provedených během rozsáhlých zkoušek jsou znázorněny na obr. 13. Ukazují, že tato horní mez byla při všech zkouškách překročena ve vzdálenosti 10 m od sestavy. Hasiči nejen že musí být schopni odolat sálání tepla, ale musí také být schopni v horku pracovat. Sálání ve vzdálenosti 20 metrů od požáru proti směru proudění je důležitým kritériem pro to, zda hasiči dosáhnou na požár vodním proudem, či nikoliv. Naměřené hustoty toku tepla v této vzdálenosti jsou znázorněny na obr. 14.

Je vidět, že všechny hodnoty tepelného toku jsou pod kritickou mezí 5 kWm^{-2} . Hasiči proto budou schopni přiblížit se k hořícímu nákladu na vzdálenost 20 metrů a s požárem bojovat.

Ve vzdálenosti 20 metrů od požáru proti směru proudění, v oblasti, kde již skála nebyla chráněna před účinky požáru, bylo při teplotách 80 až 100°C zaznamenáno odpadávání horniny. Velké kusy skály padaly do oblasti, kde by hasičský sbor zřejmě zasahoval. Tato skutečnost by mohla ohrožovat hasiče a narušovat jejich schopnost bojovat s požárem.

Intenzita sálání v blízkosti požáru a riziko šíření požáru

Během 15 minut první zkoušky byly u podlahy zaznamenány nejvyšší hodnoty 250 kWm^{-2} . Při téže zkoušce bylo možno u stěn pozorovat průměrné hodnoty zhruba 120 kWm^{-2} a nejvyšší hodnoty 200 kWm^{-2} . Ve vzdálenosti 5 metrů za požárem byl tepelný tok stále ještě 50 kWm^{-2} . Kritická mez pro šíření požáru byla ve vzdálenosti 5 m za požárem překročena při všech zkouškách. Riziko rozšíření požáru na vozidlo v této poloze proto existuje při všech zkouškách, ale po různě dlouhou dobu. Při první zkoušce toto riziko trvá 55 minut. Při dalších, méně náročných zkouškách, je toto riziko kratší, zhruba 7 až 10 minut.

It can be seen that all heat flow rate values are under the critical limit of 5 kWm^{-2} . Fire fighters will therefore be able to get closer to the burning cargo up to the distance of 20m to fight the fire.

At the distance of 20 metres upstream from the fire, in the area where rock was no more protected against the effects of fire, falling off of rock was recorded at temperatures of 80 to 100°C . Big pieces of rock fell to the area where the fire rescue brigade would evidently fight the fire. This fact could threaten the fire fighters and impair their ability to fight the fire.

Intensity of heat transferred through radiation in the vicinity of the fire and the risk of spreading the fire

During 15 minutes of the first test, the highest values recorded at the floor level amounted to 250 kWm^{-2} . During the course of the same test it was possible at the walls to observe average values approximately of 120 kWm^{-2} and the highest values of 200 kWm^{-2} . At the distance of 5 metres behind the fire, the heat flow still reached 50 kWm^{-2} . The critical limit for spreading of the fire at the distance of 5m behind the fire was exceeded in all tests. The risk of spreading the fire to a vehicle located in this position therefore exists in all tests, but it is so for various lengths of time. In the first test, this risk lasts for 55 minutes. In the other tests, which are less demanding, this risk duration is shorter, approximately 7 to 10 minutes.

RESULTS AND BEHAVIOUR OF INSULATION CLADDING

Because of the irregular geometry of the Runehamar tunnel cross-section, the PROMATECT®-T insulation boards were hung on a steel frame; there is no direct contact between the boards and the rock (see Fig. 15). The objective of the tests was to assess the behaviour of this type of fire insulation under various fire conditions without the presence of concrete structures (concrete, in general, contributes to resistance to high temperatures because of the fact that it has a cooling effect), without the insulation of joints and when the boards are exposed to the effects of several successive fires.

Temperatures measured during the first test in the tunnel (the red curve; the scale is on the left side of the graph) and on the unexposed side of the boards (the scale on the left side of the graph) are displayed in Fig. 16.

VÝSLEDKY A CHOVÁNÍ IZOLAČNÍHO OBKLADU

Kvůli nepravidelnému tvaru tunelu Runehamar byly izolační desky PROMATECT®-T zavěšeny na kovovém rámu; mezi deskami a skálou není žádný přímý kontakt (obr. 15). Cílem těchto zkoušek bylo posoudit chování tohoto druhu protipožární izolace v různých podmínkách požáru bez přítomnosti betonových konstrukcí (beton obecně přispívá k žárovzdornosti, protože má chladicí účinek), bez izolace spoju a při vystavení desek účinkům několika po sobě jdoucích požárů.

Na obr. 16 jsou znázorněny teploty naměřené během první zkoušky v tunelu (červená křivka, stupnice na pravé straně grafu) a na neexponované straně desek (stupnice na levé straně grafu).

Díky technologii minerálního inženýrství mají desky PROMATECT®-T „minerální indikátory teploty“, které mohou poskytovat informace o průběhu teploty v kterémkoliv místě desky. Na základě prostupu tepla je možné stanovit maximum 1150 °C v hloubce 3 mm pod exponovaným povrchem, dále dosažení 900 °C v hloubce 7 mm a teplotu 200 °C v hloubce 20 mm pod exponovaným povrchem desky. Je důležité zdůraznit, že desky byly při této zkoušce vystaveny teplotám až 1365 °C.

Analýza metodou rentgenové difrakce z horké strany k chladnější prokazuje, že na exponované straně se při teplotách 1150 °C až 1350 °C vytvořila 3 až 4 mm silná vrstva keramického izolantu. Během tohoto procesu nedošlo k žádným strukturálním vadám. Analýzy prokazují dokonalou stabilitu struktury desek, která si uchovala nezbytné vlastnosti z hlediska požární ochrany.

Zkoušky jasně prokázaly že:

- Výrobek je schopen odolat vysoké intenzitě radiace a vysokým teplotám, které jsou dosahovány při požáru v tunelu (maximálně 223 MW, 1365 °C).
- Umělá minerální struktura (Mineral Engineered Matrix) je zcela novým přístupem v konstrukci materiálů požární ochrany a zlepšuje chlazení a tepelnou izolaci konstrukce a částí tunelu.
- V případě použití desek vypočtené tloušťky lze na straně chráněné tunelové konstrukce po dlouhou dobu snadno udržovat teplotu pod 200 °C.
- Po několika po sobě jdoucích požárech byla celistvost desek prokazatelně zachována i v mikroskopickém měřítku.
- V případě potřeby je montáž a výměna desek v té části tunelu, která byla vystavena požáru, snadná, což snižuje náklady a umožňuje rychlé opravy a opětovné uvedení tunelu do provozu.

ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

Byly provedeny čtyři rozsáhlé požární zkoušky simulující požár nákladu na návěsu v tunelu. Náklad byl simulován různými kombinacemi celulózy a plastu (v hmotnostním poměru zhruba 80/20). To odpovídá běžným druhům nákladu, které jsou každodenně převáženy po silnicích a také často projíždějí tunely. Druh množství použitých hořlavých materiálů se v jednotlivých zkouškách lišil, ale všechny čtyři náklady vykazovaly velmi prudký nárůst teploty po počáteční prodlevě. Výsledky také ukázaly, že konstrukce tunelu a izolace musí odolat velmi vysokým teplotám. Standardní teplotní křivka požáru, která nejlépe reprezentuje výsledky zkoušek, je křivka RWS.

Při všech zkouškách došlo k prudkému rozšíření požáru, během 5 až 10 minut byl celý náklad v plamenech. První pokus odhadnout šíření požáru byl částečně úspěšný u první a třetí zkoušky. Při první zkoušce nastalo velké riziko rozšíření požáru na další vozidla ve vzdálenosti 5 m za hořícím nákladem (tj. ve směru proudění) a trvalo po dobu 55 minut. Toto riziko nastalo i při dalších zkouškách, trvalo však kratší dobu, 7 až 10 minut.

Owing to the mineral engineering technology, PROMATECT®-T boards have “mineral indicators of temperature” capable of providing information about the development of temperature at any point of the board. It is possible on the basis of heat passage to determine that the maximum of 1150°C is reached at the depth of 3mm under the exposed surface, 900°C at the depth of 7mm and 200°C at the depth of 20mm under the exposed surface of the board. It is important to emphasise that the boards were exposed to temperatures up to 1365°C during the course of this test.

An X-ray diffraction analysis from the hot side toward the cooler side proves that a 3 to 4mm thick ceramic insulator developed on the exposed side at temperatures ranging from 1150°C to 1350°C. No structural defects originated during this process. The analyses prove the perfect stability of the structure of the boards, which maintained properties necessary in terms of fire protection.

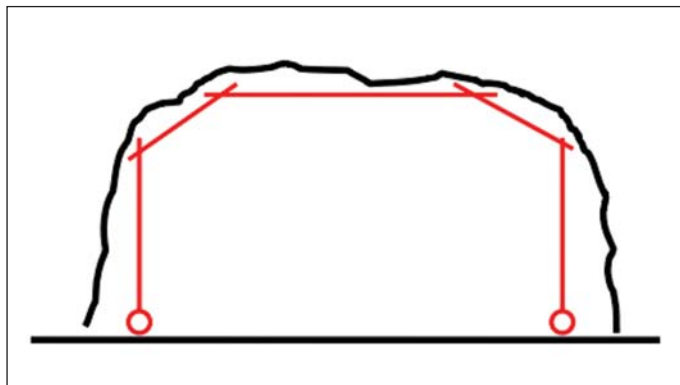
The tests clearly proved that:

- The product is able to resist the high intensity of radiation and high temperatures reached during a fire in a tunnel (maximum 223MW, 1365°C).
- The Mineral Engineered Matrix means an absolutely new approach to the structure of fire protection materials; it improves cooling and thermal insulation of the structure and parts of the tunnel.
- In the cases of using calculated thickness boards, it is possible to easily maintain the temperature on the side of the protected tunnel structure under 200°C for a long time.
- After several successive fires, the integrity of the boards was provably maintained even on the microscopic scale.
- In the case of a need, the assembly and replacement of the boards in the portion of the tunnel exposed to the fire is easy, which fact reduces the costs and allows for quick repairs and bringing the tunnel back into service.

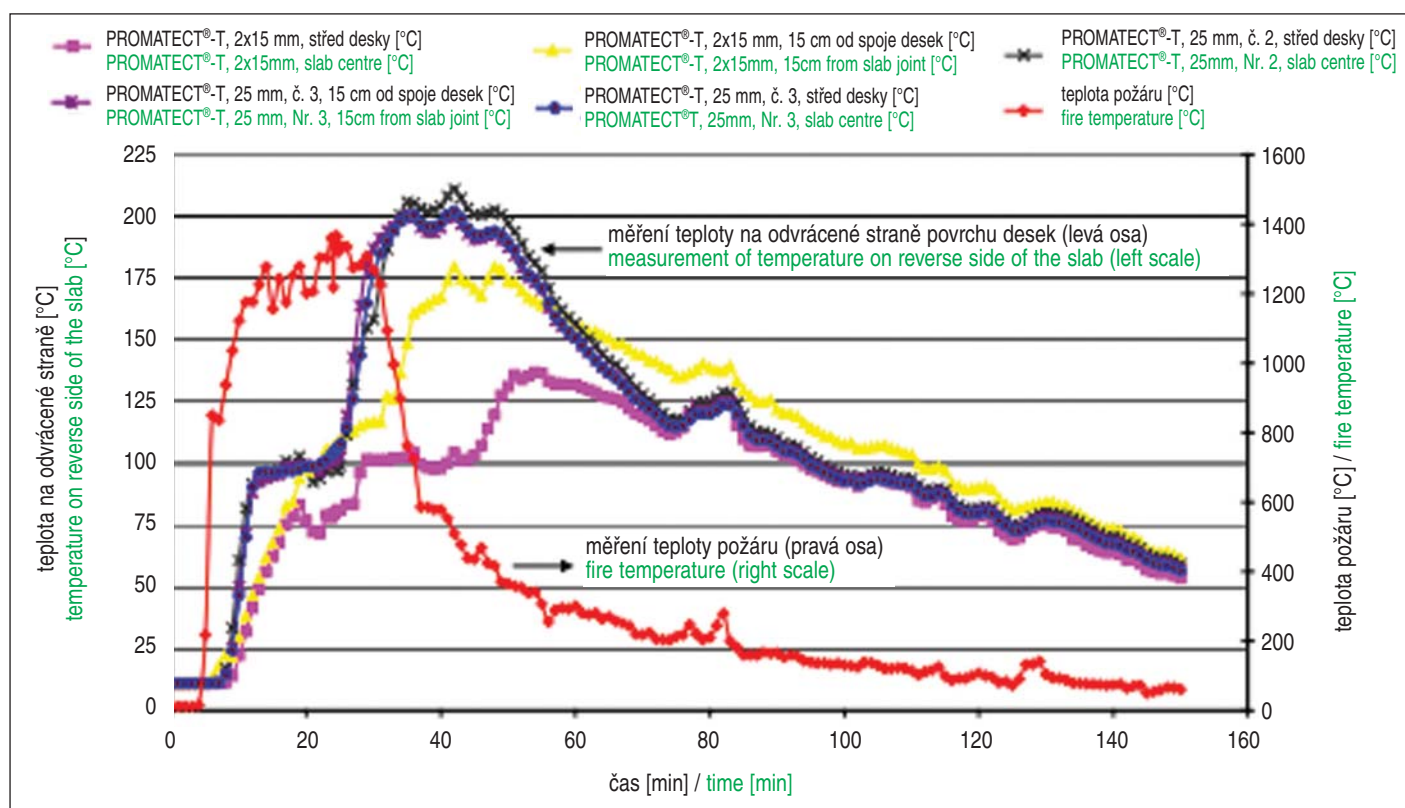
CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Four extensive fire tests simulating a fire of cargo on a semitrailer in a tunnel were carried out. The cargo was simulated by various combinations of cellulose and plastic (in the weight ratio approximately 80:20). It corresponds to the common sorts of cargo which are every day transported on roads and often pass through tunnels. The kinds and amounts of flammable materials used in individual tests varied, but all four cargos exhibited very steep heat buildup after an initial delay. The results in addition showed that a tunnel structure and insulation have to resist very high temperatures and that the RWS curve is the standard temperature curve best representing the results of the tests.

In all tests the fire spread very rapidly, the whole cargo was in flames in 5 to 10 minutes. The first attempt to estimate the spreading of the fire was partially successful in the first and third test. In the first



Obr. 15 Navržený systém požární ochrany pro zkoušky v tunelu Runehamar
Fig. 15 Fire protection system designed for testing in the Runehamar tunnel



Obr. 16 Průběh teplot naměřených v tunelu a na povrchu desek během přísnější první zkoušky

Fig. 16 Development of temperatures measured in the tunnel and on the surface of the boards during the more stringent first test

Byl učiněn také první pokus stanovit vzájemný vztah mezi tepelným tokem přijímaným stěnou a intenzitou požáru. Při všech zkouškách tepelné namáhání stěn překračovalo teplotní křivku ISO pro stavební konstrukce namáhané požárem v místnosti po dobu 15 až 30 minut. Zdá se, že přesnější aproximaci tepelného namáhání stěny během této doby nabízejí jiné teplotní křivky, např. uhlovodíková křivka. Je zapotřebí uvést, že veškerá měření probíhala ve výšce jeden metr nad úrovní vozovky. V současné době jsou stěny tunelů často ponechány bez izolace. Výsledky zkoušek jasně prokazují potřebu protipožárních izolačních obkladů stěn.

Tento rozsáhlý experiment přispěl ke zpřísnění požadavků na požární odolnost ostění tunelů. V ČR lze nalézt v Nařízení vlády o bezpečnostních požadavcích na tunely pozemních komunikací delší než 500 metrů č. 264/2009 Sb., v příloze č. 1 – Minimální bezpečnostní požadavky na tunely pozemních komunikací delší než 500 metrů v článku č. 7. – Požární odolnost stavebních konstrukcí, tuto definici: „Nosné stavební konstrukce všech tunelů musí zajistit dostatečnou úroveň požární odolnosti tam, kde místní porušení stavby může mít katastrofické následky, například u tunelů procházejících pod vodou nebo u tunelů, které mohou způsobit zhroucení důležitých souvisejících staveb. Stavební konstrukce a požární uzávěry musí u těchto tunelů vykazovat požární odolnost odpovídající 7. stupni požární bezpečnosti.“

Ing. LIBOR FLEISCHER, fleischer@promatpraha.cz,
Promat s.r.o.

Recenzovali / Reviewed: Ing. Petr Bečák, Ph.D.,
Ing. Otto Dvořák, Ph.D.

test, a big risk developed that the fire would expand to other vehicles at the distance of 5m behind the burning cargo (downstream from the fire) and lasted for 55 minutes. This risk developed even in the other tests, but it lasted for a shorter time, 7 to 10 minutes. In addition, an attempt was made to determine the mutual relationship between the heat flow received by the wall and the fire intensity. During the course of all tests the heat stress exceeded the ISO temperature curve for civil engineering structures exposed to stressing by a fire in a room for 15 to 30 minutes. It seems that more accurate approximation of the heat stress during this period is offered by other temperature curves, for example the hydrocarbon curve. We should note that all measurements were carried out 1m above the roadway level. Currently tunnel walls are frequently left without insulation. The results of the test clearly indicate that fire insulation cladding of walls is necessary.

This extensive experiment contributed to tightening the requirements for fire resistance of tunnels. In Czech republic can be found the following definition in the Decree No. 264/2009 Coll. of the Government of the Czech Republic on requirements for road tunnels longer than 500 metres, Annex No. 1 paragraph No. 7 - Fire resistance of civil engineering structures: „Load-bearing civil engineering structures of all tunnels shall secure sufficient level of fire resistance wherever a local damage to the structure can have catastrophic consequences, for example in the cases of submerged tunnels or tunnels which can cause collapsing of important associated structures. Civil engineering structures and fire shutters shall exhibit fire resistance corresponding to Degree No. 7 of fire safety.“

Ing. LIBOR FLEISCHER, fleischer@promatpraha.cz,
Promat s.r.o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] UPTUN, TKO, Promat International – Summary of Large Scale Fire Tests in the Runehamar Tunnel in Norway, conducted in association with the UPTUN Research Program
- [2] <https://www.sp.se/en/index/research/Runehamar/Sidor/default.aspx>

POŽÁRNÍ VĚTRÁNÍ TKB – OD PROJEKTU KE ZPROVOZNĚNÍ FIRE VENTILATION – FROM DESIGN TO BRINGING INTO SERVICE

JIRÍ ZAPÁRKA

ABSTRAKT

Projekt požárního větrání tunelového komplexu Blanka (TKB) začal před téměř 20 lety. Příspěvek volně navazuje na článek „Požární větrání tunelového komplexu Blanka k zajištění bezpečného zásahu IZS“ [1] a jeho cílem je v hlavních bodech přiblížit postupný proces projektování, zprovoznování a hlavně zkoušení požárního větrání, s bezprostředně navazujícími soubory, až do stávajícího stavu. Rozsáhlost díla, měnící se profil, sklon, vjezdové a výjezdové rampy, to vše vyžadovalo komplexní přístup a stanovení společných principů pro celý tunelový komplex a pro požadovanou úroveň bezpečnosti. Způsob odvodu kouře se v různých částech liší, ale způsob řízení směru a rychlosti podélného proudění v tunelech je společný pro celý TKB v průběhu vývoje požáru, podle požadavků na větrání. Kromě požárního větrání je hlavní pozornost věnována detekci kouře. Příspěvek uzavírá část věnovaná zkoušení technologie a prověřování komunikace jednotek IZS (Integrovaný záchranný systém) a obsluhy tunelu.

ABSTRACT

The work on the fire ventilation design for the Blanka complex of tunnels started nearly 20 years ago. This contribution is a free follow-up to the paper "Fire ventilation of Blanka tunnel for ensuring safe Integrated Rescue System intervention" [1]. Its objective is to outline in main points the gradual process of designing, bringing into service and, first of all, testing of the fire ventilation system together with immediately relating units, up to describing the existing state. The extensiveness of the project, the varying tunnel profile, the gradient, entrance ramps and exit ramps required a comprehensive attitude and defining common principles for the entire complex of tunnels and for the required level of safety. The smoke evacuation system is different in different parts, but the system of controlling the direction and velocity of the longitudinal airflow in the tunnel is common for the whole Blanka complex of tunnels during the course of the development of a fire, depending on requirements for ventilation. Apart from the fire ventilation, the main attention is focused on the detection of smoke. The paper is closed by a part dedicated to testing of equipment and verifying communication between the units of the Integrated Rescue System (the IRS) and the tunnel operators.

1. STAVEBNÍ A DOPRAVNÍ ŘEŠENÍ VE VZTAHU K POŽÁRNÍMU VĚTRÁNÍ TKB

Stavební řešení TKB bylo ovlivněno zvolenou trasou a polohou portálů, která byla vybrána z několika variantních řešení. Varianta pojmenovaná Blanka byla potom dále rozpracovávána v roce 1998 v ověřovací studii. Celková délka trasy od portálu Malovanka k portálu Troja je 5,5 km s výjezdem na povrch a následným vjezdem do tunelu v místech křižovatky Pražský most a křižovatky U Vorlíků, které dělí trasu na tři tunely: Brusnický, Dejvický a Bubebečský (obr. 1).

Tunely Brusnický a Bubebečský jsou kromě portálových částí ražené a oba tunely obsahují dlouhé úseky s podélným sklonem 5 %. Při požáru v úsecích s klesáním –5 % tlačí vztahové síly při požáru kouř tunelem (tzv. komínový efekt) proti směru jízdy těm vozidlům, kterým blokuje požár výjezd z tunelu.

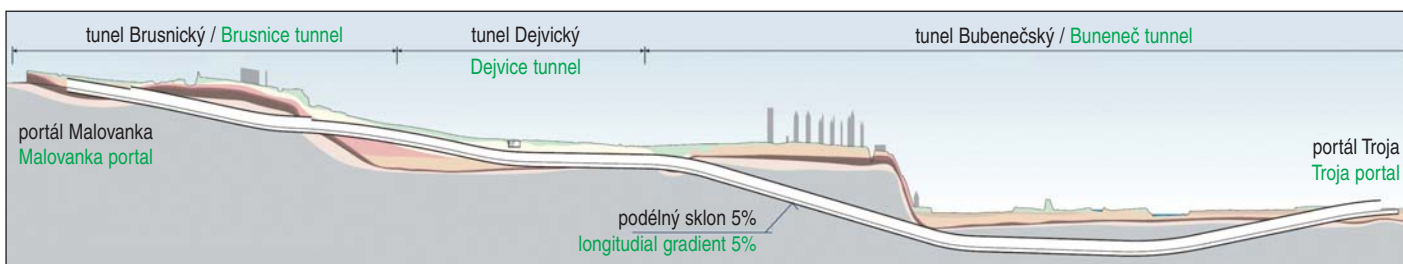
Prostřední část ležící pod ulicí Milady Horákové (Dejvický tunel) je celá hloubená, stejně jako rampy a úseky na výjezdech/vjezdech z/do tunelu. Tyto hloubené úseky jsou velice blízko pod povrchem a jejich příčný profil omezuje křížení se stanicí metra A – Hradčanská a s množstvím dalších místních inženýrských sítí pod povrchem. Tato prostorová omezení neumožnila jednotný systém odvodu kouře po délce tunelu, tak jak je tomu v ražených úsecích.

1. STRUCTURAL AND TRAFFIC-MANAGEMENT DESIGN IN RELATION TO THE FIRE VENTILATION SYSTEM OF THE BLANKA COMPLEX OF TUNNELS

The structural design was influenced by the alignment and locations of portals selected from several variant solutions. The variant named Blanka was subsequently worked out in a verification study in 1998. The aggregate length of the alignment from the Malovanka portal to the Troja portal amounts to 5.5 km. Exits to the surface and subsequent tunnel entrances in the locations of the Pražský Most Bridge and U Vorlíků intersections divide the alignment into three tunnels: Brusnice, Dejvice and Bubeneč (see Fig. 1).

The Brusnice and Bubeneč tunnels are mined structures (with the exception of portal parts). They contain long sections with the longitudinal gradient of 5%. During the course of a fire in sections with the longitudinal gradient of –5%, buoyancy forces induced by the fire force the smoke along the tunnel (the so-called chimney effect) against the direction of the moving vehicles the exit of which from the tunnel is blocked by the fire.

The middle part lies under Milady Horákové Street – the



Obr. 1 Podélný řez TKB od portálu Malovanka, kdy tunel klesá až pod Stromovku a Vltavu a následně stoupá k portálu Troja

Fig. 1 Longitudinal section through the Blanka complex of tunnels from the Malovanka portal, from which the tunnel descends under Stromovka Park and the Vltava River and subsequently ascends toward the Troja portal

Dalším požadavkem ovlivňujícím řešení systému větrání byla technická chodba pod vozovkou tunelu po celé délce trasy. Údržba tak má přístup do všech částí tunelového komplexu nezávisle na tunelovém prostoru.

Tvar příčného řezu tunelu ražených úseků byl dán statickým zatížením na obezdívku tunelu. Proto mají ražené úseky strop ve tvaru klenby oproti hloubeným, které mají rovný strop. Technologická chodba pod vozovkou v ražených úsecích svou průchozí výškou způsobuje velké vyklenutí protiklenby a vytváří tak velký prostor k využití pro odvodní požární kanál. Velikost a tvar příčného řezu byl prověřován ve dvou verzích: kanál pod vozovkou nebo kanál nad falešným stropem tunelu. Z ekonomického i vzduchotechnického hlediska se ukázala varianta s kanálem pod vozovkou výhodnější. Z hlediska vzduchotechnického je při požáru větší příčný profil příznivější, protože výchozí rychlost podélného proudění je nižší a kouř má následně více prostoru pro šíření, než zakouří celý profil. Tím se prodlužuje doba pro evakuaci.

Z dopravního hlediska se jedná o městský tunelový komplex s jednosměrným provozem ve 2 až 3 pruzích. Vzhledem k vysoké intenzitě dopravy přes 60 000 vozidel za 24 hodin v jednom směru, s výhledem na 75 000 vozidel a vzhledem k charakteru dopravy je nutné počítat s možností dopravní kongesce (stojící nebo pomalu jedoucí kolona vozidel). V případě požáru pak i vozidla ve směru jízdy za požárem nemohou okamžitě vyjet z tunelu a ohrožené osoby se tak vyskytují na obou stranách požáru.

Dalším specifickým je množství vjezdových a výjezdových portálů a ramp. V celém TKB je jich v rámci křižovatek v obou směrech patnáct. Množství portálů je problematické při požáru v hloubených úsecích v blízkosti portálů a ramp, kdy požární větrání musí zabránit převodu kouře z jednoho tunelu do druhého přes portály blízko u sebe.

2. BEZPEČNOSTNÍ KONCEPT

Požární větrání je založeno na rychlé detekci mimořádné události a okamžitým řízením směru a rychlosti podélného proudění [2][3][4][5].

Pro detekci a lokalizaci místa požáru jsou v TKB celkem tři druhy detektorů – liniový teplotní hlásič, kouřové detektory a video-detekce. Při detekci liniovým teplotním hlásičem reaguje systém automaticky vyhlášením požáru. Liniový teplotní hlásič je spolehlivý, ale je často zatížen zpožděním reakce při vyšších rychlostech podélného proudění v tunelu. Kromě rychlosti reakce je u příčného odvodu přes několik klapek důležitá přesnost lokalizace požáru, protože klapka otevřená na špatném místě může způsobit fatální následky.

V roce 2007 proběhl v silničním tunelu Gotthard úspěšný zkušební provoz s detekcí požáru založenou na nově vyvinutých detektorech kouře, konkrétně pro silniční tunely. Prokázaná spolehlivost detekce umožnila zahrnutí detektorů do automatiky požárního větrání bez potvrzení obsluhy [7]. Na základě těchto zkušeností byly detektory kouře zahrnuty do systému detekce TKB. Celý TKB byl rozdělen do 125 detekčních úseků, kde každému úseku odpovídá jeden detektor kouře. Délka detekčních úseků je 80–90 m, v ražených částech od jedné odsávací vyústky k následující. Také samotný kamerový systém je vybaven video-detekcí, která je schopna rozpoznat kouř nebo zastavení vozidla.

Cílem včasné detekce přítomnosti kouře v tunelu a možného požáru je řídit směr a rychlost podélného proudění, protože ta rozhoduje o charakteru šíření kouřové vlečky a zakouřenosti profilu, čímž zásadním způsobem ovlivňuje podmínky pro evakuaci.

Jak detektory kouře, tak video-detekce reagují velmi rychle na mimořádné události a umožňují tak zajištění příznivých podmínek pro šíření kouře při případném požáru. Dispečer tak má více času na správné vyhodnocení a lokalizaci události před potvrzením vyhlášení požáru.

entire Dejvice tunnel as well as ramps and sections at exits/entrances from/to the tunnel are cut-and-cover structures. These cut-and-cover tunnel sections are very near to the surface and their cross-section is limited by the intersection with Hradčanská metro station on the Line A and numerous other local engineering networks under the surface. These spatial restrictions did not allow designing the same unified smoke evacuation system throughout the tunnel length as designed for mined tunnel sections.

Another requirement affecting the solution to the ventilation system lied in the utility corridor under the tunnel roadway throughout the tunnel route. In this way maintenance teams have access into all parts of the complex of tunnels independently of the space above the tunnel roadway.

The geometry of the tunnel cross-section was determined by the static load acting on the tunnel lining. This is the reason why the vaulted roof is designed for mined sections, in contrast to cut-and-cover tunnel sections having flat roof decks. The utility corridor under the roadway in mined sections causes large arching of the inverted vault, thus creating large space available for the smoke evacuation fire duct. The dimensions and geometry of the cross-section was verified in two versions: a duct under the roadway or a duct above an intermediate tunnel floor. From the aspects of economy and ventilation, the variant with the duct under the roadway turned out to be more advantageous. From the aspect of ventilation, a larger cross-section is more favourable because of the fact that the initial velocity of longitudinal airflow is lower and smoke has subsequently more space for spreading before filling the whole cross-section. In this way the time available for evacuation is extended.

From the traffic-related point of view, the structure is an urban complex of tunnels with unidirectional traffic on 2 to 3 lanes. Taking into consideration the large traffic volume exceeding 60,000 vehicles per 24 hours in one direction, with the prospect for 75,000 vehicles, and with respect to the character of traffic, it is necessary to reckon with the possibility of traffic congestion (a standing or slowly moving column of vehicles). In the case of a fire even the vehicles found in the direction of travel behind the fire cannot immediately leave the tunnel, threatened people are therefore found on both sides of the fire.

Another specific feature is the number of entrance portals, exit portals and ramps. Their number in the entire complex of tunnels in both directions amounts to fifteen. The number of portals is problematic in the case of a fire in the cut-and-cover tunnel sections near the portals and ramps, where the fire ventilation has to prevent the transition of smoke from one tunnel to the other via portals located close to each other.

2. SAFETY CONCEPT

The fire ventilation system is based on the fast detection of an extraordinary event and immediate control of the direction and velocity of the longitudinal airflow [2][3][4][5].

There are three types of detectors detecting and locating a fire in the Blanka complex of tunnels – a linear heat detector, smoke detectors and video-detection. When the linear heat detector is activated, the system responds automatically by automatic triggering a fire alarm. The linear heat detector is reliable, but it is frequently burdened by delayed reaction at higher velocities of the longitudinal airflow in a tunnel. In addition to the reaction rate, the accuracy of the fire location is important in the case of the transverse removal system via several dampers because a damper opened at a wrong place may have fatal consequences.

V případě detekce požáru v některé části tunelu dochází k okamžité uzavírci všech příjezdů do tunelu, doprava v tunelu je přeměnována na výjezdy.

Během přípravy projektu probíhala dobrá komunikace s hasiči HZS hl. města Prahy, což umožnilo stanovení zásad pro postupy jednotek HZS podle stavu požárního větrání, případně podle místa požáru. Během komplexních zkoušek proběhlo i několik kouřových zkoušek s různými zdroji zkušební kouře a členové HZS se mohli sami přesvědčit o postupu zprovoznění požárního větrání a o účinnosti odsávání. Na závěr po uzavření komplexního vyzkoušení proběhlo cvičení IZS, kde byl největší důraz kladen na komunikaci mezi jednotlivými složkami IZS a obsluhou tunelu.

3. PROJEKT POŽÁRNÍHO VĚTRÁNÍ

V městských tunelech s velmi vysokou intenzitou dopravy a pravděpodobností kongesce je cílem v prvních minutách ustálit podélné proudění nízkou rychlostí ve směru jízdy. Při nízkých rychlostech má kouř tendenci šíření pod stropem tunelu v obou směrech.

3.1 Regulace podélného proudění a systém odvodu kouře

V tunelu bývá často detekován kouř, který nemusí nezbytně znamenat požár, nebo se zdroj kouře může pohybovat a dispečer proto nesmí vyhlásit požár v místě prvního zjištění. Dispečer musí situaci vyhodnotit a požár vyhlásit až po ověření, že se jedná skutečně o požár, a že se zdroj kouře/požár nepohybuje. Následně musí přes video-detekci ověřit, že se skutečně jedná o úsek vyhodnocený řídicím systémem a až poté vyhlásit požár. Rychlá detekce je zásadní hlavně v úsecích s podélným sklonem – 5 %. Pro tento účel byl navržen a implementován režim „předvětrání“, který ještě před spuštěním požárního větrání vytváří podmínky podélného proudění obdobné 1. fázi požárního větrání (bez odsávání) a dává tak dispečerovi delší čas na reakci. „Předvětrání“ je zajištěno expertním systémem, který řídí provozní větrání. Regulace zajišťuje směr a minimální rychlost podélného proudění 1,2 m/s. Pokud je rychlost vyšší, například vlivem doznívajícího pístového efektu, regulátor nezasahuje. Jednotlivé stavy jsou přehledně vidět z průběhu rychlosti měřené v tunelu při zkouškách automatiky přechodů mezi jednotlivými stavy na obr. 2.

Výchozí podmínky pro uvedenou zkoušku byly zvoleny co nejnepríznivější. V tunelu zasaženém požárem bylo výchozí podélné proudění proti směru jízdy, což by mohlo nastat pouze v noci, při velmi malé intenzitě dopravy, protože jinak pístový efekt vozidel pohybujících se tunelem zajišťuje proudění ve směru jízdy. V rámci předvětrání bylo dosaženo rychlosti žádané a ta byla spolehlivě udržována. V okamžiku vyhlášení požáru je expertní systém odstaven a funkci přebírá požární regulátor podélného proudění. Přechod na požární regulátor je v grafu vidět v malém podkmitu po iniciaci požárního větrání. Proudění v nezasazeném tunelu je třeba reverzovat proti směru jízdy, aby nezasazený tunel přes portál nepodsál kouř unikající z portálu zasaženého tunelu.

V případě výpadku některých ventilátorů, klapek nebo celé strojovny, nebo v případě požáru nad návrhové parametry existuje možnost poloautomatického spuštění všech dostupných proudových ventilátorů v přímém směru na maximální výkon.

K ovládání podélného proudění v TKB slouží celkem 88 kusů proudových ventilátorů, z čehož je 25 proudových ventilátorů vybaveno frekvenčním měničem umožňujícím plynulou regulaci otáček a 63 je vybaveno soft startéry, které ovládají ventilátory pouze způsobem start/stop.

3.2 Systém odvodu kouře

V 1. fázi požárního větrání (dále jen 1. fáze), je v ražených úsecích kouř odsáván přes 2 výústky v klenbě tunelu: jednou před a jednou za požárem. Tuto situaci z pohledu řidiče stojícího cca 40 m před požárem lze vidět na obrázku 3. Uvedené ukázky z rozložení kouře, teploty a rychlosti v příčném řezu tunelem vycházejí z parametrů

In 2007, a successful trial operation of the tunnel with fire detection based on smoke detectors newly developed for road tunnels took place in the Gotthard road tunnel. The proved detection reliability allowed for the incorporation of the detectors into the automatic fire ventilation system not requiring confirmation by an operator [7]. On the basis of this experience, the smoke detectors were incorporated into the detection system for the Blanka complex of tunnels. The entire complex of tunnels was divided into 125 detection sections, where each section has one smoke detector assigned. The lengths of the detection sections vary between 80 – 90m; in the mined tunnel sections it is the length between one smoke extraction nozzle to the next one. Even the camera surveillance system is equipped with video-based fire detection facility capable of identifying smoke or vehicle stopping in the tunnel.

The objective of the rapid detection of the presence of smoke and a possible fire in a tunnel is to control the direction and velocity of the longitudinal airflow, because they are crucial regarding the character of the spreading of the trail of smoke and filling the tunnel profile with smoke. In this way it fundamentally influences the evacuation conditions.

Smoke detectors as well as the video-based smoke detection react very quickly to extraordinary events and allow for ensuring favourable conditions for spreading of smoke in the case of a contingent fire. Owing to this fact the management centre has more time for correct assessing and locating the event before the confirmation of triggering the fire alarm.

In the case of the detection of a fire in some part of the tunnel, all points of access to the tunnel are immediately closed and traffic in the tunnel is redirected to exits.

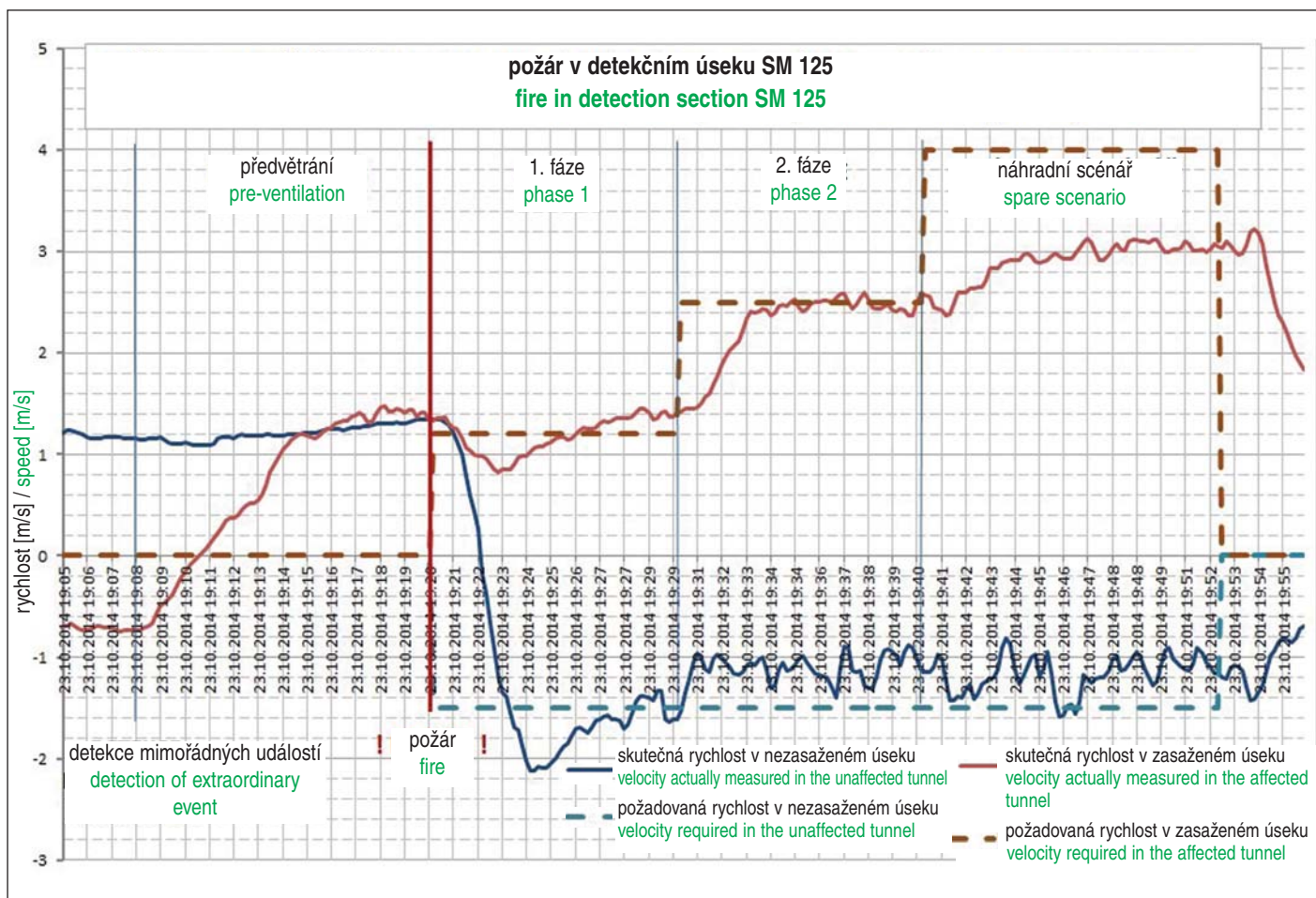
The communication with the units of the Fire Rescue Brigade of Prague during the preparation of the design was good, which fact allowed for setting the rules for the fire fighting procedures according to the condition of the fire ventilation or, as the case may be, according to the location of the fire. Even several smoke tests with various sources of the testing smoke were conducted during the comprehensive testing and the members of the Fire Rescue Brigade could check the procedure for putting the fire ventilation into operation and the smoke evacuation effectiveness. The Integrated Rescue System exercise took place in the conclusion, after the comprehensive testing had finished. The biggest stress was put on the communication between individual components of the Integrated Rescue System and the tunnel operators.

3. FIRE VENTILATION DESIGN

In the first minutes, the objective in urban tunnels with the large volume of traffic flow and the probability of congestion is to stabilise the longitudinal airflow at low velocity in the direction of traffic. At low velocities smoke tends to spread under the ceiling in both directions.

3.1 Regulation of longitudinal airflow and the smoke evacuation system

It is a frequent case that smoke which does not necessarily mean a fire is detected in a tunnel or the smoke source can move and the operator must not trigger the fire alarm in the location of the initial detection. The operator has to assess the situation and trigger the fire alarm only after the verification that it is really the case of a fire and that the smoke source/fire is not moving. Subsequently he/she has to verify, using the video-based detection system, that it is really the case of the section assessed by the management system and only then to trigger the fire alarm. Quick detection is fundamental first of all



Obr. 2 Průběh měřené rychlosti podélného proudění v tunelu během zkoušek automatiky požárního větrání, požadovaná rychlost v 1. fázi byla 1,2 m/s a ve 2. fázi 2,5 m/s
Fig. 2 The course of the velocity of the longitudinal airflow measured during the tests of the fire ventilation automation; the velocity required in Phase 1 and Phase 2 was 1.2m/s and 2.5m/s, respectively

skutečného požáru. Vpravo dole je vidět klapka v místě zaústění svodu do odvodního kanálu pod vozovkou, která ovládá odvod jedinou vyústkou.

V případě návrhového požáru 30 MW a při produkovaném množství kouře 80 m³/s v 10. minutě od vzniku požáru (který odpovídá požáru nákladního vozidla), začne kouřová vlnka zaplňovat celý profil během několika minut a kouř začne ohrožovat vozidla, která jsou ve směru jízdy zablokována požárem. V této chvíli dispečer aktivuje (nejpozději na povel velitele zásahu) 2. fázi požárního větrání.

2. fáze požárního větrání má za cíl zabránit šíření kouře na stranu vozidel stojících před požárem (proti směru proudění), a tím rovněž umožnit přístup záchranných složek k místu požáru. Požadovaná rychlost proudění vzduchu se navýší na 2,2–3,6 m/s a rovněž se navýší i odsávaný průtok vzduchu strojovnou na maximální výkon.

Strojovny odvádějí kouř na maximální výkon. V ražených úsecích se uzavírá klapka před požárem (na straně zablokovaných vozidel) a otvírají se další dvě (ve dvoupruhových úsecích tunelu) až tři klapky (ve třípruhových úsecích tunelu) ve směru jízdy.

V hloubených úsecích je odvod kouře řešen hromadným odvodem, kdy místo několika výustek je kouř odsáván pouze v jednom místě.

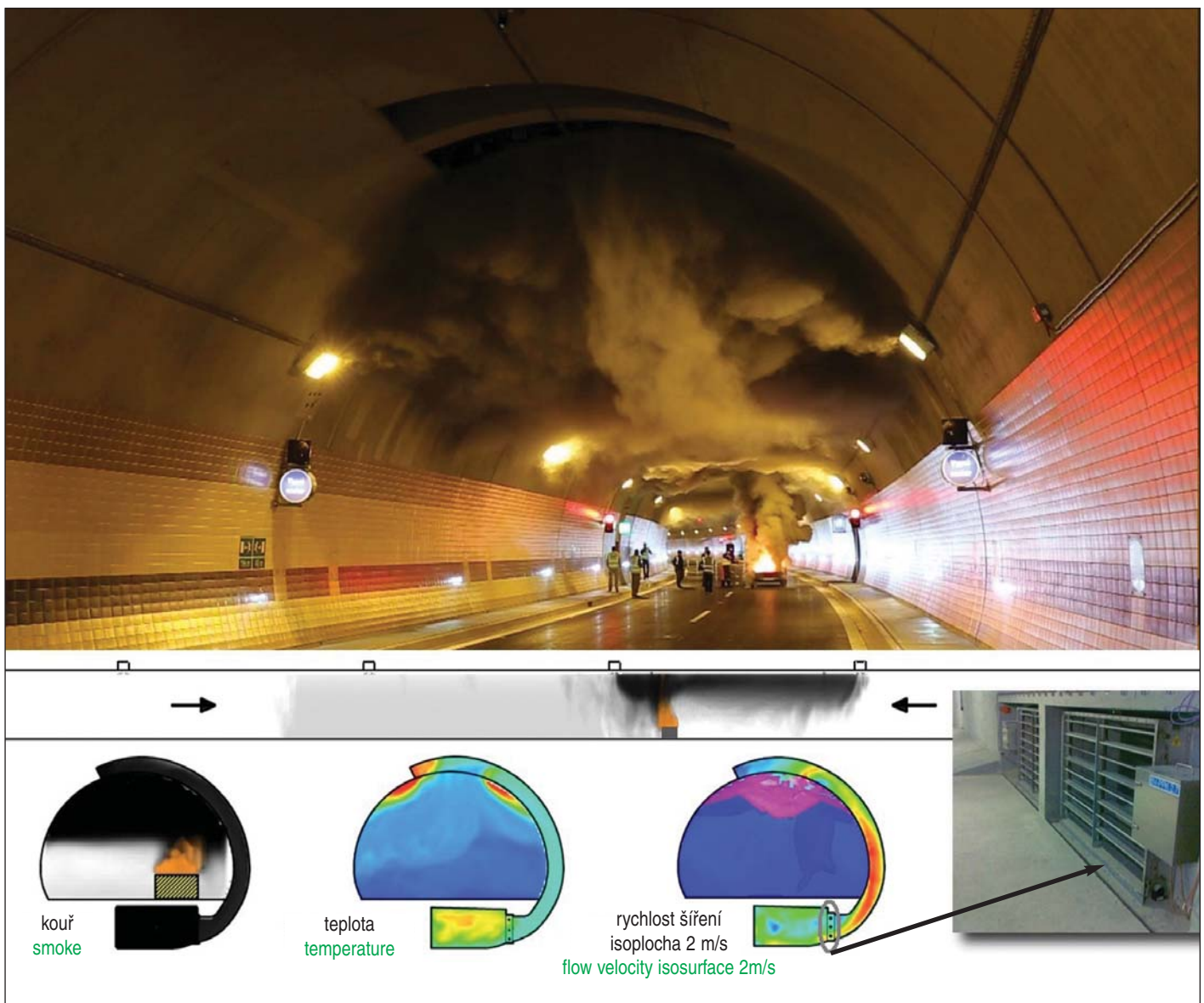
V hloubených úsecích končících výjezdovým portálem je kouř odváděn čistě podélně.

Nezávisle na způsobu odvodu kouře (rozloženého přes několik klapek, hromadně nebo čistě podélně) je vždy požadovaná regulace na nízkou rychlost v 1. fázi a kritickou rychlost u_{krit} – zajišťující šíření kouře pouze jedním směrem.

Pro odvod kouře v případě požáru slouží celkem pět strojoven: Troja, Letná, Prašný most, Špejchar a Střešovice, tj. celkem 30 axiálních ventilátorů s možností plynulé regulace otáček.

in the sections with the longitudinal gradient of – 5%. The so-called “pre-ventilation” was designed and implemented for this purpose. It creates longitudinal airflow conditions similar to Phase 1 of the fire ventilation (without exhaustion) even before the fire ventilation system is started. It provides the operator with longer time for responding. The “pre-ventilation” is ensured by an expert system managing the ventilation system. The regulation ensures the direction and minimum velocity of the longitudinal airflow of 1.2m/s. If the velocity is higher, for example owing to the fading piston effect, the controller does not intervene. Individual states can be synoptically seen from the course of the velocity measured in the tunnel during the course of the tests of the automation of the transition between individual states in Fig. 2.

As much as possible favourable initial conditions for the above-mentioned test were chosen. The air in the tunnel hit by the fire flew longitudinally against the direction of traffic. This situation could take place only during a night, at very low intensity of traffic, because otherwise the piston effect induced by vehicles moving along the tunnel ensures flowing in the direction of travel. The required velocity was achieved within the framework of the “pre-ventilation” and was reliably maintained. The expert system is disconnected at the moment of triggering the fire alarm and the function is taken over by the controller of the direction and velocity of the longitudinal airflow. The transition to the airflow controller can be seen in the graph in the form of a small undershoot after the initiation of the fire ventilation. It is necessary to reverse the airflow against the direction of travel so that the unaffected tunnel does not



Obr. 3 Šíření kouřové vlečky odpovídající 1. fázi požáru, kdy je otevřena jedna klapka ovládající odvod zobrazené vyústky a druhá klapka na vzdálené straně od požáru

Fig. 3 Spreading of the smoke trail corresponding to Phase 1 of the fire, where one damper controls the extraction through the depicted outlet and another damper controls it on the remote side of the fire

3.3 Dimenzování odvodu kouře

Pro dimenzování příčného odvodu kouře byla rozhodující tzv. kritická rychlost u_{krit} , což je potřebná rychlost v 2. fázi požárního větrání pro šíření kouře pouze jedním směrem, ve směru jízdy.

Kritická rychlost u_{krit} [m/s] vynásobená příčným profilem [m²], udává potřebný průtok [m³/s], který je určující pro stanovení výkonu odvodu strojovnou při požáru.

Na obr. 4 je porovnání šíření kouřové vlečky při požáru v klesajícím a ve stoupajícím tunelu. Cílem požárního větrání je tlačít kouř pomocí proudových ventilátorů ve směru jízdy a zajistit přetlakově chráněnou stranu požáru pro zásah. Kouř je odváděn třemi vyústkami za požárem, ve směru šíření kouře. Rozdíl je v potřebné rychlosti. V klesání je potřeba k udržení kouře ve směru jízdy rychlost podélného proudění 3,6 m/s, a ve stoupání stačí k dosažení stejného stavu rychlost pouze 2,2 m/s. Na obrázku stoupání je vidět, jak je odvod kouře při nižším průtoku tunelem mnohem efektivnější.

Minimální výkon odvodu kouře na jednu vyústku je 80 m³/s. Při odvodu z dvopružové části přes 3 vyústky celkem 240 m³/s a při odvodu z třípružové části přes 4 vyústky celkem 320 m³/s. V hloubených úsecích s hromadným odvodem je stejné minimální množství odváděno strojovnou v jednom místě.

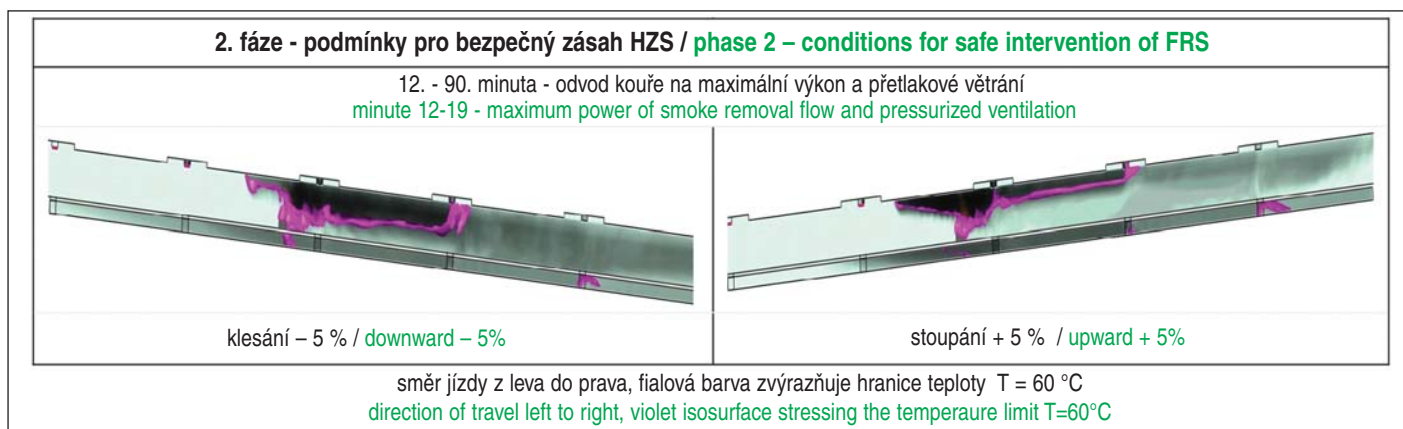
suck the smoke escaping from the portal of the affected tunnel through its portal.

In the case of a failure of some of fans, dampers or the whole ventilation plant or in the case of a fire exceeding the design parameters, there is a possibility of automatic starting of all jet fans available in the straight direction at the maximum performance level.

There are 88 jet fans in total installed for the purpose of controlling the longitudinal airflow in the Blanka complex of tunnels, 25 of which are equipped with a frequency converter allowing fluent regulation of rotation and 63 are equipped with soft starters controlling the fans only by starting or stopping them.

3.2 Smoke removal system

During Phase 1 of the fire ventilation (hereinafter referred to as Phase 1) smoke in mined tunnel sections is extracted through two extraction outlets in the tunnel vault: one before the fire and one behind it. This situation as seen by a driver standing approximately 40m before the fire is shown in Figure 3. The presented examples of the distribution of smoke, temperature and airflow velocity within a tunnel cross-section are based on real fire parameters. A damper in the location of the outlet into



Obr. 4 Vliv vztlaku požáru na tvar kouřové vlečky v klesajícím a stoupajícím tunelu při návrhovém požáru 30 MW

Fig. 4 Influence of the fire-induced buoyancy on the shape of the smoke trail in a descending tunnel and an ascending tunnel during a 30MW design fire

4. ZKOUŠKY BĚHEM REALIZACE A ZPROVOZNĚNÍ

4.1 Zkoušky požární odolnosti jednotlivých zařízení před instalací

Jednotlivá zařízení systému odvodu kouře byla před instalací prověřena ve zkušebnách, kde byla dokladována u ventilátorů požární odolnost a u klapek hlavně těsnost při odvodu horkých spalin (obr. 5).

4.2 Komplexní zkoušky

4.2.1 Zkoušky jednotlivých prvků systému požárního větrání

Jednotlivá zařízení byla postupně zprovozněována v místním ovládání a poté ovládáním z řídicího systému. Dále byla prověřována reakce detektorů požáru (detektory kouře, kamery, liniový teplotní hlásič) a byla kalibrována měření rychlosti podélného proudění v tunelu a ve strojovnách.



Obr. 5 Zkouška požární odolnosti chodu hlavního ventilátoru pro strojovny odvodu kouře při odvodu spalin o teplotě 400 °C po dobu 90 minut

Fig. 5 Testing of fire resistance, the performance of the main fan for smoke extraction ventilation plants where 400°C products of combustion are being removed for 90 minutes

the extraction duct under the roadway controlling the extraction through one outlet can be seen at the bottom right of the picture (Fig. 3).

In the case of a 30MW design fire and the smoke generation rate of 80m³/s in the tenth minute from the origination of the fire (corresponding to a lorry fire), the smoke trail starts to fill the entire tunnel profile during several minutes and smoke starts to threaten the vehicles which are blocked by the fire in the direction of travel. At this moment (on the command of the commander of the intervention at the latest) the operator activates Phase 2 of the fire ventilation.

The objective of Phase 2 of fire ventilation is to prevent spreading of smoke in the direction of vehicles standing before the fire (upstream) and in this way also to allow for the access of rescue units to the fire location. The required airflow velocity is increased to 2.2–3.6m/s and the flow rate of air extracted by the ventilation plant is increased to the maximum.

The ventilation plants are removing smoke at the maximum rate. In mined tunnel sections the damper before the fire (on the side of the blocked vehicles) is being closed and other two (in double-lane tunnel sections) up to three dampers (in triple-lane tunnel sections) in the direction of travel are being opened.

In cut-and-cover tunnel sections, the extraction of smoke is solved by a bulk extraction system, where smoke is extracted only at one point instead of through several outlets.

In cut-and-cover tunnel sections ending by an exit portal, smoke is evacuated solely longitudinally.

Independently of the smoke removal system (through several dampers, by a bulk system or solely longitudinally), regulation to low velocity is always required in Phase 1 and the regulation to the critical velocity u_{crit} is required to ensure spreading of smoke only in one direction.

The following five ventilation plants in total are designed for the extraction of smoke in the case of a fire: Troja, Letná, Prašný Most Bridge, Špejchar and Střešovice. They contain a total of 30 axial fans allowing the fluent regulation of the rotation speed.

3.3 Designing smoke extraction system dimensions

The so-called critical airflow rate, which is the rate required in Phase 2 of the fire ventilation for spreading of smoke solely in one direction - the direction of travel, was the parameter crucial for designing the transverse smoke evacuation system.

The critical velocity [m/s] multiplied by the cross-sectional area [m²], gives the required airflow rate [m³/s] required for the determination of the ventilation plant throughput during a fire.

The comparison of spreading of the smoke trail during a fire in a descending tunnel and an ascending tunnel is presented in

Cílem kalibrace čidel měření rychlosti podélného proudění v tunelu bylo zjištění střední rychlosti $u_{stř}$, potřebné pro zjištění průtoku tunelem. Průtok tunelem zůstává stejný a je dán součinem plochy a rychlosti: $Q[m^3/s] = A[m^2] \times u_{stř} [m/s]$, kde A je plocha světelného příčného profilu tunelu, který se po délce trasy výrazně mění.

V souvislosti s příčným odvodem kouře byl měřen in-situ průtok a dopravní tlak u odsávacích ventilátorů a průtoky v požárních kanálech. Na základě takto získaných výsledků proběhla kalibrace ventilátorů strojeven na požadovaný stav podle projektu tam, kde byla zjištěna odchylka od požadovaného stavu tak, že došlo k přetočení lopatek oběžných kol o 5° ve prospěch potřeby nárůstu dopravního tlaku. Na základě těchto výsledků byla také stanovena opravná závislost střední rychlosti proudění u čidel umístěných ve vzduchotechnických kanálech (obr. 6).

V této etapě proběhlo i prověření návrhových parametrů výkonu odvodu a tahu proudových ventilátorů.

4.2.2 Zkoušky automatiky řízení

Po prověření jednotlivých prvků následovala etapa prověření automatiky řízení jednotlivých souborů, kdy proběhla optimalizace automatických algoritmů:

- sekvence otvírání klapky odvodu kouře;
- spouštění ventilátorů ve strojovnách;
- nastavení parametrů regulátoru podélného proudění;
- algoritmus detekce pohyblivého zdroje kouře.

Součástí zkoušek bylo i ověření chodu při poruchách a výpadcích určitých zařízení, která jsou součástí systému požárního větrání.

V rámci komplexních zkoušek bylo provedeno několik kouřových zkoušek potřebných k aktivaci kouřových detektorů a k vizualizaci proudění při odsávání vyústkou v klenbě tunelu (obr. 7).



Obr. 6 Měření tlaku na hlavních ventilátorech pro ověření dosažení projektovaných hodnot výkonu odvodu

Fig. 6 Measurements of pressure on main fans to verify that design values of the smoke removal are reached

Figure 4. The objective of the fire ventilation is to force smoke by means of jet fans in the direction of travel and ensure the side of the fire protected by positive pressure for the fire intervention. Smoke is removed through three outlets downstream of the fire. The difference lies in the required airflow velocity. In a descending tunnel, the velocity of the longitudinal airflow required for keeping the smoke moving in the direction of travel amounts to 3.6m/s, whilst in an ascending tunnel, the velocity of 2.2m/s is sufficient for achieving the same condition. It can be seen in the ascending tunnel picture how the removal of smoke at a smaller rate of the airflow along the tunnel is much more effective (Fig. 4).

The minimum smoke removal flow rate per one outlet is 80m³/s. In the case of removing smoke from a double-lane tunnel section through 3 outlets the rate amounts to 240m³/s and in the case of a triple-lane tunnel section through 4 outlets it amounts to 320m³/s in total. In cut-and-cover tunnel sections with the bulk removal system the same minimum amount is evacuated by a ventilation plant at one point.

4. TESTS DURING REALISATION AND PUTTING INTO SERVICE

4.1 Tests of fire resistance of individual pieces of equipment prior to the installation

Individual pieces of the smoke removal system equipment were checked prior to the installation in laboratories where the fire resistance and, first of all, the tightness during the passage of hot products of combustion were documented for fans and dumpers, respectively (see Fig. 5).

4.2 Comprehensive testing

4.2.1 Testing of individual elements of the fire ventilation system

Individual pieces of equipment were put into service in the manual controlling system and subsequently in the management control system. In addition, the response of fire detectors (smoke detectors, cameras, the linear heat detector) was examined and the measurements of the velocity of longitudinal airflow in the tunnel and ventilation plant rooms were calibrated.

The objective of the calibration of the sensors measuring the velocity of longitudinal airflow in the tunnel was to determine the mean velocity u_{mean} required for the determination of the rate of the airflow through the tunnel. The rate of the airflow through the tunnel remains unchanged; it is given by the product of the area and velocity: $Q[m^3/s] = A[m^2] \times u_{mean} [m/s]$, where A is the net cross-sectional area of the tunnel, which significantly varies along the tunnel alignment.

The flow rate and the transport pressure at the smoke extraction fans and the flow rates in the fire ventilation ducts were measured in-situ. The fans in ventilation plants were regulated to the state required by the design on the basis of the results obtained in the above-mentioned way in the cases where a deviation from the required condition where the angular displacement of the vanes of fan propellers changed by 5° in favour on the need for an increase in the transport pressure was identified. The corrective dependence of the mean velocity of airflow at the sensors installed in ventilation ducts was also determined on the basis of these results (see Fig. 6).

The design parameters of the extraction output and the draft of the axial fans were also checked in this phase.



Obr. 7 Ověřování sacího účinku výústky v klenbě tunelu pomocí „studeného kouře“

Fig. 7 Verification of the suction effect of an outlet in the tunnel vault using “cold smoke”

Při zkoušce byl použitý tzv. studený kouř, tj. kouř o okolní teplotě (dýmavnice). U „studeného kouře“ se ukazuje sací schopnost odvodu od úrovně vozovky na rozdíl od „teplého kouře“, který stoupá přirozeně.

Při zkouškách algoritmu detekce kouře pohybujícího se zdroje se ukázalo, že v TKB hrají velkou roli měnící se příčné profily tunelu včetně ramp, které způsobují prodlevu detekce u určitých detektorů. Proto byla detekce vyjmuta z automatické reakce a požár je vyhlášen až po potvrzení dispečerem. Algoritmus tak umožňuje dispečerovi sledovat šíření kouře tunelem během jízdy a po případném zastavení, až vyhodnotí zdroj jako stacionární, nabídne řídicí systém dispečerovi příslušný detekční úsek k potvrzení. Dispečer má pro ověření k dispozici kamerový systém, který mu při pozastavení na monitoru ukáže situaci v tunelu v místě zdroje kouře (obr. 8).

4.2.3 Zkoušky vazeb mezi systémy

Po prověření jednotlivých souborů byly prověřeny návaznosti mezi soubory. Po vyhlášení požáru byla ověřována správná reakce celého systému. Během zkoušek byly prověřeny všechny varianty detekce požáru včetně pohyblivého zdroje kouře.

4.2.4 Koordinační cvičení IZS

Poté, co bylo prověřeno technologické vybavení, proběhlo cvičení, při kterém byly prověřovány postupy zásahu a komunikace mezi jednotlivými složkami IZS. Během projektové přípravy byl optimalizován postup zásahu. Bezpečný přístup k požáru v zasaženém tunelu zajišťuje 2. fáze požárního větrání, kdy je přetlakově chráněn úsek tunelu od požáru proti směru jízdy (obr. 9). Pokud není tento stav již v době příjezdu HZS, velitel zásahu zavele obsluhu tunelu, která 2. fázi požárního větrání aktivuje. Na obrázku 9 jsou uvedeny tři ukázky směru zásahu (žlutá čára) ve třech vybraných případech. Zakouřená část tunelu je zobrazena červeně, přetlakově chráněná část modře a nezasazený tunel zeleně.



Obr. 8 Zkoušky algoritmu detekce kouře s pohybujícím se zdrojem kouře

Fig. 8 Testing of the algorithm for the detection of smoke with the moving source of smoke

4.2.2 Testing of the control automation

The stage of the control of individual units during which the following automatic algorithms were optimised followed after checking individual elements:

- the sequence of opening smoke extraction dampers;
- starting the fans in ventilation plants;
- setting the parameters of the longitudinal airflow controller;
- the algorithm for the detection of the moving source of smoke.

The verification of the function during failures and outages of certain facilities which are components of the fire ventilation system was also part of testing.

Several smoke tests were carried out within the framework of the comprehensive testing. They were required for the activation of smoke detectors and the visualisation of airflow when smoke is extracted through an outlet in the tunnel vault (see Fig. 7).

The so-called “cold smoke”, i.e. smoke at the ambient temperature (a smoke bomb) was used in the test. The “cold smoke” shows the suction capability of the extraction from the roadway level, in contrast with the “hot smoke”, which rises naturally.

It turned out during the tests of the algorithm for the detection of smoke from a moving source that the varying tunnel cross-sections including ramps causing a delay of the detection at certain detectors play a significant role in the Blanka complex of tunnels. For that reason detection was taken out of the automatic response and a fire alarm is triggered only after confirmation by the operator. In this way the algorithm allows the operator to monitor the process of spreading the smoke along the tunnel while driving and after contingent stopping, when the control system assesses the source to be stationary; it offers the respective section to the operator for confirmation. The operator has the camera system available for the verification, which, after stopping, shows him the situation in the tunnel in the location of the smoke source (see Fig. 8).

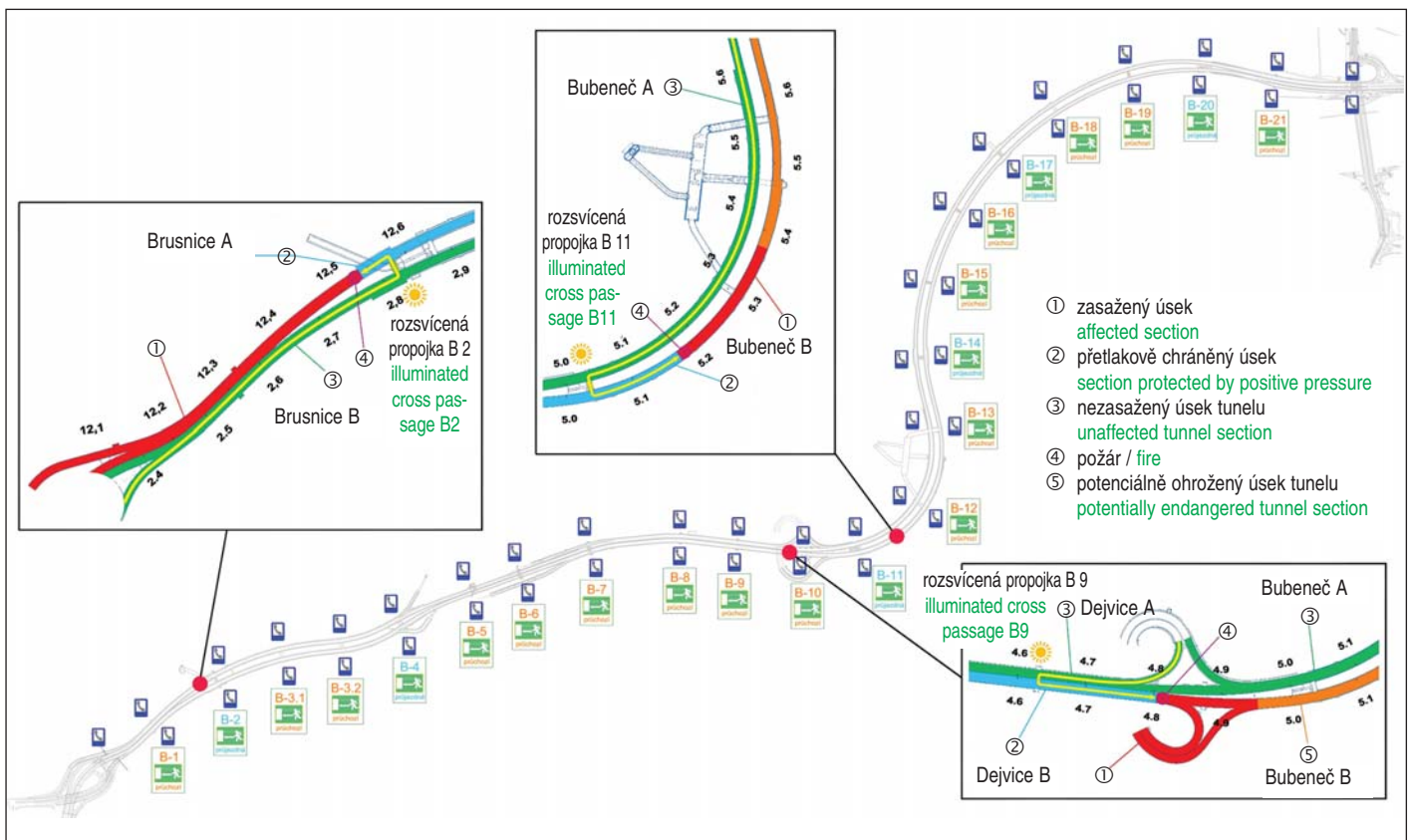
4.2.3 Testing of links between systems

Links between the systems were checked after checking individual systems. The correct response of the whole system was subjected to checking after triggering the fire alarm. All fire detection variants were checked during the tests, including the variant with the moving source of smoke.

4.2.4 Coordination exercise of the Integrated Rescue Service System

When the checking of the technological equipment had been finished, an exercise during which the procedures of the intervention and communication between individual components of the Integrated Rescue System (the IRS) took place. The intervention procedure was optimised during the design stage. The safe access to the fire in the affected tunnel is ensured by Phase 2 of the fire ventilation, where the positive pressure protection is applied to the tunnel section from the fire onward, against the direction of travel (see Fig. 9). The commander of the intervention commands the tunnel operator, who activates Phase 2 of the fire ventilation, unless this condition exists already at the moment of the IZS arrival. Three examples of the intervention direction (the yellow arrow) in three selected cases are presented in Figure 9. The smoke logged part of the tunnel is displayed in red, the part protected with a positive pressure in blue and the unaffected tunnel in green.

The intervention itself is carried out in the Blanka complex of tunnels via the unaffected tunnel tube in the direction of travel to the cross passage which is closest to the fire in the tunnel part protected by the positive pressure during the course of



Obr. 9 Schéma TKB s vyznačenými 22 propojkami mezi tunely a třemi ukázkami přístupu k požáru

Fig. 9 The Blanka complex of tunnels chart with 22 cross passages between the tunnel tubes; three examples of the access to a fire

Vlastní zásah se v TKB provádí přes nezasazený tunel ve směru jízdy k propojce, která je nejbližší k požáru na části tunelu přetlakově chráněné vůči požáru během 2. fáze požárního větrání. Tato propojka je pro lepší orientaci zasahujících jednotek v nezasazeném tunelu světelně označena.

5. ZÁVĚR

Zprovoznění tunelu a kolaudace TKB včetně požárního větrání proběhlo úspěšně a tunel byl otevřen pro zkušební provoz v září 2015. Po roce zkušební provozu, během kterého probíhá optimalizace součinnosti souborů, proběhne vyhodnocení a uvedení do plného provozu.

Během zkušební provozu byly upraveny hodnoty reakce detektorů kouře. Vyšší prachnost ve městě a týdenní mytí kartáči často iniciovaly reakci na mimořádnou událost a tunel se uzavíral. Dále se ukázal velmi častý výskyt at' již skutečné, nebo falešné detekce stojícího vozidla.

Ing. JIŘÍ ZÁPAŘKA

Recenzovali / Reviewed: prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc.,
Ing. Václav Volner

Phase 2 of the fire ventilation. This cross passage is marked with lighting for the purpose of improving the orientation of the intervening units in the unaffected tunnel.

5. CONCLUSION

The commissioning and final inspection of the Blanka complex of tunnels, including the fire ventilation system, were successfully completed and the tunnels were opened for the trial operation in September 2015. After one-year trial operation during which the collaboration of the systems will be optimised, the operation will be assessed and the tunnels will be opened to full traffic.

The values of the reaction of the smoke detectors were adjusted during the trial operation. The higher rate of airborne dust in the city and weekly washing of the tunnel with brushes frequently initiated a response to an extraordinary event and the tunnel was closed. In addition, the occurrence of both the real or false detection of a stationary vehicle turned out to be very frequent.

Ing. JIŘÍ ZÁPAŘKA

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Požární větrání tunelového komplexu Blanka k zajištění bezpečného zásahu IZS. *Tunel*, 2014, 23. roč., č. 3
- [2] ČSN 73 7507: Projektování tunelů pozemních komunikací; kapitola 13.6. Požární větrání. Praha: 1/2014
- [3] ČSN 73 7507: Projektování tunelů pozemních komunikací; kapitola 13.6. Požární větrání. Praha: 1/2014
- [4] CETU Ventilation, Centre Detudes des Tunnels, 2003
- [5] PIARC Committee on Road Tunnels (C5), Fire and Smoke Control in Road Tunnels; 2005; 05.05.B; World Road Association
- [6] PIARC Technical Committee 3.3 Road tunnel operation; Operational strategies for emergency operation; 2011; 2011R02; World Road Association
- [7] SCHULDT, W. W. Tunnel safety and ventilation. Early fire detection in Swiss road tunnels with more than 1500 FireGuards sensors. Gratz, 2014.

PRVNÍ ZKUŠENOSTI ZE ZKUŠEBNÍHO PROVOZU BRUSNICKÉHO, DEJVICKÉHO A BUBENEČSKÉHO TUNELU MĚSTSKÉHO OKRUHU V PRAZE

INITIAL EXPERIENCE FROM TRIAL OPERATION OF THE BRUSNICE, DEJVICE AND BUBENEČ TUNNELS ON THE CITY CIRCLE ROAD IN PRAGUE

ALEXANDR BUTOVIČ

ABSTRAKT

Zkušební provoz Brusnického, Dejvického a Bubenečského tunelu (tunelový komplex Blanka, dále jen TKB) byl zahájen dne 19. září 2015 na základě rozhodnutí Odboru dopravních agend Magistrátu hlavního města Prahy (ODA MHMP) ze dne 18. 9. 2015. V souladu s dokumentací zkušební provozu je průběžně monitorován stav a provoz v tunelu po stránce stavební, technologické, provozní a požární bezpečnosti, dopravní i dopadů na okolní prostředí (doprava, imise, hluk). Zkušební provoz byl do 31. 5. 2016 zajišťován ČKD PRAHA DIZ a. s., od 1. 6. 2016 pak Technickou správou komunikací (TSK) hlavního města Prahy prostřednictvím SATRA, spol. s r. o. Nejvyšším řídicím orgánem je Hlavní komise zkušební provozu, jejímiž členy jsou zástupci těchto společností: ODA MHMP, odbor strategických investic Magistrátu hlavního města Prahy (OSI MHMP), TSK hl. m. Prahy., Policie České republiky (PČR), Městská policie (MP) hl. m. Prahy, Hasičský záchranný sbor (HZS), Inženýring dopravních staveb a.s., VIS a.s., SATRA, spol. s r.o., Metrostav a.s. a Eurovia CS, a. s. Tento článek vychází z informací zjištěných k 5. 6. 2016, řádné zhodnocení zkušební provozu ze všech hledisek bude možné nejdříve po ukončení prvního roku zkušební provozu.

ABSTRACT

The trial operation of the Brusnice, Dejvice and Bubeneč tunnels (the Blanka complex of tunnels, hereinafter referred to as the BCT) commenced on 19th September 2015 on the basis of the decision of the Department of Transportation Agendas of the Prague City Hall (in Czech the ODA MHMP) dated 18th September 2015. The continuous monitoring is conducted in compliance with the trial operation documentation, covering the condition and operation of the tunnels in terms of the structure, equipment, operation and fire safety, traffic and impacts on the surrounding environment (traffic, immissions, noise). The trial operation was organised by ČKD PRAHA DIZ a. s. until 31/05/2016 and, since 01/06/2016, it has been organised by the Technical Administration of Roads and Pavements of the Capital City Prague (in Czech the TSK hl. m. Prahy) through the limited liability company of SATRA. The highest control body is the Main Trial Operation Committee with the members consisting of representatives of the following companies: the ODA MHMP, the Department of strategic investments of the Prague City Hall (in Czech the OSI MHMP), the TSK hl. m. Prahy., the Police of the Czech Republic (the PCR), the Prague Municipal Police (the PMP), the Fire Rescue Service of the Czech Republic (in Czech the HZS), the companies of Inženýring dopravních staveb a.s., VIS a.s., SATRA, spol. s r.o., Metrostav a.s. and Eurovia CS, a.s. This paper is based on information available until 05/06/2016. A proper assessment of the trial operation from all aspects will be possible at the earliest after the end of the first year of the trial operation.

ŘÍZENÍ ZKUŠEBNÍHO PROVOZU

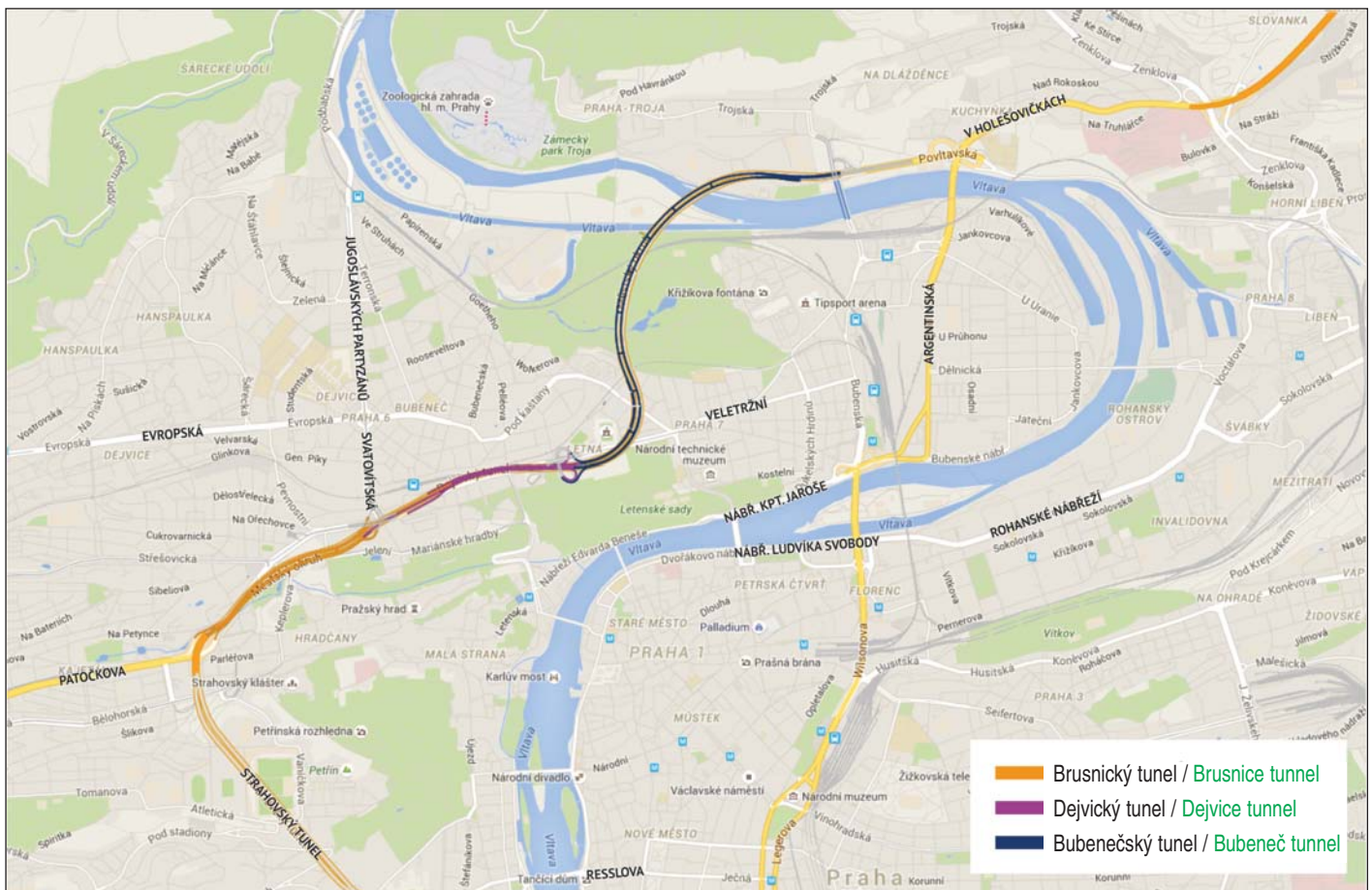
Od zahájení zkušební provozu je zajištěno operativní řízení dopravy Policií ČR z velínu Hlavní dopravní řídicí ústředny (HŘDÚ) v ul. Na Bojišti a provoz technologického vybavení z velínu TSK na Strahově. Zkušební provoz probíhá podle projednané a schválené dokumentace zkušební provozu a je řízen **Hlavní komisí zkušební provozu**, která nese zodpovědnost za přijatá rozhodnutí. Podklady pro jednání této komise zajišťují čtyři subkomise zaměřené na dílčí problematiky provozu tunelu (stavební, technologická, dopravní a pro provozní a požární bezpečnost). Členy těchto komisí jsou kromě účastníků výstavby zástupci ODA MHMP, PČR, HZS a dotčených městských částí (obr. 1).

STAVEBNÍ A TECHNOLOGICKÁ ČÁST

V rámci zkušební provozu **nebyly doposud shledány žádné zásadní komplikace** ve stavební a technologické části tunelů, nastalé drobné problémy se neprodleně řeší. Mediálně

TRIAL OPERATION CONTROL

Since the commencement of the trial operation, the operative control of traffic is provided by the Police of the CR from the management centre of the Main Traffic Management Centre in Na Bojišti Street, whilst the operation of the tunnel equipment is managed from the TSK management centre in the Prague district of Strahov. The trial operation follows the documents which passed negotiations and have been approved for the trial operation. It is managed by the **Main Trial Operation Committee**, which is responsible for adopted decisions. Source documents for negotiations of this committee are provided by four sub-committees focused on partial problems of the tunnel operation (construction, equipment, traffic and operation and fire safety). Apart from the parties involved in the construction, representatives of the ODA MHMP, PČR, HZS and affected municipal districts are members of those committees (see Fig. 1).



Obr. 1 Situace předmětné oblasti
Fig. 1 Map of the area in question

známým případem byla tvorba rampouchů ve vjezdové troubě hloubeného úseku Bubenečského tunelu. Zde se jednalo o porušení násobného izolačního systému vlivem smrštní konstrukcí při extrémně nízkých teplotách. V předmětném místě byl okamžitě instalován organizovaný svod (pro minimalizaci tvorby náledí na vozovce) a porucha byla pomocí injektáží odstraněna. Lze konstatovat, že všechny stavební objekty a provozní soubory správně fungují podle předpokladů projektu a stav v tunelech umožňuje bezpečný provoz. Pravidelná údržba je realizována v předem naplánovaných a ODA MHMP povolených nočních uzávěrách.

DOPRAVA V TUNELECH

Doprava v tunelech je plynulá a bezpečná. I s ohledem na roční variace dopravy lze konstatovat, že stále dochází k mírnému nárůstu intenzit dopravy (graf 1).

Základní data k 5. 6. 2016:

- počet dní zkušební provozu: 261;
- počet vozidel, která použila tunely: 20,4 mil.;
- první milion vozidel: 3. 10. 2015;
- prvních 10 mil. vozidel: 28. 1. 2016;
- maximální denní intenzita: 78,4 tis. (Brusnický tunel 24. 3. 2016);
- minimální denní intenzita: 21 tis. (Bubenečský tunel 1. 1. 2016);
- dopravní nehody se zraněním: 3 (1. 10. 2015, 1. 11. 2015, 4. 3. 2016);
- zastavení vozidla pro poruchu: 203;
- kuriózní zastavení vozidla: 19. 11. 2015 řidič zjistil, že mu v tunelu

CIVIL ENGINEERING AND EQUIPMENT-RELATED PART

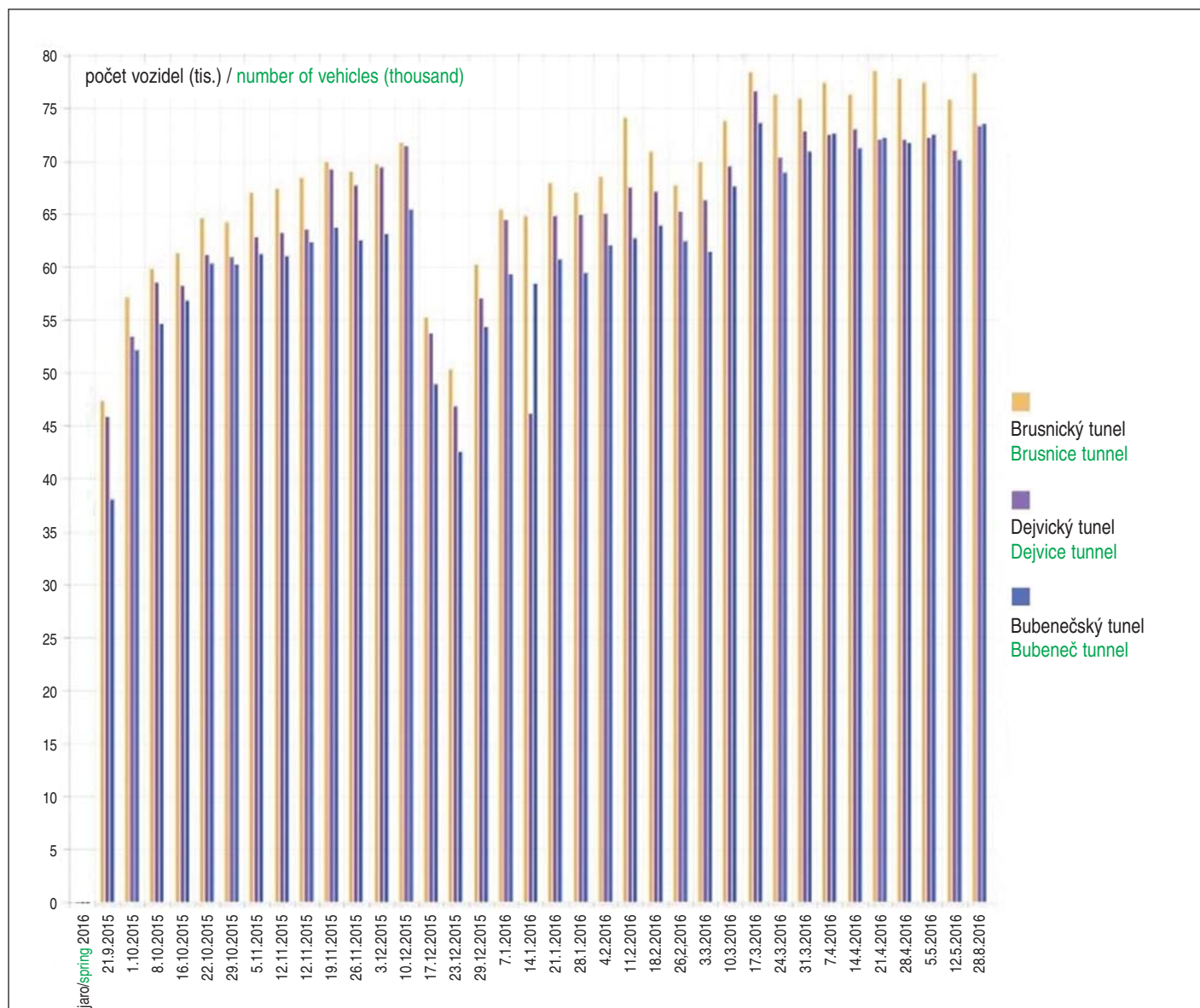
No critical complications have been found in the civil engineering and equipment-related part of the tunnels within the framework of the trial operation; the minor problems that occurred have been promptly addressed. A medially known case was the creation of icicles in the entrance tube of the Bubeneč cut-and-cover tunnel section. The cause lied in a damage caused to the multiple-layer insulation system due to shrinking of structures during extremely low temperatures. An organised water collection system was immediately installed in the particular area (designed to minimise the creation of slippery ice on the roadway) and the defect was removed by grouting. It is possible to state that all construction objects and operating units function correctly, in compliance with design assumptions and the condition in the tunnels allows for safe operation. Regular maintenance is carried out during night closures planned in advance and approved by the ODA MHMP.

TRAFFIC IN TUNNELS

Traffic in the tunnels is fluent and safe. Taking into consideration the annual variations in traffic flows, it is even possible that a continual moderate increase in the traffic flow takes place (see Graph 1).

Basic data as of 05/06/2016:

- number of trial operation days: 261;
- number of vehicles which passed through the tunnels: 20.4 million;
- the first million of vehicles: 03/10/2015;
- the first 10 million of vehicles: 28/01/2016;



Graf 1 Vývoj denních intenzit dopravy v TKB (v obou směrech)
Graph 1 Development of daily traffic flow volumes (in both directions)

- velmi nebezpečné chování:

nefunguje navigace a telefonoval do firmy o radu;

- 21. 12. 2015 vstoupily do prostoru Brusnického tunelu 2 chodkyně s kočárkem;
- otáčení vozidel;
- překračování max. pov. rychlosti: 2400 vozidel / měsíc (překračování maximální povolené rychlosti je řešeno v přestupkovém řízení).

BEZPEČNOST V TUNELECH

Provoz v tunelech je neustále monitorován pomocí zejména automatického dohledu (přímo vyhodnocováno řídicím systémem tunelu) a kamerového dohledu pod kontrolou dispečera dopravy a operátora technologie. V reálných časech jsou tak zjišťovány a vyhodnocovány skutečné podmínky v tunelech.

Na níže uvedeném grafu 2 (pouze pro Brusnický tunel) jsou uvedeny jednotlivé četnosti mimořádných událostí ve vazbě na základní klimatické podmínky.

Nejvýznamnějším problémem z hlediska bezpečnosti bylo v prvních týdnech otáčení vozidel do protisměru v blízkosti

- maximum daily traffic flow volume 78.4 thousand (the Brusnice tunnel 24/03/2016);
- minimum daily traffic flow volume 21 thousand (the Bubeneč tunnel on 01/01/2016);
- traffic accidents with injuries 3 (01/10/2015, 01/11/2015, 04/03/2016);
- vehicle stopping for failures: 203;
- curious vehicle stopping: on 09/11/2015 a driver found that his navigation did not work and called his company for advice;
- very dangerous behaviour:
 - on 21/12/2015 two pedestrians (women) with a pram entered the Brusnice tunnel;
 - U-turning of vehicles;
- exceeding maximum permitted velocity: 2400 vehicles per month (exceeding the maximum permitted velocity is dealt with in misdemeanour proceedings).

Tab. 1 Očekávané a skutečné intenzity dopravy na povrchové komunikační síti
Table 1 Expected and actual traffic flow volumes on the at-grade road network

komunikace street	předpoklad v tis. vozidel assumption in thousands of vehicles	stav k 06. 2016 v tis. vozidel state as of 06/2016 in thousands of vehicles
snížení intenzity dopravy / reduction in traffic flow volume		
Milady Horákové	-14	-16
Veletržní	-10	-15
nábřeží Kapitána Jaroše	-13	-10
Argentinská	-10	-10
Evropská	0	-1
nábřeží Ludvíka Svobody	-6	-3
zvýšení intenzity dopravy / increase in traffic flow volume		
V Holešovičkách	17	25
Patočkova	5	13
Jugoslávských partyzánů	2	2

Uvedená data v tab. 1 vycházejí pouze z podkladů z automatického systému sčítání dopravy. Je nezbytné je vnímat jako orientační, relevantní vyhodnocení změn (v širším rozsahu komunikační sítě) bude možné až po 1. roce zkušebního provozu (obr. 2).

The data presented in Table 1 is based solely on source documents obtained from the automatic vehicle census system. It is necessary to sense it as approximate; the relevant assessment of the changes (within a wider extent of the road network) will be possible only after the 1st year of the trial operation (see Fig. 2).

MÚK Malovanka. Změna režimu oproti předcházejícímu stavu způsobovala, že někteří řidiči omylem vjeli do Brusnického tunelu, kde se snažili v rozpletu otočit do opačného směru a pokračovat směrem ke Strahovskému tunelu. Pro zlepšení orientace bylo v prostoru křižovatky instalováno vodorovné dopravní značení s uvedením místních cílů (Troja, Smíchov). To vedlo k významnému úbytku těchto případů.

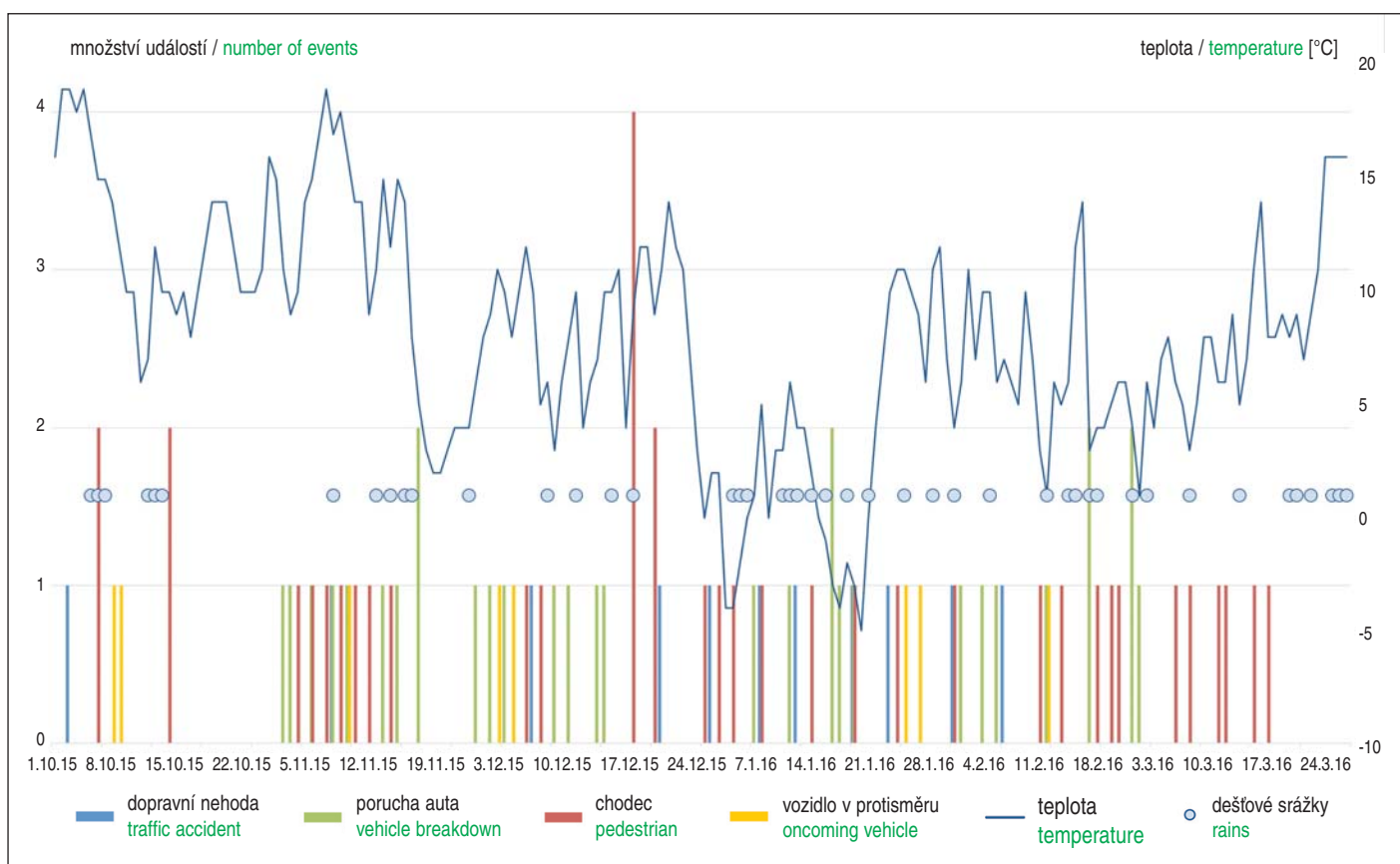
Brusnice tunnel, where they tried to make a U-turn in the bifurcation chamber to proceed in the direction of the Strahov tunnel. Road marking indicating local targets (Troja, Smíchov) was installed for improving the information for drivers in the area of the junction. It resulted into significant reduction in the frequency of these cases.

SAFETY IN TUNNELS

Traffic in tunnels is continuously monitored by means of, mostly automatic, surveillance (directly assessed by the tunnel management system) and camera surveillance under the supervision by a traffic operator and an equipment operator. In this way, actual conditions in the tunnels are detected and assessed in real times.

Individual frequencies of emergency events in relation to basic climatic conditions (only for the Brusnice tunnel) are displayed in Graph 2 below.

The most significant problem in terms of safety lied in U-turning vehicles to the counter-flow direction in the vicinity of the Malovanka grade-separated junction during initial weeks. The change in the traffic regime compared to the previous state caused that some people by mistake entered the

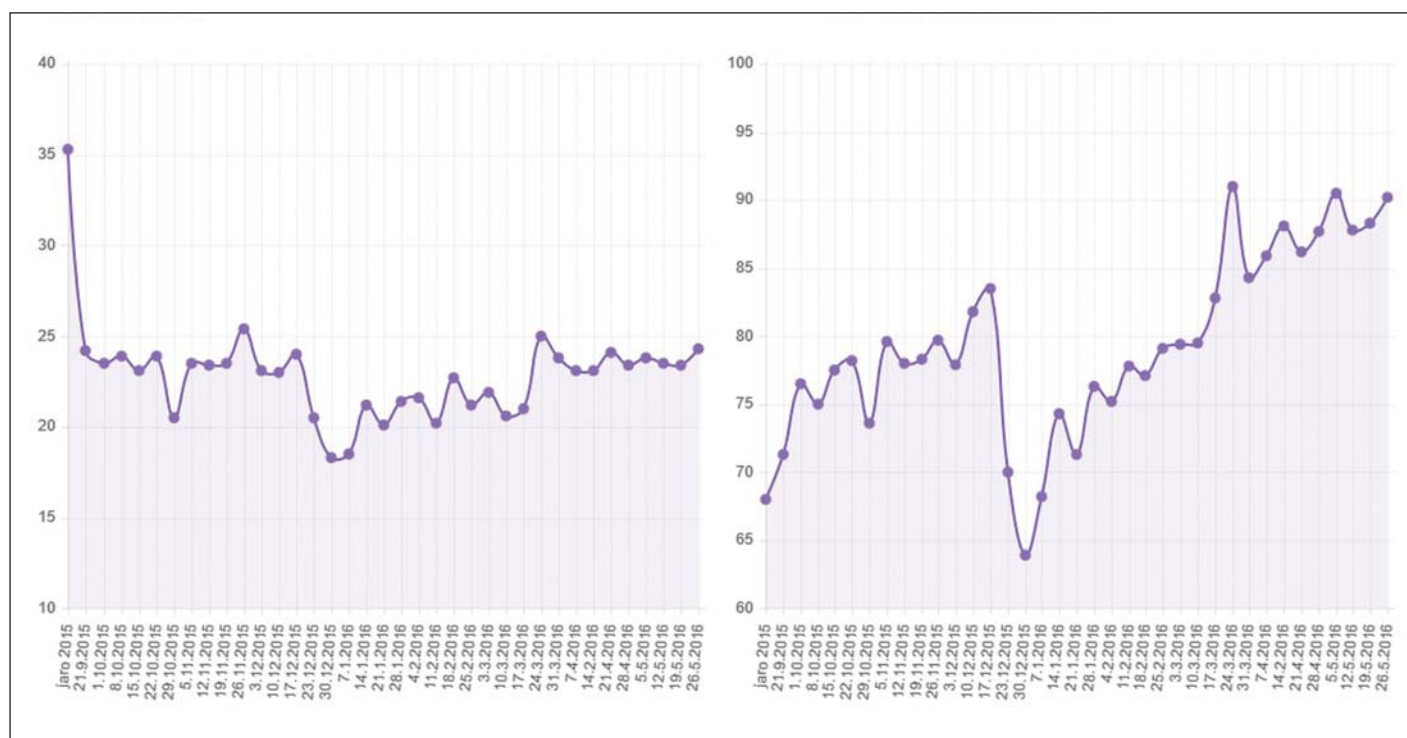


Graf 2 Brusnický tunel, četnosti mimořádných událostí (vlevo četnost, vpravo teplota)

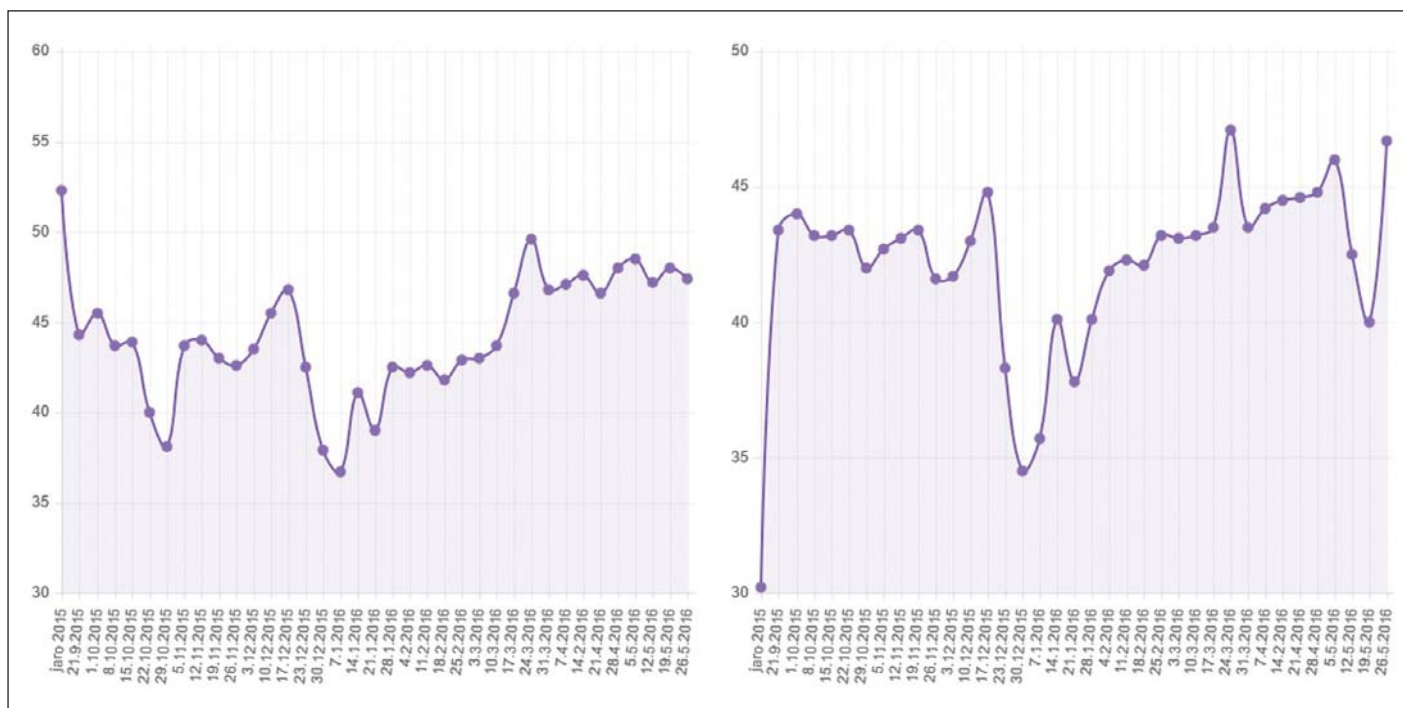
Graph 2 The Brusnice tunnel, frequencies of emergency events (frequency for the left, temperature for the right)

Tab. 2 Intenzity dopravy na povrchové komunikační síti před a po uvedení tunelů do zkušebního provozu
Table 2 Traffic flow volumes on at-grade road network before and after opening the tunnels for trial operation

komunikace / street	před TKB / before BKT			po TKB / after BKT			rozdíl / difference	
	vozidel bez MHD vehicles without UMT	bus MHD bus UMT	vozidel celkem vehicles total	vozidel bez MHD vehicles without UMT	bus MHD bus UMT	vozidel celkem vehicles total	vozidel celkem vehicles total	%
snížení intenzity dopravy / reduction in traffic flow volume								
Karmelitská / Karmelitská street	15300	0	15300	11000	0	11000	-4300	-28,10
Korunovační / Korunovační street	26700	0	26700	21400	0	21400	-5300	-19,90
Hlávkův most / Hlávkův Bridge	74800	0	74800	68800	0	68800	-6000	-8,00
Wilsonova / Wilsonova street	92600	0	92600	86000	0	86000	-6600	-7,10
Smetanovo nábřeží / Smetanovo Nábřeží embankment	15200	0	15200	14400	0	14400	-800	-5,30
Vltavská / Vltavská street	20700	0	20700	19600	10	19610	-1090	-5,30
5. května / 5. května street	73100	17	73117	69400	18	69418	-3699	-5,10
Jiráskův most / Jiráskův Most Bridge	48300	258	48558	48100	248	48348	-210	-0,40
Jižní spojka / Southern connection road	113500	0	113500	113100	0	113100	-400	-0,40
Barrandovský most / Barrandov Bridge	136100	1368	137468	135700	1368	137068	-400	-0,30
zvýšení intenzity dopravy / increase in traffic flow volume								
Strakonická / Strakonická street	53000	359	53359	55200	361	55561	2202	4,10
Prosecká / Prosecká street	23700	771	24471	24900	771	25671	1200	4,90
Zenklova / Zenklova street	19900	4	19904	20900	4	20904	1000	5,00
Nábřeží E. Beneše / Nábřeží E. Beneše embankment	21700	0	21700	22900	0	22900	1200	5,50
Spojovací / Spojovací street	24500	456	24956	28300	457	28757	3801	15,20
Vysočanská radiála / Vysočany radial road	41900	0	41900	50100	0	50100	8200	19,60
Kbelská / Kbelská street	45500	125	45625	73300	0	73300	27675	60,70
Povltavská / Povltavská street	13200	0	13200	25100	0	25100	11900	90,20



Graf 3 Intenzity dopravy na povrchové komunikační síti, vlevo v ulici Veletržní, vpravo v ulici V Holešovičkách (v tis. vozidel)
Graph 3 Traffic flow volumes on the at-grade road network, left Veletržní street, right V Holešovičkách street (in thousands of vehicles)



Graf 4 Intenzity dopravy na povrchové komunikační síti, vlevo v ulici Argentinská, vpravo v ulici V Patočkova (v tis. vozidel)

Graph 4 Traffic flow volumes on the at-grade road network, left Argentinská street, right Patočkova street (in thousands of vehicles)

DOPRAVA NA POVRCHU

TSK hlavního města Prahy průběžně monitoruje počty projíždějících vozidel na vybraných významných charakteristických profilech komunikací v Praze (místa vybavená automatickými zařízeními pro trvalé sčítání projíždějících automobilů). Vývoj intenzit dopravy je patrný na níže uvedených grafech 3 až 5.

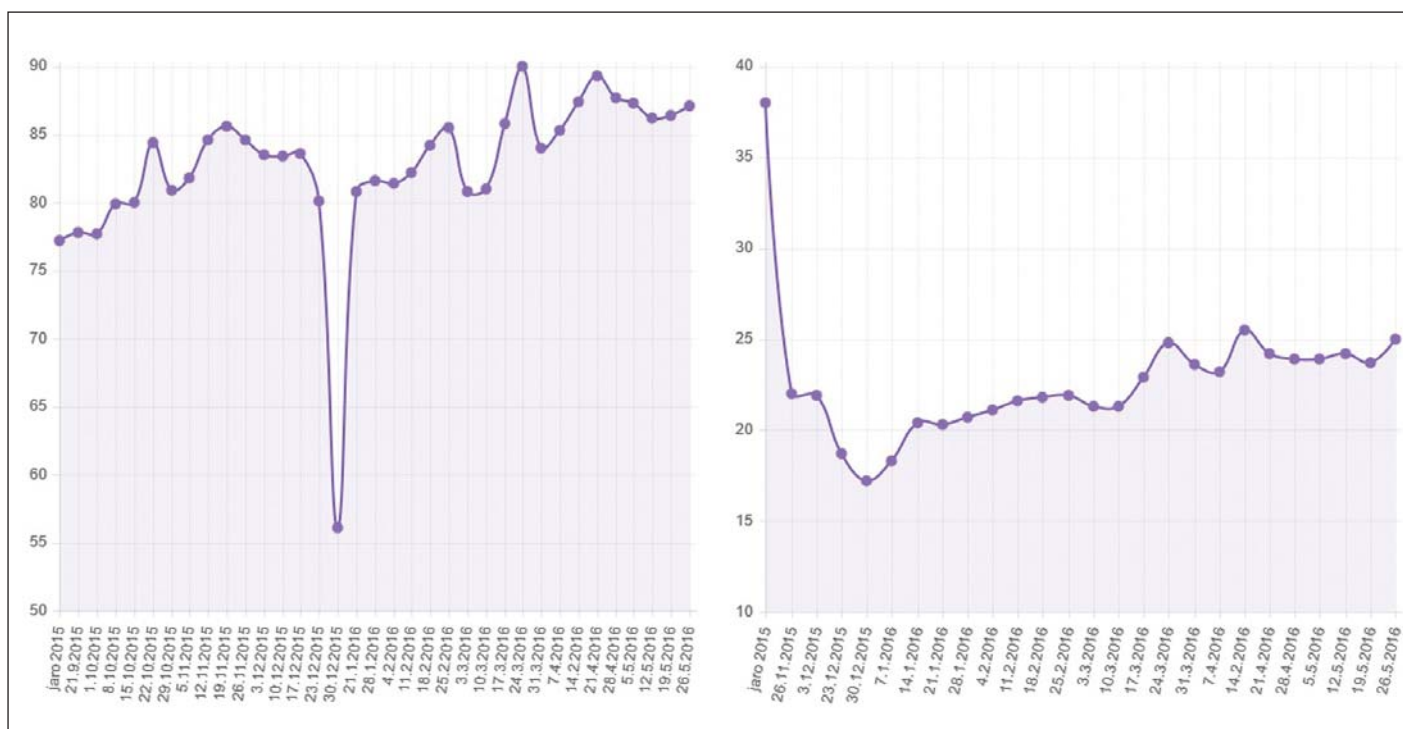
V závislosti na ročních variacích dopravy je na vybraných komunikacích provedeno porovnání se stavem dopravy ve stejném období před uvedením TKB do zkušebního provozu (graf 6, 7).

V tabulce 1 je uvedeno porovnání očekávaných intenzit dopravy na základě numerického modelování (TSK, hl. m. Prahy) se skutečností.

TRAFFIC ON THE SURFACE

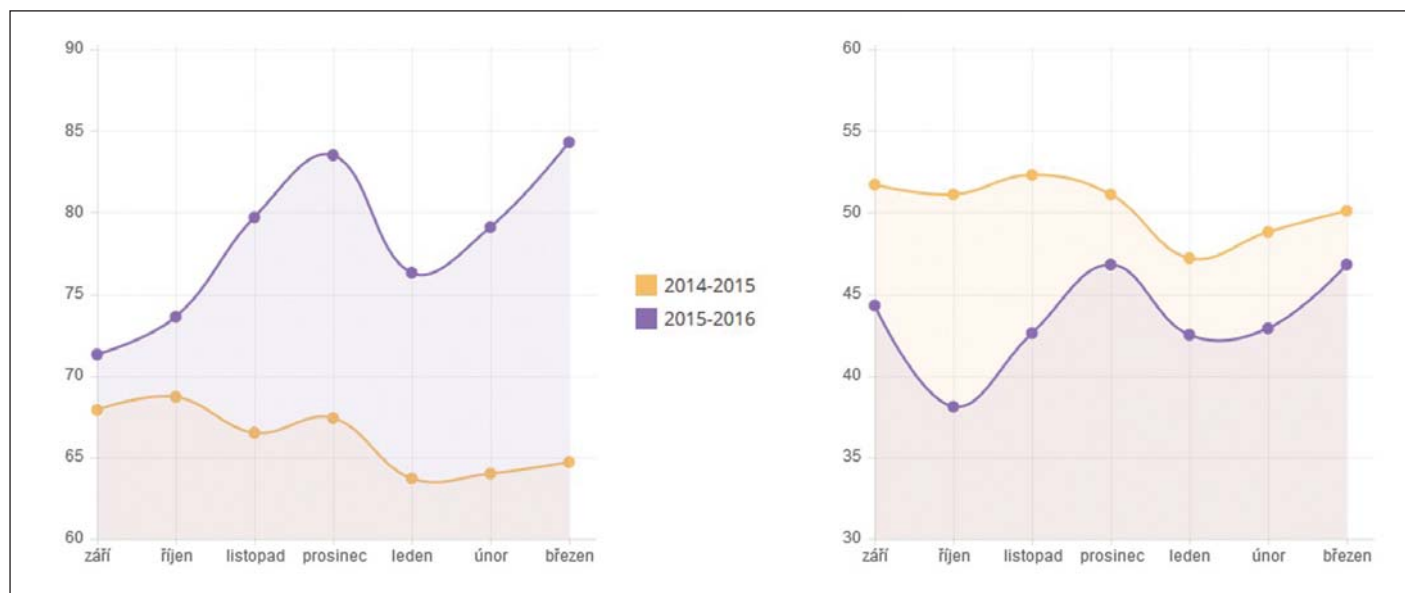
The TSK of the City of Prague continually monitors the numbers of passing vehicles at selected characteristic road profiles in Prague (places equipped with automatic traffic census facilities). The development of traffic flow volumes is obvious on Graphs 3 through to 5 presented below.

A comparison with the traffic state in the same period before putting the BTC to trial operation is carried out on selected roads, with the annual variations of traffic taken into account (see Graphs 6 and 7).



Graf 5 Intenzity dopravy na povrchové komunikační síti, vlevo v ulici Dobříšská, vpravo v ulici Milady Horákové (v tis. vozidel)

Graph 5 Traffic flow volumes on the at-grade road network, left Dobříšská street, right Milady Horákové street (in thousands of vehicles)



Graf 6 Intenzity dopravy na povrchové komunikační síti, vlevo v ulici Holešovičkách, vpravo v ulici Argentinská (v tis. vozidel)
 Graph 6 Traffic flow volumes on the at-grade road network, left V Holešovičkách street, right Argentinská street (in thousands of vehicles)

Ve většině úseků komunikací hlavního města nejsou bohužel doposud instalována zařízení pro automatické sčítání dopravy. V ostatních úsecích je prováděno sčítání na jednotlivých profilech „ručně“. V tabulce 2 je patrné porovnání intenzit ve vybraných úsecích před a po uvedení tunelů do zkušebního provozu.

Obecně lze konstatovat, že podle očekávání, uvedení tunelů do zkušebního provozu má významný pozitivní vliv na pražskou dopravu a to nejen v jejím severozápadním kvadrantu.

KOMPLIKACE V DOPRAVĚ

V souvislosti se zprovozněním vznikly nebo se spíše zvětšily komplikace na komunikacích Dobříšská, Patočkova, Svatovítská a Jugoslávských partyzánů. Intenzivně se řeší, v některých případech se však jedná o rozsáhlejší změny, vyžadující projednání úprav příslušnými orgány státní správy. Jedná se například o tyto úseky komunikací:

1. Povltavská – zakázáno v době špičky levé odbočení do ulice Bulovka;
2. Patočkova – umožněno otáčení v křižovatce (Patočkova x Pod Drinopolem x Radimova), projektově zpracovávána možnost otáčení v blízkosti křižovatky Patočkova x Pod Královkou;
3. Vypich – úprava světelné signalizace, připravují se další změny v organizaci autobusové dopravy;
4. Svatovítská – zpracována studie úprav, probíhá její proěřování.



Obr. 2 Ul. Milady Horákové na Letné
 Fig. 2 Milady Horákové Street in Letná

The table below presents the comparison of traffic flow volumes expected on the basis of numerical modelling (TSK, hl. m. Prahy) with reality.

Unfortunately, facilities for automatic vehicle census have not been installed yet on the majority of roads in the City of Prague. In the other sections the census is carried out at individual profiles “by hand”. The comparison of traffic flow volumes in selected sections before and after opening the tunnels for trial operation is obvious from the table 2.

In general, it is possible to state that the opening of the tunnels for trial operation has an important positive effect on Prague traffic, not only in the north-western quadrant of the city.

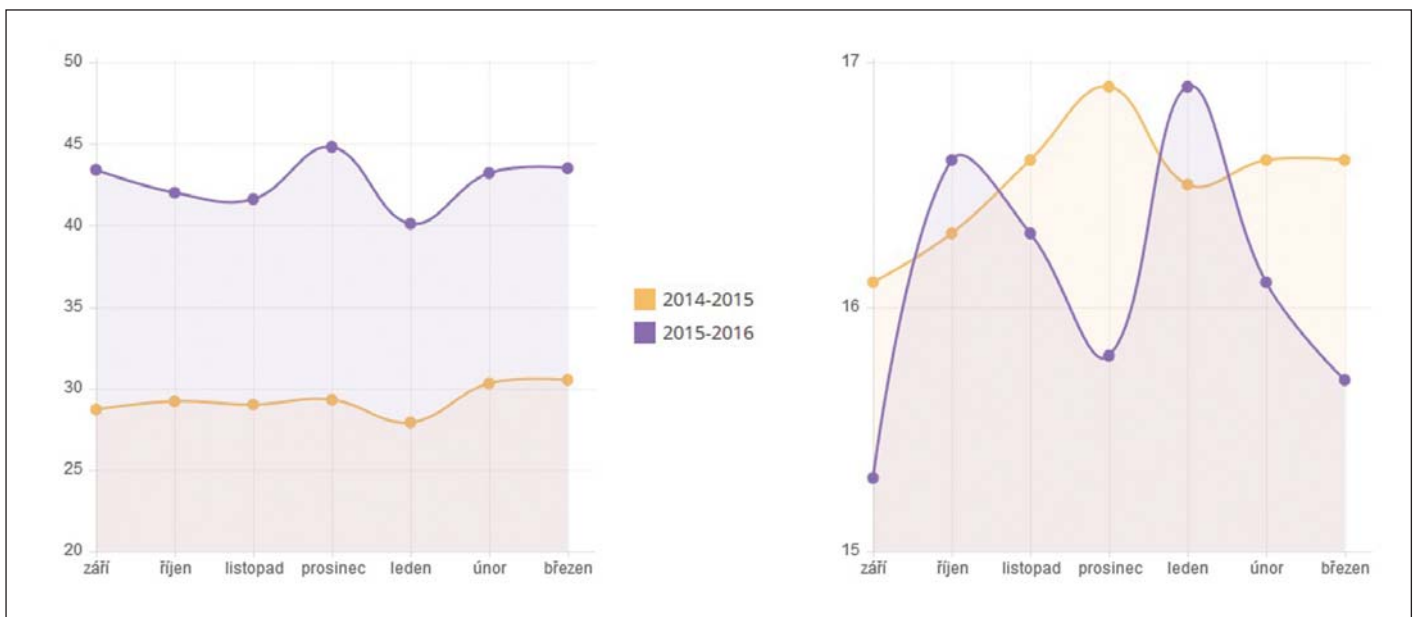
TRAFFIC COMPLICATIONS

Complications on Dobříšská, Patočkova, Svatovítská and Jugoslávských Partyzánů Streets originated, or rather increased, in the context of opening the tunnels to traffic. They are being intensely solved, but in some cases more extensive changes requiring negotiations of the changes at the level of respective state administration bodies are to be solved. The following sections of roads are, for example, to be solved:

1. Povltavská Street– turning to Bulovka Street during peak hours is forbidden;
2. Patočkova Street – U-turning in the junction (Patočkova x Pod Drinopolem x Radimova Streets); a design solving the possibility of U-turning in the vicinity of the Patočkova x Pod Královkou Streets intersection;
3. Vypich intersection – modification of traffic lights; other changes in the organisation of bus services are under preparation;
4. Svatovítská Street – a study on modifications has been completed and is under verification.

ENVIRONMENTAL IMPACT

“Zero” measurements of the noise pollution and immission substances were conducted in compliance with the trial operation documents before opening the construction for trial operation. The total of 31 locations were monitored from the aspect of noise and 8 locations from the aspect of immissions on the basis of the results of negotiations with the Municipal



Graf 7 Intenzity dopravy na povrchové komunikační síti, vlevo v ulici Patočkova, vpravo v ulici Jugoslávských partyzánů
Graph 7 Traffic flow volumes on the at-grade road network, left Patočkova street, right Jugoslávských partyzánů street

VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Před uvedením stavby do zkušebního provozu byla v souladu s dokumentací zkušebního provozu provedena „nulová“ měření hlukové zátěže a imisních látek. Na základě výsledků jednání s Městskou hygienickou stanicí a Odborem ochrany prostředí Magistrátu hlavního města Prahy (OOP MHMP) bylo z hlediska hluku monitorováno celkem 31 míst, z hlediska imisí 8 míst.

V období od 24. 8 do 20. 9. 2015 a od 1. do 28. 2. 2016 probíhalo měření imisních koncentrací znečišťujících látek: oxidů dusíku (NO_x), polétavého prachu (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$) a benzolu a pyrenu (BaP) za současného měření meteorologických podmínek. Měření bylo provedeno u portálu Troja, výdechového a nasávacího objektu v ulici Nad Královskou oborou, portálu tunelu na Letné, na Prašném mostě, u výdechového objektu v ulici Nad Octárnou, u portálu v mimoúrovňové křižovatce (MÚK) Malovanka a v ulici Patočkova (v křížení s ulicemi Radimova a Pod Drinopolem). Výsledky měření lze zjednodušeně shrnout takto:

- **Mikroklimatické parametry** – měření v srpnu až září 2015 (I. etapa) proběhlo ve velmi suchém letním období s teplotami až nad 30°C , které začátkem září přerušilo krátkodobé ochlazení doprovázené srážkami. II. etapa (od 2. do 29. února 2016) naproti tomu reprezentuje teplotně mírně nadprůměrné zimní období, v jehož druhé polovině nastala v Praze krátká epizoda



Obr. 3 Měřicí vůz v ulici Patočkova
Fig. 3 Measurement vehicle in Patočkova Street

Hygiene Station and the Environmental Protection Department of the Prague City Hall (in Czech the OOP MHMP).

During the periods from 24/08/2015 to 20/09/2015 and from 01/02/2016 to 28/02/2016, the immission concentrations of pollutants were measured with the focus on: nitrogen oxides (NO_x), airborne dust (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$) and Benzol[a]Pyrene (BP), with the concurrent measurement of meteorological conditions. The measurement was carried out at the Troja portal, the exhaust and suction structure in Nad Královskou Oborou Street, at the tunnel portal in Letná, on the Prašný Bridge, at the exhaust structure in Nad Octárnou Street, at the portal at the Malovanka grade-separated junction and in Patočkova Street (the intersection with Radimova and Pod Drinopolem Streets). The measurement results can be simply summarised as follows:

- **Microclimatic parameters** – the measurement from August to September 2015 was conducted in a very dry summer period with temperatures even exceeding 30°C , which was interrupted at the beginning of September by a short-term cooling accompanied by rains. In contrast, the stage II (from the 2nd through to 29th February 2016) represents an over-average winter season with moderate temperatures; a short episode of adverse dispersion conditions accompanied by a decrease in temperatures and snowfalls took place in Prague in the second half of this period.
- **PM_{10}** – Exceeding of the 24-hour limit for fraction PM_{10} was measured during both stages – at the first stage, the limit was exceeded twice at the end of August in Troja, where the cause may have lied in the transport along the river valley from the V Holešovičkách area and from the city centre; during the second measurement stage in the heating season exceeding the immission limit was measured in the total of 18 cases, mostly around 27th February and mainly in V Holešovičkách Street, when there was a period of adverse dispersion conditions in Prague.
- **NO_2** – exceeding of the immission limit was measured only during stage I in the measurement location above Strahov tunnel portals and the BCT – in Malovanka, in two cases.
- **BP** – 24-hour values varied about the limit of detection by analytical determination and, with the exception of

nepríznivých rozptylových podmínek doprovázená poklesem teplot a sněhovými srážkami.

- **PM₁₀** – V obou etapách bylo v některých místech naměřeno překročení 24hodinového limitu frakce PM₁₀ – v I. etapě se jednalo o dvě překročení koncem srpna v Troji, kdy příčinou mohl být transport údolím řeky z oblasti V Holešovičkách a z centra města, v II. etapě měření v topné sezoně bylo naměřeno celkem 18 překročení imisního limitu, převážně v období okolo 27. února a převážně v ulici V Holešovičkách, kdy bylo v Praze období nepríznivých rozptylových podmínek.
- **NO₂** – překročení imisního limitu bylo naměřeno pouze v I. etapě v měřicím místě nad portály Strahovského tunelu a TKB – na Malovance, a to ve dvou případech.
- **BaP** – 24hodinové hodnoty se v průběhu I. etapy pohybovaly převážně na hranici detekce analytického stanovení a s výjimkou 7. 9. 2015 nikde nepřekročily 0,3 ng/m³. V topné sezoně se již projevil vliv malých energetických zdrojů, kdy koncem měsíce, v období nepríznivých rozptylových podmínek, byly naměřeny 24hodinové hodnoty v rozmezí 1,7 až 2,8 ng/m³/24hodin.
- **PM_{2,5}** – 24hodinové hodnoty se v průběhu I. etapy pohybovaly mezi 10 až 20 µg/m³, podobně v průběhu II. etapy, kdy až koncem měsíce, v několikadenním období nepríznivých rozptylových podmínek, byly naměřeny 24hodinové hodnoty vyšší, v rozmezí 30 až 40 µg/m³/24hodin.

Při měření v topné sezoně 2016 nebylo možno jednoznačně prokázat dominantní vliv dopravy na kvalitu ovzduší (obr. 3). Situaci ve městě v tomto období prokazatelně ovlivňují i další zdroje (vzdálenější liniové zdroje, lokální topeniště apod.) a samozřejmě aktuální meteorologické podmínky. Další měření proběhne v období od 22. 8. 2016 do 18. 9. 2016.

V případě hluku, z důvodu klimatických podmínek (podle metodického pokynu hlavního hygienika České republiky pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí ze dne 11. 12. 2001), započala měření v dubnu 2016 a budou průběžně realizována do června 2016, v době psaní článku probíhalo vyhodnocení měření. Další měření budou probíhat v období 09.–10. 2016.

ZÁVĚR

Zkušenosti zhruba z první poloviny zkušebního provozu prokazují, že dílo je po stavební i technologické stránce navrženo a provedeno řádně, nebyly zaznamenány žádné významnější komplikace, byly potvrzeny předpoklady projektu.

S ohledem na dosavadní neukončení prvního roku zkušebního provozu lze porovnávat pouze změny intenzity dopravy. Na mnoha komunikacích došlo k významnému poklesu (Milady Horákové, Argentinská, Veletržní, nábreží Kapitána Jaroše, Dvořákovo nábreží), naopak jinde došlo k významnějšímu navýšení (V Holešovičkách, Patočkova, Dobříšská). Na komunikaci Svatovítská a Jugoslávských partyzánů došlo pouze k mírnému nárůstu intenzity dopravy, i ten však způsobil znatelné prodloužení původních kolon.

V souvislosti s uvedením stavby do zkušebního provozu jsou realizována dopravní opatření pro zklidnění dopravy. Jedná se především o zřízení světelného signalizačního zařízení (SSZ) v ulicích Legerova a Sokolská a úprava ulice Veletržní (zúžení na 1 jízdní pruh ve směru na Letenské náměstí a změna preference pěších). Další opatření jsou připravována v závislosti na vyhodnocení účinků zkušebního provozu v návaznosti na výsledky jednání s odborníky na dopravu, TSK, ODA MHMP a jednotlivých městských částí.

*Ing. ALEXANDR BUTOVIČ, Ph.D.,
alexandr.butovic@satra.cz, SATRA, spol. s r.o.*

07/09/2015, they did not anywhere exceed 0.3ng/m³ during stage I. The effect of small power sources already manifested itself in the course of the heating season, during adverse conditions at the end of the month, when the 24-hour values measured varied between 1.7 and 2.8ng/m³/24hours.

- **PM_{2,5}** – 24-hour values varied between 10 and 40µg/m³/24hours in the course of stage I and, similarly, in the course of stage II, when higher 24-hour values ranging from 30 to 40µg/m³/24 hours were measured at the end of the month, during a several-day period of adverse dispersion conditions.

It was not possible to unambiguously prove the dominant influence of traffic on the quality of air (see Fig. 3) during measurements in the heating season 2016. In this season, the situation in the city is provably affected even by other sources (more remote linear sources, local furnaces etc.) and, of course, by current meteorological conditions. Next measurements will take place during the period from 22/08/2016 to 18/09/2016.

Regarding noise pollution, measurements started as late as April 2016 because of climatic conditions (according to the methodological instruction of the Main Hygiene Officer of the Czech Republic on measuring and assessing noise in non-working environment dated 11/12/2001) and will be continuously conducted until June 2016; assessing the measurements is currently underway. Next measurements will take place in the period 09/2016 – 10/2016.

CONCLUSION

The experience from approximately the first half of the trial operation prove that the project works were designed and executed correctly as far as the construction and equipment are concerned; no more significant complications have been experienced and design assumptions have been confirmed.

With respect to the fact that the first year of the trial operation has not been completed yet, it is only possible to compare changes in traffic flow volumes. Many streets have experienced a significant decrease (Milady Horákové, Argentinská and Veletržní Streets, Nábreží Kapitána Jaroše Embankment and Dvořákovo Nábreží Embankment); conversely, a more significant increase took place in other streets (V Holešovičkách, Patočkova, Dobříšská Streets). An only moderate increase in traffic flow volumes took place in Svatovítská and Jugoslávských Partyzánů Streets, but even it caused a noticeable extension of the length of original columns of vehicles.

Traffic measures intended to ease traffic flow are being realised in the context of putting of the tunnels to the trial operation. The main of them are the installation of traffic light signals (TLS) in Legerova and Sokolská Streets and a modification of Veletržní Street (narrowing to one traffic lane in the direction of Letná Square and giving preference to pedestrians). Other measures are being prepared in dependence on the assessment of the trial operation as a follow-up of the results of discussions with traffic experts, the TSK, the ODA MHMP and individual municipal districts.

*Ing. ALEXANDR BUTOVIČ, Ph.D.,
alexandr.butovic@satra.cz, SATRA, spol. s r.o.*

*Recenzovali / Reviewed: Ing. Jiří Landa,
Ing. Jan Martolos, Ph.D.*

RAŽBY V PORUCHOVÝCH ZÓNÁCH – PROBLÉMY A JEJICH ŘEŠENÍ TUNNELLING IN FAULT ZONES – PROBLEMS AND SOLUTIONS

WULF SCHUBERT

ABSTRAKT

Při ražbách tunelů v poruchových zónách s velkou výškou nadloží jsou často pozorovány velké deformace. To, zda způsobují problémy, velmi záleží na použitém přístupu. Problémy spočívají v předpovídání očekávaných deformací před zahájením ražby, tak aby se nenarušil průjezdný profil, a ve volbě charakteristik výztuže odpovídajících přetvořením. Ostění ze stříkaného betonu může bez porušení udržet přetvoření přibližně 0,5 % až 1 %. Přetvoření přesahující tuto hodnotu vede k porušení ostění a ztrátě odolnosti, která způsobuje další přetvoření. Bylo vytvořeno kritérium pro kritickou výšku nadloží u uzavřených ostění. Jako vylepšení otevřených trhlin byly vyvinuty poddajné prvky umožňující velká přetvoření a řízený vývoj odolnosti výztuže. Musí se brát v úvahu vývoj posunutí i reologické chování výztuže výrubu. Při použití standardních injektovaných svorníků existuje možnost, že se „čerstvá“ injektážní hmota usmykne v důsledku velkých počátečních rychlostí přetvoření. Vyšší tolerance k přetvoření je umožňována speciálně navrženými svorníky. Důležitý je monitoring kvality a hodnocení aktuálních dat umožňující předvídání změn horninových poměrů před čelem výrubu. Vývoj deformací pro různé rychlosti postupu a různé druhy výstroje se dá předpovídat pomocí empirických vztahů.

ABSTRACT

When tunnelling through fault zones with large overburden depth, large displacements are frequently observed. Whether this causes problems very much depends on the approach used. Challenges are the prediction of the expected displacements prior to excavation in order not to violate the clearance profile, as well as choosing support characteristics compatible with the strains. Shotcrete linings can sustain a strain of approximately 0.5% to 1% without failure. Strain above this value inevitably leads to failure of the lining and a loss of resistance, causing additional displacements. A criterion for a critical overburden depth for closed linings has been developed. As an improvement to open slots, yielding elements have been developed, allowing large strains and controlled development of support resistance. The development of the displacements, as well as the rheological behaviour of the supports must be considered. Using standard grouted bolts, a potential that the “fresh” grout is sheared due to the initially large strain rates exists. Special bolt designs allow for a higher strain tolerance. Quality monitoring and up-to-date data evaluation is of crucial importance, allowing the prediction of changes in the ground conditions ahead of the face. With the help of empirical relations, the development of the displacements for different advance rates and supports can be predicted.

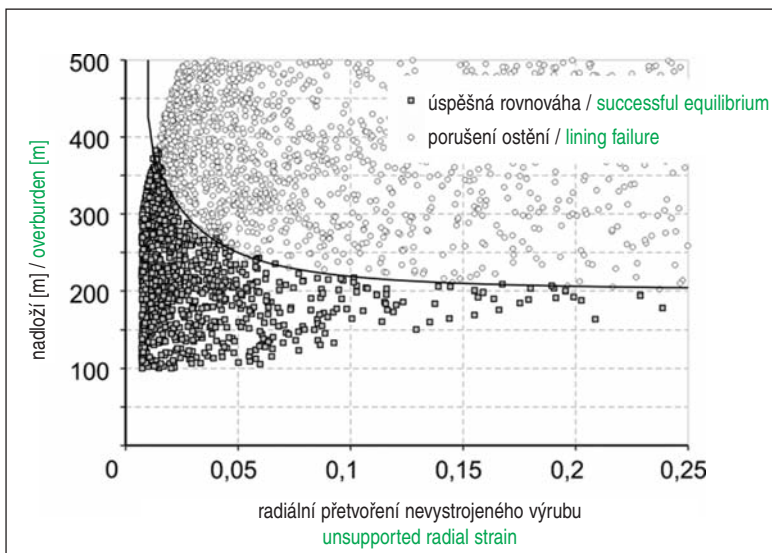
1. CO JE TLAČIVOST?

„Tlačivost horniny (squeezing)“ je široce používaný pojem. Problém je, že neexistuje žádná uspokojivá definice tlačivosti. Někdo tvrdí, že tlačivost se objeví, když je hornina nadměrně namáhána (Jethwa et al., 1984), nebo když se překročí „kritické přetvoření“ u nezajištěných tunelů (Aydan et al., 1993; Hoek, 2001). Toto nemůže být pravdivé tvrzení, jelikož hornina je často nadměrně namáhána i u mělkých tunelů v zemině, ale v takových případech o tlačivosti hovo-

1. WHAT IS SQUEEZING?

The term “squeezing” is widely used. The problem is that there is no satisfying definition of squeezing. Some claim that squeezing occurs when the ground is overstressed (Jethwa et al., 1984) or when a “critical strain” for unsupported tunnels is exceeded (Aydan et al., 1993; Hoek, 2001). This cannot hold true, as also for shallow tunnels in soil, the ground frequently is overstressed, but nobody would talk about squeezing in such cases. The same problem arises, when so-called classification systems are used to identify squeezing (Goel et al., 1995; Sing et al., 1997). Others think, squeezing is characterized by long lasting and large displacements, but do not provide any threshold values for the magnitude of displacements or the duration of displacements (Barla, 2001). The latter publication at least mentions that the installed support plays a major role. All those approaches do not address the real problem, namely that conventional linings cannot sustain large strains, and as a consequence, linings fail.

A criterion for squeezing cannot be reasonably established solely on ground conditions, since there is always interaction between the deforming ground and the installed support. Depending on the support characteristics, problems with the lining will develop or not. In order to address this issue, a novel approach has been taken: the maximum capacity of a continuous shotcrete lining has been determined by accounting for its rheological behaviour, and put in relation



Obr. 1 Stanovení kritického nadloží metodou vzorkování Monte Carlo
Fig. 1 Determination of critical overburden by Monte Carlo sampling

Tab. 1 Parametry definující kritické nadloží

	$X [-]$	$\varepsilon_0 [-]$	H_0	H^*
plnoprofilová ražba	0,062	0,035	100	680
přístropí	0,062	0,045	100	680
přístropí s protiklenbou	0,030	0,030	75	375

řit nelze. Stejný problém nastává, když se tak zvané klasifikační systémy používají pro identifikaci tlačivosti (Goel et al., 1995; Sing et al., 1997). Lze se domnívat, že tlačivost je charakterizována dlouhotrvajícími a velkými deformacemi, ale nikde nejsou uvedeny žádné prahové hodnoty pro velikost anebo trvání deformace (Barla, 2001). Poslední zmíněná publikace alespoň uvádí, že velkou roli hraje použitá výztuž. Všechny tyto přístupy neřeší skutečný problém, jmenovitě to, že uzavřená (konvenční) ostění nemohou snést velká přetvoření a v jejich důsledku selhávají.

Kritérium pro tlačivost se nedá vytvořit pouze podle horninových poměrů, jelikož vzájemné působení mezi deformující se horninou a použitým vyztužením výrubu existuje vždy. Problémy s ostěním se buď vytvoří, nebo nevytvoří, podle charakteristik výztuže. Aby se dal tento problém řešit, byl použit nový přístup: maximální únosnost uzavřeného ostění ze střikaného betonu je stanovována s přihlédnutím k jeho reologickému chování a je dáována do souvislosti s různými (rozumnými) horninovými poměry (Radoncic, 2011). K zjištění, zda je možná rovnováha mezi horninovým masivem a výztuží výrubu, lze použít maximální únosnost obálky ze střikaného betonu, čímž se obejde problém přesné rovnováhy. Tímto způsobem je možné stanovit kritické nadloží pro takové typy vystrojení výrubu. Na obr. 1 je výsledek počítán s užitím metody Monte Carlo. Odvozenou funkci ukazují rovnice 1. Parametry této funkce byly vyhodnocovány pro ražbu na celý profil, ražbu přístropí a přístropí s dočasnou protiklenbou ze střikaného betonu (tab. 1).

$$H_{crit} = (H_0 + H^* \tan \phi) - 75 \cdot \left[1 - \left(\frac{X}{X + \varepsilon - \varepsilon_0} \right)^2 \right] \quad (1)$$

kde je

H_{crit}	výška nadloží, do kterého je možné použít uzavřená ostění;
------------	--

e přetvoření nevystrojeného výrubu;

e_0, X, H^*, H_0 parametry vhodné pro oblouk.

Tabulka 1 ukazuje, že vztah funguje dobře pro třetí úhly horniny do 30°. Při vyšší hodnotě se výsledky stávají nepřesnými v důsledku předpokladů přijatých s ohledem na deformovatelnost horniny. I když tento přístup není perfektní, řeší problém uzavřených ostění s omezenou schopností snášet přetvoření.

2. STRATEGIE RAŽBY A VYSTROJENÍ VÝRUBU

Již desítky let je známo, že zesilování ostění je účinné pouze do určité míry. Rabcewicz (1944) uvádí: „... *i pro primární ostění je to marný pokus vyrovnat se s velkým horninovým tlakem použitím tuhých a těžkých systémů vystrojení, protože ty by byly nevyhnutelně zničeny.*“ Ve své knize Rabcewicz také doporučuje několik strategií pro ražbu a vystrojení výrubu, mimo jiné instalaci poddajné výztuže, jak to bylo úspěšně používáno při práci v dolech. Rabcewicz

Table 1 Parameters defining the critical overburden

	$X [-]$	$\varepsilon_0 [-]$	H_0	H^*
full face excavation	0.062	0.035	100	680
top heading	0.062	0.045	100	680
top heading with invert	0.030	0.030	75	375

to various (reasonable) ground conditions (Radonicic, 2011). The maximum work capacity envelope of shotcrete can be used to determine whether equilibrium between the rock mass and support is possible, while circumventing the issue of exact equilibrium. In this way, a critical overburden for such support types can be determined. Figure 1 shows the result of the Monte Carlo sampling. Equation 1 shows the derived function. The function parameters have been evaluated for full face, top heading, and top heading excavation with temporary shotcrete invert (Table 1).

$$H_{crit} = (H_0 + H^* \tan \phi) - 75 \cdot \left[1 - \left(\frac{X}{X + \varepsilon - \varepsilon_0} \right)^2 \right] \quad (1)$$

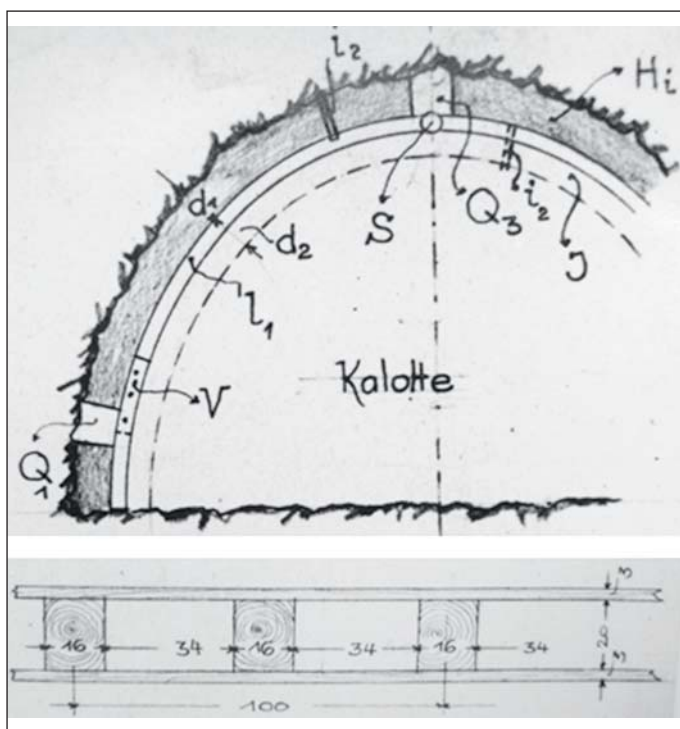
where

H_{crit} overburden depth, up to which closed linings can be used;

e strain of unsupported tunnel;

e_0, X, H^*, H_0 curve fitting parameters.

It has shown that the relation works well for friction angles of the rock mass up to 30° . Beyond that, the results become fuzzy, caused by assumptions made with respect to the deformability of the ground. Although this approach is not perfect, it addresses the problem of closed linings having a limited strain tolerance. For shotcrete the critical strain is somewhere in the range of 0.5% to 1.0%.



Obr. 2 Poddajné ostění z betonu s poddajnými dřevěnými prvky Q (Rabcewicz, 1950)

Fig. 2 Ductile lining with concrete support and timber yielding elements Q (Rabcewicz, 1950)



Obr. 3 Otevřené mezery v ostění ze stříkaného betonu na tunelu Inntal v Rakousku

Fig. 3 Open gaps in shotcrete lining at the Inntaltunnel, Austria

(1950) navrhl kombinaci betonového ostění a poddajných dřevěných prvků (obr. 2).

Jakmile je dosažena kritická deformace uzavřeného ostění, je nutné použít jiné strategie ražby a vyztužování. Otázky, které se mají řešit, jsou zajištění dostatečné výztuže bránící rozpadu horniny, zajištění celistvosti výztuže i v případě velkých přetvoření a zajištění dostatečné tolerance pro deformaci, aby nedocházelo k narušení průřezného profilu. Požadovaná celistvost prvků výztuže během deformace se netýká pouze běžně užívaného stříkaného betonu, ale i ocelových oblouků a horninových svorníků.

Pro několik alpských tunelů byl zvolen pragmatický přístup – pouze vynechání otevřených štěrbin v ostění ze stříkaného betonu, tedy umožnění sledování deformace masivu ostěním bez jeho poškození (Pöchhacker, 1974; Rabcewicz, 1975; Schubert, 1993; Schubert, 1996). Na obr. 3 je vidět použití takových otevřených štěrbin v ostění ze stříkaného betonu na tunelu Inntal v Rakousku. Na tomto tunelu došlo k radiální deformaci až do 100 cm v poruchové zóně křížící tunel na délce téměř 2000 m. Vyztužení bylo tvořeno 20–25 cm silným ostěním ze stříkaného betonu, ocelovými oblouky z U-profilů s poddajnými spojkami, hustě instalovanými injektovanými svorníky o délce 6 až 8 metrů a svařovanými sítěmi.

I když se tato metoda ukázala jako úspěšná, má několik nedostatků. Jednou z nevýhod je to, že z důvodu štěrbin ostění nevyvine velký odpor, tedy ve skutečnosti nesníží deformace. S relativně velkými radiálními deformacemi je spojené výrazné smykové posunutí mezi ostěním a horninou, obzvláště v blízkosti otevřených štěrbin, což vyvolává velká střihová zatížení horninových svorníků, které občas selžou, což je nebezpečné pro personál a stroje.

Při vyšetřování havárie na tunelu Galgenberg (Schubert & Riedmüller, 1995) došlo k zajímavému zjištění, které se týkalo funkce injektovaných svorníků vystavených velkým deformacím horniny. Největší míry deformace se vyskytují v blízkosti čela výrubu, kde jsou instalovány horninové svorníky. Velké smykové přetvoření může vést ke smykovému porušení ještě čerstvé injekční směsi. Vyšetřování provedené v Institutu pro mechaniku hornin a tunelování Technické univerzity Graz

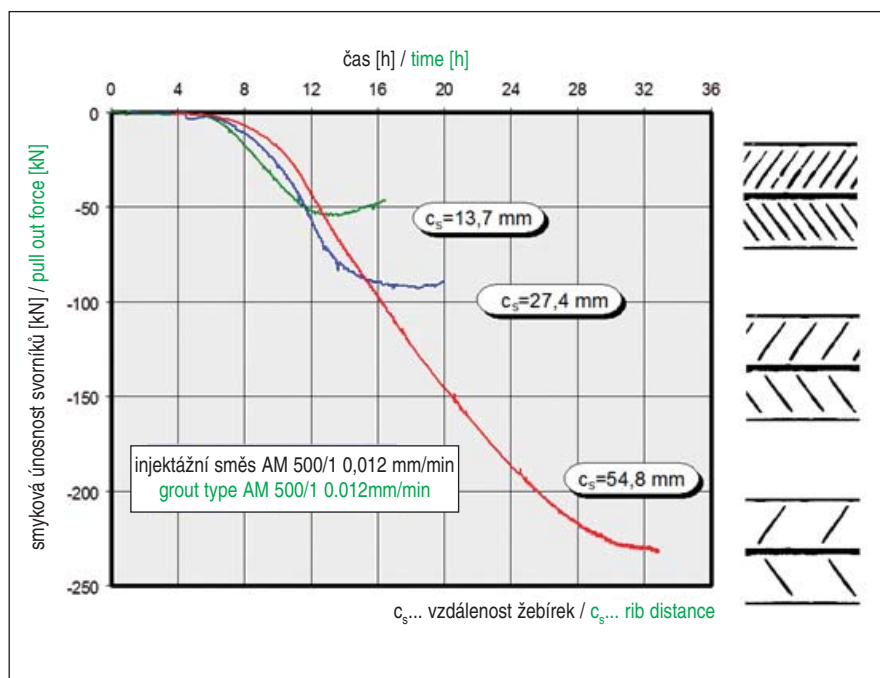
2. EXCAVATION AND SUPPORT STRATEGIES

It is well known since decades that strengthening of supports is only effective up to a certain limit. Rabcewicz (1944) states: "... also for primary supports it is a futile attempt to cope with high ground pressure by adopting stiff and heavy supports, as those would be inevitably destroyed." In his book, Rabcewicz also recommends several strategies for excavation and support, amongst others the installation of a ductile support, as had been successfully applied in mining operations. Rabcewicz (1950) proposed a combination of a concrete lining and yielding timber elements (Figure 2).

Once conventional linings reach the critical strain, different excavation and support strategies have to be applied. Issues to be addressed are providing enough support to prevent disintegration of the rock mass, maintain support integrity also in case of large strains, and provide enough deformation tolerance to ensure not violating the clearance profile. The required integrity of the support elements during the deformation process not only applies to the commonly used shotcrete, but also to steel arches and bolts.

A pragmatic approach was chosen for several Alpine tunnels by just leaving open gaps in the shotcrete lining, thus enabling the lining to follow the deformation without being damaged (Pöchhacker, 1974; Rabcewicz, 1975; Schubert, 1993; Schubert, 1996). Figure 3 shows the application of such open slots in the shotcrete lining at the Inntaltunnel, Austria. At this tunnel radial displacements up to 100cm occurred in a fault zone, which the tunnel crossed on a length of nearly 2,000m. Support consisted of a shotcrete lining with a thickness from 20 to 25cm, dense bolting with grouted bolts in a length of 6 to 8m, U-shaped steel arches with sliding couplings, and wire mesh.

Although this method proved to be successful, it has several drawbacks. One of the disadvantages is that the lining, due to the open slots does not develop much resistance, thus not really reducing displacements. Associated with the relatively large radial displacements is a pronounced shear displacement between lining and rock mass, in particular close to



Obr. 4 Vliv vzdálenosti žebírek na odpor injektovaných svorníků proti vytáhnutí (Blümel, 1996)

Fig. 4 Influence of rib distance on the pull out force of grouted bolts (Blümel, 1996)



Obr. 5 Skupina poddajných prvků, nalevo první generace instalovaná v poruchové zóně na tunelu Galgenberg v Rakousku; napravo zlepšený systém použitý například na Tauerském tunelu

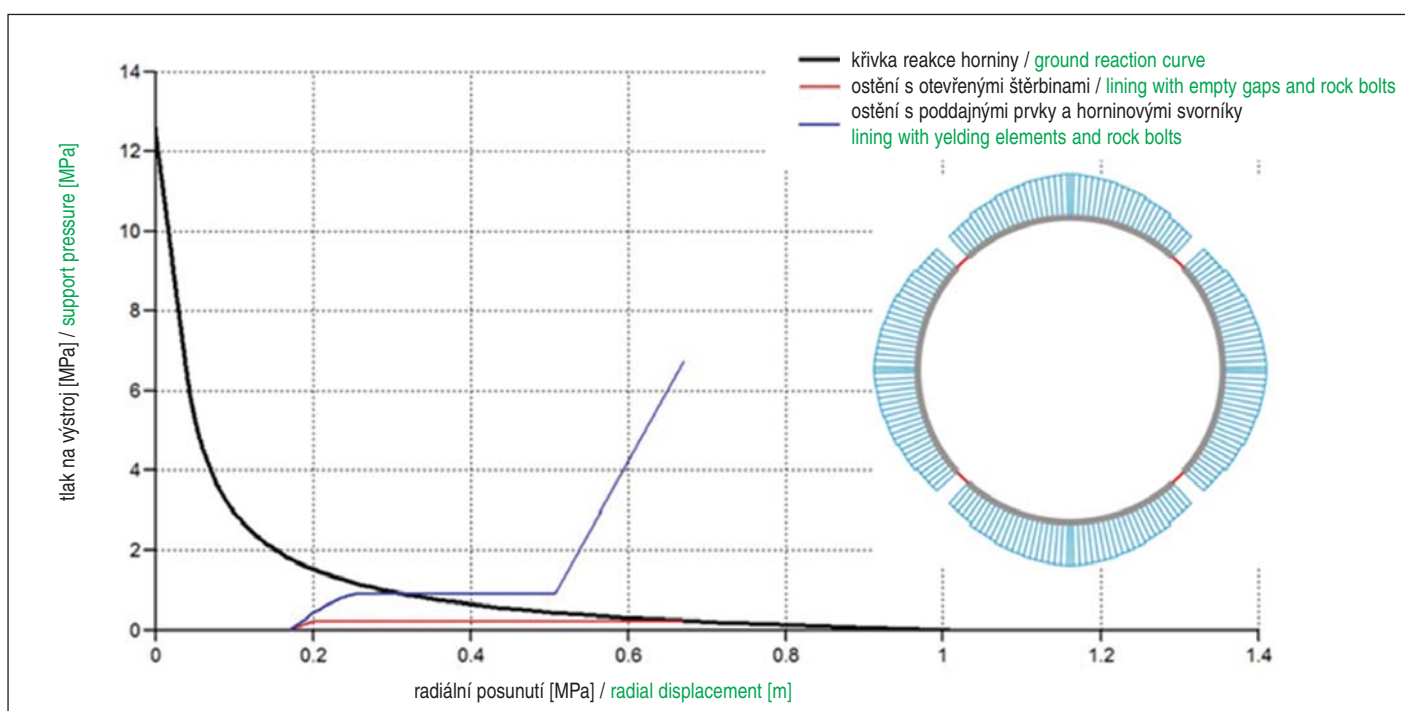
Fig. 5 Group of ductile elements, left first generation as installed in a fault zone at the Galgenbergtunnel, Austria; right improved system, as used for example at the Tauern tunnel

zjistilo, že vzdálenost mezi žebírky na povrchu svorníků má vliv na velikost smykové únosnosti na jejich plášti (Blümel, 1996). Na obr. 4 jsou výsledky laboratorních zkoušek únosnosti svorníků při různé vzdálenosti žebříků. Je vidět, že čím větší je vzdálenost žebříků, tím větší je smyková únosnost na plášti svorníku. To ukazuje význam sledování toho, aby byly všechny komponenty kompatibilní s velkými přetvořeními.

Běžně se v tlačivých horninách používají ocelové rámy. Ty musí být všechny navrhovány tak, aby se hodily pro velké deformace. V minulosti se dávala přednost U-profilům, které umožňovaly prokluzování spojek, pokud nebyly příliš utažené. Nevýhodou tohoto prvku je, že přilnavost stříkaného betonu je špatná, což často vede k oddělení ocelových rámu od ostění. Poddajné styky se mohou dosáhnout i u I-profilů pomocí speciálních kluzných spojek. V Rakousku byla myšlenka kluzných spojek opuštěna a již několik let se používají nepřerušované příhradové rámy, které se deformují ve šterbinách.

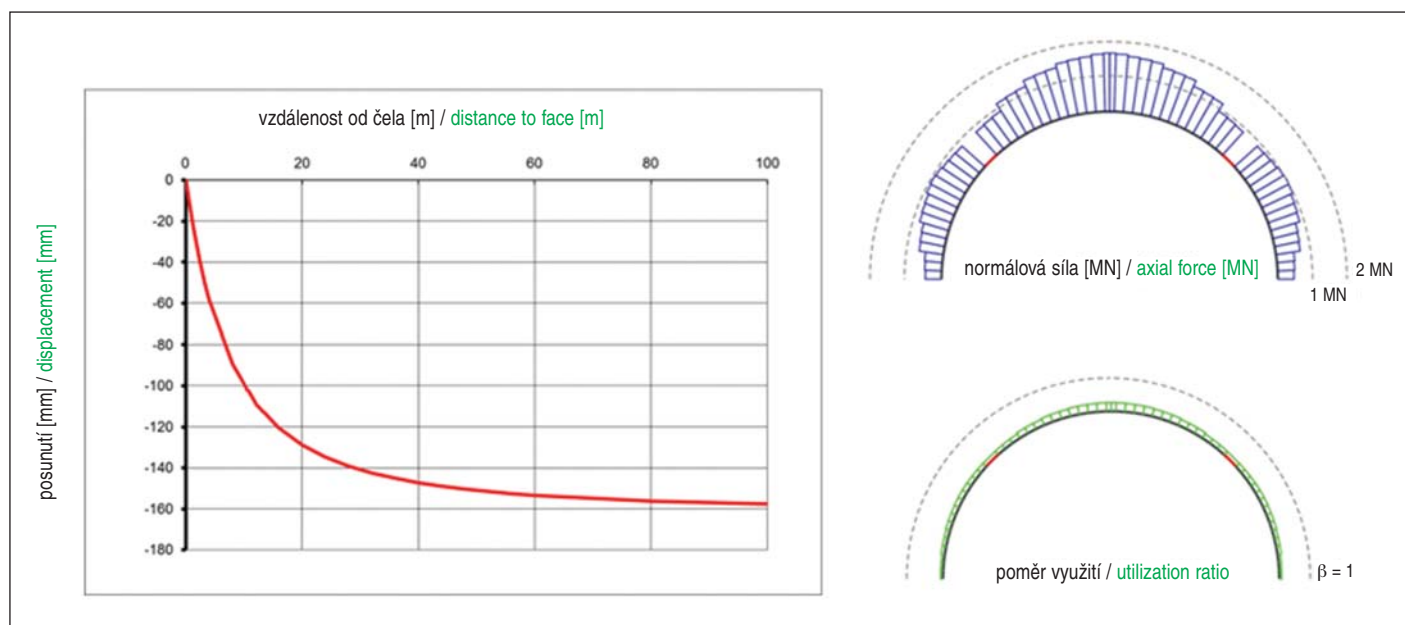
the open slots, causing strong shear loads in the bolts, which occasionally fail, being a hazard for the crew and equipment.

An interesting finding concerning the performance of grouted bolts exposed to large ground displacements was made, when investigating a collapse at the Galgenbergtunnel (Schubert & Riedmüller, 1995). The highest displacement rates occur close to the face, where the bolts are installed. The large shear strain can lead to shear failure of the still fresh grout. An investigation conducted at the Institute for Rock Mechanics and Tunnelling at the Graz University of Technology revealed that the bolts rib distance and geometry control whether the grout is sheared off (Blümel, 1996). Figure 4 shows results of laboratory pull out tests with bolts with different rib distance. It can be seen that the larger the rib distance, the larger is the resistance of the bolt. This highlights the importance to take care that all components are compatible with the large strains.



Obr. 6 Srovnání deformací vypočtených pro výztuž s otevřenými šterbinami a výztuž s poddajnými prvky; je zřejmé zvýšení odporu výztuže a jeho významného účinku na deformaci v případě užití poddajných prvků; napravo normálová síla v ostění (Radoncic, 2011)

Fig. 6 Comparison of calculated displacements for support with open slots, and support with yielding elements; note the increase in support resistance and its significant effect on the displacements, when using ductile elements; right: developed thrust in the lining (Radoncic, 2011)



Obr. 7 Hodnocení normálové síly v ostění a stupeň využití postupu ražby kaloty
Fig. 7 Evaluation of thrust in the lining and utilization ratio of a top heading advance

Pro ostění s otevřenými šterbinami byly vyvinuty poddajné prvky. Jsou nedílnou součástí ostění a umožňují vývoj normálových sil v ostění, čímž zajišťují odpor proti deformacím horniny. Charakteristiky poddajných prvků byly zvoleny tak, aby se přihlíželo k očekávanému vývoji deformací a k časově závislým vlastnostem stříkaného betonu. Jelikož vývoj deformací silně závisí na rychlosti ražby, měl by se brát v úvahu i tento parametr. První poddajné prvky byly v Rakousku instalovány v poruchové zóně tunelu Galgenberg (obr. 5 nalevo). Byly to skupiny ocelových trubek instalovaných s osami ve směru obvodu (Schubert, 1996). Ukázalo to, že deformace se mohou významně snížit díky aktivaci odporu výztuže. I když se tento systém ukázal jako účinný, jeho slabou stránkou byl silně kolísající odpor v důsledku boulení trubek (Moritz, 1999).

Zlepšený systém těchto prvků (obr. 5 napravo) se používá na mnoha stavbách po celém světě. Přírůstky ve srovnání s původním systémem spočívají ve zvýšené absorpci energie, což vede k vyšší účinnosti. Praktické zkušenosti ukazují na snížení deformací nejméně o 50 % ve srovnání se systémem s otevřenými šterbinami. Tím se nejenom zvyšuje bezpečnost, ale zmenšuje se i požadavek na rozšíření profilu výrubu a zmenšují se negativní vedlejší účinky, jako je přestřihávání svorníků. V současné době se vyvíjí další generace poddajných prvků s vyšší účinností, snadnějším přizpůsobením podmínkám stavby a nižšími výrobními náklady.

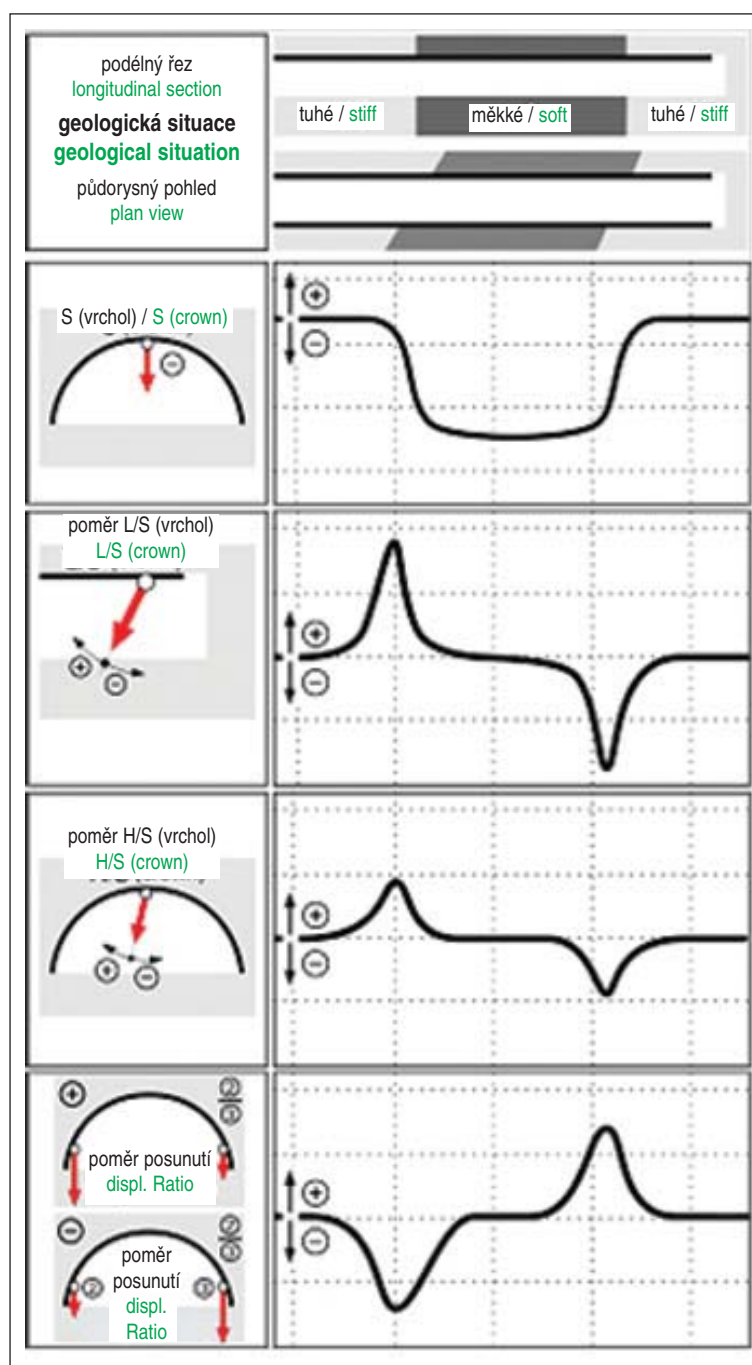
Výzkumníci v Institutu mechaniky hornin a tunelování vyvinuli metodiku přihlížející k časově závislým vlastnostem stříkaného betonu, vývoji deformací i k účinku svorníků (Radoncic, 2011). Na obr. 6 je srovnání očekávaných deformací u ostění s otevřenými deformačními šterbinami a ostění s integrovanými poddajnými prvky a s přihlédnutím k účinku horninových svorníků. Použitím poddajných prvků lze dosáhnout značného zmenšení deformací (přibližně deformace 12 cm při poddajných prvcích ve srovnání s přibližně 40 cm při otevřených šterbinách po instalaci výstroje).

Program umožňuje hodnocení osových sil a využití ostění v kterémkoliv okamžiku. Je užitečný hlavně v etapě projektování, ale dá se použít i při odhadování úrovně zatížení v ostění během stavby se vstupem v podobě naměřených deformací. Na obr. 7 je osová síla a stupeň využití pro postup ražby

Commonly in poor ground, steel sets are used. Also those have to be designed to be compatible with the large strains. In the past, U-shaped profiles have been preferred, allowing sliding at the couplings, if they are not connected too tight. The disadvantage of this element is that the bond to the shotcrete is poor, frequently leading to disengagement of the steel sets from the lining. Deformable joints can be achieved also with I-shaped profiles, using special sliding couplings. In Austria, the idea of sliding couplings has been abandoned, and since several years simply continuous lattice girders are installed, which deform in the slots.

Realizing the limited capacity of linings with open gaps, ductile elements have been developed. They are integral part of the lining, and shall allow development of axial forces in the lining with displacement, thus providing resistance against ground displacement. The characteristics of the yielding elements have to be chosen in a way to consider the expected displacement development, as well as time dependent shotcrete properties. Because displacement development strongly depends on the excavation rate, also this parameter should be taken into account. First yielding elements in Austria have been installed in a fault zone of the Galgenbergtunnel (Figure 5 left). Those were groups of steel tubes, installed with the axis in circumferential direction (Schubert, 1996). It showed that displacements could be significantly reduced due to the activated support resistance. Although the system showed to be effective, improvements to the elements (Figure 5 right) practically eliminated the strongly oscillating resistance due to buckling of the tubes (Moritz, 1999).

The improved system has been used on many sites around the world. The benefits, compared to the original system are increased energy absorption, leading to more efficiency. Practical experience shows a reduction of at least 50% of the displacements compared to a system with open slots. This not only increases safety, but also reduces the required widening of the excavation profile, and reduces negative side effects, like shearing of bolts. Currently the next generation of ductile elements is under development, featuring higher efficiency, easier adjustment to site-specific conditions and lower production costs.



Obr. 8 Typické změny v trendech a velikostech deformací, když ražba kříží poruchovou zónu

Fig. 8 Typical changes in trends of displacements and displacement ratios when the excavation crosses a weak zone

přístroj s ostěním tvořeným stříkaným betonem, poddajnými prvky a horninovými svorníky 10 dnů po instalaci výztuže.

3. MONITORING

Z důvodu nejistot vlastních horninovým modelům je potřebné pečlivé sledování chování systému, aby bylo možné podle něj přizpůsobovat ražbu a výztuž. Zavedení monitoringu absolutních deformací umožnilo mnohem lépe porozumět mechanickým procesům, ke kterým dochází v okolí tunelu během výstavby. Pokročilé metody interpretace dat umožňují zjišťování změn v horninových podmínkách před čelem výrubu a vně viditelné oblasti a předpovídání chování systému na základě několika počátečních měření.

Včasné varování usnadňuje včasné přizpůsobení ražby a výztužení očekávaným podmínkám, jako je zvětšení výrubu v důsled-

Researches at the Institute for Rock Mechanics and Tunnelling developed a methodology, considering transient properties of the shotcrete, displacement development, as well as the contribution of rock bolts (Radonicic, 2011). Figure 6 shows a comparison of the expected displacements for a lining with open deformation slots and a lining with integrated yielding elements, considering also the contribution of the rock bolts. Note the achievable considerable saving in displacements, when using ductile elements (approximately 12cm of displacement with ductile elements against approximately 40cm with open slots after installation of support).

The program allows an assessment of axial force and utilization of the lining at any given time. This is useful primarily during the design stage, but can be used also for estimating the level of loading in a lining during construction with the measured displacements as input. Figure 7 shows axial force and utilization ratio for a top heading advance with a shotcrete-ductile element-rock bolt support 10 days after installation of the support.

3. MONITORING

Due to the inherent uncertainties in the ground model, careful observation of the system behaviour is required to be able to adjust excavation and support to the requirements. With the implementation of absolute displacement monitoring techniques, it became possible to obtain much better insight into the mechanical processes occurring around a tunnel during its construction. Advanced techniques of data interpretation allow detecting changes in the ground conditions ahead of the face and outside the visible area, and prediction of the system behaviour based on few initial measurements.

The early warning facilitates a timely adjustment of excavation and support to the expected conditions, like increase of the excavation size to account for expected displacements, changes in the support quality and quantity, etc. After the initial measurements are available and a reliable prediction of the system behaviour is possible, final “fine tuning” of the support and excavation concept is performed (Radonicic, 2011; Sellner, 2000; Schubert & Moritz, 2014). Assessing the trend of the displacement vector orientation is particularly helpful for predicting ground conditions ahead of the face or outside the visible area. Deviations from a normal range always indicate a change in the ground conditions (Schubert & Budil, 1995; Schubert & Steindorfer, 1996; OeGG, 2014).

Figure 8 shows typical changes in displacement trends and trends of displacement ratios for an excavation crossing a fault zone in an oblique angle. The trend of the vertical displacements of the crown (S) shows a significant increase only after the face entered the fault zone, while the trends of the displacement vector orientation (L/S – ratio between longitudinal and vertical displacement and H/S – ratio between horizontal and vertical displacement) already deviate from the normal range some distance ahead of the transition in the ground. Trends of ratios of the vertical displacements of left and right sidewall can be used to identify features, like faults or slickensides close to the tunnel sidewalls, well before they are visible at the face. When combining several trends, also

ku očekávaného zvětšení deformace, změny v kvalitě a množství výztuže apod. Když jsou k dispozici počáteční měření a je možné spolehlivě předpovídat chování systému, provede se „jemné doladění“ koncepce vyztužení a ražby (Radonic, 2011; Sellner, 2000; Schubert & Moritz, 2014). Obzvláště užitečné pro předvídání horninových poměrů před čelem výrubu a vně viditelné oblasti je hodnocení trendu orientace vektoru deformací. Odchytky od normálního stavu vždy ukazují na změnu horninových poměrů (Schubert & Budil, 1995; Schubert & Steindorfer, 1996; OeGG, 2014).

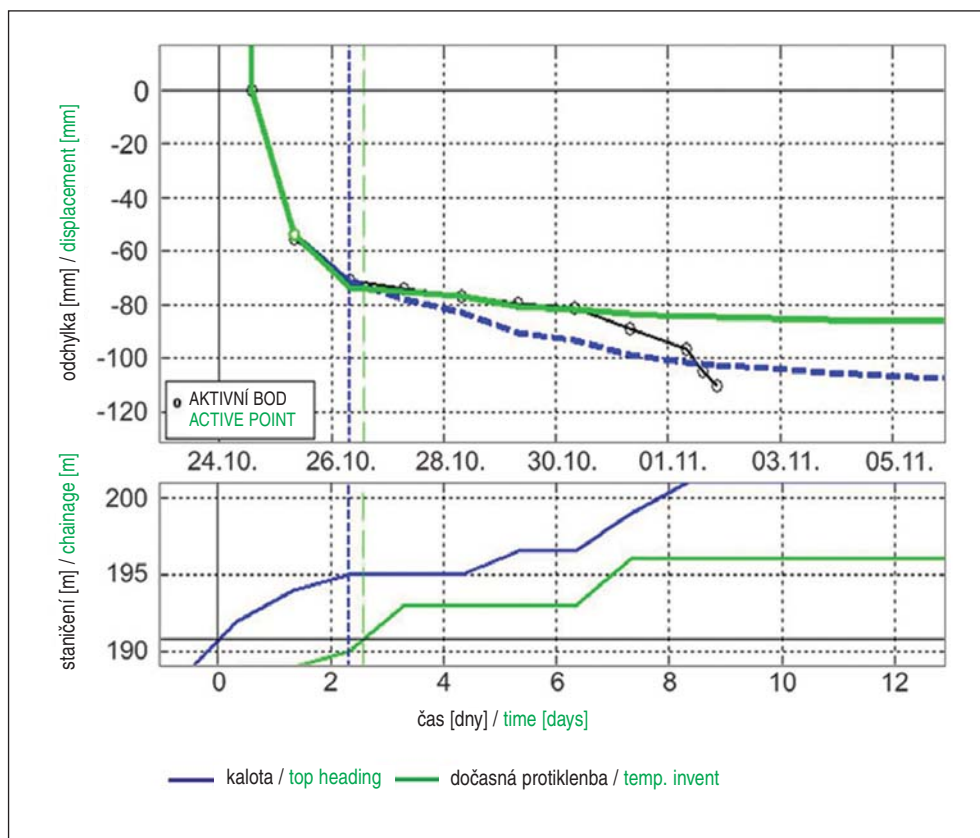
Na obr. 8 jsou typické změny v trendech poměrných deformací pro ražbu procházející poruchovou zónou pod šikmým úhlem. Trend svislých deformací stropu (S) ukazuje na značný nárůst pouze po vstupu čela výrubu do poruchové zóny, zatímco trendy orientace vektoru deformací (poměr L/S mezi podélnou a svislou deformací a poměr H/S mezi horizontální a svislou deformací) se již odchylojí od normálního rozsahu v nějaké vzdálenosti před změnou vlastností horniny. Trendy poměrů mezi svislými deformacemi na levé a pravé stěně výrubu se dají použít pro identifikaci takových znaků, jako jsou zlomy nebo ohlasy v blízkosti boků výrubu, o dost dříve než jsou viditelné na čele výrubu. Když se kombinuje několik trendů, dá se relativně spolehlivě předvídat i prostorová orientace geologického rysu, jako je poruchová zóna. Když se používá systematicky, může předstihové hodnocení údajů monitoringu deformací pomoci v připravenosti na změny horninových podmínek a vyhnout se tak opožděné reakci, nákladným opravám a nehodám.

Předpovídání chování systému na základě hodnocení dat deformací a správnosti empirických funkcí vývoje deformací bylo dále vyvíjeno Sellnerem (2000). Umožňuje velmi spolehlivou krátkodobou analýzu deformací, beroucí v úvahu takové vlivy, jako je tuhost výstroje, různé stavební fáze, jim příslušné pozice čela výrubu a čas. Proto se konečné deformace a možnost narušení průjezdného profilu a nebezpečí porušení ostění ze stříkaného betonu dají zjistit včas a dají se provést protiopatření, jsou-li zapotřebí.

Po předpovědi posunutí ve vztahu k členění výrubu, délce záběru, času a vystrojení se naměřená data importují a chování systému se srovnává s předpovídaným „normálním chováním“. To umožňuje snadné posuzování, zda se systém chová tak, jak by měl. V případě odchýlení od normálu je možná včasná reakce, takže se sníží pravděpodobnost nehod a nákladných oprav. Na obr. 9 je situace, kde se pozorované chování odchyluje od předpovídaného z důvodu poruchy v protiklenbě kaloty.

4. ZÁVĚR

Úspěšná ražba tunelů v poruchových zónách vyžaduje použití speciálních metod. Zesilování výztuže je účinné pouze tehdy,



Obr. 9 Odchytky naměřených deformací (plná čára s kroužky) od deformací předpovídaných pro kalotu s dočasnou protiklenbou

Fig. 9 Deviation of the measured displacements (solid line with circles) from the predicted for a top heading with temporary invert

the spatial orientation of a geological feature, like a fault zone, can be predicted relatively reliably. Systematically applied, an advanced evaluation of displacement monitoring data can assist in being prepared for changes in the ground conditions, and thus help avoiding late reaction, costly repairs and accidents.

The prediction of the system behaviour based on displacement data evaluation and fitting of empirical displacement development functions has been further developed by Sellner (2000). It enables very reliable short-term analysis of the displacements, taking influences such as support stiffness, various construction phases and their respective face positions and time into account. Hence, the final displacements and the potential for a clearance violation and the hazard of overstressing the shotcrete support can be detected on time and countermeasures implemented if required.

After predicting the displacements in relation to construction sequence, advance, time, and support, measured data are imported and the performance of the system compared to the predicted „normal behaviour“. This allows an easy assessment whether the system is behaving as it should. In case of deviation from the normal, a timely reaction is possible, thus reducing the probability of accidents and costly repairs. Figure 9 shows a situation, where the observed behaviour deviated from the predicted due to failure of the top heading invert.

4. CONCLUSION

Successful tunnelling through fault zones requires the application of special methods. Strengthening of supports is only effective if the primary stress is rather low. In all other

když je primární napjatost spíše nízká. Ve všech ostatních případech se doporučuje použití poddajné výztuže. V uplynulých dvou desetiletích bylo vyvinuto značné úsilí zlepšit systémy vyztužování výrubu tak, aby odpovídaly zadaným požadavkům. Doporučuje se vyhýbat se neurčitému pojmu „tlačivost“ a raději zaujímat inženýrský přístup, včetně pečlivého popisu hornin, hodnocení chování hornin a ochotně přijímat nekonvenční strategie vyztužování výrubu. Ukazuje se, že techniky pro úspěšné řešení velkých deformací, které jsou spojeny s ražbou tunelů v poruchových zónách, existují a jsou trvale zlepšovány s růstem zkušeností s hlubokými tunely. Z důvodu nejistot při matematickém modelování se za nejúčinnější způsob pro úspěšnou ražbu tunelů v nepříznivých podmínkách považuje observační přístup s pečlivým a cíleným monitoringem chování systému a s bezprostředním vyhodnocováním monitoringu.

**Prof. WULF SCHUBERT, schubert@tugraz.at,
Graz University of Technology**

**Recenzovali / Reviewed: Ing. Václav Veselý,
Ing. Aristotelis Caravanas**

cases, the application of ductile supports is advisable. Over the past two decades considerable effort has been made to improve support systems to meet the requirements. It is recommended to avoid the fuzzy term of “squeezing”, but rather follow an engineering approach, including a careful rock mass characterization, evaluation of the ground behaviour, and an open mind for unconventional support strategies. It has been shown that techniques for successful dealing with large displacements, as they are associated with tunnelling in fault zones, are available, and are constantly improved, as experience with deep tunnels increases. Due to the inherent uncertainties in the ground model, an observational approach with careful and targeted monitoring of the system behaviour and up to date evaluation of the monitoring is considered the most effective way for successful tunnelling under adverse conditions.

**Prof. WULF SCHUBERT, schubert@tugraz.at,
Graz University of Technology**

LITERATURA / REFERENCES

- [1] AYDAN, Ö., AKAGI, T., KAWAMOTO, T. (1993) The squeezing potential of rock around tunnels: theory and prediction. *Rock Mechanics and Rock Engineering* 2. 137-163
- [2] BARLA, G. (2001) Tunnelling under squeezing rock conditions, Eurosummer-School in Tunnel Mechanics Innsbruck, Politecnico di Torino, Torino
- [3] BLÜMEL, M. (1996) Performance of grouted bolts in squeezing rock. In: Barla, G. (ed.), Prediction and Performance in Rock Mechanics and Rock Engineering; Proc. EUROCK '96, Vol. 2, Turin, Italien, 2-5 September 1996, pp. 885-891. A.A. Balkema: Rotterdam
- [4] GOEL, R. K., JETHWA, J. L., PAITHAKAN, A. G. (1995) Tunnelling through the young Himalayas – a case history of the Maneri – Uttarkashi power tunnel. *Engineering Geology* 39. 31-44
- [5] HOEK, E. (2001) Big tunnels in bad rock. 36th Karl Terzaghi Lecture, ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. ASCE. Seattle
- [6] JETHWA, J. L., SINGH, B., SINGH, B. (1984) Estimation of ultimate rock pressure for tunnel linings under squeezing rock conditions – a new approach. Proc. Design and Performance of Underground Excavations, ISRM Symposium, Cambridge. E.T. Brown and J.A. Hudson (eds.) 231-238
- [7] MORITZ, A. B. (1999) Ductile Support System for Tunnels in Squeezing Rock. In: Riedmüller, Schubert & Semprich (eds.) Publication series Geotechnical Group Graz, Vol. 5
- [8] OeGG, (2014) Geotechnical Monitoring in Conventional Tunnelling, Handbook. OeGG, Salzburg
- [9] PÖCHHACKER, H. (1974) Moderner Tunnelvortrieb in sehr stark druckhaftem Gebirge. *Porr Nachrichten* 57/58
- [10] RABCEWICZ, L. v. (1944) Gebirgsdruck und Tunnelbau. Springer, Vienna
- [11] RABCEWICZ, L. v. (1950) Die Hilfgewölbebauweise. Doctoral thesis, TH – Graz, Austria
- [12] RADONCIC, N. (2011) Tunnel design and prediction of system behaviour in weak ground. In: Dietzel, Kieffer, Schubert, Schweiger & Semprich (eds.). Publication series Geotechnical Group Graz, Vol. 43
- [13] SCHUBERT, W. (1993) Erfahrungen bei der Durchörterung einer Großstörung im Innaltunnel. *Felsbau* 11 (6), pp. 287-290, Essen: Verlag Glückauf
- [14] SCHUBERT, W., RIEDMÜLLER, G. (1995) Geotechnische Nachlese eines Verbruches - Erkenntnisse und Impulse. In: Semprich, S. (ed.), Innovationen in der Geotechnik; Proc. 10. Christian-Veder-Kolloquium, Graz, 20-21 April 1995, pp. 59-68. Institut fuer Bodenmechanik und Grundbau, TU-Graz: Graz
- [15] SCHUBERT, W., BUDIL, A. (1995) The importance of longitudinal deformation in tunneling. In: Fuji (ed) Proceedings of the 8th International Congress on Rock Mechanics (ISRM), Vol. 3, Balkema, Rotterdam
- [16] SCHUBERT, W. (1996) Dealing with squeezing conditions in alpine tunnels. *Rock Mechanics and Rock Engineering* 29 (3), pp. 145-153, Springer: Wien
- [17] SCHUBERT, W., STEINDORFER, A. (1996) Advanced Monitoring Data Evaluation for Tunnels in Poor Rock. In: Barla (ed) Prediction and Performance in Rock Mechanics and Rock Engineering; Proc. EUROCK '96, Vol. 2
- [18] SELLNER, P. (2000) Prediction of Displacements in Tunnelling. In: Riedmüller, Schubert & Semprich (eds.) Publication series Geotechnical Group Graz, Vol. 9
- [19] SINGH, B., GOEL, R. K., JETHWA, J. L., DUBE, A. K. (1997) Support pressure assessment in arched underground openings through poor rock masses. *Engineering Geology* 48, 59-81

TUNELY PRO NĚMECKÉ ŽELEZNICE – TRADICE A INOVACE

TUNNELS FOR GERMAN RAILWAYS – TRADITION AND INNOVATION

HEINZ EHRBAR

ABSTRAKT

V současné době je v Německu ve fázi výstavby několik velkých projektů, které mají zlepšit provoz na státních i transevropských tratích. Šest z celkového počtu devíti transevropských železničních koridorů prochází přes Německo. Stavba „Dopravní projekt německé jednoty č. 8“ (VDE 8) na skandinávsko-středomořském koridoru spojuje Berlín s Norimberkem. Po uvedení do provozu se doba jízdy mezi Mnichovem a Berlínem zkrátí ze současných sedmi na čtyři hodiny. V prosinci 2015 byla uvedena do provozu 107 kilometrů dlouhá vysokorychlostní trať mezi Erfurtem a Halle/Lipskem a v roce 2017 bude následovat 123 kilometrů dlouhý úsek mezi Ebensfeldem (Norimberk) a Erfurtem. Vybudovalo se 25 tunelů s celkovou délkou 56,4 kilometru. Ve fázi výstavby je dále stavba Stuttgart – Ulm (Evropský koridor Rýn–Dunaj), na kterém je 35,1 kilometru nových tunelů v městské oblasti Stuttgartu (stavba Stuttgart 21) a 30,3 kilometru tunelů na stavbě vysokorychlostní trati mezi Wedlingem a Ulmem. Rýnsko-alpský koridor spojuje přístavy Rotterdam a Antverpy na severu s Janovem na jihu. Součástí tohoto koridoru je i prodloužení stávající trati mezi Karlsruhe a Bazilejí. V květnu 2016 byla zahájena ražba tunelu pod městem Rastatt o délce 4,2 kilometru pomocí plnoprofilového tunelovacího stroje. Tunel Rastatt bude prvním velkým tunelem v Německu, kde se bude používat systém informačního modelování stavby (Building Information Modelling – BIM).

ABSTRACT

Several major projects are actually in Germany under construction in order to improve the national and the transeuropean railway traffic. Six of a total of nine transeuropean railway corridors cross Germany. On the Scandinavian-Mediterranean Corridor, the project “German Unit No. 8” (VDE 8) links Berlin with Nuremberg. Once opened the travel time between Munich and Berlin will be reduced from actually seven hours to four hours. In December 2015 the 107 kilometres long new high-speed line between Erfurt and Halle/Leipzig was opened, whereas the 123 kilometres long section between Ebensfeld (Nuremberg) and Erfurt will follow in 2017. 25 tunnels with a total length of 56.4 kilometres were constructed. The project Stuttgart – Ulm (European Rhine-Danube Corridor), containing 35.1 kilometres of new tunnels in the urban area of Stuttgart (Project Stuttgart 21) and 30.3 kilometres of tunnel on the Wendlingen – Ulm high speed rail link is also under construction. The Rhine-Alpine Corridor connects the sea ports Rotterdam and Antwerp in the north with Genoa in the south. The extension of the existing Karlsruhe – Basel rail link forms part of this corridor. In May 2016, the TBM-drive for the 4.2 kilometres long tunnel under the city of Rastatt started. The Tunnel Rastatt will be the first major railway tunnel in Germany where Building Information Modelling (BIM) is applied.

1. POČET NĚMECKÝCH ŽELEZNIČNÍCH TUNELŮ

Německo leží ve středu Evropy. Má plochu 357 340 km². Z důvodu své polohy je Německo křižováno mnoha koridory evropské železniční sítě. Vysoké hory pokrývají pouze 3 % jeho povrchu. Z toho důvodu je hustota železničních tunelů (bez tunelů metra) relativně nízká ve srovnání se sousedními německy mluvícími státy, Rakouskem a Švýcarskem (viz tab. 1).

Nicméně Německo má významný počet tunelů na stávající klasické železniční síti a od roku 1991, kdy byly uvedeny do provozu vysokorychlostní železniční trati spojující Hannover s Würzburgem a Mannheim se Stuttgartem, také na vysokorychlostní železniční síti. Od té doby bylo dokončeno několik dalších důležitých staveb (stavba Norimberk – Ingolstadt, 2006; stavba VDE 8.2 Erfurt – Lipsko/Halle, 2015). V současné době jsou ve fázi projektování nebo i ve fázi výstavby čtyři velké stavby vysokorychlostních

1. STOCK OF GERMAN RAILWAY TUNNELS

Germany is located in the centre of Europe and has a surface of 357 340 km². Many European Railway Network Corridors cross Germany due to its central location within Europe. Only 3% of the surface consists of high mountains. Therefore, the density of railway tunnels (without Metro Tunnels) is relatively low compared to the neighbouring other German speaking countries Austria and Switzerland (see Table 1).

Nevertheless, Germany has an important stock of existing tunnels on the existing classic railway network and since 1991, when the high speed rail links Hannover – Würzburg and Mannheim – Stuttgart were opened, also on the high speed rail network. Since then several other important projects became completed (Nuremberg – Ingolstadt, 2006; Project VDE 8.2 Erfurt – Leipzig/Halle, 2015). Actually four major high speed rail projects with a total length of more than 400 kilometres and a total tunnel length of 125 kilometres are in the phase of the design or even under construction (see Table 2).

Tab. 1 Provozované tunely a tunely ve výstavbě v německy mluvících zemích

Table 1 Tunnels in operation and tunnels under construction in the German speaking countries

země country	plocha surface	počet železničních tunelů number of railway tunnels	celková délka (km) total length (km)	poměrná délka tunelu (m/km ²) specific tunnel length (m/km ²)
Německo / Germany	357 340	810 [1]	693	1,9
Rakousko / Austria	83 879	356 [2]	529	6,3
Švýcarsko / Switzerland	41 285	559 [3]	720	17,4

2. DEVELOPMENT OF THE GERMAN RAILWAY NETWORK

Germany knows the instrument of the Federal Transport Infrastructure Plan for the planning of the development of the road, rail and

Tab. 2 Současné velké železniční stavby v Německu (výběr)
Table 2 Actual Major Railway Projects in Germany (selection)

název stavby project name	z from	do to	evropský koridor european corridor	celková délka (km) total length (km)	počet tunelů number of tunnels	délka trati v tunelech (km) track length in tunnels (km)
stavba VDE 8.1 project VDE 8.1	Ebensfeld	Erfurt	Skandinávie – Středomoří Scandinavian – Mediterranean	107	22	41
Stuttgart S21 Stuttgart S21	v městské oblasti Stuttgartu within the urban area of Stuttgart		Rýn – Dunaj Rhine – Danube	54,6 54.6	11 11	30,4 30.4
Wendlingen – Ulm Wendlingen – Ulm	Wendlingen Wendlingen	Ulm Ulm	Rýn – Dunaj Rhine – Danube	59,6 59.6	9 9	30,3 30.3
Karlsruhe – Bazilej Karlsruhe – Basel	Karlsruhe Karlsruhe	Bazilej Basel	Rýn – Alpy Rhine – Alpine	182 182	4 4	22,8 22.8

trati s celkovou délkou více než 400 kilometrů a délkou tunelů 125 kilometrů (viz. tab. 2).

2. BUDOVÁNÍ NĚMECKÉ ŽELEZNIČNÍ SÍTĚ

V Německu se používá nástroj nazvaný *Plán výstavby federální dopravní sítě*, který slouží pro plánování výstavby komunikací, železnic a vodních cest. Plán je stanoven pro nepravidelné časové intervaly od 5 do 13 let. Současný *Plán výstavby federální dopravní sítě* vznikl v roce 2003 a bude inovován v roce 2016 s přihlédnutím k zájmům každého spolkového státu, ale také k zájmům hlavních provozovatelů infrastruktury, jako jsou například Německé železnice. Proces politického rozhodování je v současnosti ve své závěrečné fázi. Plán bude doprovázen odpovídajícími akty rozšiřování, které musí být schvalovány spolkovým parlamentem.

Analýza současných trendů rozvoje železnic ukazuje nárůst dálkové osobní dopravy o 26 %, příměstských vlaků v městských oblastech o 16 % a nákladní dopravy, vycházející hlavně z námořních přístavů, o 42 %. Tato předpověď vede k následujícím požadavkům na budování železniční infrastruktury v následujících 15 letech (obr. 1):

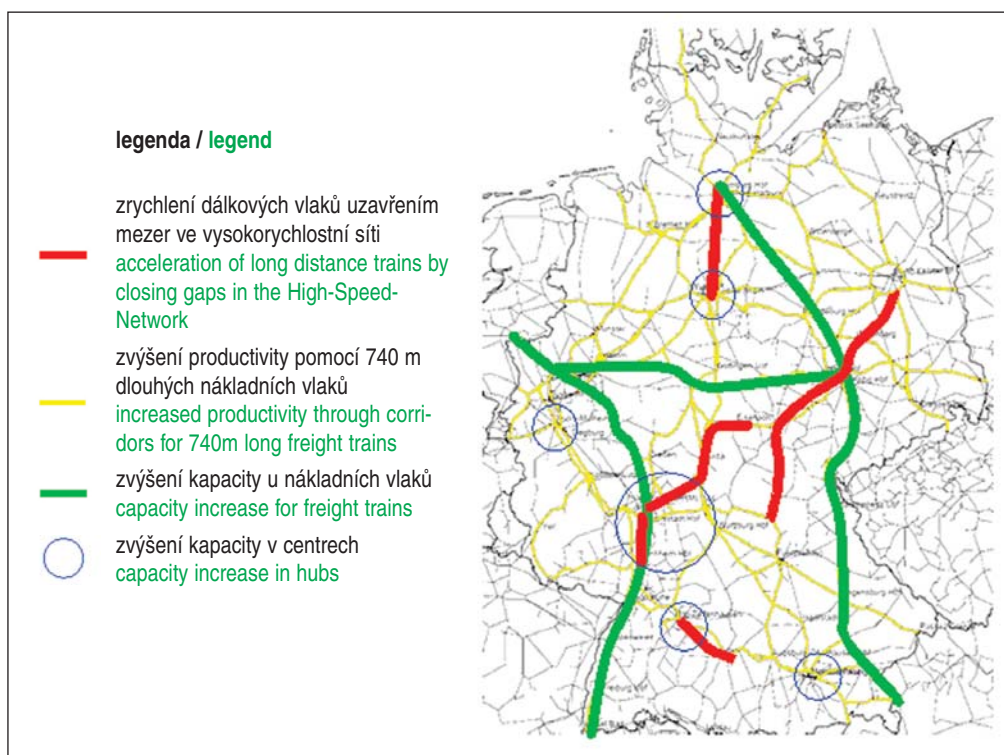
1. urychlení dálkové osobní dopravy uzavřením mezer ve stávající vysokorychlostní železniční síti (Hamburk – Hannover, Berlín – Norimberk, Frankfurt nad Mohanem – Erfurt, Wendlingen – Ulm);
2. zvýšení kapacity nákladní dopravy budováním koridorů pro 740 metrů dlouhé vlakové soupravy (Západní koridor na koridoru Rýn – Alpy, Východní koridor na koridoru Skandinávie – Středomoří a Severní koridor Východ – Západ);
3. zvýšení kapacity v uzlech v městských oblastech (Kolín, Frankfurt, Stuttgart, Mnichov, Hannover, Hamburk).

U několika z těchto opatření plánovaných pro budování železniční sítě jsou již stavby v současné době ve fázi plánování nebo výstavby (viz odst. 3.1).

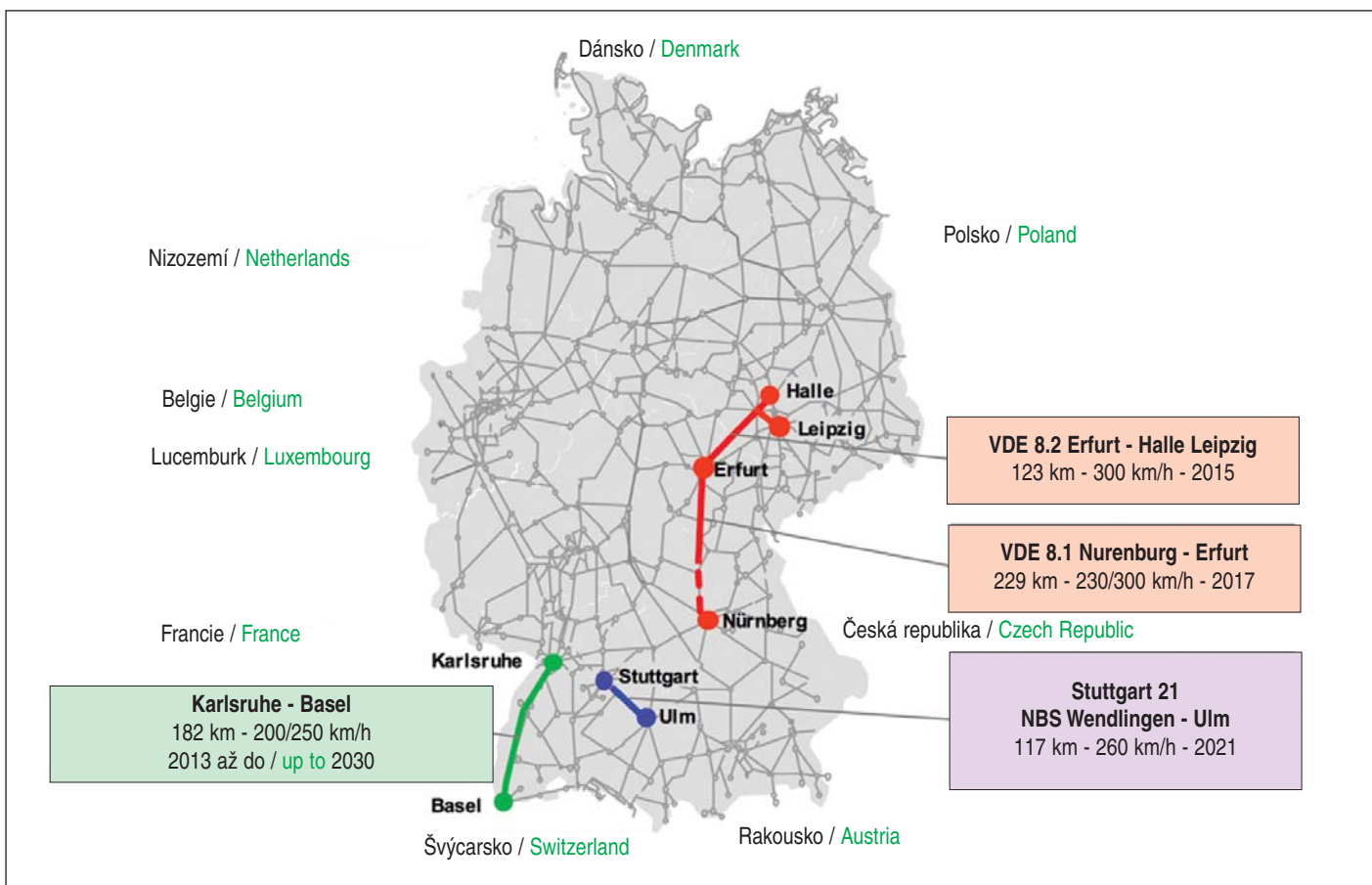
the waterways which is defined in irregular time intervals from 5 to 13 years. The actual the Federal Transport Infrastructure Plan dates from 2003 and shall be defined newly in 2016 taking into account the interests of each federal state, but also of mayor infrastructure operators, such as German Railway. The political decision making process is actually in its final phase. The Federal Transport Infrastructure Plan will be accompanied by corresponding expansion acts, which must be approved by the federal parliament.

The analysis of the actual growth trends for the railway indicates a growth of 26% for the long distance passenger traffic, of 16% for commuter trains in urban areas and of 42% for the freight traffic, mainly starting at the sea ports. This forecast leads to the following requirements for the development of the railway infrastructure within the next 15 years (Fig. 1):

1. acceleration of the long distance passenger traffic by closing gaps in the existing high speed rail network (Hamburg – Hannover, Berlin – Nuremberg, Frankfurt on the Main – Erfurt, Wendlingen – Ulm);



Obr. 1 Stavební opatření stanovená ve směrném plánu Německých železnic (Deutsche Bahn AG) "Network 2030"
Fig. 1 Construction measures defined by the masterplan "Network 2030" of German Railway Ltd.



Obr. 2 Velké německé projekty vysokorychlostních železničních tratí ve výstavbě
Fig. 2 Major german highspeed railway projects under construction

3. SOUČASNÉ VÝZVY PRO VÝSTAVBU NĚMECKÝCH ŽELEZNIČNÍCH TUNELŮ

3.1 Nové velké stavby

Souběžně s přestavbou stávajících tunelů železniční infrastruktury s celkovou délkou tratí více než 120 km jsou ve výstavbě tři velké stavby. Stavební práce postupují na délce 65 kilometrů (Stuttgart S21, Wendlingen – Ulm, Karlsruhe – Bazilej), zatímco na stavbě VDE 8.1 probíhá instalace železničního zařízení ve 41 kilometrech tunelů. Všechny tyto tunelové stavby jsou součástí projektu sítě evropských železničních koridorů (Koridory TEN) (obr. 2).

Na všech těchto stavbách je nutné zvládat problémové horninové podmínky. Jedná se například o:

- kras (Wendlingen – Ulm);
- bobtnavou horninu (Stuttgart S21);
- ražbu pod hladinou podzemní vody (Tunely Rastatt, Karlsruhe – Bazilej, Stuttgart 21).

Podmínkám přizpůsobená projekční řešení a odpovídající stavební postupy, jako například použití předem definované koncepce průzkumu pro zjišťování krasu na tunelech Wendlingen – Ulm v několika různých krocích, jako jsou geofyzikální a seismický průzkum, průzkumné vrty z povrchu a průzkumné vrty do čela výrubu [1] (obr. 3), umožní zvládnutí těchto obtížných horninových poměrů. V případě jejich výskytu budou krasové jevy sanovány podle předem stanovených pravidel.

3.2. Tunel Rastatt

Výstavba tunelu Rastatt na nové železniční trati mezi Karlsruhe a Bazilejí bude pod městem Rastatt a stávající železniční trati probíhat v problematických podmínkách – ve zvodnělých rozvolněných horninách pod nízkým nadloží. Ražba tohoto 4 270 metrů dlouhého tunelu bude provedena dvěma

2. increase of the capacity for the freight traffic by the development of corridors for 740 metres long trains (West-Corridor on the European Rhine – Alpine Corridor, East-Corridor on the Scandinavian – Mediterranean Corridor and a Northern East-West Corridor);

3. increase of the capacity in the knots in urban areas (Cologne, Frankfurt, Stuttgart, Munich, Hannover, Hamburg).

On several of these planned measures for the development of the railway network, projects are actually already in the planning or construction phase (cf. 3.1).

3. ACTUAL CHALLENGES FOR GERMAN RAILWAY TUNNELLING

3.1 New major projects

In parallel to the refurbishment of the existing railway infrastructure new tunnels with a total track length of are in three major projects under construction. On a length of 65 kilometres the civil work is going on (Stuttgart S21, Wendlingen – Ulm, Karlsruhe – Basel), whereas on 41 kilometres of tunnels on the project VDE 8.1 the installation of the railway equipment is going on. All of these tunnel projects form part of the European Railway Corridors Network (TEN – Corridors) (Fig. 2).

In all of these major projects challenging ground conditions have to be mastered, such as

- karsts (Wendlingen – Ulm);
- swelling rock (Stuttgart S21);
- tunnelling in groundwater tables (Tunnel Rastatt, Karlsruhe – Basel and Stuttgart 21).

Customized design solutions and corresponding construction procedures shall allow the mastering of these challenging ground

Tab. 3 Německé železniční tunely na vysokorychlostních železničních tratích, na kterých probíhají stavební práce
 Table 3 German railway tunnels on high speed rail links with civil works under construction

název stavby / project name	tunelovací metoda / tunnelling method	celková délka trati (m) total track length (m)
Wendlingen – Ulm		30.255 / 30,255
tunel Albvorland / Albvorlandtunnel	TBM	8.176 / 8,176
tunel Rastplatz Aichelberg / Tunnel Rastplatz Aichelberg	konvenční / conventional	253
tunel Bossler / Bosslertunnel	TBM/konvenční / TBM/conventional	8.806 / 8,806
tunel Steinbühl / Steinbühl-tunnel	konvenční / conventional	4.847 / 4,847
tunel BAB 8 / Tunnel BAB 8	konvenční / conventional	378
tunel Widdderstall / Tunnel Widdderstall	hloubení / cut an cover	962
tunel Merkligen / Tunnel Merkligen	konvenční / conventional	394
tunel Imberg / Tunnel Imberg	konvenční / conventional	499
tunel Alabastieg / Alabastiegtunnel	konvenční / conventional	5.940 / 5,940
Stuttgart S21		30.409 / 30,409
tunel Filder / Fildertunnel	TBM/konvenční / TBM/conventional	9.468 / 9,468
tunel Obertürkheim / Tunnel Obertürkheim	konvenční / conventional	5.730 / 5,730
Untertürkheimer Kurve	konvenční / conventional	1.080 / 1,080
tunel Feuerbach / Tunnel Feuerbach	konvenční / conventional	3.026 / 3,026
tunel Bad Cannstatt / Tunnel Bad Cannstatt	konvenční / conventional	3.507 / 3,507
tunel Flughafenkurve / Tunnel Flughafenkurve	konvenční / conventional	1.574 / 1,574
tunel Flughafen / Flughafentunnel	konvenční / conventional	2.065 / 2,065
tunel Denkendorf / Tunnel Denkendorf	konvenční / conventional	768
tunel S-BahnRosenstein / S-Bahntunnel Rosenstein	konvenční / conventional	1.170 / 1,170
tunel na S-Bahn / S-Bahntunnel	hloubení / cut an cover	1.157 / 1,157
Talquerung s hlavní stanicí / Talquerung with main station	hloubení / cut an cover	864
Karlsruhe – Bazilej / Karlsruhe – Basel		4.270 / 4,270
tunel Rastatt / Tunnel Rastatt	koombinovaný štít / mix shield	4.270 / 4,270
celkem / total		64.934 / 64,934

kombinovanými štíty, a to i v kritických oblastech podcházení říčky s velmi nízkým nadložím v oblasti přírodní rezervace a pod stávající provozovanou železniční tratí v údolí Rýna.

Ve třech případech bude používána metoda zmrazování horniny solným roztokem s cílem zlepšit a zajistit nepropustnost horniny kolem budoucí ražby (obr. 4).

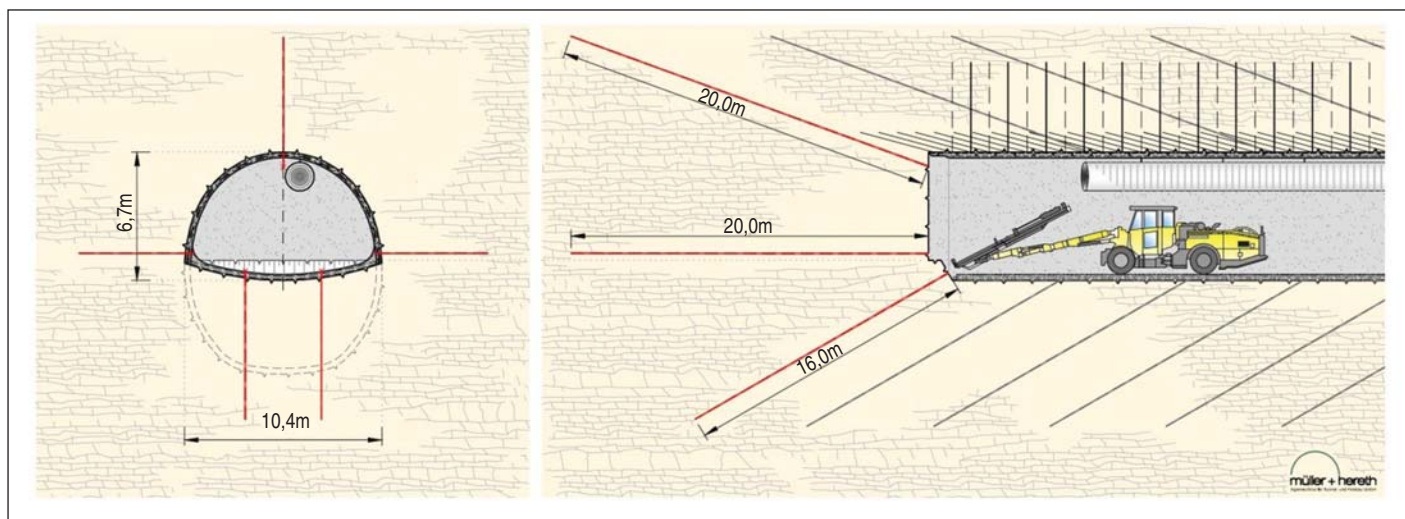
3.2.1 Zmrazování hornin pro podcházení řeky Federbach
 Přírodní rezervace „Federbach-meadowlands“ se bude podcházet v délce 300 metrů pomocí dvou plnoprofilových tunelovacích strojů o průměru 10,97 metru pod nadložím s minimální výškou 5 metrů. Zmrazení nadloží má za úkol zabránit zdvínání nadloží

conditions, as e.g. the application of predefined exploration concept for the karst detection for the tunnels Wendlingen – Ulm in several different steps of, such as geophysical and seismic detection, exploratory drillings from the surface and exploratory drillings from the tunnel face [1] (Fig. 3).

In case of the occurrence of karsts, they will be filled according to predefined rules.

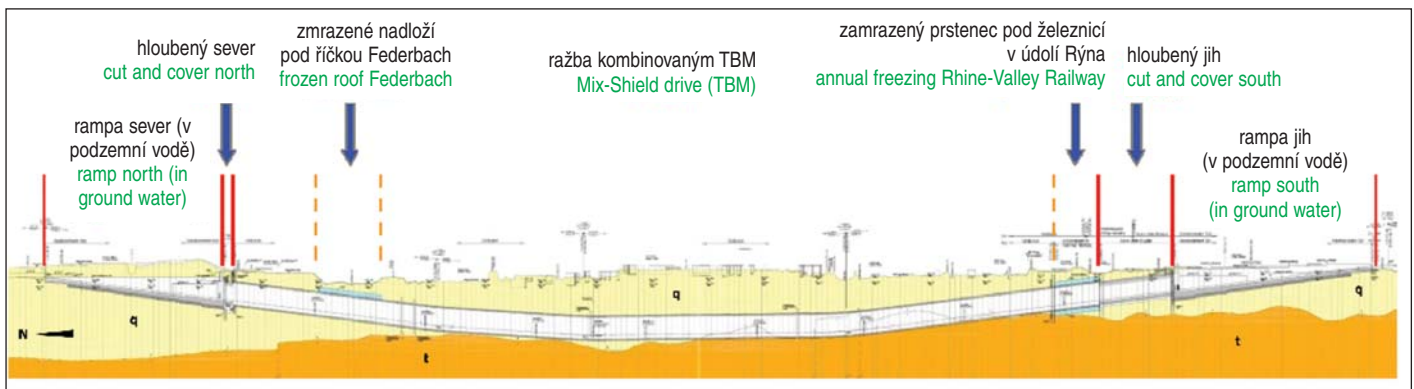
3.2 Tunnel Rastatt

The challenge of the Rastatt Tunnel on the new railway line Karlsruhe – Basel is the construction of a tunnel in saturated



Obr. 3 Průzkumné vrty do čelby tunelu při jeho ražbě pro zjištění krasu u tunelu Steinbühl [1]

Fig. 3 Exploratory drillings from the tunnel drive for Karst detection in the Steinbühl Tunnel [1]



Obr. 4 Podélný řez tunelu Rastatt se zmrazovanými oblastmi [2]

Fig. 4 Longitudinal profile of the Rastatt Tunnel with freezing zones [2]

nad stropem tunelu nebo výronům během ražby kombinovanými štíty. Při zvoleném návrhu budou vztahové síly svedeny aktivováním třecích sil ve zmrazené oblasti dolů do okolní horniny (obr. 5).

3.2.2 Zmrazování hornin pro podcházení stávající železniční trati v údolí Rýna

Podobný úkol jako v případě ražby v blízkosti severního portálu se musí řešit i v blízkosti jižního portálu, kde se musí stávající trať v údolí Rýna podcházet na délce 220 metrů také při nízkém nadloží 5 metrů. Stávající železniční trať má na evropském koridoru „A“ tu nejvyšší důležitost. Omezení provozu na ní je téměř nemožné. Z tohoto důvodu bylo nutné nalézt stavební metodu, která ovlivní železniční provoz pouze minimálně. Objednatel dodaný projekt je založen na konvenční ražbě z jižní strany metodou zmrazování. Horizontální zmrazování horniny se použije pro vytvoření 1 metru silného zmrazeného horninového prstence. Zmrazovací trubky se budou instalovat okolo tunelu na úseku dlouhém 110 metrů ze dvou svislých šachet metodou řízeného horizontálního vrtání. V případě, že zmrazovaná oblast nebude těsná již v prvním kroku, dá se provést druhá řada vrtů. Použije-li se alternativa navržená zhotovitelem, bude ražba prováděna plnoprofilovým tunelovacím strojem ze severní strany, což by byla nová výzva v historii ražeb mechanizovanými štíty (obr. 6).

3.2.3 Zmrazování horniny pro ražbu 17 metrů dlouhých propojek mezi jednokolejnými tunelovými troubkami

Všech devět propojek se také musí razit v rozvolněné hornině pod hladinou podzemní vody. Použije se zmrazování horniny

loose ground with shallow overburden under the city of Rastatt and the existing railway. The excavation of the 4'270 metres long tunnel will be done with two Mixshield-TBM's also in the critical zones of the underpassing of a small river with very shallow overburden in a nature reserve zone and under the actual Rine-Valle railway under operation.

Ground freezing with the brine method will be used on three occasions in order to improve and impermeabilise the ground around the future excavation (Fig. 4).

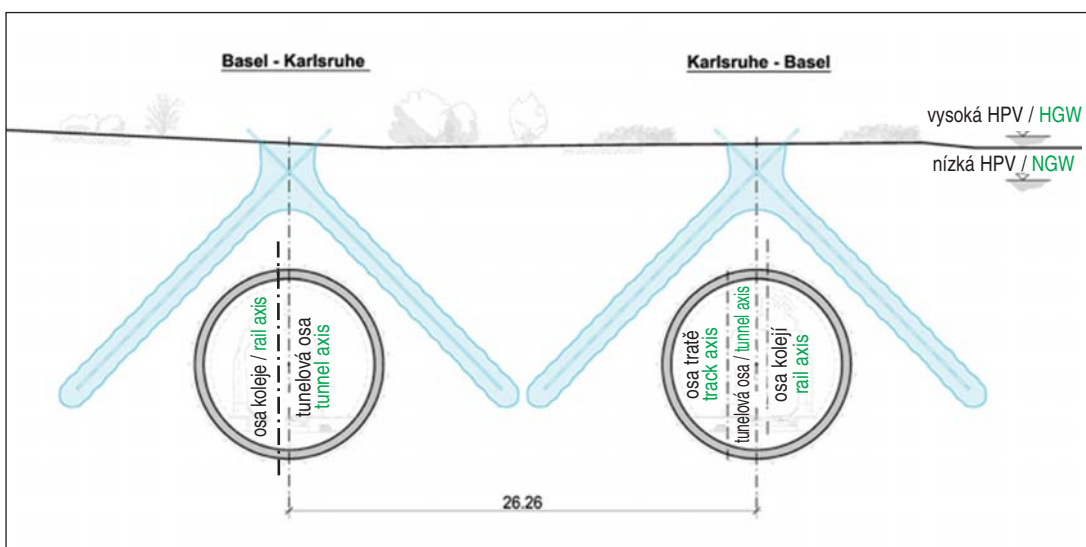
3.2.1 Ground freezing for the underpassing the Federbach-river

The natural reserve of the "Federbach-meadowlands" will be underpassed on a length of 300 metres with two TBM's with an excavation diameter of 10.97 metres with shallow overburden with a minimum of 5 metres. A frozen roof has the task to prevent ground heaves and/or blowouts during the TBM-drive with a closed cover above the tunnel roof. With the chosen design the uplift forces will be led downwards into the surrounding ground by activating the friction forces of the frozen zone (Fig. 5).

3.2.2 Ground freezing for the undercrossing of the existing Rhine-Valley railway

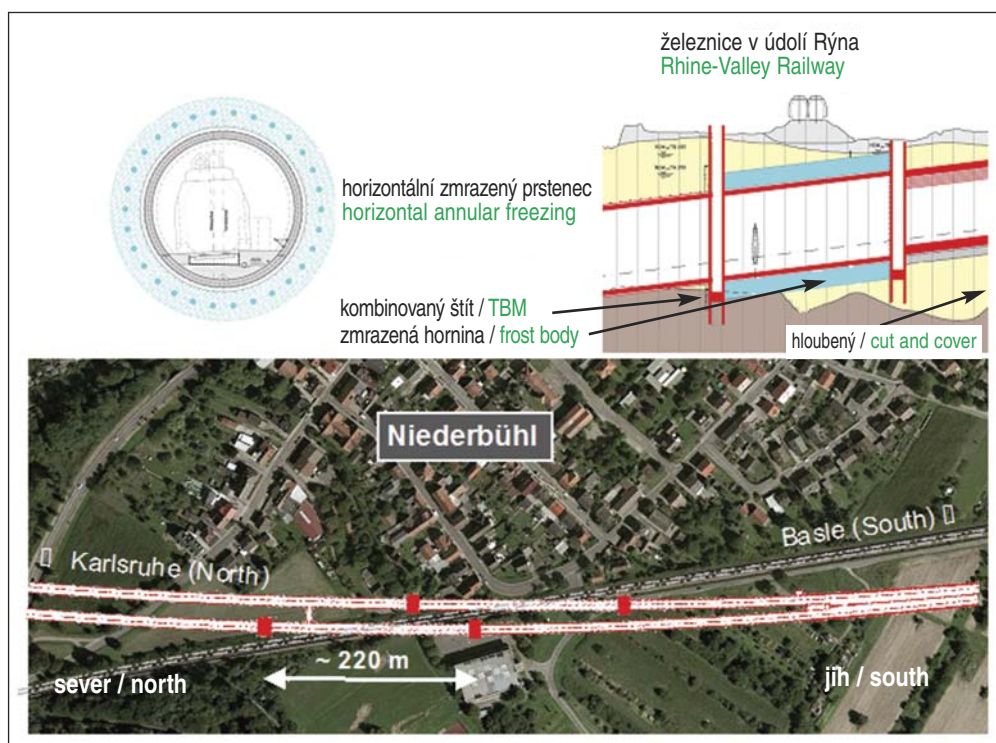
A similar task as close to the northern portal has to be fulfilled close to the southern portal, where the line of the existing Rhine-Valley Railway has to be undercrossed also with a shallow overburden of 5 metres on a length 220 metres. The existing railway is of highest importance on the European

Corridor A. Restrictions on its operation are nearly impossible. Therefore, a construction method had to be found, which affects the railway operation to a minimum. The owner's design based on a conventional excavation from the southern side by using the freezing method. Horizontal annular freezing will be used in order to create a frozen ring of 1.0 metres thickness. Horizontal freezing pipes will be driven on a length of 110 metres from two vertical shafts by using the horizontal directional drilling method – a special



Obr. 5 Zmrazování nadloží v oblasti přírodní rezervace [2]

Fig. 5 Roof freezing in natural reserve zone [2]



Obr. 6 Horizontální zmrazování horninového prstence pro podcházení stávající železniční trati [2]
Fig. 6 Horizontal annular freezing for undercrossing of existing railway line [2]

z obou tunelových trub. Speciálním problémem jsou geometrická omezení z důvodu velmi malého pracovního prostoru uvnitř jednokolejných tunelových trub (obr. 7).

Při práci na velkých stavbách se musí zvládat nejenom technické problémy. Na mnoha dalších stavbách se vyskytly i problémy, které neměly technický charakter. Jednalo se například o:

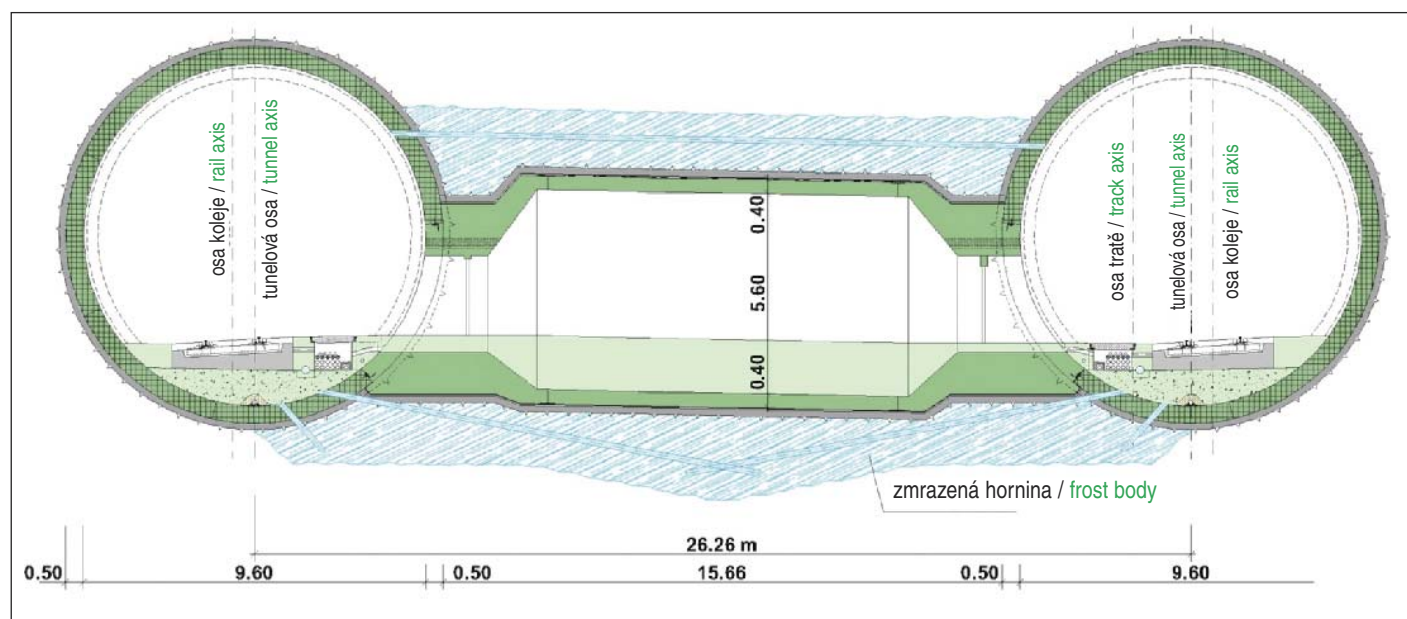
- z politických a finančních důvodů přerušovanou realizaci stavby VDE 8;
- neochotu části veřejnosti a politické reprezentace akceptovat základní prvky stavby (Stuttgart 21);
- nedostatek přijetí klíčových prvků stavby Karlsruhe – Basle veřejností.

Důsledky těchto obtíží spočívaly hlavně v delší době realizace stavby, ztrátě důvěry u části veřejnosti a některých politiků

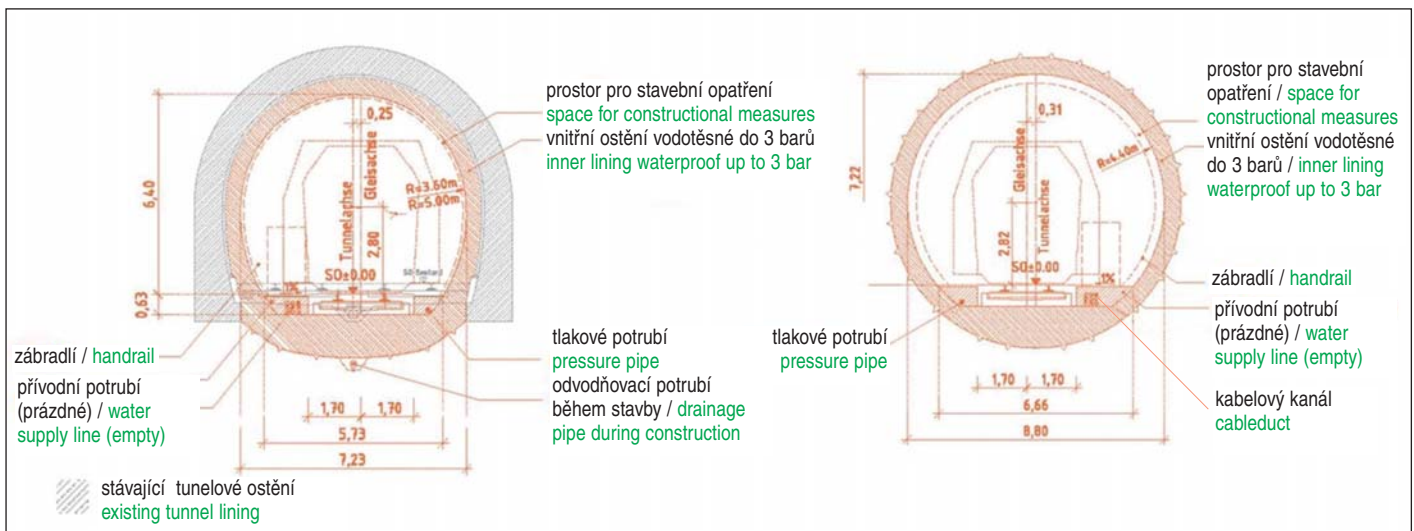
major projects. As many other projects, also some of the major projects of German Railway suffered difficult periods for various not technical reasons, as e.g:

- stop and go realisation of the project VDE 8, due to political and financial reasons;
- change of the public acceptance and of political will to realise the project (Stuttgart 21),
- lack of public acceptance of key elements of the project Karlsruhe – Basel.

Consequences of these difficulties were mainly a longer period for the project realisation, a loss of confidence by part of the public and some of the politicians and finally additional costs. The German federal parliament took e.g. on January 28, 2016 the decision on an alternate design of the railway from Offenburg to Basel.



Obr. 7 Horizontální zmrazování horninového prstence pro propojky © BUNG
Fig. 7 Horizontal annular freezing for cross-passages © BUNG



Obr. 8 Modernizace tunelu Kaiser Wilhelm [3]
Fig. 8 Refurbishment of the Kaiser Wilhelm Tunnel [3]

a konečně v dodatečných nákladech. Německý spolkový parlament dne 28. ledna 2016 přijal rozhodnutí o náhradním projektu železnice z Offenburgu do Bazileje. Součástí tohoto rozhodnutí je i další tunel pod městem Offenburg. Celý schvalovací proces se musí opakovat, což způsobí zpoždění nejméně pět let oproti stávajícímu harmonogramu a vzniknou tím dodatečné náklady přes dvě miliardy eur.

3.3 Modernizace stávajících tunelů

Tak jako v mnoha zemích, i v Německu se investice do údržby a modernizace stávající železniční sítě v uplynulých letech snížily na minimum, což způsobilo zvýšení poruch ovlivňujících provoz vlaků. V roce 2014, po období intenzivních jednání, podepsala spolková vláda a vedení Německých drah dohodu o úrovni služeb a financování železniční infrastruktury (LuFV II). Podle této dohody se v období od roku 2015 do roku 2019 bude do údržby a modernizací železniční infrastruktury investovat 28 miliard eur a kompletně modernizovat 875 mostů a 20 tunelů. Zlepší se nejen kvalita stavebních konstrukcí, ale zvýší se i bezpečnostní standard těchto tunelů podle současných požadavků. V některých případech se stávající dvoukolejné tunely budou v budoucnosti používat jako jednokolejné, a bude u nich dobudován další tunel pro druhou kolej. Takovými příklady jsou tunely Schlüchtern a Kaiser Wilhelm (obr. 8).

4. HLAVNÍ TUNELY V CENTRU ZÁJMU VEŘEJNOSTI – DOPORUČENÍ SPOLKOVÉ KOMISE PRO ZMĚNU ŘÍZENÍ VÝSTAVBY VELKÝCH STAVEB

Jelikož některé velké německé stavby (nejen železniční projekty) trpěly v uplynulých deseti letech závažnými problémy, bývalý německý ministr dopravy Peter Ramsauer v roce 2013 vytvořil spolkovou komisi pro změnu řízení stavebního procesu u velkých projektů. Rozhodnutí vytvořit tuto komisi bylo přijato na základě časového souběhu vážných problémů ve třech případech: koncertní budova Labské filharmonie (Hamburk), letiště Berlín-Brandenburg a železniční stavba Stuttgart 21. Členy této komise se stalo 34 vysoce uznávaných osobností. Jejich cílem bylo vytvoření řešení pro dosažení větší nákladové transparentnosti a zlepšení dodržování harmonogramů při realizaci budoucích velkých staveb. V červnu 2015 byla předložena závěrečná zpráva komise [4] s podrobnými doporučeními k následujícím tématům:

1. kooperativní týmové plánování;
2. napřed plánování a potom stavba;
3. povinné kalkulace nákladů a přínosů pro všechny velké stavby;
4. jasné procesy a odpovědnosti / vytváření kompetenčních center;
5. větší transparentnost a kontrola;

An additional tunnel under the city of Offenburg forms part of this decision. The entire approval process has to be repeated, creating a delay of at least 5 years on the actual project schedule and additional costs of more than two billions Euros.

3.3 Rehabilitation of existing tunnels

As in many countries, also in Germany the investments in maintenance and rehabilitation of the existing railway network have been reduced to a minimum in the past decades, with the effect of increased malfunctions of the infrastructure, which affected the train operation. In 2014 the Federal Government and the management of German Railway signed an agreement on the service-level and the financing of the railway infrastructure (LuFV II) after a period of intense negotiations. With this agreement a total investment of 28 billion Euros will be done in the maintenance and refurbishment of the railway infrastructure in the period from 2015 to 2019. Following this agreement 875 bridges and 20 tunnels shall be completely refurbished within this period. Not only the quality of the civil work shall be improved, but also the safety standard of these tunnels shall be elevated to the actual requirements. In some cases, the existing double track tunnels will be used as single track tunnels in the future with an additional new tunnel for the second track. Such examples are the Tunnel "Schlüchtern" and "Kaiser Wilhelm" (Fig. 8).

4. MAJOR PROJECTS IN THE FOCUS OF THE PUBLIC – RECOMMENDATIONS OF THE FEDERAL COMMISSION FOR THE REFORMATION OF THE CONSTRUCTION OF MAJOR PROJECTS

As some of the major german projects (not only railway projects) suffered severe problems during the last decade, the former german minister of transportation Peter Ramsauer, created in 2013 a federal commission for the reformation of the construction process major projects. The decision to create such a commission based on a timely coincidence of severe problems in the three cases Elb-Philharmonic (Hamburg), Berlin-Brandenburg Airport and the railway project Stuttgart 21. 34 highly recognised personalities became members of the commission, with the clear goal to develop solutions to achieve more cost transparency and a higher punctuality in the realisation of future major projects. In June 2015 the final report was presented by the commission [4], with detailed recommendations on the following topics:

1. cooperative planning in the team;
2. plan first, then build;

6. řízení rizik a identifikace rizik (také) v rozpočtu;
7. zadávání kontraktů nejekonomičtějším nabídkám, ne těm nejlevnějším;
8. partnerství a spolupráce na projektech;
9. mimosoudní řešení sporů;
10. používání digitálních médií – systém informačního modelování stavby (Building Information Modelling – BIM).

Na základě těchto doporučení schválila spolková vláda v prosinci 2015 akční plán. Posledních pět z celkového počtu deseti doporučení má velký význam i pro společnost Německé dráhy kvůli zlepšení každodenní činnosti při plánování a výstavbě velkých infrastrukturních projektů. Během několika málo let budou spolu s projektanty a zhotoviteli vyvinuty nové přístupy pro řízení velkých projektů, které povedou k novému způsobu spolupráce na velkých stavbách. Jedná se o takový způsob spolupráce, který se bude zkoušet na některých pilotních projektech. Výsledkem této testovací fáze, cílené na vytvoření jiné kultury realizace projektů založené na silném partnerství, mohou být nové smluvní podmínky nebo i nové modely smluv.

Systém informačního modelování stavby (Building Information Modeling – BIM) je jedním z nejmocnějších nástrojů k dosažení této změny. Práce na společné digitální platformě vyžaduje důvěru a transparentnost mezi všemi zainteresovanými stranami projektu.

5. TUNEL RASTATT – PRVNÍ VELKÝ TUNELOVÝ 5D-BIM PROJEKT

V roce 2013 ještě nemělo používání BIM velký význam pro velké infrastrukturní projekty. S přihlédnutím k vysoké důležitosti BIM pro zlepšování vývoje projektů se Německé dráhy rozhodly nabídnout ministerstvu dopravy soubor menších a velkých projektů jako pilotní projekty pro použití metody BIM na infrastrukturních projektech. Pro tento účel byly nakonec vybrány tunel Rastatt a most přes údolí Fills (trať Wendlingen – Ulm). Od konce roku 2014 se stavba tunelu Rastatt plánuje tradiční metodou souběžně s použitím metody BIM. Mezitím byl na základě modelu 3D-CAD (35 000 objektů) vytvořen úplný model 5D-BIM napojený na harmonogram (35 000 objektů) a nákladové/cenové údaje (3000 pozic) (obr. 9).

Model 5D-BIM pro tunel Rastatt pomůže na stavbě koordinovat stavební procesy, optimalizovat logistiku, zlepšovat řízení kvality, zjednodušovat řízení času a nákladů, ale i platby prováděné zhotovitelem.

Společně s univerzitou Bochum bude model 5D integrován do numerického modelu hornin, aby mohl simulovat deformace povrchu vyvolané různými kroky stavby (zmrazování hornin, ražby štíty). Blízká budoucnost musí ukázat, zda se z velkých

3. mandatory cost-benefit calculations for all major projects;
4. clear processes and responsibilities / creation of competence centers;
5. greater transparency and control;
6. risk management and identification of risks, also in the budget;
7. assignment of contracts to the most economical, not the cheapest offer;
8. partnership and cooperation in the projects;
9. extrajudicial dispute resolution;
10. use of digital media – Building Information Modeling.

In December 2015 the federal government approved an action plan, based on these recommendations. The last five of the total ten recommendations are of higher importance also for German Railway Ltd. in order to improve the daily business in the planning and construction of major infrastructure projects. New approaches for the management of major projects shall be developed within the next few years together with designers and contractors, leading to a new way of cooperation in major projects. The new way of cooperation shall be tested in some pilot projects. New terms of the contract or even new contract models may be the result of this testing phase in order to create a different culture of project development, based on a strong partnership.

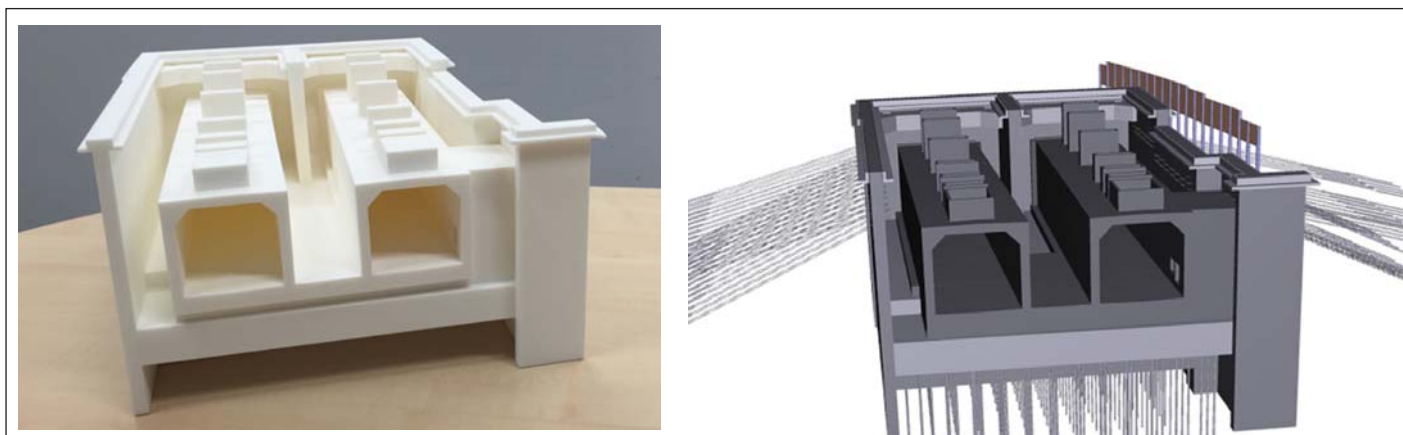
Building Information Modeling (BIM) is one of the most powerful tools in order to achieve this cultural change. Working on a joint digital platform needs confidence and transparency between all the involved project partners.

5. RASTATT TUNNEL – FIRST MAJOR 5D-BIM PROJECT IN TUNNELLING

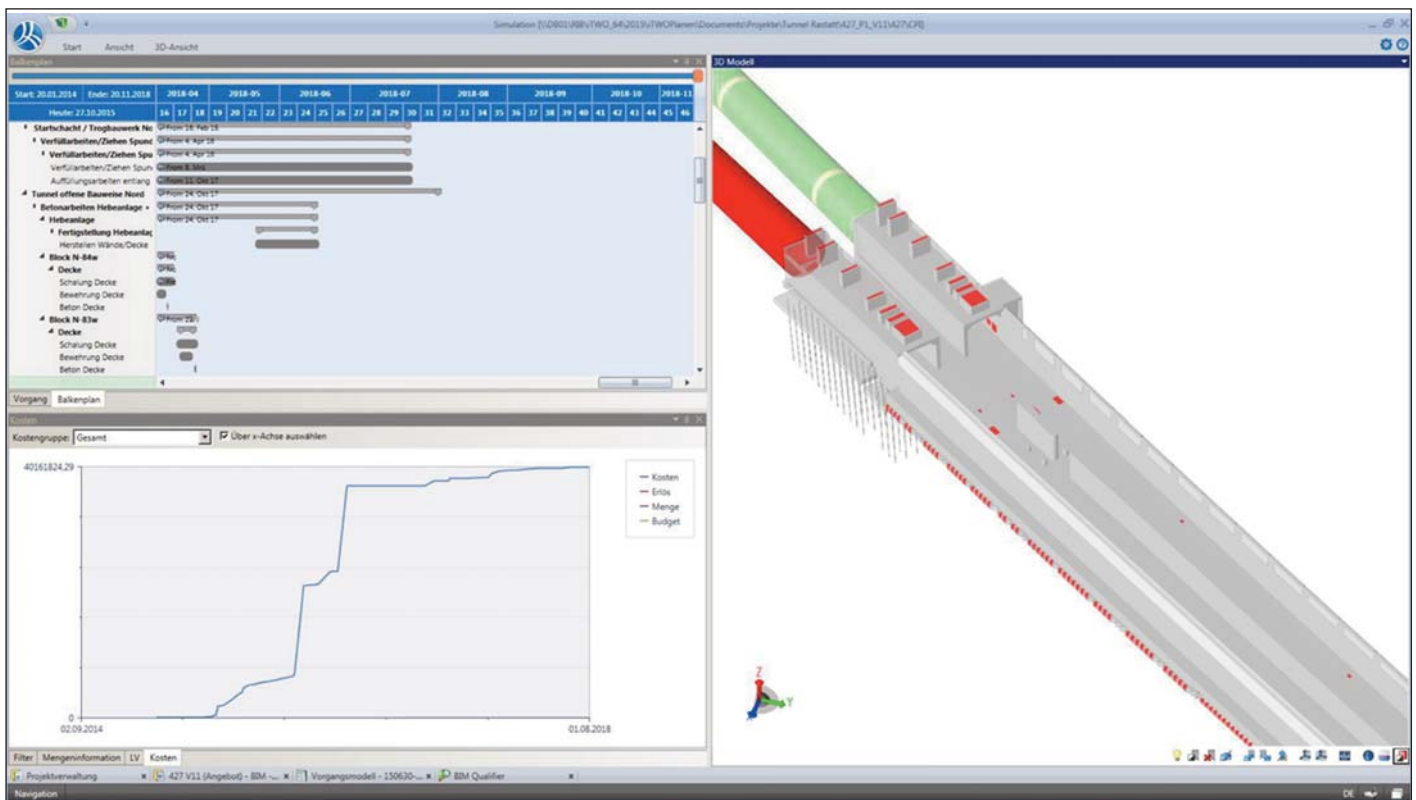
In the year 2013, the application of BIM was still not of high relevance for major infrastructure projects. Taking into account the high importance of BIM for the improvement of the project development, German Railway took the decision to offer a set of smaller and major projects as pilot projects for the application of the BIM-method for infrastructure projects to the federal ministry of transportation. Finally the Tunnel Rastatt and the Fills Valley Bridge (Wendlingen – Ulm) were selected as the first BIM-Pilotprojects for major railway infrastructure projects. Since end of 2014 the Rastatt tunnel project is now planned by the traditional method in parallel to the application of the BIM-Method. In the meantime, a full 5D-BIM model has been developed, based on a 3D-CAD-Model (35'000 objects), linked to the time schedule (3'000 activities) and to the cost data (3'000 positions) (Fig. 10).

The 5D-BIM-Model of the Rastatt Tunnel will help the site to coordinate the construction procedures, to optimize the logistics, to improve the quality control, to simplify the time and cost control but also the payment of the contractor.

Together with the Ruhr-University of Bochum, the 5D-Model shall be integrated in a numeric ground model in order to be able to



Obr. 9 3D-Model severního hloubeného portálu (nalevo) a stejná konstrukce jako tisk 3D (napravo)
Fig. 9 3D-Model of the northern cut and cover portal (left) and same structure as a 3D-print (right)



Obr. 10 Obrázek obrazovky z modelu 5D severního hloubeného portálu s modelem 3D (napravo), časovým harmonogramem nalevo a plánovanými náklady vlevo dole
 Fig. 10 Screenshot from the 5D-Model of the northern cut and cover portal with 3D-model (right), time schedule upper left, planned costs lower left

modelů 5D-BIM dá získat očekávaný přínos v různých oblastech výstavby tunelů (obr. 10).

Zahájením velkých pilotních staveb Německé dráhy sledují jasnou strategii pro použití metody BIM během příštích pěti let s cílem:

- zlepšit kvalitu projektování;
- zlepšit přijímání staveb veřejností;
- zlepšit dodržování harmonogramů dodávek;
- zvýšit stabilitu konečných nákladů;
- zlepšit analýzu životního cyklu stavby.

Německé dráhy tedy mají cíl použít metodu 5D-BIM u všech standardizovatelných velkých a složitých infrastrukturních projektů realizovaných do konce roku 2020.

V blízké budoucnosti (ještě v roce 2016) bude zahájeno dalších osm až deset pilotních projektů s různými požadavky, aby se získalo více zkušeností s metodou BIM na infrastrukturních stavbách. Jelikož je v současnosti nedostatek národních a mezinárodních standardů pro železniční systémy, musí pilotní projekty začít s vlastními standardy. Později by tyto systémy měly být schopné spolupracovat s budoucími mezinárodními standardy, které musí být nezávislé na dodavatelích.

M. Sc., HEINZ EHRBAR, heinz.ehrbar@deutschebahn.com,
 DB Netz AG /Frankfurt on the Main

Recenzovali / Reviewed: Ing. Martin Srb, Ing. Pavel Růžička, Ph.D.

simulate surface deformations caused by the different steps of construction (ground freezing, TBM-drive). The nearer future has to show, whether the expected benefit in the different fields of tunnel construction can be gained from large 5D-BIM models.

By starting with large scale pilot projects German Railway follows a clear strategy for the implementation of BIM within the next five years with the aim

- to improve the quality of the design;
- to increase the acceptance by the public;
- to increase the punctuality in the project delivery;
- to increase the stability of the final costs;
- to improve the lifecycle analysis of the project.

Therefore, German Railway has the goal to realize all standardizable and all complex infrastructure projects with 5D-BIM until the end of 2020.

In the nearer future another eight to ten pilot projects with different requirements shall start withing this year, in order to get more experience on BIM for infrastructure projects. As there is actually a lack of national and international standards for railway systems, the pilot projects have to start with their own standards. Later on, those standards should be able to cooperate with the future international standards, which must be independent from the suppliers.

M. Sc., HEINZ EHRBAR, heinz.ehrbar@deutschebahn.com,
 DB Netz AG /Frankfurt on the Main

LITERATURA / REFERENCES

- [1] KIELBASSA, ST., PRISCHMANN, F., BAER, N. Karst investigation and treatment measures for the high-speed track on the Swabian Jura. *Geomechanics and Tunnelling*, pages 129–145, April 2015
- [2] GRUNDHOFF, TH., KLAR, S. B. ABS/NBS Karlsruhe-Basel – Implementation of line section 1 and special features of the Rastatt Tunnel. *Geomechanics and Tunnelling*, pages 155–168, April 2015
- [3] TAUCH, B. Kaiser Wilhelm Tunnel: From Planning to Execution. *Tunnel* 1/2013
- [4] FEDERAL MINISTRY OF TRANSPORT AND DIGITAL INFRASTRUCTURE; *Final Report of the Commission for the Construction of Major Projects*. Berlin, June 2015

FOTOREPORTÁŽ Z PRORÁŽKY TUNELU EJPOVICE DNE 7. ČERVNA 2016

PICTURE REPORT FROM THE EJPOVICE TUNNEL BREAKTHROUGH ON THE 7TH JUNE 2016



FOTOREPORTÁŽ ZE DNE OTEVŘENÝCH DVEŘÍ TUNELU EJPOVICE, 11. ČERVNA 2016

PICTURE REPORT FROM THE EJPOVICE TUNNEL
DOORS OPEN DAY HELD ON THE 11TH JUNE 2016



VALBEK**CZ**

VALBEK**SK**

VALBEK**RU**

NOVÁK &
PARTNER

PRODEX**SK**

PRODEX**CZ**

V-CON



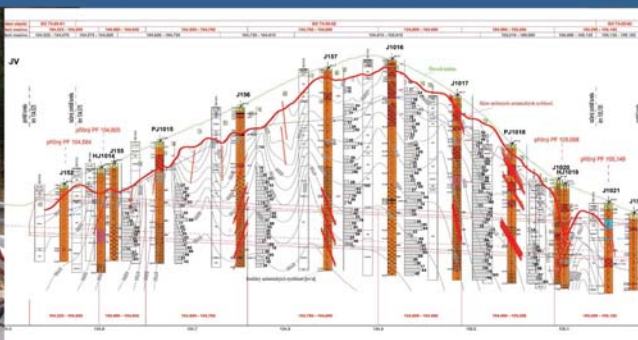


GeoTec GS®

GeoTec-GS, a.s., Chmelová 2920/6, 106 00 Praha 10
web: www.geotec-gs.cz email: praha@geotec-gs.cz

VÁŠ PARTNER V GEOTECHNICE

- široké spektrum služeb v geotechnice, inženýrské geologii, hydrogeologii, geofyzice a při kontrolní činnosti a geotechnickém monitoringu na stavbách
- partner pro projekční firmy, pro státní i soukromé investorské organizace i pro dodavatele staveb
- působnost v rámci celé České a Slovenské republiky



Building up Efficient and Sustainable Transport Infrastructure 2017

21. – 22. 9. 2017, Praha



Srdečně Vás zveme na mezinárodní odbornou konferenci Building Up Efficient and Sustainable Transport Infrastructure (BESTInfra 2017), kterou uspořádá ve dnech 21. – 22. září 2017 Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI) na Fakultě stavební ČVUT v Praze pod záštitou ministra dopravy České republiky Ing. Dana Ťoka, COST TU 1406 a Technologické agentury České republiky.

Témata:

- ▶ Vysokohodnotné materiály s nízkou energetickou náročností
- ▶ Silnice, mosty a tunely se zvýšenou odolností a delší životností
- ▶ Pokročilé technologie a výrobky pro železniční stavby
- ▶ Systémy managementu, posuzování trvanlivosti a analýza nákladů životního cyklu v dopravní infrastruktuře
- ▶ Ochrana životního prostředí a zelená dopravní infrastruktura
- ▶ Bezpečnost, spolehlivost a diagnostika konstrukcí

Termíny:

Zaslání abstraktu
Začátek registrace

30. 11. 2016
01. 01. 2017

Sekretariát konference:

Conference Partners Prague s. r. o., Sokolská 26, 120 00 Praha 2
Tel.: +420 224 262 108, Fax: +420 224 261 703,
Email: bestinfra@conferencepartners.cz

Více informací a formulář pro zaslání abstraktu naleznete na www.bestinfra.cz



MILIONY LIDÍ VYUŽÍVAJÍ DENNĚ RYCHLEJŠÍ A BEZPEČNĚJŠÍ DOPRAVNÍ KOMUNIKACE, NA JEJICHŽ BUDOVÁNÍ SE PODÍLÍ SMP CZ.

Společnost SMP CZ je tradiční dodavatel mostních a inženýrských konstrukcí. Zaměřujeme se na stavby a opravy mostů a předpjatých konstrukcí, realizujeme náročná vodohospodářská díla, energetické stavby, ekologické projekty a podzemní stavby. Historie podzemních a inženýrských staveb u společnosti SMP CZ sahá do roku 2000. SMP CZ provádí práce v hloubených i ražených tunelech a má potřebná oprávnění tyto činnosti provádět.



Bezbariérové zpřístupnění stanice metra
Anděl, Praha



Stanice metra Střížkov, Praha



Tunel Mrázovka, Praha



Tunel, Jihlava

ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB / THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

MOZAIKA ZE SVĚTA

■ Hlavní prorážka bazového tunelu Ceneri

Více než 1000 lidí se zúčastnilo 21. ledna 2016 slavnostní hlavní prorážky bazového tunelu Ceneri v jeho západní troubě přibližně 700 m od severního portálu. Přesnost ražeb dokumentují odchylky: 2 cm vodorovně a 1 cm svisle.

Stejně jako Gotthardský bazový tunel je i tunel Ceneri tvořen dvěma jednokolejnými tunely. Jejich délka je 15,4 km a jsou raženy ve vzdálenosti 40 m s propojkami po 325 m. Celý tunel byl ražen konvenčně s ohledem na složitou geologii. Maximální nadloží tunelu je 900 m. Hlavní ražby probíhaly na sever i na jih z kaveren vyražených na konci mezilehlého přístupového tunelu u Sigirina délky 2,3 km. Ten byl vyražen pomocí tunelovacího stroje. Dílčí ražby se uskutečnily i z portálů na severu i jihu.

Definitivní ostění tunelů má být dokončeno v závěru roku 2016, montáž kolejí začne v létě 2017 a zahájení provozu je plánováno na prosinec 2020.

■ První prorážka tunelu raženého v Norsku TBM po 20 letech

TBM firmy Robbins o průměru 7,2 m dokončilo 10. prosince 2015 ražbu 7,4 km dlouhého vodního přiváděče pro vodní elektrárnu Rossaga.

Ražba probíhala od ledna 2014 v extrémně tvrdé hornině o pevnosti až 300 MPa s vysokým obsahem křemene, ale i v měkčím zkrasovatělém vápenci s vydatnými přítoky podzemní vody. Tvrdá a abrazivní hornina způsobovala značné vibrace stroje a vyžadovala použití velmi kvalitních řezných nástrojů speciálně vyvinutých firmou Robbins, které přesto musely být často měněny. Znamenalo to zdržení, i když výměna jednoho disku trvala méně než deset minut.

■ Začátek prací na sekci Gloggnitz na bazovém tunelu Semmering

Stavba bazového tunelu Semmering (BTS) délky 27 km je rozdělena na tři sekce. První ve směru od Vídně je tunelová sekce Gloggnitz, za ní následuje střední sekce Fröschnitzgraben, která je nejdelší a je ve výstavbě od roku 2014, a třetí a poslední sekci je sekce Grautschenhof, jejíž stavba by měla být zahájena letos, tj. v roce 2016.

Tunel Gloggnitz délky 7 km se razí od listopadu 2015. Před tím musely být postaveny v Gloggnitz dva železniční mosty, které umožnily příjezd k portálům ražených tunelů. Současně probíhalo budování přístupových tunelů, ze kterých se hloubily u Göstritz šachty k místu oboustranných rozrážek hlavních tunelů.

■ Zahájení ražby železničního tunelu Rastatt u Karlsruhe

Pro zvýšení kapacity především dálkové a nákladní dopravy železnice podél Rýna bude sloužit nový 10 km dlouhý dvojkolejný úsek u Karlsruhe, jehož součástí bude 4270 m dlouhý tunel Rastatt. Jeho velkým přínosem pro životní prostředí bude navíc významné snížení hluku.

První ze dvou kombinovaných štítů fy Herrenknecht o průměru 10,94 m byl převzat ve Schwanau v prosinci 2015, doprava a montáž na staveništi již proběhly tak, aby ražba mohla být zahájena koncem května 2016. Druhý štít by měl startovat s odstupem čtyř měsíců. Podmínky pro ražbu budou velmi nepříznivé. Trasa probíhá pod hladinou podzemní vody v rozvolněné hornině při nízkém nadloží (min. 4 m), tunel podchází zástavbu a provozovanou hlavní trať rýnské železnice. Zde se bude razit s využitím zmrazování horniny (více viz v článku Ing. Heinze Ehrbara v tomto čísle Tunelu).

Stavba je součástí budovaného koridoru TEN mezi Rotterdamem a Janovem, v jehož rámci se postaví čtyřkolejný úsek z Karlsruhe do Bazileje. Pro stavbu tunelů na úseku Milán – Janov vyrábí fy Herrenknecht další dva štíty.

■ Rakouská dálnice A9

Na rakouské dálnici A9 vedoucí do Grazu jsou úseky, kde je v některých tunelech stále ještě obousměrný provoz. Jedná se o tunely Spering (2,9 km), Falkenstein (0,75 km), Klauser (2,2 km), Traunfried (0,45 km) a tunel Gleinalm (8 km).

První čtyři jmenované tunely tvoří jakýsi řetěz propojený mosty a viadukty v úseku délky 7,6 km. Jeho výstavba výrazně pokročila a prorážka posledního tunelu Klauser proběhla 3. března 2016. U zmíněných tunelů Klauser a Spering se jednalo o rozšíření původních únikových tunelů.

Zprovoznění nového úseku se předpokládá v roce 2017, kdy na něj bude převedena doprava z dnes provozované trasy, aby hlavně staré tunely mohly být rekonstruovány. Plný dálniční provoz se předpokládá v roce 2018. Provoz obou trub tunelu Gleinalm se plánuje na rok 2019.

■ Rekonstrukce tunelů Belchen na švýcarské dálnici A2

Největší razicí stroj, který kdy byl ve Švýcarsku nasazen, zahájil ražbu 3,2 km dlouhého tunelu Belchen 9. února 2016. Štít má průměr řezné hlavy 13,97 m. Důvodem stavby nového tunelu je nevyhovující stav obou trub současného tunelu Belchen, které jsou v provozu více než 50 let a jejichž ostění je staticky narušeno bobtnajícím sádrovcem, který se v pohoří Jura hojně vyskytuje. Jak jsme informovali již v čísle 3/2015, z důvodu vysoké intenzity automobilového provozu na dálnici A2 vedoucí z Basileje na jih, bylo přijato řešení, aby souběžně se stávajícími tunely byl razicím strojem vyražen tunel třetí. Po jeho uvedení do provozu v roce 2022 proběhne v obou starých tunelech rekonstrukce a po jejím dokončení bude ve dvou tunelech obnoven jednosměrný provoz. Třetí tunel bude rezervní.

■ Bude se stavět ve Švýcarsku nový 30 km dlouhý železniční tunel?

Současná trať vedoucí z Curychu do Aarau nevyhovuje rostoucím objemům osobní i nákladní přepravy. Proto se od roku 2011 zkoumají variantní možnosti výstavby nové trati. Ukazuje se, že přímá trať s 30 km dlouhým tunelem by byla provozně i ekonomicky výhodnější, než delší varianta přes Gruemet s dvěma tunely Honeret a Chestenburg.

■ Nabídka pro naplavovaný tunel přes úžinu Fehmarn

Výbor dánského parlamentu pro tunel Fehmarn oznámil 4. března 2016 výběr nabídek pro dodávku stavební části naplavovaného tunelu mezi Německem (Puttgarden) a Dánskem (Rødbyhavn). V květnu 2016 měly být uzavřeny kontrakty s vybranými dodavatelskými sdruženími, ve kterých bude ale podmíněno zahájení prací vydáním platného stavebního povolení německými úřady. Uzavřené kontrakty budou platit do konce roku 2019, k tomuto datu mohou být znovu projednány.

Pro dodávku ramp, portálů a vlastního naplavovaného tunelu včetně výroby naplavovaných segmentů je vybráno sdružení Femern Link Contractors (FLC), z nám známějších firem jsou jeho členy Vinci, Wayss und Freytag, Max Bögl a Soletanche. Výkopové práce včetně uložení přebytečné zeminy a příslušné rekultivace by mělo provést sdružení Fehmarn Belt Construction (FBC). Dodávky vybavení tunelů a dalších prací souvisejících se zprovozněním tunelů budou řešeny později.

Celkem 89 ks naplavovaných segmentů pro 17,6 km dlouhý tunel se bude vyrábět v závodu vybudovaném na dánské straně. Výkop ve dně úžiny bude 60 m široký, 16 m hluboký a 18 km dlouhý. Celkový objem výkopu je 19 milionů m³, přebytečný materiál bude uložen na dánské straně na ploše 3 km². Tunel bude sloužit pro automobilový i železniční provoz.

■ Hloubené tunely zlepší životní prostředí v Hamburku

Dálnice A7 prochází od sedmdesátých let minulého století severozápadní částí Hamburku. I v úseku, kde má šest pruhů, je její kapacita překročena o 25 %, což je příčinou mnoha nehod a zdržení. Současně je dálnice obrovským zdrojem hluku.

Proto se severně od Labského tunelu vybudují hloubené tunely Altona, Stellingen a Schnelsen. Současně se v prvních dvou úsecích rozšíří dálnice na 8 pruhů a v úseku Schnelsen na 6 pruhů. Hloubený tunel Schnelsen délky 500 m a šířky 34 m se staví od roku 2015.

Dodávku dvoutrubového tunelu Stellingen délky 893 m a šířky 51 m s pěti pruhy v každé troubě (4 jízdní a 1 odstavný pruh) získalo v lednu 2016 sdružení pod vedením firmy Hochtief. Stavba nejjižnějšího tunelu Altona bude zahájena po ukončení stavebního řízení koncem roku 2016 nebo začátkem roku 2017.

Na zklidněném území po převedení dopravy do podzemí se plánuje bytová výstavba s cca 3000 byty.

■ Rozhodnuto o stavbě druhé trouby silničního tunelu Gotthard

Švýcarské referendum konané 28. února 2016 rozhodlo o stavbě druhé trouby silničního tunelu Gotthard. Rozhodnutí to bylo těsné – kladně se vyslovilo jen 57 % voličů. Důvody pro stavbu nové dvoupruhové trouby spočívají především v nutnosti rekonstrukce staré již 36 let provozované trouby, kterou ročně projede 5 mil. osobních a 1 mil. nákladních vozidel.

Nová trouba bude ražena z obou stran tunelovacími stroji. Doba její výstavby se předpokládá 7 let, pak do ní bude převeden obousměrný provoz a stará trouba projde rekonstrukcí. Někdy kolem roku 2030 by měl být zahájen provoz v obou troubách, ovšem s omezením, které bylo odsouhlaseno v referendu. Aby nedošlo k zvýšení dopravní kapacity a tím zátěže pro alpské životní prostředí, bude provoz v obou troubách veden jen v jednom pruhu, druhý bude odstavný. Pesimisté se obávají, že toto „ušlechtilé“ omezení může být v budoucnosti zrušeno.

■ Nutná oprava v nedávno rekonstruované troubě tunelu Bosruck

Druhá trouba tunelu Bosruck na rakouské dálnici A9 byla zprovozněna v roce 2013, pak po 30letém provozu proběhla rekonstrukce staré trouby. Normální provoz v obou troubách byl zahájen v říjnu 2015. Brzy potom byl v listopadu 2015 zjištěn nepřijatelný průhyb mezistropu. Jeho oprava začala 1. února 2016.

Včetně míst, kde je mezistrop prohnutý, je zde 11 úseků, které vyžadují opravu nebo preventivní zpevnění. Nejprve bude mezistrop dodatečně upevněn více než 700 kotevními tyčemi délky 66 cm vyrobenými ze speciální oceli. Přitom bude prohnutá deska vyzdvížena a následně fixována ve správné poloze. Aby se vyloučila případná další rizika, bude přikotvení mezistropu provedeno nad všemi nikami a bezpečnostními základy.

Odhaduje se, že dodavatel musí vynaložit na tuto reklamační opravu přibližně 200 tis. eur.

■ Propojení Helsinek a Tallinu tunelem

Politici představitelé Finska a Estonska podepsali memorandum o porozumění, v němž je zahrnut především dlouho disku-

tovaný železniční tunel mezi Helsinkami a Tallinem. Ten by dokázal zkrátit dvě hodiny trvající plavbu mezi oběma městy na půlhodinovou jízdu vlakem. Plánované napojení Tallinu na evropskou vysokorychlostní železniční síť by pak mohlo být prodlouženo až do Helsinek.

Obsáhlý geotechnický průzkum musí být teprve proveden, ale již nyní je jasné, že největší obtíže budou v oblasti u estonského břehu. Zde na krystaliniku leží 75 m až 80 m mocné souvrství zvodnělých málo pevných pískovců a siltových hornin, které je navíc zdrojem vody pro tallinský region.

■ Thames Tideway

V Londýně probíhá kanalizační stavba, která má přispět k radikálnímu zlepšení kvality vody v řece Temži a současně připravit londýnský kanalizační systém na demografický nárůst obyvatelstva v následujících sto letech. Nová kmenová stoka dlouhá 25 km bude největším projektem, jaký kdy byl ve vodním hospodářství ve Velké Británii realizován. S jeho dokončením skončí vypouštění znečištěných odpadních vod do řeky Temže.

Stoka o vnitřním průměru 7,2 m bude ražena bentonitovými štíty v hloubce od 30 do 70 m pod povrchem. Procházet bude nejprve jílem, štěrkopískem a ke konci i křídovými sedimenty až skoro 70 m pod hladinou podzemní vody.

Systematická kanalizace Londýna byla vybudována v době vlády královny Viktorie. Odváděla ovšem společně splaškové i dešťové vody do Temže, ze které se stala mrtvá páchnoucí řeka. Během 150 let byla provedena řada zlepšení, ale hlavní problém, že kanalizace dnes slouží osmi milionům obyvatel místo původních čtyř a že město se rozrostlo, se nevyřešil. Stačí, když naprší dva milimetry vody a odpadní vody tečou do Temže.

Kostrou stavby jsou dvě ražené kmenové stoky – Temžský tunel (Thames Tideway Tunnel – TTT) a tunel Lee. Trase TTT sleduje od západního okraje Londýna Temži, resp. z větší části vede pod jejím středem a za centrem Londýna odbočuje na východ k současné čerpací stanici Abbey Mills. Zde se napojí na 6,9 km dlouhý tunel Lee. TTT, jehož ražba by měla být zahájena v roce 2017, podchytí přepady z 34 největších dešťových oddělovačů. Společně s tunelem Lee vytvoří velký retenční prostor, který umožní čistit i odpadní vody ředěné dešti.

Tunel Lee v první fázi vyřadí čerpání odpadní vody do stejnojmenné řeky (Lee je levostranný přítok Temže) a po napojení tunelu TTT odvede všechny odpadní vody na rozšířenou centrální čistírnu odpadních vod Becton ležící u Temže jižně od Londýna.

Pro ražbu tunelu Lee byla u ČOV Becton vyhloubena v roce 2000 80 m hluboká šachta o průměru 38 m, ze které v únoru 2012 startoval bentonitový štít fy Herrenknecht. Prorážka u ČS Abbey Mills proběhla v lednu 2014. Do primárního ostění tunelu, které je tvořeno vláknobetonovými segmenty tl. 35 cm, se ještě vybetonuje monolitické ostění tl. 30 cm také vyztužené vlákny. Dvouplášťové ostění bude mít i původní startovací šachta, která se změní na čerpací stanici zajišťující čerpání odpadních vod z hloubky 80 m na ČOV Becton.

Dokončení celého budovaného kanalizačního systému se předpokládá v roce 2023.

■ Zaměření časopisu Geomechanics and Tunneling:

č. 1/2016: Geotechnické sledování ražeb tunelů

č. 2/2016: Gotthardský bázový tunel

Ing. MILOSLAV NOVOTNÝ, mila_novotny@volny.cz

PROJEKT STOLETÍ PROJECT OF THE CENTURY

The over 57km long double-tube Gotthard Base Tunnel was commissioned on the 1st June 2016. The construction work was planned for 20 years, but the builders managed to complete it a year sooner. The project was fully financed by Switzerland from its own sources, the special NEAT financing system. Representatives of the Swiss provincial government, the Swiss Parliament and representatives of governments of all neighbouring states were the prominent attendees of the tunnel opening ceremony. Trains with school excursions and persons drawn through the Internet were running along both tunnel tubes in both directions. The very successful event was ended by a fantastic performance of the „Patrouille Suisse“ acrobatic group. A day before, the nine men who tragically died during the course of this tunnel construction were honoured the memory. The following day, the 2nd July 2016, a celebration event was held, which was attended by 2500 persons. All attendees enjoyed nearly 20-minute rides along the newly completed tunnel at the operating velocity of up to 200km/h. During the course of the trial test running without the public, even the maximum velocity of 275km/h was successfully tested using a train especially brought for this purpose. The public was allowed to ride through the new tunnel and view numerous exhibitions at both portals on the 4th and 5th July. This offer was taken advantage of by over 100,000 interested persons from Switzerland and border areas. Many testing rides will still be performed before the tunnel is brought into service. The planned date is the 11th December 2016.

Dvoutubusový Gotthard-Basistunnel nebo též Gotthardský bázový tunel o délce více než 57 km uvedlo do provozu 1. června 2016 s velkou slávou více než 1000 hostů a desítky osob, které se na stavbě přímo podílely. Stavba byla plánována na 20 let a podařilo se ji otevřít o rok dříve. Celé Švýcarsko je na provedené dílo velmi hrdé, projekt je označován jako úchvatný počín Schweizer Bauindustrie. Stavbu plně hradilo Švýcarsko z vlastních prostředků přes speciální financování NEAT, a to bez jakéhokoliv zadlužení pro nástupnické generace.

Prominentními účastníky při otevření tunelu byli představitelé švýcarské zemské vlády, švýcarského parlamentu a vládní představitelé všech sousedních států: Angela Merkelová, Francois Hollande, Matteo Renzi, Christian Kern a Adrian Hasler. Ve



Obr. 2 Nástup akrobatické skupiny
Fig. 2 Start of an acrobatic group



Obr. 1 Hlava TBM jako pomník
Fig. 1 TBM cutterhead as a monument

svých proslovech velmi ocenili výkony všech národností, které se na budování tunelu podílely, ačkoliv Švýcarsko není státem Evropské unie. Spolkový prezident Švýcarska pan Johann Schneider-Ammann nazval toto dílo znakem soudržnosti Švýcarska a Evropy, jehož hodnoty a ideje budou pokračovat. Paní Merkelová ve svém vystoupení prohlásila: „Je zde pouze srdce, aorta však chybí. To jest napojení do Německa, které se rodí příliš pomalu a těžkopádně.“ Francois Hollande se vyjádřil velmi stručně: „Před výkonem Švýcarska nelze než smeknout.“



Obr. 3 Nástup do vlaku
Fig. 3 Boarding the train



Obr. 4 Průjezd prvního vlaku
Fig. 4 Passage of the first train

Na obou portálech předvedlo současně více než 600 protagonistů divadelní představení „Sacre del Gottardo“. Současně projížděly tunelem oběma tunelovými troubami vlaky se školními výpravami a osobami, které byly vylosovány z přihlášek přes internet. Přihlásit se však mohli pouze zájemci s trvalým pobytem ve Švýcarsku, i z jejich daní byl tento projekt financován. Vlak s prominenty jel ze stanice Erstfeld na jih do stanice Pollegio. Zde se všichni setkali u společného oběda. Velmi vydařená akce byla zakončena fantastickým vystoupením akrobatické skupiny „Patrouille Suisse“.

Den předtím byla u pamětní desky uctěna památka devíti mužů, kteří tragicky zahynuli při výstavbě tohoto tunelu. Pro srovnání – při výstavbě starého Gotthardského vrcholového tunelu bylo obětí téměř 200.

Následující den 2. června 2016 se na stavbě konala slavnost, na které bylo přítomno 2500 osob. Všichni účastníci si užili téměř 20minutové jízdy nově vybudovaným tunelem plánovanou pro-



Obr. 5 Vlak v tunelu
Fig. 5 The train in the tunnel

vozní rychlostí až 200 km/h. Při zkušebních testovacích jízdách bez veřejnosti byla speciálně dovezeným vlakem úspěšně vyzkoušena i maximální rychlost 275 km/h.

Veřejnosti bylo 4. a 5. června umožněno projet se novým tunelem a prohlédnout si na obou portálech mnoho výstav. Tuto nabídku využilo ze Švýcarska a příhraničních oblastí více než 100 000 zájemců.

Do zprovoznění tunelu, které je plánováno na 11. prosinec 2016, se uskuteční ještě mnoho testovacích jízd. Cílem je zajistit, aby od prvního dne provoz v tunelu bezvadně a bezpečně fungoval.

Výstavba Gotthardského bazového tunelu, nejdelšího tunelu na světě, se nezapadně zapsala do historie světového stavebnictví a zejména tunelářství. Společnost Amberg Engineering může být pyšná na to, že na tomto díle měla a má významný podíl.

ALEX SALA, Ing. VLASTIMIL HORÁK,
horak@amberg.cz,
AMBERG ENGINEERING BRNO, a. s.

PROJEKT STUTTGART 21 A TUNEL BAD CANNSTATT STUTTGART 21 PROJECT AND BAD CANNSTATT TUNNEL

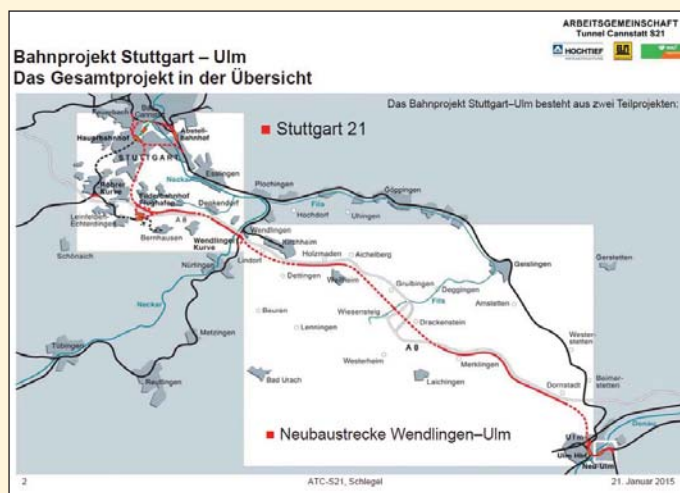
The ITA-AITES Czech Tunnelling Association organises an excursion to tunnels constructed within the framework of the Stuttgart 21 project for its members, to take place in October 2016. The Stuttgart 21 Project represents the overall reconstruction of the Stuttgart railway junction and the railway network spread within the area of the city and the surroundings. It is possible to incorporate into the project even the new concept associated with the reconstruction of the junction and vacating existing land owned by railways for development activities. The following text contains basic information about this important railway project and puts it into the technical and social context.

Úvod

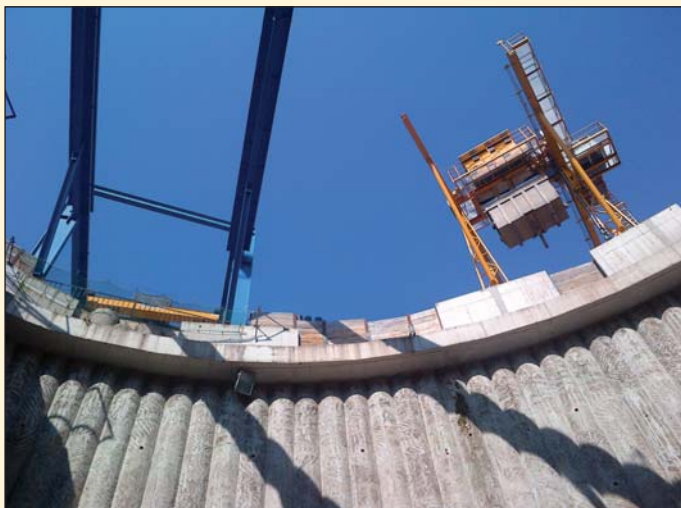
Česká tunelářská asociace ITA-AITES pořádá v říjnu letošního roku pro své členy dlouho očekávanou exkurzi na tunely prováděné v rámci projektu Stuttgart 21. Pod pojmem Stuttgart 21 si lze představit celkovou přestavbu železničního uzlu Stuttgart a související železniční síť, která se rozkládá na území města i v jeho blízkém okolí. Do projektu lze zahrnout novou urbanistickou koncepci související s přestavbou uzlu a uvolněním stávajících ploch patřících drahám pro developerské aktivity. Následující text obsahuje základní informace o tomto významném železničním díle a zasazuje ho do technického i společenského kontextu.

Popis projektu Stuttgart 21

Město Stuttgart, hlavní město Bádenska-Württemberska, leží na jihozápadě Německa na řece Neckar, přítoku Rýna. Ve městě žije přibližně 600 tisíc obyvatel, celková metropolitní oblast má však přibližně 5,5 milionu obyvatel a jedná se tak o čtvrtou nejlidnatější



Obr. 1 Schéma projektu Stuttgart 21
Fig. 1 Scheme of Stuttgart 21 project



Obr. 2 Hlavní těžní šachta s dvojicí portálových jeřábů
Fig. 2 The main excavation shaft with two gantry cranes

oblast v Německu. Projekt zahrnuje celkem 57 km nových železničních tratí, z nichž 30 km je vedeno v tunelech a 25 km splňuje parametry vysokorychlostní železniční trati. Součástí přestavby je také celková rekonstrukce hlavního nádraží situovaného v centru města, které se tak změní z povrchového hlavového nádraží na podzemní průjezdné nádraží.

Za jednu z existujících hlavních tratí vedoucí přes město, která je využívána i pro vysokorychlostní vlaky ICE, lze považovat železniční dráhu rozkládající se podél řeky Neckar vedoucí od severozápadu ze směru Mannheim k jihovýchodu ve směru Ulm. Na tuto trať je napojena řada přípojných železničních tratí v dalších směrech. Ve městě je také rozšířena síť příměstských železnic tzv. S-bahn, která je taktéž zapojena do projektu Stuttgart 21. Samozřejmostí města je i podzemní dráha U-bahn, která se v mnoha místech s železnicemi nového projektu mimoúrovňově kříží. V rámci přestavby železničního uzlu vznikne ve městě nový železniční okruh, na který bude napojena velká část existujících železničních tratí a na kterém bude také ležet hlavní podzemní průjezdné nádraží Stuttgart. Tento okruh je z velké části situován do podzemí. Na jihozápadní části okruhu bude ležet nová železniční stanice Stuttgart hlavní nádraží, která se nachází v místě dnešního hlavního nádraží, ale železnice do ní bude zaústěna s pootočením o 90°, bude umístěna do podzemí a z dnešních 17 traťových kolejí konečných zde bude nově 8 kolejí průjezdných. Znamená to celkovou přestavbu provozních částí nádraží, kdy zůstane zachován pouze historický ráz povrchové budovy. Na tuto část okruhu bude napojena již zmiňovaná vysokorychlostní železniční trať, která je přivedena novým tunelovým spojením a z okruhu pokračuje dalším novým tunelem Filder směrem na železniční zastávku Filder a dále po nové vysokorychlostní trati ve směru na Ulm. Tato trať je součástí transevropské železniční sítě TEN-T v ose Paříž – Vídeň a výrazně přispěje ke snížení průjezdní dopravy městem Stuttgart. Díky přestavbě se ve městě uvolní řada pozemků jak v místě stávajícího povrchového hlavního nádraží, tak i stávajících železničních tratí, které dále nebudou mít další využití. Schéma celého projektu je patrné na obr. 1.

Projekt byl oficiálně představen již v roce 1994, jeho realizace však začala až 2. února 2010 s tím, že občany města tento projekt nikdy nebyl příliš vítán. Od doby představení projektu až do současnosti, kdy probíhají největší stavební práce, vznikla proti tomuto projektu celá řada protestních akcí. Své vlivy zde prosazují i různé zájmové organizace. I v době největší stavební rozestavenosti je však přes gigantický rozměr projektu dopad na povrchový život ve městě minimální. Práce probíhají zejména v podzemí, případně jsou soustředěny do minimalizovaných ploch zařízení staveniště na povrchu. K odvozu a dopravě materiálu na jednotlivá staveniště je v maximální míře využívána želez-

nice, aby nebyl život ve městě zatížen nákladní automobilovou dopravou. Projekt komplikuje skutečnost, že velká část stavebních prací probíhá pod existující zástavbou ve složitých geologických podmínkách.

Tunel Bad Cannstatt

Společnost HOCHTIEF realizuje jeden z největších tunelů projektu Stuttgart 21 – tunel Bad Cannstatt. Stavbu provádí horizontální sdružení firem BeMo tunnelling GmbH, Wayss und Freytag Ingenieurbau AG a Hochtief Solutions AG. Vedoucí člen sdružení je Hochtief Solutions AG. Kontrakt byl udělen v březnu 2012. V únoru 2013 byla oficiálně zahájena výstavba a ukončení projektu je předpokládáno v roce 2018. Hodnota kontraktu pro celé sdružení dosahuje přibližně 290 mil. eur.

Tunel Bad Cannstatt je v tzv. sekci 1.5 projektu Stuttgart 21, která se dále člení na několik stavenišť:

- LOT 2 – propojení novým tunelem Feuerbach na hlavní železniční stanici Stuttgart;
- LOT 3 – propojení novým tunelem Bad Cannstatt na hlavní železniční stanici a křížení S-Bahn v oblasti Bad Cannstatt (kontrakt zmiňovaného sdružení);
- LOT 4 – vlakové spojení S-Bahn na hlavní železniční stanici ve směru Stuttgart – Nord a Feuerbach;
- LOT 5 – nový železniční most přes řeku Neckar.

Tunel Bad Cannstatt je označován jako LOT 3. Jedná se o 3,8 km dlouhý železniční tunel, který leží v severozápadní části nového okruhu a bude propojovat přestavěnou železniční podzemní stanici Stuttgart hlavní nádraží s existující železniční tratí vedoucí ze směru Bad Cannstatt. Tunel vyústí v místě nového železničního mostu přes řeku Neckar (LOT 5).

Na most přes řeku Neckar v oblasti Bad Cannstatt bezprostředně navazuje portálová oblast dvou dvoukolejných tunelů zaústěných pod parkem Rosenstein. Právý tunel šířky přibližně 11 m slouží pro příměstskou železniční dopravu „S-bahn“, levý dvoukolejný tunel o šířce cca 14 m je již částí nově budovaného okruhu vedoucího směrem na podzemní stanici Stuttgart hlavní nádraží. Předportálová část tunelu je v délce přibližně 60 m budovaná v otevřené stavební jámě. Oba tunele jsou z počátku ražené jako dvoukolejné. V oblasti pod parkem Rosenstein a v oblasti pod Ehmannstrasse dochází k vzájemnému překřížení obou železničních tratí. Toto místo je ze stavebního hlediska velice komplikované, protože tratě se kříží s minimálním rozestupem. Proto je křížení navrženo opět v hloubené stavební kotvené jámě. Na hloubený úsek již pro každou trať (hlavní trať a S-bahn) navazují dva samostatné jednokolejné tunele. Do oblasti Ehmannstrasse také vyústí uniková šachta, na kterou jsou v podzemí napojeny úniky z obou železničních tratí.

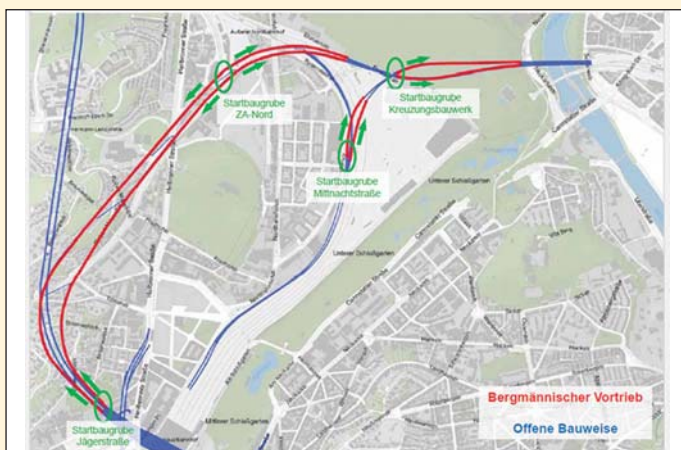


Obr. 3 Přístupový tunel z hlavní těžní šachty
Fig. 3 Access tunnel from the main excavation shaft



Obr. 4 Ražba kaloty s viditelným směrem proložených anhydridových vrstev
Fig. 4 Top heading excavation with interlayered anhydrite stratum

Jednokolejné tunely na hlavní trati jsou dlouhé každý přibližně 2440 m o vnitřním poloměru 4,05 m. Primární i sekundární ostění je různé tloušťky, místy až 70 cm. Tunely jsou raženy NRTM ve velmi složitém geologickém prostředí převážujících bobtnavých anhydridů různého stupně zvětrání, které při styku s vodou působí na konstrukce vysokým bobtnacím tlakem. Z tohoto důvodu se často tunely razí zvětšené v oblasti spodní klenby. Vzniklý prostor mezi primárním a sekundárním ostěním se vyplňuje stlačitelným materiálem, čímž se kompenzuje výsledný tlak na sekundární ostění. Samotná ražba je dělena na dvě části. Kalota se razí s délkou záběru 1 m. S odstupem čelby 4 m se ihned poté dobírá spodní klenba a primární ostění se uzavírá. Jedině tento postup minimalizuje deformace výrubu pod přijatelné meze. Součástí tunelu je celkem šest příčných propojení a další úniková šachta, která v době realizace slouží jako hlavní těžní šachta, kterou dochází k veškeré dopravě materiálu do podzemí a odvážení rubaniny ven z podzemí. Těžní šachta elipsoidního tvaru je navržena z převrtávaných železobetonových pilot rozepřených ve třech výškových úrovních železobetonovými převážkami. Dno šachty tvoří masivní železobetonová deska. Šachta je umístěna doprostřed mezi jednokolejnými tunely. Zajímavostí je, že nad touto šachtou dochází k předávání vytěženého materiálu z podzemí zadavateli (Deutsche Bahn), který řeší odvoz materiálu na finální skládku ve vlastní režii. K tomu využívá železnici a nad šachtu pouze přistavuje předem určený počet prázdných vagónů. Zadavatel na této stavbě kromě nakládání s odpady řeší i veškerá zařízení staveniště, inženýrskou činnost a zhotovitel se tak věnuje pouze samotné ražbě tunelů. Hlavní těžní



Obr. 6 Schema stavby tunelu Bad Cannstatt (červeně) s vyznačením všech přístupů pro ražbu
Fig. 6 Scheme of Bad Cannstatt project (red coloured) with all access for tunnel excavation



Obr. 5 Ražba kaloty v těsném následování s uzavřením celého profilu
Fig. 5 Top heading excavation followed by tight closed invert

šachtou se dvojicí portálových jeřábů dopravuje i veškerý beton ukládaný do podzemí a další materiál.

Přestože ražba tunelů probíhá v tomto místě pod ochranou mikropilotových dešťníků, bylo třeba s ohledem na minimalizaci sedání zastavěného povrchu provést řadu kompenzačních injektáží. Z důvodu nízkého nadloží v mocnosti pouze 2 až 16 m však neexistovalo jiné efektivní řešení zamezující poškození objektů na povrchu. Kompenzační injektáže byly použity zejména při započetí ražby v oblasti Ehmannstrasse a dále pak v oblasti Heilbronnstrasse.

V koncové části před stanicí Stuttgart hlavní nádraží se jednokolejné tunelové trouby napojují prostřednictvím raženého rozpletu v délce cca 250 m na jednokolejné tunelové trouby tunelu Feuerbach a vyústí do železniční stanice. Výstavba jednokolejných tunelů probíhá celkem ze tří míst. Ve směru od nového mostu přes řeku Neckar, ve směru od železniční stanice a ze středové těžní elipsoidové šachty v oblasti Zwischenangriff Nord. Tunelové trouby jsou raženy celkem ze dvou čeleb v oblasti železniční stanice, ze dvou čeleb od nového mostu pod parkem Rosenstein a ze čtyř čeleb v oblasti těžní šachty. Z dalších dvou čeleb jsou raženy jednokolejné železniční tunely „S-Bahn“ ve směru od Mitnachtstrasse do oblasti Ehmannstrasse.

Závěr

Projekt Stuttgart 21 je obecně velmi komplikovaným projektem a výstavba tunelu Bad Cannstatt to jen potvrzuje. Po technické stránce jde zejména o problematiku sekvenční ražby s velmi nízkým nadložím pod hustou zástavbou v prostředí bobtnavých anhydridů a křížení tratí ve velmi malém rozestupu. Celá stavba je pod drobnohledem zájmových skupin, které čekají na chybu zhotovitelů. Po organizační stránce se jedná o stavbu velkého rozsahu v omezeném časovém intervalu prováděnou současně z několika čeleb. Přesto se ukazuje, že stavba je velmi dobře připravena a organizována. Je vyražena podstatná část podzemních konstrukcí a provádí se optimalizace technického řešení výstavby sekundárních ostění. Kooperace sdružení zhotovitelů a investora je na velmi vysoké úrovni. Společnost Liebherr zde ve spolupráci se společností Hochtief úspěšně odzkoušela zcela novou koncepci tunelového bagru Liebherr 950, který se zde poprvé objevil v plném nasazení. Pokud se podaří stávající trend všech tří zhotovitelů udržet až do konce stavby, zapíše se stavba tunelu Bad Cannstatt do jedné z nekomplikovanějších částí projektu Stuttgart 21 a možná i do jedné z nejsložitějších konvenčně ražených tunelových částí na světě.

V článku jsou použity informace a podklady z vnitřních zdrojů společnosti Hochtief.

Ing. PAVEL RŮŽIČKA, HOCHTIEF CZ a. s.

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ / NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

SVĚTOVÝ TUNELÁŘSKÝ KONGRES WTC 2016 A 42. VALNÉ SHROMÁŽDĚNÍ ITA-AITES
WORLD TUNNEL CONGRESS WTC 2016 AND 42ND GENERAL MEETING OF ITA-AITES

This year's World Tunnel Congress was held from 22nd to 29th April in San Francisco, the USA. It was participated by over 2300 professionals from 54 countries, which means that 73 per cent of all ITA-AITES member countries were represented. The WTC was organised by the Underground Construction Association of SME in collaboration with the ITA-AITES.

ZAHÁJENÍ

Kongres zahájili Mike Smithson (předseda přípravného výboru konference), Arthur Silber (předseda UCA) a Søren Degn Eskesen (prezident ITA-AITES).

Felix Amberg (pokladník a člen správní rady ITACET, Švýcarsko) představil Cenu 2016 ITACET, která byla udělena mexické asociaci AMITOS a kterou převzal Robert Gonzáles Izquierdo. Cena byla udělena za přínos asociace AMITOS (pravidelně pořádá vzdělávací kurzy v posledních třech letech). Následně viceprezident nadace ITACET Piergiorgio Grasso (Itálie) předal další cenu ITACET Dr. Harald Wagnerovi (Rakousko/Thajsko) za jeho velkou podporu vzdělávání v oboru podzemních staveb.

Na letošním WTC se konala již sedmá přednáška na počest Sira Alana Muir-Wooda. V letošní „Muir-Wood lecture“ se Dr. Peter Kaiser (emeritní profesor z Laurentian University Sudbury, Ontario, Kanada) věnoval tématu *Zajištění pro hluboké podzemní stavby*. Písemná verze tohoto dokumentu je k dispozici ke stažení z webových stránek ITA-AITES. Pro další „Muir-Wood lecture“ na 2017 WTC v Bergenu byl vybrán profesor Håkan Stille ze Švédska.

Dále program konference pokračoval vyzvanými přednáškami. První z nich přednesl Bruce Grewcock (CEO Kiewit) s názvem *Je čas dát se do toho: Nová vize pro tunelování*. Nastínil současnou situaci v podzemních stavbách: negativní vnímání stavebních prací ze strany veřejnosti, stárnoucí infrastrukturu, která potřebuje obnovu, využití podzemních prostor pro hospodářský rozvoj regionu, nedodržování plánované doby výstavby a kalkulovaných nákladů a z toho plynoucí problémy.

Peter Hirschberg, konzultant pro inovace a marketingový specialista zabývající se informatikou, měl přednášku *Inovace infrastruktury a tvorba města*. Hirschberg, který stál v čele marketingového oddělení společnosti Apple po dobu asi 10 let, zmínil využívání infrastruktury ze zcela jiného pohledu. Připomněl průkopnickou stavbu metra BART (Bay Area Rapid Transit) v San Francisku v roce 1970. Věřící, že digitální evoluce by nikdy nenahradila skutečnou infrastrukturu. Atraktivní města a fungující infrastruktura spolu se získáváním vysoce kvalifikovaných odborníků tvoří základ pro úspěšné firmy.

Program kongresu se dále věnoval těmto tématům:

1. Bezpečnost návrhu a konstrukce
2. Sekvenční metoda tunelování (SEM) a kaverny
3. Ostění a kontrola horniny
4. Inovace v tunelování
5. Příklady projektů a náročné geologické podmínky
6. Instrumentace a monitoring

7. Složité projekty ve skalním masivu a související technologie
8. Interakce tunelů se zeminou a konstrukcemi
9. Zeminové štíty a mikrotunelování
10. Plánování, finance a geotechnický průzkum
11. Řízení rizik a smluvní praktiky
12. Zlepšení hornin a šachty
13. Zeminové štíty – predikce, provoz a analýza
14. TBM Tunely a alternativní přístupy
15. Rekonstrukce, provoz a údržba
16. Budoucí projekty
17. Životní prostředí a územní plánování
18. Zeminové štíty – výzvy v urbanizovaném prostředí

ITACET TRÉNINGOVÉ KURZY

V rámci WTC se opět konaly kurzy ITACET. Letos byly zaměřené na mladé odborníky a měly za téma *Monitoring a kontrola v tunelování*. Příležitosti upevnit své znalosti v uvedených oblastech využilo během dvou dnů celkem 70 účastníků.

PRŮBĚH KONGRESU

Během tří hlavních dnů trvání kongresu zaznělo 185 přednášek. Vzhledem k jejich vysokému počtu byly prezentovány až v sedmi sekcích najednou. Ve srovnání s předchozím ročníkem je ale nutné konstatovat, že organizace byla na daleko vyšší úrovni. Přednáškové místnosti byly situovány v jednom konferenčním centru. Na stejném místě se nacházela i výstava, kde své výrobky a služby prezentovalo 226 společností.

ITA-YM (MLADÍ TUNELÁŘI)

Během 2016 WTC se v rámci skupiny ITA-YM konala řada akcí, společenských setkání i volby valné hromady a řídicího výboru ITA-YM. ITA-YM také zorganizoval *BIM Workshop pro podzemní stavby* pod záštitou svého předsedy Jurije Karlovského (Austrálie).

42. VALNÉ SHROMÁŽDĚNÍ ITA-AITES

Během valného shromáždění zazněla řada údajů. Bylo schváleno čerpání finančních prostředků za období 2015/2016 a návrh rozpočtu na 2016/2017. Vedení ITA-AITES podalo informaci o vývoji členství – v současné době existuje 73 členských států, tedy stejný počet oproti minulému období, 184 korporátních členů (předchozí rok 191) a 87 individuálních členů (předchozí rok 91).

V rámci valného shromáždění proběhlo též několik voleb. Na další (třileté) volební období byli zvoleni noví viceprezidenti: Alexandre Gomes (Chile), Ruth Gunlaug Haug (Norsko), Eric Leca (Francie) a Jinxiu (Jenny) Yan (Čína). A. Gomes získal nejvíce hlasů a stal se tak prvním viceprezidentem. Stávající předsednictvo bylo doplněno novými členy, stali se jimi: Davorin Kolic (Chorvatsko), Giuseppe Lunardi (Itálie) a Chungsik Yoo (Korea). Felix Amberg ze Švýcarska byl znovu zvolen jako pokladník.

Protože skončila doba úřadu prezidenta Søren Degn Eskesena, byl zvolen prezidentem současný viceprezident (a jediný kandidát na tento post) profesor Tarcisio B. Celestino. S. Eskesen se tímto stal novým pastprezidentem.

Také došlo k volbě místa konání WTC 2019. Tentokrát soutěžila čtyři města: Salzburg (Rakousko), Neapol (Itálie), Londýn (Velká Británie) a Istanbul (Turecko). Istanbul byl vyřazen v prvním kole, Neapol získala ve druhém kole 29 hlasů, a tím i absolutní většinu. Termíny a místa pro nadcházející WTC a valná shromáždění jsou následující:

- 9.–15. června 2017 – Bergen v Norsku, motto WTC 2017 je *Problémy na povrchu – podzemní řešení*;
- 20.–26. dubna 2018 – Dubaj ve Spojených arabských emirátech, tématem je *Inteligentní města: řízení využívání podzemních prostor ke zlepšení kvality života*;

- 3.–9. května 2019 – Neapol v Itálii, motto je *Tunely a podzemní města: Inženýrství a inovace potkávají archeologii, architekturu a umění*.

ZAKONČENÍ WTC 2016

Kongres byl slavnostně ukončen v podvečerních hodinách 27. dubna 2016, vlajku od americké asociace převzali zástupci Norska. Ve čtvrtek 28. dubna se ještě uskutečnily dvě odborné exkurze. První se konala na centrální metro do stanice Chinatown. Jedná se o prodloužení současného lehkého metra, jeho třetí linky v San Francisku o 1,7 míle. Druhá exkurze měla trochu odlehčený charakter – cesta po tunelech v údolí Napa, které je známé jako vinařská oblast.

Ing. KAREL RÖSSLER, Ph.D.

KONFERENCE PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2016 A VÝCHODOEVROPSKÁ TUNELÁŘSKÁ KONFERENCE EETC 2016 UNDERGROUND CONSTRUCTION PRAGUE CONFERENCE 2016 AND EASTERN EUROPEAN TUNNELLING CONFERENCE EETC 2016

The 13th international conference Underground Construction Prague 2016 was held at Clarion Hotel from the 23rd through to 25th May 2016. The 3rd Eastern European Tunnelling Conference (EETC 2016) was in addition held within the framework of the UC 2016 conference. The total of 555 participants from 37 countries was registered at the conference. The conference proceedings contained 174 papers, including 4 opening lectures, from the total of 31 countries. A meeting of representatives of East European countries took place on Sunday the 22nd May 2016 and the place of organising the 4th annual Eastern European Tunnelling Conference (EETC 2018) was chosen in it. It will be prepared by the Tunnelling Association of Belarus (TAB) for 24th through to 26th September 2018 in Minsk, Belarus. A reception in the Residence of the Mayor of Prague was held on Sunday the 22nd May 2016. The conference was opened on the 23rd May 2016. Conference attendees were welcomed in opening speeches of Ing. Alexandr Butovič, Ph.D. the chairman of the conference Steering Committee, and Ing. Matouš Hilar, Ph.D., the chairman of the conference Scientific Board. As a part of the conference opening, Ing. Ivan Hrdina, the chairman of the CzTA, awarded the CzTA commemorative medal to Prof. Wulf Schubert from the Graz University of Technology for his long-term contribution to the CzTA and promotion to new trends in underground structural engineering. Opening lectures were delivered after the conference opening: Petr Dolínek (represented by Ing. Butovič, ČR), Viktória Chomová, Slovakia, Søren Degn Eskesen, Denmark and Prof. Bai Yun, China). During the course of two days 70 lectures in total were delivered in eight sections (Conventionally excavated tunnels; Mechanically excavated tunnels; Other underground structures and repositories; Geotechnical investigation and monitoring; Numerical modelling, development and research; Equipment, operational safety and maintenance; Risk management, contractual relationships and funding and Historical underground structures and reconstruction. The workshop of Prof. Shahab Yasrobi, Canada/Iran, titled *Technical Challenges of Urban Tunnelling* was in the conference programme on Tuesday afternoon. Regarding the poster

section, 83 posters were accepted and presented. The conference gala dinner took place at the historic area of Břevnov Monastery. Four technical excursions took place on Wednesday the 25th May 2016: TBM excavation of the Ejpvovice tunnel; Tunnels and the landslide on the highway D8; Josef Regional Underground Research Centre and Control room Strahov – operation control of the road tunnels in the Prague centre. More detailed statistical conference data including photos is available on www.ita-aitec.cz.

Ve dnech 23.–25. května 2016 proběhl v prostorách hotelu Clarion 13. ročník mezinárodní konference Podzemní stavby Praha 2016, v jejím rámci se také uskutečnil 3. ročník Východoevropské tunelářské konference (EETC 2016).

Celkem bylo na konferenci zaregistrováno 555 účastníků z 37 zemí. Nejvyšší počet účastníků byl tradičně z České republiky (354), ze zahraničí bylo 198 účastníků. Z toho bylo nejvíce účastníků ze Slovenska (56), dále pak byl také větší počet účastníků z Německa (17), Spojeného království (13), Rakouska (12), Bulharska (10), Polska (8), Itálie (7), Řecka (7) a Koreje (7). Přítomni byli i účastníci z řady vzdálenějších zemí jako USA, Kanada, Brazílie, Chile, Čína, Japonsko, Hongkong, Singapur, Indie, Indonésie, Thajsko, atd. V roce 2010 bylo na konferenci zaregistrováno 480 účastníků z 22 zemí (153 ze zahraničí včetně 63 ze Slovenska), v roce 2013 bylo na konferenci zaregistrováno 600 účastníků z 26 zemí (137 ze zahraničí včetně 57 ze Slovenska).

Ve sborníku bylo otištěno 174 příspěvků včetně čtyř úvodních přednášek, otištěné příspěvky byly z 31 zemí. V roce 2010 bylo na konferenci celkem 171 příspěvků z 25 zemí, v roce 2013 bylo na konferenci 147 příspěvků z 18 zemí.

V neděli 22. 5. 2016 od 18:00 se v hotelu Clarion uskutečnilo jednání zástupců východoevropských zemí, na kterém byli přítomni zástupci z České republiky, Běloruska, Chorvatska, Řecka, Maďarska, Polska a Rumunska. Na jednání byla probrána velmi dobře zorganizovaná exkurze na metro v Minsku v Bělorusku, která se uskutečnila 23.–24. 9. 2015. Následně byla prezentována a odsouhlasena příští exkurze na výstavbu metra v Thessaloniki v Řecku, kterou zorganizuje

Řecká tunelářská asociace (GTS) v termínu 15.–16. 9. 2017. Pak byla prezentována a odsouhlasena organizace 4. ročníku Východoevropské tunelářské konference (EETC 2018), kterou připraví Tunelářská asociace Běloruska (TAB) v termínu 24.–26. 9. 2018 v Minsku v Bělorusku.

V neděli 22. 5. 2016 se pak uskutečnila recepce v Rezidenci primátora hl. m. Prahy, které se zúčastnilo 105 pozvaných hostů (obr. 1).

Konference byla zahájena 23. 5. 2016 v 9:00 krátkou prezentací představující tunelový komplex Blanka, úsek pražského metra V.A a železniční tunel Ejovice za hudebního doprovodu skladby Vyšehrad od Bedřicha Smetany. V úvodních projevech přivítali účastníky konference předseda přípravného výboru konference Ing. Alexandr Butovič, Ph.D. (obr. 2) a předseda vědecké rady konference doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D. V rámci zahájení konference předal předseda CzTA Ing. Ivan Hrdina pamětní medaili CzTA prof. Wulfovi Schubertovi z Technické univerzity Graz v Rakousku za jeho dlouhodobý přínos pro CzTA a propagaci nových trendů v podzemním stavitelství (obr. 3).

Po zahájení konference byly předneseny následující **úvodní přednášky**:

Petr Dolínek (Česká republika, náměstek primátorky hl. města Prahy): **Dopravní tunely v Praze**. Přednášku měl přednášet náměstek primátorky hl. m. Prahy Petr Dolínek, vzhledem k jeho zaneprázdněnosti přednášku přednesl Ing. Alexandr Butovič, Ph.D. (obr. 4). V přednášce byly prezentovány silniční tunely v Praze. Nejprve byly představeny provozované tunely včetně tunelového komplexu Blanka a jeho vlivu na automobilovou dopravu v Praze. Následně byly uvedeny plánované úseky silniční sítě.

Viktória Chomová (Slovenská republika): **Smluvní vztahy při výstavbě slovenských tunelů**. V přednášce byl představen historický vývoj výstavby dálničních tunelů na Slovensku a vývoj legislativy a zkušenosti s používanými smluvními vztahy.

Søren Degn Eskesen (Dánsko, ITA past prezident): **Okružní trasa metra v Kodani a další dánské tunelové projekty**. V prezentaci byly představeny dvě současné nejvýznamnější budované podzemní stavby v Dánsku. Nejprve byla představena okružní trasa metra v Kodani délky 2x17 km budovaná pomocí čtyř zeminových štítů a následně tunel Fehmarnbelt délky 18,2 km pro silniční a železniční dopravu, který bude po dokončení nejdelším plaveným tunelem na světě.

Prof. Bai Yun (Čína): **Tunelářské aktivity v Číně**. V úvodu byly představeny čínské historické tunely se stářím přes 2000 let a následně tunely současné. Délka silničních tunelů v Číně přesahuje 10 000 km, délka železničních tunelů v Číně přesahuje 8 000 km. Nejdelším silničním tunelem je tunel Zhongnanshan délky 18 km uvedený do provozu v roce 2007. Nejdelším železničním tunelem bude tunel Songshan Lake délky 39 km s předpokládaným uvedením do provozu v letošním roce. V Pekingu je v současné době v provozu 3000 km metra, v roce 2020 by to již měl být dvojnásobek (6000 km). Vodovodních tunelů je nyní v Číně v provozu 10 000 km, podzemních vodních elektráren přes 3 000. Podrobněji byl představen projekt mostu a tunelu přes moře Hongkong-Zhuhai-Macao celkové délky 35,6 km, z čehož 5,7 km bude plavený tunel. Představené statistiky byly velmi zajímavé, především objem plánovaných projektů je obrovský.

Po úvodních přednáškách byl sál rozdělen na dva menší sály, ve kterých probíhaly prezentace v jednotlivých sekcích. Během dvou dnů bylo celkem v sekcích předneseno 70



Obr. 1 Zahájení recepce v Rezidenci primátora hl. m. Prahy Ing. Ivanem Hrdinou

Fig. 1 Opening of the reception at the Residence of the Mayor of Prague by Ing. Ivan Hrdina

přednášek, většina měla velmi dobrou úroveň. Zejména vyzvané přednášky renomovaných zahraničních řečníků přitáhly značnou pozornost, při vyzvaných přednáškách byly sály zpravidla plné, obsah vyzvaných přednášek v jednotlivých sekcích je uveden níže.

1. Konvenčně ražené tunely

Martin Knights (Velká Británie) – **Zkušenosti získané ze současných londýnských tunelových projektů**. Přednáška byla zaměřena především na výstavbu vodovodních tunelů pod Temží v Londýně (Thames Tideway Tunnels) délky přes 20 km budovaných pomocí štítů s profily přes 7 m.

Heinz Ehrbar (Německo) – **Tunelové projekty pro německé železnice**. Přednáška byla zaměřena především na tunely na německých vysokorychlostních železničních tratích, některé projekty byly probrány podrobněji (např. rekonstrukce tunelu Kaiser – Wilhelm, spojení Wendlingen – Ulm s 9 tunely s výskytem krasových jevů, výstavba tunelu Rastatt na trati Karlsruhe – Basel s pomocí zmrazování, atd.). Dále bylo zmíněno využívání BIM.

2. Mechanizovaně ražené tunely

Nasri Munfah (USA) – **Tunelový projekt Alaskan Way: technické výzvy a stav výstavby**. V přednášce byl popsán dosavadní průběh výstavby silničního tunelu Alaskan Way v Seattlu v USA, který je ražen pomocí největšího tunelovacího stroje profilu 17,48 m.



Obr. 2 Úvodní projev Ing. Alexandra Butoviče, Ph.D.

Fig. 2 Opening speech by Ing. Alexandr Butovič, Ph.D.



Obr. 3 Předání pamětní medaile CzTA prof. Wulfovi Schubertovi
Fig. 3 Awarding the CzTA commemorative medal to Prof. Wulf Schubert

James Rozek (USA) – *Euroasijský tunelový projekt v Istanbulu*. V přednášce byla popsána výstavba silničního tunelu pod Bosporským průlivem pomocí bentonitového štítu o průměru 13,7 m. Ražby tunelu byly dokončeny, tunel by měl být uveden do provozu do konce letošního roku.

3. Ostatní podzemní stavby a úložiště

Jan Sochůrek, Daniel Švec (Česká republika) – *Pražský kolektorový systém*. V prezentaci byl podrobně popsán systém kolektorů v Praze, který má délku přes 90 km. Byly uvedeny metody výstavby včetně různých způsobů využívání tryskové injektáže. Dále byl probrán provoz a údržba kolektorů.

4. Geotechnický průzkum a monitoring

Steve Parry (Velká Británie) – *Inženýrskogeologický model a jeho vliv na přípravu a výstavbu velkých stavebních projektů*. V přednášce byly probrány aspekty přípravy inženýrskogeologických modelů včetně dvou základních přístupů – koncepčního a observačního. Aspekty modelování byly ukázány na praktických příkladech z Hongkongu.

Prof. Adam Bezuijen (Belgie) – *Monitoring tlaků a deformací okolo TBM*. V přednášce bylo představeno měření tlaků a deformací okolo bentonitového štítu při ražbě druhého tunelu Heinenoord a při ražbě pomocí štítů na dalších projektech. Z výsledků monitoringu byly učiněny obecné závěry.



Obr. 5 Společenský večer v prostorách Břevnovského kláštera
Fig. 5 Gala dinner in the area of Břevnov monastery



Obr. 4 První úvodní přednáška konference
Fig. 4 The first opening lecture of the conference

5. Numerické modelování, vývoj a výzkum

Prof. Robert Galler (Rakousko) – *DRAGON – tunelování efektivní na zdroje s využitím technologií online*. V prezentaci byly představeny závěry výzkumného projektu DRAGON, který je zaměřený na využívání rubaniny odtěžené během výstavby tunelů. V prezentaci byl uveden způsob analýzy rubaniny a požadavky investorů na rubaninu, aby mohla být využita pro stavební účely (např. pro výrobu segmentového ostění).

Prof. Giulia Viggiani (Itálie) – *Umělé zmrazování zemin: inženýrské aplikace, testování a modelování*. V přednášce byly probrány teoretické aspekty zmrazování zemin a praktické zkušenosti z využití této technologie při výstavbě stanic Garibaldi a Toledo na trase 1 metra v Neapoli v Itálii.

6. Vybavení, bezpečnost provozu a údržba

Bernhard Kohl (Rakousko) – *Závěry nové zprávy PIARC nazvané „Zkušenosti s významnými haváriemi v silničních tunelech“*. V přednášce byly představeny výsledky zprávy organizace PIARC zaměřené na bezpečnost provozu silničních tunelů. Zpráva vychází z vyhodnocení většího množství dopravních nehod a požárů v silničních tunelech v různých zemích.

7. Rizika, smluvní vztahy a financování

Prof. Wulf Schubert (Rakousko) – *Ražby v tektonických poruchách – problémy a řešení*. V prezentaci byly uvedeny zkušenosti s konvenčními ražbami v tektonických zónách s vyšším nadložím, kde dochází k tlačivým projevům masivu



Obr. 6 Zahájení společenského večera ukázkami středověkých soubojů
Fig. 6 Opening of the gala dinner by demonstration of medieval duels



Obr. 7 Zahájení společenského večera ukázkami středověkých soubojů
Fig. 7 Opening of the gala dinner by demonstration of medieval duels

a k poruchám zajištění výrubu. V prezentaci byla uvedena doporučení pro predikci poruchových zón a pro jejich úspěšné zdolání.

Gerhard Harer (Rakousko) – *Podchod Suezského průplavu – limitní tunelování v zeminách*. V přednášce byly probrány úvodní fáze podchodu Suezského průplavu pro silniční a železniční dopravu ve velmi nepříznivých geologických podmínkách, které vedly k dodatečnému průzkumu a k řadě změn původního projektu.

8. Historická podzemní díla a rekonstrukce

Valery Chekanau (Bělorusko) – *Metro v Minsku – minulost a budoucnost*. V prezentaci byla probrána historie výstavby metra v Minsku, jeho současný stav a plánované rozšiřování do budoucna. Byl zmíněn způsob výstavby a architektura řady stanic, byly probrány i rozsáhlé archeologické nálezy umožněné stavbou metra.

V úterý dopoledne byl na programu konference také **workshop**:

Prof. Shahab Yasrobi (Kanada/Irán) – *Technické problémy městských tunelových staveb (víceproudové dálniční tunely v Teheránu – případové studie)*. Na workshopu byly představeny významné tunelové projekty v Teheránu. Jednalo se především o velké silniční tunely jako tunel Niayesh délky 8,1 km, tunel Amír Kabir délky 4,1 km nebo tunel Hakim délky 1 km. Silniční tunely byly budovány pomocí NRTM a měly až 3,5 pruhu v jednom tubusu. Dále byla probrána výstavba metra, která probíhá především pomocí plnoprofilových strojů, nyní je v provozu sedm tras délky 165 km a budoucnou přibudou další dvě trasy. Na workshopu zaujaly netradiční geologické poměry Teheránu (aluvia s cementovou vazbou) nebo netradiční žebrová metoda, která je v Teheránu úspěšně používána pro tunely větších profilů.

V rámci **posterové sekce** bylo přijato a prezentováno 83 posterů.

Společenský večer pro všechny registrované účastníky, doprovodné osoby, sponzory a vystavovatele se uskutečnil v historickém areálu Břevnovského kláštera (obr. 5) v pondělí 23. 5. 2016, této recepcce se zúčastnilo 560 osob. Společenský večer byl zahájen ukázkami středověkých soubojů s využitím sečných (obr. 6) i střelných zbraní (obr. 7).

Ve středu 25. 5. 2016 dopoledne proběhly **4 odborné exkurze**:

- exkurze A – TBM ražba tunelu Ejpvovice (48 účastníků);
- exkurze B – Tunely a sesuv na dálnici D8 (47 účastníků);



Obr. 8 Model tunelovacího stroje tunelu Ejpvovice na výstavě konference
Fig. 8 Model of the Ejpvovice tunnel driving TBM at the conference exhibition

- exkurze C – Podzemní výukové středisko Josef (46 účastníků);

- exkurze D – Velín Strahov – řízení provozu automobilových tunelů v centrální oblasti Prahy (19 účastníků).

Konferenci podpořilo následujících **32 partnerů** (obr. 8):

Platinoví partneři: Metrostav a.s., HOCHTIEF CZ a.s.

Zlatí partneři: ARCADIS Geotechnika a. s., Atlas Copco s.r.o., Subterra a.s., CREG TBM Germany GmbH

Stříbrní partneři: 3G Consulting Engineers s.r.o., Minova Bohemia s.r.o., PUDIS a.s., Herrenknecht AG, SATRA, spol. s r.o., BASF Stavební hmoty ČR s.r.o., Geotest, a. s., INSET s.r.o., Sandvik Construction, OHL ŽS, a. s., METROPROJEKT Praha a.s., Mott MacDonald Praha, spol. s r. o., JENNMAR, Bekaert Maccaferri Underground Solutions BVBA, ArcelorMittal, Soldata, EUROVIA CS, Krampe CZ spol. s r. o.

Další partneři: PRAGOPROJEKT, a.s., KELLER – speciální zakládání, spol. s r. o., SAMSON PRAHA, spol. s r. o., GeoTec-GS, a.s., MAPEI, spol. s r.o., Renesco AG, Zakládání staveb, a. s., SÚRAO.

Odborné výstavy se zúčastnilo mimo platinových, zlatých a stříbrných partnerů dalších 8 vystavovatelů:

MAPEI, spol. s r.o., Spelsberg spol. s r. o., Červenka Consulting s. r.o., Spetec Resiplast NV, Knauf Praha s. r. o., SÚRAO, IDEA RS, ŘSD ČR.

Dále **konferenci podpořily** následující organizace:

ITA-AITES, ISSMGE, BTS, ÖGG, OBV.

Podrobnější statistické údaje z konference včetně fotografií lze nalézt na www.ita-aites.cz.

Obecně konference proběhla bez větších obtíží podle předpokládaného scénáře, přípravný výbor obdržel řadu kladných ohlasů z České republiky i ze zahraničí. Touto cestou bych rád poděkoval všem účastníkům konference, zejména pak všem řečníkům a partnerům konference. Doufám, že se sejdem v obdobném, případně ještě vyšším počtu na konferenci Podzemní stavby Praha 2019.

Za přípravný výbor a vědeckou radu

*doc. Ing. MATOUŠ HILAR, Ph.D.
předseda vědecké rady*

SWISS TUNNEL CONGRESS 2016

SWISS TUNNEL CONGRESS 2016

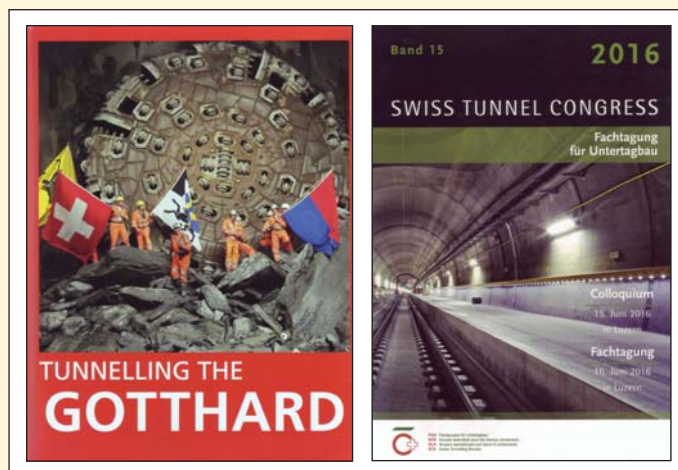
On the 15th through to the 17th June 2016, the Swiss Tunnelling Society held the Annual Swiss Tunnel Colloquium (15 June 2016 afternoon) and the Swiss Tunnel Congress (16th June 2016) in Luzern, followed by technical excursions (17th June 2016). The event venue was the KKL (Kultur und Kongresszentrum Luzern).

Ve dnech 15. až 17. června 2016 uspořádala, jako každoročně, Švýcarská tunelářská společnost v Luzernu Švýcarské tunelové kolokvium (odpoledne 15. 6. 2016), Švýcarský tunelový kongres (16. 6. 2016) a na ně navazující exkurze (17. 6. 2016). Tradičním místem konání bylo KKL (Kultur und Kongresszentrum Luzern).

Předem zapsaných účastníků akce bylo ze Švýcarska 651, ze SRN 43, z Rakouska 15, z Francie 10, po 7 z Belgie a z Ruské federace, z Itálie 5, po 4 ze Slovenska a z Turecka, 2 ze Španělska a Polska, z Norska, Peru, Švédska pak po 1. Z České republiky se zúčastnili 3 tuneláři z fy Amberg Engineering Brno.

Švýcarské tunelové kolokvium mělo za téma „Oheň a bezpečnost“ („Fire and Safety“) u železničních a silničních tunelů. Zazněly zde příspěvky týkající se následujících předmětů: Bezpečnostní aspekty z pohledu poskytovajícího orgánu, větrání silničních a železničních tunelů (s příkladem železničního průjezdu Zürichem), únikových dveří (s hodnocením zkušeností z posledních 20 let), osvětlení únikových tras a vytvoření optimálních podmínek pro týmy zasahující při požáru v tunelu. Poslední příspěvek tohoto kolokvia byl na téma „Oheň v silničním tunelu Gotthard“, popisující opatření přijatá po velkém požáru 24. 10. 2001 a skutečnou situaci při posledním požáru vozidla, ke kterému došlo v tomto tunelu 25. 10. 2012.

Švýcarský tunelový kongres byl zahájen přednáškou p. Moritze Leuenbergera, bývalého spolkového rady (tj. ministra) pro dopravu, o významu Bázového tunelu Gotthard pro Švýcarsko i pro Evropu. Přednáška přinášela nejen fakta, ale byla současně i příkladem toho, jak by měl vystupovat fundovaný politik. Referující zmínil mimo jiné i to, že Švýcarsko nepřináší Evropě jen hodinky, čokoládu a sýry, ale také technicky i celospolečensky (rozuměno celoevropsky) významné moderní dopravní trasy – zde formou nových bázo-

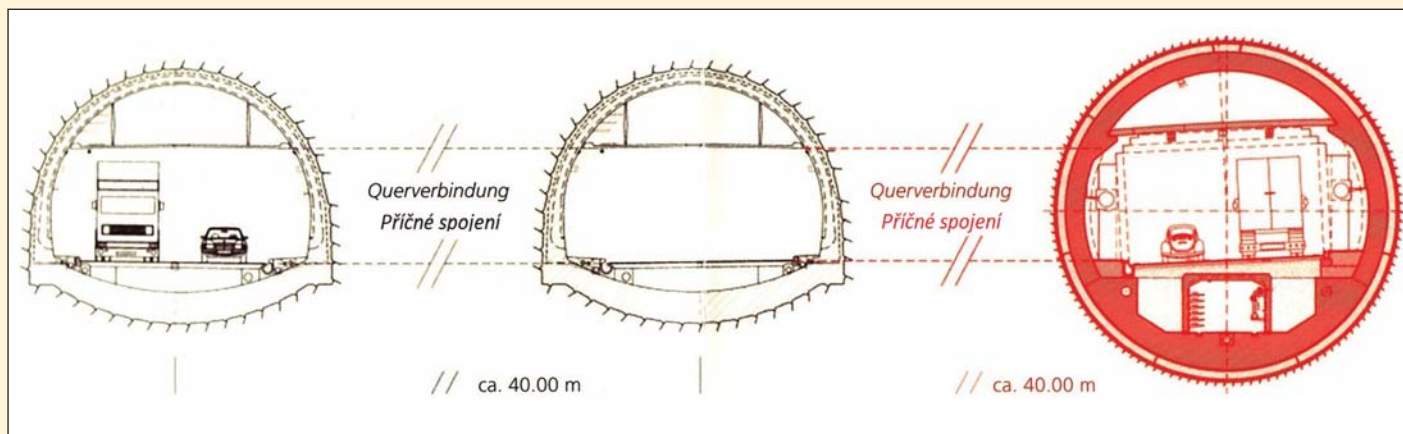


Obr. 1 a 2 Titulní strany sborníku příspěvků Švýcarského tunelového kongresu a kolokvia 2016 a nové publikace o průběhu projektu Bázového železničního tunelu Gotthard

Figures 1 and 2 The title page of the Swiss Tunnel Congress and Colloquium 2016 proceedings and new publication on the Gotthard Base Railway Tunnel construction history

vých železničních tunelů. S jemným humorem bylo komentováno, že evropští lídři zúčastnění otevírání bázového tunelu Gotthard nešetřili nadšením, nicméně zaplatit jej museli švýcarští daňoví poplatníci!

Další referáty byly věnovány významným tunelovým projektům, prakticky po celém světě. Zazněly přednášky o plánu tzv. „Velké Paříže“ se záměrem vystavět 130 km nových tunelů, o projektu PVE „Cero del Águila“ v Peru, o tunelech na nové vysokokapacitní železniční trati Miláno – Janov, o kordonu šesti tunelů St. Kanzian v extrémně citlivých jezer-ních jílech na Koralmbahn v Rakousku, o projektu linky č. 1 Metra v Panama City, o projektu železničního tunelu Rastatt, o západní lince podzemní dráhy v Göteborgu, o přípravě úložiště radioaktivních odpadů v severním Švýcarsku, o inovaci multi-módových plnoprofilových razicích strojů u fy Herrenknecht, o tunelu Visp ve Švýcarsku (v kantonu Wallis), o dlouhodobém testování funkce dopravy v bázovém tunelu Gotthard a na závěr byl prezentován nositel ceny ITA-AITES za rok 2015 – tunel Eurasia v Istanbulu.



Obr. 3 Švýcarsko – tunel Belchen, vlevo dvě roury stávajících tunelů, vpravo třetí roura nového tunelu (výřez z prospektu „A2 Sanierungstunnel Belchen 2015-2022“) Fig. 3 Switzerland – the Belchen tunnel, two existing tunnel tubes on the left, the third tube of the new tunnel on the right (cutout from the prospectus „A2 Sanierungstunnel Belchen 2015-2022“)



foto / photo courtesy of Horák

Obr. 4 Švýcarsko – tunel Belchen, pohled směrem k TBM průměru 13,97 m
Fig. 4 Switzerland – the Belchen tunnel, a view towards the 13.97m diameter TBM

Některá z uváděných témat (která se týkala tunelů St. Kanzian, multi-módových plnoprofilových razicích strojů a Eurasijského tunelu) byla prezentována rovněž na 13. mezinárodní konferenci Podzemní stavby Praha 2016.

Referáty Swiss tunnel congress 2016 stejně jako přidruženého kolokvia byly vydány v (tradičně) luxusně zpracovaném sborníku – obr. 1. Účastníkům byly u vstupu do KKL volně k dispozici sborníky dřívějších Švýcarských tunelových kongresů, sborník Světového tunelového kongresu 2013 v Ženevě jako i další literatura. U prezence bylo také možné zakoupit (za 80 SFR) nejnovější publikaci vydanou Švýcarskou tunelářskou společností k otevření báзовého železničního tunelu Gotthard. Má více než 700 stran a její autoři (H. Ehrbar, L. R. Gruber a A. Sala) zde popisují v detailech vývoj projektu až k jeho dovršení – obr. 2.

Odborné exkurze byly vedeny celkem do čtyř lokalit: A – báзовý tunel AlpTransit Ceneri, B – Autobahn A9 tunel Visp, C – Autobahn A2 – sanační tunel Belchen, D – podzemní parkoviště pod zámek Thun.

Autoři tohoto příspěvku se zúčastnili exkurzí na tunel Visp a tunel Belchen. Zvláště druhá z nich byla velmi zajímavá. Stavba třetí roury tunelu Belchen (obr. 3) na dálnici A2 spojující Bern, Basilej a Luzern je základním předpokladem pro zahájení zásadní renovace stávajících dvou trub „starého“ tunelu Belchen. Nevyhovující technický stav obezdívky současných tunelů je způsoben dlouhodobým působením velmi bobtnavých hornin pohoří Jura – především se jedná o sádrovce a tzv. opalinové jíly. Pro převedení dopravy je ražen nový (již 3.) tunel. Vzhledem k velmi náročné geologii musela být nasazena velmi rychlá metoda, a proto byl zvolen TBM (s pláštěm) průměru 13,97 m, momentálně největší nasazený ve Švýcarsku – obr. 4. Montovaná železobetonová obezdívka představuje primární výztuž, u které se vyztužení elementů ostění operativně liší podle geologie (nejslabší je ve vápencích a slínech, střední v opalinových jílech a nejsilnější v sádrovcích). Vzápětí bude dovnitř vestavěna monolitická sekundární konstrukce – v sádrovcích (které činí 37 % z celkově ražených 3176 m) bude tloušťka sekundárního ostění 0,81 m, ve zbývajících geologií potom 0,40 m. Souběžně s tunelem je ražena větrací štola. Po dokončení (s uvedením do provozu v r. 2022) bude doprava převedena do nového tunelu a staré roury budou postupně sanovány (počátek sanace se předpokládá v r. 2023). Účastníci exkurze si prohlédli stavbu tunelu a vyslechli poutavou přednášku uzavřenou zmínkou o ekologických aspektech stavby – vhodně umístěnou deponii rubaniny si v současnosti podle přírodovědců postupně osídluje řada chráněných živočichů.

*doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.,
 Ing. VLASTIMIL HORÁK, Ing. MARTIN PARGAČ*

AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLICE CURRENT NEWS FROM THE CZECH AND SLOVAK UNDERGROUND CONSTRUCTION

ČESKÁ REPUBLIKA

MODERNIZACE TRATI ROKYCANY – PLZEŇ

Dne 7. 6. 2016 po téměř 500 dnech ražeb spatřila Viktorie (konvertibilní tunelovací stroj pro měkké a tvrdé horniny) opět svit denního světla. Stalo se tak během takzvané malé prorážky jižní tunelové trouby za účasti návštěvníků z řad odborné veřejnosti, kdy se úvodně pouze vrchní část řezné hlavy probourala portálovou stěnou. Tím dnem měla Viktorie za sebou více než 4 km dlouhou pout' pod vrcholy Homolkou a Chlumem, během níž se musela vypořádat s nástrahami různorodého geologického prostředí, odtěžit 317 000 kubických metrů horniny a vystavět definitivní ostění z více než 16 000 kusů betonových segmentů. Po malé prorážce pokračovala ražba v částečně otevřeném výkopu ještě necelých padesát metrů, aby byla zakončena v sobotu 11. 6. 2016 závěrečnou prorážkou před zraky návštěvníků v rámci pořádaného dne otevřených dveří.

V současné době je tunelovací stroj již částečně demontován a připravován ke stěhování zpět na vjezdový portál, ze kterého bude razit severní tunelovou troubu. Právě na vjezdovém portále probíhají přípravné práce na konstrukcích pro montáž a následný restart stroje.

THE CZECH REPUBLIC

MODERNISATION OF ROKYCANY – PLZEŇ RAILWAY TRACK SECTION

On 07/06/2016, after nearly 500 days of driving the tunnel, Viktorie (a convertible soft ground – hard rock TBM) again saw daylight. It happened during the so-called “small breakthrough” of the southern tunnel tube, in the presence of visitors from the professional public, where the originally only upper part of the cutterhead broke through the portal wall. On that day Viktorie had had a 30km long journey under Homolka and Chlum hills behind it. During the course of this journey it had to cope with the traps set by the variable geological environment, to excavate 317,000 cubic metres of ground and build the final lining consisting of over 16,000 pieces of concrete segments. After the “small breakthrough”, the TBM continued to drive further nearly fifty metres, partially under open ground surface. The tunnel excavation was finished by the final breakthrough in front of visitors within the framework of the Doors Open Day held on that occasion.

At the moment the disassembly of the TBM has been partially completed and the machine is being prepared for moving back to the



Zahájení ražeb severní tunelové trouby z vjezdového portálu tunelu Ejpvovice se očekává na podzim letošního roku.

Tunel Ejpvovice je součástí stavby modernizace trati Rokycany – Plzeň dlouhé 14,147 km, kterou realizuje sdružení firem Metrostav a.s. a Subterra a.s.

DÁLNIČNÍ D8 – 0805 LOVOSICE – ŘEHLOVICE

Vzhledem k plánovanému zprovoznění dálnice D8 – 0805 v prosinci letošního roku je na celé stavbě dálnice čilý stavební ruch. Dokončují se mostní objekty, v trase dálnice se pokládají hutněné asfaltové vrstvy, pracuje se na odstranění a zabezpečení sesuvu v okolí lomu Dobkovičky a probíhají dokončovací práce na jednotlivých objektech stavby.

U dálničních tunelů Prackovice (270 m) a Radejčín (620 m) je stavební část prakticky hotova, dokončují se práce na kabelovodech pro protažení optických kabelů, finišují práce na požárním vodovodu u tunelu Radejčín a probíhají drobné, finální práce v provozně technických objektech obou tunelů. Montáž kompletního technologického vybavení je v plném proudu, tak aby bylo možno zahájit individuální a komplexní zkoušky a následně i zkušební provoz před uvedením dálnice D8 – 0805 do provozu.

Prakticky je dokončena i sanace a zabezpečení zárubní zdi u tunelu Prackovice. Zárubní zeď je zajištěna pilotovou stěnou, která je spřažena se stávající konstrukcí zárubní zdi a také novými dlouhými lanovými kotvami ve spodní a horní kotevní úrovni. Součástí sanace je i důkladné odvodnění horninového prostředí nad zárubní zdí – dlouhé horizontální vrty, povrchové odvodňovací příkopy, realizace nového zatrubněného příkopu pod tělesem dálnice a reprofilace území včetně obnovení původních vodních poměrů.

Zhotovitel s předstihem již také započal s činnostmi souvisejícími s přejímacím řízením tunelů Prackovice a Radejčín. Probíhají technické prohlídky jednotlivých stavebních podobjektů obou tunelů za účasti specialistů objednatele ŘSD ČR a technické dozorců správy dálnice D8. Zhotovitel kompletuje dokladovou část, jejíž součástí jsou také souhrnné závěrečné zprávy zhotovitele o jakosti, dokumentace skutečného provedení stavby a geodetické zaměření skutečného stavu.

*Ing. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
Metrostav a.s.*

SLOVENSKÁ REPUBLIKA TUNELY POĽANA A SVRČINOVEC

Na stavbě úseku dálnice D3 Svrčinovec – Skalité sú súčasťou stavby aj tunely Poľana (890 m) a Svrčinovec (445 m), ktoré sa realizujú ako jednorúrovňové s obojsmernou prevádzkou a samostatnou únikovou stôlnou.

entrance portal, from which it will drive the northern tunnel tube. The preparation work on structures for the assembly and subsequent restart of the TBM is currently underway at the entrance portal.

Driving of the northern tunnel tube from the Ejpvovice tunnel entrance portal is expected to commence this autumn.

The Ejpvovice tunnel is part of the project for the modernisation of the 14.147m long Rokycany – Plzeň railway track, which is being realised by a consortium of companies formed by Metrostav a.s. and Subterra a.s.

D8 MOTORWAY – CONSTRUCTION LOT 805: LOVOSICE–ŘEHLOVICE

With respect to bringing the D8 - 0805 motorway section into service planned for December 2016, the construction work on the whole motorway construction site is in rush. Bridge structures are being completed and the compacted asphalt layers are being laid along the motorway route. The work on the removal and stabilisation of the landslide in the vicinity of Dobkovičky quarry and the finishing work on individual motorway structures is underway.

Regarding the motorway tunnels Prackovice (270m) and Radejčín (620m), the civil engineering parts are virtually complete, the work on the fire main in the Radejčín tunnel is finishing and minor final work in equipment rooms of the two tunnels is being carried out. The assembly of the complete tunnel equipment is in full swing so that the individual and comprehensive testing and subsequently even the trial operation can commence before the D8 – 0805 motorway is opened to traffic.

Even the rehabilitation and securing of the revetment wall at the Prackovice tunnel has been virtually completed. The revetment wall is secured by a pile wall, which is locked together with the existing revetment wall, and, in addition, by new cable anchors installed at both the bottom and upper anchoring levels. Part of the rehabilitation is even the thorough drainage of the ground environment above the revetment wall – long horizontal boreholes, drainage ditches on the surface, realisation of a new culverted ditch under the motorway embankment and reprofiling of the ground surface in the area, including the restoration of original hydrological conditions.

The contractor has in advance started the activities associated with the acceptance proceedings for the Prackovice and Radejčín tunnels. Technical inspections of individual sub-structures of the two tunnels are in progress with the participation of specialists of the project owner (the Road and Motorway Directorate of the CR) and the D8 motorway technical supervision administration. The contractor is completing the documentation part, containing, among others, summary final reports on quality, as-built documentation and the topographic survey of the actual state.

*Ing. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
Metrostav a.s.*

THE SLOVAK REPUBLIC

POLANA AND SVRČINOVEC TUNNELS

The construction of the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway comprises two tunnels, the Poľana (890m) and Svrčinovec (445m). They are being realised as bidirectionally operated single-tube structures, each with a separate escape gallery.

The Poľana tunnel is an 898m long single-tube tunnel on the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway section. The tunnel excavation commenced from both portals on July 31, 2014. The breakthrough ceremony took place on September 7, 2015.

The secondary lining of the tunnel is currently being realised. As of June 6, 2016, the whole secondary lining of the tunnel has been

Tunel Poľana je 898 m dlhý jednorúrovňový tunel na diaľničnom úseku D3 Svrčinovec – Skalité. S jeho razením sa začalo 31. 7. 2014 a razilo sa z oboch portálov. Tunel bol slávnostne prerazený 7. 9. 2015.

V súčasnosti sa realizuje sekundárne ostenie tunela. Ku dňu 30. 6. 2016 je kompletne zrealizované celé sekundárne ostenie tunela. Taktiež sú už ukončené práce na pokládke obrubníkov, montáži odvodňovacích žlabov a požiarneho vodovodu. Realizuje sa montáž technologických zariadení tunela a pripravuje sa betonáž cementobetónovej vozovky tunela, ktorá by mala začať 11. 7. 2016.

Tunel Svrčinovec je 420 m dlhý jednorúrovňový tunel situovaný na začiatku diaľničného úseku D3 Svrčinovec – Skalité tesne za križovatkou Svrčinovec, s razením sa začalo 30. 10. 2014 a razilo sa zo západného portálu.

Tunel bol slávnostne prerazený 23. 6. 2015. V súčasnosti je už kompletne zrealizované aj sekundárne ostenie tunela, momentálne sa realizuje montáž technologických zariadení a cementobetónová vozovka tunela. 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 s dĺžkou 13,2 km sa nachádzajú dva diaľničné dvoj Rúrové tunely: Ovčiarisko a Žilina.

Tunel Ovčiarisko s dĺžkou 2367 m sa začal raziť 12. 9. 2014. Severná tunelová rúra dĺžky 2300 m bola slávnostne prerazená 29. 4. 2016. Ku dňu 30. 6. 2016 je na južnej tunelovej rúre vyrazených zo západného portálu 1903,19 m a z východného portálu 358,79 m, spolu to je 2261,98 m, čo predstavuje 97 % z razenej časti JTR dĺžky 2320 m. Predpoklad prerazenia JTR tunela je koniec júla 2016.

Priemerný denný prírastok na južnej tunelovej rúre (ZP+VP) za posledný mesiac je približne 4,6 m/deň. Súbežne sa realizuje sekundárne ostenie severnej tunelovej rúry, aktuálne je zrealizovaných 97 blokov spodnej klenby a 21 blokov hornej klenby. Na STR sa vykonávajú prípravné práce pre realizáciu sekundárneho ostenia, začiatok betonáže hornej klenby sekundárneho ostenia je naplánovaný na október 2016.

Na kratšom z týchto dvoch tunelov – Žilina – s dĺžkou 687 m sa začalo s raziacími prácami 5. 11. 2014 na západnom portáli. Tunel je dvoj Rúrový, budovaný v rámci stavby D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka.

K 30. 6. 2016 je vyrazených na severnej tunelovej rúre zo západného portálu 192,64 m a z východného portálu 152,11 m, spolu to je 344,75 m, čo predstavuje 50 % z razenej časti STR dĺžky 685,5 m.

K dátumu 30. 6. 2016 je na južnej tunelovej rúre vyrazených zo západného portálu 237,45 m a z východného portálu 222,57 m, spolu to je 460,02 m, čo predstavuje 70 % z razenej časti JTR dĺžky 657 m. Priemerný denný prírastok na každej tunelovej rúre (ZP+VP) za posledný mesiac bol približne 1,5 m/deň, z dôvodu zlých geologických podmienok. Zo ZP pokračujú raziace práce v najhoršej 8. výrubovej triede.

Stavbu realizuje združenie Doprastav, a. s., Váhostav – SK, a. s., Strabag, a. s. a Metrostav SK, a. s.

TUNEL ČEBRAŤ

Súčasťou diaľničného úseku D1 Hubová – Ivachnová je dvoj Rúrový tunel Čebrať (1994 m).

completed. The work on placing kerbs, assembling drainage troughs and the fire main has also been finished. The tunnel equipment is being installed and the casting of the concrete roadway in the tunnel is being prepared to start on July 11, 2016.

The Svrčinovec tunnel is a 420m long single-tube tunnel located at the beginning of the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway section, just beyond the Svrčinovec intersection. The excavation started from the western portal on October 30, 2014.

The tunnel breakthrough ceremony took place on June 23, 2015. Till now even the secondary tunnel lining has been completed. At the moment, the tunnel equipment and the concrete tunnel roadway are being realised. The construction is ensured 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 twin-tube motorway tunnels on the Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway: the Ovčiarisko and Žilina tunnels with the total length of 13.2km.

The excavation of the 2367m long Ovčiarisko tunnel commenced on September 12, 2014. The 2300m long northern tunnel tube breakthrough celebration took place on April 29, 2016. As of June 30, 2016, 1903.19m of the excavation has been finished from the western portal of the southern tunnel tube, whilst 358.79m of the southern tunnel tube have been completed of the length of 358.79m, it is together 2261.95m, which means 97% of the 2320m long mined portion of the STT. The STT tunnel breakthrough is assumed to take place at the end of July 2016.

The average daily increment on the southern tunnel tube (western portal + eastern portal) during the last month is approximately 4.6m per day. The secondary lining of the northern tunnel tube is being carried out in parallel. Till now 97 blocks of the invert and 21 blocks of the upper vault have been completed. Preparation work for the realisation of the secondary lining is underway in the NTT. The beginning of casting of the concrete upper vault of the secondary lining is planned for October 2016.

The excavation of the shorter of the two tunnels, the 687m long Žilina tunnel, commenced at the western portal on November 5, 2014. The tunnel is a twin-tube structure. It is being constructed within the framework of the Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway.

As of June 30, the excavation of 192.64m and 152.11m long sections has been finished from the western portal and eastern portal, respectively, together 344.75m, which means 50% of the mined portion of the 685.5m long NTT.

As of June 30, 2016, the excavation of 237.45m and 222.57m long sections has been finished from the western portal and eastern portal, respectively, together 460.02m, which means 70% of the mined portion of the 657m long STT. Because of unfavourable geological conditions, the average daily increment on each tunnel tube (western portal + eastern portal) for the last month was approximately 1.5m per day. The excavation from the western portal is proceeding through the worst excavation support class No. 8.

The construction is being realised by a consortium formed by Doprastav, a. s., Váhostav – SK, a. s., Strabag, a. s. and Metrostav SK, a. s.



Obr. 1 Tunel Považský Chlmec
Fig. 1 Považský Chlmec tunnel

V uplynulých mesiacoch boli diagnostikované rozsiahle problémy so stabilitou územia na západnom portáli tunela Čebrať a nadväzujúcom úseku diaľnice, ktoré si pravdepodobne vyžadujú rozsiahle zmeny v technickom riešení. Z tohto dôvodu sú v súčasnosti práce na tomto tuneli pozastavené. Razenie sa realizovalo len z východného portálu a v súčasnosti je vyrazených cca 8 % dĺžky tunela.

Zhotoviteľom stavby je združenie spoločností OHL ŽS, a.s., a Váhostav – SK, a. s.

TUNEL POVAŽSKÝ CHLMEC

Dvojrúrový diaľničný tunel Považský Chlmec (južná tunelová rúra 2186,5 m, severná tunelová rúra 2249 m) je súčasťou diaľničného úseku, ktorý tvorí juhozápadný obchvat mesta Žilina D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno).

Tunel je realizovaný pomocou NRTM. Južná tunelová rúra je prerazená v celej dĺžke, v severnej rúre chýba do prerážky v kalote posledných 20 m na strane východného portálu. Na portáli sa po zakotvení stien stavebnej jamy predpätými lanovými kotvami betónuje železobetónový múr výšky 10 m pre vystuženie horninového piliera, ako opatrenie pre začatie razenia od východu smerom ku strednej stavebnej jame. Od západného portálu je definitívne ostenie vybetónované až do strednej stavebnej jamy vrátane núdzových zálivov v oboch tunelových rúrach. Obr. 1 ukazuje výstuž v núdzovom zálive v mieste kríženia s tunelovou prepojkou a pripravený „rucksak“ debniaceho voza. V strednej stavebnej jame sa pripravuje falošné primárne ostenie, ktoré slúži ako rubové debnenie pre bloky betonáže hĺbených tunelov v severnej aj južnej tunelovej rúre. Pracovný prúd profilácie primárneho ostenia, podkladných betónov pod základové pásy, drenážneho systému, dážnikovej hydroizolácie aj vlastná betonáž definitívneho ostenia smeruje v oboch tunelových rúrach od strednej jamy k východnému portálu. K 12. 7. 2016 bol v južnej tunelovej rúre vybetónovaný blok betonáže definitívneho ostenia č. 104 (celkom 180), v severnej tunelovej rúre blok betonáže č. 99 (celkom 175). Štandardné bloky betonáže majú dĺžku 12,5 m, portálové bloky dĺžku 12 m. Pre obmedzenie vzniku zmrašťovacích trhlín sa pre ošetrovanie betónu klenieb definitívneho ostenia štandardne používa ošetrovací (klima) voz v dĺžke 25 m. K uvedenému dátumu bola začatá betonáž definitívneho ostenia aj v prepojke číslo 1. Na základe vyhodnotenia výsledkov geotechnického monitoringu sa v oboch tunelových rúrach očakáva viac ako 60 % dĺžky sekundárneho ostenia bez výstuže. Od západného portálu sa v severnej tunelovej rúre realizujú štrbinové žľaby a obrubníky ako základný prvok pre betonáž káblovodov.

Zhotoviteľom stavby je združenie Eurovia a. s., Hochtief a. s. a Stavby mostov Slovakia, a. s.

ČEBRAŤ TUNNEL

The 1994m long Čebrať tunnel is part of the Hubová – Ivachnová section of the D1 motorway.

Extensive problems with the stability of the area at the western portal of the Čebrať tunnel and the adjacent motorway section were diagnosed during the past months. They will probably require major changes in the technical solutions. For that reason the work on this tunnel is currently suspended. The tunnel excavation proceeded only from the eastern portal; approximately 8% of the tunnel excavation length has been finished.

The contractor for this part is a consortium consisting of OHL ŽS, a.s., and Váhostav – SK, a. s.

POVAŽSKÝ CHLMEC TUNNEL

The Považský Chlmec twin-tube motorway tunnel (the southern tunnel tube 2186.5m long, the northern tunnel tube 2249m long) is part of the motorway section forming the south-western bypass of the town of Žilina: D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno).

The tunnel is being realised using the NATM. The excavation of the southern tunnel tube has been finished throughout its length; last 20m of the excavation remain to be finished on the eastern portal side in the northern tunnel tube. A 10m high reinforced concrete wall designed to reinforce the rock pillar is being cast at the portal, after anchoring the construction pit walls with pre-tensioned cable anchors. This measure is intended to allow the excavation from the east towards the mid-point construction pit to commence. From the western portal, the casting of the concrete final lining has been finished up to the mid-point construction pit, including emergency lay-bys in both tunnel tubes. The Figure 1 shows the reinforcement in the emergency lay-by in the location of the intersection with a cross passage and the “rucksack” of the travelling form prepared for casting of concrete. A false primary lining serving as external formwork for casting the blocks of cut-and-cover tunnels of the northern and southern tunnel tubes is being prepared in the mid-point construction pit. The workflow comprising the profiling of the primary lining, casting of blinding concrete under the footings, the installation of the drainage system and waterproofing umbrella, as well as the casting of the final lining itself, is heading in both tunnel tubes from the mid-point construction pit towards the eastern portal. As of July 12, 2016, casting block No. 104 (the total of 180) and casting block No. 99 (the total of 175) have been finished in the southern tunnel tube and the northern tunnel tube, respectively. Standard casting blocks are 12.5m long; portal blocks are 12m long. A 25m long traveller treatment scaffold is used as a standard for treating the concrete of the final lining vaults to restrict the development of shrinkage cracks. The casting of the concrete final lining in cross passage No. 1. also commenced on the above-mentioned date. Based on the assessment of results of the geotechnical monitoring, over 60% of the length of the secondary lining in both tunnel tubes is expected to be without concrete reinforcement. From the western portal of the northern tunnel tube, slotted drainage troughs and kerbs are being placed as a basic element for casting concrete cable ducts.

The contractor is a consortium of companies of Eurovia a. s., Hochtief a. s. and Stavby mostov Slovakia, a. s.

VIŠŇOVÉ TUNNEL

The excavation of the 7500m long Višňové tunnel, which is part of the Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala section of the D1 motorway, started in April 2015.

TUNEL VIŠŇOVÉ

Razenie tunela Višňové (7500 m), ktorý je súčasťou úseku D1 Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala, začalo v apríli 2015.

V súčasnosti prebieha razenie od oboch portálov. K 11. 7. 2016 je od západného portálu vyrazených 1058 m severnej tunelovej rúry a 983 m južnej tunelovej rúry. Od východného portálu je vyrazených 1137 m severnej tunelovej rúry a 907 m južnej tunelovej rúry. Celkovo je teda začiatkom júla 2016 vyrazených 4085 m, čo predstavuje 27,2 % z celkovej dĺžky razených tunelových rúr. Okrem razenia tunelových rúr sa razí priportálový úsek odvodňovacej štôlne od východného portálu ako aj viaceré priečne prepojenia. Metóda razenia je plnoprofilové razenie podľa prístupu ADECO - RS, ktorý je na Slovensku použitý prvýkrát.

Zhotoviteľom diaľničného úseku je združenie firiem Salini Impregilo S. p. A a Dúha, a. s.

*Ing. MILAN MAJERČÍK, milan.majercik@ndsas.sk,
Ing. LIBOR MAŘÍK, libor.marik@hochtief.cz*

At the moment the tunnel is being excavated from both portals. As of July 11, 2016, 1058m and 983m of the excavation have been finished from the western portal and eastern portal, respectively. From the eastern portal, the excavation of 1137m and 907m of the northern tunnel tube and southern tunnel tube, respectively, has been finished. In total, 4085m of the excavation have been finished at the beginning of July. This length represents 27.2% of the total length of the mined tunnel tubes. In addition to the excavation of the tunnel tubes, several cross passages are being driven, as well as the portal section of the drainage gallery (being driven from the eastern portal). The excavation method lies in full-face driving according to the ADECO – RS approach. It is used in Slovakia for the first time.

The contractor for the motorway section is a consortium formed by Salini Impregilo S. p. A and Dúha, a. s.

*Ing. MILAN MAJERČÍK, milan.majercik@ndsas.sk,
Ing. LIBOR MAŘÍK, libor.marik@hochtief.cz*

VÝROČÍ / ANNIVERSARIES

80 LET ING. MIROSLAVA KOLEČKÁŘE

80 YEARS OF AGE OF ING. MIROSLAV KOLEČKÁŘ

Dne 2. října se dožívá 80 let náš kolega, který se dlouhodobě zabývá problematikou podzemních staveb. O jeho činnosti a profesní kariéře byl u příležitosti jeho 75. narozenin uveden článek v časopisu Tunel č. 4/2011. Proto zde popisujeme jeho působení jen v posledním období a následně formou rozhovoru s autorem článku některá doporučení pro mladší kolegy.



Pracovní činnost ve firmě VIS, a.s. uzavřel v srpnu 2014 po ukončení monitoringu stavby křižovatky Malovanka a ražbě odvodňovací štoly pod Strahovskými tunely.

Jako hlavní inženýr jednostupňového projektu průzkumné štoly tunelu Radlice o délce 850 m se výrazně podílel na prosazení této stavby a následně celé Radlické radiály.

Je spoluautorem dvou referátů na konferenci Podzemní stavby 2013 k neobvyklým poklesům podél hloubených tunelů v oblasti křižovatky Malovanka v Praze 6 a k řešení průzkumné štoly Radlického tunelu. Příspěvek s názvem *Průzkumná štola tunelu Radlice v Praze* autorů Chmelař, Butovič, Kolečkář reprezentoval ČR na Světovém tunelářském kongresu 2014 v Brazílii.

I v současné době spolupracuje formou expertní a poradenské činnosti pro různé firmy a nikdy nezapomíná na akce organizované ITA-AITES.

Krásou povolání stavebního inženýra je, že po něm kromě vzpomínek zůstává něco postaveného, co vlastní činností ovlivnil. Co je to v Tvém případě?

Je to zcela jistě konstrukce halového podchodu uprostřed Václavského náměstí, dále řešení prostupových částí ražených stanic metra v Praze s obezdívkami z montovaného železobetonu, výstavba obytného souboru 300 bytů v oblas-

On the 2nd October our colleague Ing. Miroslav Kolečkář will live to see eighty. He has occupied himself with problems of underground construction for a really long time. His activities and professional career were the subject of an article in TUNEL journal issue No. 4/2011, which was published on the occasion of his 75th birthday. For that reason we will only describe his work in the last period of time and, subsequently, we will present some recommendations for younger colleagues in the form of his discussion with the author of this article.

Ing. Kolečkář ended his working activity in the company of VIS, a.s. in August 2014, after the completion of the monitoring of the construction of the Malovanka intersection and the excavation of the drainage gallery under the Strahov tunnel tubes.

In the position of the chief engineer of the one-stage design for the exploratory gallery for the 850m long Radlice tunnel he significantly participated in pushing this project, and subsequently the entire Radlice Radial Road project, through.

He is a co-author of two papers for the conference Underground Construction 2013 dealing with the unusual settlement along cut-and-cover tunnels in the area of the Malovanka intersection in Prague 6 and with the solution to the exploratory gallery for the Radlice tunnel. The paper titled *“Exploratory Gallery for the Radlice Tunnel in Prague”* by authors Chmelař, Butovič and Kolečkář represented the Czech Republic at the World Tunnel Congress 2014 in Brazil.

He collaborates even now in the form of expert and advisory work for various companies and never forgets about events organised by the ITA-AITES.

It is the beauty of the profession of a civil engineer that, apart from memories, some completed structure that he influenced by his own work remains after him. What is it in your case?

It is certainly the large-span structure of the subway in the centre of Wenceslas Square, further on the solution to cross passage openings in mined 3-vault metro stations lined with concrete segments, the construction of a residential complex of 300 apartments in the area of Jinonice (instead of provisional construction

ti Jinonic (místo dočasných ZS pro trasu IIIB metra), zajištění ocelového přemostění nad rybníkem v Nových Butovicích místo zemního valu a prosazení prvního sekundárního ostění z prostého betonu u tunelu Libouchec v rámci činnosti experta pro ministerstvo dopravy a EU.

Prioritou však pro mne zůstává návrh, statické řešení a trvalý autorský dozor při výstavbě podchodu na Václavském náměstí v letech 1964 až 1968. Byla to složitá, neopakovatelně komplikovaná stavba s nutností zachovat provoz tramvají v obou směrech. O stavbě jsem napsal články do Inženýrských staveb č. 7 a 12/1968. I přes značný časový odstup je tato originální konstrukce aktuální dodnes, kdy investoři a projektanti hledají v konkurenčním boji to nejvýhodnější řešení.

Měl jsi to štěstí, že jsi se jako projektant, pracovník Metrostavu a následně člen investorské organizace podílel na ovlivnění výstavby velkých tunelových staveb v Praze. Co Ti to přineslo a na co nejraději vzpomínáš?

Přesvědčení, že stavby, na kterých jsem se podílel, byly nezbytné, uvolnily prostor na povrchu území. Dále jsem měl možnost spolupráce se skvělými lidmi, z nichž musím jmenovat zejména akademika Stanislava Bechyně v období projekce a výstavby podchodu na Václavském náměstí a za třetí možnosti cest po světě. Nezapomenutelné pro mne jako stavebního inženýra byly zejména návštěva Velké čínské zdi, v Austrálii mostu nad zátokou v Sydney a lanovka z Cairns nad pralesem do Kurandy a v Izraeli návštěva rozvalin nejstaršího města na světě Jericha. V Evropě to jsou tři světově proslulé kupole v Itálii, a to Pantheon a bazilika sv. Petra v Římě a dóm Santa Maria del Fiore ve Florencii, ve Švýcarsku železniční trať na Jungfrauoch a v Polsku solné doly Wieliczka.

Jaká doporučení máš pro současnou generaci inženýrů?

Za prvé, že úspěch jakékoliv cesty se ze 70 % zakládá na přípravě a studování podkladů před zahájením této cesty. Za druhé, že používání norem je v některých případech příliš svazující, a proto je potřeba znát podstatu vzniku jednotlivých článků normy. Největší stavební díla vznikla na hraně nebo dokonce i za hranicí normy.

Co se Ti nepodařilo splnit nebo dokončit?

Nepodařilo se mi to, co jsme si slíbili v roce 2001 s prof. Eisensteinem, že po odchodu do důchodu společně napíšeme pojednání „Skutečné příčiny havárií tunelů v ČR“. K tomu již nedojde nejen pro Zdeňkův odchod do tunelářského nebe. Věřím však, že se dočkám výstavby tunelů Radlické radiály, k jejichž zahájení jsem částečně přispěl.

Co říci na závěr? Slavný americký podnikatel Henry Ford, který se dožil 94 let, řekl, že „Kdokoliv se přestane učit, je starý, ať už ve dvaceti nebo v osmdesáti. Kdokoliv se stále učí, je mladý. Nejskvělejší věc v životě je udržovat mladou mysl“. Ty se těmito zásadami řídíš celých 45 let, kdy jsem měl možnost s Tebou spolupracovat.

Proto Ti, Miroslave, za celou tunelářskou obec přeji pevně zdraví do dalších let a častá setkání na akcích ITA-AITES i při jiných příležitostech.

Ing. JAROSLAV NĚMEČEK

site facilities for the Metro Line IIIB), ensuring the steel bridging over a pond in Nové Butovice instead of an embankment and pressing the first unreinforced concrete secondary lining for the Libouchec tunnel in the position of an expert for the Ministry of Transport and the EU.

But the proposal, structural design and permanent consulting engineer's supervision during the construction of the pedestrian subway in Wenceslas Square in 1964 through to 1968 remains the priority for me. It was complicated, unrepeatably complicated construction with the necessity for maintaining tramway traffic in both directions. I wrote a paper on the construction for Inženýrské Stavby journal, which was published in issues No. 7 and 12/1968. Even despite the significant lapse of time, this original structure is topical till now, when project owners and designers seek the most beneficial solutions in the competitive struggle.

You were fortunate to participate in the position of a designer, an employee of Metrostav and subsequently a member of an investment organisation in influencing the development of large tunnel construction projects in Prague. What was the benefit for you and what do you prefer to remember?

It was the strong belief that the projects I participated in were necessary and freed space on the ground surface. In addition, I had the opportunity to collaborate with great persons, of which I must name first of all academician Stanislav Bechyně at the time of the work on the design and construction of the pedestrian subway in Wenceslas Square. Thirdly it is the possibility of travelling all over the world. My journeys, in particular the visit to the Great Chinese Wall, the bridge over the Sydney Bay in Australia and the cableway from Cairns to Kuranda over the primeval forest and the visit to the ruins of the oldest city in the world, Jericho, Israel, were unforgettable for me, a civil engineer. In Europe, three world famous cupolas (Pantheon and St. Peter's Basilica in Rome and the Cathedral of Santa Maria del Fiore in Florence), the railway track to Jungfrauoch in Switzerland and Wieliczka salt mines in Poland also belong among them.

Which recommendations have you got for the current generation of civil engineers?

Firstly it is that 70% of the success of any journey consist of the preparation and study of source documents before setting off. Secondly it is that in some cases the application of standards is too binding and for that reason it is necessary to know the circumstances of the origination of individual paragraphs of the standard. The largest civil engineering structures originated on the edge or even beyond standards.

What have you failed to fulfil or complete?

I have failed to fulfil what me and Professor Eisenstein promised to each other in 2001 that after retiring we would jointly write a treatise on "Actual causes of collapses of tunnels in the Czech Republic". It will never happen not only because of the departure of Professor Eisenstein to the heaven of tunnelling engineers. But I believe that I will live to see the construction of tunnels on the Radlice Radial Road, to the commencement of which I partially contributed.

What to say in the conclusion? Henry Ford, the famous American industrialist, who lived to see 94, said: „Anyone who stops learning is old, whether at twenty or eighty. Anyone who keeps learning stays young. The greatest thing in life is to keep your mind young“. You have followed these principles for the 45 years during which I have had the opportunity to collaborate with you.

For that reason I wish you, Miroslav, on behalf of the entire community of tunnel constructors, great health to the future years and frequent meetings at the ITA-AITES events as well as other occasions.

Ing. JAROSLAV NĚMEČEK

70 LET ING. JAROMÍRA ZLÁMALA

70 YEARS OF AGE OF ING. JAROMÍR ZLÁMAL

Významné jubileum dovršil 21. června 2016 Ing. Jaromír Zlámal. Narodil se ve Vyškově na Moravě, dětství a dospívání prožil v Olomouci. Stavební fakultu ČVUT v Praze se zaměřením na konstrukce a dopravu absolvoval v roce 1971 s červeným diplomem. Po absolutoriu nastoupil do nově založeného projektového ústavu DP Metroprojekt v Praze, zaměřeného na komplexní řešení problematiky městské hromadné dopravy Praze a v ostatních větších městech Československa.



Zde se od počátku zaměřil na projektování ražených stanic a traťových tunelů metra, podílel se na projektech konstrukcí ve stanici metra Muzeum na trase A. Od roku 1973 zastával funkci vedoucího projektanta pro podzemní konstrukce a byl zpracovatelem projektu a statických výpočtů konstrukcí stanice metra Flora a Nám. Jiřího z Poděbrad na trase IIA. Své zkušenosti zúročil následně od roku 1978 jako vedoucí projektant – specialista pro metro. V této funkci zpracovával projekty např. ražených stanic Národní Třída, Náměstí Republiky, Karlovo Náměstí, Anděl či statické výpočty ocelových konstrukcí pro stanice metra trasy B – Křižíkova, Invalidovna, Jinonice, Českomoravská, Vysočanská, Kolbenova, Hloubětín. Ty byly projektovány podle autorského osvědčení autorů Ing. B. Hanula, Ing. E. Stehlík a Ing. J. Zlámala.

Pracoval také na dalších projektech. Byl zpracovatelem projektu a statického výpočtu tubingů a vyztužených prefabrikátů v silničním tunelu Strahov v Praze. Rovněž vypracoval statický výpočet prvního silničního tunelu v ČR budovaného metodou NRTM Hřebeč – Moravská Třebová a prvního dvojkolejného tunelu metra budovaného metodou NRTM, mezi stanicemi Rajská Zahrada – Hloubětín, trasa IVB. Ing. Jaromír Zlámal je autorem mnoha expertních posudků a statických výpočtů pro stavby stojící nad tunely pražského metra. Podílel se na vývoji programů pro statické výpočty ražených tunelových konstrukcí a podzemních kotvených stěn.

Vedle svých pracovních aktivit absolvoval dvě postgraduální studia. V roce 1975 obor Projektování, stavba, provoz a údržba podzemních drah na Vysoké škole dopravní v Žilině – fakulta Prevádzky a ekonomiky a v roce 1985 obor Angličtina pro experty na Pedagogické fakultě Univerzity Karlovy v Praze. V roce 1994 se stal hlavním inženýrem projektu Metra v Taipei ve firmě Sinovan Company na Taiwanu, kde působil do roku 1998 a zúročil tak své bohaté projekční zkušenosti.

Od roku 1997 až do současnosti je zaměstnán ve firmě POHL cz, a.s. na pozici technického manažera. Z mnoha zakázek, na kterých se podílel jako odpovědný řešitel geotechnických prací, jmenujme alespoň Úslavský kanalizační sběrač – 2. etapa, Kanalizační sběrač H prodloužení do Běchovic, etapa 0001 Stoka H1 a Rekonstrukce kanalizace, ul. Vinohradská a okolí v Praze 2 – II. etapa.

Ing. Jaromír Zlámal je členem komory autorizovaných inženýrů a techniků (ČKAIT), mezinárodní asociace pro

Ing. Jaroslav Zlámal celebrated the important anniversary on the 21st June 2016. He was born in Vyškov, Moravia, and spent his childhood and adolescence in Olomouc. He graduated with a red diploma in 1971 from the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical University in Prague with a degree from the Department of Civil Engineering and Traffic Structures. After the discharge, he entered the newly founded designing institute of Metroprojekt in Prague, which was focused on comprehensive solution to problems of the urban mass transit system in Prague and other bigger cities of Czechoslovakia.

In Metroprojekt, he in the beginning dedicated himself to designing mined metro stations and running tunnels, participated in designing structures in Muzeum station on the metro Line A. From 1973 he held the function of the chief designer for underground structures and was the author of the design and structural analyses of structures of Flora and Náměstí Jiřího z Poděbrad stations on the Line IIA. He took advantage of his experience subsequently, from 1978, in the position of a chief designer – metro specialist. In this position he carried out designs, for example, for Národní Třída, Náměstí Republiky, Karlovo Náměstí and Anděl mined stations or structural analyses for Křižíkova, Invalidovna, Jinonice, Českomoravská, Vysočanská, Kolbenova and Hloubětín stations on the metro Line B. Those stations were designed according to the author certificate of authors Ing. B. Hanula, Ing. E. Stehlík and Ing. J. Zlámal.

He worked also on other designs. He was the author of the design and structural analysis for lining segments and reinforced pre-cast elements in the Strahov road tunnel in Prague. He in addition carried out the structural analysis for the Hřebeč – Moravská Třebová tunnel, which was the first road tunnel in the Czech Republic constructed using the NATM, and the first double-track metro tunnel between Rajská Zahrada and Hloubětín stations on the Line IVB constructed using the NATM method. Ing. Jaromír Zlámal is an author of many expert opinions and structural analyses for buildings standing above Prague metro tunnels. He participated in the development of programs for structural analyses of mined tunnel structures and anchored diaphragm walls.

In addition to his working activities, he completed two post-graduate studies. In 1975, it was the study course titled Designing, construction, operation and maintenance of underground railways at the College of Transport in Žilina – the faculty of Operation and economy. In 1985 he became the chief engineer for the Taipei Metro project in the Sinovan Company, Taiwan, where he worked until 1998, using the wealth of his designing experience.

He has been employed in the firm of POHL cz, a.s. in the position of a technical manager since 1997. Of the numerous orders he participated in as a responsible solver to geotechnical work, let us at least name the Úslava collector trunk sewer stage 2, the H collector trunk sewer extension to Běchovice, the H1 collector trunk sewer stage 0001 and the Reconstruction of sewerage in Vinohradská Street and the surroundings in Prague 2 – stage II.

Ing. Jaromír Zlámal is a member of the Czech Chamber of Certified Engineers and Technicians (ČKAIT), the International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG) the Czech Institution of Structural and Civil Engineers (CSSI) and the Working Group No. 3

výpočetní metody a postupy v geomechanice (IACMAG) a Českého svazu stavebních inženýrů (ČSSI) pracovní skupiny č. 3 „Smluvní vztahy v podzemních konstrukcích“ při Světové organizaci ITA/AITES. Svoje praktické i teoretické poznatky publikuje v řadě odborných časopisů a na odborných konferencích. Mnoho svého volného času také spojil s činností v přípravných výborech konferencí Podzemní stavby Praha, kde se nezapomenutelně zapsal do přípravy sborníků.

To, že nejen prací je živ člověk, potvrzuje Ing. Zlámal svým kulturním přehledem a svojí sečtělostí. Je velmi poučné s ním začít diskutovat například o dějinách minulého století, kdy nabýváte dojmu, že studium diskutovaného tématu je jeho celoživotní profesní aktivitou. V mládí vesloval v oddíle Slovan Olomouc a zúčastnil se mistrovství republiky na rybníku Svět. Fyzickou kondici si v současnosti udržuje jednak turistikou a jednak pravidelným plaváním.

Redakční rada oceňuje jeho dlouholetou spolupráci na přípravě časopisu a přeje jubilantovi pevné zdraví.

*doc. Dr. Ing. JAN PRUŠKA,
člen redakční rady časopisu TUNEL*

“Contractual relationships in underground construction” of the ITA-AITES. He publishes his practical and theoretical knowledge in numerous technical magazines and in technical conferences. He in addition connected lots of his free time with the activities in steering committees of the Underground Construction Prague conferences, where he unforgettably participated in the preparation of conference proceedings.

Ing. Zlámal confirms the fact that not only by working is man alive by his cultural overview and his erudition. It is very enlightening to begin to discuss, for example, the history of the past century with him. You get the impression that studying the topic is his lifelong professional activity. In his youth he rowed in Slovan Olomouc sports club and participated in the national championship on Svět pond. He currently maintains his physical condition by tourism and regular swimming.

The Editorial Board appreciates the many years of the jubilarian's collaboration on the preparation of TUNEL journal and wishes him great health.

*doc. Dr. Ing. JAN PRUŠKA,
a member of the TUNEL journal Editorial Board*

ŽIVOTNÍ JUBILEUM – 70 LET ING. JAROSLAVA NĚMEČKA **SEVENTIETH BIRTHDAY ANNIVERSARY OF ING. JAROSTAV NĚMEČEK**

V listopadu letošního roku se dožívá v plném pracovním nasazení významného životního jubilea náš spolupracovník, kolega a člen naší tunelářské rodiny Ing. Jaroslav Němeček. Narodil se 26. 11. 1946 v Praze. Nejprve vystudoval známé pražské gymnázium Nad Štolou se zaměřením na matematiku a fyziku a dále absolvoval studium na ČVUT Praha – Fakulta stavební, obor konstruktivně-dopravní.



V roce 1971 nastoupil do Vojenského projektového ústavu v Praze, ateliéru zvláštních a podzemních staveb jako statik. Ihned po nástupu pracoval na projektech trasy A pražského metra, konkrétně na traťových úsecích mezi stanicemi Malostranská – Hradčanská a Hradčanská – Dejvická. Dále spolupracoval na návrhu ochranného systému pražského metra, návrhu technologických center metra a na návrhu ochranného systému Strahovského tunelu. Později se stal vedoucím statické skupiny ateliéru a v roce 1982 byl jmenován hlavním specialistou ústavu pro podzemní stavby. Věnoval se problematice návrhu trvalých podzemních ochranných staveb na mimořádné účinky jaderných zbraní a vypracoval se na předního znalce této problematiky u nás.

V roce 1992 odešel spolu s asi 15 zaměstnanci ateliéru do nové společnosti SATRA, spol. s r.o., kterou založili Ing. L. Šajtar a Ing. J. Dvořák, rovněž zaměstnanci ateliéru. Brzy se tato společnost stala respektovanou a prosperující firmou. Nermalou zásluhu na tom má i náš jubilant, který byl hlavním inženýrem projektu pražského automobilového tunelu Mrázovka a později i hlavním inženýrem projektu automobilového tunelového komplexu Blanka. Tunel Mrázovka byl

In November this year, Ing. Jaroslav Němeček, our collaborator, colleague and a member of our family of tunnel builders, will live with full work commitment to see seventy. He was born in Prague on 26th November 1946. First he graduated from the famous high school Nad Štolou, focusing on mathematics and physics, and further graduated from the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical University in Prague with a degree in civil engineering from the Department of Civil Engineering and Traffic Structures.

In 1971 he entered the Vojenský Projektový Ústav (the Military Designing Institute) in Prague, the studio of special and underground structures, in the position of a structural engineer. Immediately after the entry, he worked on designs for the Line A of the Prague Metro, concretely the track sections between Malostranská and Hradčanská stations and between Hradčanská and Dejvická stations. Further he collaborated on the design for the metro protection system, the design for metro technology centres and the design for the protection system in the Strahov tunnel. Later he became the chief of the structural analysis team of the studio and, in 1982, was appointed as the main specialist of the institute for underground structures. He dedicated himself to problems of designing permanent underground protection structures for extraordinary effects of nuclear arms and worked his way up to become a leading expert on this issue in our country.

In 1992 he, together with about 15 employees, transferred to SATRA, spol. s r.o., a new company founded by Ing. L. Šajtar and Ing. J. Dvořák, who had also been employees of the studio. The company soon became a respected and prospering firm. Our jubilarian has also considerable merit in it. He was the main engineer for the design for the Mrázovka automobile tunnel in Prague and, later, even the main engineer for the Blanka complex of automobile tunnels. The Mrázovka tunnel was the first automobile tunnel in Prague to be constructed using the NATM technique. Together with the Strahov tunnel, the

prvním automobilovým tunelem v Praze, který byl vybudován technologií NRTM. V návaznosti na Strahovský tunel a tunely Blanka se jedná o největší městský tunelový komplex v Evropě. V současné době je Ing. J. Němeček členem týmu technického dozoru investora na stavbě železničních tunelů Ejpvovice, které se budují razicím štítem Herrenknecht.

Ing. J. Němeček je autorizovaným inženýrem v oboru geotechnika od roku 1995. Zúčastnil se několika světových tunelářských kongresů – ve Vídni, Miláně, Istanbulu, indické Akře, Vancouveru a Soulu, kde přednášel referát o pražských tunelech. Podílel se na přípravě světového tunelářského kongresu, který byl v roce 2007 pořádán CzTA v Praze. Pracoval v přípravném výboru jako člen vědecké rady ITA-AITES a předsedal některým sekcím.

Znám Jaroslava 45 let, a proto dobře vím, jaký je inteligentní, upřímný a skvělý člověk. Od skončení vysoké školy a vstupu do prvního zaměstnání byl doslova vtažen do řešení složitých problémů podzemního stavitelství. Měl velké štěstí, protože již tehdy se osobně seznámil s tunelářskou špičkou tehdejší doby (J. Mencl, V. Mencl, Bažant, Kameníček, Verfel, Hálek) a pochopil, jak je důležitá praktická spolupráce s nejlepšími lidmi oboru.

O mnoho let později při projektovém řešení a realizaci tunelu Mrázovka v letech 1997 – 2003 byl aktivním členem první rady monitoringu (RAMO), která řídila aplikaci nejrozsáhlejšího uplatňování observační metody v dějinách českého tunelářství. Tehdy se znovu setkával s dalšími hvězdami tunelářského nebe (Barták, Bucek ml., Eisenstein, Rozsypal, Hudek) nad problémy nejsložitějšího tunelového komplexu republiky. Monitoring, činnost RAMO a publikování výsledků (viz časopis Tunel 2/2002 a kap. 8 knihy Tunel Mrázovka ze 12/2004) jsou dodnes základní „kuchařkou“ všech tunelových staveb v Česku i na Slovensku. Na tom má jubilant nezapomenutelnou zásluhu.

V soukromém životě je již 31 let šťastným manželem a otcem dcery. Též díky své ženě, která je mj. externí tlumočnicí němčiny pro EU, procestoval celou Evropu a svět. Radost mu dělají dvě vnoučata, zajímá se o sport, rád čte. Velkou jeho zálibou jsou šachy, které dodnes hraje závodně.

Je tiché povahy a snad nic nevystihuje jeho osobnost lépe než jím předčasně uplatňovaný slavný Hemingwayův citát „Trvá dva roky, než se člověk naučí mluvit, a šedesát, než se naučí mlčet.“ Kvůli tomu a pro a jeho přirozenou skromnost není dnešní generaci dostatečně známo, že Ing. Němeček patří mezi nejzkušenější odborníky naší profese.

Přejme našemu jubilantovi pevné zdraví a elán do další aktivní činnosti ve firmě SATRA, spol. s r.o. ve prospěch českého podzemního stavitelství.

Ing. MIROSLAV KOLEČKÁŘ

Blanka tunnels form the largest urban complex of tunnels in Europe. Currently Ing. J. Němeček is a member of project owner's technical supervision team on the construction site of the Ejpvovice railway tunnels, which are being driven using a Herrenknecht TBM.

Ing. J. Němeček has been an authorised engineer in the field of geotechnics since 1995. He participated in several world tunnel congresses – in Vienna, Milano, Istanbul, Indian Akra, Vancouver and Seoul, where he presented a paper on Prague tunnels. He also participated in the preparation of the world tunnel congress held in Prague in 2007. He worked in the steering committee in the position of a member of the ITA-AITES scientific council and chaired some sections.

I have known Jaroslav for 45 years. For that reason I know very well how intelligent, sincere and great person he is. Since the end of the university studies and the entry to the first employment he has been literally dragged in complex problems of underground structural engineering. He was very lucky because he personally met with the tunnel construction celebrities of that time (J. Mencl, V. Mencl, Bažant, Kameníček, Verfel, Hálek) and understood how important practical collaboration with the best persons of the industrial branch is.

Many years later, in 1997 – 2003, when the Mrázovka tunnel was being designed and constructed, he was an active member of the first monitoring board managing the application of the most extensive application of the observational method in the history of the Czech tunnelling industry. At that time he again met with other stars of the tunnelling heaven (Barták, Bucek jun., Eisenstein, Rozsypal, Hudek) over problems of the most complicated complex of tunnels in the Czech Republic. The monitoring, the activity of the monitoring board and publishing the results (see the TUNEL journal issue No. 2/2002 and chapter 8 of the book The Mrázovka Tunnel from 12/2004) are still the “basic cookbook” of all tunnel construction projects both in Czechia and Slovakia. The jubilarian has a memorable merit in it.

In his private life, he has been a happy husband and father of a daughter already for 31 years. It is also thanks to his wife, who is, among others, an external German interpreter for the EU, he has travelled over the whole Europe and the world. Two grandchildren make him happy. He is interested in sports and loves reading. He is very fond of chess, which he plays competitively until today.

He is of a quiet nature and possibly nothing describes his personality better than Hemingway's famous quotation he prematurely applies “It takes two years to learn to speak and sixty to learn to keep quiet”. It is also for that reason and due to his natural modesty that it is not sufficiently known to the current generation that Ing. Němeček belongs among the most experienced professionals of our profession.

We wish our jubilarian great health and zing to further activities in the company of SATRA, spol. s r.o. in favour of the Czech underground construction industry.

Ing. MIROSLAV KOLEČKÁŘ

Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

POHLEDNICE S TUNELY V USA

PICTURE POSTCARDS WITH TUNNELS IN THE USA

Some picture cards depicting tunnels in the USA were already introduced in the issues No. 1/2015, 2/2015 and 3/2015 of TUNEL journal. Other six tunnels increase their number in the following paper – they cover railway tunnels, road, respectively motorway tunnels and two underground railway tunnels, one underground station among them.

Již v číslech 1/2015, 2/2015 a 3/2015 časopisu TUNEL byly představeny některé pohlednice zobrazující tunely v USA. V následujícím příspěvku k nim přibývá dalších šest – jedná se o tunely železniční a silniční, resp. dálniční a dva tunely podzemní dráhy, v to počítaje i jednu podzemní stanici.

TUNEL NA MOFFATOVĚ DRÁZE V COLORADU

V čísle 3/2015 časopisu TUNEL byla prezentována pohlednice s tunely číslo 35, 36 a 37 na Moffatově železnici v Coloradu (včetně stručné historie této trati). Na téže železnici, spojující Denver (Colorado) a Salt Lake City (Utah), se nachází i dodnes provozovaný tunel zobrazený na obr. 1. Jedná se pravděpodobně o krátký tunel č. 3, postavený v roce 1903, nacházející se v Jefferson County ve východní části železnice, jihozápadně od města Boulder v South Boulder kaňonu s říčkou South Boulder Creek. V popisu pohlednice uváděné Gibraltarské útesy jsou morfologicky velmi výrazným jurským útvarem. [1]

MOFFATŮV TUNEL

Moffatův tunel je jednokolejný železniční tunel ve středním Coloradu na trati spojující Denver a Salt Lake City. Je pojmenován po železničním průkopníkovi Davidu Moffatovi (viz rovněž „Pohlednice s tunely“ v časopisu TUNEL č. 3/2015), který se nicméně nedožil ani zahájení této stavby. Tunel, umožňující zásadní zkrácení původní Moffatovy železnice, je dlouhý 9,978 km, se světélou šířkou 5,5 m a výškou 7,3 m. Prochází pod James Peak na kontinentálním rozvodí Skalistých hor – obr. 2. V nejvyšším místě nivelety tunelu se trať nachází v úrovni 2816 m n. m.

Stavba byla zahájena v roce 1923, prorážky bylo dosaženo 18. 2. 1927 a pro pravidelný provoz byl tunel otevřený v roce 1928. Souběžně s tunelem byla na jeho jižní straně ražena štola rozměrů 2,4x2,4 m, umožňující průzkum a rozfárání dalších pracovišť. Ta dnes slouží pro zásobování Denveru vodou.



Obr. 1 8493. Gibraltarské útesy v jižním Boulder kaňonu, Moffatova železnice, Colorado. ?? 1900 až 1910? [sbírka autorů]

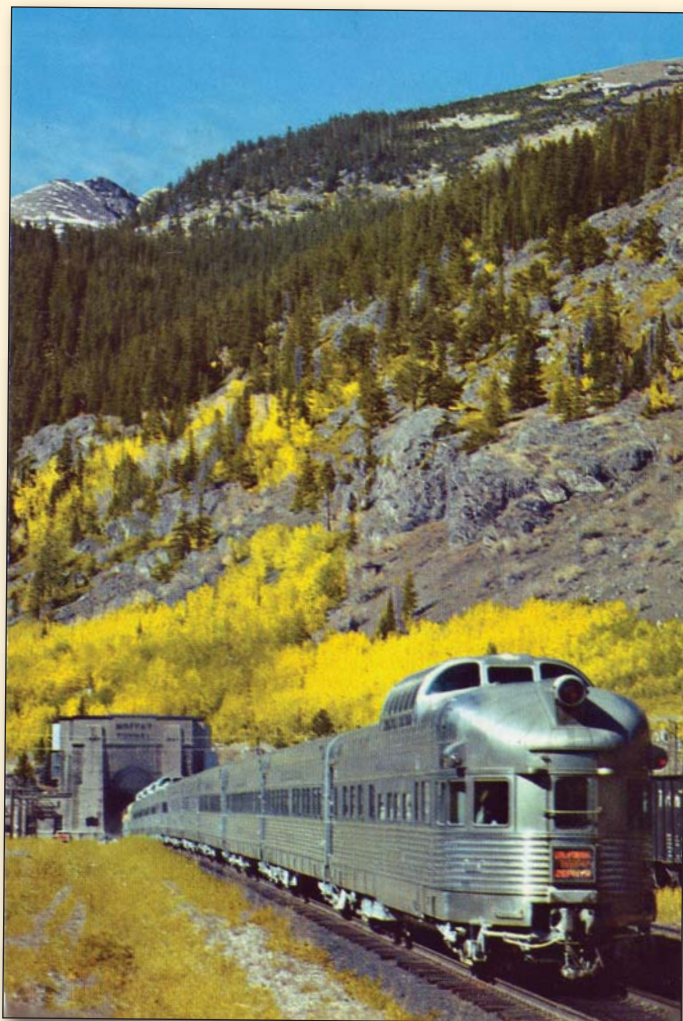
Fig. 1 8493. Gibraltar Cliffs, in South Boulder Canon, Moffat Road, Colo. ??? 1900 – 1910? [author's collection]

Celkové dobové náklady na výstavbu tunelu se uvádějí 15 470 000 US\$ (z toho vyplývá průměrná cena za 1 bm tunelu 1.558 US\$).

Během 5 let stavby zahynulo celkem 28 tunelářů, z toho 6 současně dne 30. 7. 1926. [2]

TUNELY DVOJČATA („TWIN TUNNELS“) – BLUE MOUNTAIN A KITTATINNY

V časopisu TUNEL č. 3/2015 již byla představena pohlednice se stručnou charakteristikou a historií silničního tunelu Allegheny.



Obr. 2 Vlak California Zephyr (Kalifornský západní vítr) vstupuje do východního portálu Moffatova tunelu v Coloradu. Jako šipka projede na západ Moffatovým tunelem dlouhým 6,2 míle (9978 m), čtyři tisíce stop (1219 m) pod Jamesovým štítem (vysokým 13 260 stop – 4042 m). Ve chvíli se změni spád směrem k Atlantiku na spád směrem k Pacifiku, to podle směru Moffatova tunelu, prorážejícího kontinentální rozvodí a poskytujícího snadný průchod masivem divukrásných Skalistých hor. „Mirro-Krome“. © Card by H. S. Crocker Co., Inc., San Francisco 1, Calif. Photo by Transmountain Views, Glenwood Springs, Colo. Okolo 1955? [sbírka autorů]

Fig. 2 The California Zephyr entering the Moffat Tunnel. Here at East Portal, Colorado, the westbound CZ darts through 6.2-mile-long Moffat Tunnel, four thousand feet under James Peak (13,260 feet). From Atlantic slope to Pacific slope in moments...either direction the Moffat Tunnel, piercing the Continental Divide, provides easy passage thru Rocky Mountain wonderlands. „Mirro-Krome“. © Card by H. S. Crocker Co., Inc., San Francisco 1, Calif. Photo by Transmountain Views, Glenwood Springs, Colo. Okolo 1955? [author's collection]



Obr. 3 Letecký pohled na „Twin Tunnels“ (Tunely Dvojčata) Blue Mountain a Kittatinny, prorážející hory Allegheny na Pennsylvanské cestě. E. Madciff, Hershey, Pa. Curteich Color®. 1965. [sbírka autorů]

Na pohlednici je vlevo východní portál tunelu Kittatinny a vpravo, oddělený úzkým cca 180 m širokým údolím Gunter, západní portál tunelu Blue Mountain. Situace (r. 1965) odpovídá stavu těsně před dostavbou druhých trub tunelů (r. 1967).

Fig. 3 Aerial view of the „Twin Tunnels“, Blue Mountain and Kittatinny, cutting Through Allegheny Mountains on the Pennsylvania Turnpike. E. Madciff, Hershey, Pa. Curteich Color®. 1965. [author's collection]

Pictured left is the eastern portal of the Kittatinny tunnel and, pictured right, separated by a narrow, ca 180m wide, Gunter Valley, is the western portal of the Blue Mountain tunnel. The situation (1965) corresponds to the condition just before the completion of the construction of the second tubes of the tunnels (1967).

Dalšími dvěma tunely na této tzv. Pennsylvanské cestě jsou tzv. „Dvojčata“ – tunely Blue Mountain a Kittatinny. Pennsylvanská silnice (Pennsylvania Turnpike) byla dítětem Velké hospodářské krize a je jistou předchůdkyní systému federálních dálnic. Měla původně sedm tunelů. Všechny byly jednorourové, obousměrné, s jedním jízdním pruhem pro každý směr. V roce 1960 byly při úpravách této silnice tři z těchto tunelů opuštěny. „Twins“ – Kittatinny (dl. 1441 m) a Blue Mountain (dl. 1323 m) jsou nejvýchodnější na této cestě a druhý z nich je i nejkratším ze čtyř tunelů v současné době na trase provozovaných. V roce 1967 byly otevřeny pro provoz nové tunely Kittatinny a Blue Mountain s tím, že staré byly opraveny a automobilový provoz je tudíž nyní ve všech, již dvouproudých tunelech, jednosměrný – obr. 3. [3]

„KOŇSKÁ PODKOVA“ (HORSESHOE CURVE)

„Koňskou podkovou“ je nazván tříkolejový železniční oblouk v Blair County v Pennsylvanii. Nachází se na trati spojující N. Y., Philadelphii a Pittsburg a od roku 1854 překonává hory Allegheny. Má délku 724 m a průměr 400 m. Uvnitř oblouku se nachází vodní nádrž (nejvyšší ze tří položených nad sebou) pro zásobování města Altoona. Od roku 1966 se jedná o „Národní památku inženýrského stavitelství“. Uvnitř oblouku, pod tratí, se nachází turistický park, v současnosti s více než 250 000 návštěvníky ročně.

Přístup do turistického parku je z jihu, tunelem Glenwhite Road (na obr. 4 vlevo). Jedná se o dva sružené, totožné, klasicky vyzděné tunelové profily, dl. cca 150 m, a to severní jednoruhový tunel silniční a jižní tunel, převádějící potok Kittanning.

V bezprostřední blízkosti Horseshoe Curve se směrem na západ nacházejí tři železniční Gallitzin tunely – Allegheny (1854, dl. 1101 m), New Portage (1855, dl. 494 m) a od roku 1995 uzavřený Gallitzin (1904, dl. 1101 m). [4, 5]

N. Y. CITY. BROOKLYNSKÁ PODZEMNÍ DRÁHA

Dvě pohlednice zobrazující podzemní dráhu pod řekou Hudson v N. Y. byly představeny již v č. 1/2015 časopisu TUNEL. Na obr. 5 se jedná o další tunel podzemní dráhy v N. Y., tentokrát pod řekou East River.



Obr. 4 Světově proslulý oblouk železnice zvaný Koňská podkova (Horseshoe) v Altooně v Pennsylvanii. Pro železniční dopravu byl otevřen v únoru 1854. Je považován za jeden z největších inženýrských úspěchů všech dob. Ansochrome by Sheldon L. Burns. Published by Modern-Ad, Butler, Pa. 1986. [sbírka autorů]

K západu orientovaný železniční oblouk. Na obr. je patrný vlevo (z jihu) přístup do turistického parku silničním tunelem vedeným souběžně s tunelem potoka Kittanning. Zprava (ze severu) je zřetelný průchod potoka Glenwhite přes železniční těleso. Tento potok vedl původně důlní drenážní vody z výše položených dolů na železnou rudu. Na čele oblouku, pod železniční tratí, je umístěn symbol lokality – koňská podkova.

Fig. 4 World famous Horseshoe Curve, Altoona, Pa. Opened for Rail traffic in February 1854. It is considered one of the greatest engineering accomplishments of all times.

Ansochrome by Sheldon L. Burns. Published by Modern-Ad, Butler, Pa. 1986. [author's collection]

A west-oriented railway curve. The access (from the south) to the tourist park through a railway tunnel running in parallel with the tunnel for the Kittanning Brook can be seen left in the picture. The passage of the Glenwhite Brook across the track bed is obvious from the right side (from the north). This brook originally conducted drainage water from iron ore mines located higher. The symbol of the locality – a horse shoe – is installed at the front end of the curve.

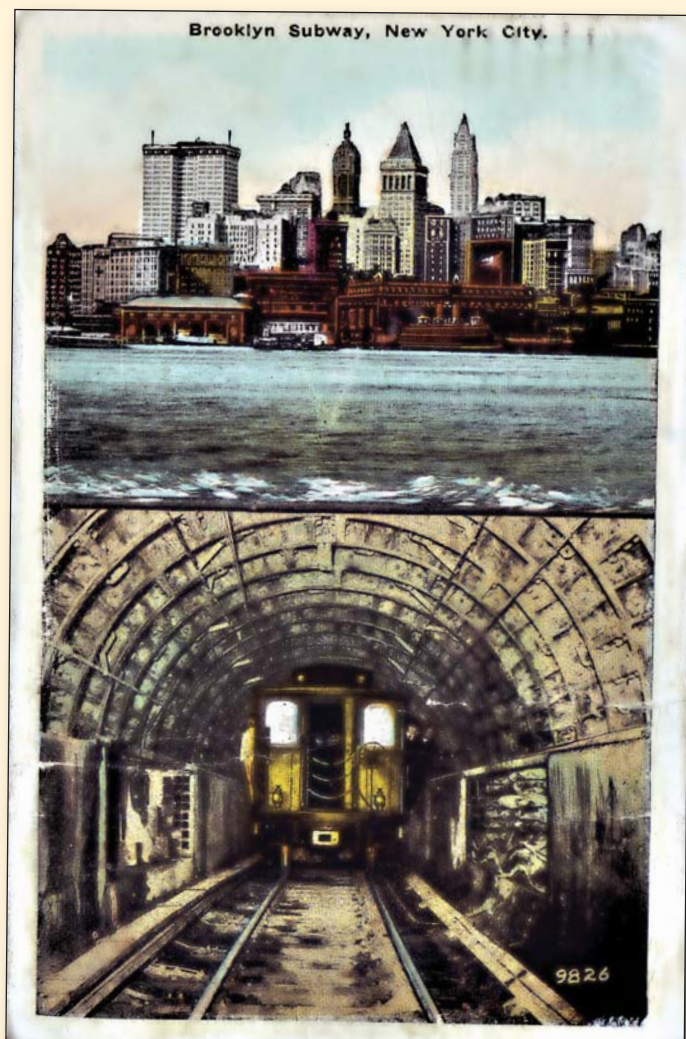
Historie podzemní dráhy v největším městě USA je technicky a především podnikatelsky velmi spletitá. První pokusy o výstavbu se datují již rokem 1869, když byl zvolen tzv. pneumatický systém – v principu zvětšený průřez pneumatické pošty. Tento, jako i řada dalších podnikatelských záměrů však skončily nezdarem. Pravidelný provoz podzemní dráhy v N. Y. zahájila až roku 1904 soukromá společnost Interborough Rapid Company (IRC). Tato společnost v roce 1913 posléze masivně expandovala. Jedním s důsledků tohoto podnikání bylo spojení se společností Brooklyn Rapid Transit (1896 až 1923, resp. 1940). Podnik IRT byl posléze městem vykoupěn v roce 1940. Do tohoto období spadá zřízení na pohlednici zobrazeného podzemního úseku pod řekou East River. Parametry tunelu podzemní dráhy jsou vypsány v komentáři (na rubu pohlednice). Technologie výstavby spočívala v nasazení štítu, s nejvyšší pravděpodobností pneumatického.

V současnosti se uvádí N. Y. Subway jako 4. nejvytíženější na světě, s celkem 469 stanicemi a s denním počtem cca 5 a ¼ milionu cestujících. [6]

STANICE METRA CITY HALL V N. Y.

Stanice metra City Hall byla původně součástí systému Interborough Rapid Transit. [6, 7] Nachází se na spojení dolního Manhattanu a 145. ulice. Otevřena byla roku 1904 a jednalo se (a patrně ještě jedná) o jednu z nejdobnějších stanic ve světě hromadné dopravy. Tato perla secese v podzemním stavitelství byla vybavena románskými oblouky, barevnými skleněnými světlíky, mosaznými lustry... (obr. 6). Nicméně s ohledem na to, že stanice byla příliš krátká a navíc v oblouku (s možností zastavení pouze pěti vozů), nevybavená turnikety a velmi blízko oblíbené stanice Brooklyn Bridge, byla k 31. 12. 1945 pro dopravu uzavřena. V posledním roce provozu jí procházelo v průměru již pouze cca 600 cestujících denně. [8]

Před rokem 2000 započal nákladný proces obnovy této, dodnes pozoruhodně zachované, stanice podzemní dráhy. Záměrem byla její



Obr. 5 BROOKLYNSKÁ PODZEMNÍ DRÁHA. Jde o rozšíření Interborough systému, propojeného s Brooklynskou podzemní dráhou. Dvě trouby z litinových tubingů, dlouhé 6784 stop (2068 m), s vnitřním průměrem 15 stop a 6 palců (4,724 m). Nejnižší bod tohoto úseku tunelu je 94 stop (28,651 m) pod korytem řeky. Pro provoz otevřena 9. ledna 1908. Náklady 10 000 000 US\$. ? (nečitelné). 1924. [sbírka autorů]

V horní polovině pohlednice je pohled z Brooklynu směrem na východní břeh ostrova Manhattan, přes řeku East River. Pohlednice je adresovaná sl. Mařence Drtinové do Žleby u Čáslavi, přičemž text je velmi osobní.

Fig. 5 BROOKLYN SUBWAY. This is an extension of the Interborough System, connecting with the Brooklyn subway. Two cast iron tubes 6,784 feet long, with an inside diameter of 15 feet, 6 inches. Lowest point reach by tunnel is 94 feet below the river bed. Open for traffic Jan. 9, 1908. Cost US \$10,000,000. ? (unreadable). 1924. [author's collection]

In the upper half of the picture post card, there is a view from Brooklyn over the East River in the direction of the eastern shore of Manhattan Island. The picture card is addressed to Miss Marenka Drtinova to the municipality of Žleby near Čáslav; the text is very personal.



Obr. 6 Stanice okružní podzemní dráhy Radnice. New York. © By I Lt. Post Gard & Nov. Co. N. Y. 1907. [sbírka autorů]

Fig. 6 Underground loop Station at City Hall. New York. © By I Lt. Post Gard & Nov. Co. N. Y. 1907. [author's collection]

změna na N. Y. Transit Museum. Tento vývoj však byl přerušen tragédií z 11. 9. 2001.

doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc., Ing. TOMÁŠ VRÁNA

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] Denver, Northwestern & Pacific Railway [online]. 2016 [cit. 2016-7-01]. Dostupné na internetu <<https://bridgehunter.com/category/railroad/denver-northwestern-pacific-railway/&prev=search>>
- [2] Moffat Tunnel [online]. 2016 [cit. 2016-7-01]. Dostupné na internetu <https://en.wikipedia.org/wiki/Moffat_Tunnel&prev=search>
- [3] Kittatinny Mountain Tunnel [online]. 2016 [cit. 2016-7-01]. Dostupné na internetu <https://en.wikipedia.org/wiki/Kittatinny_Mountain_Tunnel>
- [4] Horseshoe Curve (Pennsylvania) [online]. 2016 [cit. 2016-7-01]. Dostupné na internetu <[https://en.wikipedia.org/wiki/Horseshoe_Curve_\(Pennsylvania\)&prev=search](https://en.wikipedia.org/wiki/Horseshoe_Curve_(Pennsylvania)&prev=search)>
- [5] Up and Down and 'Round and 'Round and Back Again [online]. 2016 [cit. 2016-7-01]. Dostupné na internetu <<http://pabo-ok2.libraries.psu.edu/palitmap/Horseshoe.html>>
- [6] History of the New York City Subway [online]. 2016 [cit. 2016-7-01]. Dostupné na internetu <https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_New_York_City_Subway&prev=search>
- [7] Interborough Rapid Transit Company [online]. 2016 [cit. 2016-7-01]. Dostupné na internetu <https://en.wikipedia.org/wiki/Interborough_Rapid_Transit_Company>
- [8] Inside new yorks most beautiful subway station abandoned since 1945 [online]. 2016 [cit. 2016-7-01]. Dostupné na internetu <<https://hyperallergic.com/262009/inside-new-yorks-most-beautiful-subway-station-abandoned-since-1945/&prev=search>>

STAVBA TUNELA LÖTSCHBERG LÖTSCHBERG TUNNEL CONSTRUCTION

The construction of the 14.5km long Lötschberg railway tunnel which was planned on the Bern – Milano railway line in the Swiss Alps, commenced on the 27th July 1906. The construction work proceeded without problems nearly for two years, but subsequently several tragic events took place. They significantly affected the construction of this tunnel. On the 26th February 1908 during the night, an avalanche with an immense mass of snow fell on the local hotel where managers of the tunnel construction were accommodated. Thirteen workers perished under the avalanche, in the debris of the hotel. At the beginning of the summer 1908, water unexpectedly began to appear in the tunnel. Problems with water grew, but it was still possible to cope with them. For that reason the construction continued. But on the 24th August 1908 a colossal catastrophe happened unexpectedly in the tunnel. Water burst out of the excavation face after blasting. The pressure broke blocks of rock off and water entered the tunnel at such a speed that nobody of the mining crew was able to escape. When the causes of the tragic event were being investigated, the possibility was examined that such a huge amount of water could get into the tunnel only from the river Kander, which flew along the Gasterntal Valley above the tunnel. It appeared to be little probable because of the fact that there was two hundred metres thick rock overburden between the river bottom and the tunnel. However an additional geological survey carried out directly in the river valley confirmed that there was a narrow crack in the hard rock filled with water and mud, reaching down to the tunnel level. For that reason the tunnel excavation proceeded on an alignment bypassing the dangerous location under the Gasterntal Valley. The tunnel was ceremonially broken through on the 31st March 1911 and the construction was completed on the 19th June 1913. The tunnel on the substitute alignment is by one kilometre longer than it was originally planned. The tunnel is today passed through by express trains on the Spiez – Brieg line and passengers have no idea during the short journey that in the proximity there is a mass grave of 24 people who perished during the tunnel construction.

Výstavba železničného tunela Lotschberg vo Švajčiarskych Alpách začala 27. júla 1906. Lötschberský tunel v dĺžke 14,5 km bol plánovaný na železničnej trati Bern – Miláno s cieľom zlepšiť železničné spojenie severozápadnej Európy s Talianskom. Stavba začala s veľkým nadšením, pretože v čase začatia výstavby bolo už úspešne v prevádzke niekoľko alpských železničných tunelov a stavitelia neočakávali mimoriadne problémy. Práce na stavbe pokračovali bez problémov skoro celé dva roky, avšak následne sa udialo niekoľko tragických udalostí, ktoré významne poznačili výstavbu tohto tunela.

Dňa 26. februára 1908 vo večerných hodinách spadla lavína s obrovskou masou snehu na miestny hotel, v ktorom boli ubytovaní riadiaci pracovníci stavby tunela. Pod lavínou v troskách hotela zahynulo 13 pracovníkov, ktorých pochovali až po ich nájdení 3. marca.

Začiatkom leta v roku 1908 sa začala nečakane objavovať voda v tuneli. Bolo jej stále viac a stavitelia spolu s geológmi si márne kládli otázky, odkiaľ sa také množstvo vody berie. Problémy s vodou narastali, ale dalo sa to ešte zvládnuť, a tak práce pokračovali ďalej.

Avšak dňa 24. augusta 1908 došlo v tuneli nečakane k obrovskej katastrofe. Voda vyrazila z čelby tunela po odstrel, svojím tlakom vyrazila kusy skalnej horniny a vnikla do tunela takou rýchlosťou, že jej nikto z osádky nemohol uniknúť. V podstate celá skupina pracovníkov v tuneli sa utopila, pretože pri tej obrovskej rýchlosti a množstve vody nikto nemal ani najmenšiu šancu úniku z tunela. Možno zápasili o svoj život s vodou a s bahnom, ale v tme za prenikavého hukotu valiacej sa vody našli hlboko v podzemí už len svoju hroznú smrť.

Udalosť z nešťastia v Lötschberskom tuneli dňa 24. 8. 1908 podrobne popísali švajčiarske noviny (podľa zápisov z vyšetrovania): „V uvedený deň pracovalo na čelbe 28 pracovníkov, dvaja z nich Mario Moretti a Salasso Mateo odišli pre nálože dynamitu do vzdialeného skladu. Keď sa vracali zo skladu, stretli minéra Antonia Ragazziho v staničení 2,250 km. V tej dobe sa chystal na kontrolu čelby stavebný dozor Marino Riva, bol v km 1,700. Všetci ostatní boli v km 2,450 vrátane brzdára Bertoniho Lazaro. V tejto chvíli bol počuť prvý odstrel na čelbe, nasledoval druhý, tretí a ďalšie. Bertoni to neskoršie popisuje, že voda valiac sa od čelby je neobvykle žltá a kričal na dozora „čo je to?“ Ten sa dal do hlasného kriku „Utekajte, utekajte zachráňte sa“, v tej chvíli padol ôsmy odstrel, zároveň nasledoval silný náraz vzduchu, ktorý zvalil Bertoniho na zem, ale ten v okamžiku vyskočil a dal sa na útek. V behu sa obzrel a videl ako sa za ním valí bahno a skalný materiál od čelby. V km 2,250 uvidel troch pracovníkov, kričal „utekajte, utekajte, voda!“, bežal ozlomkrky ďalej a s ním aj Mateo Salasso, Moretti a Ragazzi Antonio. Títo zaostávali, pretože mali na sebe ťažké nepremokavé obleky, ktoré im bránili v behu. Stretol ešte stavebného dozora Riva Marinu, ten sa chcel najprv na vlastné oči presvedčiť, čo sa vlastne stalo. Počul všetkých osem odstrelů, ten posledný mu zhasol acetylenovú lampu, počul hvízdanie rýchlo prúdiaceho vzduchu, ale to ešte nemuselo súvisieť s katastrofou.

O päťdesiat metrov ďalej stretol Mateotihu. Ten ho chytil za rameno, ťahal ho preč a kričal: „Voda vnikla do tunela, utekajte!“ Marino chvíľu váhal, ale keď počul približujúci sa hukot vody od čelby, obrátil sa a utekal za Mateotim. Moretti a Ragazzi boli v km 2,150 dostihnutí prúdom vody a bahna a v snahe zachrániť sa, vyliezli na vyššie položené vzduchové potrubie.

O chvíľu boli pritlačení k stropu a strhnutí do prúdu tekutého piesku, ktorý sa valil tunelom. Ragazzi ešte, než ho voda zaliala, volal kamaráta Morettiho, ale ten mu už neodpovedal. Cítil ako ho silný prúd šmýka ďalej po skalnej stene, až stratil vedomie. Prebral sa a uvidel svetlo, až keď ho kamaráti vylovili z bahna.

Boli zachránení len štyria pracovníci z tunela. Pre ostatných, ktorí nestihli a nemohli utiecť včas, nebola už záchrana.

Hľadala sa príčina tragickej udalosti. Pri vyšetrovaní bola preverovaná možnosť, že tak obrovské množstvo vody mohlo vniknúť do tunela len z rieky Kander, ktorá tiekla v údolí Gasterntal nad tunelom. To sa javilo málo pravdepodobné, pretože medzi dnom rieky a tunelom sa nachádzalo dvesto metrov hrubé nadložie skalnej horniny. Avšak dodatočný geologický prieskum vykonaný vrtmi priamo v údolí rieky,

v mieste katastrofy, potvrdil pod dnom rieky v skalnej hornine úzku trhlínu vyplnenú vodou a bahnom, ktorá siahala až do úrovne tunela. Obrovským tlakom dvesto metrov vysokého vodného stĺpca vody vnikla rieka Kandra trhlínou do tunela, čo spôsobilo katastrofálnu záplavu.

Železničná spoločnosť sa nechcela vzdať myšlienky výstavby tunela na trati Bern – Miláno. Bolo rozhodnuté najprv rozostavaný tunel zamurovať. Zostal v ňom nielen všetok materiál, ale aj všetci pracovníci, ktorí tam zahynuli a ich telá nebolo možné zo zatopeného tunela vyslobodiť.

Pokračovalo sa s razením tunela v trase, ktorá obchádzala nebezpečné miesto pod údolím Gasterntal. Slávnostné prerazenie bolo 31. marca 1911 a tunel bol dokončený 19. júna 1913. Tunel v náhradnej trase je o jeden kilometer dlhší, ako bol pôvodne plánovaný.

Tunelom dnes jazdia expresné vlaky na trati Spietz – Brieg a cestujúci počas niekoľko minútovej jazdy ani netušia, že v blízkosti v týchto hĺbinách zeme je hromadný hrob 24 ľudí, ktorí zahynuli pri stavbe tunela.

Ing. ALOJZ VODANSKÝ, vodansky.alojz@gmail.com

Z ČINNOSTI PRACOVNÍCH SKUPIN CZTA / CZTA WORKING GROUPS

NOVÁ RUBRIKA

Od tohoto čísla časopisu Tunel je nově zařazena rubrika „Pracovní skupiny CzTA“. Zde budou mít prostor jednotlivé pracovní skupiny na prezentaci své práce a zajímavostí z oblasti jejich zaměření. Jako první je uveden příspěvek pracovní skupiny Mechanizované tunelování o připravované modernizaci trati mezi Prahou a Kladnem, která by měla obsahovat i tunelové stavby.

NEW COLUMN

From this Tunel journal issue on, a new column “CzTA working groups” will be newly included in. In this column, individual working groups will have space for the presentation of their work and interesting things from the areas of their specialisation. The first contribution presented here is that by the Mechanised Tunnelling group, on the modernisation of the rail track between Prague and Kladno, which should even contain tunnel structures.

ŽELEZNIČNÍ TUNEL POD STŘEŠOVICEMI RAILWAY TUNNEL UNDER STŘEŠOVICE

The Railway Infrastructure Administration, state organisation, is preparing the modernisation of the railway line from Prague to Kladno, which will be combined with the future link to the airport in Ruzyně. In July 2015, the central committee of the Ministry of Transport approved the feasibility study for this intention and decided that the work should continue on Variant R1expr. This variant counts with developing a track branch to the Václav Havel Airport to be carried out on the alignment leading from the Masaryk Rail Station via Prague-Bubny, Prague-Dejvice, Prague-Veleslavín and Prague-Ruzyně stations up to Kladno. The new line is to be of the double-track electrified type throughout its length. The track modernisation was divided into six construction lots. The section from the newly established Prague-Výstaviště station to Prague-Veleslavín railway station is interesting as far as tunnels are concerned. An at-grade alignment is under consideration across Stromovka Park, but the track will run underground already in the section from the existing portal of the Dejvice tunnel up to Prague-Dejvice station. Prague-Dejvice station will also be sunk into the earth and, with the aim of providing better interchange relationships, will be shifted to the intermediate proximity of the existing concourse hall of Hradčanská metro station on the Line A. The solution for the Prague-Dejvice – Prague-Veleslavín section had not been fully stabilised at the moment of approving the feasibility study. The approved Variant R1exp takes mostly the at-grade alignment into consideration for this section, but at the same time the Central Committee of the Ministry of Transport ordered that even the optimised tunnel variant be worked on.

Správa železniční dopravní cesty připravuje modernizaci trati z Prahy do Kladna, s připojením na letiště v Ruzyni. Centrální komise Ministerstva dopravy loni v červenci schválila studii proveditelnosti tohoto záměru s pokračováním přípravy ve variantě R1spš. Tato varianta počítá ve vedení trati z Masarykova nádraží

přes stanice Praha-Bubny, Praha-Dejvice, Praha-Veleslavín a Praha-Ruzyně až do Kladna se zřízením odbočky na Letiště Václava Havla. Nová trať má být v celé délce dvoukolejná a elektrifikovaná. Modernizace trati byla rozdělena do šesti dílčích staveb.

Z hlediska tunelů je zajímavý úsek od nově zřizované zastávky Praha-Výstaviště do stanice Praha-Veleslavín. Přes Stromovku se uvažuje s vedením trati po povrchu, ale již v úseku od stávajícího portálu Dejvického tunelu bude trať vedena v podzemí až do stanice Praha-Dejvice. Ta bude také zahlobena a pro zajištění lepších přestupních vazeb posunuta do bezprostřední blízkosti stávajícího vestibulu stanice metra trasy A Hradčanská. Řešení úseku Praha-Dejvice – Praha-Veleslavín nebylo v době schválení studie proveditelnosti plně stabilizováno. Schválená varianta R1spš uvažuje v tomto úseku s převážně povrchovým vedením trati, ale zároveň centrální komise Ministerstva dopravy uložila rozpracování i optimalizované tunelové varianty.

S ohledem na tento požadavek byla zpracována technicko-ekonomická studie, která prověřila různé varianty částečného nebo zcela podpovrchového vedení trati v tomto úseku, a to zejména z hlediska technické reálnosti, geotechnických podmínek, směrového vedení trati, investičních nákladů, dopadů na ekonomickou efektivitu a dopadů těchto variant na životní prostředí. Celkem byly prověřeny tři základní varianty podpovrchového vedení trati označené V1 až V3. První (V1) je vedena ve stávající stopě převážně hloubeným tunelem a byla již dříve prověřovaná. Druhá (V2) je navržena částečně mimo stávající stopu, kde raženým tunelem obchází kritickou oblast Ořechovky. Kvůli převažujícím nevýhodám ale nebude dále sledována. Třetí (V3) varianta prochází pod střešovickým masivem dvěma jednokolejnými raženými tunely v hloubce až 80 m. Portály ražených tunelů jsou plánovány v prostoru vodojemu Bruska a teplárny Veleslavín.

Ze závěrů technicko-ekonomické studie vyplývá, že všechny prověřované plně podpovrchové varianty znamenají přibližně



Obr. 1 Varianty podpovrchového vedení trasy v úseku Praha-Dejvice – Praha-Vešlavín, V1 hloubený tunel ve stávající stopě, V2 hloubený a ražený tunel v částečně nové stopě, V3 ražený tunel v nové stopě

Fig. 1 Variants of the sub-surface alignment in the Praha-Dejvice - Praha-Vešlavín section: V1 - cut-and-cover tunnel within the current footprint, V2 - cut-and-cover/mined tunnel partially within a new footprint, V3 - mined tunnel within a new footprint

stejný nárůst investičních nákladů oproti variantě povrchové. Nejvíce rozpracovaná je varianta V1, která ale nese jen malé dodatečné benefity oproti variantě povrchové a která se zdá být značně problematická z hlediska způsobu výstavby v zastavěném území. Tyto nevýhody zastiňují i pozitivní skutečnost, že tato varianta má stanovisko vyhodnocení vlivu na životní prostředí a zpracovanou přípravnou dokumentaci.

U varianty V3 je možné zohlednit přínosy ze zvýšené bonity území stejně jako u všech ostatních podpovrchových variant, navíc je dosažena úspora času vlivem zvýšené návrhové rychlosti, generující další ekonomické přínosy. Varianta V3 má oproti ostatním variantám i další výhody, jako je například minimalizace negativního vlivu na okolní zástavbu díky vysokému nadloží, možnost použití moderní technologie ražení pomocí razicího štítu (TBM – Tunnel Boring Machine) a zejména minimalizace negativního vlivu na území během výstavby, kdy se stavba na povrchu projevuje pouze v oblasti portálů raženého tunelu s využitím centrálního stavebního dvora v prostoru stanice Praha-Dejvice. Nevýhodami jsou pak nutnost přistoupit ke změně koridoru stavby v Zásadách územního rozvoje Prahy, změny územního plánu, nové posouzení vlivu stavby na životní prostředí a nové zpracování přípravné dokumentace.

Pro jednotlivé varianty byla v rámci studie zpracována geologická a hydrogeologická rešerše, která měla za úkol zhodnotit možné vlivy plánované výstavby na režim a jakost podzemních vod. V rámci posouzení byla provedena rešerše archivních podkladů v místě projektovaných tras. Zároveň bylo provedeno místní šetření v posuzovaném území, kdy byly kontrolně změřeny hladiny v několika studnách. Z výsledků byly určeny směry proudění podzemní vody a úrovně hladin podzemní vody první zvodně a popsány možné střety zájmů v okolí projektované trasy.

Z regionálně geologického hlediska leží prostor v území pražské pánve středočeského barrandienu. Na geologické skladbě barrandienu se podílejí paleozoické sedimenty středního ordoviku. Ty jsou zde převážně zastoupeny horninami šáreckého, dobrotivského, libeňského a letenského souvrství. Do posuzovaného prostoru částečně zasahuje česká křídlová pánev od západu, která je tvořena uloženinami cenomanskými a spodnoturonskými.

Pro ražbu dvou jednokolejných tunelů pod Střešovicemi je uvažována technologie EPBS – Earth Pressure Balance Shield. Oba tunely mají být přibližně 2,8 km dlouhé s pěti tunelovými propojkami a jednou větrací šachtou. V blízkosti dejvického portálu tunelů se v podloží kvartérních uloženin nacházejí černošedé jemně slídnaté jílovité břidlice libeňského souvrství. Jedná se o úsek s méně výhodným geologickým prostředím dosahujícím délky asi 250 m. Zde je uvažováno s předběžnými stabilizačními prvky pro omezení vývoje poklesové kotliny. Následuje úsek v prostředí převážně ordovických břidlic s vysokým nadložím, kde se předpokládá pokles povrchu v hodnotách blízkých nule.

Ze závěrů hydrogeologické rešerše se jako nejšetnější z hlediska ochrany přirozeného proudění podzemních vod jeví varianta V3.

Povrchová varianta se kvůli negativnímu postoji MČ Praha 6 a dalších místních spolků jeví jako neprojednatelná. Správa železniční dopravní cesty proto doporučila dále rozpracovat variantu V3 s raženými tunely v nové stopě. Koncem letošního května vyjádřila centrální komise Ministerstva dopravy souhlas s pokračováním přípravy v úseku Dejvice – Vešlavín ve variantě V3 s tím, že Správa železniční dopravní cesty učiní kroky k prokázání ekonomické efektivity projektu.

Ing. DANA ŠMEJKALOVÁ

ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES CZECH TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORTS

www.ita-aites.cz

VALNÉ SHROMÁŽDĚNÍ CZTA ITA-AITES GENERAL ASSEMBLY OF ITA-AITES CZTA

The General Assembly of the ITA-AITES Czech Tunnelling Association was held on Wednesday the 8th June 2016 at Olšanka Hotel, Prague. Ing. Michal Gramblička and Ing. Miroslav Kochánek, outstanding workers in the field of underground construction engineering, were appreciated at the

beginning of the meeting programme. Ing. Ivan Hrdina, the Chairman of the CzTA, informed present participants about the activity of the association in 2015. After that the attendees heard the information about the economy of the association, were acquainted with the proposal for the 2016 budget and the



foto / photo courtesy of Ing. Libor Mařík

Obr. 1 Noví držitelé medailí CzTA Ing. Miroslav Kochánek a Ing. Michal Gramblička s předsedou CzTA Ing. Ivanem Hrdinou

Fig. 1 New CzTA medal awardees Ing. Miroslav Kochánek and Ing. Michal Gramblička with the president of CzTA Ing. Ivan Hrdina

plan of the CzTA activities in 2016, during the course of which publishing the *Tunel* journal and organising the Tunnel Afternoons and a technical excursion will again continue. After that the results of the student competition were announced. Ing. Jan Faltýnek (the Czech Technical University in Prague) with his work on *Tunely prováděné metodou čelního odtěžování* (The top-down tunnelling method) was placed first. The second place was claimed by Ing. Pavel Bureš (VŠB - Technical University of Ostrava) with his master thesis titled *Tunel Ovčiarisko – zajištění stavební jámy východního tunelového portálu* (The Ovčiarisko tunnel – the stabilisation of the construction pit at the eastern tunnel portal). The third place belongs to Ing. Martin Závacký (the Technical University of Brno). The topic of his work was *Tunel na trase rychlé železnice* (A tunnel on the alignment of a high-speed railway track). The next point of the programme lied in the information about the recent Underground Construction Conference 2016, about the initial results of which the participants were informed by Ing. Alexandr Butovič, Ph.D. Within the framework of the programme concerning the activities of related societies, Ing. Jiří Smolík prepared a brief report about the activity of the Tunnels section of the Czech Road Society. In the part of the meeting focused on technical problems, Ing. Michal Grossmann from Minova Bohemians s.r.o. informed the attendees about the development of chemical grouting materials used in the Czech underground construction industry during previous 20 years. Ing. Karel Rössler from Metrostav a.s. acquainted them with basic results of the WTC 2016 and gave brief details of the largest worldwide projects which had been introduced within the framework of the world congress.

Valné shromáždění České tunelářské asociace ITA-AITES se konalo ve středu 8. června 2016 v hotelu Olšanka, Táboritská 23, Praha 3. Jednání zahájil a řídil předseda CzTA Ing. Ivan Hrdina.

Na začátku programu jednání byli oceněni významní pracovníci v oboru podzemního stavitelství, medaili CzTA převzali Ing. Michal Gramblička a Ing. Miroslav Kochánek. Oba vyjádřili poděkování za toto významné ocenění.

Následně informoval Ing. Ivan Hrdina přítomné delegáty a hosty o činnosti asociace v minulém roce, zmínil vydávání časopisu *Tunel*, pořádání Tunelářských odpolední (do začátku roku 2016 jich asociace uspořádala již 26). Také probíhala pří-

prava konference PS 2016, konal se každoroční odborný zájezd, kdy si lidé prohlédli stavbu tří tunelů ve Slovenské republice – tunel Ovčiarisko, Žilina a Považský Chlmec. Ing. Ivan Hrdina také poděkoval, že členové CzTA podporují stále její činnost a i členská základna se mění jen mírně.

Dalším bodem jednání byla zpráva o hospodaření asociace, kterou přednesl Ing. Václav Soukup. V roce 2015 stejně jako v předchozím dosáhla asociace příznivého výsledku, kdy její hospodaření skončilo se ziskem, a to především díky úsporám v jednotlivých položkách rozpočtu. Dále byli přítomni seznámení s návrhem rozpočtu asociace na rok 2016, kdy je plánována ztráta ve výši 130 tisíc, což je způsobeno zejména snížením počtu členských organizací a očekáváním nižších příjmů v oblasti inzerce v časopise *Tunel*. Tato ztráta bude čerpána z rezervy vytvořené díky minulým konferencím.

Ing. Markéta Prušková, Ph.D. obeznámila s plánem činnosti asociace na rok 2016, kdy se bude pokračovat v běžných aktivitách – vydávání časopisu *Tunel*, pořádání Tunelářských odpolední i odborného zájezdu.

Poté pokračovala doc. Ing. Eva Hruběšová, Ph.D., která sdělila účastníkům valného shromáždění výsledky studentské soutěže. Komise pro vyhodnocení studentské soutěže o nejlepší diplomovou práci z oblasti podzemních staveb za rok 2015 vybrala tři nejlepší práce. Na prvním místě se umístil Ing. Jan Faltýnek s prací na téma *Tunely prováděné metodou čelního odtěžování*, kterou obhájil na Stavební fakultě ČVUT v Praze. Druhé místo obsadil Ing. Pavel Bureš, absolvent VŠB TU Ostrava, s tématem diplomové práce *Tunel Ovčiarisko – zajištění stavební jámy východního tunelového portálu*. Třetí místo patří Ing. Martinu Závackému z VUT Brno. Tématem jeho práce bylo *Tunel na trase rychlé železnice*. Všem přítomným oceněným poblahopřál Ing. Ivan Hrdina.

Dalším bodem programu byla zpráva o proběhlé konferenci PS 2016, s jejímiž prvními výsledky seznámil Ing. Alexandr Butovič, Ph.D., předseda přípravného výboru konference. Více prostoru je konferenci věnováno v tomto čísle časopisu *Tunel*.

V rámci informace o příbuzných společnostech si Ing. Jiří Smolík připravil stručnou zprávu o činnosti sekce Tunely České silniční společnosti.

Valné shromáždění přijalo nakonec toto usnesení:

1. Valné shromáždění schvaluje zprávu předsedy o činnosti CzTA v období od minulého valného shromáždění, které se konalo 10. června 2015.
2. Valné shromáždění schvaluje hospodaření CzTA za rok 2015 a návrh rozpočtu na rok 2016.
3. Valné shromáždění vzalo kladně na vědomí hlavní aktivity CzTA v roce 2016:
 - pořádání Tunelářských odpolední a odborného zájezdu;
 - ediční plán časopisu *Tunel*;
 - přípravu mezinárodní konference PS 2016.

V části zasedání zaměřeného na odbornou tematiku informoval Ing. Michal Grossmann ze společnosti Minova Bohemia s.r.o. přítomné o vývoji chemických injektáží používaných v českém podzemním stavitelství v posledních 20 letech.

Ing. Karel Rössler ze společnosti Metrostav a.s. seznámil přítomné se základními výsledky WTC 2016 a stručně popsal největší světové projekty, které byly představeny v rámci světového kongresu. WTC 2016 je také věnován další prostor v tomto čísle časopisu *Tunel*.

Ing. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,
pruskova@ita-aitecs.cz, generální sekretář CzTA

OHLÉDNUTÍ ZA KONFERENCÍ PS 2016

RETROSPECTION TO THE CONFERENCE UC PRAGUE 2016



Na shledanou v Praze v roce 2019!
We are looking forward to seeing you in Prague in 2019!



Spořilovská spojka
Studie zakrytí



Tunelový komplex Blanka
Zkušební provoz



Tunel Ejovice
Technický dozor investora



Radlická radiála
Podrobný IGP a dopracování DUR



25 let SATRA, spol. s r. o.

1/4 století



SATRA, spol. s r. o.

Sokolská 32, 120 00 Praha 2 - Nové Město
Telefon +420 296 337 111 Fax +420 296 337 100 E-mail satra@satra.cz

www.satra.cz