

Tu nel

č. 3
2014

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



DODAVATEL TECHNOLOGICKÉHO VYBAVENÍ TUNELŮ

SUPPLIER OF THE TECHNOLOGICAL TUNNEL EQUIPMENT



Komplexní dodávky a servis

- Řídicí systém technologie a dopravy v tunelech
- Rozvodny, náhradní zdroje a kabelové rozvody
- Osvětlení tunelu
- Proměnné dopravní značení
- Televizní dohled a videodetekce
- Elektrická požární signalizace
- Elektrická zabezpečovací signalizace
- Měření veličin a dat
- Radiové a telefonní spojení
- SOS hlásky

Turn-key solutions, supplies and services

- SCADA control system for traffic, mechanical and electrical tunnel equipment
- Switching stations, backup power supplies and cable lines
- Tunnel lighting
- Variable traffic signs, variable message signs
- CCTV system and video detection
- Fire alarm system
- Intruder alarm system
- Environment and traffic data collection
- Radio and phone connection
- SOS emergency call boxes

www.eltodo.cz



Vybrané reference tunelových staveb Selected references tunnels

- Blanka - Městský okruh Praha, ČR / Prague City Ring
- Lochkov a Cholupice - okruh kolem Prahy, ČR / Prague Ring road
- Klimkovice - Dálnice D1, Ostrava, ČR / Highway D1
- Sitina - Dálnice D2, Bratislava, SR / Highway D2, Slovakia
- Letná - Městská komunikace Praha, ČR / Urban roads Prague
- Mrázovka - Městský okruh Praha, ČR / Prague City Ring
- Jihlava - Silnice I/38, ČR / Road I/38
- Adana - Dálnice E90, Turecko / Highway E90, Turkey
- Pisárky - Silnice R23, Brno, ČR / Road R23
- Hřebeč - Silnice R35, Svitavy, ČR / Road R35
- Strahov - Městský okruh Praha, ČR / Prague City Ring

s námi jste na správné cestě

you are on the right way with us

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. Viktória Chomová, členka redakční rady časopisu Tunnel 1

Úvodníky:

Ing. Libor Hájek, prezident společnosti
a předseda představenstva ELTODO, a. s. 2

Ing. Ludvík Šajtar, jednatel a generální ředitel SATRA, spol. s r. o. 3

Zvýšení efektivity záchrany osob v tunelech

diverzifikovaným akustickým systémem
prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc., Ing. Jan Příkryl,
Ing. Ondřej Příbyl, ELTODO, a. s. 4

Začlenění tunelového komplexu Blanka do městského

dopravního systému
Ing. Jiří Štefan, doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph.D., ELTODO, a. s. 15

Tunelový тренаžér TOMMS

Ing. Jan Příkryl, Ing. Jan Šilar, Ing. Tomáš Šmerda, MBA, ELTODO, a. s. 23

Komplikace při razbě hlavní strojovny vzduchotechniky

tunelového komplexu Blanka
Ing. Alexandr Butovič, Ph.D., SATRA, spol. s r. o. 32

Problematické podmínky při zajištění zástavby před prováděním

podzemního díla
Ing. Petr Tětek, SATRA, spol. s r. o. 41

Požární větrání tunelového komplexu Blanka

k zajištění bezpečného zásahu IZS
Ing. Jiří Zápařka, SATRA, spol. s r. o. 47Homogenizace a modifikace složeného ocelobetonového ostění
s časovým nárůstem modulu pružnosti stříkaného betonu
Ing. Josef Rott, Ph.D., Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova 53Mikrotunelování v proměnlivých geologických podmínkách
Ing. Karel Franczyk, Ph.D. 61

Fotoreportáž z prorážky Sudoměřického tunelu 68

Fotoreportáž z Tunelového komplexu Blanka 69

Ze světa podzemních staveb 71

Zprávy z tunelářských konferencí 73

Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice 76

Výročí 79

Z historie podzemních staveb 81

Zpravodajství České tunelářské asociace 85

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.

Ing. Otakar Hasík – METROPROJEKT Praha a. s.

doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D. – 3G Consulting Engineers, s.r.o.

doc. Ing. Vladislav Horák, CSc. – VUT Brno, FAST

doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D. – VŠB-TU Ostrava

RNDr. Radovan Chmelář, Ph.D. – PUDIS a.s.

Ing. Viktória Chomová – NÁRODNÁ DIALNIČNÁ SPOLOČNOSŤ, a. s.

Ing. Jan Korejčík – Mott MacDonald CZ, spol. s r. o.

Ing. Ján Kušnir – REMING CONSULT a. s.

Ing. Josef Kutil – Inženýring dopravních staveb a.s.

Ing. Libor Mařík – IKP Consulting Engineers, s.r.o.

doc. Dr. Ing. Jan Pruška – Stavební fakulta ČVUT v Praze

prof. Ing. Pavel 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./fax: +420 266 793 479

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,

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: Razicí stroj S-799 pro tunely Ejpvovice (foto Josef Husák)

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. Viktória Chomová, Member of the Editorial Board 1

Ing. Libor Hájek, President and Chairman of the Board of ELTODO, a. s. 2

Ing. Ludvík Šajtar, Acting Secretary and General Director SATRA, spol. s r. o. 3

Increasing the Effectiveness of the Rescue of Persons in Tunnels

by a Diversified Acoustic System
prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc., Ing. Jan Příkryl,
Ing. Ondřej Příbyl, ELTODO, a. s. 4

Incorporation of Blanka Complex of Tunnels

into Urban Transport System
Ing. Jiří Štefan, doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph.D., ELTODO, a. s. 15

TOMMS Tunnel Simulator

Ing. Jan Příkryl, Ing. Jan Šilar, Ing. Tomáš Šmerda, MBA, ELTODO, a. s. 23

Complications During the Excavation of a Ventilation

Plant Cavern in the Blanka Complex of Tunnels
Ing. Alexandr Butovič, Ph.D., SATRA, spol. s r. o. 32

Problematic Conditions During the Stabilisation of Existing Buildings

Prior to the Underground Construction Work
Ing. Petr Tětek, SATRA, spol. s r. o. 41Fire Ventilation of Blanka Complex of Tunnels for Ensuring Safe Integra-
ted Rescue System Intervention

Ing. Jiří Zápařka, SATRA, spol. s r. o. 47

Homogenisation and Modification of Composite Steel-Concrete Lining,
with the Modulus of Elasticity of Sprayed Concrete Growing with Time
Ing. Josef Rott, Ph.D., Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova 53Microtunnelling in Variable Geological Conditions
Ing. Karel Franczyk, Ph.D. 61

Picture Report from the Breakthrough of the Sudoměřice Tunnel 68

Picture Report of the Blanka Complex of Tunnels 69

The World of Underground Constructions 71

News from Tunnelling Conferences 73

Current News from the Czech and Slovak

Underground Construction 76

Anniversaries 79

From the History of Underground Constructions 81

Czech Tunnelling Association ITA-AITES Report 85

Ing. Václav Veselý – ARCADIS CZ a.s.

Ing. Ondrej Vida – SKANSKA SK, a. s.

Ing. Jan Vintera – SUBTERRA a.s.

Ing. Jaromír Zlámal – POHL CZ, a.s.

CzTA ITA-AITES: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.

Zahraniční členové / International Members

Prof. Georg Anagnostou – ETH Zürich, Switzerland

Dr. Nick Barton – NICK BARTON & ASSOCIATES, Norway

Prof. Adam Bezuijen – GHENT UNIVERSITY, Belgium

Prof. Tarcisio B. Celestino – UNIVERSITY OF SÃO PAULO, Brazil

Dr. Wojtech 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,

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: TBM S-799 for Ejpvovice Tunnels

(photo courtesy of Josef Husák)

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

Členské organizace:

AMBERG Engineering Brno, a.s.
Ptašinského 10
602 00 Brno

Angermeier Engineers, s.r.o.
Pražská 810/16
102 21 Praha 10

Ankra Tech s.r.o.
U Tesly 1825
735 41 Petřvald u Karviné

ANTON VOREK
Kunín 316
742 53 Kunín

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

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

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

Stavební fakulta ČVUT v Praze
Tháškova 7
166 29 Praha 6

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Minova Bohemia s.r.o.
Lihovarská 10
716 03 Ostrava-Radvanice

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

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

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

Pöyry Environment a.s.
Botanická 834/56
656 32 Brno

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

Promat s.r.o.
V. P. Čkalova 22/784
160 00 Praha 6

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

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

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR
Čerčanská 12
140 00 Praha 4

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

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

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

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

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

SUDOP PRAHA a.s.
Olšanská 2643/1a
130 80 Praha 3

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

UNIVERZITA PARDUBICE
Dopravní fakulta Jana Pernera
Studentská 95
532 10 Pardubice

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

ÚSTAV GEONIKY AV ČR, v.v.i.
Studentská ul. 1768
708 00 Ostrava-Poruba

VIS, a.s.
Bezová 1658
147 01 Praha 4

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

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

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

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

STA:

Čestní členovia:

doc. Ing. Koloman V. Ratkovský, CSc.
Ing. Jozef Frankovský
prof. Ing. František Klepsatel, CSc.
Ing. Juraj Keleši

Členské organizácie:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

GEostatik, a. s.
Kragujevská 11
010 01 Žilina

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

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

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

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

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

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

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

NÁRODNÁ DIAŇNIČNÁ
SPOLOČNOSŤ, a. s.
Mlynské nivy 45
821 09 Bratislava

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

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

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

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

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

RENESCO, a. s.
Panenská 13
811 03 Bratislava

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

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

SLOVENSKÁ SPRÁVA CIEST
Miletičova ul. 19
826 19 Bratislava

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

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

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

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

STU, Stavebná fakulta
Katedra geotechniky
Radlinského 11
813 68 Bratislava

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

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

TERRAPROJEKT, a. s.
Podunajská 24
821 06 Bratislava

TUBAU, a. s.
Bytčická 89
010 09 Žilina

TUCON, a. s.
K cintorínu 63
010 04 Žilina - Bánová

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

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

ÚSTAV GEOTECHNIKY SAV
Watsonova ul. 45
043 53 Košice

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

VIIS-Zakladanie stavieb, spol. s r. o.
Kopčianska 82/c
851 01 Bratislava

ŽELEZNICE SR
Klemensova 8
813 61 Bratislava

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



Milí čitatelia,

editoriály, ktoré píše členovia redakčnej rady zo Slovenska, nebývajú v našom časopise často, čo je dané prirodzeným historickým zložením redakčnej rady, ale najmä množstvom pripravovaných a realizovaných tunelových stavieb na Slovensku.

Mám to šťastie a česť, že môžem napísať editoriál v historickom okamihu slovenského tunelového staviteľstva. Po rokoch príprav, očakávaní i sklamaní sa konečne začínajú realizovať technicky a finančne najnáročnejšie stavby na diaľnici D1 na severe Slovenska a diaľnici D3 v smere na Poľsko. Onedlho nastane chvíľa, v ktorej bude na Slovensku rozostavaných 8 diaľničných tunelov. Splnenie tejto dlho očakávanej chvíle pre slovenských tunelárov bolo možné vďaka neprestajnému zánieteniu ľudí, ktorých neodradila žiadna prekážka počas príprav a najmä hľadania finančných zdrojov pre výstavbu diaľničných úsekov s tunelmi. Vďaka tak patrí všetkým, ktorí sa čo len malou troškou pricinili o to, že sa v najbližších číslach nášho časopisu budete, milí čitatelia, viac stretávať s aktuálnymi i podrobnými informáciami o výstavbe tunelov na Slovensku. A nemalý podiel pri plnení „sna“ slovenských tunelárov má aj Európska únia, ktorá prostredníctvom Operačného programu doprava významne spolufinancuje všetky dnes už rozostavané diaľničné úseky.

Vytvára sa aj veľký priestor na aktivity Slovenskej tunelárskej asociácie. Ich vrcholom by mala byť pripravovaná konferencia Podzemné stavby 2015 v okolí Žiliny, ktorá sa stáva novodobou slovenskou „Mekkou“ výstavby diaľničných tunelov. Na jeseň budúceho roka by mal žilinský región ponúkať 7 rozostavaných tunelov ako miesto plánovaných konferenčných exkurzií, vrátane zatiaľ najdlhšieho a najočakávanejšieho slovenského diaľničného tunela Višňové.

Aktuálne sa však dozviete v našom časopise viac o pražskom tunelovom komplexe Blanka v príspevkoch kolegov zo spoločností Eltodo a Satra, ktorým je venované toto číslo. Zaujímavý je článok o začlenení tunelového komplexu Blanka do mestského dopravného systému, ako aj príspevky o riešeníach technických výziev pri razení hlavnej strojovne vzduchotechniky a o podchyťovaní nadzemnej zástavby počas razenia. V príspevkoch prof. Příbyla sa dozviete viac o najnovších trendoch vo vybavení a riadení cestných tunelov. Statikov a projektantov určite zaujme článok Ing. Rotta o započítavaní tuhosti oceľových nosníkov pri návrhu primárneho ostenia a príspevok Ing. Franczyka poteší nielen priaznivcov mechanizovaného tunelovania.

Milí čitatelia, prajem vám veľa pekných už takmer jesenných chvíľ pri čítaní čísla, ktoré práve držíte v ruke, a teším sa už na vydanie časopisu, v ktorom budú početnejšie zastúpené odborné články zo Slovenska.

ING. VIKTÓRIA CHOMOVÁ,
členka redakčnej rady

Dear readers,

the editorials which are written by the Editorial Board members from Slovakia are not frequent in our journal. It is so due to the fact given by the natural historic composition of the Editorial Board and, first and foremost, by the quantity of tunnel structures prepared and realised in Slovakia.

I am fortunate and honoured to be allowed to write an editorial at the historic moment of the Slovak tunnel construction industry. After three years of preparations, expectations and disappointment, the technically and financially most demanding structures on the D1 motorway in the north of Slovakia and the D3 motorway in the direction of Poland have finally begun to be realised. The moment at which 8 motorway tunnels will be under construction in Slovakia, will come soon. The fulfilment of this long awaited wishing of Slovakian builders of tunnels has been possible thanks to the unflagging zeal of people, which did not become discouraged by any obstacle encountered during the preparation and seeking financial means for the construction of the motorway sections containing tunnels. The thanks therefore belong to all people who have contributed a little bit to the fact that you, dear readers, will meet current and detailed information about the construction of tunnels in Slovakia in the nearest issues of our journal. A considerable credit in the process of making the dream come true is deserved by the European Union, which has significantly co-financed all of the motorway sections which are today already under construction through the Operational Programme "Transport".

A large space is also created for the Slovak Tunnelling Association activities. The Underground Construction 2015 conference being prepared in the surroundings of Žilina, should become their peak. The town of Žilina is becoming the Slovak mecca for the construction of motorway tunnels. In the autumn of 2015, the Region of Žilina should offer 7 tunnels under construction as locations for planned conference excursions, including the until now longest and most awaited Slovakian motorway tunnel, Višňové.

Nevertheless, you will learn from our journal more about the Blanka complex of tunnels in Prague in papers prepared by our colleagues from Eltodo a. s. and Satra, a. s., the companies this issue is dedicated to. Interesting papers are devoted not only to the incorporation of the Blanka complex of tunnels into the urban transport system, but also to solutions to technical challenges encountered during the excavation for the main ventilation plant cavern and underpinning existing buildings during the underground excavation. In papers by Professor Příbyl you will learn more about the newest trends in the equipment and management of road tunnels. Structural engineers and designers will certainly be intrigued by the paper by Ing. Rott on taking stiffness of steel beams into account when a primary lining is being designed. Not only the sympathisers of mechanised tunnelling will certainly be pleased by the paper by Ing. Franczyk.

Dear readers, allow me to wish you lots of nice, already nearly autumn whiles during reading the journal issue you are just holding in your hands. I am already looking forward to the publication of this journal in which papers from Slovakia will dominate.

ING. VIKTÓRIA CHOMOVÁ,
Editorial Board Member



VÁŽENÉ DÁMY A VÁŽENÍ PÁNOVÉ,

toto vydání časopisu Tunel obsahuje několik příspěvků od odborníků ze společnosti ELTODO, a. s. Myslím, že úroveň článků a erudice jejich autorů – profesora Pavla Příbyla, Ing. Jana Příkryla, Ing. Ondřeje Příbyla, Ing. Jiřího Štefana, docenta Tomáše Tichého, Ing. Jana Šilaře a Ing. Tomáše Šmerdy – dostatečně vypovídá o profesionalitě a vysoké odbornosti, jakými se práce a služby společnosti Eltodo v tunelových technologiích již řadu let vyznačují. Využiji proto tento prostor k úvaze o potenciálních problémech, které mohou na obor bezpečnosti tunelových systémů v blízké budoucnosti dolehnout.

Budoucnost tunelových bezpečnostních systémů je stále více určována, často pod čarou, otázkou, jak vysoké investice do bezpečnosti dopravy v tunelech jsou ještě smysluplné. Odpověď zatím neexistuje, stejně jako v mnoha dalších odvětvích našeho vyspělého světa, která z různých úhlů pohledu řeší otázku ceny lidského života.

Je pochopitelné, že v rozvinutých společnostech, jako je ta naše, je maximum umu odborníků věnováno rozvoji bezpečnostních systémů snažících se omezit úmrtnost v tunelech při haváriích na minimum. Určité nebezpečí z mého pohledu spočívá v tom, že tyto systémy jsou stále sofistikovanější a komplikovanější. A také dražší. A právě růst nákladů na technologické vybavení tunelů, z velké části sloužící bezpečnosti dopravy, posouvá rozhodování o výstavě a vybavení tunelů ze sféry odborné do sféry politické. Výstavba každého velkého dálničního nebo městského tunelu v sobě dnes nese potenciální hrozbu ekonomických problémů a možných politických ořesů.

Jako technik jsem pyšný na to, že výzkum a vývoj jsou schopny posunovat bezpečnost v tunelech stále dále, že hranice lidské invence je v této oblasti téměř nekonečná. Současně ale varuji, že lidé, kteří jsou odpovědní za přijímání rozhodnutí o velkých stavbách nebo za ně nesou politickou odpovědnost, jim již jen obtížně rozumějí a nejsou schopni jejich smysluplnost posoudit. Stále jsou – logicky – pod tlakem paradigmatu o hodnotě lidského života, které je nutí stále rostoucí náklady na technologické vybavení tunelů akceptovat.

Tento vývoj v sobě nese potenciální nebezpečí, že v určitém okamžiku náklady na zajištění bezpečnosti překonají únosnou míru a nikoliv odborníci, ale politici přijmou rozhodnutí, která budou situaci nějakým způsobem řešit. Že okolnostmi vynucená politická rozhodnutí nebudou z pohledu bezpečnosti v tunelech a efektivity chodu firem, které tunelové technologie dodávají, zdaleka optimální, je pravděpodobné.

Myslím, že je to odpovědnost nás, firem a odborníků, kteří se bezpečností v tunelech zabývají, abychom současný vývoj korigovali a politikům jejich rozhodování ulehčili. Můžeme dělat třeba následující: Netlačme na zvyšování bezpečnosti tam, kde to není potřeba. Inovujme, zvyšujeme bezpečnost v tunelech, ale zkusme nezvyšovat ceny technologií. A lépe připravujeme nabídky a stavby, aby se ceny za technologické vybavení tunelů v průběhu výstavby nezvyšovaly.

Že by i politici měli přispět svým dílem a velké infrastrukturní stavby lépe plánovat a připravovat, je jasné. Ale o tom není třeba se rozepisovat.

**DEAR LADIES AND GENTLEMEN,**

this TUNEL journal issue contains several papers by professionals employed by Eltodo, a. s. I suppose that the level of the papers and the erudition of their authors – Professor Pavel Příbyl, Ing. Jan Příkryl, Ing. Ondřej Příbyl, Ing. Jiří Štefan, lecturer Tomáš Tichý, Ing. Jan Šilař and Ing. Tomáš Šmerda – give sufficient evidence of the professionalism and high expertise the Eltodo work and services in the field of tunnel technologies have been distinguishing themselves for many years.

I am therefore going to use this space for the contemplation of the potential problems which may fall upon the field of the safety of tunnel systems in the near future.

The future of tunnel safety systems is more and more determined, often under the line, by the question how high investments into the safety of traffic in tunnels remain to be reasonable. The answer solving the issue of the value of a human life does not exist yet, similarly to the same questions in many other fields of our developed world.

It is understandable in such the developed societies as our society is that the maximum of skills of professionals is dedicated to the development of safety systems trying to reduce the fatality rate at incidents in tunnels to the minimum. From my point of view, a certain danger lies in the fact that these systems are more and more sophisticated and complicated and also more expensive. It is the growth in the costs of tunnel equipment, in large part serving to the safety of traffic, that is responsible for shifting the process of making decisions about the construction and equipment of tunnels from the technical sphere to the political sphere. The construction of any large motorway or urban tunnel today carries a potential threat of economic problems and possible political upheavals in it.

As a technician, I am proud of the fact that research and development are capable of shifting safety in tunnels further on and that human invention in this field is nearly unlimited. Nevertheless, I at the same time warn that people responsible for taking decisions regarding large construction projects or people bearing the political responsibility for them understand them with difficulties and are not able to assess their meaningfulness. They are permanently – logically – under the pressure of the paradigm regarding the value of human life, which forces them to accept the continually growing costs of tunnel equipment.

This development conceals a potential danger that the cost of ensuring safety will exceed the bearable level and politicians, not professionals, will adopt decisions that will solve the situation in some way. It is likely that political decisions enforced by circumstances will be far from optimal as far as the safety in tunnels and effectiveness of the firms supplying tunnel equipment are concerned.

In my opinion, correcting the current development and facilitating the decision-making process for politicians it is the responsibility of us, firms and professionals involved in the field of safety in tunnels. We can, for example, behave in the following way: We will not push to improve the safety in the cases where it is not necessary. We will innovate, improve safety in tunnels, but will try not to increase the costs of equipment. And we will prepare our tenders and constructions with the objective not to increase the costs of the technological equipment of tunnels during the course of construction.

Of course, even politicians should contribute their share through their work and plan and prepare large infrastructure projects in a better way. But it is not necessary to further expand on this topic.

ING. LIBOR HÁJEK

prezident společnosti a předseda představenstva ELTODO, a. s.

President and Chairman of the Board of ELTODO, a. s.

MILÍ ČTENÁŘI ČASOPISU TUNEL,

během posledních deseti let mám již počtvrté to potěšení, uvítat vás jménem společnosti SATRA, spol. s r. o., u nového čísla časopisu. Když pročítám své minulé předmluvy, je to pro mne zajímavá možnost rekapitulovat, čím jsme všichni, kdo jsme součástí českého tunelářství, prošli.

V roce 2004 jsme chystali uvedení do zkušebního provozu tunel Mrázovka. Projekt tunelového komplexu Blanka byl ve fázi zpracování dokumentace ke stavebnímu povolení a pracovalo se na průzkumné štolě a geotechnickém průzkumu. O tři roky později, v roce 2007, jsem vás vítal v době, kdy se na tunelu Blanka pracovalo již na několika stavebních. Hloubily se jámy na Letné a v Troji, byly zahájeny ražené úseky pod Vltavou. Měli jsme čerstvě po konání World Tunnel Congress ITA-AITES Prague 2007, a netušili jsme, jaké převratné události a změny přinesou další roky.

V roce 2011 naše společnost slavila dvacáté výročí vzniku. Jako pomyslný dárek jsme dostali ekonomickou recesi a složitou politickou situaci na úrovni státu i krajů a měst, zastavené projekty velkých inženýrských staveb, zejména dopravních, krizi ve stavebnictví. Práce na tunelu Blanka přesto pokračovaly, ale celý náš obor procházel dalšími a dalšími přemety a čím dál víc bylo zřejmé, že za horizontem aktuálně rozestavěných projektů je vakuum. Okamžitě zastavení nejen výstavby, ale i projektové přípravy staveb, nesystémové změny nebo dokonce rušení koncepcí, najednou začalo přinášet závažné důsledky. Na stavebnictví začala krize naplno doléhat ve chvíli, kdy se celá ekonomika dostala z nejhoršího.

V době končící recese se volá po nutnosti rozproudít ekonomiku. Jak se střídají vlády, mění se i recepty, jak toho dosáhnout. Ale ať již chceme jen vytvářet prostředí pro podnikání, nebo činit aktivní pobídky a zvát investory do průmyslových zón, potřebujeme fungující kapacitní infrastrukturu a zázemí. Jako odborníci můžeme hledat možnosti efektivních úspor, navrhnout kompromisy a nová řešení. Musí ale existovat poptávka po nich. Ukazuje se, že měli pravdu ti, kdo tvrdili: k prosperitě se nedá prošetřit. Je potřeba investovat s rozumnou mírou, koncepčně, smysluplně. A stejný přístup uplatňovat od studie přes projektovou přípravu, realizaci a provoz. Potom se každá investovaná koruna vrátí několikrát. Platí to pro soukromého investora stejně, jako pro stát.

Jenže naši práci nekomplikují pouze vlivy ekonomické. Všichni víme, jaké komplikace provázely výstavbu tunelu Blanka zejména v posledních dvou letech. Zastavení stavby a jednání rozhodčího soudu byly bezprecedentním, ale logickým vyústěním dlouhodobého vývoje. Mění se politické reprezentace vytvořily stav právní nejistoty, znemožňující další postup podle platných smluv. Můžeme vést diskusi o tom, jestli původce takového vývoje vedou zájmy politické, nebo ekonomické. Je ale zcela neoddiskutovatelný fakt, že takovým stavem netrpí jen stavebnictví, ale celá společnost. Rozpohybovat je tak třeba nejen odvětví stavební, ale například i právní, aby rozhodování nebylo jen podle zákonů, ale především podle zdravé logiky a spravedlnosti.

Můj pohled do budoucnosti našeho oboru je přesto optimistický. Snad je to jistá víra v to, že současný stav je neudržitelný a musí nastat obrát k lepšímu. Podle vyjádření generální ředitelky MMF Lagardéové by měla světová ekonomika ve druhém pololetí zesílit růst a příští rok dál zrychlit, i když možná mírněji, než se dosud čekalo. I naše země se vzpamatuje z recese. Rozvíjející se ekonomika bude potřebovat nejen nová pracovní místa; lidé se budou potřebovat na svá pracoviště dopravit. Rozvoj jistě čeká i naše hlavní město, které by mělo přistoupit nejen k systémovému omezování dopravy, ale především by mělo dokončit síť hlavních komunikací a pokračovat s výstavbou metra. Snad všichni pochopíme, že bitvy právníků naše životy neucíní kvalitnější, a vrátíme se v každodenním životě k používání zdravého rozumu.

Až potom budeme mít pocit, že vidíme konečně ono pomyslné světlo na konci tunelu.



DEAR TUNEL JOURNAL READERS,

it is already for the fourth time during the previous ten years that I have the pleasure to welcome you on behalf of SATRA, spol. s r. o., at a new issue of the journal. Reading through my past forewords gives me an interesting possibility of recapitulating things we all, as parts of the Czech tunnel construction industry, have gone through.

In 2004, we were preparing the opening of the Mrázovka tunnel to traffic. The Blanka complex of tunnels project was at the final design stage, the exploration gallery was being driven and geotechnical investigation was in progress. Three years later, in 2007, I welcomed you already at the time when several Blanka tunnel construction sites were being worked on. Construction pits were being excavated in Letná and Troja and the driving of mined tunnel sections under the Vltava River commenced. The ITA-AITES World Tunnel Congress Prague 2007 had been a recent past and we did not have a clue which revolutionary events would happen during the years to come.

In 2012, our company celebrated the twentieth anniversary of its origination. What we received as an imaginary present was the economic recession and complicated political situation at the level of the state, regions and cities, suspended large civil engineering projects, first and foremost relating to transport, and a crisis in the construction industry. The work on the Blanka complex of tunnels continued, but the entire construction industry was experiencing another and another somersault and it was more and more obvious that there was a vacuum behind the horizon of projects being at that time underway. The immediate stopping not only of further construction projects but also planning of construction projects, nonsystem changes or even cancellations of concepts suddenly began to carry serious consequences. The crisis started to bear upon the construction industry at the moment when the entire economy was getting out of the worst.

At the time of the ending recession, the necessity for reviving the economy is being called for. Recipes for the method of reaching it permanently change with the changing governments. However, no matter whether we wish to develop environment favourable for business or to create active incentives and invite investors to industrial zones, we always need a functioning high-capacity infrastructure and background. As professionals, we can seek the possibilities of effective savings, propose compromises and new solutions. It is true, but the existence of the demand for it is a condition. It turns out that those people were right who maintained that it is impossible to reach prosperity through savings. It is necessary to invest to a reasonable degree, conceptually and meaningfully. And the same approach has to be applied starting from a study through the engineering stage, realisation and ending by the operation. Then, each invested crown will return back several times. It applies equally for a private project owner and the state.

But economic effects are not the only effects to complicate our work. We all know the complications attending the construction of the Blanka complex of tunnels, mainly during previous two years. The suspension of construction work and arbitration proceedings were an unprecedented, but logical, outcome of the long-term development. Changing political representations created a state of legal uncertainty, which makes it impossible to proceed in accordance with valid contracts. We can have a discussion whether the originator of such the development follows political or economic interests. However, a completely unquestionable fact is that it is not only the construction industry but even the entire society that suffer such the state. It is necessary to set into motion not only the entire construction industry but also, for example, the field of legislation, so that decisions are made not only in compliance with laws but also, first and foremost, in accordance with sound logics and fairness.

Nevertheless, my look into the future of our industry is optimistic. Perhaps it is a certain belief that the current condition is unsustainable and the turn to the better is inevitable. According to a statement of Christine Lagarde, the managing director of the IMP, the world economy should increase the growth in the second half of the year and further accelerate during the next year, even if the growth and acceleration may be more moderate than expected till now. Even our country will recover from the recession. The developing economy will need not only new jobs; people will need to be transported to their working places. Even our capital will certainly experience development. It should approach not only systemic reducing traffic volumes, but first and foremost, it should complete the network of principal roads and continue to develop the metro system. Hopefully we all will understand that legal battles will not improve the quality of our lives and we will return to using common sense in our everyday lives.

Only then will we have the feeling that we will finally see the imaginary light at the end of tunnel.

ING. LUDVÍK ŠAJTAR

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

Acting Secretary and General Director Satra, spol. s r. o.

ZVÝŠENÍ EFEKTIVITY ZÁCHRANY OSOB V TUNELECH DIVERZIFIKOVANÝM AKUSTICKÝM SYSTÉMEM

INCREASING THE EFFECTIVENESS OF THE RESCUE OF PERSONS IN TUNNELS BY A DIVERSIFIED ACOUSTIC SYSTEM

PAVEL PŘIBYL, JAN PŘIKRYL, ONDŘEJ PŘIBYL

ABSTRAKT

Článek se zabývá prvními okamžiky po vzniku požáru, kdy každá minuta rozhoduje o možnosti záchrany osob v tunelu. Podstatnou součástí procesu sebezáchrany je doba nutná pro identifikaci nebezpečí a reakci na něj. Ta souvisí s mnoha okolnostmi a psychikou člověka. Oba tyto časy lze podstatně zkrátit, pokud jsou lidé bezprostředně vyzváni k neprodlené evakuaci nouzovým zvukovým systémem. Kvalita informací předávaných současně instalovanými systémy je nízká, a to kvůli dokonale odrazivým plochám v tunelové troubě, způsobujícím dlouhou dobu dozvuku. Článek představuje nové elektroakustické zařízení umístěvané v kratších odstupech a pracující s nižším akustickým výkonem než stávající zařízení. Na objektivním měření srozumitelnosti je prokázán přínos oproti stávajícím nouzovým zvukovým systémům. Zařízení bylo vyvinuto v rámci projektu ALFA „Zelený tunel“ (č. TA01030020) podporovaným Technologickou agenturou ČR.

ABSTRACT

The paper deals with the initial moments after the origination of a fire, when each minute decides about the possibility of rescuing people in the tunnel. A substantial part of the self-rescue process is the time necessary for the identification of the risk and the response to it. This time is associated with many circumstances and human psyche. Both of these two times can be significantly reduced if people are called on to immediately evacuate the tunnel by an emergency sound system. The quality of information provided by the currently installed sound systems is low. It is so because of the ideally reflective surfaces in the tunnel tube, causing a long time of reverberation. The paper introduces new electroacoustic equipment installed at shorter intervals and working with lower acoustic output than existing facilities. The benefit, in comparison with existing emergency sound systems, is proved on an objective measurement of intelligibility. The facility was developed within the framework of the ALPHA “Green Tunnel” project (No. TA01030020) supported by the Technology Agency of the CR.

ÚVOD

Při návrhu tunelů pozemních komunikací je základní povinností projektanta zajistit přiměřenou možnost evakuace, a to zejména při požáru. Zásadním problémem je efektivní informování osob o bezprostřední nutnosti úniku ihned po jeho vzniku. Nejvíce ztracených lidských životů, při katastrofách v tunelech, je kvůli pozdní reakci postižených osob. Platí tzv. zlaté pravidlo, které říká, že lidé mají asi 6–8 minut, od vzniku požáru doprovázeného vývojem kouře, pro opuštění prostoru tunelu únikovými východy.

Reakci lidí lze urychlit včasným varováním. V současné době se v naší republice, stejně jako v řadě dalších zemí, používá systém ozvučení tlakovými reproduktory umístěnými u únikových východů. Kvůli „dokonalé odrazivosti“ povrchů tunelu vzniká mnohonásobné echo a srozumitelnost mluveného slova předávaných hlášení je velmi špatná. To dokonce vedlo k pochybným úpravám normy pro projektování tunelů pozemních komunikací ČSN 73 7507, diskutovaným dále. V článku je představeno nové řešení ozvučení tunelů využívající větší množství malovýkonných elektroakustických měničů „rozptýlených“ podél tunelové trouby.

EVAKUACE OSOB

V případě, že v tunelu vznikne událost většího rozsahu vyžadující okamžitou evakuaci, lze tento proces rozdělit na dva základní případy, viz lit. [1], [2]:

Záchrana vlastními silami

Sebezáchranu lze měřit celkovým časem potřebným pro dosažení bezpečného místa. Tato doba je tvořena třemi složkami:

- časem identifikace nebezpečí senzory instalovanými v tunelu,
- časem reakce, kdy uživatel začne konat,
- a časem vlastní evakuace, který ovlivňuje rychlost chůze a vzdálenost k nejbližšímu nouzovému východu.

Často hraje dominantní roli první složka, tj. uvědomění si hrozícího nebezpečí. Rozsáhlý evakuační test, který se před několika lety uskutečnil v tunelu v oblasti přístavu Rotterdam, prokázal, že čas potřebný na vyhodnocení hrozícího nebezpečí byl 5 až 10 minut,

INTRODUCTION

The basic obligation of a designer designing a road tunnel is to ensure adequate possibility of evacuation, first of all in the case of a fire. The fundamental problem is the effective passing of information about the immediate need to escape immediately after it originated. The majority of human lives in tunnel catastrophes are lost due to delayed reaction of affected people. The so-called “golden rule” applies, which says that people have about 6–8 minutes, measured from the origination of a fire attended with the development of smoke, for the evacuation of the tunnel space via escape exits.

The reaction of people can be accelerated by timely warning. The system which is at the moment used in the Czech Republic and many other countries applies a sound system using horn loudspeakers installed at escape exits. A multiple echo develops owing to the “ideal reflectivity” of tunnel surfaces and the intelligibility of spoken words of the transmitted announcements is very low. This fact even led to questionable editions of the standard CSN 73 7507 on road tunnel design, which is discussed below. The new solution which is introduced in the paper uses a larger quantity of low-power electro-acoustic transducers “dispersed” along the tunnel tube.

EVACUATION OF PERSONS

In the case that a larger-extent event requiring immediate evacuation originates inside a tunnel, it is possible to divide this process into two basic cases, see References [1], [2]:

Self-rescue

We can measure the self-rescue by the total time required for reaching a safe place. This time consists of three components:

- the time for the detection of the danger through sensors installed in the tunnel,
- the reaction time in which the user starts to act,
- the evacuation time itself, which is influenced by the walking speed and distance to the closest emergency escape.

a to i přesto, že řidiči mohli pozorovat dým unikající z hořícího kamionu.

Možnost sebezáchrany se samozřejmě podstatně zvyšuje včasným informováním účastníků o nutnosti bezprostřední evakuace. K dalším faktorům ovlivňujícím účinnost sebezáchrany patří značení únikových cest, celkový počet unikajících osob, jakož i podíl hendikepovaných a starších občanů. Významnou roli hraje preventivní výchova.

Organizovaná evakuace

K řízení evakuaci může dojít až poté, co na místo nehody dorazí některá ze zásahových služeb. V případě městských tunelů se odhaduje doba dojezdu záchranných složek na cca 8 minut. Ke skutečné záchraně osob uvězněných v dopravních prostředcích většinou nedochází dříve než 15–30 minut po nehodě. Proto se výše uvedená záchrana vlastními silami jeví jako primární zdroj snížení počtu raněných.

Zásadním problémem při zjišťování počtu a rozsahu zranění či dokonce usmrcení osob je odhadování toho, jak budou lidé reagovat na konkrétní krizovou situaci, což je obecně velmi těžké a neexistuje zde obecná odpověď. Chování lidí a jejich reakce po vzniku události je ovlivněno vnějšími podmínkami a individuální psychikou. Těmito otázkami se zabývala řada výzkumných prací a bylo nalezeno několik faktorů, které lze odlišit:

- 1. Chování je ovlivněno tím, kde se událost odehrává**
 - Lidé se chovají jinak, pokud jsou si vědomi, že se jedná o dlouhý tunel pod vodní hladinou nebo o krátký tunel ve městě.
- 2. Člověk aktivně vnímá své okolí**
 - Lidé si přizpůsobují vjem okolí nebo události svým představám. Obecně neplatí, že lidé začnou utíkat, když ucítí nebo uvidí kouř. Dokonce se mohou vydat únikovou cestou směrem k události, pokud ji vnímají jako vhodnější.
- 3. Významná je role osob majících možnost ovlivnit chování lidí**
 - Jedná se hlavně o dispečery tunelu. Je nutné, aby si lidé, kteří mají možnost ovlivnit pozitivně chování ostatních lidí, tuto úlohu uvědomili a využívali ji. Kritickým bodem komplexní bezpečnosti v tunelu je vzdělávání obsluh tunelu. Ti přebírají vedoucí roli a zodpovědnost v prvních kritických minutách.
- 4. Chování lidí je orientováno schematicky**
 - Pokud člověk cestuje tunelem, má pro to jasný důvod. Tento důvod také často ovlivňuje to, jak se lidé budou chovat. Proto je otázkou, zda evakuační cvičení mohou plně postihnout reakce lidí v reálné situaci.
- 5. V nebezpečných situacích se lidé mohou chovat iracionálně**
 - Předvídat chování v abnormálních podmínkách je velmi obtížné. Jsou známy případy, že lidé ohrožovali ostatní, aby se sami dostali k únikovému východu.

CHOVÁNÍ LIDÍ V PŘÍPADĚ UDÁLOSTI

Proceduru evakuace lze definovat jako čas, který uplyne od doby, kdy lidé událost identifikují, do doby, kdy se dostanou na bezpečné místo. Evakuační proces lze rozdělit na několik časových úseků, které mohou být analyzovány zvlášť, protože jsou specifické z hlediska chování lidí i akcí, které jsou vykonávány, lit. [3], [4].

Doba zjištění události

Lze ji charakterizovat jako čas, během kterého si jedinec uvědomí, že se něco konkrétního stalo. V tunelu se toto informování může podstatně vylepšit, pokud je tunel vybaven vhodným informačním systémem. Je také nutné, aby si obsluha tunelu byla jistá událostí a uměla tato zařízení optimálně využívat.

Lze rozlišit dvě kategorie uvědomění si události. Část lidí je v kontaktu s místem události, ti lidé reagují díky fyzikálnímu charakteru události (kouř, plameny) velmi rychle. Další část lidí může být informována pouze nepřímo, například pomocí zvukového zařízení, či informačních tabulí, rozhlasem nebo světelnými značkami. Efektivita varování prostřednictvím informačních tabulí, pokud jsou daleko od sebe, nebo kvůli zpoždění předání zprávy

The first component, i.e. the realisation of the threatening danger, often plays the dominant role. The extensive evacuation test which was conducted several years ago in a tunnel in the area of the harbour of Rotterdam proved that the time required for the assessment of the threatening danger was 5 to 10 minutes even if drivers could observe smoke escaping from a truck on fire.

The self-rescue possibility naturally substantially increases if participants are timely informed about the necessity of immediate evacuation. Among the other factors influencing the self-rescue effectiveness there are the marking of escape routes, the total number of escaping persons, as well as the proportion of handicapped and older people. An important role is played by preventive education.

Organised evacuation

Controlled evacuation can take place only after the arrival of one of intervention services to the accident site. The access time for rescue units is estimated to be about 8 minutes in the case of urban tunnels. Actual rescue of persons trapped in means of transport mostly does not take place sooner than 15–30 minutes after the accident. For that reason the above-mentioned self-rescue appears to be the primary source of the reduction of the number of injured people.

The basic problem during the determination of the number and extent of injuries, or even fatalities, is the prediction of the way in which people will react to a particular critical situation, which is generally very difficult and there exists no common answer. The behaviour of people and their reaction after the origination of an event is influenced by external conditions and individual psyche. These issues were analysed by numerous research projects and several factors were found, which can be distinguished as follows:

- 1. Behaviour is influenced by the place where the event takes place**
 - People behave differently if they realise that it is the case of a long tunnel under water surface or a short urban tunnel.
- 2. Man actively senses his/her surroundings**
 - People adapt their perception of their surroundings or an event to their own ideas. It does not apply in general that people start to escape when they feel or see smoke. They even can set out along an escape route toward the event site if they consider it to be more advantageous.
- 3. Important role is played by persons capable of affecting the behaviour of people**
 - These people are mainly tunnel operators. It is necessary for people who are able to positively influence the behaviour of other people to realise this role and use it. The education of tunnel operators is the critical point of the comprehensive safety in tunnels. The tunnel operators take over the leading role and responsibility during the initial critical minutes.
- 4. Behaviour of people is oriented schematically**
 - If a man travels through a tunnel, he or she has a clear reason for it. This reason also often influences the behaviour people will adopt. It is therefore a question whether evacuation exercises can fully cover reactions of people in a real situation.
- 5. People may behave irrationally in dangerous situations**
 - Predicting behaviour in abnormal conditions is a very difficult task. Cases are known that people threatened others to get alone to an escape exit.

HUMAN BEHAVIOUR IN THE CASE OF AN EVENT

The evacuation procedure can be defined as the time that will pass from the moment at which people recognise the event up to the time when people get to a safe place. The evacuation process can be divided into several periods of time, which can be analysed separately because they are specific in terms of the behaviour of people and the actions which are performed, Ref. [3], [4].

rozhlasem, může být poměrně nízká. Proto by měl být tunel vybaven několika systémy komunikujícími s uživateli různými prostředky (slovem, písmem, značkami a piktogramy). Nezbytně nutné je, aby byli uživatelé tunelu trvale seznamováni s těmito prostředky a věděli, jak se mají chovat v případech různých událostí.

Z uvedených úvah je patrné, že doba zjištění události je velice individuální, závisí na druhu události a jejích projevech a je silně podmíněna technologickým vybavením tunelu.

Doba reakce

Doba reakce je čas, který se počítá od doby zjištění události do doby začátku evakuace. Během této doby si člověk již uvědomuje problém a hledá vhodné řešení. Obvykle jedinec následuje chování ostatních lidí, kteří se rozhodují rychleji.

Přestože je tato doba také silně individuální, jsou zde jisté faktory, které ji ovlivňují. Jedná se o chování jedinců v okolí, prostředí v tunelu, viditelnost únikových východů, ale může ji ovlivnit i nechat ponechat cenné předměty ve vozidle. Všechny tyto faktory ovlivní čas, který je potřebný pro rozhodnutí začít vlastní evakuaci.

Doba pro únik

To je časový úsek, kde se efektivně využívají simulační modely simulující psychofyzické chování lidí. Tyto modely poskytují dobrou představu o době, která je potřebná pro dosažení únikových východů. Při výpočtech se bere v úvahu rychlost pohybu osob, která je ovlivněna hustotou unikajících osob (počet osob/m²), viditelností (např. snížená kouřem), pozicí orientačních značek a označením únikových východů, a také vliv starších a hendikepovaných osob.

V prvních sekundách se jedná o opuštění vozidla. Opuštění osobního vozidla je přitom jenom zlomek času pro opuštění plně obsazeného patrového autobusu, kde hraje navíc podstatnou roli fakt, zda lidé spí, jak jsou unaveni apod.

Rychlost unikajících osob stanovuje americký standard NFPA 130 na 0,7 m.s⁻¹, přičemž je myšlena rychlost osob, které se pohybují volně a nejsou ovlivněny zástupem či frontou. Toto koresponduje s doporučením PIARC z roku 1999, kde je doporučena hodnota 0,5–1,5 m.s⁻¹. V našich podmínkách se obvykle volí rychlost pohybu osob 0,5 m.s⁻¹, což je hodnota příliš nízká, odpovídající rychlosti 1,8 km.h⁻¹ a měla by být zvýšena alespoň na 0,7 m.s⁻¹ (2,5 km.h⁻¹).

ROLE TECHNOLOGICKÝCH ZAŘÍZENÍ

Kromě fyzického vnímání události, které se týká pouze osob v bezprostřední blízkosti události, musí být většina lidí uvězněných v tunelu informována varovnými zařízeními. Obr. 1 představuje příklad diagramu dráha–čas z hlediska unikajících osob s tím, že v čase nula vznikl požár. Proces evakuace je rozdělen na dva časové úseky. První, související s psychologií lidí, je dán časy uvědomění si nebezpečí a reakce na něj. Druhý časový úsek je v podstatě deterministický a vyjadřuje dobu chůze k únikovému východu, lit. [5].

V obr. 1 jsou jako příklad stanoveny časy pro uvědomění a reakci poměrně krátké, 150 s. Znamená to, že jedinec hned na počátku ztratil 150 s a teprve potom začíná chůze. Únikového východu, ve vzdálenosti 250 m, dosáhne za 320 s, tj. za 5,3 minuty. Pokud se podaří varovat uživatele o nutnosti okamžitě zahájit evakuaci, již například za 30 s po vzniku požáru, dosáhne únikového východu za 3,5 minuty.

S ohledem na technologická vybavení tunelu mají na proces ovlivnění chování člověka v raných stadiích požáru hlavně vliv následující dva subsystémy:

1. Subsystém „Identifikace požáru“ má za úkol rychle a spolehlivě odhalit požár, ať ho tvoří jakákoli kombinace tepelné, či kouřové složky. Při hodnocení tohoto subsystému je výstupní proměnnou čas identifikace požáru pro konkrétní instalovaná zařízení.
2. Subsystém „Informování uživatelů tunelu“ má hlavní úkol předat jasné a srozumitelné informace o nebezpečí a doporučit evakuaci. Výstupní proměnnou je čas, ve kterém je předána

Event recognition period

It can be characterised as the time during which an individual realises that something concrete has happened. This information can be significantly improved in a tunnel if the tunnel is equipped with an adequate information system. It is also necessary for the tunnel operator to be sure with the event and be capable of optimal use of these facilities.

It is possible to distinguish two categories of the realisation of the event. A proportion of people is in contact with the event site, these people react very quickly thanks to the physical character of the event (smoke, flames). The other proportion of people can be informed only indirectly, for example by means of sound equipment or message signs, a public address system or lights. The effectiveness of warning by means of message signs can be relatively low if they are installed at large intervals or because of a delay in conveying the news by broadcasting. For that reason a tunnel should be equipped with several systems communicating with users by various means (words, letters, marks and pictograms). It is absolutely necessary to permanently inform tunnel users about these means so that they know how to behave in the cases of various events.

It is obvious from the above-mentioned considerations that the event recognition time is very individual, depending on the event type and its manifestations, and is strongly influenced by the tunnel equipment.

Reaction time

Reaction time is the time that is counted from the moment of the event recognition to the beginning of evacuation. During this time a man already realises the problem and seeks a suitable solution. An individual usually follows the behaviour of the other people who make decisions quicker.

Even though this time is also significantly individual, there are certain factors that significantly influence it. They comprise the behaviour of individuals in the surroundings, the tunnel environment, visibility of escape exits, but it can be even affected by reluctance to leave valuable items in the vehicle. All of these factors influence the time necessary for making the decision to start the evacuation itself.

Time for escape

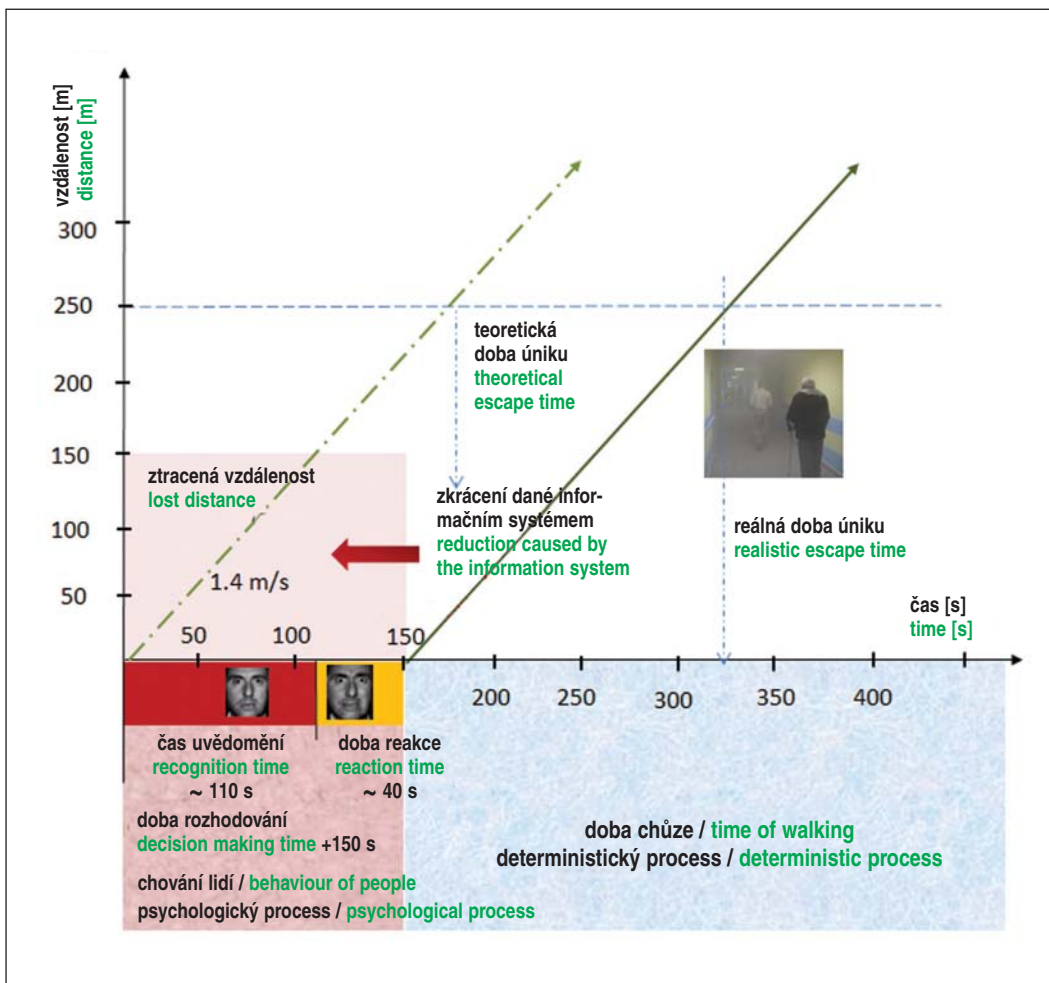
It is a period of time in which simulation models simulating psychophysical behaviour of people are effectively used. These models provide a good idea of the time required for reaching escape exits. The following aspects are taken into consideration in the calculations: the speed of movement of persons, which is affected by the density of the crowd of escaping people (persons/m²), visibility (e.g. reduced by smoke), the position of orientation signs and marking of escape exits, as well as the influence of older and handicapped persons.

Leaving the vehicle is in question during initial seconds. Leaving a car takes only a fraction of the time required for leaving a fully occupied double-decker, where a significant role is played by the fact whether people sleep, are tired etc.

The speed of escaping people is determined by the American standard NPA 130 at 0.7m.s⁻¹, meaning the speed of persons moving freely without being affected by a crowd or queue. This corresponds to the PIARC recommendation from 1999, where the value of 0.5–1.5m.s⁻¹ is recommended. In the conditions of the Czech Republic, the speed of the movement of persons is usually chosen at 0.5m.s⁻¹, which is a too low value, corresponding to the speed of 1.8km.h⁻¹; it should be increased at least to 0.7m.s⁻¹ (2.5km.h⁻¹).

ROLE OF TUNNEL EQUIPMENT

Apart from the physical perception of the event which relates only to people who are in the immediate vicinity of the event, the majority of people trapped in the tunnel have to be informed by means of warning facilities. Fig. 1 presents an example of a distance–time diagram from the point of view of escaping persons, with the fire origination time marked zero. The evacuation process is divided into two periods. The first one, which relates to human psyche, is given by the times for the recognition of the danger and the reaction to it. The



Obr. 1 Model úniku osob v diagramu dráha–čas. Příklad vlivu informačního systému na zkrácení doby reakce lidí a tím i na zkrácení doby úniku, lit. [5]

Fig. 1 The model of the escape of persons in the distance–time diagram. An example of the influence of the information system of the reduction of the reaction time of persons, resulting in the reduction of the escape time, Ref. [5]

informace o nebezpečí, či pokyn k evakuaci pro většinu osob v tunelu.

Schopnost rychle identifikovat požár a účinně varovat účastníky provozu zajišťují typicky heterogenní technologické subsystémy tvořené různými zařízeními a komponentami. Jejich návrh a realizace v tunelu závisí na mnoha okolnostech a obvykle nemohou být dány přesnými standardy. Nejenom investor či manažer rizik rozhodují o jejich provedení, volba je často ovlivněna i finančními možnostmi.

Subsystém identifikace požáru

Požár se v tunelu projevuje buď prvotním vývojem tepla, či naopak rozvojem kouře, anebo oběma fyzikálními příznaky najednou.

Jak již bylo zmíněno, prvním důležitým parametrem indikujícím požár je teplota. Všeobecně používaný lineární hlásič požáru je obvykle instalován pod stropem tunelu. Schopnost rychle a spolehlivě odhalit požár závisí především na výkonu požáru, dále na výšce hlásiče, na nastavení prahové hodnoty alarmu pro absolutní teplotu či na hodnotě nárůstu teploty v čase. Citlivost identifikace ovlivňuje i rychlost proudění vzduchu v tunelové troubě.

Zatímco teplo může zasáhnout v prvních minutách po vzniku požáru jen omezený počet lidí v bezprostřední blízkosti, vývoj kouře bývá velice rychlý a masivní. Podle dokumentů PIARC generuje hořící osobní vozidlo $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ kouře a autobus dokonce $90 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Přitom se jedná o vysoce toxický kouř. Kouř patří často k prvním symptomům vzniku požáru, a proto jsou kouřové senzory velmi důležité pro jeho identifikaci. V současné době se používají následující technologická zařízení a senzory:

- měřiče opacity mandatorně instalované v tunelech,
- kouřové senzory instalované v pravidelných odstupech,
- videodetekce kouře.

other period is essentially deterministic, expressing the time of walking to the escape exit Ref. [5].

The times set for the recognition and reaction, which are presented as an example in Fig. 1, are relatively short, 150s. It means that an individual lost 150s just in the beginning and walking starts only subsequently. He or she reaches the escape exit located at the distance of 250m in 320s, i.e. 5.3 minutes. If the user is successfully warned that evacuation has to start immediately, for example after 30s after the fire origination, he or she will reach the escape exit in 3.5 minutes.

With respect to the tunnel equipment facilities, the process of influencing human behaviour at early stages of a fire is affected first and foremost by:

1. The “Fire identification” sub-system, the task of which is to reveal the fire quickly and reliably, no matter which combination of the thermal or smoke-related component it is formed by. When this sub-system is being assessed, the output variable is the time of the fire identification regarding particular facilities installed.

2. The “Information to tunnel user”, the main task of which is to convey clear and intelligible information on the danger and recommend evacuation. The output variable is the time during which the information about the danger or an instruction to evacuate is conveyed to the majority of people in the tunnel.

The ability to quickly identify a fire and effectively warn the tunnel users is ensured by heterogeneous technological sub-systems formed by various facilities and components. Their design and realisation in a tunnel depends on many circumstances and usually is not and cannot be given by exact standards. Not only do the project owner or risk manager decide on their implementation; the selection is often affected even by financial possibilities.

Fire Identification sub-system

A fire in a tunnel manifests itself either by the initial development of heat or, just the opposite, the development of smoke, or by both physical signs simultaneously.

As mentioned above, the first important parameter indicating a fire is heat. The generally used linear heat detector is usually installed under the tunnel ceiling. The ability to quickly and reliably detect a fire depends first and foremost on the fire heat release rate and also the height of the detector, the setting of the alarm trigger level for absolute temperature or on the temperature growth rate. The identification sensitivity is even affected by the airflow velocity in the tunnel tube.

Whilst heat can affect only a limited number of people found in the close vicinity of the fire during initial minutes after the fire origination, the development of smoke is usually very quick and massive. According to PIARC documents, a burning car generates $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ of smoke and a bus even $90 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. This smoke is highly

Subsystém informování uživatelů tunelu

Akustické zařízení nazývané evakuační zvukový systém může hrát rozhodující roli v dodání relevantních informací k lidem uvězněným v tunelu. Z psychologického hlediska může toto zařízení přinášet velmi efektivně verbální informace právě takto postiženým lidem, kteří díky těmto sdělením mohou bez váhání zahájit evakuaci, lit. [7]. Obvykle se jedná o soubor předem připravených a kvalitně namluvených hlášení.

V tunelu jsou i další zařízení instalovaná pro zlepšení úniku osob. Například užití zvukových signálů pocházejících ze sirén se ukázalo jako nevhodné, a to z důvodu možného zvýšení paniky u lidí uvězněných v tunelu. Oproti tomu se naopak velmi dobře jeví uplatnění různých zvukových majáček obvykle instalovaných k exitům. Primární funkcí těchto zařízení je ve většině případů pouze navádění osob k únikovému východu. Právě proto hlavní využití těchto majáček nastává až při snížené viditelnosti, kdy se již v tunelu šíří kouř.

Naopak v prvních momentech po vzniku katastrofy se mohou uplatnit vizuální informace ve formě světelných či proměnných značek. Ty se spínají jen v případě požáru a jsou na nich jednoduché pokyny typu „Opusť tunel“. Zkušenosti ukazují, že jejich efektivita je poněkud omezená a nedosahuje úrovně verbální informace. Informační displeje (zařízení pro provozní informace) jsou moderním prostředkem pro šíření informací k uživatelům tunelu. Obvykle mají 2–3 řádky dobře čitelného textu. Zatím jsou, alespoň podle našich norem, umístovány (pokud vůbec) poměrně daleko, ve vzdálenostech okolo 500 m. Tendence k jejich hustšímu umístění naráží i na odpor projektantů vzduchotechniky, neboť vytváří aerodynamický odpor pro pohyb vzduchu vyvolaný ventilátory.

Z výše uvedeného výčtu (ale i ze samotné podstaty vnímání varovných informací) vyplývá, že nejúčinnějším prostředkem pro urychlení samoevakuace je poskytnutí dobře formované verbální informace elektroakustickým systémem. To však naráží na podstatný problém, kterým jsou akustické vlastnosti tunelové trouby.

AKUSTICKÉ POMĚRY V TUNELU

Tunelová trouba s hladkým povrchem je téměř dokonale odrazivým prostředím. Znamená to, že zvuková vlna akustických měničů dopadající na stěnu se odráží jen s nepatrně zmenšenou energií a pokračuje dál ve svém šíření. Tento akustický jev se nazývá echem. Projevuje se jako mnohonásobná ozvěna, která významně snižuje srozumitelnost mluveného slova, lit. [8]. Změnit poměr přímého a odraženého zvuku, neboť tento poměr silně ovlivňuje srozumitelnost, by znamenalo tunel obložit absorpční hmotou, a tím omezit velikost odraženého zvuku. To v praxi samozřejmě není uskutečnitelné. Jiná možnost zvýšení srozumitelnosti je představena v tomto článku.

V rámci projektu „Zelený tunel“ byl vyvinut systém diverzifikovaných akustických měničů pracujících s menším akustickým výkonem, což snižuje i velikost odraženého zvuku. Díky uvažovanému většímu množství měničů v tunelu je vyšší pravděpodobnost, že uživatel tunelu poslouchá v přímém a ne odraženém poli.

Stejný efekt mnohonásobných odrazů způsobují vozidla projíždějící tunelem a ventilátory. Pokud lze předpokládat zastavení vozidel v případě požáru, je pravděpodobné, že v krátké době budou sepnuty ventilátory. Prodlžení v sepnutí ventilátorů dané požadavky na zachování separace kouře v prvních minutách po vzniku požáru dávají šanci pro poskytnutí kvalitní verbální informace. Hluk ventilátoru je z principu způsoben zrychlením vzdušiny v soustrojí jakéhokoli ventilátoru a lze s ním jen obtížně bojovat. U příčné ventilace s ventilátory mimo tunelovou troubu lze hluk tlumit hlukovými filtry.

V Schipholtunnelu v Nizozemsku byly měřeny ekvivalentní hladiny akustického tlaku (křivka A) pro rychlost vozidel 100 km.h⁻¹. Samotné měření probíhalo ve dvou variantách, nejprve s vypnutými ventilátory a následně s ventilátory zapnutými. Byly naměřeny hodnoty 95, resp. 96 dB. Na podzim roku 2013 proběhlo obdobné měření i v Lochkovském tunelu, konkrétně v klesající tunelové troubě ve směru na Brno. Na obr. 2 jsou znázorněny

toxic. Smoke is often one of the initial symptoms of the origination of a fire. For that reason smoke sensors are very important for its identification. The following technological facilities and sensors are currently used:

- opacity meters obligatorily installed in tunnels;
- smoke sensors installed at regular intervals;
- video smoke detection.

Information to tunnel users sub-system

The acoustic facility called the evacuation sound system can play the deciding role; it conveys relevant information to people trapped in a tunnel. From psychological point of view, this facility can very effectively bring verbal information to the people affected in this way, who can start evacuation without hesitation owing to these announcements, Ref. [7]. The system usually consists of pre-prepared announcements recorded at high quality.

There are even other facilities installed in the tunnel for the purpose of improving the escape of persons. For example, the use of audio signals coming from sirens turned out to be unsuitable because of the possible increasing the panic among people trapped in the tunnel. In contrast, the application of various beacons usually installed at escape exits appears to be very good. In the majority of cases, the primary function of these facilities is only to guide people to escape exits. This is the very reason why these beacons are applied only under reduced visibility when smoke is already spreading in the tunnel.

Conversely, visual information in the form of lights of variable signs can come in useful at the initial moments after the catastrophe origination. They are switched on only in the case of a fire and display simple instructions of the type “Leave the tunnel”. Experience shows that their effectiveness is a little limited and does not reach the level of verbal information. The information displays (tunnel operation information facilities) are a modern means of spreading information for tunnel users. They usually have 2–3 lines of a well legible text. For the time being, at least to Czech standards, they are installed (if at all) at relatively big spacing of about 500m. The tendency towards increasing the density of their installation even meets the resistance of ventilation designers because of the fact that they generate aerodynamic resistance for the movement of air generated by fans.

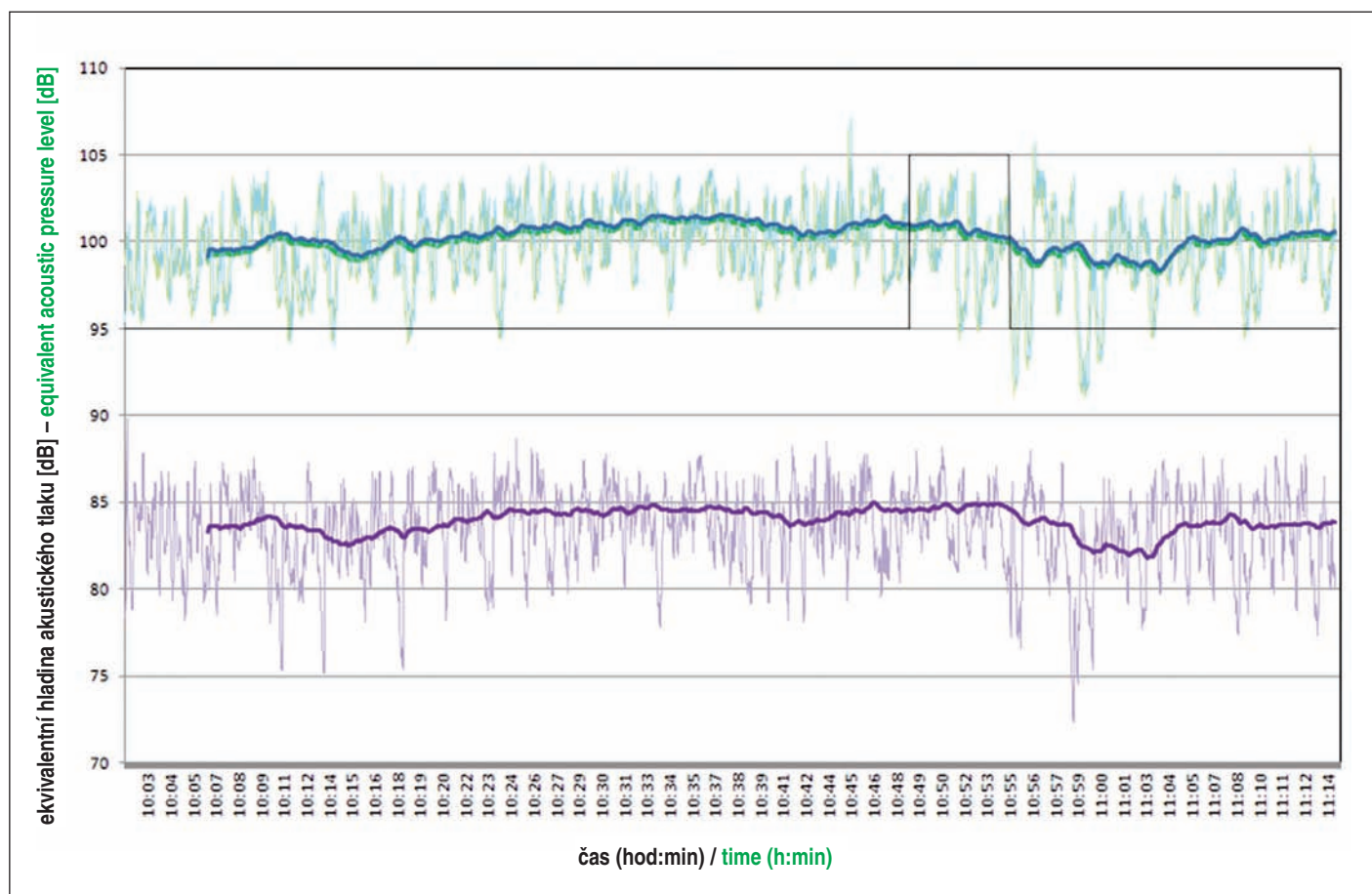
It follows from the above-mentioned enumeration (but also from the very essence of the perception of warning information) that the most effective means for the acceleration of self-evacuation is the provision of well-formulated verbal information through an electro-acoustic system. However, this design encounters a significant problem formed by the acoustic property of the tunnel tube.

ACOUSTIC CONDITIONS IN TUNNEL

A tunnel tube with a smooth surface forms a nearly perfect reflexive environment. It means that the sound wave generated by acoustic transducers and falling on a wall is reflected with only slightly reduced energy and continues to propagate further. This acoustic phenomenon is called the echo. It manifests itself as a multiple echo significantly reducing the intelligibility of spoken words, Ref. [8]. Changing the proportion between the direct and reflected sound, because this proportion significantly affects the intelligibility, would mean the necessity for cladding tunnel walls with a sound-absorbing material and reducing the magnitude of reflected sound in this way. This is naturally unfeasible in practice. Another possibility for improving the intelligibility is presented in this paper.

A system of diversified acoustic transducers operating with a smaller acoustic power, which in addition reduces the magnitude of the reflected sound, was developed within the “Green Tunnel” project. The probability that a tunnel user listens within the direct field and not the reflected field is higher owing to the bigger quantity of transducers inside the tunnel under consideration.

Vehicles passing along the tunnel and fans cause the same effect of multiple reflections. If it is possible to expect that vehicles stop in the case of a fire, it is likely that fans will be switched on in a short time.



Obr. 2 Ekvivalentní hladina akustického tlaku v tunelu Lochkov v tunelové troubě (horní průběh) a před portálem tunelu (dolní průběh). Svislé čáry v horním grafu vymezují dobu sepnutí ventilátorů

Fig. 2 Equivalent acoustic pressure level in the Lochkov tunnel inside the tunnel tube (upper curve) and in front of the tunnel portal (lower curve). Vertical lines in the upper graph determine the switching the fans on

zjištěné hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku v měřeném tubusu (horní křivka) a cca 5 m před portálem tunelu (spodní křivka). Umístění měřicí aparatury na dvou místech bylo zvoleno z důvodu možnosti porovnání zjištěných hodnot. Díky spojení na dispečink tunelů v Rudné byly během měření spuštěny na dobu přibližně 5 minut všechny ventilátory v tunelové troubě.

Výsledné průběhy hodnot z obou přístrojů jsou téměř identické formy. Vyhlazená křivka měřených hodnot je počítána jako aritmetický průměr z pěti předcházejících hodnot (plovoucí okénko). Z časového průběhu měření mezi 10:03 a 11:14 vyplývá, že ekvivalentní hladina akustického tlaku se v tunelu pohybuje okolo 100 dB a před portálem tunelu je na úrovni 83 dB (křivka A). Velmi podrobným zkoumáním, kdy se hledala závislost mezi intenzitou vozidel a hladinou akustického tlaku, bylo zjištěno, že od jisté malé intenzity (80 vozů/5 min) už jen málo záleží na tom, zda je v tunelu o 20–30 vozidel méně či více a hladina akustického tlaku se stále pohybuje okolo uvedených 100 dB. Této hodnoty bylo dosahováno už okolo 6:30 ráno.

Z grafu lze také odečíst vliv zapnutí ventilátorů v 10:49 a jejich vypnutí v 10:56 (svislé čáry v grafu). Je patrné, že akustický tlak vyvolaný ventilátory se neuplatnil ve vztahu k akustickému tlaku způsobenému vozidly. Jinými slovy je hladina akustického tlaku ventilátorů pod hladinou akustického tlaku vyvolaného vozidly.

POŽADAVKY NA NOUZOVÉ ZVUKOVÉ SYSTÉMY

Na rozdíl od dosud častého pojetí zvukových systémů, kdy se definují požadavky na hodnoty akustického tlaku, které mají zaručit „přehlušení“ hluku ventilátorů, se v současném pojetí hodnotí převážně srozumitelnost předávaných informací. Dokonce jsou publikovány výsledky, že index srozumitelnosti, viz dále, klesne o 30 % s nárůstem akustického tlaku z 80 na 110 dB, lit. [8].

The time delay of switching the fans on which follows from the requirement for maintaining the separation of smoke during the initial minutes after the origination of the fire gives chance of providing good quality verbal information. The noise generated by a fan is principally caused by the acceleration of air in any fan set and fighting it is difficult. Noise can be attenuated by noise filters in the cases of a transverse ventilation system with the fans located outside the tunnel tube.

Equivalent acoustic pressure levels (curve A) for vehicle velocity of $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ were measured in the Schiphol tunnel in the Netherlands. The measurement itself was carried out in two variants, first with fans switched off and subsequently with the fans switched on. The values measured amounted to 95 and 96 dB, respectively. Similar measurement was conducted in the Lochkov tunnel in the autumn of 2013, specifically in the tube descending toward the city of Brno. The values of the equivalent acoustic pressure level determined inside the tube being measured (the upper curve) and approximately 5 m in front of the tunnel portal (the lower curve) are presented in Fig. 2. The location of the measurement apparatus at two places was chosen so that the identified values could be compared. Thanks to the connection to the tunnel management centre in the town of Rudná, all fans in the tunnel tube were started for approximately 5 minutes.

The forms of the resultant curves of values from both apparatuses are nearly identical. The smoothed curve of the measured values is calculated as an arithmetical mean value from five previous values (the floating window). It follows from the time history of the measurements between 10:03 and 11:14 hours that the equivalent acoustic pressure level inside the tunnel fluctuates about 100 dB and in front of the tunnel is at 83 dB (curve A). It was determined by very detailed investigation, during which the relationship between the traffic flow volume and the acoustic pressure level was sought, that, from

Srozumitelnost je tedy klíčovým faktorem pro hodnocení kvality přenosových cest určených k šíření mluveného slova. Kvalita přenášené hlasové informace se od počátku 70. let měří jako index STI (Speech Transmission Index). Ten co neobjektivněji charakterizuje, jak je přenášený zvuk srozumitelný. Výchozím postupem ve stanovení tohoto indexu jsou psychoakustické testy na skupině posluchačů, v tomto případě v tunelové troubě. Srozumitelnost se pak rozumí procento správně zachycených slov, slabik či vět z celkového přenášeného souboru. Mezi slabikovou, slovní a větovou srozumitelností existují explicitní vztahy. Například 34–48 % dobře zachycených slabik odpovídá 89–92 % správně zachycených vět.

Základní požadavky na ozvučovací systémy vyplývají v České republice z normy ČSN EN 60849 „Nouzové zvukové systémy“. Její závaznost pro projektování a realizaci audio systémů sloužících pro hromadnou evakuaci osob vyplývá z vyhlášky 246/2001 Sb. Jde o českou verzi evropské normy EN 60849.

Norma ČSN EN 60849 – „Nouzové zvukové systémy“ zcela jednoznačně stanoví, že na každém evakuačním rozhlasovém systému, bez výjimky, musí být v rámci uvedení systému do provozu provedeno odborné měření srozumitelnosti, jehož výstupem budou objektivně změřené hodnoty srozumitelnosti přepočtené na jednotnou referenční stupnici CIS. Tzv. Common Intelligibility Scale (CIS) je dána matematickým vztahem

$$CIS = 1 + \log STI$$

Mezi STI, CIS a subjektivní interpretací platí tabulka 1.

Tab. 1 STI, CIS a subjektivní interpretace:

	BAD	POOR	FAIR	GOOD	EXCELLENT
STI	0,3	0,45	0,6	0,75	1,0
CIS	0,48	0,65	0,78	0,88	1,0

Norma ČSN 73 7507 „Projektování tunelů pozemních komunikací“ byla po revizi vydána v prosinci 2013. Norma obsahuje kapitulu 12.8 „Nouzový zvukový systém“ stanovující, že nouzový zvukový systém je instalován do tunelů nad 500 m a tento systém je navrhován v souladu s ČSN EN 60849. Dále je určeno, že ovládnutí systému ozvučení musí umožňovat:

- automatické vysílání předem připravených hlasových informací (v případě mimořádných událostí),
- přímý hlasový vstup z tunelového velínu,
- přímý hlasový vstup z nadřazeného velínu s trvalou obsluhou.

Z naprosto nepochopitelných důvodů však tento předpis požaduje pokrytí akustickým signálem (kap. 12.8.4) pouze:

- v oblastech u vstupů do záchranných cest s poloměry 25 m,
- v místech záchranných cest,
- ve vzdálenosti 25 m u portálů tunelů.

Podle stejné normy je maximální vzdálenost mezi vstupy do záchranných cest 300 m. V případě návrhu zvukového systému podle této normy nemusí být zvukovým signálem pokryta vzdálenost 250 metrů.

Například německá norma RABT požaduje umísťovat zvukový systém povinně pro všechny tunely vybavené videodohledem. Pokud není tunel kamerami vybaven, je povinnost zvukový systém instalovat v tunelech delších než 400 metrů. Rakouská norma RVS 9.02.22 dělí tunely do bezpečnostních kategorií. U vyšších bezpečnostních kategorií se instalují nouzová zvuková zařízení u tunelů delších než sto metrů. Evropská direktiva 54/2004/ES řeší minimální bezpečnostní požadavky na tunely transevropské silniční sítě pouze na vybraných komunikacích a u tunelů delších než 500 m. V přehledové tabulce tohoto nařízení je požadavek na „Reproduktory v úkrytech a u východů“, lit. [9].

Důvodem pro vyřazení požadavku na ozvučení celé tunelové trouby patrně bylo to, že kvalita přenášené informace v systémech využívaných v našich tunelech byla špatná. Proto bylo raději přijato řešení ozvučovat jen prostor u únikových východů. Existují i řešení, která mají požadovanou kvalitu zvuku, protože využívají speciální reproduktory se zvukovody pod stropem tunelu, lit. [6]. V projektu „Zelený tunel“ byl navržen a testován principiálně jiný originální zvukový systém popsáný v následující kapitole.

a certain small traffic flow volume (80 vehicles per 5 minutes), it depends very little on whether there are by 20-30 vehicles less or more - the acoustic pressure level keeps fluctuating about the above-mentioned 100dB. This value was reached as early as 6:30 hours in the morning.

Even the switching of fans on at 10:49 hours and their switching off at 10:56 hours can be read from the graph (vertical lines in the graph). It is obvious that the acoustic pressure induced by fans did not assert itself in the relationship toward the acoustic pressure induced by vehicles. In other words, the level of acoustic pressure induced by fans is below the level of acoustic pressure induced by vehicles.

REQUIREMENTS FOR EMERGENCY SOUND SYSTEMS

In contrast with the till now frequent understanding of sound systems where requirements for the acoustic pressure values which are to guarantee that the noise of fans is “drowned out” are defined, the intelligibility of the information being conveyed is preferably assessed in the current understanding. Results are even published that the intelligibility index (see below) drops by 30% with the acoustic pressure increasing from 80 to 110dB, Ref. [8].

Intelligibility is therefore the key factor for assessing the quality of transmission routes designed to spread speech. The quality of the transmission of voice information has been measured since the beginning of the 1970s as the STI (Speech Transmission Index). It characterises as objectively as possible how much the sound being transmitted is intelligible. The starting procedure in determining this index are psychoacoustic tests conducted on a group of listeners, in this particular case inside the tunnel tube. Intelligibility is then understood to be the percentage of correctly captured words, syllables or sentences of the total transmitted package. Explicit relationships exist between the intelligibility of syllables, words and sentences. For example, 34–48% of correctly captured syllables correspond to 89–92% of correctly captured sentences.

The basic requirements for sound systems follow in the Czech Republic from standard ČSN EN 60849 “Emergency sound systems”. The binding nature of this standard for designing and realisation of audio systems used for mass evacuation of persons follows from the Decree No. 246/2001 Coll. It is a Czech version of EN 60849 European standard.

ČSN EN 60849 standard “Emergency sound systems” totally unambiguously prescribes that professional measurement of intelligibility with the output in the form of objectively measured intelligibility values recalculated to the CIS uniform reference scale has to be carried out within the framework of the system commissioning of each evacuation broadcasting system. The so-called Common Intelligibility Scale (CIS) is given by the mathematical relationship

$$CIS = 1 + \log STI$$

The table 1 is applicable to the STI, CIS and subjective interpretation.

Table 1 STI, CIS and subjective interpretation:

	BAD	POOR	FAIR	GOOD	EXCELLENT
STI	0.3	0.45	0.6	0.75	1.0
CIS	0.48	0.65	0.78	0.88	1.0

ČSN 73 7507 standard „Road tunnel design“ was published after a review in December 2013. The standard contains chapter 12.8 “Emergency sound system”, stating that an emergency sound system is installed in tunnels over 500m long and this system is designed in compliance with ČSN EN 60849. It is in addition prescribed that the sound system has to allow for:

- automatic transmission of pre-prepared voice information (in the cases of exceptional events);
- direct voice input from the tunnel management centre,

NOUZOVÝ ZVUKOVÝ SYSTÉM NOVÉ GENERACE

Tunely jsou běžně vybavovány senzory pokrývajícími celou délku komunikace v tunelové troubě. Není důvod, proč by stejným způsobem nemohla být komunikace pokryta relativně kvalitním akustickým signálem. Základní ideou nového řešení je náhrada akustických měničů umístěných pouze u nouzových východů, tedy ve vzdálenosti cca 300 m, akustickými jednotkami. Ty budou ve vzájemné vzdálenosti okolo 30 m šířit zvukový signál menšího výkonu. Tím budou osoby v tunelu spíše v přímém akustickém poli než v několikanásobně odražené akustické vlně.

Zařízení, pro které byl zvolen název eESY, tvoří kompaktní modul, který bude umístěn na stěnu tunelu nebo na kabelový rošt nad vozovkou. Bylo navrženo a testováno několik variant řešení. První z nich je kompaktní monoblok napájený lithiovou baterií a komunikující bezdrátově (pomocí tzv. mesh sítě) s okolními jednotkami. Blok bude standardně v režimu „spící“, takže odhadovaná životnost baterií bude mezi 3 až 5 lety. Dále byly navrženy varianty napájené ze sítě, mající na krytu šipku, která se aktivuje po vyslání zprávy a blikáním upozorňuje na nejbližší exit.

Na obr. 3 je blokové schéma zařízení. Základem je procesorová řídicí jednotka poskytující potřebnou inteligenci tím, že ovládá a monitoruje další bloky zařízení. V její paměti mohou být uloženy desítky digitalizovaných hlášení. Napájecí modul monitoruje stav baterií a v případě jejich vybití informuje nadřazený systém. Zároveň dohlíží na minimalizaci spotřeby v neaktivním režimu. Komunikaci s dalšími jednotkami a nadřazeným systémem zajišťuje komunikační modul. Komunikační protokoly, chybovost a dostupnost byly testovány v rámci projektu. Koncovou jednotku zvukového řetězce tvoří digitální zesilovač s pulzní šířkovou modulací, jehož účinnost se pohybuje v oblasti nad 90 %. Zvukový signál je kmitočtově upraven tak, aby co nejlépe kopíroval vlastnosti lidského ucha. Použitý reproduktor je ze speciální vodě odolné konstrukce.

POROVNÁNÍ SROZUMITELNOSTI INSTALOVANÉHO A NOVÉHO ZVUKOVÉHO SYSTÉMU

Jak bylo zdůrazněno v předchozích kapitolách, a vyplývá to i z řady testů, je posouzení srozumitelnosti přenášené informace velmi komplexní problém. Existují dva způsoby, jak změřit STI index. Při prvním způsobu skupina osob zapisuje do formulářů zachycené jednotlivé slabiky/slova či věty, které čte trénovaný hlasatel či hlasatelka. Následně se statisticky vyhodnocuje průměrná

- direct voice input from the superior management centre with a permanent operator.

However, it is for absolutely incomprehensible reasons that this regulation requires the coverage with acoustic signal (see chapter 12.8.4) to be only:

- in areas near entrances to rescue routes with the maximum radii of 25m;
- in the locations of rescue routes;
- within the distance of 25m from tunnel portals.

According to the same standard, the maximum spacing of entrances to rescue routes is 300m. When a sound system is designed in compliance with this standard, the distance of 250m does not have to be covered with the audio signal.

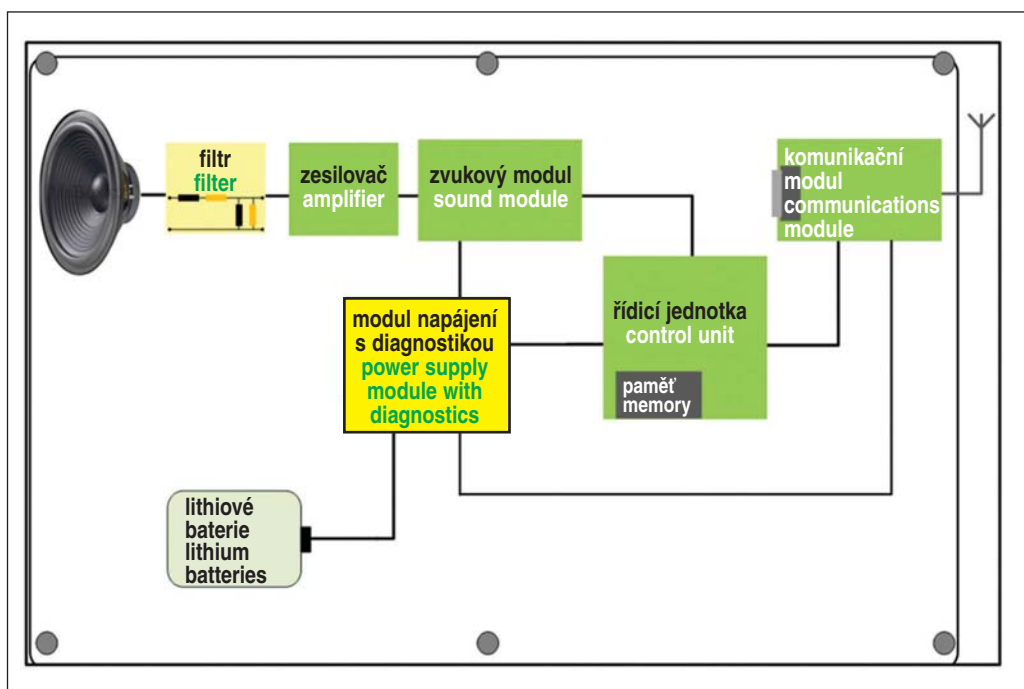
For example, German standard RABT requires the installation of sound systems obligatorily for all tunnels equipped with a video surveillance system. When the tunnel is not equipped with cameras, there is an obligation there to install sound systems in tunnels longer than 400m. Austrian standard RVS 9.02.22 divides tunnels into safety categories. At higher safety categories, emergency sound systems are installed in tunnels longer than 100m. The European directive 54/2004/ES solves the minimum safety requirements for tunnels on the trans-European network only for selected roads and for tunnels longer than 500m. A requirement for “Loudspeakers in shelters and at exits” is presented in an overview table in this directive, Ref. 9.

The reason for discarding the requirement for a sound system in the entire tunnel tube probably lied in the fact that the quality of information transmitted by systems used in tunnels in the Czech Republic was poor. For that reason the adoption of the solution to install sound systems only in spaces at escape exits was preferred. There are also solutions providing the required quality of sound because they use special horn loudspeakers installed under the tunnel ceiling, Ref. [6]. A principally different, original, sound system that is described in the following chapter was designed in the “Green Tunnel” project.

NEW GENERATION EMERGENCY SOUND SYSTEM

Tunnels are generally equipped with sensors covering the entire length of the road in the tunnel. There is no reason why the road could not be covered with a relatively good quality acoustic signal in the same way. The basic idea of the new solution lies in the replacement of acoustic transducers installed only at emergency exits, i.e. at intervals of approximately 300m, with acoustic units. They will be installed at about 30m spacing to spread a smaller power acoustic signal. In this way persons in the tunnel will be rather in a direct acoustic field than in a several times reflected acoustic wave.

The equipment, for which the name eESY was adopted, is formed by a compact module that will be installed on the tunnel wall or on a cable grate above the roadway. Several variants of the solution were designed and tested. The first of them is a compact monoblock supplied with power by a lithium battery and communicating wireless (by means of the mesh net) with neighbouring units. The block will be in the “sleeping” regime as a standard, therefore the estimated lifetime of the batteries



Obr. 3 Vnitřní bloková struktura zařízení
Fig. 3 Internal block diagram of the facility



Obr. 4 Skupiny osob pro měření srozumitelnosti řeči subjektivní poslechovou metodou byly koordinátorem proškoleny o způsobu měření a chování v tunelu

Fig. 4 Groups of persons for measuring the speech intelligibility using the subjective listening method were instructed by the coordinator in the measurement procedure and behaviour in the tunnel

hodnota srozumitelnosti a rozptýl správných odpovědí. Skupiny slabik/slov nebo vět nesmí vzájemně souviset.

Tato měření jsou poměrně náročná časově i finančně, a proto jsou nahrazována přístrojovým měřením, kdy je měřicím zařízením zjišťován koeficient STIPA (Speech Transmission Index for Public Address Systems). Vychází se z toho, že řeč může být simulována jako šum modulovaný na nízkofrekvenčních složkách zvukového spektra. STIPA měřiče obsahují speciální generátor amplitudové modulace jako testovací signál. Mikrofony potom přijímají signál po průchodu akustickým řetězcem a přístroj porovnává hloubku modulace vysílaného a přijímaného signálu v různých frekvenčních pásmech. Ztráta hloubky modulace je spojena se ztrátou srozumitelnosti a udává přímo index srozumitelnosti.

V rámci testování a porovnávání nového zvukového systému eESY se stávajícím nouzovým zvukovým systémem bylo v tunelu Lochkov provedeno měření srozumitelnosti oběma metodami.

Měření v tunelu Lochkov – subjektivní poslechová metoda

Subjektivní poslechové metody se zúčastnilo celkem 12 osob rozdělených do 4 skupin. Věkové rozdělení osob bylo v intervalu

will be between 3 to 5 years. Variants supplied from the electrical network, having an arrow on the cover that is activated after the news is transmitted and giving notice of the closest exit by blinking, were also proposed.

A block diagram of the facility is presented in Fig. 3. The base is a processor control unit providing the intelligence required by controlling and monitoring other blocks of the facility. Tens of digitised reports can be stored in its memory. The power module monitors the condition of batteries and informs the superior system in the case of their discharge. At the same time it oversees the minimisation of power consumption in the inactive state. The communication with other units and the superior system is ensured by the communication module. Communication reports, error rates and availability were tested within the framework of the project. The terminal unit of the sound chain is formed by a digital amplifier with the pulse width modulation the range of the efficiency of which fluctuates in the area of over 90%. The acoustic signal frequency is modified to copy the best properties of human ear. The structure of the loudspeaker that was used is special, waterproof.

COMPARISON OF INTELLIGIBILITY OF THE INSTALLED SOUND SYSTEM AND THE NEW ONE

As stressed in the previous chapters, and as it even follows from numbers of tests, the assessment of the intelligibility of transmitted information is a highly comprehensive problem. There are two methods of measuring the STI. At the first method, a group of persons write the captured individual syllables/words or sentences read by a trained announcer (man or woman) into forms. Subsequently the statistical average value of intelligibility and the scatter of correct answers are assessed. The groups of syllables/words or sentences must not be interrelated.

These measurements are relatively time demanding and expensive. For that reason they are often replaced by measuring with instruments, where measurement devices are used for the determination of the Speech Transmission Index for Public Address Systems (STIPA). This approach is based on the fact that speech can be simulated as a noise modulated on low-frequency components of the sound spectrum. The STIPA measurement devices contain a special generator of amplitude modification as a testing signal. Microphones then receive the signal after the passage through the acoustic chain. The loss of the modulation depth is associated with the loss of intelligibility and indicates directly the intelligibility index.

The measurement of intelligibility was conducted within the framework of the testing and comparing of the eESY sound system with the existing sound system in the Lochkov tunnel, using both methods.

Measurements in the Lochkov tunnel – a subjective listening method

The total of 12 persons divided into 4 groups were involved in the subjective listening method testing. The age distribution of the persons ranged from 24-65 years. The education of the persons was at the level of high school as the minimum. The measurements were conducted on 8th December 2013 during the tunnel outage. The eESY modules were installed on stands at the tunnel wall at 20m intervals. The objective of the tests was to compare the intelligibility of the



Obr. 5 Hodnoty STI na displeji měřicího přístroje při měření nově navrženého (vlevo) a stávajícího (vpravo) nouzového zvukového systému při vypnutých ventilátorech

Fig. 5 STI values on the measurement apparatus display during the measurement of the newly designed (left-side) and existing (right-side) emergency sound systems with the fans switched off

24–65 let. Vzdělání osob bylo minimálně středoškolské. Měření probíhalo 8. prosince 2013 při odstávce tunelu. V tunelu byly umístěny na stojany ke stěně moduly zařízení eESY, ve vzdálenostech po 20 m. Cílem testů bylo porovnat srozumitelnost zvukového systému tvořeného tlakovými reproduktory u nouzových východů a nového systému se zvukovými moduly eESY.

Skupiny posluchačů byly umístěny podle předem připraveného schématu ve vzdálenostech cca 20, 30 a 40 m od nouzového východu. Od koordinátora měření posluchači obdrželi formulář se 31 kolonkami a jejich úkolem bylo zapisovat slova typu „nehoda“, „vozidlo“, „zůstaňte“ namluvená profesionálními řečníky a reprodukováná příslušným elektroakustickým řetězcem. Pro každé měření stávajícího a nově navrženého systému se vyhodnocovala:

- průměrná srozumitelnost jednotlivých slov pro každé stanoviště zvlášť,
- vyhodnocení mužského a ženského hlasu pro každé stanoviště zvlášť,
- celková průměrná srozumitelnost.

Celkem byla provedena dvě měření pro instalovaný a nový systém se zapnutými a vypnutými ventilátory. Výsledky udávající počet zachycených slov [%] a přepočítané hodnoty STI jsou v následující tabulce.

Tab. 2 Porovnání stávajícího a nového zvukového systému subjektivní poslechovou metodou

Ukazatel	Stávající systém		eEAS	
	ZAP	VYP	ZAP	VYP
Ventilátory				
stanoviště 1	75	84	80	92
stanoviště 2	59	82	80	86
stanoviště 3	63	71	76	87
stanoviště 4	58	73	85	90
Celkově STI	0,64	0,78	0,80	0,89
Hodnocení STI	fair	good	good	good

Stávající systém, v případě zapnutých ventilátorů, umožní správně interpretovat 64 % slov, zatímco nový systém 80 %. Podstatné rozdíly se projevují i v případě vypnutých ventilátorů. Dozvuk způsobí, že i při optimálních podmínkách se dá zachytit pouze 78 % slov. Pokud jsou lidé v přímém vyzařovacím poli akustických zářičů, stoupne srozumitelnost na 89 %.

Další série měření porovnávala srozumitelnost řeči u mužského a ženského hlasu. Jednalo se o orientační měření, které mohlo být do jisté míry ovlivněno tím, že skladba slov nebyla stejná. Slova se často lišila v délce či intonaci. Rozdíl ve srozumitelnosti byl okolo 17 % ve prospěch mužského hlasu. Toto orientační měření ale dává podnět k tomu, že by měla být u předem připravených hlášení i zkoumána vhodnost použití mužského či ženského hlasu.

Měření v tunelu Lochkov – objektivní přístrojové měření

Pro stejnou konfiguraci elektroakustických řetězců byl do tunelu namísto skupiny posluchačů umístěn měřicí mikrofón a měřicí aparatura Norsonic Nor 140 pro přístrojové měření STI, lit. [8]. Každé měření bylo několikrát opakováno s výsledky uvedenými v tabulce 3.

Tab. 3 Porovnání stávajícího a nového zvukového systému měřením přístrojovou metodou

Ukazatel	Stávající systém		eEAS	
	ZAP	VYP	ZAP	VYP
Ventilátory				
Hodnota STI	0,18	0,26	0,44	0,53

sound system formed by horn loudspeakers at emergency exits and the new system with eESY sound modules.

The groups of listeners were placed according to a pre-prepared chart at the distances of approximately 20, 30 and 40m from the emergence exit. They received forms with 31 cells from the measurement coordinator and their task was to put down words of the “accident”, “vehicle”, “stay” type, which had been pronounced by professional speakers and reproduced by the respective electroacoustic chain. The assessment of each measurement of the existing and newly designed system comprised:

- average intelligibility of individual words, separately for each workplace;
- assessments of male and female voices, separately for each station;
- overall average intelligibility.

Two measurements for the installed and the new system with fans switched on and switched off were conducted in total. The results indicating the number of well captured words [%] and recalculated STI values are presented in Table 2 below.

Table 2 Comparison of the existing sound system and new sound system using the subjective listening method

Indicator	Existing system		eEAS	
	ON	OFF	ON	OFF
Fans				
station 1	75	84	80	92
station 2	59	82	80	86
station 3	63	71	76	87
station 4	58	73	85	90
Overall STI	0.64	0.78	0.80	0.89
STI assessment	fair	good	good	good

The existing system and the new system, in the case of the fans switched on, allows for correct interpretation of 64% and 80% of words, respectively. Significant differences are obvious even in the case of the fans switched off. The echo causes that only 78% of words can be captured even under optimal conditions. If people are in the direct radiation field of the acoustic radiators, the intelligibility will rise to 59%.

The other series of measurements compared the intelligibility of speaking in the cases of male and female voices. It was an approximate measurement, which could be to some extent affected by the fact that the selection of the words was not identical. The words frequently differed in the length or intonation. The difference in intelligibility was about 17% on behalf of the male voice. Nevertheless, this approximate measurement results suggest that the suitability of using male or female voices should be examined in the cases of pre-prepared announcements.

Measurements in the Lochkov tunnel – objective measurements using apparatuses

A measurement microphone and Norsonic Nor 140 measurement apparatus for the STI measurement using apparatuses were installed in the tunnel for an identical configuration of the electroacoustic chains Ref. [8]. Each measurement was repeated several times, with the following results (see Table 3).

Table 3 Comparison of the existing sound system and the new system by the measurement method using apparatuses

Indicator	Existing system		eEAS	
	ZAP	VYP	ZAP	VYP
Fans				
STI value	0.18	0.26	0.44	0.53

It is obvious from the table that the absolute values of the STI intelligibility index are lower than those obtained by the measurements using the subjective method. On the other hand, they

Z tabulky je patrné, že absolutní hodnoty indexu srozumitelnosti STI jsou nižší než při měření subjektivní metodou. Na druhé straně dobře popisují relativní rozdíly při poslechu se zapnutými a vypnutými ventilátory a hlavně ukazují na rozdíl mezi novým nouzovým zvukovým systémem a systémem instalovaným v tunelu, a to vždy ve prospěch nového systému. Na obr. 5 jsou displeje aparatury měřící index srozumitelnosti STI, který je přepočítán na hodnotu CIS.

ZÁVĚR

V článku je poukázáno na to, že schopnost samozáchranu osob při požáru významně ovlivňuje nouzový zvukový systém, který může a musí podávat pokyny k evakuaci co nejdříve po identifikaci požáru. Jedná se o zařízení mající významně vyšší efektivitu, než je informování řidičů světelnými značkami či informačními displeji. Proto je nutné, aby předávaná informace byla co nejkvalitnější a aby se dostala ke všem osobám v tunelové troubě.

Kvalitu informace určuje srozumitelnost a její dostupnost. Nouzový zvukový systém je nutné instalovat s cílem dosažení maximálního indexu srozumitelnosti a také takovým způsobem, aby byla informace dostupná pro všechny osoby. Proto není možné omezit zvukovou informaci na prostor s poloměrem 25 metrů u nouzových východů, jak popisuje nové vydání ČSN 73 7507.

V rámci projektu „Zelený tunel“ byla vytvořena nová koncepce nouzového zvukového systému spočívající v elektroakustických modulech, které jsou rozmístěny v menších vzdálenostech. Díky tomu pracují s menším výkonem a do značné míry eliminují dozvuk, který u klasického provedení využívajícího akustických měničů u nouzových východů do velké míry snižuje srozumitelnost.

V tunelu Lochkov bylo provedeno měření srozumitelnosti stávajícího a nově vyvinutého systému, a to jak subjektivní metodou se skupinou posluchačů, tak přístrojem pro měření srozumitelnosti. Při měření včetně srozumitelnosti zachytí posluchači u nového systému o 11–16 % více slov, než u stávajícího systému. Zároveň měření prokázalo, že je zde shoda mezi subjektivním a přístrojovým měřením, které tak může být používáno k nastavování elektroakustického řetězce.

PROF. ING. PAVEL PŘIBYL, CSC.,
pribylp@eltodo.cz, pribyl@fd.cvut.cz
ING. JAN PŘIKRYL, prikrylj@eltodo.cz,
ING. ONDŘEJ PŘIBYL, pribylo@eltodo.cz,
ELTODO, a.s.

Recenzovali: prof. Ing. Juraj Spalek, Ph.D., Ing. Libor Ládiš

well describe the relative differences in listening with fans switched on and switched off and, first and foremost, they show the difference between the emergency sound system and system installed in the tunnel, where the new system always wins. The displays of the apparatus measuring the STI index of intelligibility, which is recalculated to the CIS value, are presented in Fig. 5.

CONCLUSION

It is pointed out in the paper that the self-rescue ability of persons during a fire is significantly influenced by the emergency sound system, which may and has to convey instructions to evacuation as soon as possible after the fire identification. It is a facility with significantly higher effectiveness than informing drivers by illuminated signs or information displays. It is therefore necessary that the conveyed information is the highest quality and gets to all persons in the tunnel tube.

The information quality is determined by intelligibility and its availability. The emergency sound system has to be installed with the aim of achieving the maximum intelligibility index ensuring that the information is available for all persons. For that reason it is impossible to limit the acoustic information to a 25m-radius space at emergency exits, as it is described in the new edition of ČSN 73 7507.

A new concept of the emergency sound system lying in electro-acoustic modules distributed at smaller intervals was developed within the framework of the “Green Tunnel” project. Owing to this concept the modules operate with smaller power and, to a significant extent, eliminate the echo, which reduces intelligibility to a great degree in the case of the classical design using acoustic transducers at emergency exits.

Measurements of the intelligibility of the existing and newly developed system was carried out in the Lochkov tunnel, using both the subjective method with a group of listeners and an intelligibility measuring apparatus. When the sentence intelligibility is measured, listeners to the new system capture by 11–16% words more than in the case of the existing system. At the same time, the measurement proved that there was an agreement between the subjective measurement and the measurement using apparatuses, which can therefore be used for setting the electro-acoustic chain.

PROF. ING. PAVEL PŘIBYL, CSC.,
pribylp@eltodo.cz, pribyl@fd.cvut.cz,
ING. JAN PŘIKRYL, prikrylj@eltodo.cz,
ING. ONDŘEJ PŘIBYL, pribylo@eltodo.cz,
ELTODO, a.s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] KOHL, B. at all. *Current practice for risk evaluation for road tunnel users*. Technical report “Risk Evaluation”, WG2, PIARC, 2010, pp. 72
- [2] PIARC Technical Committee C 3.3 Road Tunnel Operation. Report 2008R02 Risk Analysis for Road Tunnels, ISBN: 2-84060-202-4
- [3] PERSSON, M. *Quantitative Risk Analysis Procedures for the Fire Evacuation of the Road tunnel*. Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Report 5096, Lund 2002
- [4] KINATEDER, M., Pauli, P. at all. *Human behaviour in severe tunnel accidents: Effects on information and behaviour training*. Transportation research, Part F 17, 2013, pp. 20-32
- [5] PŘIBYL, P., SPALEK, J. *Risk analysis of road tunnels reflecting technological facilities*. Conference Podzemní stavby, Praha, 2013, sborník na CD, str. 8
- [6] START, E. *Design of voice alarm systems for traffic tunnels: Optimization of speech intelligibility*. Duran Audio, pp. 12, www.duran-audio.com
- [7] ARENDS, B. The Value of Safety. Evaluation on the cost effectiveness of safety measures in road tunnels in the Netherlands. MSc. Thesis, Faculty of Civil Engineering, TU Delft, June 2003
- [8] MANUÁL – Nor-140, Zvukový analyzátor. Norsonic AS, vyd. 2007
- [9] EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL. Directive 2004/54/EC of the European Parliament and the Council, dated 29. April 2004, on minimum safety requirements for the trans-European network tunnels, L201/56 European Union Official Journal, 7-6-2004

ZAČLENĚNÍ TUNELOVÉHO KOMPLEXU BLANKA DO MĚSTSKÉHO DOPRAVNÍHO SYSTÉMU

INCORPORATION OF BLANKA COMPLEX OF TUNNELS INTO URBAN TRANSPORT SYSTEM

JIŘÍ ŠTEFAN, TOMÁŠ TICHÝ

ABSTRAKT

Článek popisuje základní prvky řízení v tunelovém komplexu Blanka (TKB) a jeho vazby na bezprostřední a navazující okolí. Provázání řízení tunelového systému s řízením povrchové dopravy na vjezdech a výjezdech do/z tunelu patří mezi důležité podmínky pro začlenění do celoměstského systému řízení dopravy zajišťujícího plynulost a bezpečnost dopravy. Text popisuje i integraci v rámci městského okruhu a napojení na již stávající tunelové systémy s ohledem na typy možných událostí v jednotlivých tunelových částech tunelového komplexu Blanka.

ABSTRACT

This paper describes fundamental elements of the management in Blanka complex of tunnels (BCT) and its relations to the surroundings and further areas. Linking the tunnel system management with the management of surface traffic at entrances and exits to/from a tunnel belongs among important conditions for the incorporation into the citywide transport management system ensuring fluent and safe traffic. The text in addition describes the integration within the framework of the City Circle Road and connections to existing tunnel systems in terms of potential events in individual tunnel parts of the Blanka complex of tunnels.

ÚVOD

Jedním z několika aspektů, které mají všechna větší a velká města společné, je přeplněnost silničních komunikací blížící se své saturaci, a to zejména v centrálních oblastech. Doprava, ať už zboží nebo osob, pomocí automobilů je stále přes všechny možné alternativy nejrozšířenějším druhem dopravy.

Postupem času si tato stále se zvyšující dopravní zátěž vynutila zavedení nejdříve jednoduchých, poté stále více sofistikovanějších systémů řízení, aby se zabránilo dopravním kolapsům vedoucím ke kongescím, kdy jsou komunikace i křižovatky zcela zaplněny stojícími a vzájemně se blokujícími vozidly. Možnosti řízení tohoto plošného síťového systému jsou v řadě případů kapacitně již vyčerpány, a tak, pokud pomíneme restriktivní administrativní opatření, zbývají pouze možnosti přenesení úrovně komunikací do další dimenze. Toho lze dosáhnout buď nadzemním vedením komunikací, které je ale provázáno nároky na zastavěný prostor a těžko řešitelnými problémy s rozptylem hluku do okolí, nebo přemístěním těchto komunikací pod zem.

Takovýchto silničních komunikací a ucelených dopravních celků, kterými se převádí dopravní zátěž z jednoho místa do druhého, má v současné době hlavní město Praha v provozu již několik. Tunelový komplex Blanka, který je v současné době dokončován, však součet všech těchto stávajících tunelových staveb svou délkou překonává a významně prodlužuje celkovou délku městského okruhu (MO) v severozápadní části města. Následující kapitoly popisují napojení tunelového komplexu Blanka na pozemní komunikace i na stávající tunelové stavby a vzájemné provázání řídicích systémů pozemní dopravy a tunelových staveb včetně reakcí světelně řízených křižovatek na mimořádné události.

POPIS DOPRAVY A ZAČLENĚNÍ DO MĚSTSKÝCH ČÁSTÍ

Tunelový komplex Blanka se skládá ze čtyř základních dopravních úseků: SAT – 2. stavba, Myslbekova – Pražský most,

INTRODUCTION

One of several aspects common to all larger and big cities is overcrowding of roads approaching their saturation, in particular in central areas. Despite all possible alternatives, automobile transport, no matter whether of persons or goods, remains to be the most common mode of transport.

Over time, this continuously increasing traffic volume enforced the introduction of management systems, at the beginning simple and then more and more sophisticated, designed to prevent traffic collapses leading to congestions, where roads and intersections are completely filled with standing vehicles blocking each other. The possibilities of managing this surface transport system have been in many cases exhausted as far as the capacities are concerned, which means that, if we disregard restrictive administrative measures, the only remaining option is to transfer the level of roads to another dimension. This can be achieved either by elevated routes of roads, which is however connected with requirements for built-up space and hard-to-solve problems associated with the dissipation noise to the surroundings, or by relocating these roads underground.

The City of Prague has currently got in operation several such roads and transport complexes transferring traffic volume from one place to another one. Nevertheless, the Blanka complex of tunnels, which is at the moment being completed, exceeds the sum of the lengths of all these existing tunnel structures in terms of the length and significantly extends the total length of the City Circle Road (CCR) in the north-western part of the city. The following chapters describe the connection of the Blanka complex of tunnels to underground roads and to existing tunnel structures, as well as the mutual interconnection of underground traffic and tunnel structures management systems, including responses of lights-controlled intersections to extraordinary events.

Prašný most – Špejchar a Špejchar – Pelc-Tyrolka. Z hlediska dopravního uspořádání je TKB rozdělen do tří úseků: tunel Brusnický (BR), tunel Dejvický (BD) a tunel Bubenečský (BU). Tunelový komplex je navrhován v rámci území hlavního města Prahy, kde na severozápadní straně je navázán na Strahovský tunel v oblasti Malovanky v Praze 6 a na jihovýchodní straně ústí v oblasti Pelc-Tyrolka v Praze 8. Vlastní stavba vede pod důležitými radiálními komunikacemi ul. Patočkova a ul. Milady Horákové, které patří mezi významné dopravní komunikace se stávajícím zatížením 32 tis. vozidel a 28 tis. vozidel za den. Současně stavba přímo navazuje na Strahovský tunel s aktuální denní intenzitou 45 tis. vozidel a na ulici V Holešovičkách, kde se dnes intenzita pohybuje v počtu 83 tis. vozidel za den. Z toho je zřejmé, že tunelový komplex Blanka by měl nejen řešit prodloužení městského okruhu v severní části města, ale také odvést část dopravy z exponovaných lokalit v Praze 6 a v Praze 7, aby došlo ke snížení dopravní intenzity zejména v ulici Milady Horákové a v Patočkově ulici.

Jednotlivé úseky tunelového komplexu Blanka jsou navázány na významné komunikace a další dopravní stavby. Vjezdy a výjezdy z povrchových komunikací do tunelových úseků komplexu Blanka jsou osazeny světelně signalizačním zařízením (SSZ). Tyto vjezdové/výjezdové křižovatky mají zásadní vliv na řízení a přesměrování dopravy, a to nejen při řešení dopravních situací na daných křižovatkách, ale zejména pak při mimořádných stavech jednotlivých tunelových úseků z hlediska zajištění bezpečného výjezdu z tunelu či zákazu vjezdu do tunelu. V oblasti je bezprostředně na tunelový komplex Blanka navázáno celkem 10 světelně řízených křižovatek a dalších 13 křižovatek je jejich stavem přímo ovlivňováno. Křižovatky řízené světelně signalizačním zařízením budou připojeny do příslušných dopravně řídicích ústředí, které jsou v oblasti C2 Smíchov a C3 Vltavská. Dopravně řídicí oblasti jsou připojeny optickým kabelem na hlavní dopravně řídicí ústředí (HDRÚ). Světelně řízené křižovatky musí umožňovat příjem povelů z dopravně řídicí ústředny a výběr příslušných dynamických signálních plánů tak, aby bylo zajištěno nejen vlastní správné nastavení řízení křižovatek pro zajištění maximální propustnosti komunikace v daném časovém intervalu, ale v případě požadavku od řídicího systému tunelové stavby i prioritní navolení programu křižovatky pro tento mimořádný stav. Tím dochází k zajištění vyšší bezpečnosti při řízení dopravy v dané oblasti tunelových staveb. Samozřejmostí v rámci zkušebního provozu tunelové technologie musí být i prověření vlastního nastavení dopravní signalizace s ohledem na změnu přelivu dopravní zátěže.



Obr. 1 Mimoúrovňová křižovatka Malovanka [8]
Fig. 1 Malovanka grade-separated intersection [8]

DESCRIPTION OF TRANSPORTATION AND INCORPORATION INTO MUNICIPAL DISTRICTS

The Blanka complex of tunnels consists of four basic transport sections: construction package No. 2 of the SAT (Strahov Automobile Tunnel), Myslbekova – Prašný Most section, Prašný Most – Špejchar section and Špejchar – Pelc Tyrolka section. In terms of the transport arrangement, the BCT is divided into the following three sections: the Brusnický tunnel (BR), the Dejvický tunnel (BD) and the Bubenečský tunnel (BU). The complex of tunnels is designed within the framework of the territory of the City of Prague, where it is connected on the north-western part to the Strahov tunnel in the area of Malovanka in Prague 6 and, on the south-eastern side, ends in the area of Pelc Tyrolka in Prague 8. The structure itself runs under important radial roads – Patočkova Street and Milady Horákové Street – belonging among important roads with the current traffic volume of 32 thousand vehicles and 28 thousand vehicles per day, respectively. At the same time the structure directly connects to the Strahov tunnel with the current traffic volume of 45 thousand vehicles per day, and V Holešovičkách Street, where the traffic volume today fluctuates about 83 thousand vehicles per day. It is obvious from this fact that that the Blanka complex of tunnels should not only solve the extension of the City Circle Road in the northern part of the city, but it also should divert part of the traffic volume from exposed locations in Prague 6 and Prague 7 so that the traffic volume is reduced first of all in Milady Horákové Street and Patočkova Street.

Individual sections of the Blanka complex of tunnels are connected to important roads and other transport-related structures. Entrances and exits from at-grade roads to the tunnel sections forming the Blanka complex are provided with traffic lights. These intersections at tunnel exits and entrances significantly affect the control and redirection of traffic, not only when situations of traffic at the particular intersections are to be solved, but mainly during extraordinary states of particular tunnel sections when safe exiting from the tunnel or closing the tunnel is necessary. There are 10 lights-controlled intersections directly linking to the Blanka complex of tunnels in the area and additional 13 intersections are directly affected by their state. The intersections controlled by traffic lights will be connected to respective traffic management centre, which are located in the C2 Smíchov and C3 Vltavská regions. The traffic management regions are connected by a fibre optic cable to the Main Traffic Management Centre (MTMC). The lights-controlled intersections have to allow for receiving commands from the traffic management centre and for the selection of relevant dynamic



Obr. 2 Křižovatka Prašný most [8]
Fig. 2 Prašný Most intersection [8]



Obr. 3 Křižovatka U Vorlíků [8]

Fig. 3 U Vorlíků intersection [8]

Jak již bylo řečeno, vlastní tunelový komplex Blanka je možno dopravně rozdělit do tří úseků, kde první úsek (tunel Brusnice) je dopravně připojen na mimoúrovňovou křižovatku na Malovance (obr. 1) s návazností na Strahovský tunel a dále na tunel Mrázovka, tunel Zlíchov a na Barrandovský most. Na druhé straně vzniká nová křižovatka Prašný most (obr. 2) s návazností na ulici Svatovítskou a dále na Vítězné náměstí. Ulice Svatovítská patří také mezi významné komunikace v Praze 6 s intenzitou dopravy 22 tis. vozidel za den s dopravním napojením na ulice Evropskou a Jugoslávských partyzánů. Na Brusnický tunel navazuje tunel Dejvický, který je „ukončen“ u nové křižovatky U Vorlíků (obr. 3), která je umístěna před stadionem Sparty. Na Dejvický tunel je navázán Bubenečský tunel s výjezdem v ulici Povltavské, jejíž dopravní zátěž se pohybuje okolo 14 tis. vozidel za den, s dopravním propojením na ulici V Holešovičkách a na nově stavěný Trojský most (obr. 4).

Na celkovém zlepšení povrchové dopravy se nemalou měrou podílí i rekonstrukce tramvajové trati, která je vedena z velké části nad Brusnickým a Dejvickým tunelem. Z hlediska uplatnění preference tramvajové dopravy tato trať zasahuje do nově navrhovaných křižovatek Na Valech a U Vorlíků. Na křižovatce Prašný most – Milady Horákové – Svatovítská je jako první v Praze použita rychlostní výhybka, která svými technickými parametry zvýší průjezdnost a komfort v cestování. Celkem je v oblasti 15 křižovatek osazených světelně signalizačním zařízením, které jsou ovlivněny tunelovým komplexem Blanka a současně jsou zahrnuty do preference MHD. Okolní pozemní komunikace vesměs zůstaly ve stávajících profilech a jsou použity pro řešení objízdných tras či jako alternativní řešení při uzavření tunelového komplexu či jeho jednotlivých úseků. Toto uzavírání úseků se děje nejen z důvodu mimořádných událostí, ale častěji a pravidelně z důvodu nutné údržby tunelových staveb.

V oblasti jsou ve výstavbě další důležité koordinační dopravní stavby, např. propojení Evropská – Svatovítská, aby byla doprava přeměrována mimo přetížené Vítězné náměstí. Dalšími významnými stavbami jsou dva mosty – Prašný most a Trojský most, jež oba bude využívat i tramvajová doprava. Zatímco Prašný most prošel celkovou přestavbou a rozšířením ve stejném místě, nový Trojský most plně nahradí tramvajový most, který byl demontován. Dalšími dopravními stavbami jsou dva objekty podzemních garáží na Letné a na Prašném mostě s celkovou kapacitou převyšující 1000 vozidel, přesněji řečeno, parkoviště Letná má připravovanou kapacitu 860 a Prašný most 290 vozidel. V rámci nejen dopravních významných staveb se počítá i s vybavením telematickými

signalizací tak, aby nejen správné nastavení řízení průjezdu u křižovatek zajišťující maximální propustnost silnice v daném časovém intervalu, ale i případná požadavky řízení systému řízení tunelové struktury, dokonce i prioritizace programu řízení křižovatky pro konkrétní mimořádný stav. Tímto způsobem je dosaženo vyšší úrovně bezpečnosti řízení provozu v dané oblasti tunelové struktury. Kontrola nastavení dopravní signalizace s přihlédnutím ke změně posuvu objemu dopravy musí být běžnou součástí rámce řízení provozu tunelové struktury.

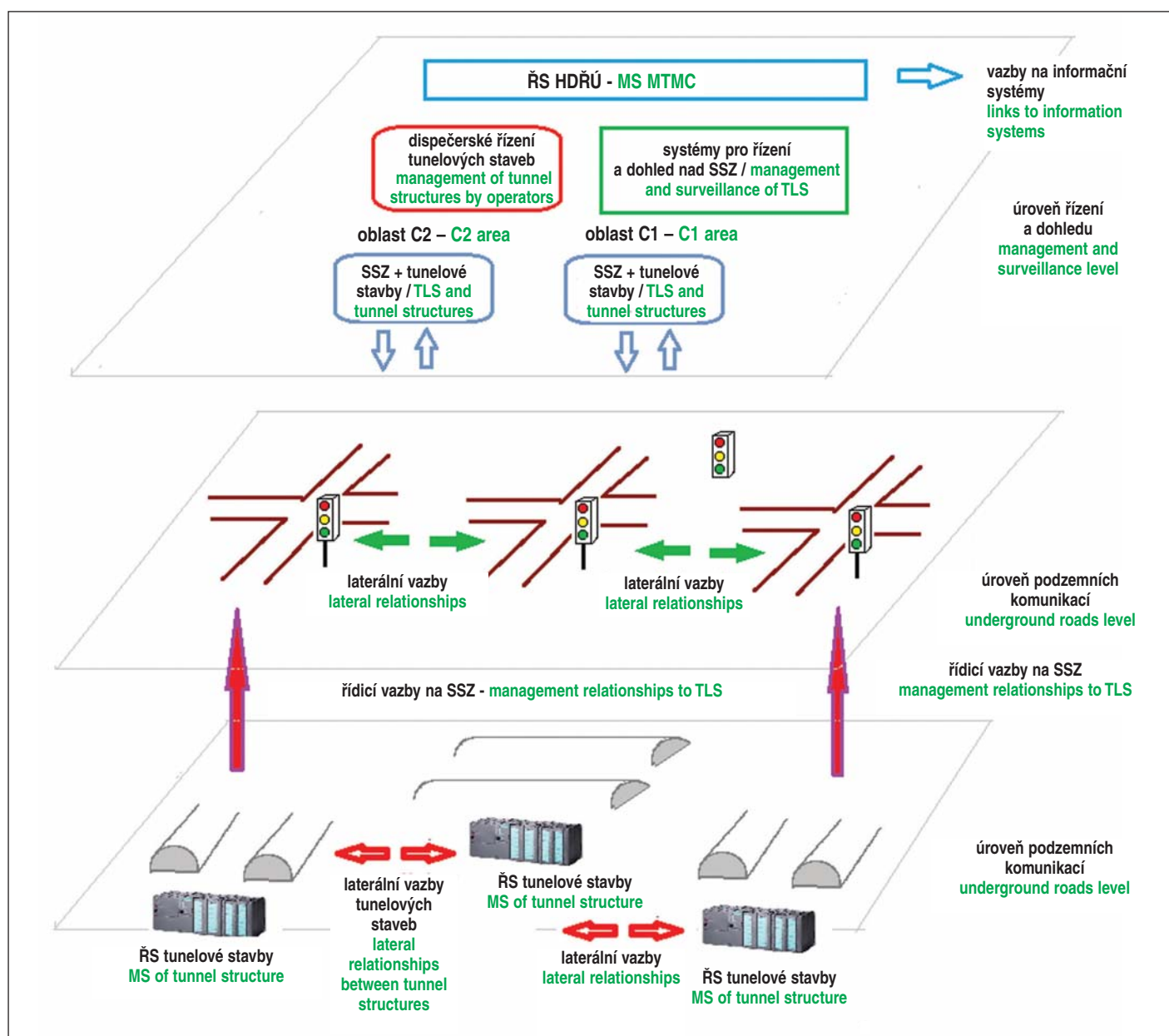
Jak již bylo řečeno, samotný komplex tunelů Blanka lze rozdělit z hlediska dopravy na tři části, kde doprava v první části (tunel Brusnice) je propojena s mimoúrovňovou křižovatkou na Malovance (viz obr. 1), odkud pokračuje do Strahovského tunelu a dále do Mrázovky, Zlíchova a Barrandovského mostu. Na druhé straně vzniká nová křižovatka Prašný most (viz obr. 2), která propojuje Svatovítskou ulici a dále Vítězné náměstí. Svatovítská ulice s objemem dopravy 22 tisíc vozidel denně a spojení s Evropskou a Jugoslávských partyzánů ulicemi, patří mezi významné komunikace v Praze 6. Brusnický tunel je následován Dejvickým tunelem, který je „ukončen“ u nové křižovatky U Vorlíků (viz obr. 3), která se nachází před stadionem Sparty. Dejvický tunel je následován Bubenečským tunelem s výjezdem na Povltavskou ulici, jejíž dopravní zátěž se pohybuje okolo 14 tisíc vozidel denně, s dopravním propojením s Evropskou ulicí a na nově stavěný Trojský most (viz obr. 4).

Rekonstrukce tramvajové trati, která v podstatě probíhá nad Brusnickým a Dejvickým tunelem, významně přispívá k celkovému zlepšení povrchové dopravy. Z hlediska uplatnění preference tramvajové dopravy tato trať zasahuje do nově navrhovaných křižovatek Na Valech a U Vorlíků. Na křižovatce Prašný most – Milady Horákové – Svatovítská je jako první v Praze použita rychlostní výhybka, která svými technickými parametry zvýší průjezdnost a komfort v cestování. Celkem je v oblasti 15 křižovatek osazených světelně signalizačním zařízením, které jsou ovlivněny tunelovým komplexem Blanka a současně jsou zahrnuty do preference MHD. Okolní pozemní komunikace vesměs zůstaly ve stávajících profilech a jsou použity pro řešení objízdných tras či jako alternativní řešení při uzavření tunelového komplexu či jeho jednotlivých úseků. Toto uzavírání úseků se děje nejen z důvodu mimořádných událostí, ale častěji a pravidelně z důvodu nutné údržby tunelových staveb.



Obr. 4 Vyústění v Troji na ulici Povltavské [8]

Fig. 4 Tunnel mouth on Povltavská Street, Troja [8]



Obr. 5 Systém řízení povrchové a podpovrchové dopravy (ŘS - řídicí systém)
Fig. 5 Surface and sub-surface traffic management system (MS)

systémy, jako jsou kamery CCTV (Closed Circuit Television), pokročilá videodetekce umožňující detekovat překročení rychlosti a mimořádné stavy, systémy pro informování a řízení dopravy, pro sběr dopravních a emisních dat a další systémy, které budou zajišťovat řízení dopravy nejen v tunelovém komplexu Blanka, ale i v blízkém a vzdáleném okolí pro zajištění koordinačních dopravních návazností.

PROVÁZÁNÍ TUNELOVÝCH SYSTÉMŮ

Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole, tunelový komplex Blanka bude technologicky i dopravně začleněn na jedné straně do Strahovského tunelu a na druhé straně do křižovatky v Troji. S ohledem na zkušenosti s řízením dalších pěti tunelů v Praze bude nutná provázanost na řídicí systém Strahovského tunelu, a tím i nutná úprava v řídicím systému tunelů Mrázovka a Zlíchov. Provázanost systémů pozemní a podzemní dopravy je na schématu (obr. 5).

Z obrázku je jednoznačně patrná hierarchická architektura telematického systému, kde na úrovni řízení a dohledu se promítá druhá a třetí vrstva a na úrovni pozemní a podzemní komunikace je první vrstva. Z hlediska provázání jsou na

but, more frequently and regularly, because of the necessity for the maintenance of the tunnel structures.

There are other important transport-related coordination structures under construction in the area, allowing for the redirection of traffic outside the overcrowded Vítězné Náměstí Circus, e.g. the interconnection between Evropská and Svatovítská Streets.

Two bridges – Prašný Most Bridge and Troja Bridge, which will be both used by tramway transport, represent other important structures. Whilst the Prašný Most Bridge underwent and overall reconstruction and extension of the width in the original location, the new Troja Bridge will fully replace the old tramway steel bridge, which was dismantled. Other transport-related structures consist of two underground parking garages in Letná and on the Prašný Most Bridge; the total parking capacity exceeds 1000 vehicles; more specifically, the capacities of the Letná and Prašný Most Bridge parking facilities under preparation are 860 and 290 vehicles, respectively. Telematics systems, such as CCTV (Closed Circuit Television) cameras, advanced video-based detection allowing for detecting speed offence and extraordinary states, traffic management and traffic

Tab. 1 Prefixy mimořádných stavů rozlišující jednotlivé tunelové stavby
Table 1 Prefixes of extraordinary states distinguishing between individual tunnel structures

Znak Sign	Místo Location	Zkrácené označení tunelu Abbrev. tunnel marking
L	Letná	LAT
M	Mrázovka	ATM
BR	Blanka – Brusnice	
BU	Blanka – Bubeneč	
BD	Blanka – Dejvice	
Z	Zlíchov – Radlická	ZAT
S	Strahov	SAT
T	Těšnov	TAT

první vrstvě naznačeny příslušné laterální vazby v rámci vlastních subsystémů řízení tunelových staveb a současně jsou naznačeny laterální vazby vzájemně se ovlivňujících křižovatek, které jsou nejen ovlivněny řízením z tunelu, ale primárně řeší nároky dopravního proudu, požadavky na průjezdy MHD i vliv chodců a cyklistů na celkové chování řízené dopravy na pozemní komunikaci.

Vlastní reakce křižovatek je popsána pomocí tabulek 1 a 2, kde jsou uvedeny stavy pro křižovatky, které mají bezprostřední vazby na technické vybavení tunelové stavby. Ostatní křižovatky jsou řízeny nepřímo právě naznačenými vazbami díky přelivu dopravního proudu s tím, že pro zajištění plynulosti

Tab. 2 Mimořádné stavy (MS) předávané z řídicích systémů tunelových staveb na bezprostředně navázané světelně řízené křižovatky

Table 2 Exceptional states (ES) transferred from management systems of tunnel structures to the immediately linking traffic lights

Tunel Tunnel	Binární výstup z ŘS Binary output from the MS	Označení Marking		Název mimořádného stavu Extraordinary event name	
Vjezd Entrance	A	MS41 ES41	MS43 ES43	Redukce vjezdu 60 % Entry reduction 60%	Redukce vjezdu 10 % Entry reduction 10%
	B	MS42 ES42		Redukce vjezdu 30 % Entry reduction 30%	
	C	MS3a ES3a	MS3 ES3	Trvalá červená na 1. vjezdu Permanent red light at entrance No. 1	Trvalá červená na vjezdu Permanent red light at entrance
	D	MS3b ES3b		Trvalá červená na 2. vjezdu Permanent red light at entrance No. 2	
	E	Rezerva Reserve			
Výjezd Exit	F	MS1 ES1		Trvalá zelená na výjezdu Permanent green light at entrance	
	G	MS2 ES2		Trvalá červená na výjezdu, výjezd z tunelové stavby na výzvu od smyčky / Permanent red light at exit; exit from the tunnel structure on call from the loop	
	H	Rezerva Reserve			

information systems, traffic and emission data collection systems and other systems which will ensure traffic management not only within the Blanka complex of tunnels but also in both the close and remote surroundings, which will secure traffic coordination relationships, are planned not only for important transport-related structures.

INTERCONNECTION OF TUNNEL SYSTEMS

As mentioned in the chapter above, the Blanka tunnel complex will be incorporated in terms of the equipment and traffic into the Strahov tunnel on one side and the intersection in Troje on the other side. Taking into consideration the experience with the management of other five tunnels in Prague, the interconnection with the Strahov tunnel system will be necessary and, as a result, changes in the management systems of the Mrazovka and Zlichov tunnels will also be required. The interconnection of the at-grade and underground traffic is presented in the chart (see Fig. 5).

The picture unambiguously shows the hierarchic architecture of the telematics system, where the second and third layer is projected at the management and surveillance level and the first layer is at the at-grade and underground road level. As far as the interconnection is concerned, respectively the lateral links within the framework of management sub-systems of tunnel structures themselves, are marked on the first layer and, at the same time, lateral relationships with intersections affecting each other, which are affected not only by the management from the tunnel but also, primarily, solve the demands of traffic flow, requirements for the passage of urban mass transit and the influence of pedestrians and cyclists on the overall behaviour of the at-grade traffic being controlled.

The response of intersections is described by means of Tables 1 and 2, where states for the intersections which are directly linked to the technical equipment of the tunnel structure are presented. The other intersections are managed indirectly by the above-mentioned relationships owing to traffic self-control, taking into consideration the fact that traffic surveillance and management from the superior level are important for securing fluent traffic flow. Relationships between tunnel control system algorithm and solution of local traffic problems in the environment exists at the superior level so that originating problems spill over gradually, not in steps, and relevant traffic measures can be activated even in other areas of traffic management in the City of Prague.

Historically, tunnel equipment systems respond to exceptional states according to Tables 1 and 2.

jsou důležité dohledy a řízení z nadřazené úrovně. Na nadřazené úrovni dochází ke vzájemné kooperaci širšího okolí a systémových návazností tak, aby se vzniklé problémy přelávaly postupně, nikoliv skokově a bylo možné aktivovat odpovídající dopravní opatření i v jiných oblastech řízení dopravy hlavního města Prahy.

Historicky tunelové technologie reagují na mimořádné stavy podle tabulky 1 a 2.

Dopravní proudy z ramp protilehlých úseků se navíc mohou ovlivňovat ve stejných povrchových světelně řízených křižovatkách. Z výše uvedeného vyplývá požadavek na vzájemnou nutnou koordinaci jednotlivých dopravních úseků v případě výskytu jiného než standardního provozního stavu v alespoň jednom úseku tunelového komplexu Blanka. Při značné délce celého tunelového komplexu, která je přibližně 5,5 km, a vzhledem k množství vjezdů a výjezdů z tunelových úseků je zřejmé, že v případě výskytu mimořádné události (především v případě detekce požárů) bude včasná reakce řídicího systému (v podobě uzavírání a vyklizení jednotlivých dopravních úseků) závislá především na konkrétní poloze události (hořícího vozidla apod.) a na rychlé detekci události řídicím systémem.

Tunelový komplex Blanka bude reagovat podle typu události v zasaženém dopravním úseku následujícími způsoby [3]:

Okamžitým havarijním uzavřením dopravního úseku od vjezdů po místo události se současným zastavením vozidel před všemi řezy pruhové signalizace v uzavřeném úseku včetně uzavření vjezdových závor – například při detekci požáru v daném úseku.

Okamžitým vyklizením jízdního pruhu (JP) v dopravním úseku od vjezdu po místo události pomocí symbolů **S8c,d** s následujícím postupným uzavřením dotčeného JP od události směrem ke vjezdu – například při stojícím vozidle či překážce na vozovce.

Plovoucí uzávěra – při stojícím vozidle nebo jiné překážce v jízdním pruhu; na rozdíl od předchozího způsobu neuzavírá JP po celé délce.

Pozastavením provozu – při vozidle v protisměru, vysoké opacitě nebo koncentraci NO_x, požáru v technologických prostorách tunelu, výpadku napájení, neprůjezdném dopravním úseku.

Harmonizací na trase MO (omezení nejvyšší povolené rychlosti) při překročení intenzity provozu v dopravním úseku nebo přítomnosti osob v tunelu.

Regulací dob zelených fází na SSZ na bočních vjezdech zejména z hlediska vzniku dopravních kolon.

Prostým předáním alarmové informace obsluze, event. spojeným s další specifickou akcí, jako je pomalu jedoucí vozidlo, vysoká obsazenost v úseku, vstup osoby do SOS skříně, vjezd vozidla s nebezpečným nákladem, poruchy technologie či subsystémů dopravní technologie.

NOVÝ NÁVRH ŘÍDICÍHO SYSTÉMU

Řídicí systém tunelového komplexu Blanka musí splňovat dosti vysoké nároky na bezpečnost své funkce, obdobně jako všechna zařízení pro řízení dopravy. Oproti křižovatce osazené světelně signalizačním zařízením, které při zjištěné definované poruše v systému přejde do blikavé žluté (signál pro řidiče „Provoz není řízen světelnými signály“) a řidičům pro následnou bezpečnou jízdu stačí, aby se řídili pravidly silničního provozu, je u řídicího systému tunelové stavby situace

The traffic flows from the ramps of opposite sections can, in addition, influence each other at identical at-grade lights-controlled intersections. The requirement for the necessity of mutual coordination of individual traffic sections in the cases of the occurrence of other than standard operational state in at least one section of the Blanka complex of tunnels follows from the above-mentioned facts. Taking into consideration the significant length of the complex of tunnels, amounting approximately to 5.5km, and the number of entrances to and exits from the tunnel sections, it is obvious that the timely response of the management system (in the form of closing and evacuating individual tunnel sections) to an extraordinary event (mainly in the case of the detection of a fire) will depend first and foremost on the concrete location of the event (vehicle on fire etc.) and quick detection of the event by the management system.

The Blanka complex of tunnels will respond depending on the type of the event in the affected transport section in the following ways [3]:

Immediate emergency closing of the transport section from entrances to the event location, together with stopping vehicles in front of all cross-sections of the lane-use signalling system within the closed section, including closing entrance barriers – e.g. when a fire is detected in the particular section.

Immediate evacuation of a traffic lane (TL) in the transport section from the entrance to the event location using symbols **S8c,d** with subsequent gradual closing of the particular TL in the direction from the event location toward the entrance – e.g. in the case of a standing vehicle or an obstacle on the roadway.

Floating closure – in the case of a standing vehicle or another obstacle in the traffic lane; in contrast with the preceding way, it does not close the TL throughout its length.

Suspension of operation – in the case of a vehicle running against the current of traffic, high opacity or high NO_x concentration, a fire in tunnel service spaces, a power failure or an impassable transport section.

Harmonisation on the City Circle Road route (maximum speed limitation) when the maximum traffic intensity in the transport section is exceeded or persons are present in the tunnel.

Regulation of green light intervals by the traffic light signalling facility at lateral entrances, first of all as far as the origination of traffic columns is concerned.

Simple passing alarm information to the operative staff, or combining it with another specific action, such as a slowly moving vehicle, high occupancy within the section, the entry of a person to an SOS cabin, the entry of a vehicle with dangerous goods, failures of equipment or traffic technology subsystems.

NEW MANAGEMENT SYSTEM DESIGN

The management system for the Blanka complex of tunnels, and all traffic control facilities alike, has to meet rather high requirements for the safety of its function. In contrast with an intersection provided with a traffic lights facility which passes to a yellow blinking light when a defined failure is detected (a signal for drivers “Traffic uncontrolled by lights”) and it is sufficient for drivers to drive further on safely following road traffic regulations, the situation at the tunnel management system is more complicated. The possibility of the escape of persons from an underground tunnel structure is inherently more difficult. For that reason a tunnel is significantly more dangerous than an open at-grade road. The increased threatening by toxic combustion products or radiation heat in the case of a fire in

komplikovanější. Z podzemní tunelové stavby je již ze své podstaty ztížená možnost úniku osob, a proto je výrazně nebezpečnější než otevřená pozemní komunikace. K tomu přistupuje zvýšené ohrožení jedovatými zplodinami či sálavým teplem při vzniku požáru v tunelových prostorách. Technické vybavení tunelové stavby, ovládané pomocí řídicího systému, do značné míry omezuje tato rizika, a proto je nutné zabezpečit provoz technického vybavení i za nepříznivých podmínek.

Na obr. 5 je zobrazena optická síť pro řízení tunelových staveb na městském okruhu. Barevně jsou zvýrazněny lokality, které byly nově vybudovány nebo které bylo nutné podstatně rekonstruovat.

Na schématu na obr. 6 je vyznačena i příprava komunikační sítě pro připojení budoucího Multifunkčního operačního střediska (MOS). Toto středisko po svém vybudování bude integrovat velkou část městských dispečinků pro řízení dopravy – centrální dispečink Dopravních podniků, dispečink IKS (Integrovaný inspekční kontrolní systém) i společné pracoviště pro řízení dopravy na komunikacích, tunelových stavbách i pro řízení technologie tunelových staveb. Umístění těchto pracovišť v jedné lokalitě významně zrychlí vzájemnou komunikaci všech složek a omezí možnosti vzniku „informačního šumu“.

Architektura řídicího systému tunelového komplexu Blanka je navržena právě pro bezpečný provoz i v případě výskytu závad na řídicím systému. Komponenty důležité pro chod systému jsou zdvojeny a hlavní datová sběrnice je dvojitá s kruhovou strukturou. Systém je navržen na platformě SIMATIC S7-400 firmy SIEMENS na úrovni programovatelných automatů (PLC) s využitím průmyslové komunikační sběrnice PROFIBUS DP na optických a metalických fyzických vrstvách. Na úrovni vizualizace je systém navržen na platformě PROFICI CIMPLICITY firmy GE FANUC určené pro operační systémy MS Windows. Systém je dále doplněn archivačními službami, aplikačním SW určeným pro komunikaci zařízení připojených pomocí sběrnice vyšší úrovně, redundantními servery pro řízení provozního větrání, videodohledu a informačního systému ZPI. Jako převodníky průmyslových sběrnic jsou použity moduly ANYBUS Communicator firmy HMS. V aplikační úrovni je použit, podobně jako ve všech tunelových stavbách v Praze pro zajištění plné kompatibility a bezpečnosti, vlastní produkt skupiny ELTODO – systém Kerberos®. Navržená moderní použitá technologická základna umožní, při zachování vysokého standardu pravidelné údržby, používat tento řídicí systém po dobu navrhovanou v ČSN 73 7507 kapitola 5, tj. více než 15 let [6, 7].

ZÁVĚR

Tunelový komplex Blanka patří momentálně mezi nejvýznamnější stavby nejen v Praze, ale i v České republice. Přestože občasné mediální informace k popularitě stavby příliš nepřispívají, stavebně a technicky je to významná stavba s inovativním přesahem, která bude mít zásadní dopady na přilehlé i širší okolí z hlediska dopravní obslužnosti. Tunelová stavba na vnitřním městském okruhu bude svádět a přesměrovávat dopravu v dané lokalitě a významně pozmění dopravní řešení části hlavního města Prahy. V delším časovém horizontu bude stavba určitě objektivněji posuzována jako významný dopravní prvek ve městě, obdobně jako je tomu nyní u Strahovského tunelu i u tunelu Mrázovka.

tunnel spaces is added to the above-mentioned fact. The technical equipment of a tunnel structure controlled by the management system significantly reduces these risks and it is therefore necessary to ensure the operation of the technical equipment even under unfavourable conditions.

The optical network for managing tunnels on the City Circle Road is presented in Fig. 5. The localities which were built newly or which had to be substantially reconstructed are highlighted in colour in the picture.

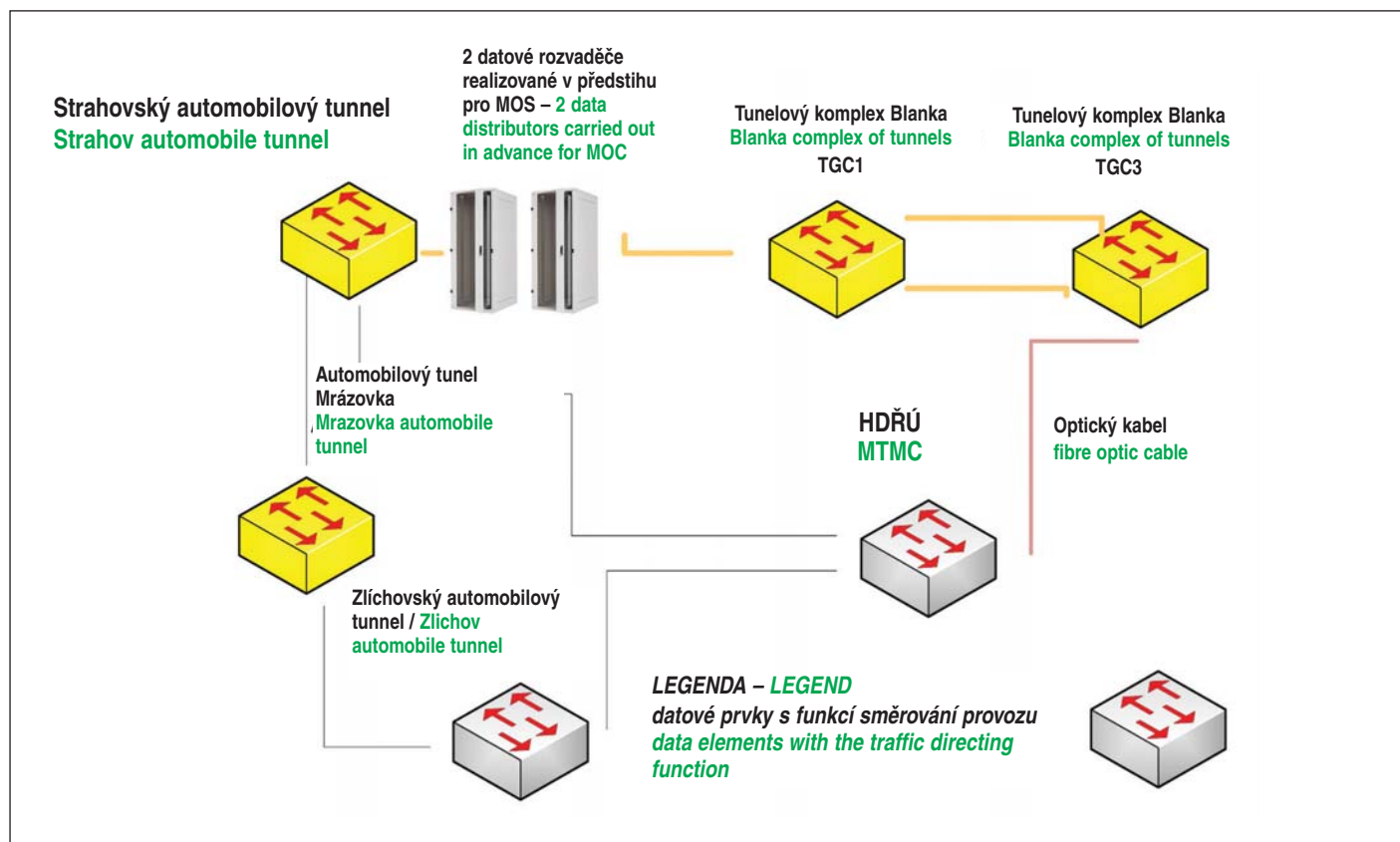
The chart (Fig. 6) in addition presents the preparation of the road network for the connection of the future Multifunctional Operational Centre (MOC). When the building of the centre is finished, it will integrate a great proportion of urban traffic management centres – the Central Management Centre of the Prague Public Transit Company Inc., the Integrated Inspection System management centre and the common workplace for the management of traffic on roads, in tunnels and for the management of equipment in tunnels. The placement of these workplaces to a single location will significantly accelerate communication among all components and will restrict possibilities of the origination of the so-called “information noise”.

The architecture of the management system for the Blanka complex of tunnels is designed specifically for safe operation even in the case of the occurrence of failures of the management system. Components important for the system operation are doubled and a double main data bus of a circular structure is used. The system is designed on the basis of SIEMENS company platform SIMATIC S7-400 at the level of programmable logic controller (PLC) automats, using PROFIBUS DP industrial communication bus on optic and metallic physical courses. At the visualisation level, the system is designed on GE FANUC company PROFICI CIMPLICITY platform, which is designed for MS Windows operating systems. The system is further complemented by archiving services, by application software designed for the communication of facilities connected by means of the higher-level bus, by redundant servers for the control of operational ventilation, video surveillance and the ID operating information system. HMS company ANYBUS Communicator modules are used as transducers of industrial buses. At the application level, ELTODO Group's own Kerberos® system designed to ensure full compatibility and safety is used, similarly to the systems at all tunnel structures in Prague. The proposed modern technological base will allow for using this management system throughout the period designed in chapter 5 of the ČSN 73 7507, i.e. over 15 years, with the high standard of regular maintenance maintained [6, 7].

CONCLUSION

The Blanka complex of tunnels currently belongs among the most important structures not only in Prague but also in the Czech Republic. Despite the fact that infrequent media information does not too much contribute to the popularity of this project, it is important in terms of building and technology, with innovative overlapping. It will have fundamental consequences for the close and wider surroundings in terms of transport. This complex of tunnels, located on the inner circle road, will deflect and redirect traffic in the particular locality and will significantly change the transportation solution within a part of the City of Prague. In the longer term, the project will certainly be judged more objectively as an important element of the transport in the city, similarly to current judgments regarding the Strahov tunnel and Mrázovka tunnel.

As far as the execution of construction works is concerned, the Blanka complex of tunnels will be rated among Europe's



Obr. 6 Komunikační síť pro propojení tunelových staveb a řídicích center na VMO

Fig. 6 Road network for connecting tunnels and management centres on the City Circle Road

Z hlediska provedení stavby se bude tunelový komplex Blanka řadit mezi evropskou špičku, a to nejen z hlediska použitých stavebních a technických prvků, ale zejména pak instalací řídicího systému reagujícího svými automatickými vazbami na vlastní tunelové subsystémy i zohledňujícího stavy přilehlých tunelových i povrchových dopravních systémů. Tím je zajištěna bezpečnost provozu srovnatelná s pozemními komunikacemi i propojení do systémů řízení plynulosti dopravy. Otevření tunelu Blanka povede i k vyššímu komfortu jízdy po městském okruhu a po vybudování i východní části okruhu se budou dále naplňovat a prohlubovat vize poklesu dopravy v centrální části města s možností požadovaných úprav, které zkvalitní život obyvatel i návštěvníků hlavního města Prahy.

ING. JIŘÍ ŠTEFAN, stefanj@eltodo.cz,
DOC. ING. TOMÁŠ TICHÝ, PH.D., tichyt@eltodo.cz,
ELTODO, a. s.

Recenzovali: Ing. Jiří Sládek, Ing. Pavel Šourek

top structures, not only in terms of the construction and technical elements used but, first of all, the installation of the management system responding through its automatic relationships to tunnel subsystems themselves and taking the states of adjacent tunnels and at-grade transport systems into consideration. In this way, traffic safety comparable with that of at-grade roads and the connection into traffic fluency management systems is ensured. The opening of the Blanka tunnels to traffic will even lead to the higher comfort of driving along the City Circle Road. After completing the work on the eastern part of the circle road, the vision of the decrease in traffic volume in the central part of the City of Prague with the possibility of required modifications intended to improve the quality of the lives of residents and visitors of the capital city will be further fulfilled and perfected.

ING. JIŘÍ ŠTEFAN, stefanj@eltodo.cz,
DOC. ING. TOMÁŠ TICHÝ, PH.D., tichyt@eltodo.cz,
ELTODO, a. s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] PŘIKRYL, J., TICHÝ, T., BĚLINOVÁ, Z., KAPITÁN, J. Comparison by Simulation of Different Approaches to the Urban Traffic Control. *Archives of Transport System Telematic*. Vol. 5, Issue 4, November 2012, ISSN 1899-8208, pp26-30
- [2] Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací; Změna č. 1 technických podmínek TP 98 (označení TP98/Z1), Eltodo, Praha 2010.
- [3] POLÁK, F., RÁKOSNÍK, L. *SW projekt Blanka – Dopravní část*. Interní dokument firmy. Praha: SATRA spol. s r. o., 2014
- [4] www.tunelblanka.cz
- [5] *Ročenka dopravy Praha 2012*. TSK – ÚDI, Praha 2012
- [6] ČSN 73 7507 Technické vybavení tunelů pozemních komunikací, ÚNMZ, Praha 2013
- [7] KŇÁKAL, M., KRAJČÍR, D., ŠTEFAN, J. Řídicí systém tunelu Blanka a projekt dopravního značení. *Tunel*, 2012, roč. 21, č. 4, str. 49-53, MK ČR E 7122, ISSN 1211-0728
- [8] Zdroj obrázků – vizualizace TKB – SATRA, spol. s r.o, poskytl pan Jakub Karlíček

TUNELOVÝ TRENAŽÉR TOMMS

TOMMS TUNNEL SIMULATOR

JAN PŘÍKRYL, JAN ŠILAR, TOMÁŠ ŠMERDA

ABSTRAKT

Článek poskytuje informace o produktu Tunelový trenažér TOMMS. Ten slouží ke školení obsluh tunelových technologií a je složen ze dvou základních komponent. První z nich je 3D simulátor videodohledu, který detailně zachycuje prostor uvnitř tunelu, stejně jako prostor v blízkosti jeho vjezdů. Dále simulátor zahrnuje animace vozidel, osob a nestandardních situací, tak jak je operátor může pozorovat v reálné situaci na kamerových monitorech. Druhou částí trenažéru je simulátor řídicího systému tunelu. Pomocí něho může operátor dopravy (dispečer technologie) ovládat dopravní či technologická zařízení v tunelu (dopravní zařízení, ventilace, atd.). Celý tento systém poskytuje unikátní možnost vytvoření odborného školicího pracoviště, jehož hlavním úkolem je školení a zkoušení obsluh tunelů, s důrazem na řešení mimořádných situací.

ABSTRACT

This paper provides information on the product named TOMMS Tunnel Simulator. It is used for training of operators of tunnel technologies. It consists of two basic components. The first one is a 3D video surveillance simulator, which captures in detail the space inside the tunnel and the space in the vicinity of tunnel entrances. In addition, the simulator captures the animation of vehicles, persons and non-standard situations in the way in which the operator can observe them in a real situation on camera monitors. The other part of the simulator is formed by a tunnel management system simulator. It allows the traffic operator (equipment operator) to control traffic-related or technological facilities in the tunnel (traffic facilities, ventilation etc.). The entire system provides a unique opportunity to establish a professional training workplace, the main task of which is training and examining tunnel operators, with the stress placed on solving extraordinary situations.

ÚVOD

Provoz v tunelech má oproti provozu ve volném terénu mnoho specifik. Jedním z nejvýraznějších jsou následky mimořádných událostí, zejména dopravních nehod. Ty jsou obvykle mnohem vážnější a rozsáhlejší. Nejproblematictější je potom případ požáru, kdy se uzavřený prostor rychle plní kouřem a zplodinami, což způsobuje rozsáhlé škody včetně ztrát na životech.

Při vzniku nestandardních situací v tunelu je proto nutná včasná a správná reakce obsluhy tunelů. Je tedy důležité, aby operátoři přesně věděli, jak ve které situaci postupovat, což je bez praktického ověření velmi obtížné. Ověřování znalostí a školení v reálném provozu není možné. Pouze lze simulovat mimořádné situace v tunelu při uzavření pro dopravu, což ale vyžaduje mnoho opatření (uzavírka tunelu, dopravní opatření, zajištění figurantů, atd.).

Z tohoto důvodu byl společností ELTODO, a. s., vyvinut Tunelový trenažér TOMMS, který představuje unikátní možnost, jak si vyzkoušet řešení situací na reálných případech bez nutnosti zásahů do provozu a s tím spojených, finančně náročných, opatření. Původně byl vyvinut pro interní účely společnosti v rámci projektu vědy a výzkumu (VaV) „Zelený tunel“ (TA01030020). Po jeho úspěšném dokončení a testování byl využit také komerčně pro tunely v ČR i v zahraničí.

V podstatě se jedná o 3D simulátor videodohledu tunelu a simulátor řídicího systému (ŘS) tunelu (dopravní i technologická část). Tyto dvě části trenažéru jsou vzájemně propojeny. Pomocí prostředků virtuální reality jsou simulovány kromě běžného provozu také nestandardní situace. Obsluha tunelu má tedy díky simulaci videodohledu přehled o aktuální situaci v jednotlivých tunelových troubách a na základě těchto informací rozhoduje o dalším postupu.

Trenažér TOMMS poskytuje dvě rozhraní, a to pro školitele a školeného. Umožňuje tak školení obsluh tunelů a prověření jejich schopnosti reagovat v mimořádných situacích. Například se může jednat o přítomnost nepovolané osoby v tunelu, dopravní nehodu, vznik požáru či situace, jako je demonstrace nebo hrozba teroristického útoku. Dalším rizikem při provozování

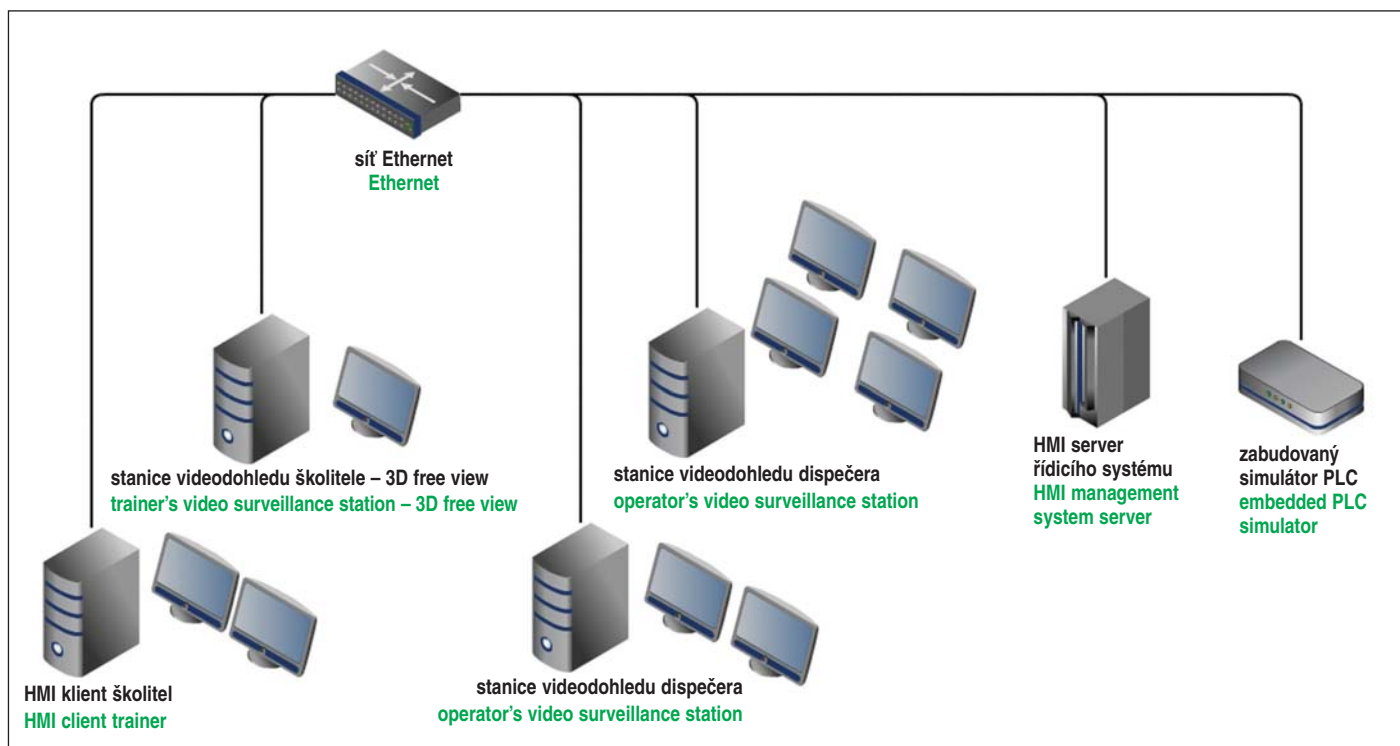
INTRODUCTION

Operation in tunnels has many specifics in comparison with operation in open terrain. Ones of the most distinct are the consequences of extraordinary events, first of all traffic accidents. They are usually much more serious and extensive. A fire, where the closed space is quickly filled with smoke and combustion products causing extensive damage including losses in human lives, is the most problematic case.

Timely and proper response of tunnel operators is therefore necessary when non-standard situations originate in a tunnel. For that reason it is important for operators to exactly know the way in which they are to proceed in particular situations. This is, however, very difficult without practical verification. The verification of knowledge and training in real operation is not possible. It is only possible to simulate extraordinary situations in a tunnel during closures of tunnels for traffic, which, however, requires many measures (closing the tunnel, traffic-related measures, providing helpers etc.).

This was the reason why ELTODO, a. s., developed the TOMMS Tunnel Simulator. The simulator provides a unique opportunity for trying to solve situations on real cases, without the necessity for interventions into the operation, which is connected with financially demanding measures. The “Green Tunnel” was originally developed for internal need of the company within the TA01030020 science and research project. After successfully completing and testing, the project was in addition used commercially for tunnels in the Czech Republic and abroad.

In a nutshell, it is a 3D video surveillance simulator and tunnel management system (MS) simulator (traffic-related and technological parts). The two parts of the simulator are interconnected. Non-standard situations are also simulated, in addition to common operation, using the means of virtual reality. Owing to the video surveillance simulation, the tunnel operator has an overview of the current situation in individual tunnel tubes and decides on the next process on the basis of this information.



Obr. 1 Architektura trenažéru

Fig. 1 Simulator architecture

tunelových staveb jsou výpadky technologických zařízení nebo jejich napájení. V takových případech musí dispečer technologie také správně reagovat a v závislosti na typu a závažnosti události zajistit daná opatření, či brát ohled na dané výpadky při řízení tunelu.

Tunelové trenažéry TOMMS umožňují simulaci dopravy a technologie v naprosto totožném provedení, jako je samotná tunelová stavba. Operátoři dopravy i dispečer technologie pak získané znalosti ze školení uplatní přímo v reálném provozu bez další potřeby vzdělávání a také mohou být průběžně zkoušeni. Zpětnou vazbu na provedené kroky operátorů umožní 3D simulátor videodohledu, který poskytuje pohled do tunelu pomocí virtuálních kamer.

Školitel může aktivovat sled mimořádných událostí a poruch technologického vybavení, na které musí školený operátor reagovat. Školiteli je umožněn volný pohyb 3D modelem, takže má absolutní přehled o aktivitě a důsledcích kroků školeného.

Školitel po zkoušení školeného ohodnotí. Výstupem ze školení může být výpis činností jak školeného, tak školitele, které poté mohou být podkladem pro podrobnější analýzu zkoušení. V Evropě se podobné projekty trenažéru vyskytly v podobě VTI driving simulator, jako plánovací nástroj pro výstavbu tunelů v severovýchodních zemích, další typ simulátoru pro jízdu v tunelu byl aplikován ve Francii pro výzkum vlivu umístění odstavného pruhu na řidiče.

ZÁKLADNÍ POPIS SOUČASTÍ A FUNKCÍ

Na obr. 1 je uvedena typická konfigurace plně vybaveného trenažéru TOMMS, která se může lišit v závislosti na požadavcích zákazníka.

Řídicí systém je oproti tunelovému vybavení navíc simulací poruch technologického a dopravního vybavení tunelu včetně simulací energetických a fyzikálních veličin.

Přehled základních možností a prvků simulátoru řídicího systému je v následující tab. 1.

TOMMS simulator provides two interfaces – one for the trainer and one for the trainee. Thus it allows for training tunnel operators and verifying their ability to respond during extraordinary events. For example, it may be the case of the presence of an unauthorised person in the tunnel, a traffic accident, the origination of a fire or situations such as a demonstration or the threat of a terrorist attack. Another risk in the operation of tunnel structures lies in failures of technological equipment or supplying the facilities with power. In such cases, the equipment operator has also to respond properly and, depending on the type and seriousness of the event, ensure respective measures or take into account the particular failures when the tunnel is being managed.

TOMMS tunnel simulators allow for simulating traffic and technologies in conditions entirely identical with those existing in the tunnel structure itself. Traffic operators and equipment operators subsequently apply the knowledge gained during the training to the real operation, without need for other education and, in addition, can be continually tested. The feedback on the steps taken by the operators is provided by the 3D video surveillance simulator, which provides a view of the tunnel interior by means of virtual cameras.

The trainer can activate a sequence of extraordinary events and failures of technological equipment which the operator being trained has to respond to. The trainer is allowed to move freely within the 3D model; therefore he has an absolute overview of the activity and consequences of the steps made by the trainee.

After the testing, the trainer assesses the trainee. The training output can comprise an extract of activities of both the trainee and trainer. The activities can become a base for a more detailed analysis of the testing. In Europe, similar simulator projects existed in the form of the VTI driving simulator as a planning tool for the construction of a tunnel in Nordic countries and another simulator type for driving along a tunnel was applied in France for the research into the effect of the location of a lay-by on drivers.

Tab. 1 Základní možnosti a prvky simulátoru ŘS
Table 1 Basic options and elements of the MS simulator

Možnosti ovládání simulátoru ŘS / Options of the MS simulator control	
Řízení technologie Technological equipment control	Elektrická požární signalizace (EPS) Fire alarm and detection system
	Elektronický zabezpečovací systém (EVS) Electronic signalling system
	Vzduchotechnika / Ventilation
	Osvětlení / Illumination
	Energetika / Power supply system
	Měření fyzikálních veličin Measurements of physical quantities
	Zásobování vodou / Water supply system
Řízení dopravy Traffic control	Uzavírky jízdních pruhů a jejich částí Closing traffic lanes and their parts
	Plánované i havarijní uzavření tunelových trub, jejich částí i celého tunelu / Planned or emergency closing tunnel tubes, their parts or entire tunnel
	Odklon dopravy / Diverting the traffic
Ovládání zařízení v tunelu a v jeho blízkosti (proměnné dopravní značení, světlo, závory atd.) Controlling the equipment inside tunnel and in its close vicinity (variable message signs, lighting, barriers etc.)	
Obrazovky HMI (rozhraní člověk – zařízení) pro řízení tunelu / HMI (human-machine interface) screens for managing the tunnel	
Hlášení nestandardních situací (alarmů) systémem videodetekce Announcing non-standard situations (alarms) video-based detection system	
Poruchy dopravního a technologického vybavení Failures of traffic-related and technological equipment	
Ukládání povelů a reakcí zařízení do databáze Storing commands and responses into database	

Stanice videodohledu školitele a školeného poskytují zobrazení aktuální situace 3D modelu tunelu. Pro potřeby školitele je umožněn volný pohyb kamery sledující dění v tunelu. Školení operátoři mají k dispozici pouze pohled virtuálních kamer instalovaných na stejných lokacích jako reálný tunel.

Přehled základních možností při ovládání 3D simulátoru:

a) školitel

- ovládání pomocí ovladače SpacePilot (obr. 2);
- volný pohyb scénou pro školitele (kontrola a přehled o dění v tunelu);
- nastavení stupně provozu (bez provozu, A–F) v jednotlivých tunelových trubách;
- parametry vnějšího prostředí (denní doba, viditelnost, funkčnost kamer videodohledu);
- aktivace a deaktivace scénářů (mimořádných událostí) v jednotlivých tunelových trubách (včetně přibližného výběru místa události pokud to daný scénář umožňuje);
- úkony spojené s testováním operátorů (protokol, časomíra, obnovení provozu, ukončení zkoušky, atd.);

b) školený operátor

- zobrazování pohledů virtuálních kamer na monitorech;
- zobrazování alarmů (videodetekce) na alarmových monitorech;
- přivolání složek integrovaného záchranného systému (IZS) či servisu;

BASIC DESCRIPTION OF COMPONENTS AND FUNCTIONS

A typical configuration of the fully equipped TOMMS simulator is presented in Fig. 1. The configuration can differ depending on customer's requirements.

The management system is provided, in addition to a real tunnel management system, with the simulation of failures of technological and traffic-related tunnel equipment, including simulations of power-related and physical quantities.

The overview of basic options and elements of the management system simulator is presented in the following Table 1.

Trainer's and trainee's video surveillance stations provide imaging of the current situation of the 3D tunnel model. The free movement of the camera observing the events inside the tunnel is available for trainer's needs. The operators being trained have only a view available which is provided by virtual cameras installed in the same locations as those in the real tunnel.

The overview of basic options when the 3D simulator is being controlled:

a) trainer

- controlling by the SpacePilot controller (see Fig. 2);
- free movement within the scene for trainers (checking on and viewing over events inside the tunnel);

- setting of traffic flow degree (without traffic, A–F) in individual tunnel tubes;
- parameters of external environment (time of day, visibility, functionality of video surveillance cameras);
- activation and deactivation of scenarios (extraordinary events) in individual tunnel tubes (including the rough selection of the event location, if the particular scenario allows it);
- operations associated with the testing of operators (minutes, timekeeping, resuming the operation, finishing the testing etc.);

b) operator being trained

- displaying views of virtual cameras on screens (see Fig. 6);
- displaying alarms (video surveillance) on alarm screens
- calling for Integrated Rescue System components or a service;
- response to situation through the MS simulator (see above).

SYSTEM STRUCTURE

The TOMMS system is designed modularly; it is therefore possible to implement it in essence on any complex of tunnels in the world.



Obr. 2 Ovladač SpacePilot pro školitele
Fig. 2 SpacePilot controller for a trainer

- reakce na situaci prostřednictvím simulátoru ŘS (viz výše).

STRUKTURA SYSTÉMU

Systém TOMMS je navržen modulárně, proto ho je možné implementovat v podstatě pro jakýkoliv tunelový komplex na světě.

Přehled základních modulů:

- HMI rozhraní řídicího systému tunelu;
- simulace automatu (PLC) řídicího systému tunelu;
- modul chování fyzikálních veličin;
- moduly pro základní chování a simulaci poruch dopravních a technologických prvků tunelu;
- simulátor 3D prostředí tunelu;
- modul chování objektů umělé inteligence;
- modul šíření kouře v uzavřených prostorách;
- komunikace s externími systémy:
 - OPC server pro konektivitu s PLC a HMI;

Overview of basic modules:

- HMI interface of the tunnel management system;
- simulation of the automatic (PLC) tunnel management system;
- the module of physical quantities behaviour;
- modules for basic behaviour and simulation of failures of traffic-related and technological components of the tunnel;
- tunnel environment 3D simulator;
- the module of behaviour of artificial intelligence objects;
- the module of smoke propagation in closed spaces;
- communication with external systems:
 - OPC server for connectivity with PLC and HMI;
 - communication module for PLC Siemens line 7;
 - communication module for XML data exchange support.

TUNNEL MODEL

The 3D tunnel module represents a real automobile tunnel. It comprises all parts of the tunnel with the roadway inside it in detail, including adjacent areas affecting the traffic inside the tunnel. The model covers systems and elements presented in Table 2.

An UMT bus, a tanker, a truck, a pickup, a passenger car, a motorcycle, a police car, a fire truck, an emergency service vehicle or a tow truck are modelled for the simulator.

Basic animation of driving along the tunnel is available for all vehicles. Special animations, for example a wrecked vehicle hit in the front or rear part are available for some vehicles (e.g. for a passenger car) (see Fig. 3).

The following persons and animals which may occur in tunnels were tipped on the basis of scenarios of events in tunnels. The at rest animation and animation of walking and running are defined for all persons. The subjects of modelling comprise persons of a police officer, a fire fighter, a medical service person, a maintenance person (see Fig. 3), a common driver, a protester and an animal, which is represented in the model by a dog. Special animations (e.g. containing a fire) are defined for selected persons (e.g. fire fighters) in addition to the basic information.

Tab. 2 Modelované systémy v tunelu
Table 2 Tunnel systems being modelled

Část / Part	Systém / System	Podsystém / Subsystem	Prvky / Elements
Technologie Technology	Osvětlení v tunelu / Lighting inside tunnel		Osvětlení / Lighting
	Vzduchotechnika / Ventilation		Ventilátory / Fans
	Zásobování vodou / Water supply		Hydranty / Hydrants
	Systém únikových cest System of escape routes		Propojky, únikové východy Cross passages, escape exits
	Nouzové volání / Emergency calling		SOS kabiny / SOS cabins
Doprava Traffic	Proměnné dopravní značky (PDZ) Variable message signs	Pruhové PDZ / Variable lane signs	S8a, S8b, S8c, S8d
		Rychlostní značky Speed limit signs	B20a
		Značky označující SOS kabiny SOS cabin marking signs	IJ6+S7
		Signály dvou vedle sebe umístěných – střídavě přerušovaných světel Alternately flashing lights	S13
		Značky příkazující řidičům vypnutí motoru Signs ordering drivers to switch engines off	C14a+S7
		Dvoukomorové návěstidlo Double-chamber light signs	S1a, S1b
	Dopravní zařízení / Traffic facilities		Závory / Barriers
	Pevné dopravní značky / Fixed traffic signs		IS
	Vodorovné dopravní značení / Road markings		V1, V2

- komunikační modul pro PLC Siemens řady S7;
- komunikační modul pro podporu XML výměny dat.

MODEL TUNELU

3D model tunelu reprezentuje reálný automobilový tunel. Detailně jsou zde zobrazeny všechny části tunelu s vozovkou uvnitř tunelu, včetně přilehlých oblastí, které mají vliv na provoz v tunelu. Model zahrnuje systémy a prvky uvedené v tab. 2.

Pro simulátor jsou namodelovány autobus MHD, cisterna, nákladní vozidlo, dodávka, osobní automobil, motocykl, policie, hasičské vozidlo, záchranná služba či odtahové vozidlo.

Všechna vozidla mají základní animaci jízdy v tunelu. Pro některá vozidla (např. pro osobní automobil) jsou provedeny speciální animace jako např. bourané vozidlo v přední či zadní části (obr. 3).

Na základě scénářů událostí v tunelech byly vytipovány následující osoby a zvířata, které se mohou vyskytnout v tunelu. Pro všechny postavy je definovaná klidová animace, animace chůze a běhu. Modelovány jsou osoby policisty, hasiče, zdravotníka, údržbáře (obr. 3), běžného řidiče, demonstranta a zvíře v modelu představuje pes. Vybrané osoby (např. hasič) mají mimo základní animace definované speciální animace (např. hašení požáru).

Všechny komponenty 3D modelu (dopravní a technologická zařízení, vozidla, osoby) je samozřejmě možné změnit či aktualizovat podle potřeb zákazníka nebo s přihlédnutím k místním podmínkám (např. dopravní zařízení). Na obr. 4 a obr. 5 jsou zachyceny jednotlivé komponenty 3D modelu tunelu.



Obr. 3 Ukázka postav a vozidel

Fig. 3 Examples of figures and vehicles

Of course, all components of the 3D model (traffic-related and technological equipment, vehicles, persons) can be changed or updated to customer's needs or taking into consideration local conditions (e.g. traffic facilities). Individual components of the 3D tunnel model are presented in Figures 4 and 5.

SCENARIOS (EXTRAORDINARY EVENTS)

The tunnel simulator contains 18 scenarios, which are based on tunnel emergency cards. Emergency cards are parts of tunnel operation documents; they briefly describe the steps which the operator is to make in the case of a concrete emergency situation. These scenarios should cover all extraordinary situations following from the operation or caused by the external influences which may occur in tunnels. If necessary, it is possible to implement another new scenario.

Operator's work lies in responding in some way to the origination of non-standard events (scenarios). He can control tunnel equipment using the management system (for traffic-related and technological parts). He can, for example, close individual traffic lanes in the tunnel tube or close the entire profile of

Tab. 3 Seznam a návaznost scénářů

Table 3 List and succession of scenarios

Číslo scénáře Scenario number	Scénář Scenario	Pro spuštění je nutná předchozí aktivace scénáře Preceding activation of a scenario is necessary for activating the scenario
1.	Chodec v tunelu / Pedestrian in tunnel	–
2.	Zvíře v tunelu / Animal in tunnel	–
3.	Pomalou jedoucí vozidlo / Slowly moving vehicle	–
4.	Stojící vozidlo / Stationary vehicle	–
5.	Stojící nebezpečné vozidlo / Stationary dangerous vehicle	–
6.	Předmět na vozovce / Object on roadway	–
7.	Únik chemické látky (předmět) / Spilling of a chemical substance (an object)	Předmět na vozovce / Object on roadway
8.	Únik chemické látky (cisterna) / Leakage of a chemical substance (tanker)	Stojící vozidlo / Stationary vehicle
9.	Demonstrace v tunelu / Demonstration in tunnel	–
10.	Hrozba teroristického útoku (bomba) / Terrorist attack threat (a bomb)	–
11.	Vozidlo v protisměru / On-coming vehicle	–
12.	Vjezd nadrozměrného vozidla / Over-size vehicle entry	–
13.	Stojící autobus / Stationary bus	–
14.	Dopravní nehoda (srážka chodce) / Traffic accident (pedestrian collision)	Chodec v tunelu / Pedestrian in tunnel
15.	Dopravní nehoda (srážka zvířete) / Traffic accident (animal collision)	Zvíře v tunelu / Animal in tunnel
16.	Dopravní nehoda (srážka vozidel) / Traffic accident (collision of vehicles)	–
17.	Dopravní nehoda (předmět) / Traffic accident (an object)	Předmět na vozovce / Object on roadway
18.	Požár / Fire	Únik chemické látky (předmět), Únik chemické látky (cisterna), Dopravní nehoda (srážka vozidel), Dopravní nehoda (předmět) / Spilling of a chemical substance (an object), Leakage of chemical substance (tanker), Traffic accident (collision of vehicles), Traffic accident (an object)



Obr. 4 Ventilátory zavěšené pod stropem tunelu
Fig. 4 Fans suspended from the tunnel ceiling



Obr. 5 Místo v tunelu s PDZ (S1, S8 a B20a)
Fig. 5 Place in a tunnel with variable traffic signs (S1, S8 and B20a)

SCÉNÁŘE (MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI)

Simulátor tunelu obsahuje 18 scénářů, které vycházejí z havarijních karet tunelu. Havarijní karty jsou součástí provozní dokumentace tunelu a stručně popisují kroky, které má v případě konkrétní mimořádné události operátor učinit. Tyto scénáře by měly pokrýt všechny mimořádné situace, vyplývající z provozu i způsobené vnějšími vlivy, které mohou v tunelech nastat. V případě potřeby je možné implementovat některý další scénář.

Činnost operátora spočívá v tom, že má nějakým způsobem reagovat na vzniklé nestandardní události (scénáře). Pomocí ŘS (dopravní a technologická část) může ovládat zařízení v tunelu. Může například uzavírat jednotlivé pruhy v tunelové troubě, nebo uzavřít její část v celém profilu, případně zavřít tunel celý. Také je možné ovládat například chod ventilátorů. Kromě ŘS může operátor v průběhu scénáře reagovat tak, že přivolá k místu události vozidlo, které událost vyřeší. Na výběr má ze složek IZS (policie, hasičský sbor, ambulance) a vozidla servisu (odtahové služby). Jako pomoc slouží operátorovi videodetekce, která funguje stejně jako v reálném provozu (je možné nastavit i její funkčnost, poruchy atd.). Upozorňuje na vzniklé nestandardní události uvnitř tunelu a v jeho těsné blízkosti. Po detekování události je zobrazen pohled kamery, na které je událost detekována.

Simulátor obsahuje scénáře uvedené v tab. 3, která také uvádí návaznost jednotlivých scénářů.

V následujícím textu je stručný popis jednotlivých scénářů.

Chodec v tunelu – uvnitř tunelu se po spuštění scénáře objeví na pravém nebo levém (náhodně) nouzovém chodníku člověk a postupuje směrem k jednomu z tunelových portálů.

Zvíře v tunelu – uvnitř tunelu se objeví na pravém nebo levém (náhodně) nouzovém chodníku pes a pohybuje se v celé šířce tunelové trouby směrem k jednomu z tunelových portálů.

Pomalou jedoucí vozidlo – po spuštění scénáře dojde k výraznému zpomalení jednoho z vozidel, které pokračuje v pomalé jízdě (cca 15–30 km/h) v pravém jízdním pruhu dále směrem k výjezdu z tunelu.

Stojící vozidlo – po spuštění scénáře dojde k zastavení jednoho z jedoucích vozidel v tunelové troubě, jeden člen posádky vystoupí z vozu a co nejrychleji umístí za stojící vozidlo výstražný trojúhelník, pokračuje do nejbližší SOS kabiny, stiskne aktivační tlačítko a potom se vrací k vozidlu.

Stojící nebezpečné vozidlo – po spuštění scénáře dojde k zastavení nebezpečného vozidla v tunelové troubě (jedná se o vozidlo převážející nádoby s nebezpečnou kapalinou), řidič vystoupí z vozu a co nejrychleji umístí za stojící vozidlo výstražný trojúhelník, pokračuje do nejbližší SOS kabiny, stiskne aktivační tlačítko a potom se vrací k vozidlu.

a part of the tunnel tube or close the tunnel in its entirety. It is even possible to control, for example, the running of fans. In addition to the MS, the operator can respond during the course of the scenario by calling a vehicle to the event location, which will solve the event. He has the Integrated Rescue System available for the selection (the Police of the CR, the Fire Rescue Service, ambulance) and service vehicles (towing service). Video surveillance, functioning identically with that existing in real operation (it is even possible to set its functionality, failures etc.) serves to help the operator. It gives notice of non-standard events originating inside the tunnel and in the close vicinity. After detecting an event, the view provided by the camera on which the event is detected is displayed.

The simulator contains scenarios presented in Table 3, which in addition presents the succession of individual scenarios.

A brief description of individual scenarios is presented in the following text.

Pedestrian in tunnel – after starting the scenario, a man appears inside the tunnel on the left-hand or right-hand (accidentally) service walkway and proceeds toward one of the tunnel portals.

Animal in tunnel – a dog appears inside the tunnel on the left-hand or right-hand (accidentally) service walkway and moves throughout the tunnel tube width toward one of the tunnel portals.

Slowly moving vehicle – one of the vehicles significantly decelerates after the scenario activation; it continues to ride slowly (about 15–30km/h) toward the tunnel exit, in the right-hand traffic lane.

Stationary vehicle – one of vehicles moving in the tunnel tube stops after the scenario activation, one of the vehicle crew gets off the vehicle and places a warning triangle behind the standing vehicle as quickly as possible, proceeds to the closest SOS cabin, pushes the activation button and then walks back to the vehicle.

Stationary dangerous vehicle – the dangerous vehicle (a vehicle carrying vessels with a dangerous liquid) stops inside the tunnel tube after the scenario is activated; the driver gets off the vehicle, places a warning triangle behind the standing vehicle as quickly as possible, proceeds to the closest SOS cabin, pushes the activation button and then walks back to the vehicle.

Object on roadway – a wooden case falls from the cargo space of a loaded truck during the passage through the tunnel

Předmět na vozovce – při průjezdu vozidla s nákladem mu vypadne z nákladního prostoru dřevěná schránka a blokuje provoz, většinou v jednom jízdním pruhu (případně může ležet i přes dva jízdní pruhy).

Únik chemické látky (předmět) – při průjezdu vozidla s nákladem dojde podobně jako u předchozího scénáře k upadnutí předmětu z projíždějícího vozidla na vozovku. Konkrétně se jedná o vozidlo převážející nádoby s nebezpečnou kapalinou, přičemž právě jedna z nádob vypadne a z ní začne na vozovku unikat kapalina.

Únik chemické látky (cisterna) – tento scénář navazuje na scénář „Stojící nebezpečné vozidlo“, ze stojícího nebezpečného vozidla (nádob na něm uložených) začne na vozovku unikat nebezpečná látka. Ukázka tohoto scénáře je na obr. 6.

Demonstrace v tunelu – demonstrace je zde uvažována jako předem ohlášená, tudíž lze vyvolat, jen pokud je tunel uzavřen pro dopravu – demonstranti vždy vcházejí vjezdovým portálem a pokračují ve směru jízdy danou troubou, odhazují na zem odpadky, vcházejí do SOS hlásek a aktivují zde alarmová tlačítka.

Hrozba teroristického útoku (bomba) – po spuštění scénáře je operátorovi oznámeno, že v tunelu je umístěna bomba, pokud operátor nereaguje v daném čase, dojde k explozi uvnitř tunelu.

Vozidlo v protisměru – před portálem tunelu se objeví vozidlo v protisměru a pokračuje v průjezdu tunelem v protisměru.

Vjezd nadrozměrného vozidla – v blízkosti portálu tunelu se objeví nadrozměrné vozidlo, které na vjezdu do tunelu uvízne, protože se nevejde do průjezdného profilu tunelu.

Stojící autobus – v tunelu dojde k zastavení libovolného autobusu, z vozidla vystoupí řidič a co nejrychleji se snaží umístit výstražný trojúhelník za vozidlo. Následně odchází do SOS kabiny aktivovat SOS tlačítko, mezitím autobus opouštějí cestující a míří po nouzovém chodníku k nejbližšímu portálu.

Dopravní nehoda (srážka chodce) – k aktivaci tohoto scénáře je nutné nejdříve spustit scénář „Chodec v tunelu“. Chodec poté vstoupí do vozovky a je sražen projíždějícím vozidlem – chodec leží na zemi zraněn, posádka vozidla vybíhá ven z vozidla a činí nezbytné kroky k zajištění místa (výstražný trojúhelník, SOS tlačítko, první pomoc).

Dopravní nehoda (srážka zvířete) – k aktivaci tohoto scénáře je nutné nejdříve spustit scénář „Zvíře v tunelu“, pes je potom sražen projíždějícím vozidlem – zvíře leží na zemi, posádka vozidla vybíhá ven z vozidla a činí nezbytné kroky k zajištění místa (výstražný trojúhelník, SOS tlačítko).

Dopravní nehoda (srážka vozidel) – po spuštění scénáře dojde ke zpomalení jednoho z projíždějících vozidel a ke srážce s vozidlem jedoucím za ním – posádka obou vozidel vystoupí. Jeden člověk umísťuje výstražný trojúhelník a aktivuje SOS tlačítko v SOS hlásce.



Obr. 7 Scénář „Požár“
Fig. 7 “Fire” scenario



Obr. 6 Scénář „Únik chemické látky“
Fig. 6 “Spilling/Leakage of a chemical substance” scenario

and blocks the traffic, mostly in one traffic lane (it can also lie across two traffic lanes).

Spilling of a chemical substance (an object) – during the passage of a loaded vehicle, an object falls from a passing vehicle on the roadway, similarly to the previous scenario. Concretely, it is a vehicle carrying vessels with dangerous liquid and one of the vessels falls out and the liquid starts to spill from it on the roadway.

Leakage of a chemical substance (tanker) – this scenario follows after the “Stationary dangerous vehicle” scenario; Dangerous liquid begins to escape from the stationary dangerous vehicle (vessels loaded on it) on the roadway. An example of this scenario is presented in Fig. 6.

Demonstration in tunnel – the demonstration is considered in this case as an in advance announced event; for that reason it can take place only if the tunnel is closed to traffic – demonstrators always enter the tunnel through the entrance portal and proceed ahead through the particular tunnel tube in the direction of travel, throwing trash on the pavement, entering WSOS cabins and activating alarm buttons.

Terrorist attack threat (a bomb) – after the scenario activation, the operator is notified that there is a bomb located in the tunnel and the explosion will take place inside the tunnel unless the operator responds within the specified time.

On-coming vehicle – an on-coming vehicle appears in front of the tunnel portal and continues to pass through the tunnel against the current of traffic.

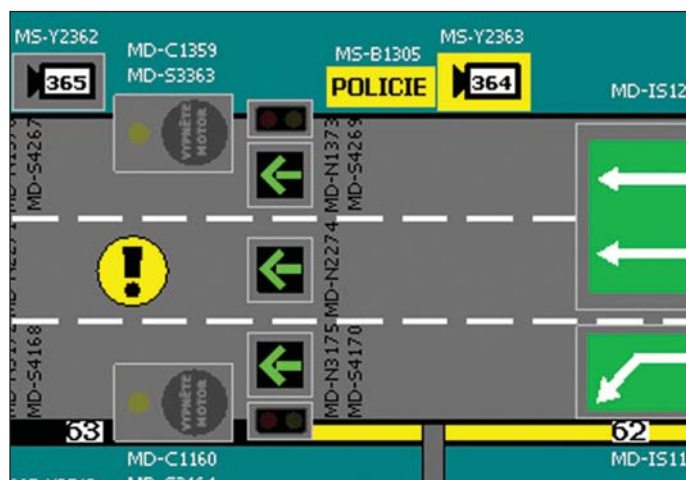
Over-size vehicle entry – an over-size vehicle appears in the vicinity of the tunnel portal and gets stuck when entering it because it does not fit into the tunnel clearance profile.

Stationary bus – a bus stops inside the tunnel, the driver gets off the vehicle and places a warning triangle behind the standing vehicle as quickly as possible; subsequently he proceeds to the closest SOS cabin to activate the SOS button; meanwhile passengers leave the bus and walk along the service walkway toward the closest portal.

Traffic accident (pedestrian collision) – to activate this scenario, it is first necessary to activate the “Pedestrian in tunnel” scenario. The pedestrian enters the roadway and is knocked down by a passing vehicle – the injured pedestrian lies on ground, the vehicle crew rush out of the vehicle and take the necessary steps to secure the accident scene (a warning triangle, SOS button, first aid).

Traffic accident (animal collision) – to activate this scenario, it is first necessary to activate the “Animal in tunnel” scenario, the dog is subsequently knocked down by a passing

Čas	Trvá	Nickname	Třída	Skupina	Stav	Hlášení
16:13:10	05:17	ATM_C1305DU	A2	SOS	ALARM	ATM: Aktivace SOS 5 ZTT (MS-B1305)
16:13:00	05:27	ATM_VDZT_P3_N5	A1	VIDEO	ALARM	ATM: Kamera MS-Y2363(364) - předmět na vozovce
16:12:22	00:51	ATM_VDZT_P3_H3	A2	VIDEO	NORMAL	ATM: Kamera MS-Y2363(364) - člověk nebo větší zvíře v tunelu
16:12:09	06:18	ATM_VDZT_P3_N6	A1	VIDEO	ALARM	ATM: Kamera MS-Y2363(364) - stojící vozidlo



Obr. 8 Reakce videodetekce na mimořádnou událost

Fig. 8 Video-based detection response to an extraordinary event

Dopravní nehoda (předmět) – k aktivaci tohoto scénáře je nutné nejdříve spustit scénář „Předmět na vozovce“, vozidlo projíždějící tunelem narazí do předmětu ležícího na vozovce – posádka vozidla vystupuje ven z vozidla a činí nezbytné kroky k zajištění místa (výstražný trojúhelník, SOS tlačítko).

Požár – tento scénář navazuje na množství výše popsaných scénářů (nehody, stojící vozidla, atd.), po vypuknutí požáru dochází k automatickému havarijnímu uzavření tunelu a osoby unikají ven z tunelu. Ukázka tohoto scénáře je na obr. 7.

Uvedme si jeden příklad průběhu scénáře včetně reakcí videodetekce a operátora dopravy. Po zastavení nebezpečného vozidla v tunelové troubě jeden člen posádky vystoupí z vozu a co nejrychleji označí stojící vozidlo červeným trojúhelníkem. Poté pokračuje do nejbližší SOS kabiny, kde stiskne aktivací tlačítko a vrátí se k vozidlu. V řídicím systému se postupně objeví videodetekční události „stojící vozidlo“, „předmět na vozovce“ (trojúhelník) a „chodec nebo větší zvíře v tunelu“. Po aktivaci tlačítka SOS kabiny se aktivuje SOS hlášení i v řídicím systému, tak jako v reálném tunelu. Pokud je přivolána policie a odtahová služba, přijedou se zapnutými majáky na místo, dojde k vyšetření události, naložení vozidla odtahovou službou a ukončení scénáře. Pokud je zavoláno pouze jedno z vozidel, případně vozidlo jiné složky IZS, pak po jeho příjezdu na místo dojde k automatickému zavolání policie a (nebo) odtahové služby. Na obr. 8 je patrná reakce videodetekce. Obr. 9 ukazuje situaci v tunelu po reakci operátora a obr. 10 ukázku řídicího systému po reakci operátora.



Obr. 9 Situace pohledem kamerou videodohledu

Fig. 9 Situation as viewed by video-based surveillance

vehicle – the animal lies on ground, the vehicle crew rush out of the vehicle and take the necessary steps to secure the accident scene (a warning triangle, SOS button, first aid).

Traffic accident (Collision of vehicles) – after activating the scenario, one of the passing vehicles slows down and is hit by the vehicle riding behind it – crews of both vehicles get out. One person places a warning triangle and activates the SOS button in an emergency call niche.

Traffic accident (an object) – to activate this scenario, it is first necessary to activate the “Object on roadway” scenario; a vehicle passing through the tunnel hits an object lying on the roadway – the vehicle crew get out of the vehicle and take the necessary steps to secure the accident scene (a warning triangle, SOS button).

Fire – this scenario links to many of the above-mentioned scenarios (accidents, stationary vehicles, etc.); after the fire breaks out, automatic closing of the tunnel takes place and persons escape outside the tunnel. A demonstration of this scenario is presented in Fig. 7.

Let us present one example of the course of a scenario, including responses of the video-based smoke/fire detection and the traffic operator. After the dangerous vehicle stopping, one of the vehicle crew gets off the vehicle and marks the stationary vehicle with a warning triangle as quickly as possible. Then he proceeds to the closest SOS cabin, pushes the activation button and then walks back to the vehicle. Video detection events “stationary vehicle”, “Object on roadway” (a triangle) and “Pedestrian or Larger animal in tunnel” successively appear in the management system. After the activation of the button in the SOS cabin the SOS announcement is activated even in the management system, in the same way as it is in a real tunnel. If the Police of the CR and a towing service are called, they arrive to the scene with beacons switched on, the event is investigated, the vehicle is loaded by the towing service and the scenario is concluded. If only one of the vehicles or a vehicle of another component of the Integrated Rescue System is called, the Police of the CR and/or the towing service vehicle is called automatically after it arrives at the scene of the event. Video-based detection response is obvious from Fig. 8. Figures 9 and 10 show the situation in the tunnel after operator’s response and the demonstration of the management system behaviour after operator’s response, respectively.

CONCLUSION

The tunnel simulator originated within three years to serve as a tool of effective training of tunnel operators. The simulation of a tunnel management system is controlled in the same way as a real tunnel structure so that trained operators can apply the experience from the training directly to a real structure during their everyday practice.

The management system simulator was in addition applied within the framework of the assessment of the extraordinary event (a tunnel fire) to the simulation of the procedure of operators and the function of technological equipment and traffic signalling. The full version of the 3D TOMMS simulator can also be used for this purpose.

The tunnel simulator represents very accurately the real operation and the behaviour of vehicles and persons during common operation as well as extraordinary situations. The simulator designed for the training of tunnel operators comprises

ZÁVĚR

V průběhu tří let vznikl tunelový trenažér sloužící jako nástroj efektivního školení tunelových operátorů. Simulace řídicího systému tunelu je ovládána totožným způsobem jako reálná tunelová stavba, aby proškolení operátoři mohli uplatnit svoje zkušenosti z tréninku přímo na reálné stavbě ve své každodenní praxi.

Simulátor řídicího systému byl využit též v rámci hodnocení mimořádné události (požár v tunelu) k simulaci postupu dispečerů a operátorů a funkce technologického vybavení a dopravního značení. K tomuto účelu je možné využít i plnou verzi trenažéru TOMMS s 3D simulátorem.

Simulátor tunelu reprezentuje velmi věrně reálný provoz, stejně jako chování vozidel a osob při běžném provozu i mimořádných situacích. Simulátor pro výcvik obsluh tunelů zahrnuje simulátor řídicího systému, včetně simulace důležitých fyzikálních veličin, simulaci videodohledu a také školičské pracoviště pro přípravu a vedení testu operátora. Simulátor tak poskytuje pro budoucí operátory dobrou možnost, jak si vyzkoušet, naučit se a následně ověřovat dovednosti související s řízením provozu v tunelu mimo ostrý provoz, zejména potom při nestandardních událostech.

REFERENCE

Reference ve verzi TOMMS

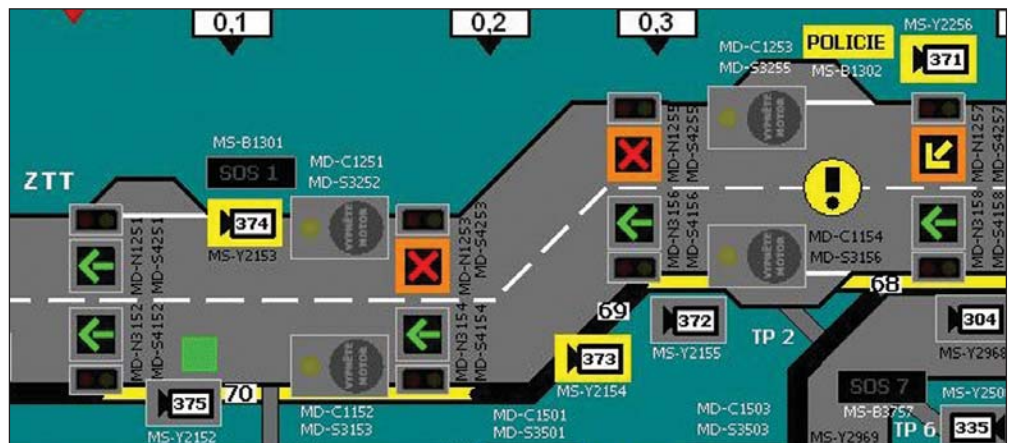
- Projekt VaV „Zelený tunel“ (TA01030020) spolufinancovaný Technologickou agenturou ČR, 3D simulace tunelu Mrázovka, 2011–2013
- Tunelový trenažér – část 3D simulace videodohledu tunelu Bórik pro Žilinskou univerzitu – Stavební fakultu, 2013
- Reference verze bez 3D modelu tunelu (pouze simulace řídicího systému)
 - Trenažéry tunelů Cholutice, Lochkov, Klimkovice pro školicí centrum ŘSD v Petrovicih, 2010–2011
 - Trenažéry tunelů Strahov, Mrázovka, Zlíchov pro školicí pracoviště Strahov Technické správy komunikací HMP, 2012
 - Simulátor řízení tunelů 3 typových tunelů pro Žilinskou univerzitu – Elektrotechnickou fakultu, 2013

ING. JAN PŘIKRYL, prikrylj@eltodo.cz,

ING. JAN ŠILAR, silarj@eltodo.cz,

ING. TOMÁŠ ŠMERDA, MBA, smerdat@eltodo.cz,
ELTODO, a.s.

Recenzovali: doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.,
Ing. Aleš Lebl



Obr. 10 Stav ŘS po reakci operátora

Fig. 10 MS state after operator's response

a management system simulator, including the simulation of important physical quantities, simulations of video-based surveillance and a training workplace for the preparation and conducting of the operator test. The simulator therefore provides a good chance for future operators to try, learn and subsequently verify their skills associated with controlling traffic in a tunnel outside real operation, first of all during nonstandard events.

REFERENCES

References for the TOMMS version

- „Green Tunnel“ R&D project (TA01030020) co-financed by the Technology Agency of the CR, 3D simulation of the Mrázovka tunnel, 2011–2013
- Tunnel simulator – part of 3D simulation of the video surveillance for the Bórik tunnel for the University of Žilina – Faculty of Civil Engineering, 2013

References for the version without the 3D tunnel model (only the simulation of the management system)

- Simulators for the Cholutice, Lochkov and Klimkovice tunnels for the Road and Motorway Directorate in Petrovice, 2010–2011
- Simulators for the Strahov, Mrázovka and Zlíchov tunnels for the Strahov training workplace of the Technical Administration of Roads and Pavements of the Capital City Prague, 2012
- Tunnel management simulator for 3 typical tunnels for the University of Žilina – the Faculty of Electrical Engineering, 2013

ING. JAN PŘIKRYL, prikrylj@eltodo.cz,

ING. JAN ŠILAR, silarj@eltodo.cz,

ING. TOMÁŠ ŠMERDA, MBA, smerdat@eltodo.cz,
ELTODO, a.s.

LITERATURA / REFERENCES

1. PŘIBYL, P., BARTÁK, J. *Tunely na pozemních komunikacích*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze. ISBN 978-80-01-04723-1
2. Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací – Technické podmínky 98. Praha, 2004
3. RENNER, A. *Bachelor's thesis „Smoke and fire simulation in interior spaces“*. Czech Technical University in Prague Faculty of information Technology, 05/2012
4. PŘIBYL, P., KRAJČÍR, D., PŘIKRYL, J. *Simulátor pro výcvik obsluh tunelů: projekt VaV – Zelený Tunel*. Výzkumná zpráva 331-2011-1930-EEG. ELTODO EG, a. s., 2011
5. PŘIBYL, P., KRAJČÍR, D., PŘIKRYL, J. *Simulátor pro výcvik obsluh tunelů: projekt VaV – Zelený Tunel*. Výzkumná zpráva 349-2012-1930-EEG. ELTODO EG, a. s., 2012
6. PŘIBYL, P., KRAJČÍR, D., PŘIKRYL, J. *Simulátor pro výcvik obsluh tunelů: projekt VaV – Zelený Tunel*. Výzkumná zpráva 366-2013-1930-ELTODO. ELTODO, a. s., 2013

KOMPLIKACE PŘI RAŽBĚ HLAVNÍ STROJOVNY VZDUCHOTECHNIKY TUNELOVÉHO KOMPLEXU BLANKA

COMPLICATIONS DURING THE EXCAVATION OF A VENTILATION PLANT CAVERN IN THE BLANKA COMPLEX OF TUNNELS

ALEXANDR BUTOVIČ

ABSTRAKT

Tunelový komplex Blanka v Praze představuje 2x5,5 km hloubených a ražených tunelů různých velikostí, realizovaných v rozličných geologických podmínkách. Systém provozního a požárního větrání tunelu obsahuje několik strojoven vzduchotechniky. Největší z nich je ražená, umístěná pod hustě obydlenou nadzemní zástavbou na Letné, ve zdravých písčitoprachovitých břidlicích letenského souvrství, pouhých 32 m pod povrchem terénu. Jedná se o objekt téměř kruhového profilu o průměru cca 20 m, ploše výrubu cca 300 m² a délce 123,4 m. Článek podrobně popisuje zastížené geologické podmínky, navržené technické řešení ražeb, komplikace při ražení v poruchovém pásmu, porušení primárního ostění v místě křížení s ostatními vzduchotechnickými objekty a skutečné výsledky geotechnického monitoringu.

ABSTRACT

Blanka complex of tunnels in Prague consists of 2x5.5km of cut-and-cover, cover-and cut and mined tunnels of various sizes, which were realised in various geological conditions. The operational and fire ventilation system of the tunnel comprises several ventilation plant rooms. The largest of them is located under the densely populated above-ground development in the district of Letná. The cavern was driven through sound sandy-silty shales of the Letná Member, only 32m under the terrain surface. The structure cross section is nearly circular in the ground plan, with the diameter about 20m; the excavated cross-sectional area is about 300m² and the length amounts to 123.4m. This paper describes in more detail the geological conditions encountered, the proposed technical design, complications encountered during the underground excavation passing through a fault zone, the damage suffered by the primary lining at the crossing with the other ventilation structures and the actual geotechnical monitoring results.

ÚVOD

Tunelový komplex Blanka obsahuje celkem tři strojovny vzduchotechniky. Jsou umístěné v technologickém centru 1 (TGC 1) v blízkosti ulice Patočkova mezi křižovatkami Myslbekova a Sřešovická, v technologickém centru 6 (TGC 6) na trojském nábreží a v raženém tunelu pod ulicemi Jana Zajíce a Korunovační na Letné (obr. 1). Původně byly v raženém tunelu navrženy strojovny dvě, jdoucí kolmo na hlavní tunel, ale následně bylo technické řešení systému vzduchotechniky tunelu přepracováno a byla navržena jedna velká strojovna, zajišťující odvod i přívod vzduchu. S ohledem na počet a velikost ventilátorů, možnost jejich instalace a výměny pomocí portálového jeřábu byl navržen téměř kruhový profil o ploše výrubu 298,84 m², čímž se řadí mezi největší ražené profily na území České republiky (v rámci úvodní projektové přípravy, kdy tunel Bubenečský obsahoval i ochranný systém, byl profil strojovny ještě větší a překračoval 320 m²).

GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ PODMÍNKY

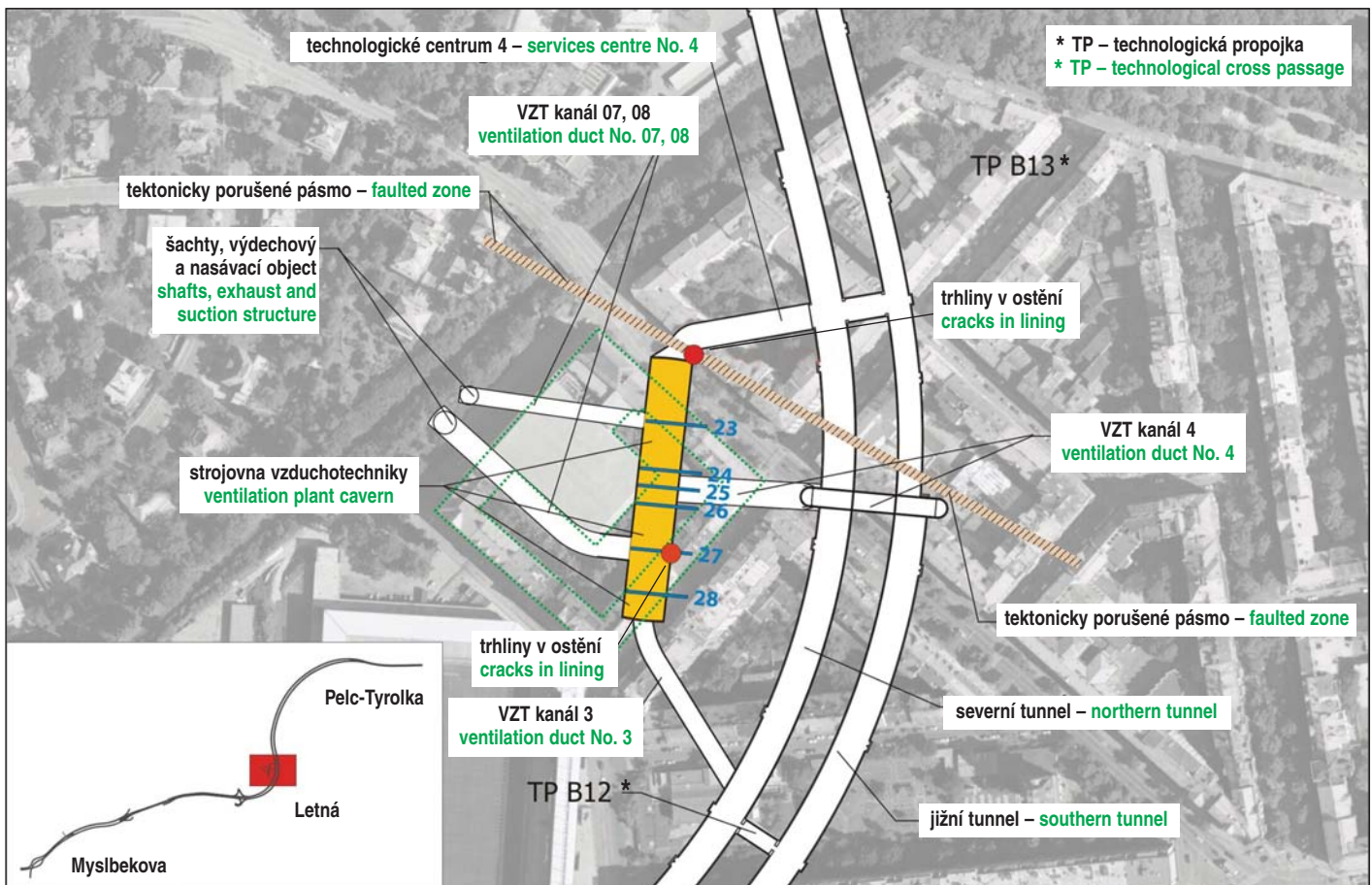
V rámci podrobného inženýrskogeologického průzkumu bylo v prostoru Letné zrealizováno celkem 15 jádrových vrtů o hloubkách 11,1 až 76 m. Jejich situování bylo voleno tak, aby následně byly využity i pro potřeby geotechnického monitoringu jako extenzometry, inklinometry nebo hydrovrty. Optimálnost jejich umístění bohužel výrazně komplikovala stávající nadzemní zástavba, nemožnost vstupu na některé pozemky a polohy jednotlivých inženýrských sítí. Kromě geologického popisu jader a laboratorních zkoušek bylo mezi vrty provedeno i tzv. seismické prosvěcování, díky kterému byly predikovány i případné oslabené zóny v přímo vrty neověřeném prostředí.

INTRODUCTION

The Blanka complex of tunnels contains a total of 3 ventilation plant rooms. They are located at the services centre No. 1 (denoted as TGC 1) in the vicinity of Patočkova Street, between Myslbekova and Sřešovická intersections, at the service centre No. 6 (denoted as TGC 6), on the Troja embankment and in a mined tunnel under Myslbekova Street and Korunovační Street in Letná (see Fig. 1). Two ventilation plant rooms perpendicular to the main tunnel were originally designed to be located in the mined tunnel. However, one large ventilation plant room was subsequently designed to provide the extraction and supply of air. A nearly circular cross-section with the excavated cross-sectional area of 298.84m² was designed taking into consideration the number and sizes of fans, the possibility of their installation and replacement by means of a portal crane. Owing to this size, the cavern is rated among the largest mined structures in the Czech Republic (the cross-section was even larger within the framework of the designing stage, exceeding 320m², at the Bubenečský tunnel, which in addition contained the protection system).

GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

The total of 15 cored boreholes with the depths ranging from 11.1 to 76m were carried out in the area of Letná within the framework of the detailed engineering geological survey. Their locations were designed to allow for their subsequent use for geotechnical monitoring as extensometer, inclinometer or water table monitoring boreholes. Unfortunately, the optimality of their locations was significantly affected by above-ground buildings, the impossibility of accessing some lots and locations of individual utility networks. Seismic tomography, owing to which contingent weakness zones were predicted for the environment which had not been verified by boreholes, was conducted between the boreholes.



Obr. 1 Situace vzduchotechnického uzlu
Fig. 1 Ventilation node layout

Skalní podloží zájmového území tvoří horniny severovýchodní části ordovické barrandienské synklinály. Jedná se o šedočerné písčito-prachovité a jílovitoprachovité břidlice s polohami jemnozrnných křemenců až křemenných pískovců letenského souvrství.

Břidlice jsou hrubě slídnaté a tlustě deskovitě vrstevnaté (6–20 cm), s hojnými písčitými závalky a laminami. Vrstevní plochy jsou zvlněné a zprohýbané, s ohlasy. Pukliny jsou otevřené, často vyplněné druhotným kalcitem nebo i jílem se střípkami břidlic. Často se vyskytují polohy (o průměrné mocnosti 6–20 cm) pevných jemnozrnných křemenců, deskovitě odlučných, úlomkovitě až kusovitě rozpadavých podle ploch kolmých k vrstevnatosti; vrstevní plochy jsou nerovné a často vyhojeny kalcitem. Břidlice bývá na styku s křemencem deformována a rozdrčena na střípky s jílovitou výplní do vzdálenosti až 3 cm. Podle stupně tektonického narušení převládá středně až málo rozpukaná hornina, pouze v místech tektonických poruch značně rozpukaná. Křemence a křemenné pískovce jsou často příčně rozpukané, jemno- až střednězrnné s mocností 3 až 20 cm, maximálně až 50 cm.

Jednotlivé zóny zvětrání horninového masivu lze charakterizovat následovně:

- Horninový masiv zcela zvětralý, rozložený, je místy reprezentován především u jílovitoprachovitých břidlic soudržnou zeminou charakteru jílu, se střední plasticitou s proměnlivým obsahem příměsí střípků a ostrohranných úlomků břidlic. Zatřídění dle ČSN 73 1001 tř. F6, ČSN 73 3050 tř. 3, symbol zvětrání dle ČSN 72 1001 tř. W5, tj. zcela zvětralá – rozložená. Mocnost se pohybuje od 0,30 do 0,70 m.
- Horninový masiv silně až mírně zvětralý tvoří úlomkovitě rozpadavé břidlice, tenké deskovitě odlučné, úlomkovitě až kusovitě rozpadavé křemence s výplní střípkovité břidlice. Zatřídění dle ČSN 73 3050 tř. 4–5, ČSN 72 1001 je stupeň zvětrání W4–W3, tj. silně až málo zvětralé. Mocnost se pohybuje od 0,70 do 1,20 m.

The bedrock in the area of operations comprises rocks forming the north-eastern part of the Ordovician Barrandian Syncline. They comprise grey-black sandy-silty shales interbedded by fine-grained quartzite to quartzose sandstone of the Letná Member.

The shales are coarsely micaceous and thickly tabularly bedded (6 – 20cm), containing frequent sandy pebbles and laminae. Bedding planes are undulated and folded, with slickensides. Discontinuities are open, frequently filled with secondary calcite or even clay containing shards. Hard, fine-grained sandstone interbeds (with the average thickness of 6 – 20cm) are frequently encountered. They are tabularly jointed, disintegrating to fragments up to lumps along planes perpendicular to the bedding planes; the bedding planes are uneven and are frequently healed by calcite. The shale is usually deformed at the interface with quartzites and is crushed to shards with clayey filling up to the distance of up to 3cm. Regarding the tectonic faulting, medium to little broken rock prevails, significantly broken only at tectonic disturbances. The quartzites and quartzose sandstones are frequently transversally jointed, fine- to medium grained, with the thickness varying from 3 to 20cm, up to 50cm as a maximum.

Individual rock mass weathering zones can be characterised as follows:

- The completely weathered, disintegrated rock mass is locally presented first and foremost at clayey-silty shales as medium plasticity cohesive soil with the character of clay, with the variable content of shards and sharply angular fragments of shale. It is categorised according to CSN 73 1001 as class F6, according to CSN 73 3050 as class 3; the weathering symbol according to CSN 72 1001 is class W5, i.e. completely weathered – disintegrated rock. The thickness varies between 0.30 to 0.70m.
- The heavily to moderately weathered rock mass is formed by shales disintegrated to fragments, thinly tabularly bedded

- Horninový masiv navětralý lze přiřadit již podle mechanického chování ke skalním, resp. poloskalním horninám. Úlomkovitý rozpad přechází zvolna do kusovitého rozpadu s velikostí jednotlivých částí 10–30 cm, případně až do blokovitěho rozpadu. Hornina je tvrdá, rozpojitelná poklepem kladívka. Dle ČSN 72 1001 je symbol zvětření W2, tj. navětralé, ČSN 73 3050 tř. 5–6. Průměrná mocnost se pohybuje v rozmezí 4 až 5 m.
- Horninový masiv zdravý – v nevětralém stavu jsou břidlice a křemence deskovité a lavicovité vrstevnatosti, těžko rozpojitelné, tř. 6–7. Dle ČSN 72 1001 je symbol W1, tj. zdravá.

K pokryvným útvarům zájmového území patří převážně pleistocenní fluvialní sedimenty a částečně navážky.

Antropogenní sedimenty (navážky) představují písčité hlíny se šterkem, tj. kameny a valouny různé velikosti (převážně křemence, křemeny, opuky), a stavební sut'. Konzistence je tuhá až pevná. Těžitelnost dle ČSN 73 3050 (zemní práce) tř. 2–3, příp. 5 (stavební sutě). Podle ČSN 73 1001 tř. Y. Mocnost je 0,2 až 3,0 m.

Fluvialní sedimenty terasy Vltavy představují písky s příměsí jemnozrnné zeminy tř. S3/S–F s valouny vel. 2–8 cm a hlouběji písčité šterky vel. 5–13 cm, při bázi i větší balvany, tř. G3–G2. Mocnost je do 6 m.

V provedených jádrových vrtech byla zastižena ustálená hladina podzemní vody cca 12 m pod povrchem terénu zaklesnutá v horninovém prostředí. Jedná se o podzemní vodu s puklinovou propustností. Hodnoty součinitele filtrace z poloh zvětřených břidlic se pohybují v řádu 10^{-5} až do 10^{-8} m.s $^{-1}$.

NAVRŽENÉ TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

S ohledem na relativně kvalitní horninové prostředí bylo pro ražbu strojovny navrženo horizontální členění výrubu na 4 úrovně:

- kalotu o výšce 7,5 m,
- opěří č. 1 o výšce 3,35 m,
- opěří č. 2 o výšce 3,15 m,
- dno o výšce 3,9 m.

Zajištění výrubu bylo navrženo pomocí primárního ostění ze stříkaného betonu třídy C 20/25 (s nárůstem pevnosti nejméně podle křivky J2), vyztuženého příhradovými rámy z betonářské oceli, svařovanými sítěmi a svorníky. Instalace vystrojení v kalotě a opěří probíhala takto:

- při prvním stříkání v předmětném záběru bylo provedeno cca 60 % celkové tl. primárního ostění (tzn. zastříkány první sítě),
- při stříkání dalšího záběru bylo v předmětném záběru prováděno osazování svorníků,
- při stříkání posledního záběru bylo primární ostění v předmětném záběru dostříkáno na plnou tloušťku (třetí od čelby).

Ve dně bylo primární ostění instalováno najednou v plné tloušťce.

Kotvení horninového prostředí bylo prováděno hydraulickými svorníky Superswellex délky 8 m, vzájemná vzdálenost v příčném směru byla 2,5 m. Svorníky byly osazovány v každém záběru šachovnicovitě.

Jako doplňující opatření v případě zastižení zhoršených geologických podmínek nebo zvýšené nestability čelby bylo navrženo jehlování (roxor průměru 32 mm osazený na sucho do vrtu 46 mm, délky 4 m, rozteče 300 mm, s překryvem 2,25 – 2,75 m) a ochranné deštníky z ocelových svorníků typu R51L délky 9 m, rozteče 300 mm a zainjektované materiálem Ekoment RT.

POSTUP RAŽEB

Práce plynule navázaly na ražbu objektu technologického centra č. 4 ražbou kaloty. Nejprve byla vyražena celá kalota, následně opěří a nakonec dno. Práce probíhaly od 11. 2. do 4. 8. 2010, kalota byla vyražena za 64 dní, její relativně pomalý postup (průměrně 1,9 m/den) způsobovala zejména instalace ochranných deštníků. Po kompletním vyražení strojovny byly zahájeny práce na ražbách vzduchotechnických kanálů.

quartzites disintegrating to fragments up to lumps, with the shale shards filling. It is categorised according to ČSN 73 3050 as class 4–5; the weathering degree according to ČSN 72 1001 is W4–W3, i.e. heavily to little weathered rock. The thickness varies between 0.70 and 1.20m.

- The slightly weathered rock mass can be categorised even according to mechanical behaviour as rock or weak rock. The disintegration to fragments passes slowly to disintegration to lumps with the sizes of individual components ranging from 10 to 30cm, or to the disintegration to blocks. The rock mass is hard, capable of disintegration by tapping of hammer. According to ČSN 72 1001, the weathering symbol is W2, denoting slight weathering; the class according to ČSN 73 3050 is 5–6. Average thickness ranges from 4 to 5m.
- The sound rock mass – shales and quartzites in nweathered condition are platy to tabularly bedded, hard to disintegrate, class 6–7. According to ČSN 72 1001, the weathering symbol is W1, denoting sound rock.

The cover in the area of interest is mostly formed by Holocene and Pleistocene fluvial sediments and partly by made ground.

Anthropogenic sediments (made ground) consist of sandy loam with gravel, i.e. stones and boulders of various sizes (mostly quartzite, quartz and cretaceous marl) and building rubble. The consistency is stiff to hard. The workability class according to ČSN 73 3050 (earthwork) ranges from 2 to 3, or 5 (for building rubble). The class according to ČSN 73 1001 is Y. Thickness ranges from 0.2 to 3.0m.

The fluvial sediments of the Vltava River consist of sands with the addition of S3/S–F class fine-grained soil containing boulders; sandy gravels with the grain size ranging from 5 to 13cm are located at a greater depth; larger boulders class G3–G2 are found at the base. Thickness is up to 6m.

Standing level of water table stuck in the ground environment was found in the cored boreholes about 12m under the terrain surface. It is the fissure permeability type of groundwater. The coefficient of filtration from the layers of weathered shale varies within the order of 10^{-5} up to 10^{-8} m.s $^{-1}$.

PROPOSED TECHNICAL DESIGN

The so-called horizontal excavation sequence (top heading, bench and invert) consisting of the following 4 levels was designed taking into consideration the relatively good quality of the ground environment:

- top heading 7.5m high,
- bench No. 1 3.35m high,
- bench No. 2 3.15m high,
- invert 3.9m high.

Shotcrete grade C 20/25 (with the strength gain at least according to J2 curve), lattice girders from concrete reinforcement bars, welded mesh and rock bolts were designed for the excavation support. The installation of the support at the top heading proceeded in the following way:

- About 60 per cent of the total thickness of the primary lining was carried in the first shotcrete application stage (covering the first layer of mesh);
- rock bolts in the respective excavation round were installed during the application of shotcrete in the subsequent excavation round;
- the application of shotcrete in the respective excavation round (third from the excavation face) was completed to the full thickness during the application of shotcrete in the following excavation round.

The primary lining of the invert was installed to the full thickness in one go.

Superswellex hydraulically expanded rock bolts 8m long were used for the rock environment stabilisation; they were installed at

Tab. 1 Vystrojovací tabulka
Table 1 Excavation support table

Položka Item	Jednotka Unit	Výměra Measure
Šířka výrubu Excavation width	[m] [m]	19,8 19.8
Výška výrubu Excavation height	[m] [m]	17,855 17.855
Plocha teoretického výrubu Theoretical excavation cross-sectional area	[m ²] [m ²]	298,84 298.84
Tloušťka primárního ostění Primary lining thickness	[mm] [mm]	400 400
Délka záběru v kalotě Top heading excavation round length	[m] [m]	1,25 až 1,75 1.25 to 1.75
Délka záběru v opěří Bench excavation round length	[m] [m]	2,5 až 3,25 2.5 to 3.25
Délka záběru ve dně Invert excavation round length	[m] [m]	do 12 to 12
Počet svorníků dl. 8 m Number of 8m long rock bolts	[ks] [pc]	16 16

Poruchové pásmo v počátečním úseku

Již v koncovém úseku ražeb technologického centra č. 4 (TGC 4) bylo zastiženo výrazně tektonicky porušené pásmo. Téměř v celé ploše kaloty se vyskytovaly extrémně tektonicky podrcené břidlice charakteru zeminy. Efektivní použití ochranných deštníků výrazně komplikovala ražba v levostranném oblouku o poloměru pouhých 8,72 m. Z výsledků ražeb TGC 4, strojovny a obou hlavních tunelů byl následně určen průběh tohoto pásma (obr. 1), které bohužel nebylo v rámci podrobného inženýrskogeologického průzkumu odhaleno.

Jedenáctého února 2010 byl v odpoledních hodinách proveden první záběr kaloty strojovny. V předchozím úseku zastižená porucha pokračovala, i když docházelo k jejímu zmenšování (postupně se posunovala mimo profil výrubu). K půlnoci začaly práce na druhém záběru. V pravé části vrcholu výrubu vznikl nadvýmlo, který se postupně zvětšil, nepomohl ani v předchozích záběrech instalovaný ochranný deštník. Nadvýmlo se raziči snažili co nejrychleji zmocit, neúnavně jej vyplňovali stříkaným betonem. Ani po příjezdu třetího domíchávací úspěšnost nebyla velká, další vrstva „horniny“ se pod tíhou stříkaného betonu odloupala a s ní i provedená vrstva betonu. Každému se před očima vybavily vzpomínky staré jen něco málo přes rok, kdy podobným způsobem vznikly dvě mimořádné události ve Stromovce. Začalo pomalu svítat, obyvatelé v objektech nad tunelem ještě poklidně spali, když se situace začala zlepšovat. K dalšímu zvětšování nadvýmlo již nedošlo a ten pomalu mizel za vytvořenou betonovou zátkou. Takovou noční směnu si nikdo z razičů nepředstavoval. Ani pro projektanta a vedení stavby nebyla tato noc klidná. Byli v Ostravě na konferenci, tedy bez minimální možnosti do sanačních prací jakkoli zasáhnout. V dalších záběrech se již tento scénář neopakoval, vedl však k rozhodnutí, že z bezpečnostních důvodů byl celý zbývající úsek kaloty strojovny realizován pod ochrannými deštníky ze svorníků R51L.

Komplikace spojené se zastiženou tektonickou poruchou však ještě neskončily. Po vyražení cca 15 m kaloty byly v primárním ostění v místě oblouku před strojovnou objeveny svislé trhliny o šířce až zhruba 13 mm a délkách v řádu několika decimetrů. Okamžitě byly osazeny posuvnými měřidly, doplněny konvergenční body a zahájeno jejich sledování v intervalu cca 12 hodin. Informace o jejich dalším rozvoji vedly k rychlému rozhodnutí

2.5m transversal spacing. The rock bolts were installed in each excavation round, in a diamond pattern.

Forepoling (Roxor deformed rods 32mm in diameter, installed in 4.0m long, 46mm diameter boreholes, at 300mm spacing, with 2.25 – 2.75m overlapping, without grouting) and protective umbrellas formed by 9.0m long R51L steel rock bolts installed at 300mm spacing, grouted with Ekoment RT).

EXCAVATION PROGRESS

The work followed without interruption the excavation for the service centre No. 4 (TGC 4) by the excavation of the top heading. The whole top heading was excavated in the first step, the bench excavation followed and the invert was excavated in the end. The work was carried out from the 11th February to the 4th August 2010; the top heading excavation was finished in 64 days. The relatively slow top heading excavation advance rate (1.9m per day on average) was caused most of all by the installation of protective umbrellas. The driving of ventilation ducts commenced after the completion of the ventilation plant gallery excavation.

Weakness zone in the initial section

A marked faulted zone was encountered as early as the end section of the excavation for TGC 4.

Extremely tectonically crushed shales with the character of soil were encountered nearly throughout the top heading cross-section. The effective use of protective umbrellas was significantly complicated by driving on a left-hand curve with the radius of a mere 8.72m. The course of this zone (see Fig. 1), which unfortunately had not been discovered by the detailed engineering geological survey, was subsequently determined on the basis of the results of the excavation of TGC 4, the excavation plant cavern and both main tunnels.

The first excavation round of the ventilation plant cavern top heading was carried out in the afternoon of the 11th February 2010. The weakness zone encountered in the previous section continued, however, its magnitude diminished (it was gradually shifted outside the excavation profile). The work on the 2nd excavation round started around midnight. A gradually expanding overbreak developed in the right-hand part of the excavation crown. The protective umbrella installed in the preceding rounds was of no help. Mining crews made all efforts to remove the debris and tirelessly filled the overbreak with shotcrete. The success was not big even after the arrival of the third truck mixer. Another layer of “rock” peeled away after being weighed by shotcrete and the completed shotcrete layer went down with it. Client’s technical supervisor recalled the memories only slightly older than a year, when two extraordinary events originated in a similar way in Stromovka Park. It was slowly beginning to dawn, residents of buildings above the tunnel were still peacefully sleeping when the situation started to improve. No additional increase in the overbreak took place and the overbreak was slowly disappearing behind the installed concrete plug. None of the miners had imagined such a night shift. Nor for the designer and site managers was this night quiet. They were in Ostrava at a conference. They were therefore without any ability to intervene in the stabilisation operations. Despite the fact that this scenario was not repeated in the following excavation rounds, the decision was made that, for the reasons of safety, the entire remaining section of the ventilation plant cavern top heading would be excavated under the protection of umbrellas consisting of R51L rock bolts. However, complications associated with the tectonic fault encountered were to continue.



Obr. 2 Trhliny a dodatečné kotvení na přechodu TGC 4 – strojovna
Fig. 2 Cracks and additional anchoring at the passage of TGC 4 to the cavern

o provedení dodatečného kotvení. Podle možností zhotovitele byly instalovány svorníky IBO 32 mm délky 20 m tak, aby zasahovaly mimo poruchové pásmo a došlo tak ke zvýšení interakce soustavy hornina – ostění. Po instalaci svorníků došlo k poměrně rychlému ustálení vodorovných deformací na konečné velikosti až 32,3 mm. K dalšímu významnému nárůstu nedošlo ani při následné ražbě opěrů a dna.

Problém však nastal při provádění vodotěsných izolací. Navržený prostor pro deformace a tolerance počítal pouze s 50 mm, o dalších přesahujících 37 mm muselo být nějak technicky rozhodnuto. S ohledem na bezpečnost a minimalizaci možných komplikací bylo nakonec rozhodnuto o zmenšení tloušťky definitivního ostění za cenu jeho většího vyztužení. Velká debata vznikla ohledně nutnosti odstranění hlav některých dodatečně instalovaných svorníků. Je samozřejmě pravda, že zainjektovaný svorník funguje po celé své délce a jeho samotná „hlava“ (podložka + matka) není z hlediska únosnosti úplně podstatná. Ale co vliv tektonické poruchy? Jaký je její přesný rozsah a jak moc ovlivňuje soudržnost mezi svorníkem a okolní „horninou“? Nakonec bylo nezbytné pro realizaci spodní části definitivního ostění odstranit jen 3 svorníky, zbytek byl odstraněn až po dokončení definitivního ostění po úroveň mostovky. Není známo, jaký byl fyzický dopad těchto úprav, protože předmětné konvergenční profily a posuvná měřidla byly odstraněny a překryty geotextilií a hydroizolací. Z této nepříjemné zkušenosti plyne jedno důležité poučení. Je obecně mnohem výhodnější zrealizovat napojení kolmé (křížení) než plynulé o velmi malém oblouku (zde byl půdorysný poloměr vnitřního líce ostění pouhých 2,75 m) (obr. 2).

Komplikace v křížení s ostatními vzduchotechnickými objekty

Jak již bylo uvedeno výše a je patrné z obr. 1, objekt strojovny se kříží se třemi vzduchotechnickými kanály o velikosti výrubu 100 až

Vertical cracks up to about 13mm wide and with the lengths within the order of several decimetres appeared in the primary lining after completing about 15m of the top heading excavation, in the location of the curve before the plant cavern. Slide gauges were immediately installed in them and convergence points were added. Their observation commenced at 12-hour intervals. The information on the subsequent development of the cracks led to a prompt decision on the installation of additional anchors. According to the contractor possibilities, 20m long IBO 32mm rock bolts were installed. They reached outside the weakness zone so that the interaction between the rock and tunnel lining was enhanced. After the installation of the rock bolts, the horizontal convergences quickly stabilised at the final value of 32.3mm. Nor during the bench and invert excavation did another significant increase take place. However, a problem appeared during the installation of the waterproofing system. The space margin designed for deformations and tolerances counted only with 50mm and it was technically necessary to decide on the additional 37mm exceeding it. Taking into consideration the safety and minimisation of potential complications, it was eventually decided that the final lining thickness would be reduced at the expense of a higher shotcrete reinforcement content. The necessity for removing the heads of some additionally installed rock bolts became a subject of a great debate. It is naturally true that a grouted rock bolt works throughout its length and the head itself (washer + nut) is not so important as far as the bolt capacity is concerned. But how about the influence of the tectonic fault? What was its exact extent and how much did it influence the bond between the rock bolt and surrounding rock mass? It was eventually necessary for the realisation of the lower part of the final lining to remove only 3 rock bolts. Remaining rock bolts were removed after the completion of the final lining down to the level of the bridge deck. The physical impact of the above-mentioned changes is not known because the particular convergence profiles and slide gauges were removed and were covered with geotextile and waterproofing layers. One significant lesson follows from this unpleasant experience. It is generally much more advantageous to carry out a perpendicular connection (crossing) than a fluent connection using a very small radius curve (the ground-plan radius of the inner surface of the lining was a mere 2.75m in this case) (see Fig. 2).

Complications at the intersections with the other ventilation structures

As mentioned above and as obvious from Fig. 1, the ventilation plant cavern structure crosses with three ventilation ducts with the excavated cross-sectional areas ranging from 100 to 120m². The decision was made taking into consideration the excavation safety that side stubs for these structures could be excavated only after the completion of all ventilation plant cavern excavation and the closure of its profile throughout its length. During the excavation itself, hidden beams were installed over the future crossings. Eight pieces of 25mm-diameter rebar were inserted in the respective excavation rounds. Their longitudinal overlapping, ranging up to 0.5m, was limited by the possible length of the unsupported excavation advance. The objective of these beams was to allow the redistribution of a part of inner forces originating after the disruption of the continuity of the final lining of the ventilation plant cavern. Two lattice girders were installed in one excavation round of the cavern in sections adjacent to the crossings so that the primary lining could better cope with the concentrations of acting stresses. Protective umbrellas consisting of 12m long IBO R51 rock bolts were installed above the future profiles of the ventilation ducts from the cavern space. Their task was to minimise the risk of an overbreak, which could even more complicate the state of stress in the crossing location.

120 m². S ohledem na bezpečnost ražeb bylo rozhodnuto, že rozražení těchto objektů je možné až po vyražení celé strojovny a uzavření jejího profilu v celé délce. Při ražbě samotné byly nad budoucími kříženími instalovány skryté průvlaky. Do jednotlivých záběrů bylo vkládáno 8 ks profilů 25 mm. Jejich přesah v podélném směru byl vymezen možnou délkou ponechaného nevystrojeného záběru a pohyboval se do 0,5 m. Úkolem těchto průvlaků byla redistribuce části vnitřních sil vzniklých po narušení kontinuity primárního ostění strojovny. V úsecích strojovny, těsně navazujících na křížení, byly do jednoho záběru osazovány dva výztužné rámy, aby se primární ostění lépe vypořádalo s působícími koncentracemi napětí. Nad budoucími profily vzduchotechnických kanálů byly z prostoru strojovny instalovány ochranné deštníky ze svorníků IBO R51 a délky 12 m. Jejich úkolem bylo minimalizovat nebezpečí vzniku nadvýlomu, který by mohl ještě více zkomplikovat napjatostní stav v místě křížení.

Pro instalaci deštníků bylo nezbytné před kříženími nasypat rampy, které byly následně využity i pro ražbu kalot. Jako první byly raženy vzduchotechnické kanály č. 7 a 8, propojující strojovnu s šachtami a výdechovým objektem. Primárním úkolem bylo mít v místě křížení co nejdříve uzavřené profily vzduchotechnických kanálů. Z tohoto důvodu byly nejprve vyraženy kaloty do vzdálenosti 20 m od strojovny a následně byl ve 12 metrech uzavřen celý profil. Vliv těchto rozrážek na deformace primárního ostění strojovny nebyl nijak významný (celkem do cca 5 mm).

Dne 10. 9. 2010 v rámci prohlídky stavby před kontrolním dnem monitoringu (RAMO) bylo zjištěno porušení primárního ostění strojovny přímo naproti křížení se vzduchotechnickým kanálem č. 7 směřujícím ke vzduchotechnické šachtě. Ihned byl stav porušení zdokumentován a provedeno ověření hloubky. Bylo zjištěno, že se pohybuje „pouze“ v prvních centimetrech, i tak se jednalo o velmi nepřijatelný stav. Pro jistotu bylo v tomto úseku provedeno dodatečné dokotvení svorníky IBO 32 délky 12 m. Porovnání s původním stavem o 1 a 2 týdny později ukázalo, že již nedochází k dalšímu rozvoji poruch a celý systém je stabilizovaný (obr. 3).

POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ GEOTECHNICKÉHO MONITORINGU

Pro návrh vyztužení strojovny byl přibližně v polovině délky proveden numerický model, s následující predikcí deformací:

- povrch terénu do 38 mm,
- primární ostění do 47 mm (ve svislém i vodorovném směru).

Skutečné velikosti deformací povrchu terénu byly maximálně 11 mm (3,5x méně než bylo předpokládáno), deformace primárního ostění v jednotlivých konvergenčních profilech jsou patrné z tabulky 2.

Výsledné deformace byly tedy téměř 3x menší než očekávané. Rozdíl byl způsoben pesimistickými parametry horninového prostředí uvažovanými (i pro mezní stav použitelnosti) ve statickém výpočtu a nezavedením poměrně intenzivního radiálního kotvení.

V poklesové kotlině se nacházelo celkem 34 objektů nadzemní zástavby (28x přímo ovlivněné, 6x ovlivněné). V žádném z nich nedošlo k významnému rozvoji již existujících trhlin (obr. 4).

Tab. 2 Maximální dosažené deformace primárního ostění
Table 2 Maximum achieved primary lining deformations

Č. profilu Profile No.	Svislá deformace [mm] Vertical deformation [mm]	Vodorovná deformace [mm] Horizontal deformation [mm]	Poloha Location
Profil č. 23 Profile No. 23	18 18	12 12	osa VZT kanálu č. 8 ventilation duct No. 8 axis
Profil č. 24 Profile No. 24	22 22	15 15	vedle VZT kanálu č. 8 next to ventilation duct No. 8
Profil č. 25 Profile No. 25	15 15	15 15	osa VZT kanálu č. 4 ventilation duct No. 4 axis
Profil č. 26 Profile No. 26	17 17	13 13	vedle VZT kanálu č. 4 next to ventilation duct No. 4
Profil č. 27 Profile No. 27	18 18	16 16	osa VZT kanálu č. 7 ventilation duct No. 7 axis
Profil č. 28 Profile No. 28	15 15	15 15	před koncem strojovny before the cavern end
Průměr Average	17,5 17.5	14,3 14.3	– –

It was necessary for the installation of the umbrellas to place rock ramps before the crossings, which would be subsequently used even for the excavation of top headings. Ventilation ducts No. 7 and 8, connecting the ventilation plant cavern with shafts and the exhaust structure, were driven first. The primary task was to have the profiles of ventilation ducts at the crossings closed as early as possible. For that reason the top headings were driven first up to the distance of 20m from the cavern and the whole profile was closed in 12 metres subsequently. The influence of these side stubs on the primary lining deformations was not too important (up to about 5mm in total).

During a construction inspection carried out on the 10th September 2010, before a monitoring review meeting (the Monitoring Board), a failure of the primary lining of the ventilation plant cavern was identified directly across the crossing with ventilation duct No. 7, heading toward the ventilation shaft. The failure state was immediately documented and the crack depth was verified. It was determined that it ranged “only” within first centimetres. Nevertheless, the state was very unpleasant. Additional 12m long IBO 32 rock bolts were installed to be on the safe side. The comparison with the original state carried out 1 and 2 weeks later proved that no other development of the failures took place and the entire system was stabilised (see Fig. 3).

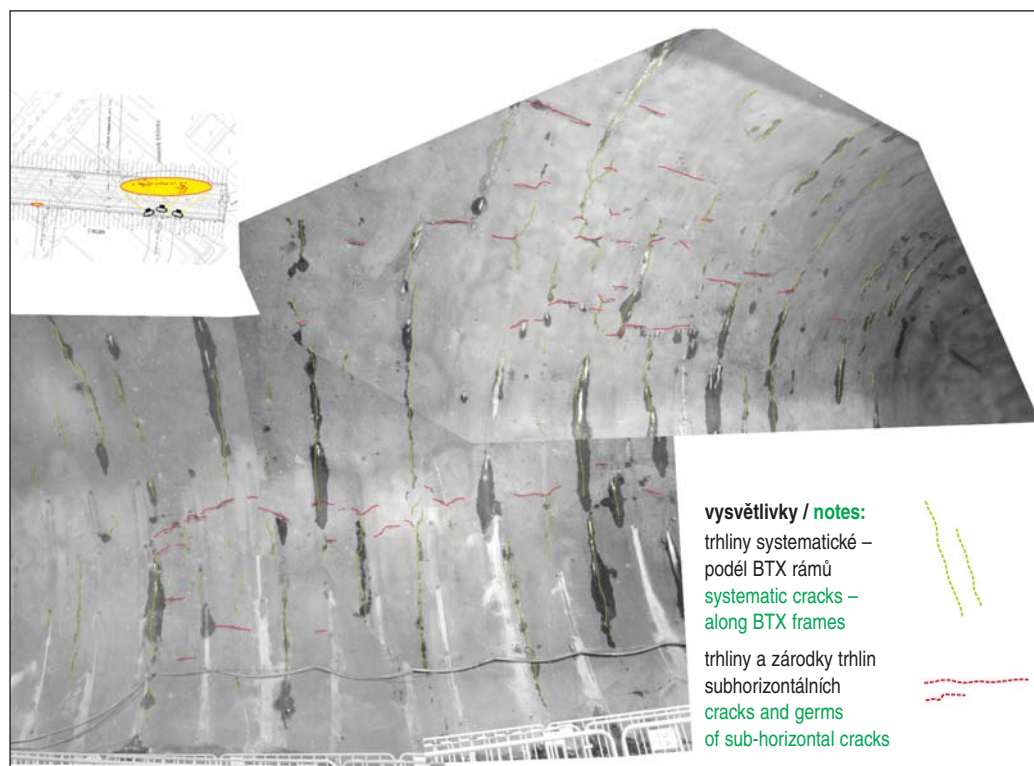
COMPARISON OF GEOTECHNICAL MONITORING RESULTS

A numerical model was developed for the design for the ventilation plant cavern reinforcement approximately in the middle of its length and deformations were subsequently predicted as follows:

- terrain surface up to 38mm;
- primary lining up to 47mm (both vertically and horizontally).

Actual maximum terrain surface deformation values were 11mm (3.5 times less than expected). The primary lining deformations in individual convergence profiles are obvious from the table 2.

Resultant deformations were therefore nearly 3 times smaller than the anticipated ones. The difference was caused by the pessimistic parameters of the rock environment counted with (even for the limit state of serviceability) in the structural analysis and



Obr. 3 Dokumentace trhlin naproti vzduchotechnickému kanálu č. 7
Fig. 3 Documentation of cracks across the ventilation duct No. 7

Dne 6. 9. 2010 byl na 4 konvergenčních bodech profilu č. 26 zaznamenán skokový nárůst deformací až o 5 mm ve svislém i vodorovném směru. Profil vzduchotechnického kanálu č. 4 byl již uzavřen do vzdálenosti cca 50 m od strojovny. S ohledem na výše uvedené bylo rozhodnuto o provedení dodatečného kotvení profilu

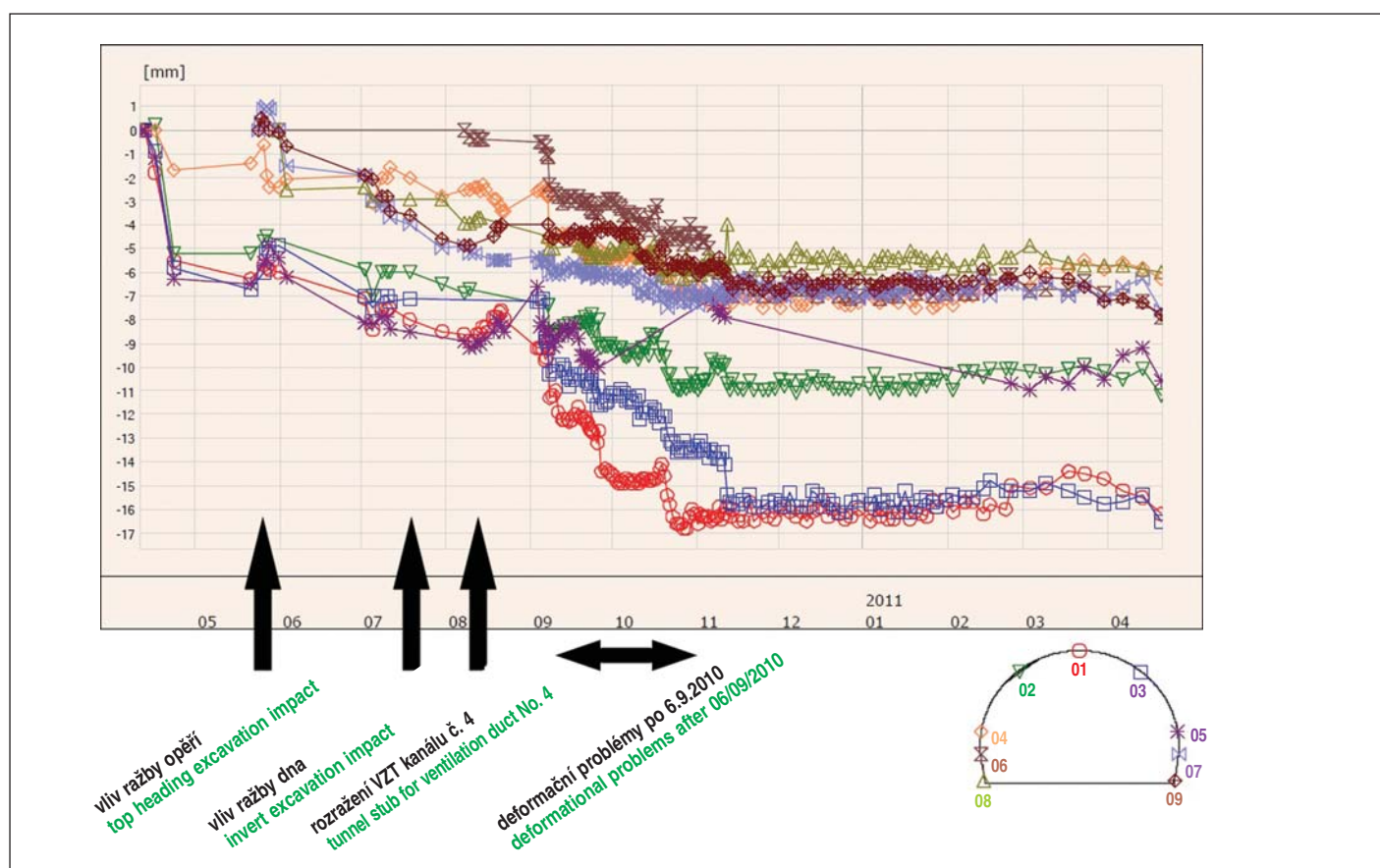
by the fact that the relatively intense radial anchoring was not introduced into the analysis.

There were 34 above-ground buildings in the settlement trough (28x directly affected, 6x affected). Significant development of already existing cracks was found in none of them (see Fig. 4).

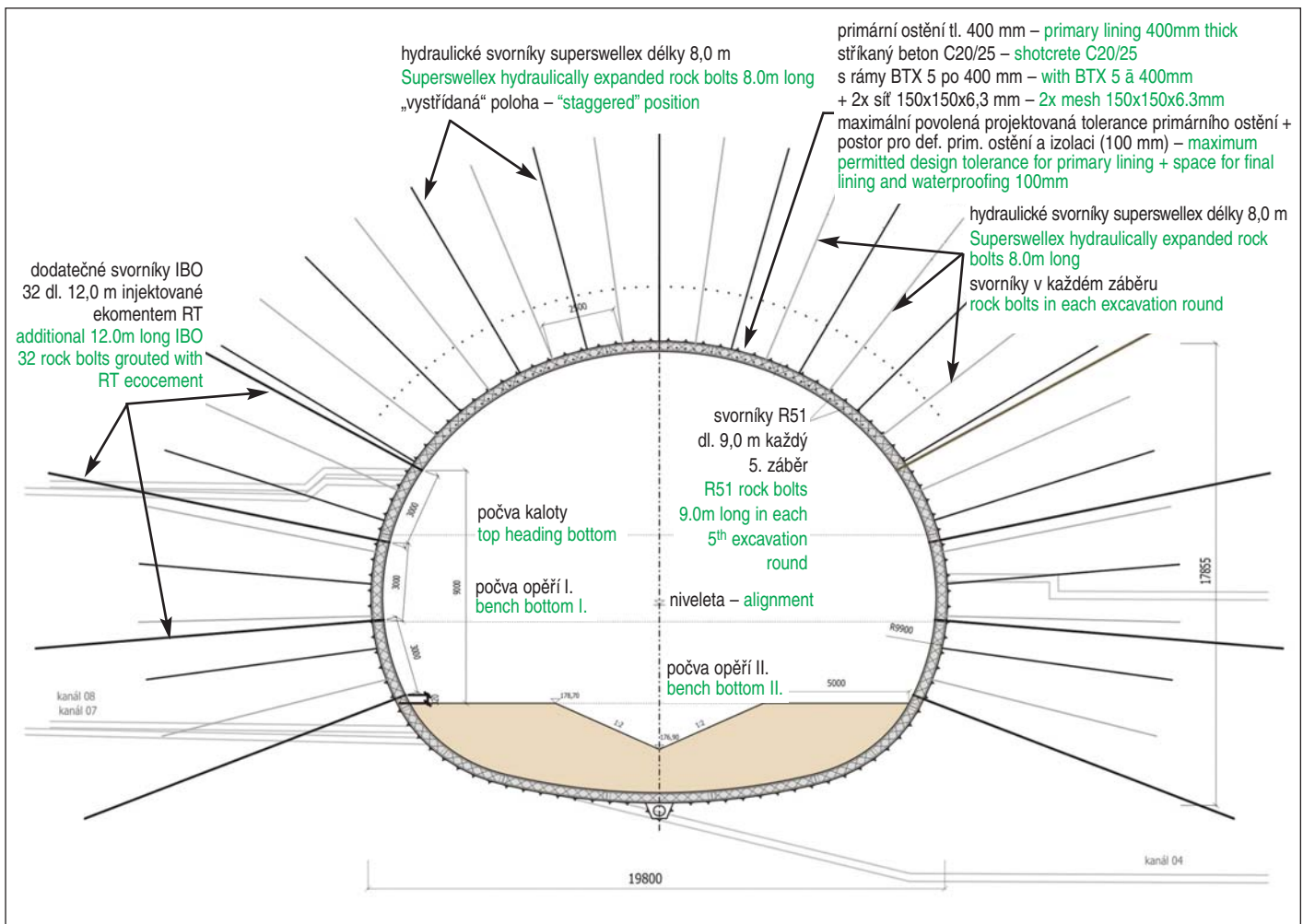
On the 6th April 2010, a step increase in vertical as well as horizontal deformations reaching up to 5mm was registered on 4 convergence points in convergence profile No. 26. The profile of ventilation duct No. 4 was already closed up to the distance of about 50m from the ventilation plant cavern. A decision was made on the basis of the above-mentioned facts that additional anchoring of the cavern profile around the crossings with all ventilation ducts (+6m on either side) was to be installed using 12m long IBO 32 rock bolts. Taking into consideration the contractor's technolo-

gical capacity, 8 rock bolts were installed in each excavation round (see Fig. 5).

Deformation values did not stabilise immediately (deformation has to take place first to make the activation of rock bolts possible). The overall increase in deformations reached up to 9mm.

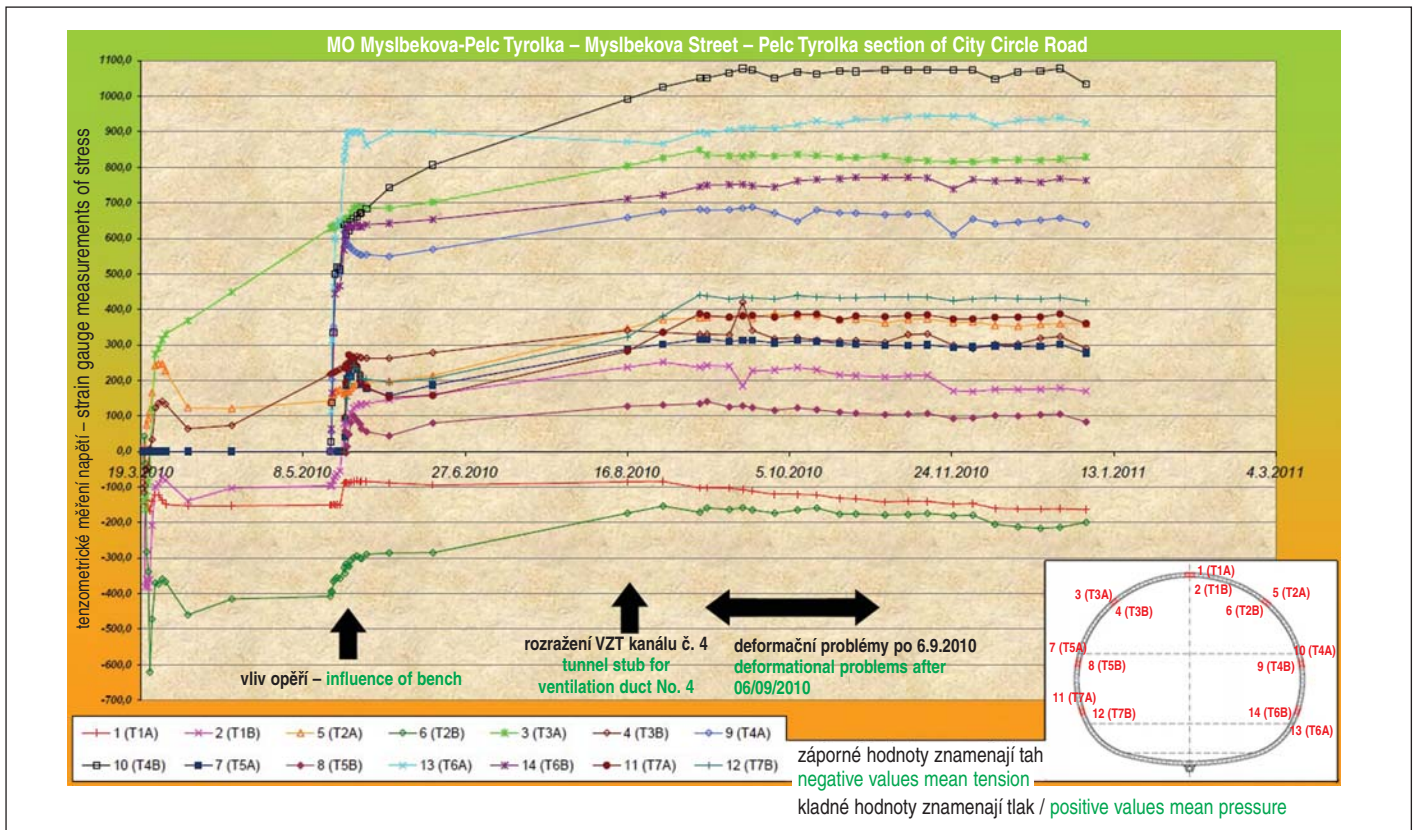


Obr. 4 Průběh svislých deformací na konvergenčním profilu č. 26
Fig. 4 The development of vertical deformations in convergence profile No. 26



Obr. 5 Příčný řez profilem strojovny s dodatečným svorníkováním

Fig. 5 Cross-section through the ventilation plant cavern with additional rock bolting



Obr. 6 Vývoj namáhání ostění vedle křížení se vzduchotechnickým kanálem č. 4

Fig. 6 The development of stresses in the lining next to the crossing with ventilation duct No. 4



Obr. 7 Porovnání prostoru strojovny po jejím vyražení a v definitivním stavu
Fig. 7 Comparison of the ventilation plant cavern space after the excavation and in the definite state

strojovny v rozsahu křížení se všemi vzduchotechnickými kanály (+6 m na každou stranu), a to svorníky IBO 32 délky 12 m. Podle technologických možností zhotovitele bylo v každém záběru osazeno celkem 8 svorníků (obr. 5).

Ustálení deformací se nedostavilo ihned (pro aktivaci svorníků musí nejprve dojít k deformaci), celkový nárůst deformací byl až 9 mm. Pro „klid“ všech účastníků výstavby zde velmi pozitivní roli sehrálo měření namáhání primárního ostění. V místě křížení se vzduchotechnickým kanálem č. 4 bylo osazeno několik dvojic tenzometrů, které neindikovaly žádné zásadní změny v namáhání ostění (obr. 6).

Realizace doplňujících opatření v profilu o výšce 18 m a šířce 20 m je velmi obtížná. Běžná stavební mechanizace pro osazování radiálních svorníků dosáhne cca do 9 m. Výšková úprava pracovní úrovně (násyp) vyžaduje přemístění mnoha set m³ materiálu, což je z časového hlediska velkou komplikací. Z bezpečnostních důvodů byl připraven i havarijný plán pro evakuaci osob, úprav na inženýrských sítích (zejména plynovody) v zóně potenciálně dotčené deformačními komplikacemi objektu strojovny.

ZÁVĚR

Vyražením objektu strojovny vzduchotechniky vzniklo velko-prostorové podzemní dílo impozantních rozměrů. Kromě samotné velikosti profilu výrubu, relativně nízkého skalního nadloží (menší než šířka výrubu) situaci komplikovalo i křížení se třemi vzduchotechnickými kanály. Úspěšná realizace tohoto objektu je jednoznačným důkazem vysoké vyspělosti českého tunelářství.

V současné době jsou již v objektu strojovny nainstalována veškerá technologická zařízení, provedeny jejich individuální zkoušky a potvrzena správnost navrženého systému větrání. Z tohoto pohledu již nic nebrání uvedení tunelového komplexu Blanka do zkušebního provozu (obr. 7 a, b).

ING. ALEXANDR BUTOVIČ, PH.D.,
alexandr.butovic@satra.cz, SATRA, spol. s r. o.

Recenzovali: Ing. Pavel Polák, Ing. Pavel Růžička, Ph.D.

The measurements of stresses in the primary lining played a very positive role for the composure of all parties involved in the construction. Several pairs of strain gauges were installed in the location of the crossing with ventilation duct No. 4. They indicated no significant changes in the stresses in the lining (see Fig. 6).

The implementation of additional measures in an 18m high and 20m wide profile is a very complicated task. Common construction equipment for the installation of radial rock bolts reaches approximately up to the height of 9m. Changing the working level (an embankment) requires moving of many hundreds of m³ of material, which operation poses a big complication in terms of time. For safety reasons, even an emergency evacuation plan and a plan of work on utility networks (mainly gas pipelines) located in the zone potentially affected by deformational complications in the ventilation plant cavern structure were prepared.

CONCLUSION

The excavation of the ventilation plant cavern gave rise to a large-space underground working with imposing dimensions. Apart from the excavated cross-sectional area size, the relatively small height of rock cover (smaller than the excavation width), the situation was complicated by crossings with three ventilation ducts. The successful completion of this structure is an unambiguous proof of the high level of the Czech tunnelling industry.

At the moment, the installation of all technological equipment in the ventilation plant cavern and individual testing have been finished and the correctness of the ventilation system designed has been confirmed. From this point of view, there is nothing to prevent the commissioning of the Blanka complex of tunnels (see Fig. 7).

ING. ALEXANDR BUTOVIČ, PH.D.,
alexandr.butovic@satra.cz, SATRA, spol. s r. o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Stavba č. 0079 Špejchar – Pelc-Tyrolka, realizační dokumentace ražeb vzduchotechnických objektů, Praha: SATRA, spol. s.r.o. 2009–2010
- [2] Stavba č. 0079 Špejchar – Pelc-Tyrolka, výsledky geotechnického monitoringu vzduchotechnických objektů, Praha: ARCADIS CZ a. s. 2009–2010
- [3] Stavba č. 0079 Špejchar – Pelc-Tyrolka, výsledky geotechnického monitoringu vzduchotechnických objektů, Praha: Inset s.r.o. 2009–2010
- [4] Pasportizace trhlin v objektu strojovny vzduchotechniky. Praha: K+K průzkum, s.r.o. 2010

PROBLEMATICKÉ PODMÍNKY PŘI ZAJIŠTĚNÍ ZÁSTAVBY PŘED PROVÁDĚNÍM PODZEMNÍHO DÍLA

PROBLEMATIC CONDITIONS DURING THE STABILISATION OF EXISTING BUILDINGS PRIOR TO THE UNDERGROUND CONSTRUCTION WORK

PETR TĚTEK

ABSTRAKT

V budovách nadzemní zástavby je nutno v rámci projektové přípravy stavby ražených tunelů provádět poměrně rozsáhlou a časově náročnou činnost – předběžné průzkumy, podrobné stavebně-technické průzkumy a podrobná zaměření konstrukcí budov. Na základě výsledků průzkumů a zaměření jsou pak podle potřeby navrhována stavební opatření ke statickému zajištění konstrukce budov dotčených ražbou tunelů. Podmínky pro provádění těchto činností v budovách ale nejsou vždy příznivé – závisí mimo jiné na dobrovolné spolupráci a ochotě vlastníků a uživatelů dotčených budov. Rovněž stavební úřady nemusejí bez souhlasu vlastníků poskytovat kopie dokumentace budov, která je nutná jak k hodnocení existujících konstrukcí, tak i ke zpracování projektů zajištění. Stává se, že někteří vlastníci s investorem nebo projektantem stavby tunelů nespolupracují, a shora uvedené činnosti ve svých budovách neumožní. Přitom bývají při průzkumech občas zjišťovány v budovách i takové existující závady, které mohou vést až k havarijnímu stavu konstrukce. Neměla by být zavedena nějakým právním předpisem povinnost vlastníků spolupracovat; a průzkumy, zaměření a také realizaci stavebních opatření umožnit?

ABSTRACT

It is necessary in the process of designing preparation for mined tunnels to carry out relatively extensive and time demanding activities in above-ground buildings – preliminary surveys, detailed structural technical surveys and detailed topographical measurements of building structures. Structural measures for the static stabilisation of the structures of buildings to be affected by tunnelling are subsequently designed if required on the basis of the results of the surveys and measurements. However, conditions for these activities in buildings are not always favourable - they depend, among other circumstances, on voluntary collaboration and willingness of owners and users of the affected buildings. Nor building authorities have to provide copies of building documents, which are necessary for the assessment of the existing structures and preparation of stabilisation designs, without owners' approval. It happens that some owners do not collaborate with tunnelling project owners or designers and do not allow for the above-mentioned activities in their buildings. In some cases the existing defects which are from time to time identified during surveys in buildings can even lead to emergency conditions of the structures. Should not an obligation be introduced for the owners to collaborate and allow for the execution of the surveys, topographical measurements and also the implementation of structural measures?

ÚVOD

Při ražbě tunelů dochází zákonitě vždy k určitým deformacím horniny v nadloží tunelu a většinou také k deformacím povrchu terénu nad tunely včetně konstrukcí objektů nadzemní zástavby. Druhým, neméně důležitým vlivem ražby tunelů je seizmická odezva při provádění trhacích prací. Pásmo předpokládaných poklesů, včetně velikosti poklesů a sklonů poklesové kotliny, je předem určeno v projektu ražeb tunelů.

VLIV RAŽBY TUNELŮ NA NADZEMNÍ ZÁSTAVBU

V případě ražby tunelů tunelového komplexu Blanka pod obytnou zástavbou v Praze na Letné byla stanovena šířka poklesové kotliny na povrchu kolem 100 m, její sklon 0 až 1:1000 a velikost poklesů 0 až 30 mm.

POŽADAVKY VYHLÁŠKY Č. 55/1996 SB.

Vlivy ražby tunelů je nutno se v rámci přípravy stavby zabývat, pokud jsou tunely vedeny pod existující zástavbou, i když předpokládané poklesy nejsou relativně nijak velké, jak ostatně ukládá vyhláška ČBÚ č. 55/1996 Sb. [1]. Ve vyhlášce se v § 22 odst. 2 doslova uvádí, že (kráceno): „V prostoru podzemního díla raženého z povrchu ústíciho na povrch nebo vedeného mělce pod povrchem musí být zjišťovány ... d) stavební a jiné dotčené objekty nebo archeologické památky ... a ražení smí být

INTRODUCTION

Certain deformations of ground in the tunnel overburden and, in most cases, deformations of the surface above the tunnels, including surface buildings, develop unavoidably during the excavation of tunnels. Another, not less important, effect of the excavation of tunnels is the seismic response during blasting operations. The zone of anticipated settlement, including the magnitude of settlement and the settlement trough slope, are determined in advance in the tunnel excavation design.

IMPACT OF TUNNEL EXCAVATION ON ABOVE-GROUND BUILDINGS

In the case of the excavation of tunnels of the Blanka complex of tunnels under existing buildings in Letná, Prague, the settlement trough width was determined at about 100m, its slope at 0 to 1:1000 and the settlement sizes at 0 to 30mm.

REQUIREMENTS OF DECREE NO. 55/1996 COLL.

It is necessary to deal with the effects of the excavation of tunnels in the project preparation stage if the tunnels are led under existing buildings, even if the anticipated settlement values are relatively not large. It is, by the way, prescribed

zahájeno, byl-li ověřen jejich stav a provedena potřebná opatření. Pokud se tyto skutečnosti zjistí během ražení, učiní se potřebná opatření, nebo se práce zastaví.“

Tento požadavek uvedený ve vyhlášce [1] je poměrně stručný, ale co vlastně ve skutečnosti znamená, například při ražbě tunelů městského okruhu v Praze?

ČINNOSTI V BUDOVÁCH NADZEMNÍ ZÁSTAVBY

Ražba tunelů byla naplánována a poté provedena mimo jiné pod 112 obytnými budovami a několika sportovními stavbami v Praze na Letné, které byly po celou dobu ražeb běžně bez přerušení užívány. Většina obytných budov byla postavena na konci 19. nebo na začátku 20. století podle Stavebního řádu pro Velkou Prahu [2]. Jedná se tedy většinou o budovy s nosnou konstrukcí z cihelného zdiva, s klenutými stropy v suterénech, s dřevěnými trámovými stropy v patrech a se sedlovými střechami s dřevěným krovem.

Zajištění požadavku na zachování nepřerušovaného provozu a bezpečného užívání budov po dobu ražeb tunelů představovalo poměrně rozsáhlou činnost v rámci projektové přípravy stavby. Bylo nutno ověřit existující stav všech budov dotčených (ovlivněných) ražbou tunelů, a to postupem, který je mj. obecně popsán v ČSN ISO 13822 [3]. Byly proto provedeny následující přípravné, průzkumné a projektové práce:

- Předběžný stavebně-technický průzkum (pasporitzace) existujícího stavu každé budovy – vyhledání vlastníka v katastru nemovitostí, vyhledání archivní dokumentace budovy včetně změn, ověření skutečného stavu budovy, zjištění kontaktů na vlastníka, správce i uživatele budovy, záznam poruch a závad, hodnocení stavebně-technického stavu konstrukce budovy a stanovení odolnosti konstrukce.
- Předběžný statický výpočet únosnosti konstrukce nejvíce ovlivněných budov podle ověřené archivní dokumentace a návrh rozsahu podrobného stavebně-technického průzkumu.
- Podrobný stavebně-technický průzkum, zaměření průřezů vybraných konstrukcí a kontrola spalinových cest užívaných komínů.
- Zpracování realizační dokumentace statického zajištění konstrukcí budov, která zahrnovala podrobný statický výpočet únosnosti konstrukce a podle potřeby návrh trvalého zesílení a návrh provizorních podepření nevyhovujících částí konstrukce.
- Zpracování dokumentace monitoringu poklesů a poruch.

Z uvedeného přehledu je zřejmé, že se jednalo o časově značně náročnou činnost, kterou bylo potřeba provést v dostatečném předstihu před plánovanou ražbou tunelů včetně realizace navržených stavebních úprav nevyhovujících konstrukcí. K tomu bylo potřeba součinnosti jak investora a archivu stavebního úřadu, tak i vlastníků, správců a všech uživatelů budov. A právě v nedostatečné nebo nezajištěné součinnosti všech zúčastněných či stavbou dotčených osob se mohou skrývat problémy se zpomalením přípravy stavby.

PODMÍNKY K PROVÁDĚNÍ ČINNOSTÍ V BUDOVÁCH

Zatímco podle předchozího, dnes již neplatného stavebního zákona č. 50/1976 Sb. [7] měl projektant možnost získávat dokumentaci z archivu stavebního úřadu, viz ustanovení § 133: „... stavební úřady, které ukládají... dokumentaci staveb, jsou povinny umožnit právnickým a fyzickým osobám, které prokáží odůvodněnost svého požadavku, nahlížet do této dokumentace a pořizovat z ní výpisy...“, v současné době platí již stavební

by the Decree of the Czech Mining Authority No. 55/1966 Coll. [1]. It is word by word stipulated in § 22, clause 2 of the Decree that (abbreviated): „*It is necessary in the space of an underground working driven from the surface, connecting to the surface or leading shallow under the surface to determine ... d) construction and other affected objects or archaeological monuments ... and the excavation is allowed to commence if their condition was verified and required measures were implemented. If these facts are identified during the tunnelling work, required measures will be implemented or the work will be suspended.*“

This requirement contained in the Decree [1] is relatively brief, but what does it actually mean in the reality, for example during the excavation of tunnels on the City Circle Road in Prague?

ACTIVITIES ON ABOVE-GROUND BUILDINGS

The excavation of tunnels was planned and subsequently carried out under 112 residential buildings and several sports facilities in Letná, Prague. They were used without interruption throughout the tunnelling period. The majority of residential buildings were built at the end of the 19th century or at the beginning of the 20th century, in compliance with the Building Code for the City of Greater Prague [2]. They are therefore mostly buildings with the structures from brickwork, with vaulted ceilings in basements, slab and girder above-ground floors and saddle roofs with timber structures.

To cope with the requirement for maintaining the operation uninterrupted and for the safe use of the buildings throughout the tunnel excavation period, it was necessary to carry out relatively extensive activities within the framework of the project engineering stage. It was necessary to verify the existing condition of all buildings affected (influenced) by the tunnelling, using the procedure which is in general described in ČSN ISO 13822 [3]. The following preparation, survey and design operations were carried out:

- The preliminary structural-technical survey (condition survey) of the existing condition of each building – searching for the owner of each building in the real estate register, searching for archive documents for the buildings including changes, verifying the actual condition of the buildings, searching for contacts on the owners, administrators and users of the buildings, recording failures and defects, assessing the structural-technical condition of the building structures and determining the structural resistance.
- Preliminary structural analysis of the load-bearing capacity of the structure of the most influenced buildings according to verified archive documents and a proposal for the extent of the detailed structural-technical survey.
- Detailed structural-technical survey, the measurement of selected structures, inspection of flue gas paths of chimneys used.
- Preparation of the detailed design for structural stabilisation of the buildings, comprising a detailed structural analysis of the load-bearing capacity of the structures and, if required, a proposal for permanent strengthening

zákon č. 183/2006 Sb. [8], ve kterém se v § 168 odst. 2. uvádí: „Kopii dokumentace stavby stavební úřad poskytne, pokud žadatel předloží souhlas toho, kdo dokumentaci pořídil, případně souhlas vlastníka stavby, které se dokumentace týká.“

Dříve bylo možno, po dohodě s pracovníky archivu stavebního úřadu, získat kopii dokumentace hodnocených budov dotčených stavbou tunelů, ale v současné době je to možné pouze po písemném souhlasu vlastníků těchto budov. Je tedy nutná součinnost vlastníků dotčených budov již v samém počátku projektové přípravy stavby, která ovšem závisí pouze na jejich ochotě a dobrovolné spolupráci. Je otázkou, jak postupovat v případě, kdy vlastník nespolupracuje či dokonce nesouhlasí s plánovanou stavbou a spolupráci odmítá, i když se jedná o veřejně prospěšnou stavbu. A jak postupovat v případech, kdy vlastník nebo uživatelé budovy neumožní přístup potřebný k zaměření konstrukce nebo k provedení průzkumných sond?

Vzhledem k relativně malým předpokládaným vlivům ražby tunelů a k obtížím spojeným s prováděním průzkumů a zaměření v budovách se nabízí jednoduchá odpověď – možná že není vůbec nutné se budovami nadzemní zástavby zabývat. Zdálo by se, že v nich stejně nelze deformaci konstrukce ani vzniku nebo rozvoji poruch nijak zabránit; a navíc vypadá, že při tak malých deformacích nemohou být poruchy nijak staticky významné, aby docházelo ke stavům ohrožujícím spolehlivost konstrukcí a bezpečnost provozu. Opak může být pravdou.

PŘEHLED VAD A PORUCH V BUDOVÁCH

Při průzkumech budov nadzemní zástavby byly zjištěny také existující vady a poruchy, které vedou k nevyhovující únosnosti nosných konstrukcí a ve výjimečných případech by mohly vést až k poruše nosných konstrukcí i bez vlivů ražby tunelů. V budovách byly zjištěny určité typy vad a poruch, především:

- některé budovy nebyly postaveny kvalitně, konstrukce nemá vyhovující únosnost;
- jiné budovy byly dodatečně změněny nástavbami pater, zvýšilo se zatížení konstrukce;
- v dalších budovách byly dodatečně provedeny stavební úpravy, snížila se únosnost konstrukce;
- nějaké budovy byly postaveny v rozporu s předpisy;
- někde byly komíny postavené v rozporu s předpisy.

V konstrukci budov byly zjištěny poruchy způsobené různými dosavadními vlivy, jako jsou například:

- přirozené stárnutí budovy;
- povětrnostní vlivy, působení deště a mrazu;
- teplotní roztažnost;
- nízká únosnost základů;
- vlhkost základové půdy;
- havárie vnitřních instalací;
- dlouhodobé působení spalin;
- zanedbaná údržba;
- dodatečné stavební úpravy.

PŘÍKLADY ZJIŠTĚNÝCH VAD A PORUCH

Kombinace uvedených vad a poruch může vést až k havarijnímu stavu konstrukce. Jeden takový případ byl zjištěn i mezi budovami v Praze na Letné. Na budově byla dodatečně provedena nástavba, podstatně se zvýšilo zatížení (obr. 1, 2). V přízemí byly ve střední nosné zdi již dříve provedeny další úpravy, kterými se snížila její únosnost (obr. 3). Dostatečné zvýšení únosnosti zdíva bylo sice v projektu nástavby navrženo, ale nebylo důsledně provedeno. To bylo zjištěno teprve podrobným

and a proposal for temporary supporting of unsatisfactory parts of the structures.

- Preparing documents for the monitoring of settlement and failures.

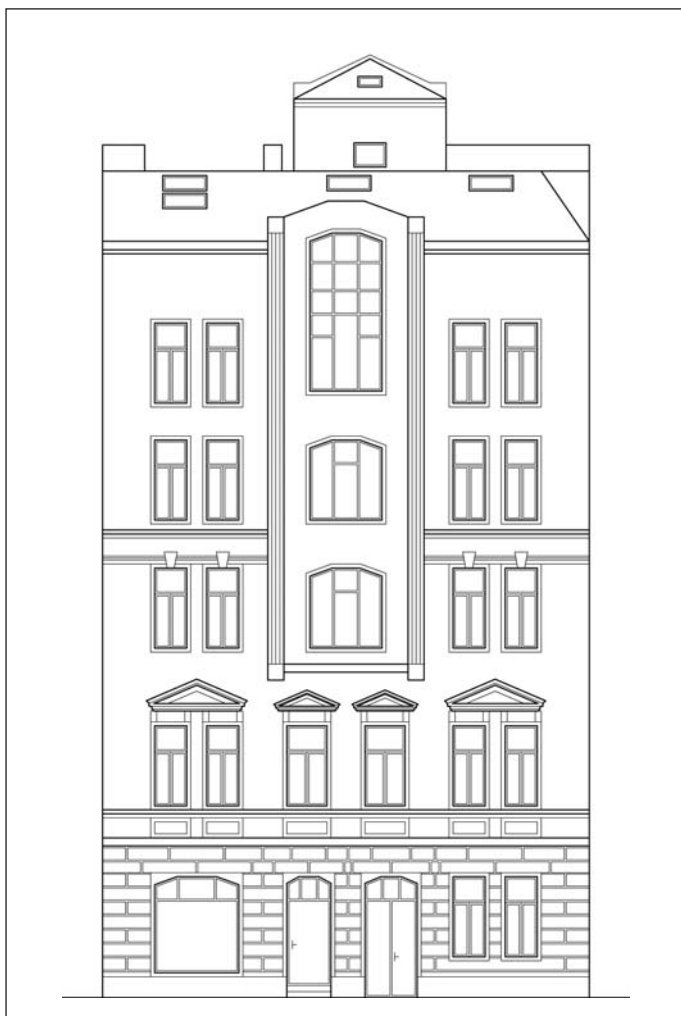
It is obvious from the above-mentioned overview that it was an activity significantly time demanding, which had to be carried out in a sufficient advance before the planned excavation of tunnels, including the implementation of the proposed structural changes in unsatisfactory structures. It was necessary to this end to ensure the cooperation between the project owner and the building authority, as well as the building owners, administrators and all users of the buildings. And just the lack or nonexistent cooperation between all involved persons or by the construction affected persons may hide problems with the project preparation.

CONDITIONS FOR THE EXECUTION OF ACTIVITIES IN BUILDINGS

Whilst, according to the previous text, today already invalid Building Act No. 50/1976 Coll. [7], a designer had the possibility of obtaining documents from building authority's archives, see the provision of § 133: „... *building authorities which store building documents are obligated to allow legal and physical persons who prove the legitimacy of their requests to inspect the documents and take extracts from them ...*,“ the currently in force Building Code No. 183/2006 Coll. [8], in which it is stated in § 168 clause 2. that: „*The Building Authority will provide a copy of building documents if the applicant submits the consent of the person who provided the documents or the consent of the building owner which relates to the documents.*“

In the past it was possible after the agreement with employees of the building authority archives to obtain copies of the documents of the buildings being assessed which are affected by the construction of tunnels. Unfortunately, at the moment it is only possible after a written approval of the owners of these buildings. The cooperation of the owners of the affected buildings is therefore necessary at the very beginning of the project engineering stage. However, it depends only on their willingness and voluntary attitude. The question is how to proceed in the cases where the owner does not cooperate or even does not agree with the planned construction and refuses to cooperate, even if it is the case of public work? And how to proceed in the cases where the owner or users of the building do not allow for the access necessary for the execution of probes?

There is the following simple answer if we take into consideration the fact that the expected effects of tunnel excavation and problems associated with the execution of the surveys and measurements inside buildings: It is possible that it is not at all necessary to deal with existing above-ground buildings. It might seem that it is anyway totally impossible to prevent deformations or development of failures in them and, in addition, it seems that in the cases of so small deformations the failures cannot be so statically significant that they could cause states threatening the reliability of the structures and safety of operations. The opposite is true.



Obr. 1 Pohled na budovu z ulice s dodatečnou nástavbou
Fig. 1 A view from street of a building with a new storey added to it

průzkumem před ražbou tunelů. A navíc byl ještě jeden nosný pilíř dodatečně oslaben vysekáním výklenku pro plynoměr (obr. 4). Statickým výpočtem pak bylo zjištěno překročení mezního stavu únosnosti o 100 %. Vada se naštěstí ještě neprojevila poruchami, přesto bylo nutné okamžitě podepřít konstrukci výdřevou, a následně provést trvalé zesílení pilíře ocelovou objímkou.

Dalším příkladem výrazné poruchy bylo oslabení konstrukce fotbalového stadionu. Stavebně-technickým průzkumem byla zjištěna rozsáhlá koroze nosných ocelových sloupů (obr. 5). Na uvedeném příkladu je již vidět vybočení profilu vlivem běžného zatížení konstrukce. Takto poškozené sloupy musely být před ražbou tunelů opraveny příložkami nebo výměnou celých patek sloupů.

Jiným příkladem nebezpečné konstrukce byla neudržovaná komínová tělesa, jejichž zdivo bylo výrazně porušeno působením spalin a vlivem povětrnosti (obr. 6). V podobných případech byla prováděna preventivní ochrana pěšího provozu ochranným lešením postaveným na chodníku podél budovy.

Na uvedených příkladech je vidět, že se v budovách mohou skrývat staticky závažné existující vady a poruchy již předem, bez jakéhokoli vlivu stavby tunelů. Proto je nutné v budovách nadzemní zástavby provádět přípravné a projektové práce vždy. Teprve na základě podrobného průzkumu, zaměření a statického výpočtu je možno hodnotit existující konstrukce, navrhovat opatření – provizorní nebo trvalá, a zajistit tak spolehlivost konstrukcí a bezpečnost provozu v užívaných budovách po dobu ražby tunelů.

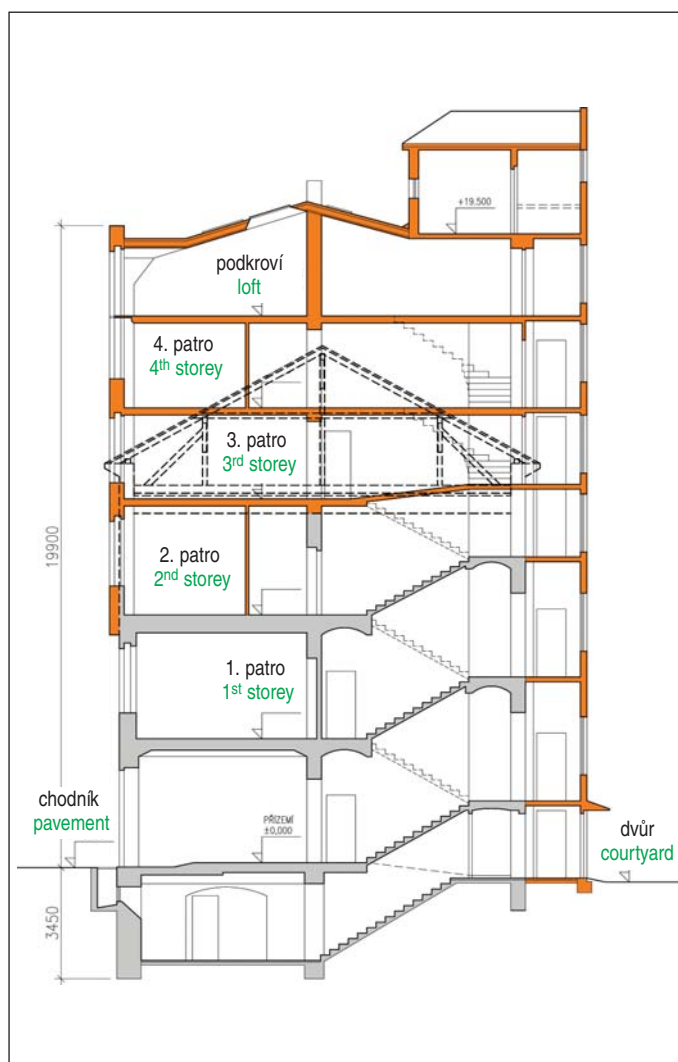
OVERVIEW OF DEFECTS AND FAILURES IN BUILDINGS

Some of the existing defects and failures which were detected during surveys of above-ground buildings lead to unsatisfactory load-bearing capacity of structures and, in exceptional cases, could lead to a failure of the load-bearing structure even without the influence of the excavation of tunnels. Certain types of failures and defects were found in buildings, first and foremost the following ones:

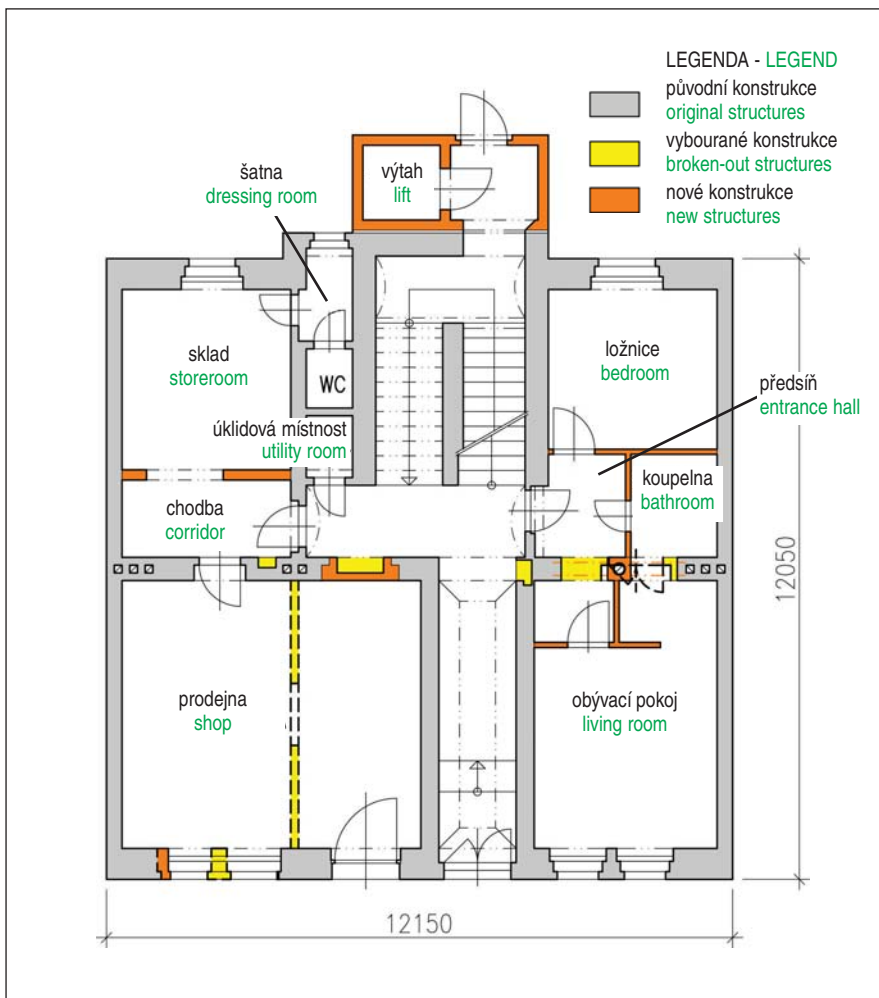
- some buildings were not constructed well, the load-bearing capacity of the structure is inadequate;
- other buildings were changed by adding new storeys; the loads acting on the structure grew;
- construction modifications were additionally carried out in other buildings and the load-bearing capacity of the structure was reduced;
- some buildings were built in violation of regulations;
- in some buildings chimneys were built in violation of regulations.

Failures caused by various existing effects were identified in the structures of buildings, for example:

- natural aging of the building;
- weather conditions, the action of rain and frost;
- thermal expansion;
- low load-bearing capacity of foundations;



Obr. 2 Příčný řez budovou s dodatečnou nástavbou
Fig. 2 A cross-section through a building with a new storey added to it



Obr. 3 Půdorys přízemí budovy s oslabenou střední nosnou zdí
Fig. 3 Ground plan of the building with the central structural wall weakened



Obr. 4 Oslabení nosného pilíře výklenkem pro plynoměr
Fig. 4 Weakening of the structural pillar by a gas measurement niche

- moisture of ground;
- collapse of building services;
- long-term action of flue gases;
- neglected maintenance;
- additional construction works.

EXAMPLES OF IDENTIFIED DEFECTS AND FAILURES

A combination of the above-mentioned defects and failures may even lead to an emergency condition of a structure. One such case was even detected among buildings in Letná, Prague. A new storey was added to a building, which significantly increased the load (see Figures 1 and 2). On the ground floor, additional changes were earlier carried out in the central wall, reducing its load-bearing capacity (see Fig. 3). On the one hand, additional increasing of the masonry loading capacity was proposed in the additional storey design on the other hand, it was not carried out in a consistent manner. This fact was revealed only by the detailed survey before the tunnel excavation commencement. In addition, another structural pillar was additionally weakened by cutting a niche for a gas meter in it (see Fig. 4). The 100% exceeding of the ultimate limit state was subsequently revealed by a structural analysis. Fortunately, the

defect had not manifested itself till that time by failures. Nevertheless, it was necessary to support the structure by timbering and subsequently carry out the strengthening of the pillar with a steel sleeve.

The weakening of the structure of a football stadium is another example of a significant failure. The structural-technical survey revealed extensive corrosion of structural steel pillars (see Fig. 5). The buckling of the profile caused by common loads acting on the structure can be already seen on this example. Pillars damaged in this way had to be repaired by straps or complete footings of the pillars had to be replaced prior to the tunnel excavation.

Unmaintained chimney bodies the masonry of which was significantly disturbed by the action of flue gases and weather conditions (see Fig. 6) were another examples of dangerous structures. Preventive protection of pedestrian traffic by protective scaffolding erected on the pavement along the building was carried out in similar cases.

It can be seen on the above-mentioned examples that structurally serious failures and defects existing before the tunnel excavation without the influence of the tunnel excavation can hide in buildings. It is therefore always necessary to carry out preparation and design works in existing above-ground buildings. Only on the basis of a detailed survey, topographical measurements and a structural analysis is it possible to assess the existing structures, propose measures – temporary or permanent – and ensure the reliability of structures and the safety of operation in buildings to be used during the excavation of tunnels.



Obr. 5 Koroze nosného ocelového sloupu
Fig. 5 Corrosion of the structural steel pillar



Obr. 6 Zvětralé zdivo komínového tělesa
Fig. 6 Weathered masonry of the chimney body

ZÁVĚR

Z pohledu projektanta je proto nutné více se zabývat podmínkami pro provádění průzkumných a měřicích prací v budovách, které nejsou v současné době nijak příznivé. Archivy stavebních úřadů by měly stejně jako doposud poskytovat kopie dokumentace dotčených budov i bez souhlasu vlastníků, jedná-li se o veřejný zájem, v tomto případě o veřejně prospěšnou stavbu. A zejména nutná spolupráce vlastníků a uživatelů budov by neměla být zajišťována pouze na základě dobrovolného souhlasu a ochoty, ale nějakým závazným předpisem, například v rámci správního řízení, ve kterém by mohli vlastníci nejen účinně hájit svá práva, ale mohly by jim být také ukládány přiměřené povinnosti.

ING. PETR TĚTEK, petr.tetek@satra.cz,
SATRA, spol. s r.o.

Recenzovali: Ing. Jan Korejčík, Ing. Vladimír Prajzler,
Ing. Jiří Růžička

CONCLUSION

It is therefore necessary from designer's point of view to address the conditions for the execution of survey and measurement operations in buildings, which are not too much favourable at the moment. Archives of building authorities should provide copies of documents concerning the affected buildings as they did in the past, even without the consent of owners if it is the matter of public interest, in this case public work. The cooperation of owners and users of buildings, which is especially necessary, should be secured not only on the basis of voluntary consent and willingness but also through a binding regulation, for example within the framework of administrative proceedings, where owners could not only defend their rights but also be imposed reasonable obligations.

ING. PETR TĚTEK, petr.tetek@satra.cz,
SATRA, spol. s r.o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Vyhláška ČBÚ č. 55/1996 Sb., o požadavcích k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí
- [2] Stavební řád pro Velkou Prahu, zák. č. 40 z. Z. čes. ze dne 10. 4. 1886
- [3] ČSN ISO 13822 (73 0038) Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí
- [4] ČSN ISO 2394 (73 0031) Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí
- [5] ČSN 73 0040 Zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou a jejich odezva
- [6] HOLICKÝ, M. a kol. *Příručka pro hodnocení existujících konstrukcí*. Praha : Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2007 vydáno za podpory MPSV ČR a ESF v ČR, partnerství ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, SATRA spol. s r. o. a Diagnostika staveb Dostál a Potužák spol. s r. o.
- [7] Zák. č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
- [8] Zák. č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)

POŽÁRNÍ VĚTRÁNÍ TUNELOVÉHO KOMPLEXU BLANKA K ZAJIŠTĚNÍ BEZPEČNÉHO ZÁSAHU IZS

FIRE VENTILATION OF BLANKA COMPLEX OF TUNNELS FOR ENSURING SAFE INTEGRATED RESCUE SYSTEM INTERVENTION

JIRÍ ZÁPAŘKA

ABSTRAKT

Cílem příspěvku je seznámit čtenáře s využitím principu regulace rychlosti a směru podélného proudění při požáru v silničním tunelu. Pozornost je soustředěna na předpokládané šíření kouře a tepla v okamžiku příjezdu IZS a na způsob vytvoření podmínek k zajištění bezpečného přístupu jednotek IZS k požáru. Tématem příspěvku není popis návrhových parametrů (s výjimkou podélného sklonu tunelu a výkonu požáru) ani výčet norem a doporučení, ale seznámení s uvedeným principem regulace podélného proudění. Tento princip využívá požární větrání tunelového komplexu Blanka [1] v Praze i Královopolský tunel v Brně, který je v provozu od září 2012. Tunelový komplex Blanka je stavebně téměř dokončen a jeho technologické vybavení je v současnosti zkoušeno. Příklad, na kterém je funkce požárního větrání prezentována, využívá geometrii třípruhového profilu tunelového komplexu Blanka. Místo požáru bylo vybráno vzhledem k výraznému vlivu vztlakových sil při požáru na šíření kouře v místě s podélným 5% sklonem. Uvedené výsledky byly získány pomocí programu Fire Dynamics Simulator (FDS) v. 5.4.3 [2], řešením trojrozměrného modelu, pomocí matematicko-fyzikálního modelování proudění (CFD). Pro znázornění byl použit program Smokeview 5.6 [2]. Výsledky simulace byly validovány pomocí databáze teplot a vývoje kouře na základě zkoušek větrání skutečným požárem 1:1 v tunelu Memorial [3].

ABSTRACT

The objective of this paper is to acquaint readers with the use of the principle of the velocity and direction of longitudinal air flow control during the course of a fire in a road tunnel. Attention is focused on the anticipated spreading of smoke and heat at the moment of the arrival of the Integrated Rescue System (hereinafter referred to as the IRS) and the way of creating conditions ensuring safe access of the IRS units to the fire. The task of the paper is neither to describe design parameters (with the exception of the longitudinal gradient of the tunnel and the fire capacity) nor a list of standards and recommendations. The task is to acquaint readers with the above-mentioned principle of the control of longitudinal flowing of air. This principle is used by the fire ventilation system in the Blanka complex of tunnels [1] in Prague as well as the Kralovo Pole tunnel in Brno, which has been in operation since September 2012. The Blanka complex of tunnels is nearly finished as far as the civils are concerned and its equipment is currently being tested. The example used for the presentation of the fire ventilation function takes the advantage of the three-lane profile of the Blanka complex of tunnels. The fire location was selected taking into consideration the significant influence of buoyancy forces during fire on spreading of smoke in locations with the longitudinal gradient of 5%. The above-mentioned results were obtained by means of the Fire Dynamics Simulator (FDS) software, see 5.4.3 [2], by solving a three-dimensional model using mathematical-physical modelling of air flow (the CFD). Smokeview program, 5.6 [2], was used for the demonstration. The simulation results were validated by means of a database of temperatures and the development of smoke based on the testing of ventilation by a 1:1 full-scale test by a real fire in the Memorial tunnel [3].

1 ÚVOD

Tunelový komplex Blanka vznikl v místech mnoha prostorových omezení, způsobených například metrem nebo městskými sítěmi, a proto i způsob odvodu kouře při požáru musel být řešen kombinací několika způsobů větrání.

Ve většině tunelu je kouř odváděn příčně buď hromadným odvodem, nebo 2–3 odvodními místy ve vrchlíku klenby tunelu a následně kanálem pod vozovkou a odvodní strojovnou ven z tunelu. Při požáru ve výjezdových úsecích a rampách je kouř odváděn podélně ve směru jízdy výjezdovým portálem (obr. 1).

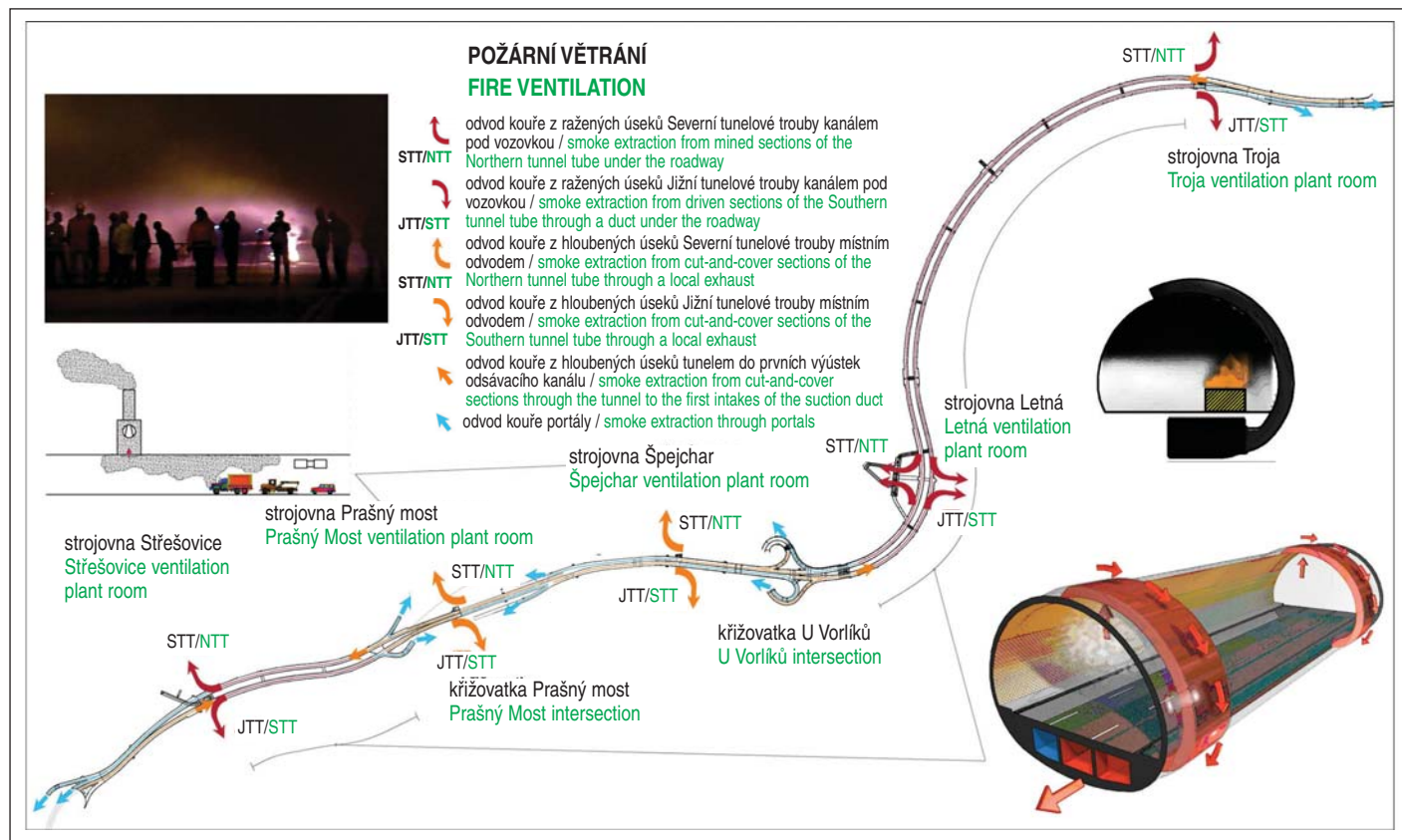
Vývoj projektu požárního větrání probíhal v časovém úseku od ověřovací studie v roce 1998, ke komplexnímu vyzkoušení v roce 2014. Během těchto let se vyvíjely doporučení i normy a proběhlo několik výzkumných projektů [3–6], kde byly definovány parametry návrhového požáru a doporučeny strategie požárního větrání pro silniční tunely. Uvedené postupy se dostaly i do revize ČSN 73 7507 [7]. Byla konečně opuštěna jak teorie o čekání se spuštěním požárního větrání 7–10 minut, tak i snahy o měření neutrální roviny 2,5 m nad vozovkou v oblasti zasažené kouřem, jak to doporučoval před revizí bod 13.6.6. Po revizi ČSN 73 7507 pro městské tunely, jako je tunelový komplex Blanka, jsou stanoveny dva cíle: regulace podélného proudění na nízkou rychlost a na rychlost minimálně kritickou.

1 INTRODUCTION

The Blanka complex of tunnels was developed in locations of numerous restrictions caused, for example, by the metro or urban utility networks. For that reason even the smoke extraction system during a fire had to be solved by a combination of several ventilation methods.

In the majority of tunnels smoke is extracted transversally either through a single-point exhaust or through 2-3 extraction points provided in the tunnel vault crown and, subsequently, via a duct under the roadway and an exhaust ventilation plant room, outside the tunnel. In the case of a fire within exit sections and ramps, smoke is evacuated longitudinally in the direction of travel through the exit portal (see Fig. 1).

The development of the fire ventilation design was in progress within the verification study period in 1998; the system was to be prepared for comprehensive testing in 2014. During these years, recommendations and standards were subjected to changes and several research projects [3–6] were implemented, where design fire parameters were defined and fire ventilation strategies were recommended for road tunnels. The above-mentioned procedures were even incorporated into the ČSN 73 7507 standard review [7]. The theory of waiting with starting the fire ventilation for 7–10 minutes was finally abandoned, as well as



Obr. 1 Schéma požárního větrání
Fig. 1 Fire ventilation chart

2 REGULACE PODÉLNÉHO PROUDĚNÍ NA NÍZKOU RYCHLOST

V 1. fázi požárního větrání je cílem ochránit osoby, které uvízly v tunelu (buď vlivem nehody, nebo zablokováním průjezdu) v prvních minutách požáru, odvedem kouře a regulací na nízkou rychlost (obr. 2).

3 REGULACE PODÉLNÉHO PROUDĚNÍ NA RYCHLOST MINIMÁLNĚ KRITICKOU

Ve 2. fázi je cílem ochránit členy integrovaného záchranného systému IZS (HZS HMP – Hasičský záchranný sbor hl. města Prahy; ZS – Záchranné služby a PČR – Policie ČR) odvodem kouře a regulací na rychlost kritickou. Při rychlosti minimálně kritické je zajištěno přetlakové větrání pro bezpečný zásah jednotek HS a je zajištěno, že se kouř nebude šířit proti vozidlům zablokováným před požárem (obr. 3).

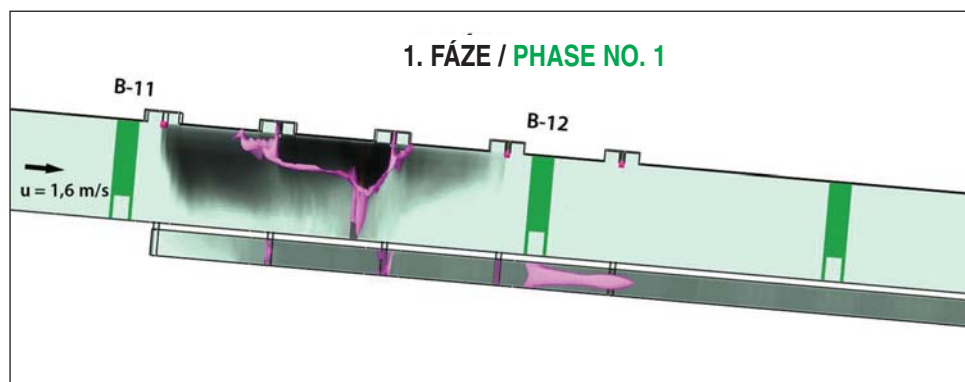
the efforts to measure the neutral plane at the level of 2.5m above the roadway in the smoke-affected area, as it had been recommended before the revision by clause 13.6.6. Two objectives were set after the revision of the CSN 73 7507 for urban tunnels, such as the Blanka complex of tunnels: the control of longitudinal air flow to a low velocity and the control to the minimum critical velocity.

2 LONGITUDINAL AIRFLOW CONTROL TO LOW VELOCITY

The objective of the fire ventilation in the 1st phase is to protect persons trapped in the tunnel (either due to an accident or due to blocked passage) in the initial minutes of the fire, by evacuating the smoke extraction and longitudinal velocity control to a low velocity (see Fig. 2).

3 CONTROL OF LONGITUDINAL FLOW TO MINIMUM CRITICAL VELOCITY

In the 2nd phase, the objective is to protect members of the Integrated Rescue System (the Fire Rescue Service of the City of Prague; the Rescue Services and the Police of the Czech Republic) by evacuating smoke and controlling the air flow velocity to the critical level. At the minimum critical velocity, the positive pressure ventilation required for the safe intervention of fire brigade units is secured and it is ensured that smoke will not spread in the direction against the vehicles blocked before the fire (viewed in the direction of travel) (see Fig. 3).



Obr. 2 Kouř a teplota (izoplocha 60 °C) při regulaci podélného proudění na nízkou rychlost a příčném odvodu 180 m³/s, v klesání – 5%, třípruhového jižního tunelu MO-B
Fig. 2 Smoke and temperature (isosurface 60°C) at longitudinal flow control to low velocity and transversal exhaust rate of 180m³/s, on a – 5% descending gradient, in the triple-lane southern MO-B tunnel

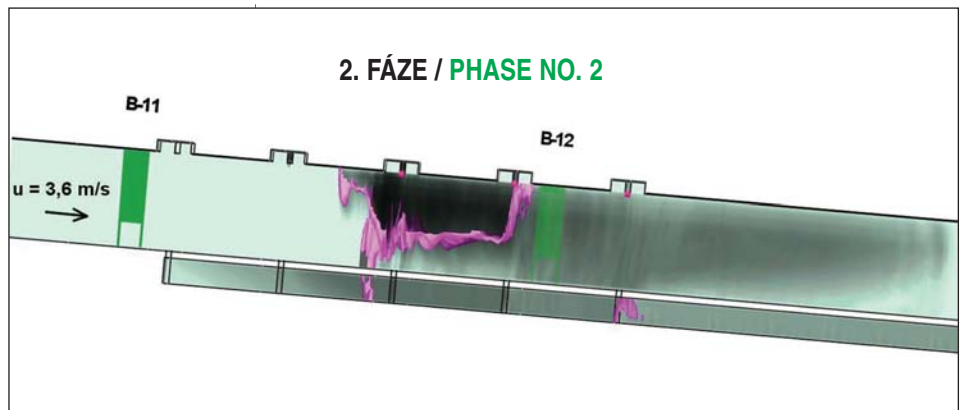
Zvolená koncepce přetlakového větrání, při které je vytvořen přetlakově chráněný prostor pro zasahující jednotky HZS/IZS z jedné strany požáru, je standardním postupem při zásahu v silničním tunelu. Bezpečná přístupová cesta vede nezasaženým tunelem ve směru jízdy a přes propojku ústí do přetlakově chráněné části zasaženého tunelu. Propojka ústí do zasaženého úseku tunelu není pro přístup k požáru vhodná (obr. 4).

Stejně jako je důležitá spolehlivost a výkon požárního větrání, závisí úspěšný zásah na postupech a komunikaci mezi dispečerem, operátorem a jednotkami IZS v tunelu.

Systém požárního větrání podle DSP (dokumentace k stavebnímu povolení DSP-01/2006), byl navržen pro požár následujících návrhových parametrů:

- nominální tepelný výkon 30 MW,
- produkce kouře 80 m³/s,
- náběh na HRR_{nominal} v 10. minutě,
- celková délka požáru 90 minut.

Podmínky návrhového požáru není možné ve vybaveném tunelu vytvořit bez následků na toto vybavení. Prováděné zkoušky s vizualizací proudění běžně dosahují pouze 1/5 ÷ 1/30 návrhového výkonu, což je nutné zohlednit při interpretaci vizualizace. Vzhledem k nízkému výkonu požáru



Obr. 3 Kouř a teplota (izoplocha 60 °C) při regulaci podélného proudění na kritickou rychlost a příčném odvodu 270 m³/s, v klesání – 5%, třípruhového jižního tunelu MO-B

Fig. 3 Smoke and temperature (isosurface 60°C) at longitudinal flow control to critical velocity and transversal exhaust rate of 270m³/s, on a – 5% descending gradient, in the triple-lane southern MO-B

The selected concept of positive pressure ventilation, where a space protected by the positive pressure is created for intervening Fire Rescue Service / Integrated Rescue System units on one side of the fire, is a standard procedure during an intervention in a road tunnel. The safe escape route leads along the unaffected part of the tunnel in the direction of travel and via the cross passage ending in the tunnel part which is protected by the positive pressure. The cross passage ending in the fire-affected section of the tunnel is not suitable for the access to the fire (see Fig. 4).

A successful intervention depends on procedures and communication between the tunnel equipment operator, the traffic operator and the IRS units present in the tunnel, which are equally important as the reliability and output of the fire ventilation system.

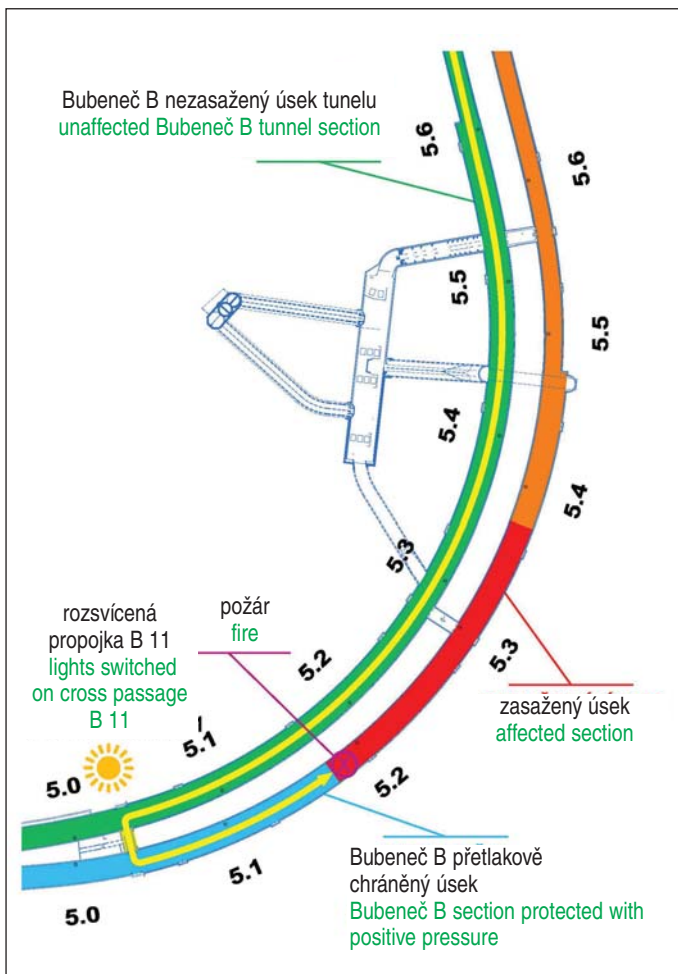
According to the final design DSP-01/2006, the fire ventilation system was designed for a fire with the following design parameters:

- nominal heat release rate of 30MW,
- smoke generation rate of 80m³/s,
- rise to HRR_{nominal} in the 10th minute,
- total duration of the fire 90 minutes.

The conditions required for the design fire cannot be created in an equipped tunnel without consequences for the equipment. Tests conducted with the visualisation of airflow reach only 1/5 ÷ 1/30 of the design rate; this fact has to be taken into consideration when the visualisation is being interpreted. With respect to the low fire capacity and the generated amount of smoke, no significant backlayering can be expected even during the control to a low velocity. For that reason the depiction of results of the mathematical-physical modelling of flow by means of the CFD is used as the basis for the training of operators and the intervening element in controlling fire ventilation (see Fig. 5).

4 „MEMORIAL TUNNEL“ PROJECT

By far the most extensive and most important project, which shifted the design and verification of fire ventilation ahead, was the project for testing in the Memorial tunnel. The Federal Highway Administration (FHWA) and the Massachusetts Highway Department (MHD) started the work on the design for an extensive underground highway network in Boston in the 1980s. A need for the validation of methodology and determination of criteria for designing ventilation systems originated during the preparation. For that reason a team was established within the framework of the Boston Central Artery/Tunnel project, which set the following objectives of the tests:

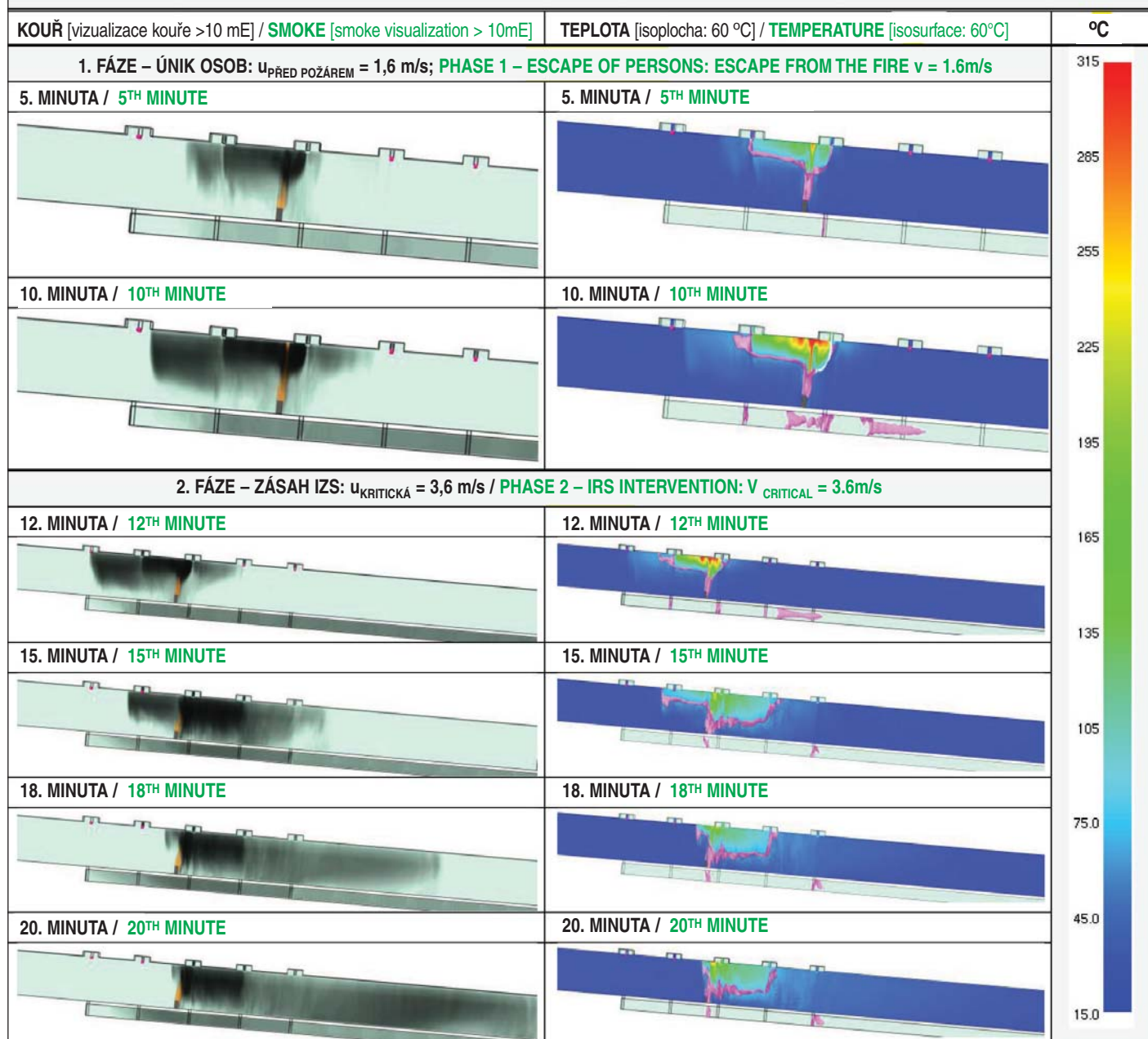


Obr. 4 Bezpečný přístup k požáru
Fig. 4 Safe access to the fire

ROZLOŽENÍ KOUŘE A TEPLoty PŘI „NÁVRHOVÉM POŽÁRU“ SMOKE AND TEMPERATURE DISTRIBUTION DURING “DESIGN FIRE”

NÁVRHOVÝ POŽÁR: HRR = 30 MW; PRODUKCE KOUŘE = 80 m³/s; LINEÁRNÍ NÁRŮST POŽÁRU NA MAXIMUM V 10. MINUTĚ
DESIGN FIRE: HRR = 30MW, SMOKE GENERATION RATE = 80m³/s; LINEAR FIRE GROWTH TO THE MAXIMUM AT 10TH MINUTE

NEJSLOŽITĚJŠÍ VARIANTA POŽÁRU: KLESÁNÍ – 5 % MO-B 19.545 km; PŘÍSTUP Z MO-A, PŘES PROPOJKU B-11A;
THE MOST COMPLICATED FIRE VARIANT: DESCENDING GRADIENT –5% MO-B 19.545KM; ACCESS THROUGH CROSS PASSAGE B-11A



Obr. 5 Vývoj kouře a teploty návrhového požáru v tunelovém komplexu Blanka

Fig. 5 Smoke and temperature development during the design fire in the Blanka complex of tunnels

a produkovanému množství kouře nelze předpokládat výrazné zpětné vrstvení ani během regulace na nízkou rychlost. Proto jako podkladu pro školení obsluhy a zasahující složky, jak ovládat požární větrání, je využito zobrazení výsledků matematickofyzikálního modelování proudění CFD (obr. 5).

4 PROJEKT „MEMORIAL TUNNEL“

Zdaleka nejrozsáhlejší a nejdůležitější projekt, který posunul navrhování a ověřování požárního větrání, byl projekt zkoušek v tunelu Memorial. Federální dálniční správa (FHWA) a odbor dálnic Massachusetts (MHD) začínaly v 80. letech minulého století projektové práce na rozsáhlé podzemní silniční síti

A) „The development of a comprehensive database of temperatures and generation of smoke on the basis of full-scale 1:1 testing of the ventilation by a real fire, which will allow for definite comparative assessing of the ability of various smoke evacuation systems to influence the smoke and temperature, and

B) the determination of relative effectiveness of various smoke evacuation variants and various systems of controlling the smoke evacuation from a tunnel on spreading of smoke and heat during various capacity fires, under the conditions of the test fire proportion to a real fire equal to 1:1.”

Cameras and measurements of physical quantities (longitudinal airflow velocity, temperature, CO, CO₂) were installed in

v Bostonu. Během příprav vznikla potřeba validace metodiky a stanovení kritérií pro návrh větracích systémů. Proto byl v rámci projektu Boston Central Artery/Tunnel vytvořen tým, který stanovil cíle zkoušek:

- A) „Vyvinutí přehledné databáze teplot a vývoje kouře na základě zkoušek větrání skutečným požárem 1:1, která umožní definitivní komparativní posouzení schopnosti různých systémů odvodu kouře ovlivnit kouř a teplotu, a
- B) určení relativní účinnosti různých variant větracích systémů výkonů odvodu kouře a různých způsobů řízení odvodu kouře z tunelu na šíření kouře a tepla při požárech různých intenzit, za podmínek zkušebního požáru 1:1 se skutečným požárem.“

Ve vyřazeném silničním tunelu v Západní Virginii byly instalovány kamery, měření fyzikálních veličin (rychlost podélného proudění, teplota, CO, CO₂). Vlastní zkoušky proběhly od září 1993 do března 1995. Uskutečnilo se celkem 98 zkoušek o intenzitě požárů: 10, 20, 50 a 100 MW a během zkoušek byly prověřovány všechny větrací systémy: přirozené, podélné, podélné s hromadným odvodem, polopříčné a příčné. Cena celého projektu Boston Central Artery/Tunnel byla 8 miliard dolarů a cena projektu zkoušek Memorial tunelu v roce 1999 byla 38 milionů dolarů. Výsledky zkoušek vydané ve zprávě „*Memorial tunnel test report*“, v rozsahu 3800 stran [3]; slouží jako kontrolní databáze naměřených hodnot. Ve 4. etapě programu zkoušek v tunelu Memorial byl obecný CFD kód (Computational Fluid Dynamics) upraven a ověřen pro konkrétní využití v tunelu pod názvem SOLVENT. Zásadním přínosem byla optimalizace modelu pro příčný odvod, kde se podařilo vyřešit problém modelu sítí v místě odvodu z tunelu, kde se vzájemně ovlivňuje podélné proudění v tunelu a příčný odvod. Zpráva o této části zkoušek byla publikována na 1. mezinárodní konferenci o požárech v Lyonu v roce 1999.

5 KOMPLEXNÍ VYZKOUŠENÍ POŽÁRNÍHO VĚTRÁNÍ

Komplexní vyzkoušení celého, 5,5 km dlouhého tunelového komplexu je naplánováno ve třech etapách. První etapa zkoušek jednotlivých prvků a zařízení probíhá v současnosti po ukončených individuálních zkouškách a prověřuje ovládání zařízení. Každé zařízení je prověřováno podle protokolů ve všech stavech. Po ukončení zkoušek prvků může začít druhá etapa, která prověřuje automatiku ovládání jednotlivých provozních celků a souborů. Z hlediska systému požárního větrání je důležité prověření automatiky detekce kouře a prověření automatiky požárního větrání. Tato etapa zkoušek je zaměřena hlavně na prověření výkonu a spolehlivosti automatiky instalovaného vybavení. Výkon požárního větrání bude prověřen měřeními všech stavů A) – F):

- měření směru rychlosti podélného proudění v tunelu [m/s], a
- měření výkonu odvodu ve strojovnách [m³/s].

Kromě prověření výkonu měřeními rychlosti a průtoku je nutné prověření spolehlivosti funkce VŠECH stavů a přechodů mezi nimi, včetně prověření požárního větrání v závislosti na poloze požáru v tunelu. Celkově se jedná o stovky stavů a týdnů zkoušení. Během zkoušek jsou prověřovány tyto stavy:

5.1 1. Fáze požárního větrání – regulace podélného proudění na nízkou rychlost

- A) Náběh a udržování regulace podélné rychlosti v zasaženém tunelu na NÍZKOU rychlost $u = +1,0$ až $+1,6$ m/s (+ ve směru běžného provozu).

a highway tunnel taken out of service in West Virginia. The tests were conducted from September 1993 to March 1995. The total of 98 tests were carried out, with the fire intensities of 10, 20, 50 and 100MW; all ventilation systems were verified during the tests, i.e. natural, longitudinal, longitudinal with a single-point exhaust, semi-transverse and transverse systems. The cost of the entire Boston Central Artery/Tunnel project amounted to USD 8 billion and the cost of the Memorial tunnel testing project was USD 38 million. The testing results, which were published in the 3800-page „*Memorial tunnel test report*“ [3] serve as a checking database of measured values. The general CFD (Computational Fluid Dynamics) code was modified during the 4th stage and was verified for concrete use in the tunnel under the title SOLVENT. The fundamental contribution lied in the optimisation of the model of networks in the location of the exhaust from the tunnel, where the longitudinal flow in the tunnel and the transverse flow affect each other. The report on this part of tests was published at the 1st International Conference on Tunnel Fires held in Lyon in 1999.

5 COMPREHENSIVE TESTING OF FIRE VENTILATION

The comprehensive testing of the entire 5.5km long complex of tunnels is planned to be conducted at three stages. The first stage of testing individual elements and equipment is in progress at the moment, after the completion of individual tests; it checks on the control of the equipment. Each equipment piece is checked in all states in accordance with checking programs. When the testing of elements is finished, the second stage can start. It verifies the automation of the control of individual operational complexes and packages. Checking of the smoke detection automation and checking of the fire ventilation automation is important from the aspect of the fire ventilation system. This testing stage is focused primarily on the verification of the output and reliability of the automation of the installed equipment. The fire ventilation output will be verified by measurements in all states A) – F):

- by measuring the direction and velocity [m/s] of the longitudinal flow in the tunnel and
- by measuring the ventilation rates [m³/s] in ventilation plant rooms.

Apart from checking of the ventilation rates by measuring the velocity and the flow rate, it is necessary to verify the reliability of the function of ALL states and transitions between them, inclusive of the verification of the fire ventilation relating to the location of the fire in the tunnel. In total it is the matter of hundreds of states and weeks of testing. The following states are checked during the tests:

5.1 Phase 1 of fire ventilation – control of longitudinal flow to a low velocity

A) Rising the longitudinal velocity and maintaining its control in the fire-affected tunnel to a LOW velocity $u = +1.0$ to $+1.6$ m/s (+ in the direction of common traffic).

B) Rising the longitudinal velocity and maintaining its control in the tunnel unaffected by the fire to the velocity $u = -1.0$ m/s (+ against the direction of common traffic), concurrently with maintaining the positive pressure in cross passages during the entire fire regime will ensure the escape /intervention routes free of smoke.

C) Smoke extraction in phase 1.

B) Náběh a udržování regulace podélné rychlosti v nezasazeném tunelu na rychlost $u = -1,0$ m/s (proti směru jízdy běžného provozu) současně s udržováním přetlaku v propojkách během celého požárního režimu zajistí únikové/zásahové cesty bez kouře.

C) Výkon odsávání v 1. fázi.

5.2 2. Fáze požárního větrání – regulace podélného proudění na kritickou rychlost

D) Náběh a udržování regulace podélné rychlosti v zasaženém tunelu na KRITICKOU rychlost $u_{KRIT} = +2,1$ až $+3,6$ m/s.

E) Výkon odsávání v 2. fázi.

5.3 Ověření poruchových stavů a náhradního scénáře

F) Ověření výkonu náhradního scénáře.

Požární větrání nemůže dobře fungovat bez včasné detekce a přesné lokalizace požáru. Rychlé spuštění požárního větrání, které zajistí žádanou rychlost podélného proudění, omezí délku zakouřeného úseku tunelu zasaženého požárem.

5.4 Spuštění požárního větrání

Detekce kouře musí zajistit spolehlivé určení místa požáru i v případě, kdy se zdroj kouře nejprve v tunelu pohybuje, zastaví až po ujetí delšího úseku a potom se rozhoří. K potvrzení požárního poplachu (a určení polohy ohniska požáru) může dojít až po ověření, že se zdroj kouře nepohybuje. K tomu slouží automatický algoritmus časového zpoždění signalizace detekce kouře. Během této zkoušky bude provedena optimalizace a ověření tohoto algoritmu s využitím zkušebního kouře, pro postupnou iniciaci jednotlivých detektorů kouře.

Po provedení zkoušek automatiky a ovládání jednotlivých souborů a provozních celků proběhne poslední, třetí etapa komplexního vyzkoušení, kdy budou na několika scénářích prověřeny vazby mezi soubory.

6 ZÁVĚR

Snahou článku bylo seznámit odbornou veřejnost se způsobem řešení odvětrání kouře při požáru v tunelovém komplexu Blanka a způsobem jeho prověření. Zajištění podmínek pro bezpečný a účinný zásah jednotek IZS bylo prezentováno na příkladu situace při požáru v místě klesání – 5%, kdy vztlak při požáru ovlivňuje šíření kouře nejvýrazněji a na požární větrání je kladen největší požadavek.

ING. JIŘÍ ZÁPAŘKA, jiri.zaparka@email.cz,
SATRA spol. s r.o.

Recenzovali: Ing. Otto Dvořák, Ph.D., Ing. Václav Volner

5.2 Phase 2 of fire ventilation – control of longitudinal flow to the critical velocity

D) Rising the longitudinal velocity and maintaining its control in the fire-affected tunnel to the CRITICAL velocity $u_{critical} = +2.1$ to $+3.6$ m/s.

E) Smoke extraction in phase 2.

5.3 Verification of failure states and the alternate scenario

F) Verification of the ventilation output of the alternative scenario.

A fire ventilation system cannot work properly without timely detection and exact location of a fire. The quick starting of fire ventilation which ensures the required longitudinal flow velocity reduces the length of the smoke-logged section of the fire-affected tunnel.

5.4 Fire ventilation starting up

The smoke detection system has to ensure the reliable identification of the fire location even in the case where the smoke source at the beginning moves along the tunnel, stops only after travelling along a rather long section and only then flares up. A fire alarm can be confirmed (and the fire localized) only after it is verified that the smoke source does not move. This is possible by using the automatic algorithm of time delay of the smoke detection signalling. This algorithm will be optimised and verified during this test using the testing smoke, with individual smoke detectors initiated successively.

After the completion of the tests of automation and control of individual operational complexes and packages, the last, third, stage of the comprehensive testing will follow, during which relationships between the complexes will be verified on several scenarios.

6 CONCLUSION

The endeavour of this paper was to acquaint the professional public with the solution of smoke control and its extraction during a fire in the Blanka complex of tunnels and the method of its verification. The system of ensuring conditions for safe and effective intervention of IRS units was presented using the example of the situation in the case of a fire in a 5% descending gradient location, when the fire buoyancy affects the spreading of smoke in the most distinctive manner and the fire ventilation is placed the highest requirements on.

ING. JIŘÍ ZÁPAŘKA, jiri.zaparka@email.cz,
SATRA spol. s r.o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] DSP – Dokumentace ke stavebnímu povolení. Stavba 9515, 0080 a 0079 městský okruh v úseku Myslbekova – Pelc-Tyrolka, 01/2006
- [2] NIST National Institute of Standards and Technology
- [3] PARSONS BRICKERHOFF QUADE & DOUGLAS, INC. Memorial Tunnel Interactive CD-ROM & Comprehensive Test Report; One Penn Plaza, New York, NY 10119; USA 2000
- [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] ČSN 73 7507: Projektování tunelů pozemních komunikací. Praha: 1/2014

HOMOGENIZACE A MODIFIKACE SLOŽENÉHO OCELOBETONOVÉHO OSTĚNÍ S ČASOVÝM NÁRŮSTEM MODULU PRUŽNOSTI STŘÍKANÉHO BETONU

HOMOGENISATION AND MODIFICATION OF COMPOSITE STEEL-CONCRETE LINING, WITH THE MODULUS OF ELASTICITY OF SPRAYED CONCRETE GROWING WITH TIME

JOSEF ROTT

ABSTRAKT

Ostění ze stříkaného betonu (dále též SB) je většinou kombinací stříkaného betonu a ocelových rámu. Vliv rámu na tuhost ostění se obvykle zanedbává, neboť rámy lze většinou chápat jako ocelovou výztuž železobetonové konstrukce. To ale přestává platit, jsou-li součástí ostění masivní ocelové výztuhy typu HEB či HEBREX. Pak je namístě tuhost ocelových prvků do celkové tuhosti ostění započítat a respektovat přitom skutečnost, že podíl ocelových prvků na tuhosti ostění se v čase mění v souvislosti s nárůstem tuhosti stříkaného betonu. Odvození vztahů, umožňujících zápočet ocelových prvků do časově závislé celkové tuhosti ostění, je věnován tento článek.

ABSTRACT

A sprayed concrete (shotcrete, SC) is most frequently a combination of shotcrete and steel frames. The influence of the frames on the stiffness of a lining is usually disregarded because the frames can be mostly considered as steel reinforcement of a reinforced concrete structure. However, this idea ceases to apply if massive steel supports of the HEB or HEBREX type are parts of the lining. In such the cases it is appropriate to include the overall stiffness of the steel elements into the overall stiffness of the lining and respect the fact that the proportion of steel elements to the stiffness of the lining changes with the growing stiffness of shotcrete. This paper is dedicated to deriving relationships allowing for the inclusion of steel elements into the time-dependent overall stiffness of the lining.

ÚVOD

Výpočetní programy většinou vyžadují, aby ostění bylo zadáno buď jako prut s předepsanou plochou A_{NP} , momentem setrvačnosti I_{NP} a modulem pružnosti E_{NP} , nebo jako plošný prvek s výškou h_m a modulem pružnosti E_m .

Postup, při kterém vyjádříme celkovou tuhost složeného ostění pomocí veličin A_{NP} , I_{NP} , E_{NP} , nazveme homogenizací průřezu. Homogenizované veličiny A_{NP} , I_{NP} , E_{NP} lze následně převést na veličiny h_m a E_m . Postup, při kterém veličiny A_{NP} , I_{NP} , E_{NP} převedeme na veličiny h_m a E_m , nazveme modifikací a veličiny h_m a E_m veličinami modifikovanými.

SEZNAM VELIČIN

Na následujících řádcích je uveden seznam veličin, které vystupují ve vztazích týkajících se konkrétního postupu homogenizace.

velká písmena

A_B	průřezová plocha vrstvy SB [m ²]
A_{B1}	plocha příčného řezu starší vrstvou SB [m ²]
A_{B2}	plocha příčného řezu mladší vrstvou SB [m ²]
$A_{NP}(t)$	průřezová plocha náhradního profilu v čase (při jedné vrstvě SB) [m ²]
$A_{NP}(t_1, t_2)$	průřezová plocha náhradního profilu (při dvou vrstvách SB) [m ²]
A_O	průřezová plocha oceli [m ²]
E_B	modul pružnosti SB [MPa, GPa]
E_{B1}	modul pružnosti starší vrstvy SB [MPa, GPa]
E_{B2}	modul pružnosti mladší vrstvy SB [MPa, GPa]
$E_B(t-t_{tech,2})$	modul pružnosti betonu v čase s vlivem technologických prodlév [MPa, GPa]
E_f	hodnota modulu pružnosti SB v teoretickém čase [MPa, GPa]

INTRODUCTION

Calculation programs mostly require the lining to be specified either as a beam with the cross-sectional area A_{NP} , moment of inertia I_{NP} and modulus of elasticity E_{NP} prescribed, or as a planar element with the height h_m and modulus of elasticity E_m .

We will call the procedure in which we will express the overall stiffness of the composite lining by means of quantities A_{NP} , I_{NP} , E_{NP} cross-section homogenisation. The homogenised quantities can be subsequently converted to quantities h_m and E_m . We will call the procedure in which we will convert the A_{NP} , I_{NP} , E_{NP} quantities to quantities h_m and E_m modification and the quantities h_m and E_m modified quantities.

LIST OF QUANTITIES

The list of the quantities which appear in relationships concerning a specific homogenisation procedure is presented on the following lines.

Capital letters

A_B	cross-sectional area of SC layer [m ²]
A_{B1}	area of a cross-section through the older SC layer [m ²]
A_{B2}	area of a cross-section through the younger SC layer [m ²]
$A_{NP}(t)$	area of a cross-section of the substitute profile in time (at one SC layer) [m ²]
$A_{NP}(t_1, t_2)$	area of a cross-section of the substitute profile (at two SC layers) [m ²]
A_O	cross-sectional area of steel [m ²]
E_B	modulus of elasticity of an SC [MPa, GPa]
E_{B1}	modulus of elasticity of the older SC layer [MPa, GPa]
E_{B2}	modulus of elasticity of the younger SC layer [MPa, GPa]

$E_m(t)$	modul pružnosti modifikovaného ostění v čase (při jedné vrstvě SB) [MPa, GPa]
$E_m(t_1, t_2)$	modul pružnosti modifikovaného profilu (při dvou vrstvách SB) [MPa, GPa]
E_O	modul pružnosti oceli [MPa, GPa]
I_B	moment setrvačnosti vrstvy SB [m ⁴]
I_{B1}	moment setrvačnosti starší vrstvy SB [m ⁴]
I_{B2}	moment setrvačnosti mladší vrstvy SB [m ⁴]
$I_m(t)$	moment setrvačnosti náhradního profilu v čase (při jedné vrstvě SB) [m ⁴]
$I_m(t-t_{tech,2})$	moment setrvačnosti náhradního profilu (při dvou vrstvách SB) [m ⁴]
I_O	moment setrvačnosti ocelového profilu [m ⁴]
S_O	statický moment ocelového průřezu [m ³]
<i>malá písmena</i>	
b_b	délka úseku (vrstvy) SB v jednom záběru [m]
b_z	délka záběru [m]
e	souřadnice těžiště příčného průřezu vrstvy SB (vůči povrchu výrubu) [m]
e_1	souřadnice těžiště příčného řezu starší vrstvou SB (vůči povrchu výrubu) [m]
e_2	souřadnice těžiště příčného řezu mladší vrstvou SB (vůči povrchu výrubu) [m]
e_O	souřadnice těžiště ocelového profilu (vůči povrchu výrubu) [m]
$f(t)$	souřadnice těžiště složeného obrazce (při jedné vrstvě SB) [m]
$f(t_1, t_2)$	souřadnice těžiště složeného obrazce (při dvou vrstvách SB) [m]
h_B	výška vrstvy SB [m]
h_{B1}	výška starší vrstvy SB [m]
h_{B2}	výška mladší vrstvy SB [m]
$h_m(t)$	účinná statická výška modifikovaného ostění v čase (při jedné vrstvě SB) [m]
$h_m(t_1)$	účinná statická výška modifikovaného ostění v čase (při jedné vrstvě SB) [m]
$h_m(t_1, t_2)$	převodní koeficient starší SB/mladší SB [m]
$n(t)$	převodní koeficient ocel/beton (při jedné vrstvě SB) [-]
$n(t_1)$	převodní koeficient ocel/beton (při dvou vrstvách SB) [-]
t	čas [s, dny]
t_1	doba zrání starší vrstvy SB [s, dny]
t_2	doba zrání mladší vrstvy SB [s, dny]
t_r	referenční čas – 1 sekunda [s, dny]
$t_{tech,1}$	technologická prodleva od vyrubání horniny do vložení ocelového prvku [s, dny]
$t_{tech,2}$	technologická prodleva od vyrubání horniny do aplikace starší vrstvy SB [s, dny]
<i>řecká abeceda</i>	
α	mocninný koeficient [-]

ZÁKLADNÍ PŘEDPOKLADY HOMOGENIZACE

Homogenizace ocelobetonového ostění spočívá v převedení příčného řezu ostění, složeného ze dvou komponent o dvou (v případě nástřiku dvou vrstev betonu o třech) různých modulech pružnosti, na náhradní homogenizovaný příčný řez s jediným modulem pružnosti stříkaného betonu.

Na obr. 1 je znázorněn vývoj modulů pružnosti pro dvě vrstvy stříkaného betonu (E_B) a ocel (E_O) v čase, přičemž modrá čára náleží ocelovému profilu, zelená první vrstvě stříkaného betonu, hnědá druhé vrstvě stříkaného betonu.

Technologické prodlevy $t_{tech,1}$ a $t_{tech,2}$ jsou funkcí postupu ražby a okamžiku aktivace ocelového profilu vůči hornině.

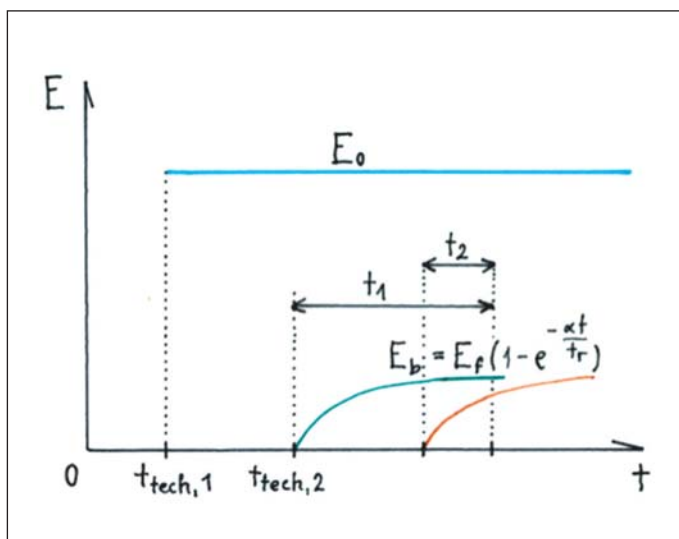
Odvození homogenizovaných veličin je provedeno pro jeden záběr, na kterém je realizováno statické schéma.

$E_B(t-t_{tech,2})$	modulus of elasticity of concrete in time, with the influence of technological lags [MPa, GPa]
E_f	SC modulus of elasticity value in theoretical time [MPa, GPa]
$E_m(t)$	modulus of elasticity of the modified lining in time (at one SC layer) [MPa, GPa]
$E_m(t_1, t_2)$	modul modulus of elasticity of the modified profile (at two lSC layers) [MPa, GPa]
E_O	modulus of elasticity of steel [MPa, GPa]
I_B	moment of inertia of an SC layer [m ⁴]
I_{B1}	moment of inertia of the older SC layer [m ⁴]
I_{B2}	moment of inertia of the younger SC layer [m ⁴]
$I_m(t)$	moment of inertia of the substitute profile in time (at one SC layer) [m ⁴]
$I_m(t-t_{tech,2})$	moment of inertia of the substitute profile (at two SC layers) [m ⁴]
I_O	moment of inertia of the steel profile [m ⁴]
S_O	static moment of the steel cross-section [m ³]
<i>lower case letters</i>	
b_b	length of the SC section (layer) in one spraying round [m]
b_z	praying/excavation round length [m]
e	coordinates of the centre of gravity of the SC layer cross-section (related to the surface of the excavated opening) [m]
e_1	coordinates of the centre of gravity of the cross-section through the older SC layer (related to the surface of the excavated opening) [m]
e_2	coordinates of the centre of gravity of the cross-section through the younger SC layer (related to the excavated opening surface) [m]
e_O	coordinates of the centre of gravity of the steel cross-section (related to the surface of the excavated opening) [m]
$f(t)$	coordinates of the centre of gravity of the composite diagram (at one SC layer) [m]
$f(t_1, t_2)$	coordinates of the centre of gravity of the composite diagram (at two SC layers) [m]
h_B	SC layer thickness [m]
h_{B1}	older SC layer thickness [m]
h_{B2}	younger SC layer thickness [m]
$h_m(t)$	effective static height of the modified lining in time (at one SC layer) [m]
$h_m(t_1)$	effective static height of the modified lining in time (at two SC layers) [m]
$h_m(t_1, t_2)$	older SC/younger SC conversion factor [m]
$n(t)$	steel/concrete conversion factor (at one SC layer) [-]
$n(t_1)$	steel/concrete conversion factor (at two SC layers) [-]
t	time [s, days]
t_1	older SC layer curing time [s, days]
t_2	younger SC layer curing time [s, days]
t_r	reference time – 1 second [s, days]
$t_{tech,1}$	technological lag between the completion of excavation and the insertion of the steel element [s, days]
$t_{tech,2}$	technological lag between the completion of excavation and the application of the older SC layer [s, days]
<i>Greek alphabet</i>	
α	power coefficient [-]

BASIC ASSUMPTIONS OF HOMOGENISATION

The homogenisation of a steel-concrete lining lies in the conversion of the cross-section of a lining consisting of two components (three in the case of applying two shotcrete layers) with different moduli of elasticity to a substitute homogenised cross-section with only one modulus of elasticity of shotcrete.

The development of moduli of elasticity for 2 layers of shotcrete (E_B) and steel (E_O) with time is presented in Fig. 1, where the blue



Obr. 1 Časové schéma působení jednotlivých složek primárního ostění
Fig. 1 Time pattern of the effects of individual components of primary lining

Jako první jsou instalovány ocelové nosníky, které začínají působit v čase $t_{tech,1}$ svojí plnou tuhostí. Poté, s prodlevou $t_{tech,2} - t_{tech,1}$ je aplikován stříkaný beton, jehož modul pružnosti (a proto i tuhost) je funkcí času. K vyjádření této funkce použijeme následující empirický vztah podle Svobody (2010), který vychází z práce Oresteho (2003) a který je též znázorněn na obr. 1.

$$E_B = E_f(1 - e^{-at/t_r}) \quad (1)$$

V odborné literatuře lze vyhledat vícero vztahů, které se nárůstem modulu pružnosti betonu v čase zabývají. R. Pöttler (1990) publikuje vztah Webera (1979) na základě modulu pružnosti po 28 dnech zrání betonu, s pomocnými parametry:

$$E_T = E_{28} a e^{\frac{c}{0.60}} \quad (2)$$

zatímco v normě ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla je uvedena rovnice využívající krychelnou pevnost betonu:

$$E_{cm}(t) = \left(\frac{f_{cm}(t)}{f_{cm}} \right)^{0.3} E_{cm} \quad (3)$$

V kapitole 6) uvedených grantových projektech, pod které spadá tento článek, je odborná a výzkumná činnost (tam, kde je to relevantní) spojena se vztahem (1), který publikuje ve své dizertační práci Svoboda (2010). Pro lepší porovnání výsledků a respektování konzistence jednotlivých projektových činností se v aktuálním článku využívá právě rovnice (1). Graf respektující rovnici (1) tvoří obrázek 4.

ODVOZENÍ VZTAHŮ PRO VÝPOČET TUHOSTI HOMOGENIZOVANÉHO OSTĚNÍ, ODVOZENÍ VZTAHŮ PRO VÝPOČET TUHOSTI MODIFIKOVANÉHO OSTĚNÍ

Vztahy pro výpočet tuhosti jsou odvozeny za těchto předpokladů:

- do celkové tuhosti není zahrnut beton obštíku ocelového profilu,
- předpokládáme plné statické spolupůsobení 2 vrstev ostění.

Uvažujeme 2 varianty homogenizace a modifikace ostění:

- A) Stříkaný beton je aplikován v jedné vrstvě.
- B) Stříkaný beton je aplikován ve dvou vrstvách.

AD A) STŘÍKANÝ BETON JE APLIKOVÁN V JEDNÉ VRSTVĚ

a) Náhrada oceli

Průřezové charakteristiky ocelového profilu (moment setrvačnosti, plocha průřezu, statický moment) se převedou na beton:

line is for the steel profile, green colour for the first shotcrete layer and brown colour for the second shotcrete layer.

Technological lags $t_{tech,1}$ and $t_{tech,2}$ are functions of the excavation progress and the moment of the activation of the steel profile against ground.

The derivation of homogenised quantities is carried out for one round, for which the structural diagram is realised.

Steel beams, which start to act in time $t_{tech,1}$ through their full stiffness, are installed first. Then, with the lag $t_{tech,2} - t_{tech,1}$, shotcrete, the modulus of elasticity of which (therefore also stiffness) is a function of time, is applied. To express this function, we will use the following empiric relationship according to Svoboda (2010), which is based on Oreste work (2010) and which is also presented in Fig. 1:

$$E_B = E_f(1 - e^{-at/t_r}) \quad (1)$$

It is possible to find more relationships which deal with the growth of modulus of elasticity with time in technical literature. R. Pöttler (1990) publishes Weber's relationship (1979) on the basis of modulus of elasticity after 28 days of concrete ageing, with auxiliary parameters:

$$E_T = E_{28} a e^{\frac{c}{0.60}} \quad (2)$$

whilst an equation using the cube strength of concrete is contained in CSN EN 1992-1-1 Eurocode 2: Concrete structures design – Part 1-1: General rules:

$$E_{cm}(t) = \left(\frac{f_{cm}(t)}{f_{cm}} \right)^{0.3} E_{cm} \quad (3)$$

in the grant projects mentioned in acknowledgements to this paper, technical and research activities (where it is relevant) are connected with relationship (1), which is published by Svoboda (2010) in his thesis. For the purpose of better comparing the results and respecting the consistency of individual design activities, this equation (1) is used in the current paper. The graph respecting equation (1) is presented in Fig. 4.

DERIVATION OF RELATIONSHIPS FOR THE CALCULATION OF STIFFNESS OF THE HOMOGENISED LINING; DERIVATION OF RELATIONSHIPS FOR THE CALCULATION OF STIFFNESS OF THE MODIFIED LINING

Relationships for the calculation of stiffness are derived under the following assumptions:

- The concrete encasing the steel frame is not included into the overall stiffness,
- We assume full structural interaction of 2 lining layers.

We take 2 variants of the lining homogenisation and modification into consideration:

- A) Shotcrete is applied in one layer.
- B) Shotcrete is applied in two layers.

AD A) SHOTCRETE IS APPLIED IN ONE LAYER

a) Steel substitution

Cross-sectional characteristics of the steel profile (moment of inertia, cross-sectional area, static moment) are converted into concrete characteristics:

$$I_0; A_0; S_0 \Rightarrow n(t)I_0; n(t)A_0; n(t)S_0, \quad (4)$$

where

$$n(t) = \frac{E_0}{E_B} = \frac{E_0}{E_f(1 - e^{-at/t_r})} \quad (5)$$

$$I_0; A_0; S_0 \Rightarrow n(t)I_0; n(t)A_0; n(t)S_0, \quad (4)$$

kde

$$n(t) = \frac{E_0}{E_B} = \frac{E_0}{E_f(1 - e^{-\alpha t/t_r})} \quad (5)$$

je funkcí času.

b) Těžiště náhradního profilu

Vypočítá se poloha těžiště náhradního profilu jako vzdálenost těžiště od vnitřního líce výrubu:

$$f(t) = \frac{n(t)S_0 + h_B b_B \frac{h_B}{2}}{n(t)A_0 + h_B b_B} = \frac{n(t)S_0 + h_B b_B \frac{h_B}{2}}{n(t)A_0 + A_B} \quad (6)$$

c) Homogenizace: plocha A_{NP} , moment setrvačnosti I_{NP} a modul pružnosti náhradního profilu

Podle obr. 2 je:

$$I_B = \frac{1}{12} b_B h_B^3 \quad (7)$$

$$A_B = b_B h_B \quad (8)$$

Lze nyní proto vypočítat plochu náhradního profilu A_{NP} a moment setrvačnosti I_{NP} :

$$A_{NP}(t) = n(t)A_B + A_B \quad (9)$$

$$I_{NP}(t) = n(t)I_0 + n(t)A_0(e - f(t))^2 + I_B + A_B \left(\frac{h_B}{2} - f(t) \right)^2 \quad (10)$$

Veličiny $A_{NP}(t)$, $I_{NP}(t)$ platí v čase $t > t_{tech,2}$. Modul pružnosti v tomto čase je $EB(t_{tech,2})$ podle rovnice (1).

Je-li ostění modelováno jako prutová konstrukce, popisují ji tyto veličiny vyčerpávajícím způsobem.

d) Modifikace průřezových veličin

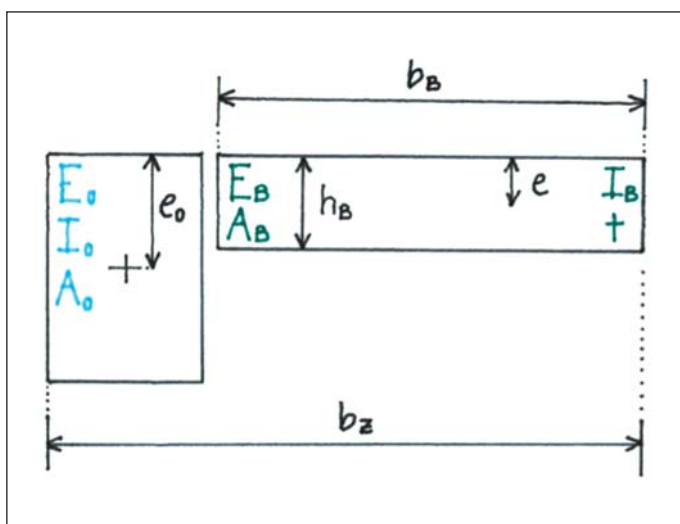
Modifikací přiřadíme tuhosti ostění, plynoucí z rovnic (1), (9), (10) obdélníkovému průřezu, jehož délka je pevně stanovena délkou záběru b_z . Obdélníkový průřez bude mít výšku h_m a jeho modul pružnosti bude E_m . Platí:

$$E_B(t - t_{tech,2})A_{NP}(t) = E_m(t)b_z h_m(t), \quad (11)$$

$$E_B I_{NP}(t) = \frac{1}{12} E_m(t) b_z h_m^3(t). \quad (12)$$

Úpravou získáme:

$$h_m(t) = \frac{E_B A_{NP}(t)}{b_z E_m(t)}, \quad (13)$$



Obr. 2 Statické schéma výpočtu pro variantu s jednou vrstvou SB
Fig. 2 Structural diagram of the calculation for the variant with one SC layer

is a function of time.

b) Centre of gravity of the substitute profile

The location of the substitute profile is calculated as the distance of the centre of gravity from the inner surface of the excavated opening:

$$f(t) = \frac{n(t)S_0 + h_B b_B \frac{h_B}{2}}{n(t)A_0 + h_B b_B} = \frac{n(t)S_0 + h_B b_B \frac{h_B}{2}}{n(t)A_0 + A_B} \quad (6)$$

c) Homogenisation: A_{NP} area, I_{NP} moment of inertia and the modulus of elasticity of the substitute profile

According to 2:

$$I_B = \frac{1}{12} b_B h_B^3 \quad (7)$$

$$A_B = b_B h_B \quad (8)$$

It is therefore now possible to calculate the cross-sectional area of the substitute profile A_{NP} and the moment of inertia I_{NP} :

$$A_{NP}(t) = n(t)A_B + A_B \quad (9)$$

$$I_{NP}(t) = n(t)I_0 + n(t)A_0(e - f(t))^2 + I_B + A_B \left(\frac{h_B}{2} - f(t) \right)^2 \quad (10)$$

Quantities $A_{NP}(t)$, $I_{NP}(t)$ are applicable in time $t > t_{tech,2}$. The modulus of elasticity in this time is $EB(t_{tech,2})$ according to equation (1).

If the lining is modelled as a framed structure; it is described by the above-mentioned quantities exhaustively.

d) Modification of cross-sectional quantities

By means of modification, we will assign the stiffness values of the lining following from equations (1), (9), (10) to a rectangular cross-section, the length of which is firmly set by the length of the spraying round b_z . The rectangular cross-section height will be h_m and its modulus of elasticity will be E_m . The following applies:

$$E_B(t - t_{tech,2})A_{NP}(t) = E_m(t)b_z h_m(t), \quad (11)$$

$$E_B I_{NP}(t) = \frac{1}{12} E_m(t) b_z h_m^3(t). \quad (12)$$

By modifying the equation we will obtain:

$$h_m(t) = \frac{E_B A_{NP}(t)}{b_z E_m(t)}, \quad (13)$$

$$E_m(t) = \frac{12 E_B(t - t_{tech,2}) I_{NP}(t)}{b_z h_m^3(t)}. \quad (14)$$

By additional modification we will arrive at the final expressions:

$$E_m(t) = \frac{12 E_B(t - t_{tech,2}) I_{NP}(t)}{b_z \left(\frac{E_B A_{NP}(t)}{b_z E_m(t)} \right)^3} = \sqrt{\frac{E_B^2(t - t_{tech,2}) A_{NP}^3(t)}{12 I_{NP}(t) b_z^2}} \quad (15)$$

$$h_m(t) = \frac{2 \sqrt{3 I_{NP}(t)}}{\sqrt{A_{NP}(t)}}. \quad (16)$$

We will use equations (15) and (16) where the lining is modelled by planar elements. The length of the elements is equal to the spraying round length. The equations are applicable at time $t > t_{tech,2}$.

AD B) SHOTCRETE IS APPLIED IN TWO LAYERS

This variant is more complicated because it deals with 3 materials – the steel profile, the younger SC layer and the older SC layer. The homogenisation is two-fold, performed with respect to the older SC layer. The following relationships apply, according to Fig. 1, from the time $t > t_{tech,2} + t_1 - t_2$.

a) Substitution of steel and the younger SC layer

The conversion of steel to the older SC layer is governed by the proportion

$$E_m(t) = \frac{12E_B(t-t_{tech,2})I_{NP}(t)}{b_z h_m^3(t)}. \quad (14)$$

Další úpravou dospíváme ke konečným výrazům:

$$E_m(t) = \frac{12E_B(t-t_{tech,2})I_{NP}(t)}{b_z \left(\frac{E_B(t-t_{tech,2})A_{NP}(t)}{b_z E_m(t)} \right)^3} = \sqrt{\frac{E_B^2(t-t_{tech,2})A_{NP}^3(t)}{12I_{NP}(t)b_z^2}} \quad (15)$$

$$h_m(t) = \frac{2\sqrt{3I_{NP}(t)}}{\sqrt{A_{NP}(t)}}. \quad (16)$$

Rovnice (15) a (16) použijeme tehdy, když ostění bude modelováno plošnými prvky. Délka prvků je rovna délce záběru. Rovnice platí v čase $t > t_{tech,2}$.

AD B) STŘÍKANÝ BETON JE APLIKOVÁN VE DVOU VRSTVÁCH

Tato varianta je složitější, neboť zde vystupují tři materiály – ocelový profil, mladší vrstva SB a starší vrstva SB. Homogenizace je dvojitá, realizovaná vůči starší vrstvě SB. Následující vztahy platí podle obr. 1 od času $t > t_{tech,2} + t_1 - t_2$.

a) Náhrada oceli a mladší vrstvy SB

Převod oceli na starší SB je řízen poměrem:

$$n(t_1) = \frac{E_0}{E_f \left(1 - e^{-\frac{\alpha t_1}{t_r}} \right)} > 1, \quad (17)$$

zatímco převod mladší druhé vrstvy SB na starší vrstvu SB poměrem:

$$m(t_1, t_2) = \frac{E_f \left(1 - e^{-\frac{\alpha t_2}{t_r}} \right)}{E_f \left(1 - e^{-\frac{\alpha t_1}{t_r}} \right)} = \frac{1 - e^{-\frac{\alpha t_2}{t_r}}}{1 - e^{-\frac{\alpha t_1}{t_r}}} < 1. \quad (18)$$

Časy t_1, t_2 jsou doby zrání první a druhé vrstvy SB.

b) Těžiště náhradního profilu

Souřadnice těžišť obrazců, náležící ocelovému profilu, starší vrstvě SB a mladší vrstvě SB označíme postupně $e_0; e_1; e_2$, jak patrně z obr. 3.

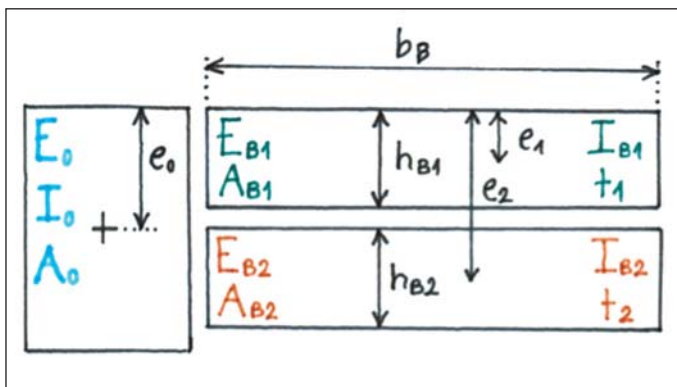
Souřadnice těžiště složeného obrazce bude časově závislá, o velikosti:

$$f(t_1, t_2) = \frac{n(t_1)S_0 + m(t_1, t_2)h_{B2}b_B \left(\frac{h_{B2}}{2} + h_{B1} \right) + h_{B1}b_B \frac{h_{B1}}{2}}{n(t_1)A_0 + m(t_1, t_2)h_{B2}b_B + h_{B1}b_B}. \quad (19)$$

c) Homogenizace: plocha A_{NP} , moment setrvačnosti I_{NP} a modul pružnosti náhradního profilu

Platí:

$$I_{B1} = \frac{1}{12} b_B h_{B1}^3, \quad (20)$$



Obr. 3 Statické schéma výpočtu pro variantu se dvěma vrstvami SB
Fig. 3 Structural diagram of the calculation for the variant with two SC layers

$$n(t_1) = \frac{E_0}{E_f \left(1 - e^{-\frac{\alpha t_1}{t_r}} \right)} > 1, \quad (17)$$

whilst the conversion of the second, younger, SC layer to the older SC layer is governed by the proportion:

$$m(t_1, t_2) = \frac{E_f \left(1 - e^{-\frac{\alpha t_2}{t_r}} \right)}{E_f \left(1 - e^{-\frac{\alpha t_1}{t_r}} \right)} = \frac{1 - e^{-\frac{\alpha t_2}{t_r}}}{1 - e^{-\frac{\alpha t_1}{t_r}}} < 1. \quad (18)$$

Times t_1, t_2 are times of curing of the first and second SC layer.

b) Centre of gravity of the substitute profile

We will mark the coordinates of centres of gravity of the diagrams attributable to the steel profile, the older SC layer and the younger SC layer consecutively as $e_0; e_1; e_2$, as obvious from Fig. 3.

Coordinates of the centre of gravity of the composite diagram will depend on time; their sizes will be:

$$f(t_1, t_2) = \frac{n(t_1)S_0 + m(t_1, t_2)h_{B2}b_B \left(\frac{h_{B2}}{2} + h_{B1} \right) + h_{B1}b_B \frac{h_{B1}}{2}}{n(t_1)A_0 + m(t_1, t_2)h_{B2}b_B + h_{B1}b_B}. \quad (19)$$

c) Homogenisation: area A_{NP} , moment of inertia I_{NP} and the modulus of elasticity of the substitute profile

It applies that:

$$I_{B1} = \frac{1}{12} b_B h_{B1}^3, \quad (20)$$

and

$$I_{B2} = \frac{1}{12} b_B h_{B2}^3 \quad (21)$$

Further:

$$A_{NP}(t_1, t_2) = n(t_1)A_0 + m(t_1, t_2)h_{B2}b_B + h_{B1}b_B = n(t_1)A_0 + m(t_1, t_2)A_{B2} + A_{B1} \quad (22)$$

and

$$I_{NP}(t_1, t_2) = n(t_1)I_0 + n(t_1)A_0(e_0 - f(t_1, t_2))^2 + I_{B1} + A_{B1}(e_1 - f(t_1, t_2))^2 + m(t_1, t_2)I_{B2} + m(t_1, t_2)A_{B2}(e_2 - f(t_1, t_2))^2 \quad (23)$$

Taking into consideration the marking in Fig. 3, it is possible to convert this equation to the form:

$$I_{NP}(t_1, t_2) = n(t_1)I_0 + n(t_1)A_0(e_0 - f(t_1, t_2))^2 + I_{B1} + A_{B1} \left(\frac{h_{B1}}{2} - f(t_1, t_2) \right)^2 + m(t_1, t_2)I_{B2} + m(t_1, t_2)A_{B2} \left(\frac{h_{B2}}{2} + h_{B1} - f(t_1, t_2) \right)^2 \quad (24)$$

Quantities $A_{NP}(t_1, t_2), I_{NP}(t_1, t_2)$ (see Fig. 1) apply at time $t > t_{tech,2} + t_1 - t_2$. The modulus of elasticity at this time is $E_B(t_{tech,2})$ according to equation (1).

If the lining is modelled as a framed structure, these quantities describe it exhaustively.

d) Modification of cross-sectional quantities

Through the modification, we will attribute the lining stiffness values following from equations (1), (22), (24) to a homogeneous rectangular cross-section, the length of which is firmly determined by the spraying round length b_z . The rectangular cross-section height will be h_m and its modulus of elasticity will be E_m . It applies that:

$$E_{B1}A_{NP}(t_1, t_2) = E_f \left(1 - e^{-\frac{\alpha t_1}{t_r}} \right) A_{NP}(t_1, t_2) = E_m(t_1, t_2)b_z h_m(t_1, t_2), \quad (25)$$

$$E_{B1}I_{NP}(t_1, t_2) = E_f \left(1 - e^{-\frac{\alpha t_1}{t_r}} \right) I_{NP}(t_1, t_2) = \frac{1}{12} E_m(t_1, t_2)b_z h_m^3(t_1, t_2) \quad (26)$$

By adjustment we will receive equations (27) and (28):

$$h_m(t_1, t_2) = \frac{E_{B1}A_{NP}(t_1, t_2)}{b_z E_m(t_1, t_2)} = \frac{E_f \left(1 - e^{-\frac{\alpha t_1}{t_r}} \right) A_{NP}(t_1, t_2)}{b_z E_m(t_1, t_2)}, \quad (27)$$

$$a \quad I_{B2} = \frac{1}{12} b_B h_{B2}^3 \quad (21)$$

Dále:

$$A_{NP}(t_1, t_2) = n(t_1)A_0 + m(t_1, t_2)h_{B2}b_B + h_{B1}b_B = n(t_1)A_0 + m(t_1, t_2)A_{B2} + A_{B1} \quad (22)$$

a

$$I_{NP}(t_1, t_2) = n(t_1)I_0 + n(t_1)A_0(e_0 - f(t_1, t_2))^2 + I_{B1} + A_{B1}(e_1 - f(t_1, t_2))^2 + m(t_1, t_2)I_{B2} + m(t_1, t_2)A_{B2}(e_2 - f(t_1, t_2))^2 \quad (23)$$

S přihlédnutím ke značení na obr. 3 lze tuto rovnici převést na tvar:

$$I_{NP}(t_1, t_2) = n(t_1)I_0 + n(t_1)A_0(e_0 - f(t_1, t_2))^2 + I_{B1} + A_{B1}\left(\frac{h_{B1}}{2} - f(t_1, t_2)\right)^2 + m(t_1, t_2)I_{B2} + m(t_1, t_2)A_{B2}\left(\frac{h_{B2}}{2} + h_{B1} - f(t_1, t_2)\right)^2 \quad (24)$$

Veličiny $A_{NP}(t_1, t_2)$, $I_{NP}(t_1, t_2)$ platí (obr. 1) v čase $t > t_{tech,2} + t_1 - t_2$. Modul pružnosti v tomto čase je $E_{B(t_{tech,2})}$ podle rovnice (1).

Je-li ostění modelováno jako prutová konstrukce, popisují je tyto veličiny vyčerpávajícím způsobem.

d) Modifikace průřezových veličin

Modifikací přiřadíme tuhosti ostění, plynoucí z rovnic (1), (22), (24) homogennímu obdélníkovému průřezu, jehož délka je pevně stanovena délkou záběru b_z . Obdélníkový průřez bude mít výšku h_m a jeho modul pružnosti bude E_m . Platí:

$$E_{B1}A_{NP}(t_1, t_2) = E_f \left(1 - e^{-\frac{\alpha t_1}{t_r}}\right) A_{NP}(t_1, t_2) = E_m(t_1, t_2)b_z h_m(t_1, t_2), \quad (25)$$

$$E_{B1}I_{NP}(t_1, t_2) = E_f \left(1 - e^{-\frac{\alpha t_1}{t_r}}\right) I_{NP}(t_1, t_2) = \frac{1}{12} E_m(t_1, t_2)b_z h_m^3(t_1, t_2) \quad (26)$$

Úpravou obdržíme rovnice (27) a (28):

$$h_m(t_1, t_2) = \frac{E_{B1}A_{NP}(t_1, t_2)}{b_z E_m(t_1, t_2)} = \frac{E_f \left(1 - e^{-\frac{\alpha t_1}{t_r}}\right) A_{NP}(t_1, t_2)}{b_z E_m(t_1, t_2)}, \quad (27)$$

$$E_m(t_1, t_2) = \frac{12 E_{B1} I_{NP}(t_1, t_2)}{b_z h_m^3(t_1, t_2)} = \frac{12 E_f \left(1 - e^{-\frac{\alpha t_1}{t_r}}\right) I_{NP}(t_1, t_2)}{b_z h_m^3(t_1, t_2)}, \quad (28)$$

které dále upravíme na konečný tvar

$$E_m(t_1, t_2) = \frac{12 E_f \left(1 - e^{-\frac{\alpha t_1}{t_r}}\right) I_{NP}(t_1, t_2)}{b_z \left(\frac{E_f \left(1 - e^{-\frac{\alpha t_1}{t_r}}\right) I_{NP}(t_1, t_2) A_{NP}(t_1, t_2)}{b_z E_m(t_1, t_2)} \right)^3} = \sqrt[3]{\frac{E_f^2 \left(1 - e^{-\frac{\alpha t_1}{t_r}}\right)^2 A_{NP}^3(t_1, t_2)}{12 I_{NP}(t_1, t_2) b_z^2}} \quad (29)$$

$$h_m(t_1, t_2) = \frac{2\sqrt[3]{I_{NP}(t_1, t_2)}}{\sqrt{A_{NP}(t_1, t_2)}}. \quad (30)$$

PŘÍKLAD

Pro ilustraci je uveden následující příklad homogenizace a modifikace ocelobetonového modelového ostění tvořeného ocelovým profilem HEBREX 240, se stříkaným betonem SB 20, pro který byly provedeny deformační zkoušky, přičemž po vyhodnocení výsledků činí 5 % kvantil zaručeného modulu pružnosti po 28 dnech $E_{28} = 18 \text{ GPa}$. Mocnost betonové vrstvy je celkem 350 mm, aplikace probíhala ve dvou vrstvách o stejné mocnosti. Výplňovou a povlakovou část betonu ocelového profilu neuvažujeme. Délka záběru činí 1,2 m (uvažujeme 1 ocelový profil na 1 záběr). Časová prodleva mezi dvěma vrstvami SB činí jeden den. Vliv náhrady stojiny u profilu ocelovými pruty zanedbáme, uvažujeme pro zjednodušení, že hodnota modulu pružnosti po 28 dnech je rovna modulu pružnosti E_f .

Vstupní parametry:

$$E_0 = 210 \text{ GPa}$$

$$E_f = 18 \text{ GPa}$$

$$E_m(t_1, t_2) = \frac{12 E_{B1} I_{NP}(t_1, t_2)}{b_z h_m^3(t_1, t_2)} = \frac{12 E_f \left(1 - e^{-\frac{\alpha t_1}{t_r}}\right) I_{NP}(t_1, t_2)}{b_z h_m^3(t_1, t_2)}, \quad (28)$$

which will be further adjusted to the final form:

$$E_m(t_1, t_2) = \frac{12 E_f \left(1 - e^{-\frac{\alpha t_1}{t_r}}\right) I_{NP}(t_1, t_2)}{b_z \left(\frac{E_f \left(1 - e^{-\frac{\alpha t_1}{t_r}}\right) I_{NP}(t_1, t_2) A_{NP}(t_1, t_2)}{b_z E_m(t_1, t_2)} \right)^3} = \sqrt[3]{\frac{E_f^2 \left(1 - e^{-\frac{\alpha t_1}{t_r}}\right)^2 A_{NP}^3(t_1, t_2)}{12 I_{NP}(t_1, t_2) b_z^2}} \quad (29)$$

$$h_m(t_1, t_2) = \frac{2\sqrt[3]{I_{NP}(t_1, t_2)}}{\sqrt{A_{NP}(t_1, t_2)}}. \quad (30)$$

EXAMPLE

For the purpose of illustration, the following example is presented regarding the homogenisation and modification of the steel-concrete model lining consisting of a HEBREX 240 steel profile and SC 20 shotcrete, for which deformation tests were conducted; after the assessment of the results, the fracture amounts to 5 per cent of the guaranteed modulus of elasticity after 28 days. Amounts to $E_{28} = 18 \text{ GPa}$. The aggregate thickness of the shotcrete layer is 350mm, the application was carried out in two identically thick layers. We do not take into consideration the filling and covering part of the steel profile. The excavation round length is 1.2m (we take into consideration 1 steel profile per excavation round). The time lag between 2 SC layers is 1 day. We will disregard the effect of the substitution of the profile web by steel rods. We consider for the purpose of simplification that the value of the modulus of elasticity after 28 days is equal to modulus of elasticity E_f .

Input parameters:

$$E_0 = 210 \text{ GPa}$$

$$E_f = 18 \text{ GPa}$$

$$A_0 = 0.0106 \text{ m}^2$$

$$I_0 = 0.0001126 \text{ m}^4$$

$$S_0 = 0.001272 \text{ m}^3$$

$$b_z = 1.2 \text{ m}$$

$$h_{B1} = 0.175 \text{ m}$$

$$h_{B2} = 0.175 \text{ m}$$

$$\alpha = 0.14$$

$$t_1 - t_2 = 1 \text{ day}$$

We will find the static quantities for the steel profile in tables for steel elements (Wald, 2003), specifically for HEB 240 profile, because of the fact that we disregard the effect of the substitution of the web by steel rods. Static quantities which do not change their values with time are calculated according to the above-mentioned equations on the lines below. This applies to the moments of inertia of individual diagrams of SC layers (equations 20 and 21), cross-sectional areas of these layers and the length of the SC layer for one advance round.

$$A_{B1} = 0.168 \text{ m}^2$$

$$I_{B1} = 0.000429 \text{ m}^4$$

$$A_{B2} = 0.168 \text{ m}^2$$

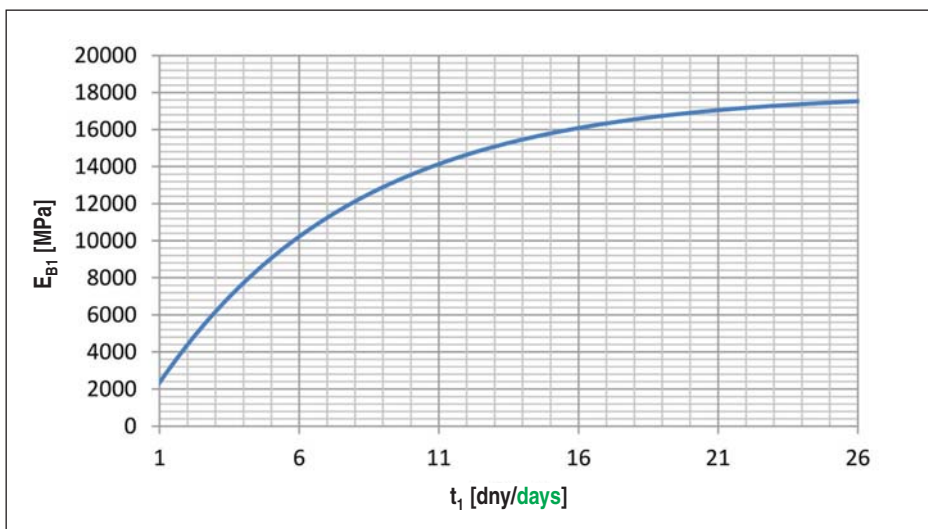
$$I_{B2} = 0.000429 \text{ m}^4$$

$$b_B = 0.96 \text{ m}$$

The following Fig. 4 demonstrates the dependence of the modulus for shotcrete on time, according to equation (1).

The quantities presented in Table 1 depend on time and the marking and description contained in chapter List of Quantities applies to them. We use the relationship (1) for the dependence on time of the modulus of elasticity of shotcrete. Relationships (17)–(19), (22), (24), (29), (30) are relevant for the calculation of the other time-dependent quantities.

Figures 5 through to 7 present the dependences of the development of the modified thickness of the homogenised lining, the modulus of elasticity and bending stiffness on the older SC layer cure time. The logical nonzero value of the depicted characteristics



Obr. 4 Vývoj modulu pružnosti homogenizovaného ostění v čase zrání starší vrstvy SB pro 2 vrstvy stříkaného betonu SB 20, $E_f = 18$ GPa a ocelový profil HEB 240

Fig. 4 Development of the modulus of elasticity of the homogenised lining during the time of curing of the older SC layer for 2 layers of SC 20 shotcrete, $E_f = 18$ GPa and a HEB 240 steel profile

$$\begin{aligned} A_0 &= 0,0106 \text{ m}^2 \\ I_0 &= 0,0001126 \text{ m}^4 \\ S_0 &= 0,001272 \text{ m}^3 \\ b_z &= 1,2 \text{ m} \\ h_{B1} &= 0,175 \text{ m} \\ h_{B2} &= 0,175 \text{ m} \\ \alpha &= 0,14 \end{aligned}$$

$$t_1 - t_2 = 1 \text{ den}$$

Statické veličiny pro ocelový profil vyhledáme v tabulkách ocelových prvků (Wald, 2003), a to pro profil HEB 240, neboť zanedbáváme vliv náhrady stojiny za ocelové pruty. Na následujících řádcích jsou podle výše uvedených rovnic vypočítané statické veličiny, které nemění svojí hodnotu v čase. Jedná se o momenty setrvačnosti jednotlivých obrazců vrstev SB (rovnice 20 a 21), průřezové plochy těchto vrstev a délku vrstvy SB pro jeden záběr.

$$\begin{aligned} A_{B1} &= 0,168 \text{ m}^2 \\ I_{B1} &= 0,000429 \text{ m}^4 \\ A_{B2} &= 0,168 \text{ m}^2 \\ I_{B2} &= 0,000429 \text{ m}^4 \\ b_B &= 0,96 \text{ m} \end{aligned}$$

Obrázek 4 znázorňuje závislost modulu stříkaného betonu na čase podle rovnice (1).

V tabulce 1 jsou zobrazeny veličiny, které na čase závisí a pro něž platí označení a jejich popis z kapitoly seznam

Tab. 1 Výsledné charakteristiky primárního ostění po homogenizaci a modifikaci
Table 1 Resultant characteristics of a primary lining after homogenisation and modification

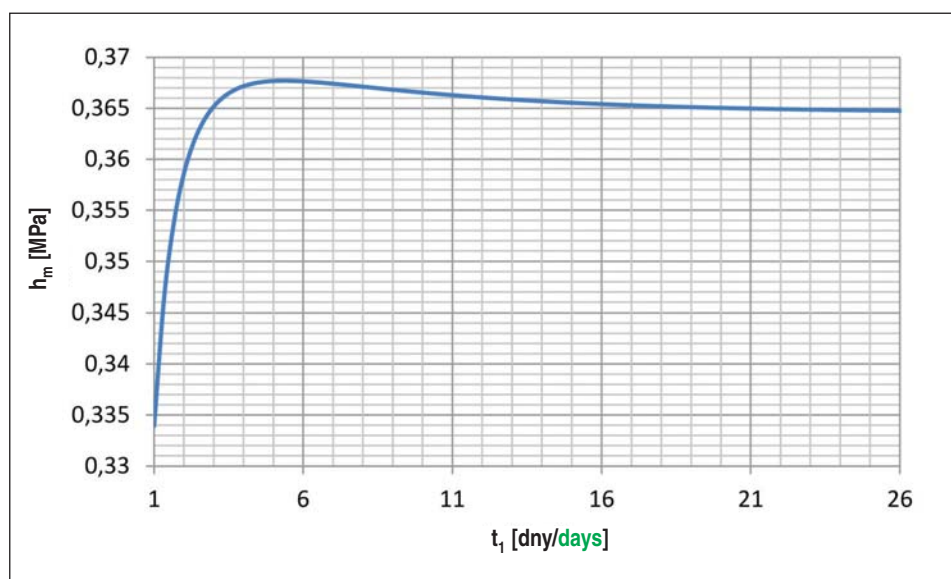
t_2 [dny/days]	t_1 [dny/days]	E_{B2} [MPa]	E_{B1} [MPa]	n [-]	m [-]	f [m]	A_{NP} [m ²]	I_{NP} [m ⁴]	E_m [MPa]	h_m [m]	$E_m I_m$ [MNm ²]
0	1	0	2351	89.303	0.000	0.115	1.115	0.010	6541	0.334	20.29
1.00	2.00	2351	4395	47.772	0.535	0.130	0.764	0.008	7807	0.359	30.00
4.00	5.00	7718	9061	23.175	0.852	0.147	0.557	0.006	11434	0.368	47.36
9.00	10.00	12894	13561	15.485	0.951	0.155	0.492	0.006	15165	0.367	62.23
14.00	15.00	15464	15795	13.295	0.979	0.158	0.473	0.005	17047	0.366	69.38
19.00	20.00	16740	16905	12.422	0.990	0.159	0.466	0.005	17985	0.365	72.90
24.00	25.00	17374	17456	12.030	0.995	0.160	0.463	0.005	18452	0.365	74.64

at time $t_1 = 0$ and the interesting development of h_m given by mutual stiffness, time and geometrical proportions of shotcrete and steel, affecting the applied homogenisation, are well obvious from the results.

CONCLUSION

We have derived equations (9), (10), and (15), (16), respectively, which homogenise the cross-sectional area and the moment of inertia of a composite reinforced concrete cross-section. The homogenised quantities are analytical functions of time and allow for determining the stiffness of the composite cross-section at any moment. The equations are applicable to the cases where we consider the lining to be a homogeneous beam with the area, moment of elasticity and modulus of inertia specified.

Equations (15), (16) and equations (29), (30), respectively, are available in the cases in which we model the geometry of lining by a rectangular element with the firmly set length b_z equal to the excavation round length. They allow for attributing such the thickness h_m and variable modulus of elasticity E_m to the rectangular element in time that the stiffness of the composite lining is determined correctly at any moment.



Obr. 5 Vývoj modifikované výšky homogenizovaného ostění v čase zrání starší vrstvy SB pro 2 vrstvy stříkaného betonu SB 20, $E_f = 18$ GPa a ocelový profil HEB 240

Fig. 5 Development of the modified thickness of the homogenised lining during the time of curing of the older SC layer for 2 layers of SC 20 shotcrete, $E_f = 18$ GPa and a HEB 240 steel profile

veličin. Pro časovou závislost modulu pružnosti betonu využíváme vztah (1). Pro výpočet ostatních časově závislých veličin jsou relevantní vztahy (17)–(19), (22), (24), (29), (30).

Obr. 5 až 7 znázorňují závislosti vývoje modifikované výšky homogenizovaného ostění, modulu pružnosti a ohybové tuhosti na čase (době) zrání starší vrstvy SB. Z výsledků je dobře patrná logická nenulová hodnota zobrazovaných charakteristik v čase $t_1 = 0$ a zajímavý vývoj h_m daný vzájemnými tuhostními, časovými a geometrickými proporcemi stříkaného betonu a oceli, které ovlivňují aplikovanou homogenizaci.

ZÁVĚR

Byly odvozeny rovnice (9), (10), resp. (15), (16), které homogenizují průřezovou plochu a moment setrvačnosti složeného železobetonového průřezu. Homogenizované veličiny jsou analytickými funkcemi času a umožňují stanovit tuhost složeného průřezu v kterémkoliv okamžiku. Rovnice jsou použitelné tam, kde se o ostění uvažuje jako o homogenním prutu se zadanou plochou, momentem setrvačnosti a modulem pružnosti.

Tam, kde je modelována geometrie ostění obdélníkovým prvkem o pevně stanovené délce b_z , rovné délce záběru ražby, jsou k dispozici rovnice (15), (16), resp. (29), (30). Ty umožňují přiřadit obdélníkovému prvku v čase proměnnou tloušťku h_m a proměnný modul pružnosti E_m takové, že tuhost složeného ostění bude v kterémkoliv okamžiku správně stanovena.

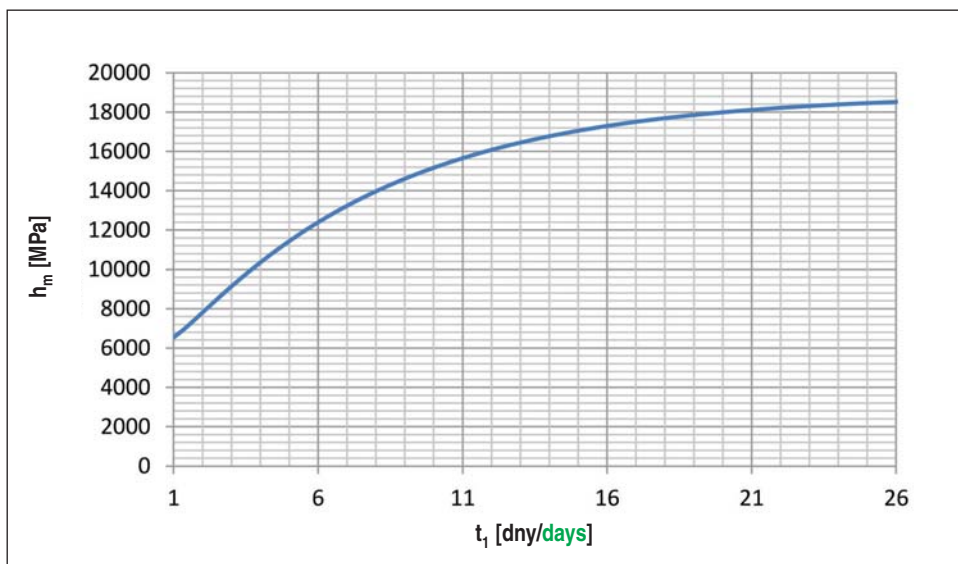
PODĚKOVÁNÍ

Článek vznikl v rámci grantových projektů GAČR P105/12/1705 a GAUK 243-253-370, kterým autor děkuje.

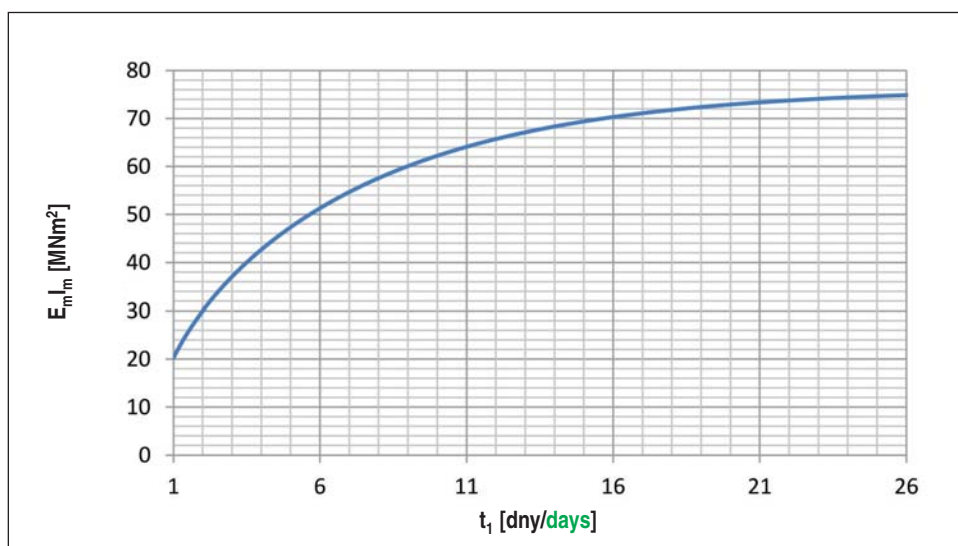
Speciální dík patří panu Ing. Aleši Zapletalovi, DrSc., za cenné připomínky a pomoc při vytváření náplně článku.

ING. JOSEF ROTT, PH.D., rottj@natur.cuni.cz,
Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova

Recenzovali: Ing. Aleš Zapletal, Dr.Sc., Ing. Jaromír Zlámal



Obr. 6 Vývoj modifikované výšky homogenizovaného ostění v čase zrání starší vrstvy SB 20, $E_f = 18$ GPa
Fig. 6 Development of the modified thickness of the homogenised lining during the time of curing of the older SC 20 layer, SB 20, $E_f = 18$ GPa



Obr. 7 Vývoj ohybové tuhosti homogenizovaného ostění v čase zrání starší vrstvy SB pro 2 vrstvy stříkaného betonu SB 20, $E_f = 18$ GPa a ocelový profil HEB 240

Fig. 7 Development of the bending stiffness of the homogenised lining during the time of curing of the older SC layer for 2 layers of SC 20 shotcrete, $E_f = 18$ GPa and a HEB 240 steel profile

ACKNOWLEDGEMENTS

This paper originated within the framework of grant projects GACR P105/12/1705 and GAUK 243-253-370; the author gives them his thanks. Special thanks go to Ing. Aleš Zapletal, DrSc., for valuable comments and help during the creation of the paper content.

ING. JOSEF ROTT, PH.D., rottj@natur.cuni.cz,
Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova

LITERATURA / REFERENCES

- (1) ORESTE, P. P. A procedure for determining the reaction curve of shotcrete lining considering transient conditions. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 2003, 36(3), 209–236
- (2) PÖTTLER, R. Time-dependent rock-shotcrete interaction. A numerical shortcut. *Computers and Geotechnics*, 1990, 9, 149–169
- (3) SVOBODA, T. Numerický model NRTM tunelu v tuhém jíl. Doktorská dizertační práce. Praha: Přírodovědecká fakulta UK, 2010
- (4) WALD, F. *Ocelářské tabulky*. Skriptum. Praha: ČVUT Fakulta stavební, 2003
- (5) WEBER, J. W. Empirische Formeln zur Beschreibung der Festigkeitsentwicklung und der Entwicklung des E-Moduls von Beton. *Betonwerk- und Fertigteiltechnik*, 1979, 753–759
- (6) ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla

MIKROTUNELOVÁNÍ V PROMĚNLIVÝCH GEOLOGICKÝCH PODMÍNKÁCH

MICROTUNNELLING IN VARIABLE GEOLOGICAL CONDITIONS

KAREL FRANČZYK

ABSTRAKT

Obsah článku pojednává o problematice provádění mikrotunelování, případně mechanizovaného tunelování v malých průřezích, v proměnlivých geologických podmínkách. Nejdříve je vysvětleno rozdělení metod a jejich využití. Následuje shrnutí kritických parametrů při provádění geologického průzkumu. Posléze jsou popisovány základní situace proměnlivé geologie v různých kombinacích, jejich rizika a dopad na průběh prací i možnosti řešení. V závěru je stručně připomenuto několik příkladů z realizovaných projektů v ČR i SR. Závěrečná kapitola je pokusem o shrnutí základních principů, jak v proměnlivých podmínkách úspěšně dokončit projekt mechanizovaného tunelování malých profilů.

ABSTRACT

The content of this paper is dedicated to problems of microtunnelling, or small-profile mechanised tunnelling, in variable geological conditions. It begins with the explanation of the division of methods and their application. A summary of critical parameters during the execution of geological surveys follows. Subsequently the paper describes basic situations of variable geology in various combinations, their risks and impacts on the course of work and possible solutions. Several examples from projects completed in the Czech Republic and abroad are briefly remembered in the conclusion. The final chapter is an attempt to summarise basic principles of how to successfully complete small-diameter mechanised tunnelling projects.

1 ÚVOD

V podmínkách České republiky je časté, že podzemní stavby se provádějí v proměnlivých geologických poměrech. Vychází to samozřejmě z geologické skladby, která je, až na výjimky (Polabí, střední Morava, apod.), velmi pestrá. To může těšit geology, ale méně tuneláře. Obzvláště v případech kontinuálního tunelování plnoprofilovými tunelovacími stroji tak narůstají rizika, že může dojít k nevhodné konfiguraci systému, který už pak nemusí být možné adaptovat na změněné prostředí. Toto riziko bude relativně menší u konvenčního tunelování (NRTM, „drill and blast“), kde existuje bezproblémový přístup do čelby, a tudíž i vysoká flexibilita reagování na změny prostředí. To byl zřejmě i jeden z důvodů, proč se moderní metody kontinuálního tunelování prosazovaly v našich podmínkách obtížněji než v zemích, kde je geologická skladba přece jen stejnorodější (Německo, Nizozemsko, Skandinávie, atp.). Nicméně i u nás se již kontinuální tunelování malých průřezů, tedy zejména mikrotunelování, pro své nesporné přednosti (vysoká kvalita, bezpečnost práce, nepochybně vyšší rychlost ražby, apod.) prosazuje, a stojí proto zato, se otázkami jeho nasazení v proměnlivých geologických poměrech zabývat. Z toho pohledu je článek spíše výzvou k zamyšlení nad problematikou, než že by si dělal nároky na jakékoliv definitivní závěry.

2 MIKROTUNELOVÁNÍ

O mikrotunelingu se hovoří v případě dálkově ovládaného, říditelného a plně mechanizovaného jednostupňového protlačování v obvyklém rozsahu 300 až 3000 mm vrtaného profilu. Vždy však budou systémy tvořeny razicí hlavou, odtěžovací, případně pracovní komorou a dále návěsem různých délek a provedení. Z hlediska geologického prostředí a jeho proměnlivosti bude nejdůležitějším parametrem typ razicí hlavy. Při jistém zjednodušení se dá říci, že u mikrotunelování mohou existovat tři základní typy razicích hlav:

- razicí hlavy do zemin,
- razicí hlavy do poloskalního prostředí,
- razicí hlavy do pevných skalních hornin.

1 INTRODUCTION

It is frequent in the conditions of the Czech Republic that underground structures are carried out in variable geological conditions. The reason is naturally in the geological structure, which is, with some exceptions (the area along the Elbe River, central Moravia etc.), very chequered. This fact may please geologists, but tunnellers less. Especially in the cases of continual tunnelling using full-face tunnelling machines, where risks grow that an unsuitable configuration of the system may be encountered for which it may be impossible to be adapted to the changed environment. This risk will be relatively smaller for conventional tunnelling (the NATM, drill-and-blast), where unhindered access to the face, therefore also high flexibility of responding to the changes of environment, exist. This was most probably one of the reasons why modern continual tunnelling methods broke into our conditions with more difficulties than in the countries where geological structure is more homogeneous (Germany, the Netherlands, Scandinavia etc.). Nevertheless, small-diameter tunnelling, mainly microtunnelling, exerts itself for its unquestionable advantages (high quality, safety at work, incomparably higher advance rates etc.). It is therefore worth dealing with the issues of its application to variable geological conditions. From this point of view, the paper is rather an appeal to consider the issues than making claims on any final conclusions.

2 MICROTUNNELLING

We speak about microtunnelling in the case of a remotely controlled, steerable and fully mechanised single-stage jacking within the usual range of bored profiles of 300 to 3000mm. Nevertheless, the systems will always be formed by a cutterhead, an extraction or working chamber and a trailing gear of various lengths and design. From the aspect of geological environment and its variability, the cutterhead type will be the most important parameter. With some simplification we can say that the following three types can exist in microtunnelling:

- earth boring cutterheads,
- weak rock boring cutterheads,
- rock boring cutterheads.



Obr. 1 Razicí hlava do poloskalních hornin
Fig. 1 Weak rock boring cutterhead

(Z důvodu větší univerzality se výrobci většinou snaží o to, aby razicí hlavy mohly pracovat jak v prostředí zeminovém, tak i poloskalním, což však nemusí být vždy možné.)

Mikrotunelovací systémy dále lze rozdělit z pohledu způsobu odtěžení a formy stabilizace v komplikovaném geologickém prostředí:

- Systém EPB, kde proti geostatickému tlaku vnějšího prostředí působí protiváha odtěžované rubaniny.
- Přetlakové systémy využívající přetlaku vzduchu proti např. tlaku podzemní vody.
- Šnekové systémy, kde odtěžení probíhá šnekovým vynašečem a prvky stabilizace čelby zcela chybí.
- Výplachové systémy využívající k odtěžení a stabilizaci prostředí kontrolovaný výplach – dnes se jedná o převládající systém u mikrotunelovacích souprav.

Rozbor jednotlivých metod lze najít například v [1].

Zatímco výměna jednotlivých řezných dlát je většinou v průběhu ražby možná (kromě mikrotunelovacích systémů do cca 1200 mm průřezu), možnost změny celkové konfigurace v průběhu ražby je prakticky vyloučena. Proto je zásadní otázkou správné vedení geotechnického průzkumu a konfigurace takového razicího systému, který bude sto v daném geologickém prostředí, se všemi riziky jeho obměňování, obstat (obr. 1, 2).



Obr. 2 Razicí hlava do skalních hornin
Fig. 2 Rock boring cutterhead

(For the reasons of higher universality, manufacturers mostly attempt to design cutterheads capable of working both in soils and weak rock, which, however, does not have to be always possible.)

Microtunnelling systems can be further divided from the aspect of the muck extraction and the form of stabilisation in a complicated geological environment:

- The EPB system, where the weight of the muck being extracted acts against the geostatic pressure exerted by the external environment.
- Positive pressure systems using positive air pressure acting against the pressure of, for example, groundwater.
- Screw-based systems where the muck is extracted by a screw conveyor and face stabilising elements are completely missing.
- Slurry systems using controlled flushing for the extraction and stabilisation of the environment – this system today prevails on microtunnelling sets.

An analysis of individual methods can be found, for example, in [1].

Whilst replacing individual cutters during the course of the excavation is mostly possible (with the exception of microtunnelling systems up to about 1200mm diameter profiles), the possibility of a change in the overall configuration during excavation is virtually excluded. The fundamental issue therefore is the correct execution of geological survey and the configuration of such a tunnelling system which will be capable of succeeding in the particular geological environment, coping with all risks of its changes (see Fig. 1 and 2).

3 GEOTECHNICAL INVESTIGATION

Geotechnical investigation is mostly based on studying archive documents and is further refined by boreholes or dug wells, or by geophysical means.

From the aspect of microtunnelling, we will be interested in individual geotechnical types of earth environment, namely the following ones:

- If rock, weak rock or earth environment, possibly even water-bearing, is in question – this is for the reason of the correct selection of the tunnelling system and the cutterhead,
- Contingent encountering of underground obstacles (diaphragm walls, utility networks, underground structures, remains of mining activities etc.) – their occurrence could threaten the very possibility of the application of tunnelling complexes.
- In the case of a rock environment – compressive strength, abrasivity, boreability, the content of a crystalline component etc. – all of that influences the selection, configuration and wear of disk cutters.
- In the case of weak rock – the possibility of decomposition to a clayey component, a change in parameters in the case of saturation with water, excavation stability, groutability etc. – this is for the reason of a correct extraction method or, as the case may be, installation of stabilisation elements in the tunnel surroundings.
- In the case of cohesive soils – the degree of plasticity, content of a clayey or montmorillonite component, compressive strength and other mechanical properties – this is for the purpose of the selection of auxiliary or chemical means for the extraction and separation.

3 GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM

Geotechnický průzkum většinou vychází ze studia archivních materiálů a dále je zpřesňován vrtanými či kopanými sondami případně geofyzikálními prostředky.

Z hlediska mikrotunelování jsou významné jednotlivé geotechnické typy půdního prostředí, a to zejména:

- Jedná-li se o prostředí skalní, poloskalní, zeminové (soudržné či nesoudržné), případně ještě zvodnělé – právě z důvodu správné volby razicího systému a razicí hlavy.
- Případný výskyt podzemních překážek (podzemní stěny, inženýrské sítě, podzemní objekty, pozůstatky důlní činnosti, atp.) – jejich výskyt by mohl ohrozit samotnou možnost nasazení tunelovacích komplexů.
- V případě skalního prostředí – pevnost v tlaku, abrazivita, vrtatelnost, obsah křemenné složky, aj. – to vše má vliv na volbu, konfiguraci a opotřebení valivých dlát.
- U poloskalních hornin možnost rozpadu na jílovitou složku, změna parametrů při zvodnění, stabilita výrubu, injektovatelnost apod. – z důvodu správného způsobu odtěžení, případně nastavení stabilizačních prvků v okolí ražby.
- U soudržných zemin pak stupeň plasticity, obsah jílovité případně montmorilinitové složky, pevnost v tlaku a další mechanické vlastnosti – kvůli volbě pomocných či chemických prostředků pro odtěžení a separaci.
- U nesoudržných zemin křivky zrnitosti, velikosti balvanů a jejich četnost a pevnost, vodopropustnost a pórovitost – zejména z důvodu stabilizace výrubu a čelby a volby opatření k zamezení průvalu podzemní vody do stroje.

Velmi důležité je odhadnout očekávané přítoky podzemní vody do čelby a zvážit možný vliv jejího odčerpávání na povrchové objekty.

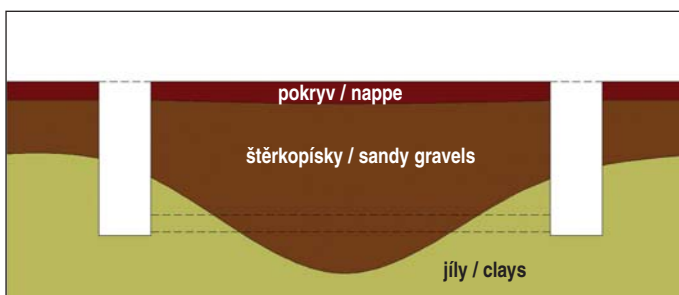
Dále je třeba posoudit případný vliv horninového či zemínového prostředí na velikost a rozsah poklesové kotliny na povrchu – opět s možným dopadem na zde se vyskytující objekty.

4 PŘÍKLADY SITUACÍ

4.1 Zeminové prostředí

4.1.1 Kombinace soudržných a nesoudržných zemin

V průběhu ražby se mohou střídát vrstvy soudržných zemin a vrstvy zemin nesoudržných, jako jsou písky a šterky. Tím může vzniknout velký problém pro ty mechanizované štíty, které vyžadují pro tyto dva typy zemin rozdílnou konfiguraci hlavy. Řešením je naopak využití systémů do univerzálních zemin, které na trhu jsou dostupné, ale nákladnější. Je třeba pochopit, že zejména u menších profilů představují pro strojní ražbu soudržné a nesoudržné zeminy dva naprosto odlišné problémy. U čistě nesoudržných zemin vzniká problém se stabilizací výrubu a širšího okolí. To se dá řešit v modu EPB (Earth Pressure Balance), pokud se vyskytuje i podzemní voda pod tlakem, tak v kombinaci s přetlakem vzduchu nebo s výplachem. Naopak v prostředí například



Obr. 3 Kombinace soudržných a nesoudržných zemin
Fig. 3 Combination of cohesive and incohesive soils

- In the case of incohesive soil – grading curves, sizes of boulders and their frequency and strength, water permeability and porosity – this is most of all for the reason of the stabilisation of the excavation face and selection of measures intended to prevent the incursion of water to the machine interior.

A very important thing is to guess on the expected groundwater inflows to the heading and consider the possible influence of extracting it to surface structures.

Possible influence of the rock or earth environment on the size and extent of the settlement trough on the surface – again with a possible effect on existing buildings.

4 EXAMPLES OF SITUATIONS

4.1 Earth environment

4.1.1 A combination of cohesive and incohesive soil

Layers of cohesive soil and incohesive soil, such as sands and gravels, may alternate during the excavation. It can cause a serious problem for the mechanised shields which require different configurations of the cutterhead for these two soil types. The solution lies in the application of systems for universal soil types, which are available on the market. Although, they are more expensive. It is necessary to understand that cohesive and incohesive soil types pose two completely different problems for mechanical tunnelling, mainly for smaller profiles. A problem with the stabilisation of the excavation and its surroundings originates in the case of purely incohesive soil types. This problem can be solved by the Earth Pressure Balance (EPB) mode. If groundwater under pressure is encountered, it is necessary to combine it with positive air pressure or slurry. Conversely, in an environment formed by sticking or swelling clays, the problem will not be so much with the excavation stability, it will rather be with clogging of cutters, extraction and, in the final phase, even with separation (see Fig. 3).

4.1.2 Local occurrence of quicksand or groundwater under pressure

In this case troubles can originate regarding maintaining the direction of vertical alignment of the drive. During mechanical excavation these parameters are critical and are very difficult to rectify subsequently. For that reason it is good to know about these occurrences in advance and to proceed carefully. Systems based on the slurry systems are better accommodated to coping with sudden cases of groundwater inrushes.

4.1.3 Local occurrence of larger stones or boulders

This problem is associated with small microtunnelling systems designed for soils (up to 1200mm dia). All these EPB cutterheads have certain restrictions associated with the maximum permitted size of encountered boulders. Most frequently the maximum dimension of a boulder will be greater than one third of the machine profile. To this end it is recommended to consider the safety coefficient at least 1.5 for the identified dimensions. If the sizes of the majority of boulders approximate the critical dimensions and, in addition, boulders are the prevalent fraction on the grading curve, it is certainly a signal that the EPB TBM will not be suitable and the use of a full-face tunnelling machine for hard rock will be better because, from this point of view, a heavily bouldery environment is rather a rock environment. It is however necessary to count with high porosity of the environment, which fact may reflect itself in the high consumption of slurry or grouting into the advance core if necessary.

lepivých či bobtnavých jíílů nebude problém ani tak se stabilitou výrubu, jako spíše se zalepováním dlát, s odtěžením a ve finále i se separací (obr. 3).

4.1.2 Místní výskyt tekutých písků nebo podzemní vody pod tlakem

Tady mohou nastat potíže například s udržení směru či nivelety ražby. To jsou ale při strojní ražbě kritické parametry, které se velmi obtížně napravují následně. Proto je dobré o těchto výskytech vědět předem a postupovat obezřetně. Pro zvládnutí náhlých případů výronů podzemní vody jsou lépe uzpůsobeny systémy na bázi výplachových systémů.

4.1.3 Místní výskyt větších valounů či balvanů

Tento problém se týká malých mikrotunelovacích systémů do zemin (do 1200 mm). Všechny tyto zeminové razicí hlavy mají určité omezení dané maximálně přípustnou velikostí vyskytujících se balvanů. Většinou se bude jednat o maximální rozměr balvanu větší než jedna třetina průřezu stroje. K tomu se doporučuje uvažovat s bezpečnostním koeficientem alespoň cca 1,5 u zjištěných rozměrů. Pokud se kritickému rozměru blíží většina valounů a jde navíc o převládající frakci v křivce zrnitosti, je to určitě signál, že zeminový stroj nebude vhodný a bude lépe nasadit stroj skalní, protože silně balvanité prostředí je z tohoto pohledu spíše prostředím horninovým. Je však třeba počítat s vysokou pórovitostí prostředí, což se může odrazit ve velké spotřebě výplachových hmot, případně v nutnosti stabilizující injeckáže předpolí.

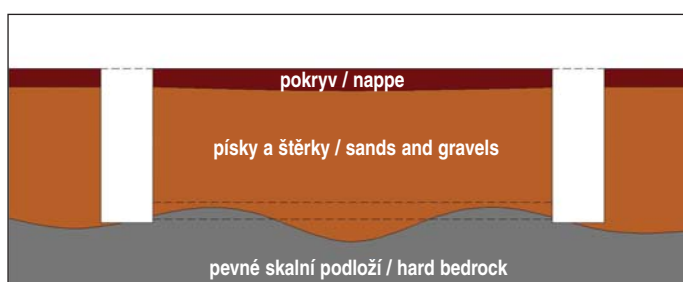
4.1.4 Proměnlivost jíílů

I zeminu jednoho druhu se mohou relativně výrazně lišit v některých podstatných vlastnostech. Týká se to zejména jíílů, které mohou být například suché (až přesušené, což je také nepříznivé pro stabilitu čelby) či nasycené, pevné či rozbídné až bobtnavé. Také se může velmi lišit přilnavost jíílů na řezné orgány, a to až tak, že může vést k úplnému zalepení a nemožnosti postupu. Jííly mohou být v případě výplachových systémů obtížné k odseparování, což pak následně ražbu jednak zpomaluje a jednak zdražuje (časté výměny výplachů, nákladné uložení na meziskládce). Podobně jako jííly se mohou chovat i jíílovité nebo vápencové horniny, pokud inklinují k rychlému rozpadu na jemnozrnnou až montmorilinitickou složku. V těchto případech pomůže jediné nasazení zvlášť výkonné, nejlépe třístupňové, separační jednotky.

4.2 Prostředí zeminové v kombinaci s prostředím skalním

4.2.1 Zvlněné skalní podloží

Při ražbách v menších hloubkách mohou nastat situace, kdy se pod relativně dobře prostupnými zeminami vyskytuje tvrdé skalní rozhraní, případně vlnící se horninové podloží. Razicí stroj bude mít totiž vždy tendenci uhýbat směrem do zemin, tedy se zvedat. Zejména se to týká případů, kdy se horninové podloží ve směru ražby mírně zvedá, až začne postupně zasahovat do profilu ražby. Tady je prakticky nemožné, aby se stroj do skály zakousl a udržel niveletu.



Obr. 4. Zvlněné skalní podloží
Fig. 4. Undulated bedrock

4.1.4 Variability of clays

Even soils of one type may significantly differ in some substantial properties. This concerns mainly clays, which may be, for example, dry (even overdried, which property is also unfavourable for the face stability) or saturated, hard or slaking to swelling. The adhesion of clays to cutting bodies can also significantly differ, up to the degree that complete clogging can take place and further advance can become impossible. In the case of slurry systems, clays can be difficult to separate, which subsequently reduces the advance rate and increases the cost of excavation (frequent replacements of slurry, expensive disposal on an intermediate stockpile). Clayey or limestone grounds can behave similarly to clays if they incline to rapid decomposition to fine-grained up to montmorillonite components. In these cases only the use of an especially powerful, preferably three-stage, separation unit will help.

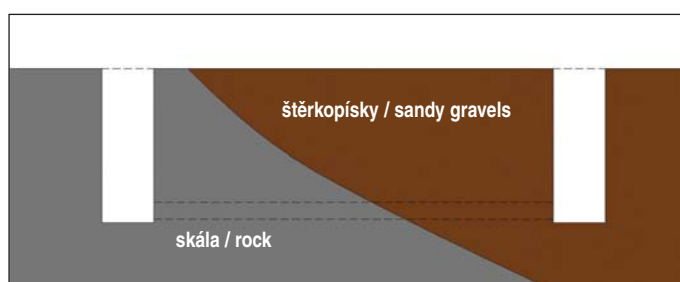
4.2 Earth environment in combination with rock environment

4.2.1 Undulated bedrock

Situations may occur when driving tunnels at smaller depths, where a hard rock interface or undulating bedrock is encountered under relatively easily penetrable soils. The tunnelling machine will always tend to swerve in the direction toward soils, i.e. to rise. Above all, these are the cases where the bedrock slightly rises in the direction of excavation and starts to extend into the excavation profile. In this case it is virtually impossible for the machine to bite into the rock and maintain the vertical alignment. It is necessary to avoid these situations – either by placing a sufficient construction pit to such a location or, for example, by driving in the opposite direction if it is possible. The most important thing is to know about these situations, which can be allowed for, for example, by geophysical investigation. Another measure eliminating the above-mentioned risks can be, for example, massive strengthening grouting over the undulated bedrock, through which the equalisation of mechanical parameters or their approximation is achieved at the soil/rock interface. It is necessary to put stress on the fact that these measures are expensive (see Fig. 4).

4.2.2 Sharp transition from soils to rock and vice versa

In these cases it is possible to choose a rock boring cutterhead for the excavation, which will, unfortunately, work in the earth environment with low efficiency, or to use an earth boring cutterhead with certain modifications (strengthening, adding point-attack bits or disk cutters etc.) and always certainly allowing access to the head for carrying out replacements. In any case, it will be a demanding operation, which will not allow for the complete elimination of risks. It is in addition necessary to count with a lower output (lower advance rates) and higher maintenance costs. Naturally, it will mean higher



Obr. 5 Ostrý přechod ze zemin do skály a naopak
Fig. 5 Sharp transition from soils to rock and vice versa

Těmto situacím je třeba se vyhnout – buď umístěním dodatečné stavební jámy právě do takového místa, nebo třeba otočením směru ražby, je-li to možné. Hlavně je ale třeba o těchto situacích vědět, což umožní například geofyzikální průzkum. Dalšími opatřeními eliminujícími zmíněná rizika mohou být například masivní zpevňující injektáže nad zvláštěm skalním podložím, které dosáhnou vyrovnání nebo přiblížení mechanických parametrů na rozhraní zemin/skála. Je třeba ale zdůraznit, že tato opatření jsou nákladná (obr. 4).

4.2.2 Ostrý přechod ze zemin do skály a naopak

V těchto případech je možno zvolit pro ražbu skalní hlavu, která ale bude pracovat v zeminovém prostředí málo efektivně, anebo využít zeminovou hlavu s jistými úpravami (vyztužení, přidání hrotů či dlát atp.) a vždy určitě s možností přístupu k hlavě a uskutečnění výměny. V každém případě půjde o náročnou operaci s nemožností úplně eliminovat rizika. Také se musí počítat s nižším výkonem (nižší postupy) a vyššími náklady na údržbu. To bude samozřejmě představovat celkové vyšší náklady. Je-li to možné, ražba by měla být spíše orientována z hornin do zemin než opačně. Specifickým případem takové situace bude u skalních systémů nafárání poruchových zón, případně doprovázených i zvýšeným výskytem podzemní vody (viz 4.1.2) (obr. 5).

4.3 Skalní prostředí

4.3.1 Střídavě tvrdé a měkké horniny

Samotné změny v pevnostních charakteristikách hornin nemusí mít pro ražbu zvláštní dopad. Moderní mikrotunelovací stroje mívají v horninách velký rozptyl podmínek, ve kterých mohou působit, a většinou to nemá zásadní dopad ani na přesnost vedení ražby, ani na rychlost postupu. Problémem však mohou být situace, kdy se některé průvodní horniny rozpadají během ražby na velmi jemnozrnné částičky, které mají charakter mazlavé jílovité hmoty (viz bod 4.1.4).

4.3.2 Místní výskyt extrémně pevných hornin

Tento problém se týká zejména strojů menších profilů (do cca 1000–1200 mm), které jednak neumožňují přístup do hlavy k provedení údržby či výměny řezných nástrojů, jednak nejsou schopny vyvodit dostatečný přítlak na čelbu a navíc se budou jejich dláta v hlavě rychleji opotřebovávat (delší kontakt dláta s horninou, menší počet dlát v hlavě). Proto je u těchto profilů podstatné, nakolik mohou být v trase ražby horniny o pevnostech nad 150 MPa a více (znělce, křemence, čediče i mnohé vyvřeliny mohou mít až 200–300 MPa v tlaku), o vysoké abrazivitě a podílu křemenné složky nad 30 % (obr. 6).

5 PŘÍKLADY PROJEKTŮ MIKROTUNELOVÁNÍ V PROMĚNLIVÉ GEOLOGII

Další podrobnosti k problematice mikrotunelování v proměnlivé geologii jsou uvedeny například v [2].



Obr. 6 Místní výskyt extrémně pevných hornin
Fig. 6 Local occurrence of extremely hard rock

overall expenses. If it is possible, driving should be rather oriented from rock to earth than vice versa. Hitting fault zones, possibly accompanied by increased occurrence of groundwater, will be a specific case of such the situation for rock systems (see 4.1.2) (see Fig. 5).

4.3 Rock environment

4.3.1 Alternating hard and weak rock

Changes in strength-related properties of rock themselves do not have to have a special effect on the excavation. Modern microtunnelling machines mostly exhibit a wide scatter of the conditions in which they can work and in the majority of cases it does not have a significant impact on the precision of the excavation guidance or the advance rate. On the other hand, situations where some original rock disintegrates during the excavation to very fine-grained particles having the character of a slimy clayey matter may pose problems (see paragraph 4.1.4).

4.3.2 Local occurrence of extremely hard rock

This problem is related mainly to smaller diameter machines (up to approximately 1000 – 1200mm), which do not allow for access to the cutterhead for the purpose of maintenance and replacement of cutting tools and, in addition, are not capable of exerting sufficient thrust against the excavation face and their cutters on the cutterhead will wear out quicker (a longer contact of the cutter with rock, smaller number of cutters on the cutterhead). For that reason it will be important in how much rock with strengths over 150MPa and higher (the compressive strength of phonolite, quartzite, basalt and many volcanic rock types can reach up to 200-300MPa), exhibiting high abrasivity and high proportion of the quartzose component exceeding 30% (see Fig. 6) can be at these profiles.

5 EXAMPLES OF MICROTUNNELLING PROJECTS IN VARIABLE GEOLOGY

Other details regarding the problems of microtunnelling in variable geology are presented, for example, in [2].

a) Ústí nad Labem – Sewer Z

The occurrence of a very hard basalt massif passing approximately in the middle of the excavation to bouldery gravels with a significant content of deluvial boulders – phonolite, was indicated within an approximately 100m long section. The route could not be divided because of a very busy road intersection on the surface. For that reason a rock boring machine with the cutterhead equipped for very hard abrasive rock (Iseki TCS 780mm) was selected for the job and the excavation direction was from the rock to the bouldery gravels. The work was subsequently completed without more significant problems. The passage from basalts to the deluvium brought no significant change in daily advance rates, which ranged from 6 to 8metres. The contract was carried out in 1998 and was realised by Subterra a. s.

b) Karviná

Highly variable soils are encountered in Karviná, both as far as the content of clays or, on the contrary, the content of incohesive component is concerned, and even as far as various clay parameters are in question. These changes occur often repeatedly within several metres long excavation sections. The subject-matter of the contract was the 1970m long sewer CA2 at the edge of the urban centre. For that reason Subterra a. s., the contractor, set about the application of a very universal machine, Iseki TCC 1680, which was successful. With hindsight, it

a) Ústí nad Labem – stoka Z

V úseku délky cca 100 m byl indikován výskyt velmi tvrdého čedičového masivu, který asi v půlce ražby přecházel do balvanitých štěrků se značným obsahem deluviálních balvanů – znělců. Trasu nebylo možné rozdělit z důvodu velmi rušné křižovatky na povrchu. Proto byl pro realizaci zvolen skalní stroj s hlavou vybavenou na velmi pevně abrazivní horniny (Iseki TCS 780 mm) a orientace ražby vedla ze skály do balvanitých štěrků. Zakázka pak proběhla bez větších potíží. Přechod z čedičů do deluvia nepřinesl ani výraznou změnu v denních postupech ražby, které představovaly 6–8 metrů. Zakázka se prováděla v roce 1998 a realizovala ji společnost Subterra a. s.

b) Karviná

V Karviné se vykytují zeminy s velkou proměnlivostí, jak co se týká obsahu jílu či naopak nesoudržné složky, tak i z pohledu různých parametrů u jílu. K těmto změnám dochází často opakovaně na několika málo metrech ražby. Předmětem zakázky byl 1970 m dlouhý sběrač CA2 na okraji městského centra. Proto zhotovitel (Subterra a. s.) přistoupil k nasazení velmi univerzálního stroje Iseki TCC 1680, což bylo úspěšné. Stroj pracoval s univerzální hlavou a výplachovým odtěžením. S odstupem času je však zřejmé a výpočtem doložitelné, že využitím třístupňové separace (byla použita jen dvoustupňová) by se sice zvýšily provozní náklady, ty by se však nakonec evidentně vyplatily. Jinými slovy – průběh zakázky, kde dvoukilometrový úsek sběrače byl vyražen za necelých šest měsíců, mohl být realizován při třístupňové separaci ještě o něco rychleji. Zakázka byla realizována v letech 2008 až 2009.

c) Banská Bystrica

Mechanizovaný štít skalního typu – Iseki TCS 1450 mm se musel v roce 2009 vypořádat jednak s opakovaným přechodem – skála/balvanité štěrky (fluviální náplavy řeky Hron) a jednak s podložními vápenci, které se po kontaktu s řeznou hlavou měnily na lepidlo vápenné bláto. K úspěchu akce přispělo, že geologický (dodatečný) průzkum takové poměry předpokládal a zhotovitel (OHL ŽS, a.s.) využil výplachové odtěžení a trojstupňovou separaci, tedy separaci s centrifugou.

d) Pardubice – tř. kpt. Bartoše

Na úseku dlouhém cca 150 m došlo v roce 2011 ke změně geologie z jemnozrnných písků na hrubozrnné balvanité štěrky. Tato změna byla indikována geologickým průzkumem, nebylo však jasné, ve kterém místě ražby k ní dojde. (Průzkumné sondy byly jen dvě, orientované do míst budoucích stavebních jam na začátku a na konci ražby.) Na vlastní provedení ani kvalitu ražby to při použití zeminového mikrotunelovacího stroje Iseki TCC 1280 mm nemělo podstatný vliv. Projevil se však v postupech ražby – cca 18 m/sm v jemnozrnných pískách oproti 4–5 metrům/sm v balvanech. Ke změně došlo zhruba přesně v polovině ražby, což předpokládal i rozpočet stavby. Kdyby k ní však došlo brzy po zahájení a téměř celá trasa by tak byla vedena v balvanitém prostředí s nízkými postupy, zřejmě by ekonomické výsledky zakázky, kterou realizovala Subterra a. s., byly podstatně horší.

e) Pízeň – Úslavský sběrač I

Na více než dvou kilometrech mikrotunelování se vyskytla řada případů neočekávaných změn geologie. Přítomné břidlice působily buďto jako rozpadavé na jíl se všemi důsledky z toho pro ražbu vyplývajícími, anebo zůstávaly v místech, kde docházelo ke kontaktní metamorfóze, velmi pevné ve formě fylitů a často i výrazně prokřemenělé s pevnostmi okolo 150 MPa.

is obvious and provable by an analysis that operating costs would have increased by the application of a three-stage separation (only two-stage separation was used), but they would have eventually evidently paid off. In other words, the contract, where the excavation of the two-kilometre section of the sewer was completed in less than six months, could have been realised a little faster with the three-degree separation. The contract was carried out in 2008 through to 2009.

c) Banská Bystrica

ISEKI TCS 1450 mechanised rock shield had to cope in 2009 not only with a repeated transitions between rock and bouldery gravels (fluvial deposits of the Hron River), but also with limestone bedrock, which turned to sticky lime mud. The fact that the geological (supplementary) survey had anticipated such conditions contributed to the success. The contractor (OHL ŽS, a.s.) used slurry-based extraction and three-degree separation, i.e. separation using a centrifuge.

d) Pardubice – Kpt. Bartoše Street

Geology changed from fine-grained sands to coarse-grained bouldery gravels within an about 150m long section in 2011. This change was indicated by geological survey, but it was not clear in which place of the excavation it would be encountered. (There were only two survey probes. They were carried out in the locations of future construction pits, at the beginning of the excavation and at its end.) Owing to the use of the EPB ISEKI TCC 1280mm microtunnelling machine this fact did not substantially influence the execution or quality of the excavation. On the other hand, the influence could be seen in the excavation advance rates – about 18m/shift in fine-grained sands, in contrast to 4-5 metres /shift in boulders. The change was encountered roughly exactly in the middle of the excavation, which fact was anticipated even by the project budget. However, if it had been encountered early after the commencement of the construction operations and nearly entire route had therefore been led through a bouldery environment with low advance rates, the economic results of the contract, which was carried out by Subterra a. s., would have been significantly worse.

e) Pízeň – Úslava trunk sewer No. 1

Numerous case of unexpected changes were encountered along more than two kilometres of microtunnelling. The shales present acted either as a material decomposing to clay, with all consequences for the excavation following from this fact, or they remained very hard in the locations where contact metamorphism took place, having the form of phylites, and were often even significantly quartziferous, with the strengths around 150MPa. The occurrence of very hard volcanic rock – spilites, the compressive strengths of which exceeded 200MPa, posed another problem. For that reason the total of three types of cutterheads were used on the project (modified Iseki TCC and Iseki TCC – R). A supplementary geophysical investigation, which defined problem places, was very helpful for their installation. The contract was carried out by Subterra a. s. from 2012 to 2013. Average daily advance rates fluctuated about 15m per day, but the larger amount of downtimes associated with more demanding maintenance and the necessity for rearranging the cutterheads for some sections (see Fig. 7) posed problems.

f) Prague – Deer's moat – trunk sewer CO3

The section at the total length of 200m was finished at the end of 2014. The Letna Member siltstone layers alternated

Dalším problémem byl ojedinělý výskyt velmi pevných vyvřelých hornin – spilitů, které dosahovaly v tlaku pevností přes 200 MPa. Proto byly na projektu využity celkem tři typy razicích hlav (Iseki TCC s úpravami a Iseki TCC – R) a pro jejich nasazování velmi pomohl dodatečný geofyzikální průzkum, který definoval problémová místa. Práce prováděla Subterra a. s. v letech 2012 až 2013. Průměrné dosahované postupy se pohybovaly kolem 15 m/den, avšak problémem byl vyšší počet ztrátových časů daných náročnější údržbou a nutností přestavovat u některých úseků razicí hlavy (obr. 7).

f) Praha – Jelení příkop – stoka C03

Celkem 200 m dlouhý úsek byl dokončen začátkem roku 2014. Letenské prachovcovité vrstvy se zde střídaly s velmi pevnými křemenci o pevnostech až 200 MPa. Pro skalní hlavu stroje HKN AVS 1860 mm byl ale problém především v rozpadání prachovců na velmi jemné částičky, které byly na hraně možností systému, a to jak z pohledu využití separace, tak i z pohledu přítlačných sil na čelbu. Vznikl tak problém časový (denní postupy při dvousměnném provozu kolem 6 metrů) nikoliv však směrový či kvalitativní. Dvě stě metrů dlouhý úsek byl realizován velmi přesně, což je ostatně u mikrotunelingu obvyklé. Práce prováděla Energie – stavební a báňská a. s.

ZÁVĚR

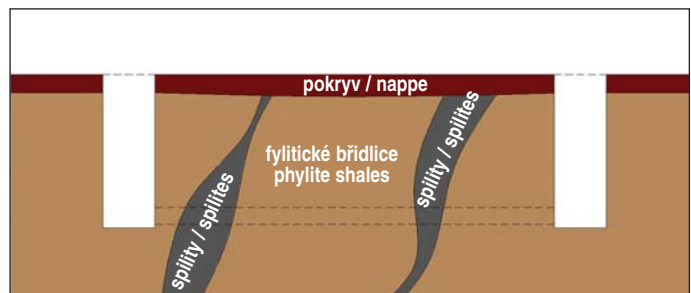
Mikrotunelování v proměnlivé geologii je práce vyžadující dokonalou přípravu a zkušený realizační tým pro výstavbu a také pro její přípravu. Na trhu existuje dostatečná variabilita tunelovacích systémů. I tak však může být problém najít systém, který vyhoví v proměnlivé geologii daného místa, zejména když je třeba brát ohled i na omezené náklady (a to je třeba prakticky vždy).

Recept na tyto případy nebude nikdy univerzální, ale lze ho hledat v rámci dobře prováděného (a dobře vyhodnoceného) geologického průzkumu a také při rizikové analýze, která by vždy měla těmto realizacím předcházet. Způsobem volby prováděcí metody se věnuje například [3] nebo [4].

To by pak mělo vést k volbě takového systému, který umožní eliminovat alespoň hlavní rizika i za cenu mírně neefektivního provozu v některých partiích tunelové stavby. Nezbytná mohou být i doprovodná opatření typu inkjektáží, víceetapňové separační jednotky, chemické prostředky nebo přetlakové komory. To vše pochopitelně zatíží stavbu dodatečnými náklady. Je to však určitě příznivější a ve svém důsledku i levnější situace než se ocitnout náhle v horninovém či zeminovém prostředí s drahým plně mechanizovaným systémem, který si s ním poradit neumí.

ING. KAREL FRANCZYK, PH.D.,
kfranczyk@seznam.cz

Recenzovali: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.,
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc.



Obr. 7 Plzeň – Úslavský sběrač I
Fig. 7 Plzeň – Úslava trunk sewer No. 1

with very hard quartzites with the strength of up to 200MPa in this location. Nevertheless, the problem for the rock boring cutterhead of the HKN AVS 1860mm machine primarily lied in the decomposition of the siltstone to very fine particles, which were on the limit of the system capacity both in terms of the separation used and as far as the thrust against excavation face was concerned. In this way a time-related problem rose (daily advance rates at a two-shift operation about 6 metres). Nevertheless, there was no problem with maintaining direction and quality. The two hundred metre section was realised very precisely, which is, by the way, usual for microtunnelling. The work was carried out by Energie – stavební a báňská a. s.

6 CONCLUSION

Microtunnelling in variable geology is work requiring perfect planning and an experienced realisation team for the construction and also its preparation. There is sufficient variability of full-face tunnelling machines available on the market. Still it may be a problem to find the system which will be convenient in variable geology in the particular location, in particular when it is necessary to take into account limited expenses (which is the case existing virtually always).

The formula for these cases will never be universal, but it can be sought within the framework of well executed (and well assessed) geological survey and also in the risk analysis, which should always precede these realisations. The ways of the selection of the execution method are dealt with, for example, in [3] or [4].

It should subsequently lead to the selection of such a system which will allow for eliminating at least the main risks, even at the expense of moderately ineffective operation in some parts of the tunnel construction. Accompanying measures in the form of grouting, a multi-degree separation unit, chemical materials or hyperbaric chambers may also be indispensable. All of this will naturally burden the construction with additional expenses. However, it is a certainly more favourable and ultimately cheaper situation than being suddenly caught in a rock or soil environment while operating a fully mechanised system which cannot cope with it.

ING. KAREL FRANCZYK, PH.D.,
kfranczyk@seznam.cz

LITERATURA / REFERENCES

- [1] BARTÁK, J. a kol. *Uživatelská příručka pro mechanizované tunelování v podmínkách ČR*. Edice CzTA, Praha : ITA-AITES 2014, ISBN 978-80-260-5957-8
- [2] FRANCZYK, K. Mikrotunelování v proměnlivých geologických podmínkách. *Zpravodaj NO DIG – CzSTT*. Praha, 1/2014
- [3] *British Pipe Jacking Association – An Introduction to Pipe Jacking and Microtunnelling Design* – PTA, London, 2013
- [4] FRANCZYK, K. *Výbrané problémy mikrotunelování*. Ostrava : VŠB FAST, 2008

SUDOMĚŘICKÝ TUNEL NA IV. TRANZITNÍM ŽELEZNIČNÍM KORIDORU PRORAŽEN 5. 6. 2014

PICTURE REPORT FROM THE BREAKTHROUGH OF THE SUDOMĚŘICE TUNNEL ON THE 4TH TRANSIT CORRIDOR ON 5TH JUNE 2014



Obr. 1 Čelba tunelu před prorážkou
Fig. 1 Tunnel excavation face before the breakthrough



Obr. 2 Ražba posledních metrů tunelu
Fig. 2 Excavation of the last metres of the tunnel



Obr. 3 Odpal posledního záběru
Fig. 3 Last excavation round blasting



Obr. 4 Celkový pohled na severní portál
Fig. 4 Overall view of the northern portal



Obr. 5 Dočištění lince výrubu
Fig. 5 Excavation surface scaling

Autor všech fotografií Ing. Libor Mařík
Author of all photographs Ing. Libor Mařík

TUNELOVÝ KOMPLEX BLANKA

FOTOREPORTÁŽ Z VÝSTAVBY – POVRCHY / ČERVENEC 2014

BLANKA COMPLEX OF TUNNELS

PICTURE REPORT FROM CONSTRUCTION STAGE – SURFACES / JULY 2014



Obr. 1 Hrubé terénní úpravy budoucího parku a nadzemní část TGC1
Fig. 1 Bulk excavation for a future park and the above-ground part of the TGC1 services structure



Obr. 2 Odstavný záliv v třípruhovém klenbovém tunelu pod ulicí Patočkova
Fig. 2 Breakdown bay in the triple-lane vaulted tunnel under Patočkova Street



Obr. 3 Tlumiče hluku ve strojovně vzduchotechniky v TGC 1
Fig. 3 Silencers in the ventilation plant room at the TGC 1 service structure



Obr. 4 Portály značení nad výjezdovou rampou křižovatky U Vorlíků
Fig. 4 Portals – marking above the exit ramp at U Vorlíků intersection



Obr. 5 Horní podlaží ražené strojovny vzduchotechniky TGC 4 pod Letnou
Fig. 5 Upper floor of the mined ventilation plant cavern at the TGC 4 service structure under Letná



Obr. 6 Dvoupruhový tunel pod Letnou a Stromovkou
Fig. 6 The double-lane tunnel under Letná and Stromovka Park

Autor všech fotografií Jakub Karlíček
 Author of all photographs Jakub Karlíček

www.ilf.com



ENGINEERING EXCELLENCE

ILF Beratende Ingenieure ZT GmbH

Feldkreuzstrasse 3
6063 Rum / Innsbruck
Austria
Phone 0043 / 512 / 24 12 - 0
Fax 0043 / 512 / 24 12 - 5900
info@ibk.ilf.com

ILF Consulting Engineers, s.r.o.

Jirsikova 5
186 00 Prague 8
Czech Republic
Phone 00420 / 225 / 091 - 420
Fax 00420 / 225 / 091 - 433
info@prague.ilf.com



CONSULTING
ENGINEERS

ILF Consulting Engineers is an international, multidisciplinary engineering and consulting firm.

TUNNELLING AND UNDERGROUND ENGINEERING

Design, Construction Supervision and Project Management of more than 900 km of tunnels and caverns

ILF provides comprehensive services in the following fields:

- Railway Tunnel
- Road Tunnel
- Subway

Specializing in:

- Mechanical Engineering
- Electrical Engineering
- Geotechnical Engineering
- Structural Engineering
- Claim Assistance
- Project Management
- Risk Analysis
- Geology & Hydrology
- Design Supervision
- Tunneling Technologies
- Construction Supervision

Major Projects:

- Gotthard Base Tunnel 57.0 km, Switzerland
- Brenner Base Tunnel 55.0 km, Austria/Italy
- New Railway Line Tunnels for DB AG (German Railways) 80.0 km
- Wienerwald Railway Tunnel 13.35 km, Austria
- Metro Prague Line V. A. 6.0 km, Czech Republic
- Sir Adam Beck Hydropower Project, Niagara Tunnel 10.4 km, Canada
- Railway Tunnel Prague - Beroun 25.0 km, Czech Republic
- City Tunnel Dobrovskeho Brno 1.2 km, Czech Republic
- Metro Warsaw Line 2 6.5 km, Poland
- Rennsteig Motorway Tunnel 7.9 km, Germany



Jsme spolehlivý partner v podzemí,
na železnici i na povrchu,
působíme v České republice
i v zahraničí.



Nedržíme se při zemi

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

PRAKAB - specialista na výrobu silových a sdělovacích kabelů

V posledních letech se společnost PRAKAB zaměřuje na výzkum a vývoj bezhalogenových požárně odolných kabelů splňujících Vyhlášku č. 23/2008 Sb., která klade značné nároky na chování kabelů v případě požáru. V areálu našeho závodu jsme proto vybudovali zkušební centrum pro měření požárních vlastností kabelů (šíření požáru po povrchu, korozivita vzniklých plynů, hustota dýmu, funkčnost kabelů, zatřídění kabelů podle reakce na oheň a další). Naše zkušební centrum je jediným akreditovaným centrem svého druhu v ČR. Díky práci našich technologů v laboratoři vývoje směsí, kteří nejenom vylepšují stávající materiály, ale pracují i na vývoji nových směsí, se směle můžeme považovat také za inovátory na poli izolačních směsí pro kabely s vylepšenými vlastnostmi při požáru. Jsme také jediným výrobcem „vyhláškových“ kabelů v ČR, který používá modernější technologii izolování žil kabelu silikonovou izolací.

V našem výrobním sortimentu naleznete 4 základních typy „vyhláškových“ kabelů, které poznáte podle obchodního označení **PRAFla**. Jedná se o silové kabely **PRAFlaSafe**[®] a **PRAFlaDur**[®] a sdělovací kabely **PRAFlaCom**[®] a **PRAFlaGuard**[®].

Naše významné reference v roce 2014:

- Dopravní podnik hlavního města Prahy (prodloužení trasy A pražského metra)
- LEGO Production s.r.o. (areál Kladno) • ArtGen Office Gallery (administrativní budova na Praze 7)

V případě, že máte zájem o naše výrobky nebo nový katalog 2014, navštivte naše webové stránky nebo nás přímo kontaktujte na office@prakab.cz.



ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB / THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

MOZAIKA ZE SVĚTA

ČÍNA PLÁNUJE NEJDELŠÍ PODMOŘSKÝ TUNEL

Čínská státní železniční společnost vážně uvažuje o stavbě 123 km dlouhého podmořského železničního tunelu pod bohaijským mořem. Tunel by spojil přístav Dalian s městem Yantai a umožnil tak ekonomický rozvoj propojením severní oblasti s bohatším východním pobřežím. Současná doprava musí totiž buď překonat trasu 1400 km na souši, nebo použít cestu lodí, která trvá 8 hodin. Jízda po nové železnici s podmořským tunelem by trvala jen 40 minut.

Tunel by tvořily dvě jednokolejné tunelové trouby o profilu 10 m doplněné servisním tunelem profilu 7 m. Ražba by probíhala nejméně 30 m pod mořským dnem většinou ve skalních horninách. Hlavní riziko představuje průchod a konstrukce tunelu ve dvou poruchových pásmech, které jsou seismicky velmi aktivní.

Předpokládá se, že příslušná vládní místa dají souhlas k zahájení prací na prokázání proveditelnosti stavby. Jejich výsledek by měl být znám za dva až tři roky.

PRORÁŽKA SILNIČNÍHO TŘÍPRUHOVÉHO TUNELU

Delta řeky Jang-tze patří v Číně k nejrychleji se rozvíjejícím oblastem, což vyžaduje rychlé budování infrastruktury. Železnice a silnice zde ovšem musí překonat mnoho vodních ploch, řek i jezer. Pod řekou Qian-tang byl nasazen největší mixschield od firmy Herrenknecht prozatím držící s průměrem

15,43 m světové prvenství. Úspěšně prorazil dva třípruhové automobilové tunely délky 3,25 km.

NOVÝ TUNEL PRO CERN?

V únoru 2014 proběhlo v Ženevě setkání vědců, na kterém projednávali výhledový záměr na výstavbu nového urychlovače, který má být sedmkrát výkonnější než současný. Umístěn by byl v 80 až 100 km dlouhém tunelu. Dokončení projektové studie se předpokládá do roku 2019.

ZAHÁJENÍ RAŽEB TUNELŮ METRA V KATARSKÉM DOHÁ

Do zahájení mistrovství světa v kopané v roce 2022 má být v katarském hlavním městě Dohá v provozu 111 km tras metra, z toho 59 km ražených, s tím, že zahájení provozu se plánuje na konec roku 2019. K dokončení všech plánovaných tras o celkové délce 226 km by mělo dojít v roce 2026.

Ve výstavbě jsou již některé stanice a k zahájení ražeb traťových tunelů by mělo dojít ve třetím čtvrtletí 2014. Ražba bude probíhat ve vápencích pomocí zeminových štítů (EPBS) o průměru 7 m, které v počtu 15 ks objednal investor u firmy Herrenknecht ve Schwanau. Tam se v březnu konala přejímka prvního štítu za účasti katarské delegace vedené ministrem dopravy. Za výrobce štítů předával dr. Martin Herrenknecht a přítomen byl také bývalý kancléř Gerhard Schröder.

První štít bude nasazen s dalšími čtyřmi na jižním úseku červené trasy s délkou ražených tunelů 37,4 km (dodavatel: JV s účastí Vinci Construction). Čtyři stroje použije JV, jehož členem je Salini Impregilo, na 22,7 km tunelů severního úseku červené trasy. Zelenou trasu s 32,9 km tunelů bude razit šest strojů (členem dodavatelské JV je zde Porr).

Všech 25 strojů má být dodáno během 24 měsíců.

ŽELEZNIČNÍ „MEDITERRANEAN CORRIDOR“

Mezi deset nejdůležitějších projektů evropské železniční sítě (Trans-European-Network – TEN) v letech 2014 až 2020 patří 3000 km dlouhá trať z Algeciras ve Španělsku do Maďarska. Trasa prochází Madridem, Barcelonou, Lyonem, Turínem, Milánem, Terstem, Lublaní a končí v Budapešti.

Její klíčovým úsekem je nové propojení Lyonu s Turínem délky 256 km. Alpy podchází pod masivem Mount Ambin 57 km dlouhým báзовým tunelem mezi Saint Jean de Maurienne (Francie) a Susa (Itálie). Jízdní doba z Lyonu do Turína se zkrátí z dnešních více než čtyř hodin na 100 minut.

Průzkumné práce probíhají již řadu let. Na francouzské straně je vlastně dokončena příprava ražby báзовého tunelu, protože již jsou vyraženy tři boční přístupové tunely délky 4000 m, 2480 m a 2400 m, které také přispěly k poznání geotechnických poměrů v masivu.

Na italské straně byla stavba průzkumného tunelu La Madalena délky 5765 m zahájena v dubnu 2012 a měla by skončit na jaře 2017. Od portálu se razí úpadně ve sklonu 3,94 %, od TM 4090 se bude pokračovat dovrchně se sklonem 1,1 %. V nejnižším místě je plánováno zřízení vodních nádrží, další vodní nádrže budou v TM 2805, odkud budou vody čerpány na portál. Systém má umožnit oddělené jímání studené vody pitné a nepitné, horké čisté a špinavé. Očekává se celkový přítok 285 l/sec.

Ražba má procházet většinou slídnatými břidlicemi, zastíženými budou i ruly s přítomností křemene. Nejvyšší nadloží až 2000 m je na konci tunelu.

Prvních 198 m bylo raženo NRTM při zákazu použití trhačích prací, v 7/2013 se zastihly tvrdé břidlice a začaly přípravy na nasazení otevřeného TBM od firmy Robbins o průměru 6,3 m. Konstrukce řezné hlavy umožňuje zvětšení raženého profilu o 200 mm, což by mělo být využito v tlačivých horninách. Stroj má první prostor pro vystrojování 6 m za čelbou. Z tohoto místa budou také prováděny předvrty délky 36 m s překrytím 7 m. Druhé místo pro zřizování výstroje bude 41 m za čelbou. Předpokládá se průměrný postup stroje 12 m/den.

ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI PROVOZU V TUNELU FREJUS

Automobilový tunel Frejus je důležitým článkem silničního spojení mezi Francií a Itálií. Jeho dva jízdní pruhy ročně použije skoro 1,5 milionu osobních i nákladních automobilů. Brzy po tragické události v tunelu pod Mont Blancem v roce 1999 se i u tunelu Frejus začalo jednat o zvýšení jeho bezpečnosti, což vyústilo v rozhodnutí vybudovat souběžný únikový tunel.

METROSTAV V NORSKU METROSTAV IN NORWAY

The consortium consisting of Metrostav NUF and Havnen Anleg AS commenced the work on the „Skredsikring Veitastrondsvegen, Bjørnabakkane og Lindeskreda“ project in Norway on 26th May 2014. The subject matter and objective of this project is to implement avalanche protection measures on the road to the village of Veitastrond. Part of these measures is the

Jeho celková délka je 12,9 km (z toho 6,5 km na francouzské straně) a je trasován ve vzdálenosti 40 m od provozovaného tunelu, se kterým ho spojí 34 propojek průměru 4 m umístěných po 375 m. Kromě toho bude vybudováno 5 propojek průjezdných pro záchranná vozidla a 8 komor pro technologické vybavení.

Ražba únikového tunelu byla zahájena z francouzské strany v červenci 2009. Prvních 650 m bylo raženo tradičně, pak byl nasazen tunelovací stroj s profilem řezné hlavy 9,2 m.

Stavba provozovaného automobilového tunelu se musela v minulosti vypořádat s řadou míst se špatnou geologií. Proto byl připraven pro ražbu souběžného tunelu plán důsledného monitoringu, aby se předešlo nežádoucím deformacím a poškození definitivního ostění, které bude tvořeno segmentovým ostěním.

V létě 2013 razicí štít překročil francouzsko-italskou hranici a pokračoval v ražbě zbývajících 6,4 km tunelu na italské straně.

PRÁCE U SEVERNÍHO PORTÁLU BÁZOVÉHO TUNELU SEMNERING ZASTAVENY

Ve stejném měsíci, kdy byly zahájeny vlastní práce na stavbě semmeringského báзовého tunelu, došlo k jejich zastavení. Stalo se tak v lednu 2014 u městečka Gloggnitz u severního portálu tunelu. Příčinou byly protesty obyvatel oblasti přiléhající k staveništi a hlavně protesty ekologických skupin, jejichž aktivita je mnohem vyšší, než jaká byla zaznamenána na dřívějších železničních stavbách v Rakousku. Investor (Rakouské spolkové dráhy – ÖBB) nicméně doufá, že bude moci brzy v pracích pokračovat a že konečný termín a cena báзовého tunelu nebudou ohroženy.

RŮZNÉ

V čísle 242 (březen/duben 2014) francouzského časopisu *Tunnels et Espace Souterrain* je vytištěn obsáhlý dokument – doporučení francouzské tunelářské asociace AFTES pro výběr metod a provádění předstihového průzkumu geotechnických podmínek před čelbou při ražbě tunelovacími stroji (Forward probing ahead of tunnel boring machines). Zpracoval ho kolektiv autorů pracovní skupiny GT 24 pod vedením pana Alaina Bianchi.

Bulharská ministryně pro regionální rozvoj oznámila na tiskové konferenci, že v polovině roku 2014 budou vypsány soutěže na stavbu nejdelšího dálničního tunelu v Evropě. Jeho dvě trouby budou mít celkovou délku skoro 37 km a bude součástí nové dálnice mezi Blagoevgradem a Sandaski. Ochrana životního prostředí je hlavním důvodem pro jeho stavbu.

ING. MILOSLAV NOVOTNÝ,
novotny@ita-aite.cz

driving of a 1.55km long tunnel. Metrostav a. s. is responsible for this part of the project.

Sdružení firem Metrostav NUF a Havnen Anleg AS zahájilo 26. 5. 2014 práce na projektu „Skredsikring Veitastrondsvegen, Bjørnabakkane og Lindeskreda“ v Norsku. Obsahem a cílem projektu je vybudování protilavinových opatření na komunikaci do

obce Veitastrond. Součástí těchto opatření je i ražba 1,55 km dlouhého tunelu, kterou má Metrostav a. s. na starosti.

Práce zahájil partner ve sdružení přípravou severního portálu tunelu a budováním objektů zařízení staveniště. Vlastní ražby byly zahájeny v srpnu letošního roku. Dalším předpokladem je, že práce budou následně přerušeny koncem listopadu 2014 z důvodů nepříznivých povětrnostních a klimatických podmínek daného místa (ročně až 2000 mm srážek).

Ze strany Metrostavu a. s. nyní probíhá nutná mobilizace před zahájením ražeb včetně návozu mechanizace a montáže podpůrných zařízení. Práce komplikují i parametry asi 10 km dlouhé příjezdové komunikace Fv337, pro kterou jsou stanoveny přísné váhové i délkové limity pojižděných souprav.

Dokončení celého projektu se očekává v září roku 2016.

ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
METROSTAV a. s.



Obr. 1 Příprava severního portálu pro zahájení ražeb

Fig. 1 Preparation of the northern portal for the commencement of excavation

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ / NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

SVĚTOVÝ TUNELÁŘSKÝ KONGRES WTC 2014 A 40. VALNÉ SHROMÁŽDĚNÍ ITA-AITES WORLD TUNNEL CONGRESS WTC 2014 AND 40TH GENERAL ASSEMBLY OF ITA-AITES

The ITA WTC 2014 was held in Iguassu Falls, Brazil, from 11th to 14th May 2014; the Congress topic was "Tunnels for Better Life". It was attended by nearly 1500 visitors, including exhibitors. The number of accepted papers amounted to 350. The technical exhibition was taken part in by 99 exhibitors. The ITA Open Session, which was dedicated to the underground and natural resources with a special attention paid to the mining industry, was held within the framework of the Congress on 13th May 2014.

ITA WTC 2014 se konalo v Iguassu Falls v Brazílii od 11. do 14. května 2014 a jeho téma bylo „Tunely pro lepší život“. Zúčastnilo se ho skoro 1500 návštěvníků včetně vystavovatelů a přijato bylo 350 příspěvků. Na technické výstavě se prezentovalo 99 vystavovatelů.

Volba místa konání samozřejmě způsobila menší účast zástupců evropských asociací a naopak vysokou účast z Jižní a Latinské Ameriky. Předseda CzTA Ing. Ivan Hrdina se zúčastnit nemohl a byl zastoupen jediným účastníkem z České republiky, kterým byl Ing. Karel Rössler, Ph.D. Ten českou asociaci také reprezentoval na 40. valném shromáždění ITA-AITES.

V rámci kongresu se 13. května 2014 konalo ITA Open Session věnované podzemí a přírodním zdrojům se zvláštním zřetelem na hornictví. Bylo konstatováno, že v současnosti se asi 80 % surovin těží v povrchových dolech. Poptávka po surovinách ovšem v následujících letech rychle poroste, což i s ohledem na ochranu životního prostředí povede k zvýšení těžby surovin důlním způsobem včetně uplatnění nových technologií. Předpokládá se, že během dvaceti let se poměr mezi povrchovou a důlní těžbou vyrovná na zhruba 1:1.

40. VALNÉ SHROMÁŽDĚNÍ ITA-AITES

Jednání valného shromáždění se zúčastnilo 52 delegátů ze 71 členských zemí. Novým členem exekutivy byla zvolena prof. Anna Lewandowska z Polska, čímž byl zvýšen počet jejích členů na 14. ITA zaregistrovala 12 nových přidružených členů, z toho 11 korporátních a jednoho individuálního; v souhrnu je nyní 71 členských zemí a 285 přidružených členů, z toho 192 korporátních a 93 individuálních.

Valné shromáždění ustavilo skupinu mladých členů (ITAym - Young Member Group), jejímž posláním je:

- Poskytnout komunikační platformu uvnitř ITA pro mladé profesionály a studenty.
- Přemostit rozdíl mezi generacemi současně se sdílením cílů a idejí ITA-AITES.
- Zvýšit znalost o tunelářském průmyslu v povědomí nové generace.
- Dát nové generaci hlas v ITA.

Nově byla také definována vize ITA: „ITA je vedoucí mezinárodní organizace, která podporuje využití tunelů a podzemí pomocí sdílení znalostí a aplikované technologie.“

Valné shromáždění rozhodlo o zvýšení členských příspěvků pro členy asociace a o místě konání ITA WTC v roce 2017, které se bude včetně 43. valného shromáždění konat v Bergenu v Norsku. Pro WTC 2017 bylo zvoleno téma: „Problémy na povrchu území mají řešení v podzemí“.

WTC 2015 se koná 22. až 28. května 2015 v Dubrovniku v Chorvatsku a San Francisco v USA bude hostit WTC 2016 od 22. do 28. dubna 2016.

Další informace o WTC 2014 a 40. valném shromáždění ITA-AITES lze nalézt na www.ita-aites.org.

ING. MILOSLAV NOVOTNÝ, novotny@ita-aites.cz
(s použitím podkladů Ing. Karla Rösslera, Ph.D.)

TUNELÁŘSKÉ ODPOLEDNE 2/2014 TUNNEL AFTERNOON 2/2014

Czech Tunellers in the World was the topic of the second Tunnel Afternoon. The lectures were opened by Ing. Radek Bernard and Ing. Ondřej Kostohryz (Arcadis CZ a. s.). They shared their experience and experiences from the supervision

over a high-speed railway in China. Ing. Aleš Richter (Metrostav a. s.) talked about underground construction projects in Iceland. Another speaker, Ing. Aristotelis Caravanas, compared the projects in which he participated in Pakistan,



Obr. 1 Ing. Aristotelis Caravanas popisující své zkušenosti z Pákistánu
Fig. 1 Ing. Aristotelis Caravanas describing his experience from Pakistan

Nepal and Iceland. After the break, three speakers, employees of 3G Consulting Engineers, s. r. o., delivered their lectures on projects realised in Armenia, India – Kashmir and Iran. The last but one lecture was dedicated to the South American continent – the Santiago de Chile metro project. The Tunnel Afternoon was concluded by lectures delivered by employees of Mott MacDonald CZ, spol. s r. o., Ing. Petr Makásek, Ing. Jan Korejčík and Ing. Michal Uhrin, who devoted their lecture to their work on underground construction projects in Azerbaijan, India, Norway and Hong Kong.

Už název druhého Tunelářského odpoledne uskutečněného v roce 2014 dal tušit, že se bude vymykat běžnému rámci tradičních seminářů. Jeho tématem totiž byli *Čeští tuneláři ve světě*. Již při prvním oslovení byli budoucí řečníci požádáni, aby protentokrát prezentovali nejen technickou stránku podzemních staveb, ale aby část přednášek věnovali postřehům ze zahraničí, často dost exotických zemí, porovnání způsobu výstavby, ale také přístupu místních lidí a zvyklostem panujícím ve vzdálených i bližších koutech světa. Též se posluchači mohli seznámit s trávením volného času českých tunelářů a s jejich dalšími zkušenostmi z jednotlivých oblastí. Tunelářské odpoledne zahájil prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., a jeho průběh řídil doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D.

SWISS TUNNEL CONGRES 2014 V LUZERNU SWISS TUNNEL CONGRES 2014 IN LUCERNE

The Swiss Tunnelling Society (FGU) held the already traditional Swiss Tunnel Congress (STC) at the Congress and Cultural Centre in Lucerne on 11th June through to 13th June 2014. Last year, this congress was incorporated as one of technical sections into the WTC 2013 in Geneva. An afternoon colloquium with the main topic on “*Anchoring in Tunnel Construction*” was held on Wednesday the 11th June. The lectures were focused on the anchoring of excavation faces in the process of conventional tunnelling. Subsequently, on Thursday, the standard all-day conference took place, whilst technical excursions to underground construction sites in Switzerland were organised on Friday. The attendance to this congress reaches about 800 visitors as a standard (830 this year). The colloquium was this year attended by the record number of 350 visitors. Even though it is a national Swiss

Přednášky zahájili Ing. Radek Bernard a Ing. Ondřej Kostohryz (Arcadis CZ a. s.). Podělili se se svými zkušenostmi a zážitky ze supervize vysokorychlostní železnice v Číně. Ing. Aleš Richter (Metrostav a. s.) hovořil o podzemních stavbách na Islandu, o obtížných klimatických podmínkách, které ztěžují vlastní stavební práce i život jeho obyvatel. Člověk, který je zvyklý na naše podnebí, si musí zvyknout nejen na nízké teploty, ale také na nedostatek světla, který může nepříznivě ovlivňovat lidskou psychiku. Dalším řečníkem byl Ing. Aristotelis Caravanas, jenž je čtenářům známý odbornými články v časopise Tunel především z Dálného východu. Porovnával projekty, na kterých se podílel v Pákistánu, Nepálu, ale i v evropském Islandu.

Po přestávce vystoupili tři řečníci ze společnosti 3G Consulting Engineers, s. r. o. s přednáškou o projektech realizovaných v Arménii, Indii-Kašmíru a Íránu. Arménie na jedné straně je pro nás dost blízká země, i když se nachází v Asii, protože převládající křesťanství ji spojuje s Evropou. Naproti tomu Indie a Írán jsou nám myšlením i stavebními zvyklostmi dost vzdálené.

Předposlední přednáška se od ostatních značně lišila – týkala se jediné jihoamerického kontinentu – projektu metra v Santiagu de Chile. Jednou z mnoha zajímavostí byla skutečnost o velmi častých zemětřeseních, kterým musí odolávat i podzemní stavby, a také reakce místních obyvatel na ně. Chilané považují seismickou činnost za natolik přirozenou součást svého života, že jí téměř nevěnují pozornost.

Tunelářské odpoledne bylo zakončeno přednáškami společnosti Mott MacDonald CZ, spol. s r. o. Ing. Petr Makásek, Ing. Jan Korejčík a Ing. Michal Uhrin vylíčili své působení na podzemních stavbách v Ázerbájdžánu, Indii, Norsku a Hongkongu.

Množství účastníků převyšující osmdesátku opět ukázalo, že témata Tunelářských odpolední jsou pro členy CzTA zajímavá a přínosná. Doufejme, že tak tomu bude i nadále. Každý člen asociace má možnost se na návrhu témat i přípravě seminářů podílet. Během října budou opět členské organizace i jednotlivci vyzváni k návrhu témat na rok 2015. Proto, pokud někdo má zajímavý nápad i chuť se organizaci některého z dalších Tunelářských odpolední věnovat, může své návrhy zaslat do sekretariátu asociace.

Většinu prezentací přednesených na TO 2/14 lze vyhledat na www.ita-aites.cz.

ING. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, PH.D.,
pruskova@ita-aites.cz, CzTA ITA-AITES

congress, it was attended, as usual, about one hundred of foreign delegates, mostly from German-speaking countries (Austria and Germany).

Ve dnech 11. 6. až 13. 6. uspořádala švýcarská tunelová asociace FGU (Fachgruppe für Untertagbau) v Kongresovém a kulturním centru Luzernu tradiční švýcarskou tunelářskou konferenci (STC). V minulém roce byla tato konference zahrnuta jako jedna z odborných sekcí WTC 2013 v Ženevě. Ve středu 11. června se konalo odpolední kolokvium s hlavním tématem „*Kotvení v tunelovém stavitelství*“ se zaměřením přednášek na kotvení čeleb při ražbách klasickým konvenčním způsobem. Ve čtvrtek pak proběhla standardní celodenní konference a v pátek byly organizovány odborné exkurze na podzemní stavby ve Švýcarsku. Účast na této konferenci

standardně dosahuje kolem 800 návštěvníků (letos 830), kolokvia se letos zúčastnilo rekordních 350 návštěvníků. Přestože jde o národní švýcarskou konferenci, zúčastnilo se jí jako obvykle kolem stovky zahraničních delegátů, převážně z německy mluvících zemí (Rakousko a Německo). Letos byla signalizována relativně velká účast rusky mluvících delegátů (kolem dvaceti účastníků), na což pořadatelé promptně zareagovali rozšířením simultánních překladů kromě standardní angličtiny, italštiny a francouzštiny i o ruštinu. Oproti předchozím ročníkům byly přednášky tentokrát přesunuty do velkého koncertního sálu, který umocnil atmosféru této konference.

Témata přednášek na konferenci byla jako obvykle rozdělena do několika bloků, tentokrát však tyto bloky nebyly tematicky nijak zaměřeny – prostě všeho chut' opravdu excelentních přednášek z oblasti podzemních staveb. Z celkových šestnácti referátů bylo letos prezentováno sedm zahraničních staveb či projektů. Výběr přednášek pro prezentaci na STC je opravdu velmi přísný – úspěšnost přihlášených referátů pro prezentaci na konferenci se pohybuje pod 40 %. Přednáší se převážně německy, ale také anglicky a francouzsky. Závěr hlavního konferenčního dne představuje tradičně kulinářský zážitek – večeře v luxusním hotelu Schweizer Hof.

Odborné exkurze v třetím dnu konference jsou vždy perfektně organizovány. V letošním roce byly na výběr následující stavby ve Švýcarsku:

- a) Novostavba silničního obousměrného tunelu Galgenbuck pod částí města Schaffhausen. Velmi zajímavá stavba klasicky tržavinami raženého dvou- až třípruhového tunelu kruhového profilu pod zastavěným územím, který navíc těsně podchází železniční tunel německých drah (DB) na švýcarském území. Poměrně drastická omezení hluku, prašnosti a vibrací v zastavěném území znamenají, že tento zhruba kilometrový tunel se bude stavět více než pět let. Kruhový profil má v tomto případě logické zdůvodnění – prostor pod vozovkou je využit jako kabelová, instalační a současně úniková chodba.
- b) Tunel Rosshäusern v Bernském kantonu – nový dvoukolejný železniční tunel jako náhrada za stávající nevyhovující jednokolejný tunel. Zajímavě je řešeno uložení vyrubané horniny (sladkovodní sedimenty – pískovce, prachovce, slínovce apod.) v celkovém objemu cca 400 000 m³, která je pro další zpracování na této stavbě více méně nevyužitelná. Cca 700 m od východního



Obr. 2 Montáž pevné jízdní dráhy v Gotthardském bázovém tunelu
Fig. 2 Slab track installation in the Gotthard Base Tunnel



Obr. 1 Přednáškový a koncertní sál KKL Luzern
Fig. 1 KKL Lucerne lecture and concert hall

portálu se otevřela nová pískovna/šterkovna, která bude po vytěžení potřebné kubatury písků a šterků zavezena právě vyrubanou horninou a zpětně revitalizovaná do původního stavu. Pískovna bude vytěžována přednostně na úkor jiných pískoven v regionu, aby se co nejdříve dosáhlo potřebné kapacity pro uložení rubaniny. Mezitím musí být hornina z tunelu uložena na několika mezideponiích v okolí obou provizorních portálů. Úniková cesta z tunelu, nutná podle nejnovějších bezpečnostních předpisů, je řešena 50 m hlubokou šachtou asi uprostřed délky tunelu. V patě šachty jsou pak umístěny technologické prostory, aby se minimalizovaly zábory a prostory kolem definitivních portálů.

- c) Tunel de Choindez v kantonu Jura – dálniční tunel délky přes 3 km, kde v současné době probíhá betonáž sekundárního ostění.
- d) Gotthardský bázový tunel (GBT) – úsek Biasca / Faido, kde v současnosti již probíhá v jedné tunelové troubě zkušební provoz, ve druhé troubě je pokládána pevná jízdní dráha. Účastníci exkurze měli možnost vjet vlakem do tunelu, po šestnáctikilometrové jízdě vystoupit a prohlédnout si plně vybavenou tunelovou propojku, pěšky dojít do multifunkční stanice Faido, kde probíhá montáž a zkoušky výhybek pro přejezd vlaku do sousední tunelové trouby, a po prohlídce únikových prostor vyjet na povrch přístupovou štolou Faido. Na povrchu jsou k vidění zajímavě tvarované objekty pro nasávání a výdech větrání tunelu a multifunkční stanice Faido. Tunelové propojky jsou v GBT situovány v rozestupu 330 m a propojují oba tratěvé tunely vzdálené od sebe 40 m. Vlastní multifunkční stanice Faido o délce asi 1700 m tvoří dvě nouzová nástupiště/zastávky, propojovací tunely pro přejezd vlaků do sousední trouby a doprovodné únikové a větrací štoly.
- e) Bázový tunel Ceneri – úsek Sigirino v kantonu Ticino. Po GBT je to druhý nejdelší bázový tunel na trati Zürich – Milan ve Švýcarsku. V Sigirinu je obdobně jako ve Faido vybudována přístupová štola a startovací kaverna pro ražby tunelů v obou směrech.

Součástí obdržených materiálů pro každého účastníka konference byl jako každoročně perfektně knižně vázaný sborník na křídovém papíře se všemi přednáškami.

ING. VLASTIMIL HORÁK,
AMBERG Engineering Brno, a. s.

TUNELÁŘSKÉ SYMPOZIUM V MNICHOVĚ 2014 MUNICH TUNNELLING SYMPOSIUM 2014

The German university of defence in Munich, jointly with STUVA, the German tunnelling committee, organise bi-annual one-day tunnelling symposiums on the premises of the Universität der Bundeswehr München in Neubiberg. The already fourth bi-annual symposium was held on 23rd May. The number of attendees can be estimated at 250 up to 300 delegates. The technical blocks of the symposium comprised the concept and experience with fire safety of structural components of tunnels, urban tunnels – newly built structures, rehabilitation, additional changes associated with increased safety requirements, contractual issues and specifics of tunnel construction contracts from the point to view of the project owner as well as the contractor and selected outstanding current tunnel structures or underground structures.

Každé dva roky se v Mnichově v prostorách areálu Universität der Bundeswehr München v Neubibergu (jižní okrajová část Mnichova) koná poměrně nenápadná a relativně málo propagovaná akce německých tunelářů, pořádaná německou univerzitou obrany v Mnichově společně s německou tunelářskou asociací STUVA. V letošním roce se dne 23. 5. konalo již čtvrté jednodenní tunelářské sympozium v pořadí. Počet účastníků letošního sympozia lze odhadnout na asi 250 až 300 delegátů.

Tematickými bloky sympozia byly:

- Koncepce a zkušenosti s požární odolností stavebních částí tunelů;
- Městské tunely – novostavby, sanace, dodatečné úpravy v souvislosti se zvýšenými požadavky na bezpečnost;
- Smluvní náležitosti a specifika tunelových zakázek z pohledu investora i zhotovitele;
- Vybrané výjimečné aktuální tunelové či podzemní stavby.

Bylo prezentováno celkem 17 velmi zajímavých přednášek. V oblasti požární odolnosti a bezpečnostního vybavení, resp. dodatečného vystrojování a úprav silničních i železničních tunelů podle nejnovějších předpisů, lze konstatovat obdobný stav jako u nás. Přestože jsou v německy mluvícím evropském regionu legislativa a technické předpisy výrazně srozumitelnější a jednoznačnější než u nás, problémy s dodržením požadovaných úrovní požární odolnosti a vybavení tunelů jsou obtížně řešitelné až někdy neřešitelné. Smluvní náležitosti tunelových zakázek bývají většinou velmi nudné téma, nikoliv však zde. Unizono zazníval ve všech přednáškách jeden velmi důležitý motiv – všichni účastníci podílející se na přípravě a následně na stavbě tunelu musí tvořit jeden tým s jediným společným cílem toto dílo úspěšně realizovat. Jakmile nad tímto společným cílem začne u kteréhokoli z účastníků výstavby převažovat v kterékoliv fázi subjektivní zájem (finanční, politický, prosazování, resp. zviditelňování se na úkor ostatních), je to vždy špatně a doplácí na to všichni účastníci včetně stavby samotné. Při pohledu na naši tuzemskou tunelářskou scénu a v nedávné době realizované tunelové stavby nelze než s tímto názorem německých kolegů plně souhlasit.

Sympozium je čistě „německy mluvící“. Sborník v tištěné podobě a CD se všemi příspěvky jsou samozřejmostí. Lze jen vřele doporučit účast na příštích ročnících i vzhledem k relativně malému účastnickému poplatku 140 eur a snadné dostupnosti. Informace o tomto sympoziu, minulých a připravovaných lze nalézt rovněž na stránkách www.fvki.de nebo www.tbsm.de.

ING. VLASTIMIL HORÁK, AMBERG Engineering Brno, a. s.

AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLICE CURRENT NEWS FROM THE CZECH AND SLOVAK UNDERGROUND CONSTRUCTION

ČESKÁ REPUBLIKA

SOUBOR STAVEB MO V ÚSEKU MYSLBEKOVA – PELC-TYROLKA (BLANKA)

Stavební práce na tunelovém komplexu Blanka pokračují podle harmonogramu a podle podmínek rozhodnutí rozhodčího soudu po obnovení prací v dubnu letošního roku.

Těžiště všech prací se již definitivně přesunulo k dodavateli technologie firmě ČKD. V současné době se připravují komplexní zkoušky technologického zařízení a probíhají jednání o konečném termínu zprovoznění celé stavby vzhledem k složitosti tohoto zařízení.

Finišují také práce na dokončení Trojského mostu, kde by zatěžovací zkoušky plánované na srpen tohoto roku měly prokázat kvalitu a užitnost celé konstrukce.

PRODLOUŽENÍ TRASY METRA V.A

Výstavba provozního úseku metra V.A postupně přechází do konečné fáze své realizace.

Ve stanici Nemocnice Motol se dokončuje podchod pod ulicí Kukulova, který zajistí bezbariérový přístup do nemocnice a současně umožní vrátit pro motoristy tolik důležitou komunikaci do její původní stopy. Dále se zde dokončují

THE CZECH REPUBLIC

CONSTRUCTION LOTS WITHIN MYSLBEKOVA – PELC-TYROLKA SECTION OF THE CITY CIRCLE ROAD (BLANKA TUNNEL)

Construction work on the Blanka complex of tunnels continues after the works resumption in April 2014 in accordance with the programme and in compliance with the conditions of the decision of the Arbitration Court.

The centre of gravity of all operations has already been definitely shifted to ČKD Praha DIZ, the contractor for technology. At the moment, comprehensive testing of technological equipment is under preparation and negotiations over the final deadline for the opening of the entire project to traffic, taking into consideration the complexity of the facility, are underway.

The work on the Troja Bridge is also finishing. The loading tests planned for August 2014 should prove the quality and utility of the entire structure.

METRO LINE V.A EXTENSION

The construction of the 5th operational section of the Metro Line A (the Metro V.A) gradually passes to the final phase of its realisation.

obklady stěn nástupiště a probíhá příprava na pokládku dlažby na nástupišti.

V ražených stanicích Petřiny, Nádraží Veleslavín a Bořislavka pokračují práce na pokládce keramické dlažby na nástupištech a obkladech stěn. Probíhají montáže eskalátorů a současně byly zahájeny i montáže výtahů.

V povrchových částech všech stanic probíhá definitivní úprava komunikací a chodníků, a to zejména v okolí jejich vestibulů a podchodů.

Dodavatel technologické části a zabezpečovacího zařízení úspěšně pokračuje v montáži těchto zařízení stejně jako v montáži kabelových tras ve stanicích a traťových tunelech.

Ve stanici Dejvická, kde se napojuje stávající na nově budovaný provozní úsek, probíhá montáž tlakového uzávěru.

Provozní úsek metra V.A byl již také připojen do energetické sítě a bylo zahájeno postupné zprovoznění jeho energetické páteře ve směru od stanice Nemocnice Motol.

MODERNIZACE TRATI ROKYCANY – PLZEŇ

Dne 25. 6. 2014 zástupci zhotovitele i za účasti objednatele převzali plnoprofilový mechanizovaný štít EPB v německém Schwanau. Stroj vyrobila firma Herrenknecht a Metrostav s jeho pomocí vyrazí dva jednokolejné tunely v celkové délce 8150 m, vnitřní světlosti 8,70 m a vnějším průměru 9,84 m.

Z pohledu přípravy území pro start tunelovacího komplexu v současné době probíhá zajišťování a hloubení vjezdového portálu včetně zářezu v úrovni 1. kotevní úrovně, tak aby vlastní ražby mohly být zahájeny ještě s koncem tohoto roku. Stávající stav totiž komplikuje přítomnost archeologů, kteří v daném prostoru ještě stále provádějí záchranný archeologický výzkum.

Další nezbytnou součástí celé technologie je výroba segmentů, jejichž zkušební výroba bude zahájena 14. 7. 2014 s předpokladem njetí plné výroby od 1. 8. 2014, a to v obci Dýšina v bezprostřední blízkosti stavby.

Ve zbývajícím stopě trati mimo tunelovou část potom probíhají práce na železničním spodku, konstrukcích mostů a propustků a rekonstrukci železniční stanice Ejovice.

ING. BORIS ŠEBESTA, *sebesta@metrostav.cz*,
METROSTAV a. s.,
ING. JAN VINTERA, *jvintera@subterra.cz*,
SUBTERRA a. s.



Obr. 1 Prorážka železničního tunelu Sudoměřice
 Fig. 1 Sudoměřice railway tunnel breakthrough

The pedestrian subway under Kukulova Street is being finished at Nemocnice Motol station. It will ensure a barrier-free access to the Motol hospital and, at the same time, will allow for returning the road so much important for motorists to its original footprint. In addition, the cladding of platform walls is being finished in the station and the preparation for laying tiles on the platform is underway.

The work on laying ceramic tiles on platforms and cladding the walls has proceeded in Petřiny, Nádraží Veleslavín and Bořislavka mined stations. The installation of escalators is underway and the assembly of lifts was started simultaneously.

Roads and pavements are receiving final treatment in the at-grade parts of all stations, in particular in the vicinity of their concourses and pedestrian subways.

The contractor for the technology part and the interlocking system successfully continues to install the equipment and to assemble cable routes in stations and running tunnels.

A pressure resistant gate is being assembled in Dejvická station, in the location where the existing operational section of the Line A connects to the newly built section.

The connection of the 5th operational section of the metro line A to the energy network has been finished and the gradual process of bringing its energy spine into operation has commenced in the direction from Nemocnice Motol station.

MODERNISATION OF ROKYCANY – PLZEŇ RAILWAY TRACK SECTION

On 25th June 2014, representatives of the construction contractor in the presence of the project owner took the full-face EPB tunnelling machine in Schwanau, Germany, over. The machine was manufactured by Herrenknecht AG. Metrostav a. s. will use it for driving two single-track tunnels at the total length of 8150m. The inner tunnel diameter and the excavated cross-sectional profile diameter are 8.70m and 9.84m, respectively.

Regarding the preparation of the site for launching the tunneling complex, the current work lies in stabilising and excavating the entrance portal, including the open cut at the 1st anchoring level so that the tunnel excavation itself can commence about the end of this year. The reason is the fact that the state is complicated by the presence of archaeologists, who still continue to carry out the saving archaeological investigation.

Another essential part of the whole technology is the production of segments. The trial production will be commenced on 14th July 2014, with the assumption that the full production will start in the village of Dýšina, in the immediate vicinity of the construction site, on 1st August 2014.

In the remaining footprint of the railway track, apart from the tunnelled part, the work proceeds on the track bed, the structures of bridges and culverts and on the reconstruction of the Ejovice railway station.

ING. BORIS ŠEBESTA, *sebesta@metrostav.cz*,
METROSTAV a. s.,
ING. JAN VINTERA, *jvintera@subterra.cz*,
SUBTERRA a. s.

SUDOMĚŘICE RAILWAY TUNNEL BREAKTHROUGH

The 444m long double-track railway tunnel on the Sudoměřice – Tábor rail track broke through on 5th June 2014. The tunnel was driven from the southern portal in the direction of the northern portal using the NATM and the top heading broke through into the construction pit at the northern portal. An interesting fact

PRORÁŽKA ŽELEZNIČNÍHO TUNELU SUDOMĚŘICE

Dne 5. 6. 2014 byl proražen dvoukolejný železniční tunel Sudoměřice o délce 444 m na tratovém úseku Sudoměřice – Tábor. Tunel byl ražen směrem od jižního k severnímu portálu pomocí NRTM a prorážka kaloty proběhla do jámy na severním portálu. Zajímavostí této stavby je, že prorážka tunelu se konala přesně půl roku po vysvěcení sošky sv. Barbory na jižním portálu tunelu a zahájení ražeb dne 5. 12. 2013. V době vydání časopisu je ražba tunelu ukončena, probíhají práce na betonáži patek definitivního ostění, instalaci hydroizolací a drenáží. Výstavba IV. tranzitního železničního koridoru z Prahy do Tábora, Českých Budějovic a dále směrem na rakouský Linec se tak posunula zase o kousek dál. Fotoreportáž z prorážky si je možné prohlédnout na stránkách tohoto čísla časopisu TUNEL.

*ING. LIBOR MAŘÍK, libor.marik@ikpce.com,
IKP Consulting Engineers, s. r. o.*

SLOVENSKÁ REPUBLIKA TUNEL ŠIBENIK

Na stavbe diaľničného tunela Šibenik dĺžky 588 m bolo dokončené razenie v oboch tunelových rúrach. Slávnostná prerážka sa uskutočnila dňa 21. 3. 2014. V tomto období bola ukončená betonáž sekundárneho ostenia v severnej tunelovej rúre a začína príprava na betonáž južnej tunelovej rúry. Tunel Šibenik bude súčasťou úseku diaľnice D1 Jánovce – Jablonov s celkovou dĺžkou 9,5 km. Zhotoviteľom stavby je združenie Eurovia SK, a. s., Eurovia CS, a. s., Stavby mostov Slovakia, a. s. Ukončenie stavby a uvedenie diaľničného úseku do prevádzky sa predpokladá v roku 2015.

TUNELY POĽANA A SVRČINOVEC

Na stavbe diaľnice D3 Svrčinovec – Skalité, ktorej súčasťou sú aj tunely Poľana (890 m) a Svrčinovec (445 m) v súčasnosti sa začalo razenie tunela Poľana prvými zábermi a prebieha príprava na razenie tunela Svrčinovec, ktorého začiatok je plánovaný na 8/2014. Výstavbu úseku zabezpečí združenie štyroch spoločností Váhovstav – SK, a. s., Doprastav, a. s., Strabag, a. s. a Metrostav SK a. s.

TUNELY OVČIARSKO A ŽILINA

Na úseku diaľnice D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka, ktorého súčasťou sú tunely Ovčiarisko (2367 m) a Žilina (651 m) v súčasnosti finišujú projekčné práce na tunel Ovčiarisko a v období niekoľkých týždňov dôjde aj k začiatku raziacich prác. Začiatok razenia tunela Žilina sa predpokladá až na obdobie koncom roka 2014. Danú stavbu realizuje združenie Doprastav, a. s., Váhovstav – SK, a. s., Strabag, a. s. a Metrostav SK a. s.

TUNEL ČEBRAŤ

Na úseku diaľnice D1 Hubová – Ivachnová, ktorého súčasťou je tunel Čebrať (1994 m), v súčasnosti finišujú projekčné práce na razenie tunela, ale zároveň sa začínajú aj razičské práce na východnom portáli. Samotná realizácia razenia je plánovaná na 8/2014. Zhotoviteľom stavby bude združenie spoločností OHL a Váhovstav – SK, a. s.

TUNEL POVAŽSKÝ CHLMEC

Na úseku diaľnice D3 Žilina Strážov – Žilina Brodno, ktorého súčasťou je aj tunel Považský Chlmec (2250 m) došlo k započatiu prác dňom 30. 6. 2014. Ďalej bude nasledovať

regarding this construction is that the breakthrough took place exactly half a year after the Saint Barbara statuette consecration at the southern portal of the tunnel and the commencement of tunnelling operations on the 5th December 2013. At the moment of issuing the journal, the tunnel excavation has been finished, the casting of the final lining concrete footings is in progress and the waterproofing and drainage installation is underway. The construction of the 4th transit corridor from Prague to Tábor, České Budějovice and further toward Linz, Austria, has therefore taken another short pace ahead. A picture report from the breakthrough is available on pages of this TUNEL journal issue.

*ING. LIBOR MAŘÍK, libor.marik@ikpce.com,
IKP Consulting Engineers, s. r. o.*

THE SLOVAK REPUBLIC ŠIBENIK TUNNEL

Tunnel excavation activities were finished in both tubes of the 588m long Šibenik motorway tunnel. The breakthrough ceremony took place on 21st March 2014. The casting of the secondary concrete lining has currently been completed in the northern tunnel tube and the preparation for the casting in the southern tunnel tube is underway. The Šibenik tunnel will be part of the 9.5km long Jánovce – Jablonov section of the D1 motorway. The contractor for the construction is a consortium formed by Eurovia SK, a. s., Eurovia CS, a. s., and Stavby mostov Slovakia, a. s. The completion and opening of the motorway section to traffic is expected in 2015.

POĽANA AND SVRČINOVEC TUNNELS

Regarding the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway construction, with the Poľana tunnel (890m) and the Svrčinovec tunnel (445m) forming its parts, the excavation of the Poľana tunnel has currently started by initial excavation rounds; the preparation of the excavation of the Svrčinovec tunnel, the commencement of which is planned for August 2014, is underway. The construction of this motorway section will be ensured by a consortium of companies consisting of Váhovstav – SK, a. s., Doprastav, a. s., Strabag, a. s., and Metrostav SK, a. s.

OVČIARSKO AND ŽILINA TUNNELS

In the Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway, parts of which are the Ovčiarisko tunnel (2367m long) and Žilina tunnel (651m long), the work on the design for the Ovčiarisko tunnel is finishing and the tunnel excavation will commence in several weeks. The beginning of the Žilina tunnel excavation is assumed to take place at the end of 2014. The construction is being realised by a consortium formed by Doprastav, a. s., Váhovstav – SK, a. s., Strabag, a. s., and Metrostav SK, a. s.

ČEBRAŤ TUNNEL

In the Hubová – Ivachnová section of the D1 motorway, a part of which is the Čebrať tunnel (1994m), the work on the design for the tunnel excavation is currently finishing, but the excavation is concurrently starting at the eastern portal. The excavation of the tunnel itself is planned for August 2014. The construction contractor will be a consortium formed by OHL and Váhovstav – SK, a. s.

POVAŽSKÝ CHLMEC TUNNEL

In the Žilina Strážov – Žilina Brodno section of the D3 motorway, a part of which is even the Považský Chlmec tunnel (2250m), the work commenced on the 30th June 2014. The designing work

projekčná činnosť na jednotlivých objektoch, ako aj na projektovaní tunela. Predpokladané začatie razenia tunela Považský Chlmec je plánované na koniec roka 2014. Zhotoviteľom stavby je združenie Eurovia a. s., Hochtief a. s. a Stavby mostov Slovakia, a. s.

TUNEL VIŠŇOVÉ

S výstavbou najočakávanejšieho tunela na Slovensku, tunela Višňové (7500 m), ktorý je súčasťou úseku diaľnice D1 Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala, sa začalo dňa 27. 6. 2014. Zhotoviteľom úseku je združenie firiem SALINI-IMPREGILO a Dúha, a. s. Pri samotnej výstavbe bude prebiehať aj projekčná činnosť, nakoľko pôvodné riešenie tunela podľa platného stavebného povolenia je úplne zmenené. Dôjde k zachovaniu už jestvujúcej štôlne Višňové, ktorá slúžila ako prieskumné dielo. Začiatok samotnej výstavby sa predpokladá na jar v roku 2015.

ING. MILAN MAJERČÍK, *milan.majercik@ndsas.sk*,
NÁRODNÁ DIAĽNIČNÁ SPOLOČNOSŤ, a.s.

on individual structures and the tunnel will follow. The beginning of the Považský Chlmec tunnel excavation is planned for the end of 2014. The construction contractor is a consortium consisting of Eurovia, a. s., Hochtief, a. s. and Stavby Mostov Slovakia, a. s.

VIŠŇOVÉ TUNNEL

The construction of the most expected tunnel in Slovakia, the Višňové tunnel (7500m), which is a part of the Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala section of the D1 motorway, commenced on the 27th June 2014. The contractor for the construction of this section is a consortium formed by SALINI-IMPREGILO and Dúha, a. s. The work on the design will continue during the course of the construction work because of the fact that the original solution to the tunnel according to the valid building permit has been completely changed. The existing Višňové gallery, which served as an exploratory working, will be maintained. The beginning of the construction itself is expected in 2015.

ING. MILAN MAJERČÍK, *milan.majercik@ndsas.sk*,
NÁRODNÁ DIAĽNIČNÁ SPOLOČNOSŤ, a.s.

VÝROČÍ / ANNIVERSARIES

ŽIVOTNÍ JUBILEUM – 70 LET ING. LUDVÍKA ŠAJTARA, JEDNATELE A GENERÁLNÍHO ŘEDITELE SATRA, SPOL. S R. O.

LIFE JUBILEE – 70TH ANNIVERSARY OF ING. LUDVÍK ŠAJTAR, THE ACTING SECRETARY AND GENERAL MANAGER OF SATRA, SPOL. S R. O.

V červenci letošního roku se v plném pracovním nasazení dožívá významného životního jubilea náš kolega a generální ředitel společnosti SATRA, spol. s r. o., pan Ing. Ludvík Šajtar.

Narodil se 7. 7. 1944 v Pardubicích. V letech 1963 až 1968 studoval na ČVUT Praha, Fakultě strojní. Studium ukončil státní závěrečnou zkouškou s vyznamenáním.

Během své odborné praxe pracoval v letech 1968 až 1990 jako vedoucí projektant technologických staveb ve Vojenském projektovém ústavu Praha. V roce 1990 byl jmenován vedoucím atelieru speciálních a podzemních staveb VPÚ Praha. Od roku 1991, po založení společnosti Satra, spol. s r. o., zastává funkci jejího jednatele a ředitele. Od roku 2007 do dnešních dnů je jednatelem a generálním ředitelem Satra, spol. s r. o.

Profesní kariéru začal v roce 1968 nástupem do 6. atelieru speciálních a podzemních staveb Vojenského projektového ústavu v Praze jako projektant vodohospodářské a technologické skupiny. Během několika dalších let rozšířil svoji specializaci o obory nezbytné pro provoz speciálních a podzemních staveb, zejména vzduchotechniku, chlazení, zásobování elektrickou energií a řízení technologických systémů. Rychle se vypracoval na zástupce vedoucího skupiny technologie. Zároveň pracoval na mnoha projektech v oblasti podzemních staveb jako hlavní technolog. Odbornost získaná studiem na vysoké škole, doplněná rozšířením jeho znalostí v oblasti provozní technologie mu umožňovala podílet se již v prvních fázích projektů na celkové koncepci a koordinaci projektů. Pracoval i na projektech a tvorbě norem v oboru trvalých ochranných staveb civilní obrany. Pracoval také na přípravě a realizaci koncepcí



In July 2014, Ing. Ludvík Šajtar, our colleague and general director of SATRA, spol. s r. o., celebrated an important anniversary, fully committed to his work.

He was born on 7th July 1944 in Pardubice. From 1963 to 1968 he studied at the Faculty of Mechanical Engineering of the Czech Technical University in Prague. He concluded the studies by a final state exam with honours.

During the course of his professional practice, he worked from 1968 to 1990 in the position of chief designer for technology structures at the Military Design Institute (MDI) in Prague. In 1990 he was appointed the chief of a design studio for special and underground

round structures of MDI Prague. From 1991, after the foundation of Satra, spol. s r. o., he was in the position of its acting secretary and director. Since 2007 till now, he has been in the position of the acting secretary and general director of Satra, spol. s r. o.

He started his professional career in 1968 by entering Studio No. 6 for special and underground structures of the Military Design Institute in Prague, working in the position of a designer in the group for water resources and technology. During the course of several subsequent years he broadened his specialisation by adding branches necessary for the operation of special and underground structures, mainly ventilation, cooling, power supply and the management of technology systems. He quickly worked his way up to the position of the deputy head of the technology group. At the same time he worked on numerous designs in the field of underground structures in the position of a chief technologist. The expertise obtained by the university studies and supplemented by widening his knowledge in the area of operational technology allowed him to participate in the overall concepts and coordination of designs already from the initial designing stages. He, in addition, worked on designs and the development of standards in the field of permanent civil defence structures. He even worked on the preparation and

ochranného systému pražského metra včetně projektů několika technologických center.

V období sametové revoluce byl jedním z hlavních představitelů změn ve struktuře ateliéru a nové koncepcie přípravy a realizace projektů. Novým vedením VPÚ Praha byl v roce 1990 jmenován vedoucím 6. ateliéru VPÚ Praha. Se změnami a koncepcí nového vedení VPÚ Praha však nebyl zcela ztotožněn, a proto se svým dlouholetým spolupracovníkem a přítelem, stavebním inženýrem 6. ateliéru Ing. Josefem Dvořákem, založili v červenci roku 1991 společnost Satra, spol. s r. o. Jako mnoho dalších satelitů VPÚ Praha odešli spolu s asi 15 zaměstnanci ateliéru k 1. 4. 1992 na vlastní soukromou profesní dráhu budovat novou a prosperující projektovou a inženýrskou společnost Satra, spol. s r. o.

Odpočátku stavěli na profesních znalostech zaměstnanců a dodnes si firma uchovala a dále rozvíjí své hlavní profesní odbornosti – na projektu ochranného systému Strahovského tunelu, přes projekty tunelů Mrázovka až po tunelový komplex Blanka. Postupně se firma rozrostla na současných 52 zaměstnanců. Z ostatních známějších projektů pod vedením Ing. Šajtara lze uvést například bezpečnostní studii tunelových staveb MO v úseku Barrandovský most – Pelc-Tyrolka, Bezpečnostní dokumentace (rizikové analýzy) dálničních tunelů na D8 a na D47, tunelu Dobrovského v Brně, tunelového komplexu Blanka, Strahovského tunelu a tunelů připravované Radlické radiály. V neposlední řadě i projekty multifunkčního operačního střediska Malovanka na Praze 6, nově navrženého objektu pro řízení tunelových staveb v Praze.

Zásluhou Ing. Šajtara překonala společnost Satra v roce 2007 největší krizový moment v její existenci, a to neočekávané úmrtí Ing. Josefa Dvořáka v nedožitých 60 letech. Na tento odchod vedoucího pracovníka společnosti v období zahájení realizace staveb tunelového komplexu Blanka reagoval Ing. Šajtar jediným možným způsobem. Dal šanci mladým, avšak již zkušeným projektantům.

Ing. Ludvík Šajtar znám od svého nástupu do VPÚ Praha v roce 1975. Od té doby s ním spolupracuji do dnešních dnů. Neuvedl jsem jeho nepřehledné množství členství v profesních organizacích, účast na projektech v zahraničí, zejména ve Slovenské republice, zastupování České republiky v mezinárodních komisích PIARC a dalších, účast na řadě grantových projektů, jazykové znalosti ruštiny a nepřetržité studium angličtiny, včetně mnoha dalších aktivit, v minulosti zejména sportovních, které prožívá ve šťastném a spořádaném rodinném zázemí.

Cením si na něm jeho pracovitost, neustálou touhu po studiu nových odborných znalostí, rovný přístup k zaměstnancům i zákazníkům, organizační schopnosti, snahu o neustálý rozvoj firmy v technickém zabezpečení a profesním růstu projektantů a v lidském přístupu k problémům zaměstnanců ve firmě.

K životnímu jubileu i do dalších let přejí všichni spolupracovníci a kolegové prožití hezkých chvil a zážitků v rodinném kruhu a úspěch v osobním životě, v profesní činnosti mnoho dalších tvůrčích sil, dobrých zákazníků a partnerů při zpracování projektů a také mnoho lukrativních zakázek v oborech činnosti společnosti SATRA, spol. s r. o.

Připijíme tvým oblíbeným rýnským vínem na zdraví, které je to nejdůležitější, co ke šťastnému životu člověk potřebuje.

**PAVEL KNOR, obchodní ředitel,
SATRA, spol. s r. o.**

realisation of the Prague metro protection system, including designs for several service centres.

During the Velvet Revolution, he was one of the main representatives of changes in the Studio structure and the new concept of the preparation and realisation of designs. He was appointed by the new MDI Prague management to the position of the head of Studio No. 6 of the MDI Prague. However, he did not identify himself fully with the changes and the concept adopted by the new MDI Prague management. For that reason he, jointly with Ing. Josef Dvořák, a civil engineer of Studio No. 6 and his long-time collaborator and friend, founded Satra spol. s r. o. in July 1991. Similarly to many other satellites of the MDI Prague, they abandoned the company, together with about 15 employees of the Studio, on the 1st April 1992 to establish their own private careers and build, a new prosperous design and engineering firm, Satra, spol. s r. o.

They built on professional skills of the employees from the very beginning and the firm has maintained the main professional expertise through designs for the Strahov tunnel civil defence system, through designs for the Mrázovka tunnel up to the Blanka complex of tunnels, and has been developing it further on. The firm gradually grew to the current number of employees amounting to 52. From the other better known designs carried out under the leadership of Ing. Šajtar, it is possible to mention, for example, a safety study for tunnel structures on the City Circle Road located within the Barrandov Bridge – Pelc-Tyrolka section, safety-related documents (risk analyses) for motorway tunnels on the D8 and D47 motorways, the Dobrovského tunnel in Brno, the Blanka complex of tunnels, the Strahov tunnel and tunnels on the Radlice Radial Road, which is under preparation. At last but not least, there are designs worth mentioning among them, for example the Malovanka multifunctional operation centre in Prague 6, which has been newly designed for the management of tunnel structures in Prague.

Thanks to Ing. Šajtar, Satra, spol. s r. o. overcame the biggest critical moment experienced during its existence, the unexpected departure of Ing. Josef Dvořák at the age of incomplete 60 years. Ing. Šajtar responded to this departure of company's executive which took place in the process of commencing the realisation of structures on the Blanka complex of tunnels in the only possible way. He gave chance to young, but already experienced, designers.

I have known Ing. Ludvík Šajtar since my entry to MDI Prague in 1975. I have collaborated with him since that time till now. I have not mentioned a plethora of his memberships in professional organisations, his participation in projects abroad, mainly in the Slovak Republic, the representation of the Czech Republic in PIARC and other international committees, his participation in numerous grant projects, his knowledge of Russian and uninterrupted study of English, including many other activities, which were in the past dedicated mostly to sports, which he lives out enjoying the happy and solid family background.

I appreciate him for his diligence, permanent desire for gaining new professional knowledge, the equal attitude toward employees and customers, organisational skills, his effort for uninterrupted development of the firm in the field of technical resources and the professional growth of designers and his human approach to problems of firm's employees.

All employees and colleagues wish him to his anniversary to spend lots of nice moments and experiences in the family circle in the future, success in his private life, a lot of creative forces in his professional activities, good customers and partners during the work on designs and also many lucrative contracts in the fields of SATRA, spol. s r. o. activities.

We are drinking your favourite Rhine wine to your good health, which is the most important thing man needs for happy life.

PAVEL KNOR, Sales Director of SATRA, spol. s r. o.

Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

POHLEDNICE S TEMATIKOU TUNELŮ V ČECHÁCH TUNNELS IN BOHEMIA IN PICTURE POSTCARDS

Na pohlednicích je v ČR nejčastěji zobrazovaným tunelem silniční Vyšehradský tunel v Praze (TUNEL 1/2014). Nejucelenější skupinu staveb potom představují pohlednice s tunely mezi Brnem a Blanskem na Moravě (TUNEL 2/2014). Vedle toho dále nacházíme celou řadu historických, ale kupodivu i zcela nedávných pohlednic, které nám dokládají další tunelové stavby na území ČR, a to především v Čechách. V tomto případě již netvoří (s výjimkou železničních „Říkovských“ tunelů u řeky Jizery a patrně i tunelů okolo řeky Sázavy) žádné historické či regionální skupiny. Nicméně, stejně jako u již uvedených pohlednic, nám dokládají vývoj tunelů jako významných inženýrských staveb a dominant zvláště, stejně jako krajiny v jejich okolí. Zvláštním případem jsou pak pohlednice propagační. V dalším dílu našeho seriálu seznámíme čtenáře časopisu TUNEL s následujícími z nich.

DOC. ING. VLADISLAV HORÁK, CSC.,
ING. RICHARD SVOBODA, PH.D.,
ING. PAVEL ŠOUREK

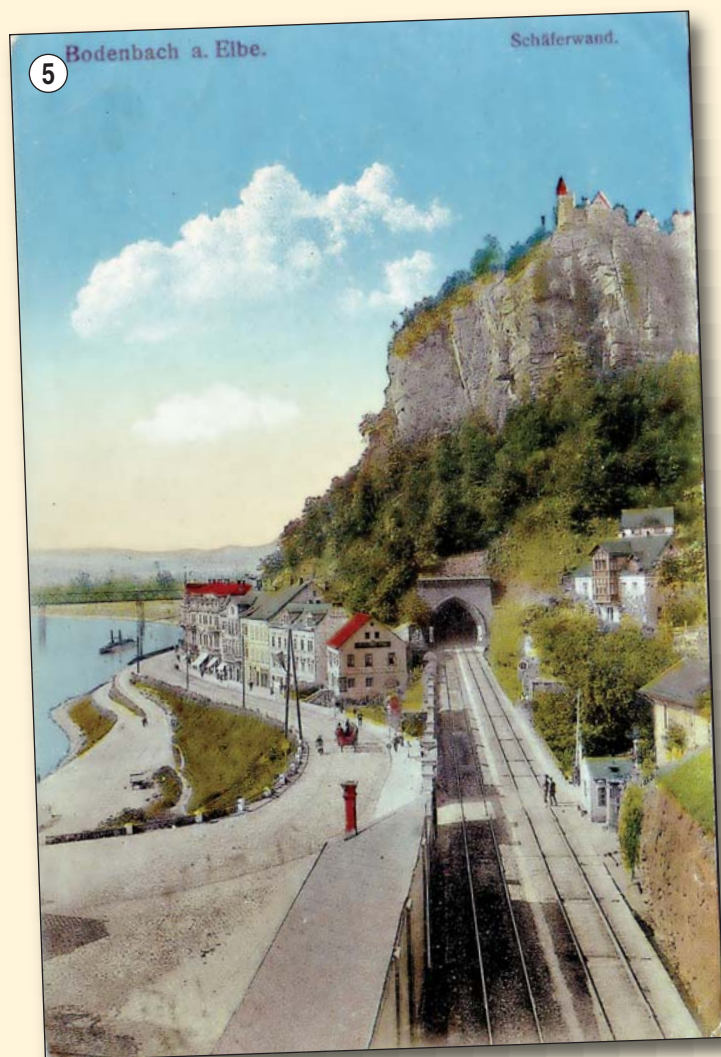
The tunnel which has been most frequently pictured on postcards in the Czech Republic is the Vyšehrad tunnel in Prague (TUNEL 1/2014). The most coherent group of structures is represented by picture postcards showing tunnels between Brno and Blansko in Moravia (TUNEL 2/2014). In addition, we can find a range of historic, but surprisingly very recent picture postcards documenting other tunnel structures in the Czech Republic, mostly in Bohemia, for us. In this case they no more form any historic or regional group (with the exception of the so-called “Říkov” railway tunnels along the Jizera River and, probably, also tunnels in the vicinity of the Sázava River). Nevertheless, they document the development of individual tunnels as important civil engineering structures and dominant features, as well as the development of the landscape in their surroundings. Promotional postcards form a special case. In this part of our series, we are going to acquaint TUNEL journal readers with the following ones.

DOC. ING. VLADISLAV HORÁK, CSC.,
ING. RICHARD SVOBODA, PH.D.,
ING. PAVEL ŠOUREK

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.

Acknowledgements: The article was processed under financial support of the Research Funds No. CZ.1.05/2.1.00/03.0097, within the activities of the Regional Centre AdMaS "Advanced Materials, Structures and Technologies" and by Competence Centres program of Technology Agency of the Czech Republic (TA CR), project Centre for Effective and Sustainable Transport Infrastructure (no. TE01020168).





Popisky k pohlednicím:

Obr. 1 Davle Tunel 1913 ?? [sbírka autorů]

Severní portál „Davelského“ tunelu (dl. 180 m, proražen 1881) na trati Vrané nad Vltavou – Čerčany v těsné blízkosti Vltavy. Stavení na břehu řeky dnes již nestojí, železniční přejezd je již také zrušen.

Obr. 2 Davle – v pozadí Oleško 1937 ?? [sbírka autorů]

Pohlednice, na které jsou naráz zachyceny portály dokonce tří železničních tunelů. Jde o tunely „Davelský“ (vpravo, dl. 180 m), „Libřický“ (uprostřed, dl. 98 m) a „Skochovecký“ (vlevo, dl. 209 m). Všechny jsou jednokolejné a leží na trati Vrané nad Vltavou – Čerčany z roku 1881. Trať se nachází v krásném údolí Vltavy pod jejím soutokem se Sázavou a je dodnes vyhledávána turisty.

Obr. 3 Chocení Tunel 1917. Nakl. Bedřich Strašík, Chocení [sbírka autorů]

Dnes již neexistující železniční tunel na tratovém úseku Chocení – Brandýs nad Orlicí. Měl délku 255,9 m a byl zprovozněn v roce 1845 jako dvoukolejný. V roce 1949 byl snesen a nahrazen zářezem. Pohlednice zobrazuje západní (Chocení) portál tunelu z pohledu od choceníského nádraží.

Obr. 4 Partie z Riegrovy stezky ??, ?? [sbírka autorů]

Jedná se patrně o jižní (semilský) portál tunelu „Říkovský I“ na trati Stará Paka – Liberec. Je délky 297 m a byl zprovozněn roku 1859 jako dvoukolejný; dnes je jednokolejný. Po druhé straně řeky (po skále v popředí) vede tzv. Riegrova stezka – turistická trasa po strmém úbočí s častými vyhlídkami na řeku Jizeru a na protější úbočí právě s železniční tratí a tunely.



Legends to the picture postcards:

Fig. 1 Davle Tunnel 1913 ?? [authors' collections]

The northern portal of the “Davle” tunnel (180m long, broken through in 1881) on the Vrané nad Vltavou – Čerčany railway track, in the immediate vicinity of the Vltava River. The building on the Vltava River bank today no more stands there and the railway crossing was also cancelled.

Fig. 2 Davle – the village of Oleško in the background, 1937 ?? [authors' collections]

The picture postcard showing simultaneously portals of three railway tunnels, namely the “Davle tunnel” (pictured right, 180m long), the “Libřice tunnel” (in the middle, 98m long) and the “Skochovice tunnel” (pictured left, 209m long). All of them are of the single-track design; they are located on the Vrané nad Vltavou – Čerčany rail track developed in 1881. The track is found in a beautiful valley formed by the river Vltava, under its confluence with the river Sázava. It is popular with tourists even today.

Fig. 3 Chocení Tunnel 1917. Publisher Bedřich Strašík, Chocení [authors' collections]

A today no more existing railway tunnel in the Chocení – Brandýs nad Orlicí section. It was 255.9m long and was commissioned in 1845 as a double-track structure. It was removed and replaced by an open cut in 1949. The picture postcard shows the western (Chocení) portal of the tunnel viewed from the Chocení railway station.

Fig. 4 Scenery from Riegr's Path ??, ?? [authors' collections]

It is probably the northern (Semily) portal of the “Říkov tunnel” located on the Stará Paka – Liberec railway track. It is 297m long and was commissioned in 1859 as a double-track structure; today it is a single-track structure. The so-called Riegr's Path runs along the other side of the river (on the rock seen in the forefront), on a steep slope, providing frequent views of the opposite hillside with the railway track and tunnels on it.



Obr. 5 Děčín na Labi – Pastýřská stěna, před rokem 1915. Nakl. Brück & Sohn, Meissen [sbírka autorů]

Poutavá pohlednice s železničním tunelem na tratovém úseku Děčín hl. n. – Dolní Žleb státní hranice. Tunel dnes nese název „Ovčí stěna“, podle významné vyhlídkové dominanty, kterou překonává. Má délku 279 m, byl zprovozněn roku 1849 a má dvě koleje. Na pohlednici je severní (Žlebský) portál s částí levobřežního Labského ná březí.

Obr. 6 125 let Pardubice – Liberec, parní lokomotiva řady 414.404 – nádražní hala v Pardubicích – vlak s T478 při výjezdu z Říkovského tunelu – galerie před Říkovským tunelem – motor řady 296 na patrovém mostě v Libštátě 1985. Vydavatelství Pressfoto Praha [sbírka autorů]

Příležitostná pohlednice zobrazující na dvou svých výšečích železniční tunely na tratovém úseku Stará Paka – Liberec hl. n. Tunel s vyjíždějící lokomotivou dnes nese název „Říkovský II“ (podle úseku skal nad řekou Jizerou, nazývaného Říky). Má dl. 307 m, byl zprovozněn roku 1859 pro dvě koleje, nyní je jednokolejný. Tunel byl původně nevyzděný, až v roce 1891 byla zaklenuta jeho část. Vlak vyjíždí ze severního (Železný Brod) portálu.

Na dalším malém obrázku je vidět lehkou rámovou galerii v jižním (Semily) portálu tunelu „Říkovský III“ (dl. 264,8 m). Tunel byl zprovozněn roku 1859 pro dvě koleje, nyní je jednokolejný. Galerie byla zřízena roku 1959.

Obr. 7 Partie z Pojizeří u Semil, IV. tunel před rokem 1918. Nákladem knihtiskárny Josef Glos v Semilech [sbírka autorů]

Železniční tunel na tratovém úseku Stará Paka – Liberec hl. n. Dnes nese název „Říkovský IV“. Má délku 200,15 m, byl zprovozněn roku 1859 pro dvě koleje a nyní je jednokolejný. Zobrazen je severní portál (na Železný Brod).

Obr. 8 Pozdrav ze Šumavy – U Prokopa – Čertovo jezero – Tunel na Špičáku před rokem 1900. Nakl. knihkupectví Theodor Kopecký v Písku [sbírka autorů]

Typická složená dobová pohlednice, na jejíž jedné výšeči (charakterizující svým tvarem právě tunel) je vyobrazen i portál železničního tunelu na tratovém úseku Železná Ruda Alžbětín – Plzeň. Dnes nese tento tunel název „Špičácký“. Má dl. 1.747,25 m, byl dokončen roku 1878 jako dvoukolejný, přičemž nyní má kolej jednu. Dlouhé roky byl nejdelším tunelem v ČR, až v roce 2007 jej o 11 m překonal tunel Břeženský. Zobrazen je severní portál (ve směru na Hojsovu Stráž).

Obr. 9 Ledeč n/Sázavou ?? N. V. Veselý, Ledeč n/Sáz. [sbírka autorů]

Železniční tunel na tratovém úseku Kácov – Světlá nad Sázavou. Tunel dnes nese název „Hornoledečský“. Má délku 30 m, byl zprovozněn roku 1903 a má jednu kolej. Velmi krátký tunel prochází svahem v bezprostřední blízkosti ledečského hradu. Zobrazen je jeho jihovýchodní portál (ke Světlé n/S).



Fig. 5 Děčín on the Elbe – the Sheppard's Wall, before 1915. Published by Brück & Sohn, Meissen [authors' collections]

An eye-catching picture showing a railway tunnel located in the Děčín main station – Dolní Žleb state border track section. The tunnel is today called “Sheppard's Wall”, according to a remarkable lookout feature above it. It is 279m long, was commissioned in 1849 and houses two tracks. The postcard shows the northern (Žleby) portal and a part of the left bank of the Elbe embankment.

Fig. 6 125th anniversary of the Pardubice – Liberec railway, a 414.404 series steam engine – the station hall in Pardubice – a train pulled by T478 locomotive exiting the Říkov tunnel – the gallery before the Říkov tunnel – No. 296 series engine on the stacked bridge at Libštát in 1985. Pressfoto Praha PublishingHouse [authors' collections]

An occasional picture postcard with two sectors showing railway tunnels in the Stará Paka – Liberec main station track section. The tunnel with a locomotive emerging from it is today called the “Říkov II tunnel” (according to the rocks lining the Jizera River called Říky). It is 307m long and was commissioned in 1859 for two tracks, but today it is a single-track structure. The tunnel was originally without a masonry lining; a part of the tunnel was provided with a vault later, in 1891. The train exits the northern (Železný Brod) portal.

In the next small picture it is possible to see a light-weight framed gallery at the southern (Semily) portal of the “Říkov III tunnel” (264.8m long). The tunnel was commissioned in 1859 for two tracks, today it is a single-track structure. The gallery was installed in 1959.

Fig. 7 Scenery from the Jizera River region near Semily; the 4th tunnel; before 1918. Published by Josef Glos book printing plant in Semily [authors' collections]

The railway tunnel in the Stará Paka – Liberec main station track section is today called “Říkov IV”. It is 200.15m long and was commissioned in 1859 for two tracks, today it is a single-track structure. The picture shows the northern (toward Železný Brod) portal.

Fig. 8 Greetings from the Šumava - U Prokopa – Devil's Lake – Tunnel under Špičák mountain; before 1900. Published by Theodor Kopecký bookstore in Písek [authors' collections]

A typical composite picture postcard showing the portal of the railway tunnel in the Železná Ruda Alžbětín – Plzeň track section in one sector (with the shape characterising a tunnel). This tunnel is today called “Špičácký”. It is 1747.25m long and was commissioned in 1878 as a double-track structure. Today it houses a single track. It used to be for long years the longest railway tunnel in the Czech Republic and it was only in 2007 that it was overcome by the Břežno tunnel with the length by 11m bigger. The picture shows the northern (toward Hojsova Stráž) portal.

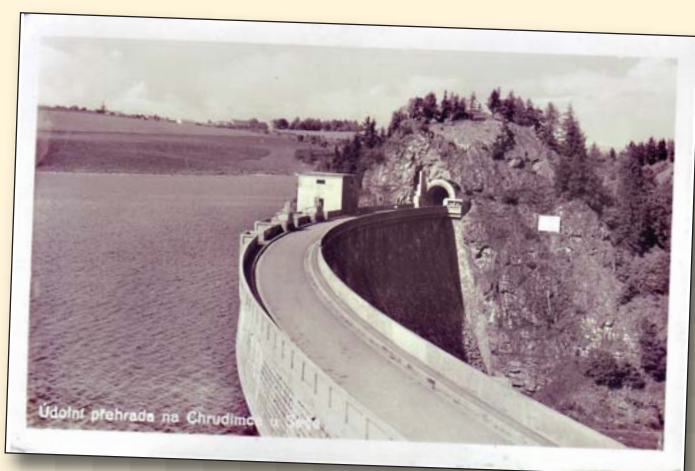
Fig. 9 Ledeč n/Sázavou ?? N. V. Veselý, Ledeč n/Sáz. [authors' collections]

A railway tunnel in the Kácov – Světlá nad Sázavou track section. It is today called the “Upper Ledeč tunnel”. It is 30m long; it was commissioned in 1903 and houses one track. The very short tunnel passes in the immediate vicinity of the Ledeč castle. The picture shows the south-eastern portal (toward Světlá n/S).



Obr. 10 Lokomotiva 753.753 vyjíždí z tunelu u zastávky Mlčechvosty dne 9. dubna 2009. Dopravní vydavatelství Malkus [sbírka autorů]
Typická pohlednice pro obdivovatele lokomotiv. Nový železniční tunel na typickém pohlednici pro obdivovatele lokomotiv. Nový železniční tunel na modernizovaném traťovém úseku Kralupy nad Vltavou – Vraňany u Mlčechvost. Nese název „Vepřek“. Má dl. 390 m, byl dokončen roku 2002 a má dvě koleje. Byl, jako první tunel na tratích ČD, vybudován NRTM. Oproti tvrzení popisky na rubu pohlednice lokomotiva vyjíždí z jihozápadního portálu u obce Vepřek.
Fig. 10 A 753.753 series locomotive emerges from the tunnel near Mlčechvosty intermediate station on 9th April 2009. Malkus Transport Publishing House [authors' collections]

A typical picture postcard for admirers of locomotives. A new railway tunnel on the upgraded Kralupy nad Vltavou – Vraňany u Mlčechvost track section. It is the first tunnel on Czech Railways tracks constructed using the NATM. It is the first tunnel on the postcard reverse side, the locomotive emerges from the south-western portal near the village of Vepřek.



Obr. 12 Údolní přehrada na Chrudimce u Seče ?? Nakl. J. Švec – pohlednice, Praha XI. [sbírka autorů]

„Sečský“ tunel na silnici II/343 dl. 40 m. Byl dokončen roku 1937 v souvislosti s výstavbou hráze stejnojmenné přehrady na řece Chrudimce. Tunel překonává skalní ostroh vyběhající do přehrady, se zříceninou hradu Vildštejna.
Fig. 12 Valley dam on the Chrudimka River near Seč ?? Published by J. Švec – Picture Postcards, Prague XI. [authors' collections]

The 40m long „Seč tunnel“ on the road No. II/343. It was finished in 1937 in connection with the construction of the dam of the same name on the Chrudimka River. The tunnel overcomes a rock spur protruding to the dam reservoir, with the Vildštejn castle ruin on it.



Obr. 11 Hrad Kokořín tunel 1937. Nakl. K. Zunová, Praha XII., Rumunská 31 [sbírka autorů]

Na pohlednicích často zobrazovaný, velmi známý a současně i nejkratší český silniční tunel na silnici III/2733 – „Kokořinský“. Má délku jen 24 m a do provozu byl uveden v roce 1935. Nachází se na úseku silnice z Kokořína do Kokořinského dolu. Jeho stavbu realizovala firma Ing. Josef Kratochvíl a spol. z Prahy – XII. Oba portály jsou opatřeny historizujícím cimbuřím.

Fig. 11 Kokořín Castle tunnel; 1937. Published by K. Zunová, Prague XII., Rumunská Street 31 [authors' collections]

The Kokořín tunnel, which is a very popular and at the same time the shortest road tunnel on road No. III/2733, is frequently presented on picture postcards. It is only 24m long and was commissioned in 1935. It is located in the road section between Kokořín and Kokořinský Důl. It was constructed by Prague XII-based Ing. Josef Kratochvíl a spol. company. Both portals are provided with historicising battlements.



Obr. 13 Metrostav – Vítáme Vás na trase A 12. 8. 1978. Vydalo oddělení informací a propagace n. p. Metrostav [sbírka autorů]

Zajímavá propagační pohlednice k zahájení provozu na trase A pražského metra. Na jejích částech je zobrazeno dokončování jedné ze stanic metra A, dále zajímavý pohled do mechanizovaného razicího štítu a nakonec typicky socialistický a současně nic neříkající záběr šťastných cestujících na nástupišti.

Fig. 13 Metrostav – Wellcome to Line A on 12th August 1978. Published by the Department of Information and Promotion of Metrostav national enterprise [authors' collections]

An interesting picture postcard published on the occasion of the commencement of operations on the Prague Metro Line A. The process of completing one of the Metro Line A stations, an interesting view down the interior of a tunnelling shield and a typical socialist and at the same time nothing telling picture of happy passengers standing on the platform are presented on its parts.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] ZIMEK, P. Z historie železničních tunelů. 1. vyd. Praha: ČD, ?, 32 s.
- [2] Železniční tunely v Česku [online]. 2014 [cit. 2014-07-03]. Dostupné na internetu <http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDlezn%C4%8Dn%C3%AD_tunely_v_%C4%8Cesku>
- [3] Tunely v Česku [online]. 2014 [cit. 2014-07-03]. Dostupné na internetu <http://cs.wikipedia.org/wiki/Tunely_v_%C4%8Cesku>

ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES CZECH TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORTS

www.ita-aites.cz

VALNÉ SHROMÁŽDĚNÍ CzTA ITA-AITES GENERAL ASSEMBLY OF THE CzTA ITA-AITES

The General Assembly of the ITA-AITES Czech Tunnelling Association (CzTA) was held on Wednesday the 4th June 2014. It was exceptional by the fact that the election of the new Board of the association for the term 2015 through to 2017 was on its programme. The previous chairman of the CzTA stated in his report that last year the association continued to carry out the full range of its activities, the main ones of which being the publication of TUNEL journal, the organisation of technical seminars under the title Tunnel Afternoons and the organisation of a technical excursion, which was focused on the radioactive waste repository in Hungary in 2013. In addition, he emphasised that the international conference Underground Construction Prague held in Prague in 2013 was successful in all respects.

He reminded the delegates that from the 1st January 2014 the new general secretary is Dr. Markéta Prušková. The association activities have proceeded fully continually, without any problem, under her leadership.

The negotiations subsequently continued by approving the economic results of the association for 2013 and the budget for 2014, as well as approving the programme of the CzTA activities for 2014. The participants of the negotiations in addition discussed the commencement of the preparation of the 13th international conference Underground Construction Prague 2016, which will be held on 25th through to 27th April 2016.

The election resulted into the confirmation of Ing. Ivan Hrdina, the incumbent chairman, and members of the Board (Prof. Jiří Barták, Dr. Alexandr Butovič, Dr. Matouš Hilar, Dr. Eva Hruběšová, Ing. Libor Mařík, Ing. Václav Soukup) even for the next term ending in 2017.

In the framework of the technical programme which followed after the conclusion of the General Assembly negotiations, Ing. Jan Sochůrek presented detailed information about the workshop held in Riyadh, Saudi Arabia, in February 2014. It was focused on urban utility tunnels. It was exceptional for the underground construction industry of the Czech Republic by the fact that the organiser requested lectures to be delivered by Czech experts on the experience in planning, construction and operation of utility tunnels in the Czech Republic.

Valné shromáždění České tunelářské asociace ITA-AITES se konalo ve středu 4. června 2014 v hotelu Duo, Teplická 492, Praha 9-Prosek. Jednání zahájil a řídil předseda CzTA Ing. Ivan Hrdina, který v úvodu přivítal přítomné a zdůraznil důležitost jednání, protože jeho součástí byly volby předsednictva a předsedy asociace na období 2015 až 2017. Dále přivítal předsedu STA Ing. Miloslava Frankovského, který pozdravil účastníky shromáždění.

Po schválení programu jednání přítomní zvolili volební komisi, jejímiž členy byli: doc. Pruška, doc. Horák a Ing. Hasík.

Následovalo ocenění významných představitelů českého podzemního stavitelství. Na návrh předsednictva bylo uděleno valným shromážděním čestné členství za celoživotní přínos českému podzemnímu stavitelství Ing. Pavlu Maříkovi. Předseda CzTA Ing. Ivan Hrdina dále předal pamětní medaili CzTA Ing. Ludvíku Šajtarovi a Ing. Karlu Závorovi.

Ve zprávě o činnosti CzTA od minulého valného shromáždění konaného dne 29. května 2013 Ing. Hrdina konstatoval, že asociace pokračovala v plné šíři ve svých aktivitách. K hlavním opět patřilo vydávání časopisu TUNEL, pořádání Tunelářských odpolední a odborného zájezdu. Pozitivně ocenil, že členská základna se v podstatě nemění a že členové asociace její činnost nadále podporují v nezmenšené míře.

Připomenul, od 1. ledna 2014 je novým generálním sekretářem Ing. Markéta Prušková, Ph.D. Pod jejím vedením činnost sekretariátu asociace pokračuje zcela kontinuálně a bez jakýchkoli problémů. Dále uvedl, že v minulém roce velmi úspěšně proběhla mezinárodní konference Podzemní stavby Praha 2013 a její kladný hospodářský výsledek pomáhá financovat aktivity asociace.

Vyzval některé pracovní skupiny ke zvýšení své činnosti a členské organizace ke zvážení vyslání zástupců WG's ITA-AITES.

Závěrem podrobněji zhodnotil jednotlivé oblasti činnosti asociace a poděkoval všem členům končícího předsednictva za aktivní a obětavou práci.



Proslov předsedy STA Ing. Miloslava Frankovského
Speech of the STA Chairman Ing. Miloslav Frankovský

Ze zprávy o hospodaření asociace, kterou přednesl Ing. Václav Soukup, vyplynulo:

- v roce 2013 asociace hospodařila s nižší ztrátou, než bylo plánováno;
- pro zachování celkové šíře aktivit asociace navrhl předsednictvo rozpočet na rok 2014 se ztrátou 320,50 tis. Kč, která bude čerpána z rezervy tvořené ziskem konference PS 2013. Jedním z mimořádných nákladů v roce 2014 je vydání dalšího svazku edice Dokumenty CzTA o mechanizovaném tunelování.

Výsledek voleb předsedy a členů předsednictva asociace pro období 2015 až 2017 nepřinesl žádnou změnu, takže vrcholný orgán asociace bude i nadále pracovat v současném složení.

Z dalšího průběhu jednání valného shromáždění:

- hlavní aktivity asociace v roce 2014 - vydávání časopisu TUNEL, pořádání čtyř Tunelářských odpolední a odborného zájezdu v náhradním říjnovém termínu a vydání nového svazku edice Dokumenty CzTA o mechanizovaném tunelování;
- byla schválena změna stanov asociace, která byla vyvolána především požadavky nového občanského zákoníku platného od 1. ledna 2014. Asociace je nadále „zapsaným spolkem (zkratka: z. s.)“. Nové stanovy byly doručeny k rejstříkovému soudu a jsou dostupné na webových stránkách asociace;
- vyhodnocení studentské soutěže:
 1. místo: Ing. Vlastimil Suchýna, FAST VŠB-TU Ostrava – *Určování množství těžené rubaniny a její aktuální vyhodnocování při ražení s využitím EPB štítu*;
 2. místo: Ing. David Tampier, FSv ČVUT Praha – *Návrh předportálového zářezu a portálové části tunelu Sudoměřice*;
 3. místo: Ing. Aleš Vojkovský, FAST VŠB-TU Ostrava – *Analýza velikosti sedání povrchu v závislosti na vybraných určujících faktorech ražby s využitím plnoprofilových zeminových štítů*.
- Oceněným poblahopřál a předal odměnu místopředseda CzTA prof. Barták.
- o zahájení přípravy mezinárodní konference Podzemní stavby Praha 2016 informoval předseda přípravného výboru Ing. Alexandr Butovič, Ph.D.;
- činnost příbuzných společností – prof. Příbyl vystoupil s krátkou prezentací o Mezinárodní silniční společnosti PIARC a práci českých zástupců v ní. Informoval o současných aktivitách Mezinárodní silniční společnosti i jejího výboru Silniční tunely. Ing. Smolík pak informoval o činnosti sekce Tunely České silniční společnosti;
- před závěrem jednání informoval předseda CzTA Ing. Ivan Hrdina o WTC 2014, které se konalo v Brazílii a českou asociaci tam zastupoval Ing. Karel Rössler, Ph.D.

Pozn.: podrobný záznam z jednání valného shromáždění CzTA je k dispozici na webových stránkách asociace.

Usnesení z valného shromáždění CzTA, které se konalo 4. června 2014 v hotelu Duo v Praze 9:

1. Valné shromáždění schvaluje zprávu předsedy o činnosti asociace v období od minulého valného shromáždění, které se konalo 29. května 2013.
2. Valné shromáždění schvaluje hospodaření asociace za rok 2013 a návrh rozpočtu na rok 2014.
3. Valné shromáždění schvaluje změny stanov České tunelářské asociace ITA-AITES.
4. Valné shromáždění vzalo kladně na vědomí hlavní aktivity CzTA v roce 2014:
 - pořádání Tunelářských odpolední a odborného zájezdu;
 - ediční plán časopisu TUNEL;
 - přípravu mezinárodní konference PS Praha 2016.
5. Valné shromáždění zvolilo předsedu a členy předsednictva pro funkční období 2015 až 2017 ve složení:

- předseda CzTA: Ing. Ivan Hrdina,
- členové předsednictva: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc, Ing. Alexandr Butovič, Ph.D., doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D., doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D., Ing. Libor Mařík, Ing. Václav Soukup.

V rámci odborného programu, který následoval po ukončení jednání valného shromáždění, přednesl Ing. Jan Sochůrek podrobnou informaci o workshopu, který se konal v únoru 2014 v Riyadhu v Saúdské Arábii. Byl zaměřen na městské kolektory. Pro české podzemní stavitelství byl mimořádný tým, že pořadatel ITA-COSUF si vyžádal přednášky českých odborníků o zkušenostech z plánování, stavby a provozu kolektorů v České republice.

ING. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, PH.D., pruskova@ita-aites.cz,
generální sekretář CzTA,
ING. MILOSLAV NOVOTNÝ, novotny@ita-aites.cz

KONFERENCE PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2016 UNDERGROUND CONSTRUCTION PRAGUE 2016 CONFERENCE

Příprava konference Podzemní stavby Praha 2016 již běží na plné obrátky. Tentokrát proběhne ve dnech 25.–27. 4. 2016, opět v hotelu Clarion Congress Hotel v pražských Vysočanech. Po dobrých zkušenostech zůstává podobné i schéma konference, včetně úvodních keynote lectures a vyzvaných přednášek od renomovaných českých a zahraničních přednášejících. V současné době probíhají jednání o možnosti spojení s plánovaným 3. ročníkem Východoevropské konference, která by se měla konat v podobném termínu. Smyslem spojení je snaha o zvýšení počtu zahraničních účastníků a obohacení programu. Více informací naleznete na webových stránkách www.psp Praha.cz.

ING. ALEXANDR BUTOVIČ, PH.D., alexandr.butovic@satra.cz,
předseda přípravného výboru konference
Podzemní stavby Praha 2016

The preparation of the Underground Construction Prague 2016 conference is already in full swing. This time it will be held on 25th through to 27th April 2016, again in Clarion hotel in Vysočany, Prague. After good experience, the conference chart, including opening keynote lectures and invited lectures by renowned Czech and foreign lecturers, will remain unchanged. At the moment, there are negotiations underway regarding the possibility of joining this event with the planned 3rd annual East European Conference, which should be held at a similar time. The reason for this connection is an effort to increase the number of foreign attendees and offer richer programme to the participants. For more information visit web pages www.psp Praha.cz.

ING. ALEXANDR BUTOVIČ, PH.D., alexandr.butovic@satra.cz,
Chairman of the Preparatory Committee of Underground Construction
Prague 2016 Conference



UNDERGROUND CONSTRUCTION PRAGUE 2016

13. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE / 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE

PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2016

UNDERGROUND CONSTRUCTION PRAGUE 2016

25.–27. DUBNA 2016 | PRAHA, ČESKÁ REPUBLIKA / 25–27 APRIL 2016 | PRAGUE, CZECH REPUBLIC

ASSOCIATION INTERNATIONALE DES TUNNELS ET DE L'ESPACE SOUTERRAIN **ITA**
AITES INTERNATIONAL TUNNELLING AND UNDERGROUND SPACE ASSOCIATION

ČESKÁ TUNELÁŘSKÁ ASOCIACE ITA-AITES
CZECH TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES

www.ps2016.cz
ps2016@guarant.cz



Prodloužení trasy A pražského metra, jednolodní stanice Bořislavka před dokončením 07/2014



Železniční tunel Turecký Vrch, Slovenská republika



Váš partner v konzultační a projektové činnosti



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

metroprojekt@metroprojekt.cz
www.metroprojekt.cz

Tel.: +420 296 325 152
Fax: +420 296 325 153

Prodloužení trasy A pražského metra, jednolodní stanice Petřiny před dokončením 07/2014



SATRA, spol. s r.o.

Sokolská 32
120 00 Praha 2
Czech Republic

T +420 296 337 111
F +420 296 337 100
E satra@satra.cz

*design, consulting
and engineering
services*

- Search, verification, technical, urbanistic, traffic and other studies
- Economic, environmental and risk analyses
- Documentation for zoning and planning decisions and for building permits
- Safety documentation
- Documentation for contractors selection
- As-is documentation
- Operational-technical information systems of structures
- Working regulations
- Expert opinions, static calculations and expertises
- Supervision of projects, economic analyses and estimates
- Survey of structures and surveying of buildings
- Structural-technical surveys of constructions
- Control and monitoring ensuring at constructions realization
- Technical supervision at the construction
- Main inspection of tunnel structures
- Safety audits
- Fire safety of structures
- Ventilation and industrial HVAC
- Operational and fire ventilation
- Traffic-engineering measures
- Architectonic and urbanistic designs
- Audiovisual presentations

www.satra.cz