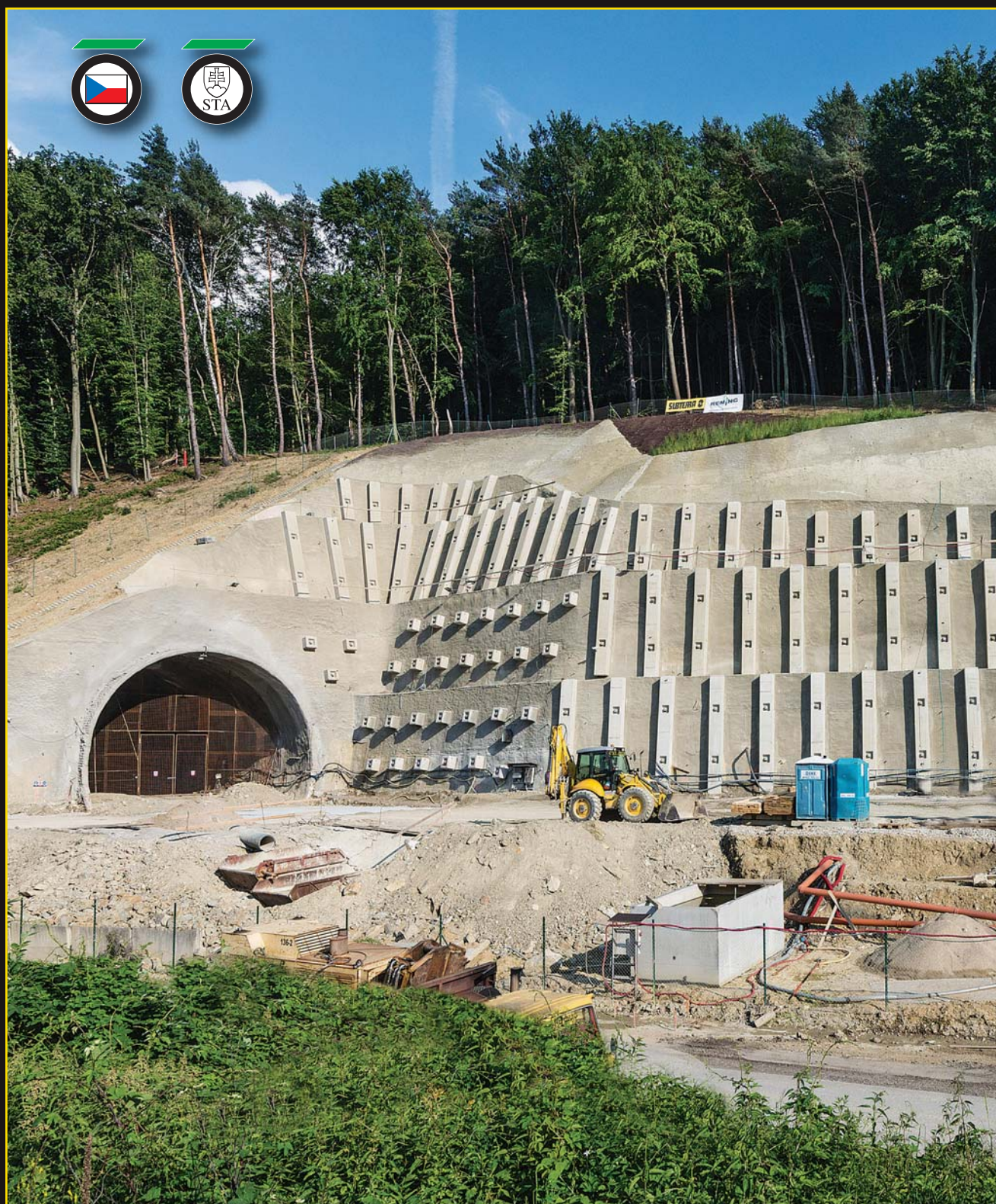


TuNEL

č. 3
2018

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



25 LET

AMBERG Engineering Brno, a.s.



Pisárecký tunel, stavba roku 1998



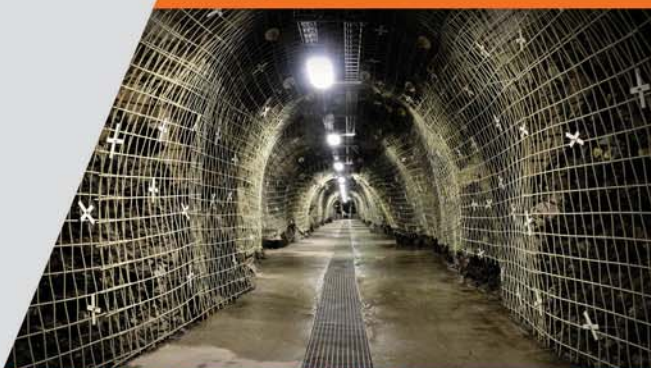
Tunel Klímkovice, stavba roku Moravskoslezského kraje 2008



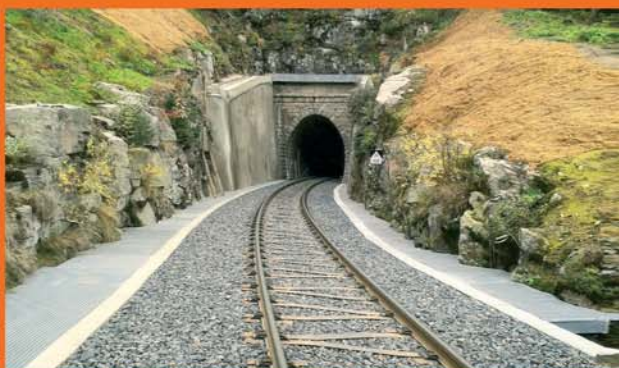
Královopolský tunel, stavba roku 2013



Rekonstrukce Domašovského tunelu, rok 2013



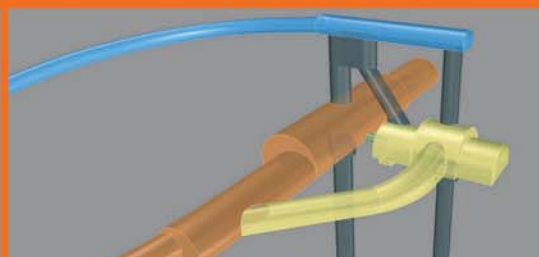
Odvodňovací štola VD Šance, stavba roku 2014 (ČKAIT)



Rekonstrukce Harrachovského tunelu, stavba roku 2015 (ČKAIT)



Brenner Basistunnel, Rakousko, Itálie



Přístupový tunel a kaverny, šachta Göstritz, Semmering Basistunnel, Rakousko

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. Miloslav Frankovský, člen redakční rady časopisu Tunel 1

Úvodníky:

Ing. Tomáš Koranda, 2

předseda představenstva společnosti HOCHTIEF CZ a. s. 2

Ing. Vlastimil Horák, 3

člen představenstva a ředitel AMBERG Engineering Brno, a.s. 3

Kolektor Hlávčův most – nová řešení při projektování a výstavbě

Ing. Radek Kozubík, HOCHTIEF CZ a. s., 4

Ing. Václav Dohnálek, Subterra a.s., Ing. Václav Ráček, Ph.D., 4

Ing. Jaromír Zlámal, INGUTIS, spol. s r. o. 4

Metro „Cityring“ v Kodani – úsek „Branch off to Nordhavn“

Dr.-Ing. Frank Abel, HOCHTIEF Infrastructure GmbH, 18

Essen, Německo 18

Technické řešení betonové vozovky v tunelu Považský Chlmec

Ing. Matěj Bůžek, Ing. Libor Mařík, HOCHTIEF CZ a. s. 24

Prostředí v silničních tunelech

Ing. Vlastimil Horák, AMBERG Engineering Brno, a.s. 37

Průzkumné práce v tunelu Podhradský

Ing. Alice Wetterová, AMBERG Engineering Brno, a.s. 43

Užití 3D vizualizačních modelů v podzemním stavitelství

Ing. Veronika Kočíčková, Ing. Ladislav Barák, Ing. Zbyněk Lupač, 51

Ing. Lumír Kliš, Jakub Schoř, AMBERG Engineering Brno, a.s. 51

Zásady rozhodování za nejistoty v geotechnice

doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc. 58

Fotoreportáž z výstavby železničních tunelů Díel a Milochov

Ze světa podzemních staveb 74

Zprávy z tunelářských konferencí

Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice 85

Z historie podzemních staveb

Výročí 95

Zpravodajství České a Slovenské tunelářské

asociace ITA-AITES 101

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.

prof. Ing. Matouš Hilar, MSc., Ph.D., CEng., MICE – 3G Consulting Engineers s.r.o.

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

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

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

Ing. Viktória Chomová – STA

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

Ing. Otakar Krásný – GeoTec-GS, a.s.

Ing. Ján Kušnir – REMING CONSULT a.s.

Ing. Libor Mařík – HOCHTIEF CZ a.s.

Ing. Soňa Masarovičová – ŽU, Stav. fakulta

Ing. Miroslav Novák – METROPROJEKT Praha a. s.

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

Ing. Boris Sebesta – Metrostav a.s.

Ing. Michal Šerák – Inženýring dopravních staveb a.s.

doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc. – Ústav geoniky AVČR v.v.i.

Ing. Pavel Šourek – SATRA, spol. s r.o.

VYDAVATEL

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

DISTRIBUCE

členské státy ITA-AITES

členové EC ITA-AITES

členské organizace a členové CzTA a STA

externí odběratelé

povinné výtisky 35 knihovnám a dalším organizacím

REDAKCE

Dělnická 12, 170 00 Praha 7, tel.: +420 702 062 610

e-mail: pruskova@ita-aites.cz

web: http://www.ita-aites.cz

Vedoucí redaktor: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.

Odborní redaktori: doc. Dr. Ing. Jan Pruška, Ing. Pavel Šourek,

RNDr. Radovan Chmelář, Ph.D., Ing. Jozef Frankovský

DTP Martin Pek, nám. T. G. Masaryka 737, 290 01 Poděbrady

Grafické zpracování: H.R.G. spol. s r. o., Litomyšl

Tisk: Západní portál tunelu Milochov kotvený pramencovými kotvami

Foto na obálce: Foto: Zakládání staveb, a. s., Libor Štěrba

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. Miloslav Frankovský, a member of the Editorial Board 1

Ing. Tomáš Koranda, Chairman of the Board of Directors

of HOCHTIEF CZ a. s. 2

Ing. Vlastimil Horák, Member of the Board of Directors

and Director of AMBERG Engineering Brno, a.s. 3

Hlávčův Bridge Utility Tunnel – New Solutions in Design

and Construction

Ing. Radek Kozubík, HOCHTIEF CZ a. s., Ing. Václav Dohnálek,

Subterra a.s., Ing. Václav Ráček, Ph.D., Ing. Jaromír Zlámal,

INGUTIS, spol. s r. o. 4

Cityringen Metro, Copenhagen – Branch off to Nordhavn

Dr.-Ing. Frank Abel, HOCHTIEF Infrastructure GmbH,

Essen, Germany 18

Technical Solution to Concrete Roadway in Považský Chlmec Tunnel

Ing. Matěj Bůžek, Ing. Libor Mařík, HOCHTIEF CZ a. s. 24

Environment in Road Tunnels

Ing. Vlastimil Horák, AMBERG Engineering Brno, a.s. 37

Survey in Podhradský Tunnel

Ing. Alice Wetterová, AMBERG Engineering Brno, a.s. 43

Application of 3D Visualisation Models

to Underground Construction Engineering

Ing. Veronika Kočíčková, Ing. Ladislav Barák, Ing. Zbyněk Lupač,

Ing. Lumír Kliš, Jakub Schoř, AMBERG Engineering Brno, a.s. 51

Principles of Making Decisions under Uncertainty in Geotechnics

doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc. 58

Picture Report from Construction of Díel

and Milochov Railway Tunnels 69

The World of Underground Constructions

News from Tunnelling Conferences 76

Current News from the Czech and Slovak

Underground Constructions 85

From the History of Underground Constructions

Anniversaries 95

Czech and Slovak Tunneling Association ITA-AITES 101

Ing. Václav Veselý – SG Geotechnika a.s.

Ing. Jan Vintera – Subterra a.s.

Ing. Jaromír Zlámal – POHL CZ, a.s.

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

Zahraniční členové / International members

Prof. Georg Anagnostou – ETH Zürich, Switzerland

Dr. Nick Barton – NICK BARTON & ASSOCIATES, Norway

Prof. Adam Bezuijen – GHENT UNIVERSITY, Belgium

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

Dr. Vojtech Gall – GALL ZEIDLER CONSULTANTS, USA

Prof. John A. Hudson – IMPERIAL COLLEGE, UK

Prof. Dimitrios Kolymbas – UNIVERSITY OF INNSBRUCK, Austria

Prof. In-Mo Lee – KOREA UNIVERSITY, South Korea

Prof. Daniele Peila – POLITECNICO DI TORINO, Torino, Italy

Prof. Wulf Schubert – GRAZ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Austria

Prof. Ove Stephansson – GFZ Potsdam, Germany

Prof. Walter Wittke – WBI GmbH, Germany

PUBLISHED FOR SERVICE USE

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

DISTRIBUTION

ITA-AITES Member Nations

ITA-AITES EC members

CzTA and STA corporate and individual members

external subscribers and obligatory issues for 35 libraries and other subjects

OFFICE

Dělnická 12, 170 00 Praha 7, tel./fax: +420 266 793 479

e-mail: pruskova@ita-aites.cz

web: http://www.ita-aites.cz

Editor-in-chief: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.

Technical editors: doc. Dr. Ing. Jan Pruška, Ing. Pavel Šourek,

RNDr. Radovan Chmelář, Ph.D., Ing. Jozef Frankovský

DTP Martin Pek, nám. T. G. Masaryka 737, 290 01 Poděbrady

H.R.G. spol. s r. o., Litomyšl

Printed: Western portal of the Milochov tunnel anchored with stranded

anchors installed through spreading ribs and footings

Cover photo: Photo: Zakládání staveb, a. s., Libor Štěrba

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:

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

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

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

AQUATIS a.s.
Botanická 834/56
656 32 Brno

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

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

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

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

Fakulta dopravní ČVUT v Praze
Konviktská 20
110 00 Praha 1

Fakulta stavební ČVUT v Praze
Thákurova 7
166 29 Praha 6

Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava
L. Poděště 1875/17
708 33 Ostrava-Poruba

Fakulta stavební VUT v Brně
Veveří 331/95
602 00 Brno

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR
Čerčanská 12
140 00 Praha 4

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

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

SG Geotechnika a.s.
Geologická 4/988
152 00 Praha 5

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

Subterra a.s.
Koželužská 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

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

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

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

BASF Slovensko, spol. s r.o.
Einsteinova 23
851 01 Bratislava

Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.
Panenská 13
811 03 Bratislava

Cognitio s.r.o.
Rubínová 3166/18
900 25 Chorvátsky Grob

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

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

DPP Žilina s.r.o.
Legionárska 8203
010 01 Žilina

GEOCONSULT, spol. s r.o.
Tomášikova 15950/10E
821 03 Bratislava

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

GEOstatik spol. s r.o.
Kragujevská 11
010 01 Žilina

HOCHTIEF SK s.r.o.
Miletičova 23
821 09 Bratislava

Hydrosaning spol. s r.o.
Polnohospodarov 6
971 01 Prievidza

Chémia – Servis, a.s.
Zadunajská cesta 10
851 01 Bratislava

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

K-Ten Kovo, s.r.o.
č.d. 1279
023 55 Vysoká nad Kysucou

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

Metrostav a.s., org. zložka
Mlynské Nivy 68
821 05 Bratislava

Národná diaľničná spoločnosť, a.s.
Dúbravská cesta 14
841 04 Bratislava

Niedax, s.r.o.
Pestovateľská 6
821 04 Bratislava

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

OHL ŽS, a.s., o.z.
Furmanská 8
841 03 Bratislava 47

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

Spel SK, spol. s r.o.
Františkánska 5
917 01 Trnava

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

STRABAG s.r.o.
Mlynské nivy 4963/56
821 05 Bratislava

STU, Stavebná fakulta
Katedra geotechniky
Radlinského 11
813 68 Bratislava

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

Terraprojekt a.s.
Podunajská 24
821 06 Bratislava

TU fakulta BERG, Košice
Katedra dobývania ložísk a geotechniky
Katedra geotech. a doprav. staviteľstva
Letná ul. 9
042 00 Košice

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.
Čapajevova 29
080 01 Prešov

Ústav geotechniky SAV Košice
Watsonova ul. 45
043 53 Košice

VÁHOSTAV – SK a.s.
Hlínská 40
010 18 Žilina

VUIS Zakladanie stavieb s.r.o.
Kopčianska 82/c
851 01 Bratislava

Železnice Slovenskej republiky
Klemensova 8
813 61 Bratislava

ŽU Stavebná fakulta
Katedra geotechniky
Katedra technológií
a manažmentu stavieb
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

Vážené čitateľky a čitatelia,

je mi ctou a potešením prihovoriť sa vám z tohto miesta po viac ako desiatich rokoch, keď môj predošlý editoriál vyšiel v čísle 2/2008. Jednou z hlavných úloh nášho časopisu je odrážať dianie v tunelovom staviteľstve z pohľadu českých a slovenských spoločností a mne desaťročné obdobie umožnilo priniesť rekapituláciu toho, čo sa za toto obdobie udialo v tunelárskej brandži na Slovensku. Urobil som si na tento účel prehľad príspevkov slovenských autorov, ktorých bolo za túto dekádu celkom 53. Príspevky sa okrem všeobecných a špecifických tém z oblasti podzemného staviteľstva či bezpečnosti venovali najmä konkrétnym tunelovým stavbám.

Takými boli príspevky prezentujúce stavby tunelov v realizácii, medzi ktoré patrili tunely Bôrik, Šibenik, Ovčiarsko, Žilina a Višňové na diaľnici D1, tunely Poľana a Považský Chlmec na diaľnici D3 a tiež železničný tunel Turecký vrch. Viaceré z nich sú už v prevádzke, na dokončenie niektorých sa čaká v najbližších rokoch.

Mnohé príspevky sa venovali pripravovaným tunelovým stavbám, ktorých výstavba sa z rôznych dôvodov neuskutočnila, prípadne bola presunutá do bližšej či vzdialenejšej budúcnosti. Príkladmi sú tunely železničného prepojenia TEN-T koridorov v Bratislave, železničné tunely na rekonštruovanej trati medzi Liptovským Mikulášom a Popradom či tunely na úseku diaľnice D1 Turany – Hubová.

Tretiu skupinu tvorili príspevky z podzemných stavieb v zahraničí. Slovenské stavebné spoločnosti boli v tomto období úspešné na zahraničných trhoch, a to sa prejavilo na publikovaní príspevkov o stavbách nielen z Českej republiky, ale aj z Nórska, Fínska, Švédska, Grónska, Poľska, Bulharska, Švajčiarska či Nemecka.

Myslím, že môžem moju úvahu zakončiť konštatovaním, že pre slovenské tunelové staviteľstvo to bola veľmi úspešná dekáda. A budem veľmi rád, keď to bude môcť zopakovať niekto z mojich nástupcov v editoriáli písanom v roku 2028.

Čo sa týka príspevkov uverejnených v tomto čísle, tieto na rozdiel od čísla predošlého odrážajú viac situáciu na českom stavebnom trhu než na slovenskom.

Dva z troch príspevkov projekčnej a inžinierskej spoločnosti Amberg Engineering Brno sa venujú problematike existujúcich tunelov v prevádzke. Tretou publikovanou témou je využitie BIM technológie pri projektovaní tunelových stavieb. Spoločnosť Hochtief CZ prináša jeden príspevok z výstavby kolektorov v Prahe, jeden zo zahraničnej výstavby – stavby metra v Dánsku, a jedným sa vracia na Slovensko na tunel Považský Chlmec, dokončený a uvedený do prevádzky v predošlom roku. Siedmym, a veľmi zaujímavým príspevkom, je článok doc. Rozsypala o rozhodovacích procesoch v geotechnike poznačených značnými neistotami, ktorý istým spôsobom nadväzuje na myšlienky klasika disciplíny – Ralpa B. Pecka – o nezastupiteľnej úlohe inžinierskeho úsudku v geotechnike.

MILOSLAV FRANKOVSKÝ, člen redakčnej rady

Dear readers,

It is my honour and pleasure to be allowed to address you from this place after more than ten years, when my previous editorial was published in TUNEL issue No. 2/2008. One of the main tasks of our journal is to reflect events in the tunnel construction engineering from the aspect of Czech and Slovak companies. These ten years allowed me to produce this recapitulation of the events which happened in the tunnel construction industry during this period of time in Slovakia. For this purpose, I have prepared an overview of papers by Slovakian authors published during this decade. The number amounted to 53. With the exception of general and specific themes from the field of the underground construction engineering or safety, the papers were first of all dedicated to specific tunnel construction projects.

Such papers presented, for example, tunnelling projects at that time under construction. The Bôrik, Šibenik, Ovčiarsko, Žilina and Višňové tunnels on the D1 motorway, the Poľana and Považský Chlmec tunnels on the D3 motorway and the Turecký Vrch railway tunnel were among them. Many of them are already in operation and the completion of some of them is expected in the coming years.

Many papers were dedicated to tunnel construction projects the realisation of which did not take place for various reasons or was shifted to the nearer or more distant future. As the examples, I can mention the tunnels on the TEN-T linking of railway corridors in Bratislava, railway tunnels on the line between Liptovský Mikuláš and Poprad designed to be reconstructed or tunnels in the Turany - Hubová section of the D1 motorway.

The third group was formed by papers on underground construction sites abroad. Slovak construction companies were successful on foreign markets in this period of time and this fact was manifested in publishing papers on construction projects not only in the Czech Republic, but also in Norway, Finland, Sweden, Greenland, Poland, Bulgaria, Switzerland or Germany.

I suppose that I can end my rumination by stating that this decade was very successful for the Slovak tunnel construction industry. I will be happy if any of my successors will be able to repeat it in an editorial written in 2028.

As far as the papers published in this TUNEL issue are concerned, they reflect, in contrast with the previous issue, more the situation on the Czech construction market than on the Slovakian market.

Two of the three papers submitted by the designing and engineering company of Amberg Engineering Brno are dedicated to problems of existing tunnels in operation. The third theme published in this TUNEL issue is the application of the BIM technology to designing tunnel structures. The company of Hochtief CZ presents one paper from the development of utility tunnels in Prague, one paper from a construction site abroad – the construction of metro in Denmark, returns to Slovakia by one paper – the Považský Chlmec tunnel, which was completed and inaugurated last year. The seventh, very interesting, contribution is the paper by Doc. Rozsypal on decision-making processes in geotechnics affected by significant uncertainties. The paper, in a certain way, follows on to the ideas of Ralph B. Peck, a classic of the discipline, regarding the non-substitutable role of engineering intuition in geotechnics.

MILOSLAV FRANKOVSKÝ, Editorial Board member



VÁŽENÉ DÁMY A PÁNOVÉ, VÁŽENÍ PROFESNÍ PŘÁTELÉ,

jsem poctěn nejen za společnost HOCHTIEF CZ, ale i za sebe, že mohu mít úvodní slovo k vydání časopisu Tunel, jehož část je věnována prezentaci činnosti naší stavební společnosti.

Společnost HOCHTIEF CZ patří mezi lídry na stavebním trhu, a to jak v segmentu pozemního, tak i dopravního stavitelství a s ním spjatou práci v podzemí, kterou považujeme za jednu z našich klíčových kompetencí. Toto odborné know-how rozvíjíme v naší divizi Dopravní stavby, která se za dvanáct let své existence podílela na řadě významných tunelových projektů. Hned v počátcích se spolupodílela na realizaci silničního okruhu kolem Prahy, úseku 514 Lahovice – Slivenec. Na tomto projektu jsme byli ve sdružení odpovědní za realizaci Lochkovského tunelu a Lochkovského mostu. SOKP 514 se pro nás stal pilotním projektem, kde jsme potvrdili schopnost realizovat i takto náročnou stavbu. Dále jsme se podíleli na výstavbě tunelu Blanka v části Prašný most – Špejchar nebo jsme jako člen dodavatelského sdružení realizovali nové prodloužení trasy pražského metra V.A včetně stanic Bořislavka a nemocnice Motol. V oblasti železničních staveb se pak jednalo o dvoukolejné tunely Osek a Votický tunel.

Naše obchodní kompetence pokrývají také slovenský trh a ve spolupráci s naší dceřinou společností HOCHTIEF SK jsme vloni dokončili náš zatím největší tunelářský projekt tunel Považský Chlmec na úseku dálnice D3, Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno), který byl nedávno oceněn titulem „Stavba roku 2017“. V rámci realizace tohoto projektu jsme ve společnosti vybudovali vlastní tým specializovaných projektantů. Takto vytvořená kompetenční skupina se zabývá nejen projekčními pracemi na tunelech, ale mimo jiné ve spolupráci s našimi německými kompetenčními centry pracuje na některých inovativních technologiích, mezi které se řadí například optimalizace provádění nevyztuženého sekundárního ostění nebo stříkaného vláknobetonu. Nabyté zkušenosti umožňují řadě našich zaměstnanců působit i na zahraničních tunelových stavbách naší mateřské společnosti prováděných jak konvenčními metodami, tak pomocí strojů TBM. Za všechny je možné uvést projekt Stuttgart 21 v Německu nebo projektovou přípravu trasy nového metra v Sydney linky City a South West.

Naše týmy tak mohou využívat odbornou podporu poskytovanou kompetenčními centry naší mateřské společnosti, jejíž stavební historie je delší než 140 let. Koncernové know-how získané na projektech, jako je Gotthardský bázový tunel nebo most přes Bosporský průliv v Turecku či na řadě dalších děl prováděných po celém světě našimi sesterskými společnostmi CIMIC, Flatiron nebo Thiess, jsme schopni představit a zúčastnit i u nás.

Závěrem bych rád České tunelářské asociaci poděkoval za její odbornou práci a popřál mnoho velmi kvalitních a podnětných setkání. Také věřím, že i toto aktuální vydání časopisu Tunel přinese všem jeho čtenářům řadu zajímavých informací.



DEAR LADIES AND GENTLEMEN, DEAR PROFESSIONAL FRIENDS,

I am honoured not only on behalf of the company of HOCHTIEF CZ but also on my behalf that I am allowed to have an introductory word to this TUNEL journal issue a part of which is dedicated to the presentation of activities of our civil engineering company.

The company of HOCHTIEF CZ belongs among leaders on the construction market, both in the segment of building and the segment of traffic construction engineering and the work in the underground, which we consider to be one of our crucial competences, associated with it. We develop this professional know-how in our division Traffic Construction Projects, which participated during the twelve years of its existence in a number of important tunnel construction projects. In the very beginning, it participated in the realisation of the Prague City Ring Road project, section 514 Lahovice – Slivenec. At this project we were responsible in a consortium for the realisation of the Lochkov tunnel and the Lochkov bridge. The Prague City Ring Road section No. 514 became a pilot project for us, where we confirmed our ability to realise even so complicated construction project. Further on, we participated in the construction of the Prašný Most - Špejchar part of the Blanka tunnel or we realised, as a member of the consortium of contractors, the new extension of the Prague metro, line V.A, including Bořislavka station and Nemocnice Motol station. In the field of railway construction projects, we realised the Osek double-track tunnels and the Votice tunnel.

Our business competences cover also the Slovak market and, in collaboration with our daughter company HOCHTIEF SK, we finished last year our until now the largest tunnel construction project, the Považský Chlmec tunnel in the Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno) section of the D3 motorway. The tunnel was recently awarded the title of “The construction of the year 2017”. We have built our own team of specialised designers in our company within the framework of the realisation of this project. The competence group created in this way deals not only with designing work on tunnels, but, among others, works in collaboration with our German competence centres on some innovative technologies, among them, for example, the optimisation of the execution of non-reinforced secondary linings or sprayed fibre-reinforced concrete. The gathered experience allows a number of our employees to work even on tunnel construction projects of our mother company abroad, carried out using conventional methods as well as TBMs, for example the Stuttgart 21 project in Germany or engineering for the new City and South West lines of Sydney metro.

In this way, our teams can use the professional support provided by competence centres of our mother company, the building history of which is over 140 years long. We are able to introduce and make profit from the know-how gathered by our concern on such projects as the Gotthard Base Tunnel or the bridge over Bosphorus Strait in Turkey or many other projects implemented all over the world by our sister companies of CIMIC, Flatiron or Thiess even in the Czech Republic.

To conclude, I would like to thank the Czech Tunnelling Association for their professional work and wish them many good quality and inspiring meetings. I also believe that even the current issue of TUNEL journal will bring lots of interesting information to all its readers.

ING. TOMÁŠ KORANDA

*předseda představenstva společnosti HOCHTIEF CZ a. s.
Chairman of the Board of Directors of HOCHTIEF CZ a. s.*

VÁŽENÍ ČTENÁŘI,

společnost AMBERG Engineering Brno, a.s. se může v letošním roce zařadit mezi firmy, které za sebou mají již čtvrtstoletí úspěšného působení na trhu projektování tunelů a podzemních staveb. Stejně výročí si dovoluji slavit i já osobně. Akciová společnost AMBERG Engineering Brno, a.s. byla založena v září 1993 jako první zahraniční filiálka švýcarské společnosti AMBERG ENGINEERING AG a stala se tak součástí skupiny firem AMBERG Group AG. Ta dnes vlastní následující společnosti – skupinu projektčních a inženýrských kanceláří AMBERG ENGINEERING, AMBERG LOGLAY AG, AMBERG TECHNOLOGIES AG a Versuchsstollen Hagerbach AG. Z toho zmíněná skupina AMBERG ENGINEERING představuje šest samostatných filiálek v šesti různých zemích světa (Švýcarsko, Česko, Slovensko, Španělsko, Norsko a Indie). Celosvětově zaměstnává AMBERG Group přes 400 lidí.

Jádrem každé inženýrské kanceláře a tzv. rodinným stříbrem, o které je nutné obzvlášť pečovat, jsou jednoznačně erudovaní zaměstnanci, schopní navrhnout standardní a efektivní, ale i nestandardní a inovativní technická řešení nejrůznějších problémů podzemních (a nejen podzemních) staveb, prosadit je a následně se i podílet na jejich realizaci. Fluktuace projektantů je hroblem úspěšnosti projektční kanceláře. Průměrná doba setrvání zaměstnanců v společnosti AMBERG Engineering Brno, a.s. se pohybuje nad hranicí deseti let. Pro ilustraci kontinuity lze uvést hned první úspěšný projekt Pisárčického tunelu v Brně, prvního dvoutubusového silničního tunelu v ČR, u něhož byla důsledně aplikována observační metoda ražby. U tohoto tunelu bylo použito zcela novátorské řešení, kdy trvalým nosným prvkem ostění tunelu je primární ostění ze stříkaného betonu společně s vyztuženou horninou (plně v duchu NRTM) a sekundární ostění z prostého betonu zde plní funkci pouze samonosné „estetické obezdívky“. Dodnes nebylo toto řešení nikde v ČR použito, ale naše kancelář s ním opět počítá u aktuálně připravovaného prvního tramvajového tunelu v ČR, který bude v Brně pod skálou Wilsonova lesa v Žabovřeskách. Zahájení stavby tohoto tunelu se předpokládá v příštím roce, pokud se nevyskytnou dnes bohužel obvyklé administrativní komplikace a průtahy. Vyjmenovávat zde další úspěšné zakázky by bylo asi zbytečným plýtváním místa, dovoluji si na tomto místě zmínit pouze ty nejvýznamnější projekty posledních let, na kterých se naše společnost podílela. Vzhledem k jakési podivné agónii na trhu tunelových staveb v ČR, kdy se v zemích Koruny české dnes nerazí prakticky žádné podzemní dílo, a v hlubokém útlumu přípravy tunelových staveb v minulých letech se musela naše společnost orientovat více do zahraničí. Ve spolupráci s kolegy z AMBERG ENGINEERING AG ve Švýcarsku jsme se v posledních letech podíleli a dodnes podílíme na velkých projektech báзовých tunelů. Jde o železniční tunel Semmering v Rakousku a severní část nejdelšího železničního tunelu na světě, tedy Brennerského báзовého tunelu. Obě tato tunelová díla tedy ponesou naši českou stopu.

Jako většina projektčních kanceláří se dnes potýkáme s nedostatkem kvalitního personálu. O projektování je bohužel malý zájem v důsledku situace v minulých letech, kdy byly ceny projektů sraženy na minimum a ohodnocení projektantů je od té doby ve srovnání s ostatními profesemi hluboce podceňováno. Rovněž systém školství a vzdělávání v našem oboru nepřispívá k dostatku uchazečů o naše namáhavé, odpovědné, ale krásné povolání. Absolventů s technickým zaměřením je čím dál tím méně. Souvisejícím faktorem s nedostatkem projektantů a nedostatkem zájmu o projektování jsou i stále narůstající administrativa a měnící se legislativní džungle, vážící se k projektové činnosti. Obě tyto „netechnické oblasti“ činnosti projektantů svým podílem na jejich zatížení bohužel již přesahují onu tvůrčí technickou projektční činnost, kvůli které jsme si my toto povolání kdysi vybrali a už bychom ho neměnili.

Závěrem bych chtěl vyslovit poděkování všem současným i bývalým zaměstnancům naší společnosti, bez nichž bychom dnes nebyli tam, kde jsme. A současně si přát, aby další čtvrtstoletí působení firmy AMBERG Engineering Brno, a.s. bylo nejméně tak úspěšné, jako těch dvacet pět let uplynulých.

Zdrů Bůh.



DEAR READERS,

This year, the company of AMBERG Engineering Brno, a. s., can rank amongst the companies having already a quarter of century long history of successful activities on the tunnel and underground construction designing market. I would like to personally celebrate the same anniversary. The AMBERG Engineering Brno, a. s., joint-stock company was founded in September 1993 as the first foreign branch of AMBERG ENGINEERING AG, a Switzerland-based company, and became a part of the AMBERG Group AG. The Group currently owns the following companies – a group of designing and engineering offices comprising AMBERG ENGINEERING, AMBERG LOGLAY AG, AMBERG TECHNOLOGIES AG and Versuchsstollen Hagerbach AG. Of this list, the above-mentioned AMBERG ENGINEERING group represents six independent branches from six various countries of the world (Switzerland, Czechia, Slovakia, Spain, Norway and India). Worldwide, the Amberg Goup employs over 400 persons.

The core of each engineering office and the so-called “family silver” which has to be taken care of lies unambiguously in erudite employees capable of designing standard and effective, but also non-standard and innovative technical solutions to various problems of underground construction engineering, enforce them and subsequently participate in their realisation. The fluctuation of designers is a grave of success of designing offices. The average time of staying of AMBERG Engineering Brno, a.s., employees hovers around ten years. For illustration of the continuity, it is possible to mention the first successful design for the Pisárky tunnel in Brno, the first twin-tube road tunnel in the Czech Republic where the observational tunnelling method was consistently used. A completely innovative solution was applied to this tunnel, where the shotcrete primary lining, together with reinforced ground (fully in the spirit of the NATM) and the unreinforced concrete secondary lining, only fulfils the function of a self-supporting “aesthetic lining”. This solution has not yet been used in the Czech Republic, but our office again counts with it for the currently under preparation first mined tramway tunnel in the Czech Republic, which will be in Brno, under the rock in the Wilson Forest in Žabovřesky. The commencement of this tunnel construction is assumed to take place next year, unless the today usual administrative complications and administrative delays are encountered. Enumerating here other successful contracts would probably be unnecessary wasting of space, so let me mention only the most important projects of recent years our company participated in. With respect to the, kind of strange, agony on the tunnel construction market in the Czech Republic, where virtually no underground working is currently being carried out in the lands of the Czech Crown, and the deep checks made on the preparation of tunnel construction projects in recent years, our company had to orientate itself more abroad. In collaboration with AMBERG ENGINEERING AG colleagues in Switzerland, we have participated in recent years and still participate in large projects for base tunnels. They comprise the Semmering railway tunnel in Austria and the northern part of the world's longest railway tunnel, the Brenner base tunnel. The two tunnel construction projects will therefore bear our Czech footprint.

As the majority of design offices, we are today struggling with a lack of good quality personnel. The interest in designing is unfortunately small as a result of the situation in recent years, where the prices of designs were pushed down to a minimum and the rating of designers in comparison with other professions has been deeply undervalued since then. Even the system of education in our industrial branch does not contribute to the numbers of candidates for our strenuous, responsible, but also beautiful profession. The numbers of technically oriented graduates are getting less and less. The ever growing administration and the changing legislative jungle relating to designing activities is also a factor associated with the lack of designers and lack of interest in designing. Unfortunately, the proportion of the two “non-technical areas” of designing activities in the load acting on designers already exceeds the creative technical designing work which was the reason why we chose it in the past and would never change it.

To conclude, I would like to express my thanks to all current and former employees of our company without whom we would not be today where we are. At the same time I would like to wish us that the new quarter century of AMBERG Engineering Brno, a. s., activities will be at least so successful as the past twenty five years.

God Speed You.

ING. VLASTIMIL HORÁK

člen představenstva a ředitel AMBERG Engineering Brno, a.s.

Member of the Board of Directors and Director of AMBERG Engineering Brno, a.s.

KOLEKTOR HLÁVKŮV MOST – NOVÁ ŘEŠENÍ PŘI PROJEKTOVÁNÍ A VÝSTAVBĚ HLÁVKŮV BRIDGE UTILITY TUNNEL – NEW SOLUTIONS IN DESIGN AND CONSTRUCTION

RADEK KOZUBÍK, VÁCLAV DOHNÁLEK, VÁCLAV RÁČEK, JAROMÍR ZLÁMAL

ABSTRAKT

Budovaný hlubinný kolektor II. kategorie spojuje levý a pravý břeh Vltavy na návodní straně mostu a nachází se na pomezí pražských částí Holešovic a Karlína. Jeho primárním úkolem je přeložení inženýrských sítí z tělesa Hlávkova mostu do podzemí z důvodu jeho plánované rekonstrukce. Na trase kolektoru jsou čtyři šachty, ve spodní části šachet jsou umístěny technické komory, kde se kříží inženýrské sítě. Tento článek navazuje na dříve publikované příspěvky v časopisu TUNEL 2/2015 a 4/2017. Stavbu realizuje sdružení firem Subterra a.s. a HOCHTIEF CZ a. s. (dále sdružení). Zadavatelem stavby je Magistrát hl. m. Prahy a autorem projektové dokumentace je INGUTIS spol. s r.o.

ABSTRACT

The category II deep utility tunnel connecting the left bank and right bank of the Vltava on the upstream side of the bridge is under construction on the border between Prague municipal districts of Holešovice and Karlín. The primary task of the tunnel is transferring utility networks from the Hlávkův Bridge superstructure to the underground with respect to the planned reconstruction of the bridge. There are four shafts on the utility tunnel route with service chambers located at the bottom parts, where utility networks intersect. This paper is a follow-up to papers published earlier in TUNEL journal issues No. 2/2015 and 4/2017. The construction is realised by a consortium consisting of Subterra a. s. and HOCHTIEF CZ a. s. (hereinafter referred to as the consortium). The Prague City Hall is in the position of the contracting authority and INGUTIS spol. s r. o. is the author of design documents.

1. ÚVOD

Podzemní část kolektoru byla realizována z celkem čtyř hloubených šachet souhrnné hloubky 130 m. Kolektor o celkové délce 430,25 m se na severu napojuje na již dříve realizovaný kolektor SPHM (Severní předmostí Hlávkova mostu) a prochází přes ostrov Štvanice pod oběma rameny Vltavy na Těšnovské předmostí, kde se napojuje na dříve vybudovaný kolektor RNLS (Rekonstrukce Nábreží Ludvíka Svobody). Trasa kolektoru je v prostoru Štvanického ostrova místně vyvedena na povrch šachtou a dále prochází v hloubené části kolmo na osu ražené trasy v délce přibližně 100 m pro převedení inženýrských sítí na povrch ostrova Štvanice (obr. 1).

Článek se zaměřuje na definitivní ostění tras, komor a šachet budovaného díla s cílem ukázat zcela nový přístup při návrhu

1. INTRODUCTION

The underground part of the utility tunnel was realised from the total of four shafts sunk to the total depth of 130m. The utility tunnel with the total length of 430.25m links the already earlier realised utility tunnel, the Northern Holešovice-side Head of Hlávkův Bridge tunnel (hereinafter referred to as the SPHM) and runs across Štvanice island under both shoulders of the Vltava River to the Těšnov head of the bridge, where it connects to the earlier built utility tunnel, the Reconstruction of Ludvik Svoboda embankment (hereinafter referred to as the RNLS). The utility tunnel route is locally brought to the surface in the area of Štvanice island and continues in a cut-and-cover section further, perpendicularly to the mined tunnel route at the length of approximately 100m. It is designed to transfer utility networks to the surface of Štvanice island (see Fig. 1).



Obr. 1 Situace stavby kolektoru Hlávkův most

Fig. 1 Layout plan of the Hlávkův Bridge utility tunnel construction

a výstavbě kolektorů z pohledu tvaru příčného profilu a užitých technologií.

2. KOLEKTOROVÉ TRASY

V podélné linii kolektoru jsou situovány celkově čtyři šachty a dvě technické komory pro vykřížení inženýrských sítí. Osa hlavní kolektorové trasy je vedena v přímkách mezi šachtami a technickými komorami, přibližně rovnoběžně s osou Hlávkova mostu. Jednotlivé úseky kolektoru jsou vždy oddilátovány bezprostředně za šachtou nebo technickou komorou. Betonované úseky jsou svislými pracovními spárami (styčnými) rozděleny na typické bloky délky 8 m/20 m a atypický blok proměnné délky charakteristický vždy pro konkrétní úsek. Tento přístup vychází ze snahy co nejvíce zjednodušit postup výstavby, a tím zkrátit čas provádění definitivních konstrukcí (tj. od vázání výztuže až po samotnou betonáž).

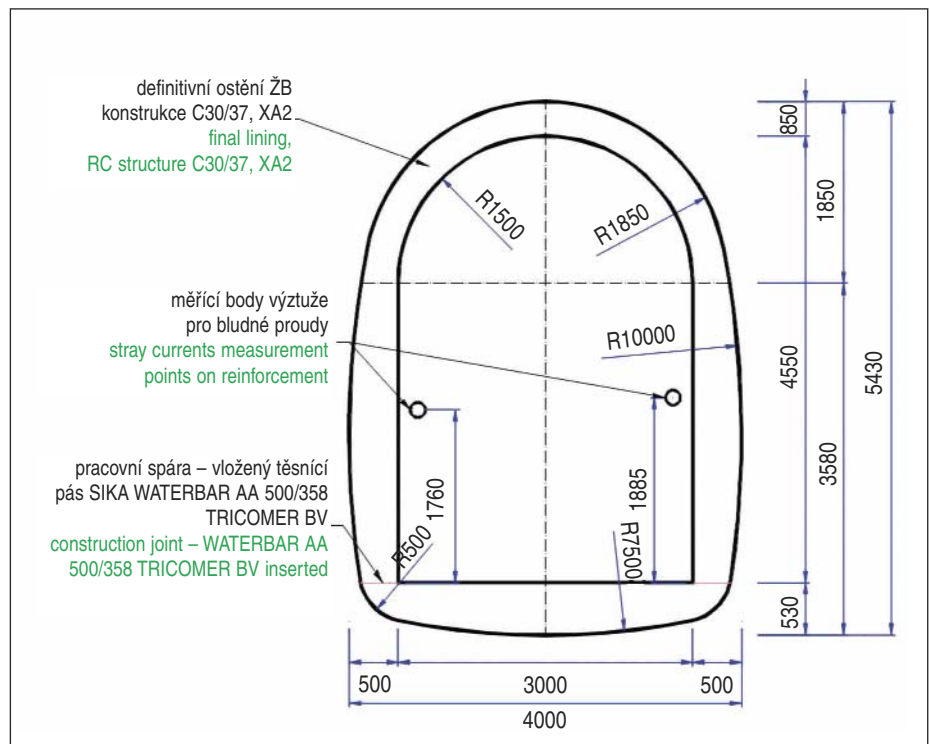
Betonáž kolektoru v trase je zahájena vždy betonáží spodní klenby (pracovní spáry jsou po 20 m) v celé délce úseku trasy. Následuje betonáž celé horní klenby včetně „svislých stěn“ (pracovní spáry po 8 m). Rozmístění pracovních spár je navrženo tak, aby žádná styčná pracovní spára nebyla průběžná po celé výšce profilu kolektoru. Ve styčných spárách není vázaná výztuž propojena, propojení se provádí pouze u výztuže sloužící jako opatření proti bludným proudům.

Horní klenba je vždy betonována do ocelového posuvného bednění, které se pohybuje již po vyzrálém betonu spodní klenby. Mezi spodní klenbou a horní klenbou (v podélné ose) vzniká ložná pracovní spára, kde je naopak důsledně navrženo propojení výztuže.

Profil hlavní trasy je ve tvaru obrácené podkovy o vnitřní světlosti šířce 3,00 m a výšce 4,55 m. Definitivní konstrukce kolektoru je z betonu třídy C30/37. S ohledem na výsledky hydrogeologického průzkumu byl beton navržen na prostředí XC2 a XA2. Tloušťka definitivního ostění se pohybuje v rozmezí 350–530 mm s ohledem na tvar primárního ostění (obr. 2). Vyztužení kolektorové trasy je provedeno ze standardní výztuže formou prefabrikovaných košů (rámy zajišťující stabilitu výztuže v počtu 6 ks/typický blok), k nimž se následně připevňují KARI sítě a příložky z vázané výztuže. Krytí výztuže je všude navrženo 50 mm.

Trasa je navržena jak v provedení s mezilehlou PVC izolací (úsek J102–TK103, respektive v místech největších přítoků do podzemního díla), tak i v provedení bez mezilehlé izolace (v ostatních úsecích nevyžadujících toto opatření postačilo pouze proinjektování vybraných míst primárního ostění). Stupeň vyztužení a mezní stav šířky trhlin je uzpůsoben výše uvedeným opatřením. Beton definitivního ostění se proto v místě bez mezilehlé izolace provádí s krystalizační přísadou, v místě s mezilehlou izolací je projektován naopak standardní beton bez krystalizační přísady.

Izolace proti vodě v pracovních i dilatačních spárách jsou navrženy z vnějších spárových pásů systému SIKA. Výztuž i spárové pásy jsou navrženy tak, aby zajistily vodotěsnost pro výšku vodního sloupce min. 30 m.



Obr. 2 Tvar definitivního ostění hlavní kolektorové trasy

Fig. 2 Geometry of the final lining on the main utility tunnel route

The paper focuses itself on the final lining of the routes, chambers and shafts of the works under construction, with the objective to present absolutely new approach to the design and construction of utility tunnels from the aspect of the geometry of the cross-section and the equipment used.

2. UTILITY TUNNEL ROUTES

There are four shafts in total and two service chambers for the crossing of utility networks on the longitudinal centre line of the utility tunnel. The centre line of the main utility tunnel route is led on straight lines between shafts and service chambers, approximately in parallel with the centre line of the Hlávkův Bridge. Individual sections of the utility tunnel are always separated by expansion joints immediately behind the shaft or service chamber. The concreted sections are separated by vertical construction joints (head joints) into typical 8m/20m long blocks and an atypical block with a variable length characteristic always for the particular section. This approach is built on the effort to simplify the construction process as much as possible, thus to reduce the time necessary for carrying out final structures (from tying-up reinforcement up to casting of concrete itself).

The utility tunnel concrete casting operations on the route always begin by concreting the invert (construction joints spaced at 20m) throughout the tunnel length. Casting of concrete of the whole upper vault including “vertical side-walls” follows (construction joints spaced at 8m). The design of the layout of construction joints ensures that no construction head joint is continuous throughout the height of the utility tunnel profile. The tie-up reinforcement is not interconnected in the head joints; only the reinforcement used as a measure against stray currents is subsequently interconnected.

The upper vault concrete is always poured behind sliding steel formwork, which moves on the already cured concrete of the invert. A construction bed joint originates between the invert and the upper vault (on the longitudinal axis). Conversely, the thoroughly interconnected reinforcement is designed for this joint.



autor Vladimír Dinda, author Vladimír Dinda

Obr. 3 Průnik šachty J104 a kolektorové trasy s nainstalovaným kompletním hydroizolačním systémem

Fig. 3 Intersection between shaft J104 and the utility tunnel route with the complete waterproofing system installed

2.1 Definitivní ostění

Definitivní ostění ražených částí kolektoru včetně hloubených šachet bylo v dokumentaci pro výběr zhotovitele navrženo z vodonepropustného betonu bez mezilehlé izolace. Důležitým návrhovým kritériem bylo přenesení tlaku vodního sloupce o výšce přes 30 m (úroveň povodně z roku 2002). Tomuto návrhovému tlaku musely odpovídat veškeré prvky definitivního ostění. Monolitický beton definitivního ostění třídy C30/37 je navržen na hloubku maximálního průsaku 25 mm a maximální šířku trhlin 0,2 mm. Výpočet šířky trhlin byl proveden pro kvazistálé kombinace sestavené dle ČSN EN 1990, tab. A1.4.

Vzhledem k masivním přítokům podzemní vody byl během dokončování ražeb proveden pasport skutečně zastižené situace v podzemí spočívající v zaznamenání lokálních až plošných průsaků a masivních tečí. Na základě vyhodnocení z pasportu byl projekt doplněn o sanační opatření vedoucí k odstranění průsaků vody do hotového díla. Jedná se o organizované svody vedoucí do drenáže umístěné pod dnem primárního ostění, injektáže primárního ostění mikrocementem a chemickou injektáží a plošné izolace (obr. 3, 4) některých částí kolektoru s významnými plošnými průsaky. Tímto byl kolektor podle typu sanačních opatření rozdělen na dvě základní řešení, s kompletním hydroizolačním systémem a bez hydroizolačního systému.

2.2 Kombinace organizovaných svodů a plošné izolace

V místech intenzivních průsaků, tedy v šachtách J102, J103 a J104 a kolektorové trase mezi šachtou J102 a technickou komo-

The main route profile has the shape of an inverted horseshoe with the net internal width and height of 3.00m and 4.55m, respectively. The final structure of the utility tunnel is made from C30/37 grade concrete. With respect to the results of the hydrogeological survey, the concrete was designed for XC2 and XA2 environments. The final lining thickness varies from 350 to 530mm, taking into consideration the geometry of the primary lining (see Fig. 2). Concrete reinforcement of the utility tunnel route is carried out using standard reinforcement in the form of prefabricated cages (6 pieces of frames securing the stability of the reinforcement per a typical block). KARI welded mesh and strap pieces from the tie-up reinforcement are subsequently fixed to the cages. The concrete cover is everywhere designed to be 50mm.

The route is designed both in a version with an intermediate PVC waterproofing layer (in the J102 – service chamber TK103 section and in the locations of highest inflows into the underground working) and without an intermediate waterproofing layer in the other sections not requiring this measure (injecting grout into selected places of the primary lining). The reinforcement content and the crack width limit state are accommodated to the above-mentioned measures. The final lining concrete in the locations without intermediate waterproofing is therefore produced with the addition crystallisation admixture, whilst standard concrete without the crystallisation admixture is designed for locations with the intermediate waterproofing layer.

External SIKA waterbars are designed for waterproofing of construction joints and expansion joints. The reinforcement and waterbars are designed to withstand the height of water column of 30m as the minimum.

2.1 Final lining

Water-retaining concrete without intermediate waterproofing was designed in the documents for tendering for the final lining of the mined parts of the utility tunnel, including the shafts to be sunk. An important design criterion lied in transferring the pressure of water column over 30m high (the level of flood in 2002). All elements of the final lining had to satisfy this design pressure condition. The C30/37 grade of the cast-in-situ concrete used for the final lining is designed for the water penetration depth of 25mm and the maximum crack width of 0.2mm. The calculation of the width of cracks was carried out for quasi stable combinations compiled according to ČSN EN 1990, table A1.4.

A condition survey of the actually encountered situation in the underground was carried out with respect to massive inflows of ground water. The survey lied in recording the local up to aerial and massive leaks. The design is complemented on the basis of the assessment of the survey by adding rehabilitation measures leading to the removal of water leaks into the completed working. They comprised organised water collection drains leading to drainage installed under the bottom of the primary lining, injecting microfine cement and chemical grout into the primary lining, and aerial grouting (see Figures 3 and 4) of some parts of the utility tunnel displaying significant aerial seepage. In this way, the utility tunnel was divided according the type of the rehabilitation measures into two basic designs, with a complete waterproofing system and without a waterproofing system.

2.2 Combination of organised water collection system and aerial waterproofing

A combination of the organised water collection system and the aerial waterproofing system with an auxiliary grouting system in the particular area and in expansion and construction joints was applied to the locations of intense leakage, it means in shafts J102,



autor Vladimír Dinda author Vladimír Dinda

Obr. 4 Hydroizolační systém kolektoru hlavní trasy**Fig. 4 Waterproofing system on the main route of the utility tunnel**

rou TK103 včetně této komory, se použila kombinace organizovaných svodů a plošné izolace s pojistným injektážním systémem v ploše a v dilatačních a pracovních spárách. Toto řešení zvyšuje vodonepropustnost ostění oproti původně navrženému řešení, které i tak zůstává ve stejné pevnostní třídě jako v předchozím projektovaném stupni dokumentace.

Pro tento typ opatření jsou použity drenážní žlábků Omega. Slouží pro kontrolované svádění prosakující vody skrz primární ostění do centrálního drenážního systému umístěného ve dně primárního ostění. Žlábků mají podkovovitý průřez, jsou vyrobeny z HDPE materiálu a k primárnímu ostění se standardně přichycují nastřelením. Případné netěsnosti žlábků jsou řešeny těsnicími tmely. Povrchová úprava žlábků umožňuje bezproblémové nanášení stříkaného betonu či aplikaci hydroizolačních systémů.

Mezilehlá fóliová izolace je umístěná mezi primárním ostěním ze stříkaného betonu a definitivním ostěním z monolitického betonu. Před aplikací hydroizolačních vrstev byla drsnost a rovinnost podkladního povrchu upravena podle požadovaných parametrů. Nejvýraznější teče odváděly drenážní žlábků Omega do drenáže ve dně kolektoru. Na povrch upravený podle požadovaných parametrů se umístila jedna vrstva geotextilie, v místech větších průsaků se umístily dvě vrstvy geotextilie o hmotnosti 800 g/m². Geotextilie je k primárnímu ostění kotvena pomocí terčíků a následná instalace fóliové izolace Mapeplan TU WL 30 je přivařena na terčíky. Spojení izolačních pásů jsou provedeny svářecím automatem přeložením se zdvojeným svarem. Dna kolektorových tras jsou navíc vždy ochráněna dvojitou vrstvou geotextilie o hmotnosti 1000 g/m².

Všechny příčné a podélné pracovní spáry jsou opatřeny vnějšími těsnicími pásy šířky 500 mm, např. Sika Waterbar AA 500/35 Tricomer BV. Rovněž i veškeré dilatační spáry jsou opatřeny vnějšími těsnicími pásy šířky 500 mm, např. Sika Waterbar DA 500/35 Tricomer BV. Zásadní podmínkou pro výběr těsnících pásů je přenesení tlaku vodního sloupce min. 30 m a také požadavek kompatibility s fóliovou izolací (možnost oba materiály k sobě přivařit). Pásy jsou pro případ průsaků doplněny dvojicí injektážních hadiček 18/10 mm pro dodatečnou cementovou injektáž a dvojicí hadiček 12/6 mm pro dodatečnou chemickou injektáž. K těmto perforovaným hadičkám jsou přes spojky přivedeny prodlužovací neperforované hadičky, které jsou vyústěny do sběrných krabic (boxů). Z těchto sběrných krabic by v případě průsaků byla prováděna dodatečná injektáž.

2.3 Mikro cementové a chemické injektáže v kombinaci s těsnicími pásy a vodonepropustným betonem

V technické komoře TK101, šachtě J101 a kolektorové trase mezi šachtami J101 a J102 a mezi technickou komorou TK103

J103 and J104, in the utility tunnel route section between shaft J102 and service chamber TK103 (including this chamber). This solution increases the water impermeability of the reinforced concrete lining in comparison with the originally proposed solution. Anyway, the concrete lining remains in the same strength class as that in the previous design degree of the documents.

Omega drainage channels are used for this type of measures. They are used for controlled directing of water seeping through the primary lining to the central drainage system located in the primary lining bottom. The channels have a horseshoe shape. They are made of the HDPE material and are fixed to the primary lining by shotfiring as a standard. Potential leaks of the channel are solved by a sealing mastic. The surface finish of the channels allows for trouble-free application of shotcrete or waterproofing systems.

The intermediate waterproofing membrane is installed between the shotcrete primary lining and the cast-in-situ concrete final lining. The roughness and flatness of the sub-base surface was treated according to the required parameters prior to the application of the waterproofing layers. The most distinct leaks were directed by the Omega drainage channels to the drainage under the utility tunnel bottom. The surface treated according to the required parameters was covered with one layer of geotextile; two layers of 800g/m² geotextile were placed in the locations of larger seepage. The geotextile is fixed to the primary lining by blanks and the following installation of Mapeplan TU WL 30 waterproofing membrane is welded to the fixation blanks. The joints between the waterproofing mats are carried out using a welding automaton by folding them and welding using a double-seam weld. The bottoms of the utility tunnel routes are in addition always protected by a double layer of 1000g/m² geotextile.

All transverse and longitudinal construction joints are provided with 500mm wide external waterbars, e.g. Sika Waterbar AA 500/35 Tricomer BV. All expansion joints are also provided with 500mm wide external waterbars, for example Sika Waterbar DA 500/35 Tricomer BV. The fundamental condition for the selection of the waterbars is transferring of water column pressure 30m high as the minimum and meeting the requirement for compatibility with membrane waterproofing (the possibility of welding both materials together). The waterbars are complemented in case of leaks by a pair of 18/10mm grouting hoses for additional cement grouting and a pair of 12/6mm hoses for additional chemical grouting. Non-perforated extension hoses are brought through couplings to the perforated hoses, which are terminated in collection boxes. Additional grouting was carried out from the collection boxes in the case of seepage.

2.3 Microfine cement and chemical grouting combined with waterbars and water-retaining concrete

A combination of injecting microfine cement and chemical grout into the primary lining, 500mm wide external waterbars to expansion and construction joints with an auxiliary grouting system and the lining made from water-retaining reinforced concrete identical with the concrete designed for the preceding design degree is applied to the service chamber TK101, shaft J101, the utility tunnel route between shafts J101 and J102, and between service shaft TK103 and shaft J104.

Microfine cement grouting is carried out using a fine non shrinking grout injected through a pair of perforated 18/10mm grouting hoses placed between the fins of the waterbars. The working pressure is assumed to be at the level of 0.2MPa. Multiple grouting is not assumed for this type of hoses.

The chemical grouting is carried out through a pair of perforated 12/6mm grouting hoses placed between the fins of the waterbars.

a šachtou J104 je aplikována kombinace mikrocementových a chemických injektáží primárního ostění, vnějších spárových pásů do dilatačních a pracovních spár šířky 500 mm s pojistným injektážním systémem a ostěním z vodonepropustného železobetonu shodného s projektem předchozího projektového stupně.

Mikrocementové injektáže se provádějí pomocí jemné nesmršťující malty přes dvojici perforovaných injektážních hadiček 18/10 mm umístěných mezi žebry těsnicích pásů. Pracovní tlak je předpokládán v úrovni 0,2 MPa. U tohoto typu hadiček se nepředpokládá vícenásobná injektáž.

Chemické injektáže se provádějí přes dvojici perforovaných injektážních hadiček 12/6 mm umístěných mezi žebry těsnicích pásů. Hadičky musí umožňovat opakovanou injektáž. Injektážním médiem jsou jednosložkové a dvousložkové polyuretanové pryskyřice nebo metakrylátové gely.

Všechny příčné a podélné pracovní spáry a dilatační spáry jsou opět opatřeny vnějšími těsnicími pásy šířky 500 mm.

Definitivní konstrukce jsou v úsecích bez fóliové izolace navrženy z betonu C30/37 XC2-XA2 včetně přísady pro dosažení vodonepropustnosti XYPEX Concentrate Admix C-1000 (NF) v dávce 1,5 % bez separace povrchů primárního a sekundárního ostění. Vzhledem ke skutečnosti, že používání krystalizační přísady nemělo oporu v normách a výsledky měření nepropustnosti byly diskutabilní, byla výše uvedená směs nahrazena betonem C30/37 XC2-XA2 Permacrete vyvinutým společností TBG Metrostav podle rakouských a německých norem pro tzv. „bílé vany“. Jeho hlavní předností je nízký vývin hydratačního tepla pod 37 °C, a tím značné omezení šířky trhlin a průměrných hodnot hloubky průsaků dosahujících podle doposud provedených zkoušek kolem 12 mm. Nevýhodou použití tohoto typu betonu je delší čas náběhu pevnosti v prostém tlaku o cca 30 % oproti klasickému konstrukčnímu betonu. Tato nevýhoda je kompenzována použitím ocelové plně hydraulické elektricky posuvné formy délky 8 m, což umožňuje její rychlejší přesun, ustavení a také postup betonáže. Tloušťka definitivního ostění je v rozmezí 350–530 mm.

V části díla, kde bylo nutné navrhnout přechod mezi částí neizolovanou a částí s fóliovou izolací, bylo pro eliminaci rizika migrace vody za izolací navrženo následující opatření. PVC izolace byla zatažena minimálně 1500 mm do sekce bez mezilehlé izolace. Na tuto izolaci byl přichycen vnější spárový pás Sika Waterbar AA 500/35 Tricomer BV šířky 500 mm s pojistným injektážním systémem. Pro betonáž této přechodové sekce byl vždy použit vodonepropustný beton Permacrete.

2.4 Výztuž definitivního ostění

Výztuž definitivního ostění kolektoru je z oceli B500B 10 505 (R) s minimálním krytím výztuže 50 mm. Podle typu konstrukce se skládá z různých prvků. Maximální průměr nosných prutů je v izolovaných částech tras R22 a neizolovaných částech tras a v technických komorách R25. Výztuž kolektorových tras je zároveň navržena jako samonosná a maximálně prefabrikovaná z důvodu snadnější a rychlejší montáže, za použití příhradových rámtů, tvořených atypickými skruženými sítěmi a armokoši.

3. PRVNÍ NAsAZENÍ HYDRAULICKÉ BEDNÍČÍ FORMY V KOLEKTORU V PRAZE

V dlouhé historii výstavby vedení sdružených sítí neboli kolektorů byla převážná část zhotovena hloubením. Ražených kolektorů bylo za 40 let zhotoveno 17 935 bm. Definitivní ostění při výstavbě těchto kolektorů v klenbové části bylo převážně zhotoveno ze stříkaného betonu. Stříkané betony byly použity

The hoses have to allow for repeated grouting. The grouting medium is formed by one-component and two-component polyurethane resins or methacrylate gels.

All transverse and longitudinal construction joints are again provided with 500mm wide external waterbars.

The final lining structures in sections without membrane waterproofing are designed to be made from C30/37 XC2 – XA2 concrete including XYPEX Concentrate Admix C-1000 (NF) admixture at the dosage of 1.5% for achieving impermeability, without separation of the surfaces of the primary and secondary linings. With respect to the fact that the application of the crystallisation admixture has no support in standards and the results of measurements of impermeability were disputable, the above-mentioned mixture was replaced with C30/37 XC2 – XA2 Permacrete concrete developed by the company of TBG Metrostav according to Austrian and German standards for the so-called “white tanks”. The main advantage of this mixture lies in the low development of hydration heat under 37°C resulting into significant reduction of the width of cracks and the average values of the water penetration depth reaching about 12mm according to the so far performed tests. The disadvantage of the use of this concrete type lies in the build-up time of the initial unconfined compressive strength longer by ca 30% in comparison with classical structural concrete. This disadvantage is compensated for by the use of an 8m long steel, fully hydraulic, electrically movable formwork allowing for faster movement, assembly and advance rate of concrete casting operations. The thickness of the final lining varies from 350 to 530mm.

The following measure was designed for the elimination of the risk of migration of water behind the waterproofing membrane in the part of the construction where it was necessary to design the transition between the part without waterproofing and the part with the waterproofing membrane. The PVC membrane was pulled minimally 1500mm into the section without intermediate waterproofing layer. A 500mm wide Sika Waterbar AA 500/35 Tricomer BV with an auxiliary grouting system was fixed to this waterproofing layer. Permacrete Water-retaining concrete was always used for casting concrete in this transition section.

2.4 Final lining concrete reinforcement

The reinforcement of the final concrete lining of the utility tunnel is made from steel grade B500B 10 505 (R) with the minimum concrete cover of 50mm. It consists of various elements, depending on the structure type. The maximum diameters of the bearing rods in the parts of the routes provided with waterproofing, the parts of the routes without waterproofing and the service chambers are R22 and R25, respectively. The concrete reinforcement for the utility tunnel routes is at the same time designed as self-supporting structures maximally prefabricated for the reason of easier and faster installation, using lattice girders formed by atypical rolled steel mesh and reinforcement cages.

3. FIRST USE OF AUTOMATIC FORMWORK IN A UTILITY TUNNEL IN PRAGUE

In the long history of the development of ducts for combined networks, utility tunnels, the majority was carried out using the cut-and-cover technique. The length of mined utility tunnels of 17,935m was carried out in 40 years. The final lining in the vaults of these tunnels was mostly made from shotcrete. Shotcrete was recently used at the construction of the Vodičkova and Příkopy utility tunnels, where shotcrete is applied to the lining of the semi-circle of the upper vault, whilst the bottom and side walls are made from cast-in-situ concrete. The automatic formwork for

v poslední době při výstavbě na kolektoru Vodičkova nebo Příkopy, kde je stříkaný beton aplikován pro ostění půlkruhu horní klenby, přičemž dno a stěny kolektoru jsou z monolitického železobetonu. Hydraulická bednicí forma pro definitivní ostění kolektoru nebyla doposud v Praze použita z několika důvodů. Technologie hydraulické bednicí formy malých profilů nebyla do 90. let minulého století dostupná. Je složité přizpůsobit hydraulickou bednicí formu příčnému řezu štol s mnoha rozrážkami, s nepravidelnou geometrií (kornouty tryskové injektáže), nebo s ostrými oblouky ve směrovém vedení štol. Při přípravě zadávací dokumentace předchozích etap výstavby hlubinných kolektorů jednoduššího příčného tvaru byla aplikace definitivního ostění ze stříkaného betonu jedním z důvodů pozdějšího nasazení hydraulické bednicí formy.

Prvním raženým kolektorem, na kterém byla hydraulická bednicí forma nasazena pro betonáž trasy, je Kolektor Hlávkův most. Tato technologie byla až doposud využívána na podzemních stavbách většího profilu. Jednalo se zejména o dopravní stavby, jako jsou silniční a železniční tunely případně stanice a tunely metra. Kolektor Hlávkův most je pro nasazení této technologie vhodný. Délka kolektorových tras je přes 400 m, to znamená velký počet opakovaného použití formy. Profil trasy je v celé délce shodný a nevyskytuje se na ní větší množství rozrážek a oblouků. Veškeré výškové a směrové lomy se odehrávají v šachtách.

Hydraulická bednicí forma použitá na Kolektoru Hlávkův most byla vyrobena rakouskou společností Östu-Stettin, která se výrobou podobných typů ocelových konstrukcí dlouhodobě zabývá. Ocelová forma délky 8 m je posouvána elektricky posuvným vozíkem pohybujícím se na ocelových kolech s náloky po kolejnicích S49 přikotvených k železobetonové podlaze kolektoru. Vozík délky 9 m nese ocelovou bednicí obálku s výztuhami a příslušenstvím, včetně hydraulického ústrojí s ovládáním pohybů formy při ustavování a odbedňování formy. Vozík je vybaven také dvojicí žebříků a plošinou pro pohyb osob v horní úrovni formy.

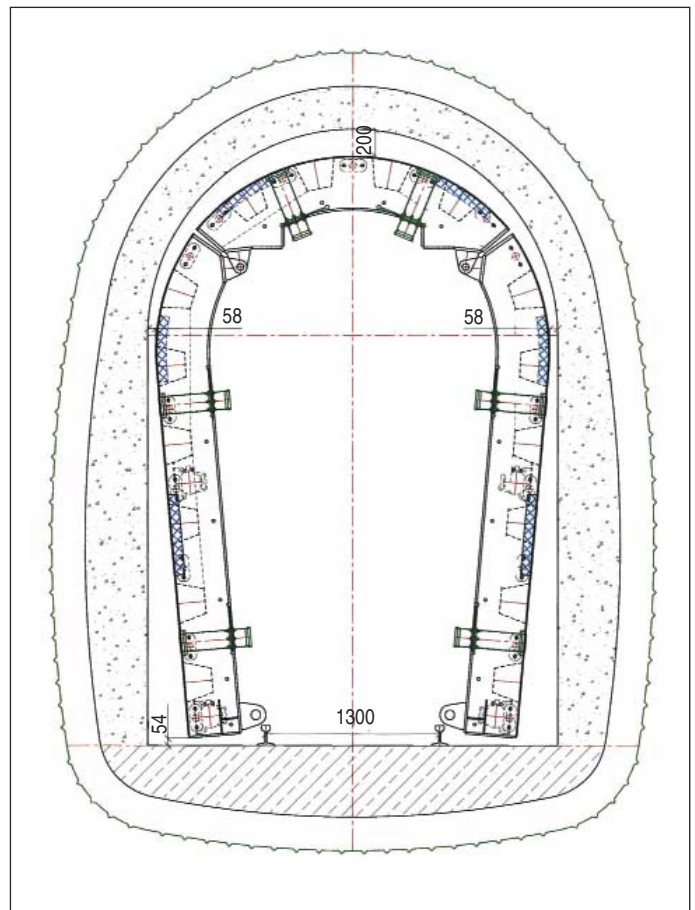
Ocelová obálka s plechem síly 3 mm vyztužená podélnými a příčnými výztuhami je složena po délce ze čtyř k sobě přišroubovaných celoobvodových dílů, které se navíc dělí na tři části (2x stěna a 1x oblouk klenby) spojené kloubovým spojem pro snadné odbednění (obr. 5). Součástí obálky je příslušenství, které umožňuje maximální efektivitu betonáže. Kvalitní betonáž zajišťuje 26 ks vzduchových příložných vibrátorů, 6 ks betonážních kruhových uzavíratelných oken průměru 600 mm, 10 ks napouštěcích ventilů průměru 125 mm a 3 ks tzv. špionů, tedy trubek vedoucích do vrcholu klenby, přes něž se kontroluje zaplněnost vrcholu klenby betonem. Ocelová obálka je vybavena také přechodovým plechem délky 200 mm, který vždy doléhal po obvodu na poslední zabetonovanou část, a závorami pro montáž dřevěného čela bednění. Úchyty pro přechodový plech a pro závory byly shodné na předním a zadním čele bednění, protože betonáž probíhala po směru i proti směru staničení bez možnosti otočení formy o 180°. Posledním důležitým vybavením obálky byla dvojice rozpěr na přechodu mezi rovnou a obloukovou částí obálky. Rozpěry zamezovaly příčné deformaci formy během betonáže, tím byl eliminován účinek tlaku vzniklý z rozdílné hladiny betonu v levé a pravé části formy. Maximální povolený rozdíl hladin mezi levou a pravou stranou formy byl 0,5 m. Maximální dovolený tlak betonu na plášť formy byl 80 kN/m².

Typická betonová sekce byla délky 8 m a téměř každý betonovaný úsek trasy kolektoru byl zakončen atypickou sekcí jiné délky. Forma nepokrývala celou výšku svislých stěn, spodní část

final lining of the utility tunnel has not yet been used in Prague for several reasons. The automatic formwork technology for small profiles was not available before the 1990s. Adapting the automatic formwork to cross-sections of galleries with numerous side stubs, irregular geometry (splayed jet grouting arches) or with sharp bends in the horizontal alignment of the galleries is complicated. When the tender documents for previous stages of the construction of deep utility tunnels with simpler cross-sections were being prepared, the application of the shotcrete final lining was one of the reasons for the later application of the automatic formwork.

The Hlávkův Bridge utility tunnel is the first mined utility tunnel at which the automatic formwork was used for casting of concrete on the route. Until now, this technology has been used at larger-profile underground construction projects. They comprised mainly transport-related structures, such as road and railway tunnels or metro stations and tunnels. The Hlávkův Bridge utility tunnel is suitable for the application of this technology. The length of the utility tunnel routes exceeds 400m, which means a large number of the repeated use of the formwork. The profile of the route is constant throughout its length and the number of side stubs and curves on it is not big. All elevation breaks and directional breaks are located in shafts.

The automatic formwork used at the Hlávkův Bridge utility tunnel was manufactured by Austrian company Östu-Stettin, which is engaged in the manufacture of similar types of steel structures in the long term. The 8m long steel formwork is shifted by an electrical carriage moving on steel wheels with wheel treads along S49 rails anchored to the reinforced concrete floor of the utility tunnel. The 9m carriage bears a steel formwork envelope with braces and accessories, including a hydraulic mechanism controlling



Obr. 5 Schéma betonážní formy: stav při odbednění
Fig. 5 Chart of the formwork: condition during stripping

formy při styku se dnem až do výšky přibližně 35 cm musela být bedněna pomocí ocelového plechu tvaru L, na který forma přes dřevěné fošny a hranoly dosedala.

Nový betonážní krok byl zahájen přejezdem formy do předsedem vyarmované sekce. Těsně před tím proběhlo armování místa, v prostoru dřevěného čela bednění na přesahu bednicího pláště. Během přesunu formy byl na čerstvě zatvrdlý beton z plošiny na zadní straně formy aplikován ošetřující prostředek proti vysychání betonu. Následovalo roztažení a zvednutí formy, tak aby přilehla na poslední zabetonovaný blok, v místě pro vytvoření přiznané pracovní nebo dilatační spáry byl osazen plech s gumovým profilem. Zároveň byla na formu pokaždé ve stejném místě přichycena injektážní krabička pojistného injektážního systému. Poté byla za použití geodetického přístroje do přesné polohy ustavena přední část formy. Po ustavení byla forma zakotvena proti nadzvednutí hydrostatickým tlakem, namontováno čelo formy z fošen a připravena betonářská čerpadla s potrubím a hadicemi na beton (obr. 6). Beton byl přiváděn z povrchu do podzemí šachtou hloubky až 38 m, proto při betonáži sekcí v blízkosti šachet se použilo jedno čerpadlo na povrchu a dvě čerpadla (jedno na povrchu a jedno v podzemí) při betonáži sekcí ve vzdálenosti více než 20 m od šachty.

Samotná betonáž postupovala od spodních napouštěcích otvorů vždy střídavě na levé a pravé straně, tak aby nebylo porušeno pravidlo 0,5 m rozdílné výšky hladin betonu. Zároveň se střídaly napouštěcí otvory v přední a zadní části formy za střídavého vibrování. Při betonáži v horní části klenby se postupovalo vždy plněním od napouštěcího ventilu nejbližší



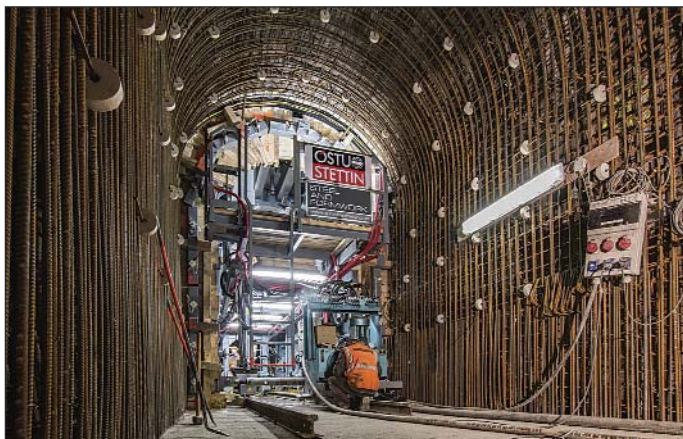
Obr. 6 Pohled dovnitř betonážní formy
Fig. 6 A view down the concrete casting formwork

the movement of the formwork during the course of the formwork setting and stripping. The carriage is in addition equipped with a pair of ladders and a platform for the movement of persons at the upper level of the formwork.

The steel envelope with 3mm thick steel sheet skin is reinforced with longitudinal and transverse braces. It is assembled lengthwise from four circumferential components bolted to each other. The components are in addition divided into three parts (2x a wall, 1x the vault) interconnected by a swing joint allowing easier stripping (see Fig. 5). The accessories allowing for maximum effectiveness of casting concrete are parts of the envelope. Good quality casting of concrete is ensured by 26 pneumatic (air powered) external vibrators, 6 600mm-diameter circular concrete casting gates which can be closed, 10 filling valves 125mm in diameter and 3 so-called "spies" (tubes leading to the top of the vault through which the filling of the top of the arch with concrete is checked). The steel envelope is equipped with a 200mm long transition steel sheet which always touched the last finished concrete block around the perimeter, and walers for the installation of the timber stopend formwork. Grippers for the transition steel sheet and for the walers were identical at the front end and the rear end of the stopend formwork because concrete casting would proceed both in the direction and against the direction of chainage, without the possibility of turning the formwork 180°. The last important equipment of the envelope was a pair of braces at the transition between the straight and curved part of the envelope. The braces prevented transverse movement of the formwork during concrete casting operations, thus eliminating the effect of the pressure resulting from the different levels of concrete in the left-hand and right-hand parts of the formwork. The maximum permitted difference in the levels between the left-hand and right-hand side of the formwork was set at 0.5m. The maximum permitted pressure on the formwork envelope was set at 80kN/m².

A typical concrete section was 8m long and nearly each concreted section of the route was ended by an atypical section with a different length. The formwork did not cover the whole height of the vertical walls – the lower part of the formwork at the contact with the floor up to the height of approximately 35cm above the floor had to be provided with an L-shaped steel sheet and planks on which the formwork sat.

The new concrete casting step started by moving the formwork to the section where concrete reinforcement was installed in advance. The location at the timber formwork stopend at the overlapping of the formwork envelope was provided with the reinforcement just before the installation. During the formwork movement, the surface of the freshly hardened concrete was treated with an anti-drying curing agent from the platform installed on the rear side of the formwork. The formwork was subsequently spread and lifted so that it adhered to the last concreted block. A steel sheet with a rubber profile was installed in the location designed for the creation of an exposed construction or expansion joint. At the same time the collection box of the auxiliary grouting system was concurrently attached to the formwork, always in the same spot. The front end part of the formwork was subsequently set into exact position using a total station. After setting, the formwork was anchored to prevent uplifting by hydrostatic pressure, the formwork stopend made from planks was installed and concrete pumps with pipes and concreting hoses were prepared (see Fig. 6). Concrete was supplied from the surface to the underground through an up to 38m deep shaft. For that reason one pump was installed on the surface and one pump was in the underground when concrete was cast in the sections at the distance over 20m from the shaft.



Obr. 7 Pohled na betonážní formu v zabetoněném stavu

Fig. 7 A view of the concrete casting formwork in the working condition

k dřívě zabetonované sekci po napouštěcí ventil u zabetoněného čela formy. V něm se nechávala vrcholová bednicí fošna čela popuštěná dolů, aby bylo možno sledovat blížící se hladinu betonu nejen přes kontrolní potrubí (tzv. „špion“), ale i přes mezeru mezi fošnou a klenbou (obr. 7). Těsně před tím, než se beton dostal k této fošně, byla vysunuta směrem nahoru ke klenbě a po vytečení betonu z nejbližšího špionu byla betonáž ukončena.

Následně se odstranil beton vyteklý při přepojování potrubí a připravila se další betonáž spočívající v čištění potrubí betonážních čerpadel po betonáži a instalaci injektážních krabic do další sekce. Po zatvrdnutí betonu se vždy nejprve odbednilo čelo bednění a provedla se zkouška Schmidovým tvrdoměrem. Po naměření hodnoty min. 8 MPa pevnosti betonu bylo povoleno zrušit kotvení ve spodní části formy a následně formu popustit neboli odtrhnout. Po spuštění formy následovalo její očištění řetězem od zbytků betonu a nanesení odbedňovacího prostředku pomocí konopného lana. Tento postup se opakoval v každé sekci.

Po zabetonování kompletní jedné části trasy bylo nutné prostor vrchlíku klenby, který není možno nikdy zcela zaplnit, zainjektovat výplňovou cementovou injektáží. K tomu se využívá kruhových otvorů, jež zbyly po 3 ks tzv. špionů, tedy trubek vedoucích do vrcholu klenby, přes něž se kontroluje zaplněnost vrcholu klenby betonem. K injektáži se přistupuje po zatvrdnutí betonu na hodnotu min. předepsané krychelné pevnosti pro danou třídu betonu, v našem případě 30 MPa.

Výstavba definitivního ostění kolektorové trasy byla zahájena ke konci října 2017 montáží formy v šachtě J102 o průměru 8 m. Tato šachta má největší rozměr, proto byla zvolena pro montáž formy. Následně byla formou zabetonována trasa mezi šachtami J102 a J101 skládající se z celkem 21 sekcí. Následovala trasa mezi šachtou J102 a technickou komorou TK103 o 10 sekcích. Vzhledem k tomu, že dno této komory bylo o 1,7 m níže než dno v kolektorové trase, byla zhotovena přes komoru přejezdová rampa délky 19 m složená z hrázděné konstrukce ze železničních prahů a dřevěných „polštářů“ a na tuto konstrukci byly osazeny koleje pro přejezd. Pokračovalo se betonáží trasy mezi komorou TK103 a šachtou J104 o 17 sekcích, která byla dokončena, s přestávkou na betonáž průniku trasy se šachtou J102, v polovině dubna 2018 (obr. 8). Forma byla demontována v šachtě J104 eliptického půdorysu o šířce 5,8 m, velmi malý rozměr šachty znamenal značné komplikace při demontáži formy. Průměrná rychlost betonáže jedné sekce byla 48 hodin. Doba postupu závisela zejména na době

The concrete casting operation proceeded from the lower filling gates up, always alternating on the left-hand and right-hand sides so that the rule of 0.5m difference in the concrete level height was maintained. At the same time the concrete vibration alternated at the filling gates in the front and rear parts of the formwork. During casting of concrete in the upper part of the vault the filling proceeded through the valve closest to the previously completed formwork stopend. The top formwork plank was left sunk down so that it was possible to monitor the approaching concrete surface level not only through the checking tube (the so-called “spy”) but also through a gap between the plank and the vault (see fig. 7). Just before the concrete got to this plank, the plank was shifted up to the top arch and the concrete casing operation was terminated after concrete poured from the closest spy.

The concrete which spilled when the pipeline was being switched over was subsequently removed and the next casing of concrete lying in cleaning the concrete casting pumps pipeline after the casting of concrete and the installation of the grouting collecting boxes for the following section. After the concrete hardened, the stopend formwork was first stripped and the Schmidt hammer rebound test was performed. After the minimum concrete strength value of 8MPa was measured, it was permitted to cancel the anchoring in the lower part of the formwork and subsequently to tear the formwork off. After the formwork had been removed the remnants of concrete were removed by a chain and a releasing agent was applied by means of a hemp rope. This procedure was repeated in each section.

After completing the casting of concrete along one part of the route it was necessary to fill the space above the vault crown, which can never be completely filled, with the filling cement grout. It was carried out using the circular openings which remained after 3 so-called spies, the tubes leading to the top of the vault through which the filling of the top of the vault is checked. The injection of grout is undertaken after hardening of concrete to the value of the minimum cube strength for the particular concrete grade, in our case 30MPa.

The construction of the final lining of the utility tunnel route commenced at the end of October 2017 by the assembly of the formwork in the 8m-diameter shaft J102. This shaft has the largest dimensions, which is the reason why it was chosen for the formwork assembly. Subsequently the formwork was used for concreting the route between shafts J102 and J101 consisting of 21 sections in total. The route between shaft J101 and the service chamber TK103 consisting of ten sections followed.

4. SERVICE CHAMBERS

Two service chambers, TK101 and TK103, are designed within the framework of the project. The cross-sections of both chambers are identical, the lower part of the oval geometry is slightly flattened. The net internal width (in the widest location) and height are 7.75m and 8.50m, respectively (see Fig. 9). The lengths of the two chambers are different, chamber TK 101 is 14.2m long and a funnel-like section connecting to the shaft is 4.4m long; chamber TK 103 is 9.65m long and the connection to shaft J103 is perpendicular to the chamber. The net internal width and height of the connection are 2.60m and 6.30m, respectively. The chambers are separated from the routes by expansion joints located immediately behind the connections to the route. Concreting the two chambers proceeded as follows: The flattened bottom was concreted throughout the chamber length first, concreting of the vault followed. Concreting of the vault in chamber TK101 was divided into 3 working blocks, whilst the vault of chamber TK103 was concreted *en block*.

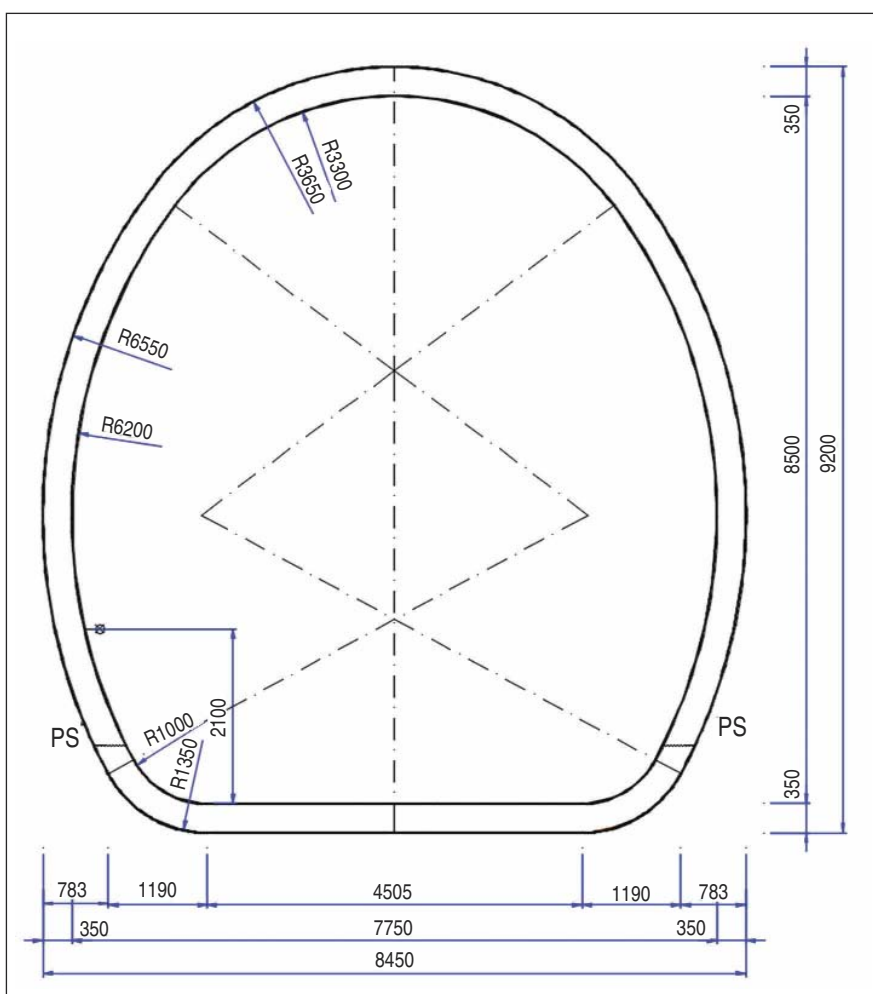


Obr. 8 Hotové betonové definitivní ostění hlavní trasy
Fig. 8 Completed final concrete lining on the main route

tuhnutí a tvrdnutí betonu Permacrete, který měl vzhledem ke zvýšené vodonepropustnosti (beton pro tzv. „bílé vany“) pomalý náběh krychelné pevnosti. Pokud bylo možné využít noční betonáže, postup se zrychlil na jedné sekci za 36 až 42 hodin podle její délky.

4. TECHNICKÉ KOMORY

V rámci stavby jsou navrženy dvě technické komory TK101 a TK103. Příčný profil obou komor je stejný a v oválném tvaru je spodní strana mírně zploštělá. Vnitřní světlá šířka (v nejširším místě) je 7,75 m a výška 8,50 m (obr. 9). Délka obou komor se liší, TK101 má délku 14,2 m, v délce 4,4 m je navrženo trychtýřovité napojení na šachtu, TK103 je dlouhá 9,65 m,



Obr. 9 Tvar definitivního ostění technických komor (TK101 a TK103)
Fig. 9 Geometry of the final lining of the service chambers (TK101 and TK103)

The layout of construction joints was designed with respect to the idea that no construction joint was to be continuous throughout the whole profile height.

The final lining thickness of 350mm is identical for both chambers; classical tie-up concrete reinforcement was used (see Fig. 10). No intermediate waterproofing system was designed for chamber TK101 (injecting grout into selected locations of the primary lining was sufficient); conversely, intermediate PVC waterproofing membrane was designed for chamber TK103 (with respect to the amount of leaks through the primary lining).

The final lining concrete for chamber TK101 (without intermediate waterproofing) was carried out similarly to the concrete used on the route without waterproofing; conversely, standard concrete without crystallisation admixture was designed for chamber TK103 (with intermediate waterproofing layer).

5. CONTINUAL CONCRETING OF SHAFT J102

The continual concrete casting technique was applied to the final lining of chambers J101, J102 and J103. This paper describes the uninterrupted casting of concrete for shaft J102, where the depth is the greatest. The dimensions of the shaft are derived from the future purpose and use of the shaft. Apart from utility networks, there is a lift located in the shaft.

The circular shaft has the net internal diameter of 7.0m; its depth measured from the lower surface of the covering deck amounts to 35.52m. There are two points of penetration into the tunnel route in the lower part of the shaft and the lift pit. A ventilation duct is connected to the upper part of the shaft. The circular lining thickness of 300mm, the bottom thickness of 500mm and the roof deck thickness of 350mm (see Fig. 11) were designed with respect to the loading by hydrostatic pressure.

Classical tie-up reinforcement is used in the lower part of the shaft (the bottom + intersections with utility tunnel routes); up from the level of the intersections with the utility tunnel routes, the shaft is reinforced with welded mesh. The roof deck was designed as a combination of HEB steel sections and classical tie-up reinforcement with respect to the planned loading (a car parking facility is located partially on the deck). The 50mm concrete cover was again designed.

Shaft J102 (as well as shafts J103 and J104) is provided with an intermediate PVC waterproofing system (up to the level of 2m above the water table) for the reasons of extreme water inflows. Expansion joints are carried out at each shaft always immediately behind the intersection with the route profile. Waterbars are installed (despite the use of uninterrupted casting of concrete) at 3.0m spacing, which corresponds to the height of a typical ring.

The reinforcement consisting of two layers of 100x100x8x8 KARI welded mesh is installed on 16mm-diameter RENESCO Anchorage PVC M16 anchors (the anchors pass through the intermediate PVC waterproofing membrane). The anchors fulfil not only the assembly function for the installation of KARI mesh, but also

kolmo na komoru je napojen propoj se šachtou J103 o vnitřním světlé šířce propoje 2,60 m a výšce 6,30 m. Komory jsou od tras oddilátovány, vždy bezprostředně za napojením na trasu. Betonáž obou komor byla provedena tak, že nejprve se vybetonovalo zploštělé dno v celé délce, pak následovala betonáž klenby, která byla v případě TK101 rozdělena na 3 pracovní celky a v případě TK103 byla betonována najednou.

Při rozmístění pracovních spár se dodržovala zásada, aby žádná styčná pracovní spára nebyla průběžná po výšce celého profilu.

Tloušťka definitivního ostění je 350 mm, pro obě komory je stejná, vyztužení bylo realizováno klasickou vázanou výztuží (obr. 10). Komora TK101 byla navržena bez mezilehlé izolace (postačilo pouhé proinjektování vybraných míst primárního ostění), naopak komora TK103 byla navržena s mezilehlou PVC izolací (s ohledem na množství přítoků do primárního ostění).

Pro komoru TK101 (bez mezilehlé izolace) byl beton definitivního ostění prováděn obdobně jako v neizolované trase, v komoře TK103 (s mezilehlou izolací) byl navržen naopak standardní beton bez krystalizační přísady.

5. KONTINUÁLNÍ BETONÁŽ ŠACHTY J102

V šachtách J101, J102 a J103 je použita technologie kontinuální betonáže definitivního ostění. V tomto článku je popsána technologie kontinuální betonáže šachty J102, u které je hloubka a plocha největší. Rozměr šachty je odvozen od budoucího účelu a využití šachty. V šachtě je mimo inženýrských sítí umístěn výtah.

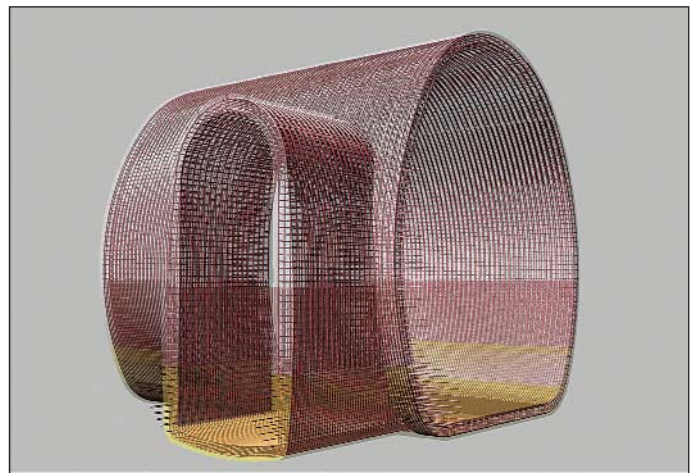
Šachta kruhového tvaru má vnitřní světlý průměr 7,0 m, od spodního líce stropní desky po horní líc desky dna měří 35,52 m. Ve spodní části šachty jsou dva průniky s trasou a pod úrovní dna šachty je prostor pro dojezd výtahu. V horní části je do šachty napojen vzduchotechnický kanál. S ohledem na zatížení hydrostatickým tlakem je kruhové ostění šachty navrženo v tl. 300 mm, deska dna v tl. 500 mm a stropní deska v tl. 350 mm (obr. 11).

Vyztužení šachty je ve spodní části (dno + průniky kolektorových tras) provedeno klasickou vázanou výztuží, od úrovně průniku kolektorových tras je šachta vyztužena svařovanými sítěmi. Stropní deska, s ohledem na plánované zatížení (částečně je na desce umístěno parkoviště), byla navržena v kombinaci ocelových profilů HEB a klasické vázané výztuže. Projektované krytí bylo opět 50 mm.

Šachta J102 (stejně jako šachty J103 a J104) je z důvodů razantních přítoků vody provedena s mezilehlou izolací PVC (do úrovně 2,0 m nad hladinu podzemní vody). Dilatační spáry jsou u každé šachty vždy provedeny bezprostředně za průnikem s trasovým profilem. Spárové pásy jsou instalovány (i přes užití kontinuální betonáže) po 3,0 m, což odpovídá výšce typického prstence.

Výztuž s dvěma polohami KARI sítí 100x100x8x8 je instalována na kotvy RENESCO Anchorage PVC M16 (kotvy prochází mezilehlou izolací z fólie PVC) průměru 16 mm. Kotvy plní jednak montážní funkci při osazování KARI sítí, ale i funkci spřažení definitivní konstrukce šachty s konstrukcí primární.

Beton definitivního ostění v místě s mezilehlou izolací (pod hladinou podzemní vody) se prováděl bez krystalizační přísady, v místě bez mezilehlé izolace (nad hladinou HPV) byl projektován naopak standardní beton s krystalizační přísadou.



Obr. 10 3D model výztuže technické komory TK103

Fig. 10 3D model of the concrete reinforcement for the service chamber TK103

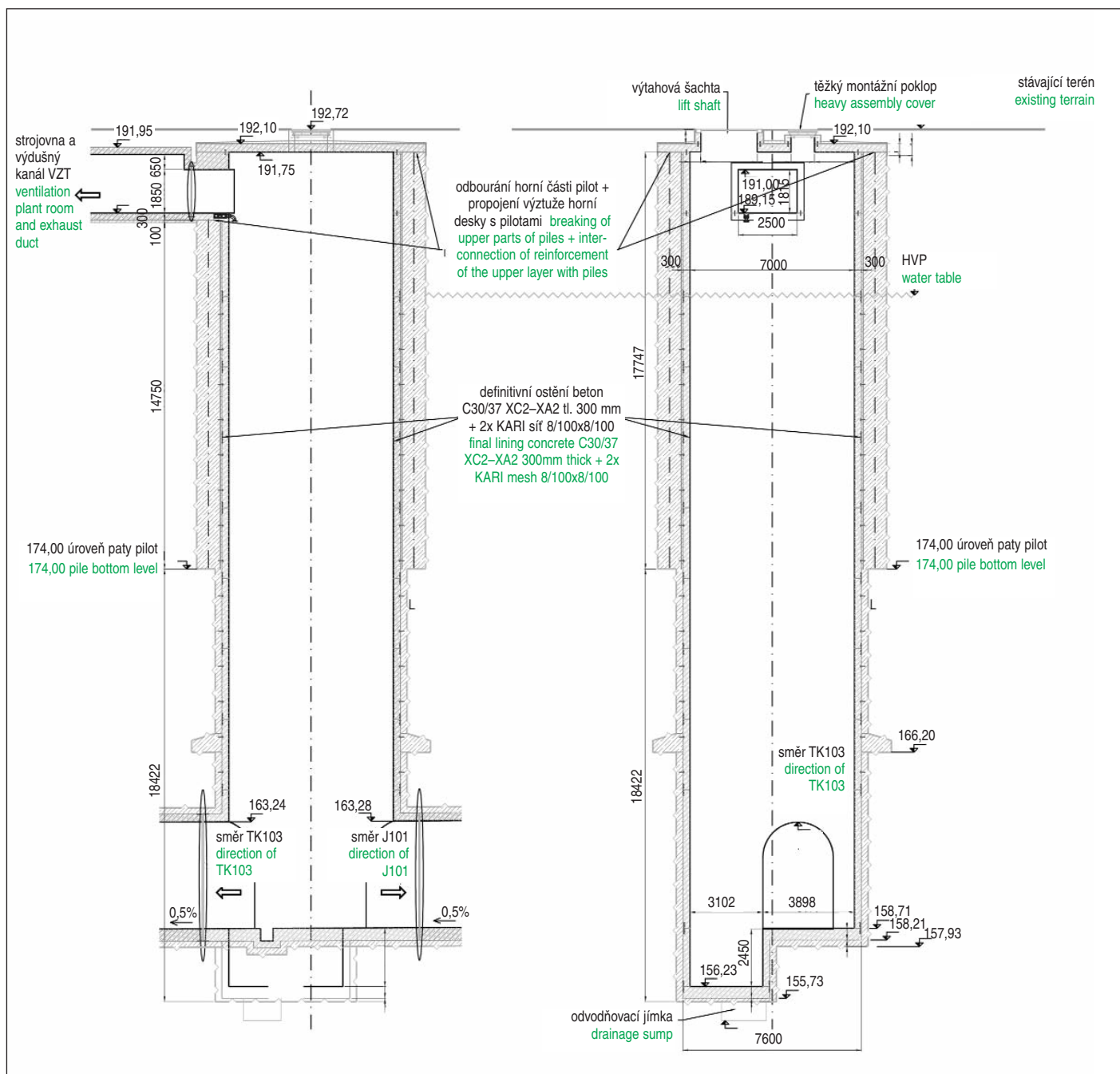
the function of locking the final structure of the shaft together with the primary structure.

The final lining concrete in the location with the intermediate waterproofing layer (under the water table level) was produced without the crystallisation addition; conversely, standard concrete with the crystallisation admixture was designed for locations without the intermediate waterproofing layer (above the water table level).

Concreting of the final lining of the shaft was divided into three stages. The formwork for shaft J102 was completely supplied by PERI spol. s r. o. The first stage comprised the casting of concrete for the lift pit up to the level of the utility tunnel route floor - system elements TRIO and RUNDIFLEX were used. This stage was completed before the passage of the formwork from the J101-J102 route. The intersection of the shaft with J102-J101 and J102-TK103 utility tunnel routes up to the level of one metre above the crowns of the vaults of the routes was carried out at the second stage. RUNDIFLEX system was used with the requirement for maximally possible accuracy. After completion of the second stage, a 3.0mm thick intermediate waterproofing layer was installed in the shaft in full extent. It consisted of the Mapeplan Protection 30 membrane with a signal layer and the 500mm wide Mapeplan WATERSTOP 500 external waterbars installed at the centre-to-centre spacing of 3.0m. The RENESCO inject. 20 system allowing for cement and chemical (gel) grouting was chosen as the auxiliary grouting system.

The installation of concrete reinforcement from the level of 164.61m a. s. l. up to 191.75m a. s. l. followed. An atypical and not yet used technology based on hydraulically pulled roof-suspended platform was chosen for the installation of reinforcement. The reinforcement installation and the subsequent casting of concrete were carried out using four PERI UP stacking towers located on the terrain surface, which were stabilised and braced against to a panel area. Prefabricated VARIOKIT-system trusses were connected to the walers of the towers. Another truss was "weaved" between the trusses at a 90° angle. A rigid spatial structure was created in this way (see Fig. 12).

Service "walkways" allowing movement of persons were created on the rigid spatial structure using SRU walers and planks. The formwork movement was provided by a system of a hydraulic mechanism. Four ENERPAC RRRH-606 hydraulic cylinders with the maximum bearing capacity of 400kN were installed on the bearing structure at the terrain surface (see Fig. 13). The maximum stroke of the jacks used was 166mm. Their movement



Obr. 11 Tvar šachty J102

Fig. 11 The shape of shaft J102

Betonáž definitivního ostění šachty byla rozdělena do tří etap. Bednění kompletně na šachtu J102 dodávala společnost PERI spol. s r.o. První se týkala betonáže dojezdu výtahu do úrovně podlahy kolektorové trasy – byly použity systémové prvky TRIO a RUNDIFLEX. Tato úroveň se realizovala před průřezem bednicí formy z trasy J101–J102. V druhé etapě byl proveden průnik šachty J102 s kolektorovými trasami J102–J101 a J102–TK103 metr nad úroveň vrchlíků tras. Byl použit systém RUNDIFLEX s maximálním možným požadavkem na přesnost. Po provedení druhé etapy byla v šachtě v celém rozsahu instalována mezilehlá izolace tloušťky 3,0 mm Mapeplan Protection 30 se signální vrstvou s vnějšími spárovými pásy Mapeplan WATERSTOP 500 šířky 500 mm instalovanými s osovou vzdáleností 3,0 m. Jako pojistný injektážní systém je zvolen RENESCO inject 20, který zajišťuje možnost cementové i chemické injektáže (gel).

Od úrovně 164,61 m n. m. následovala instalace armatury až do nadmořské výšky 191,75 m n. m. Pro montáž byla zvolena

was transferred by 3.0m long DIWIDAG DW draw bars. The draw bars were connected with partition nuts secured by “imbus” screw dowels.

A 19m long ramp crossing the chamber was constructed with respect to the fact that the bottom of this chamber was 1.7m below the bottom on the utility tunnel route. The ramp consisted of a half-timbered structure assembled from railway sleepers and wooden “cushions”. Rails for the crossing were installed on this structure. The works continued by casting of concrete on the route between chamber TK103 and shaft J104 consisting of 17 sections. It was finished in mid April 2018, with an interruption for concreting the intersection of the route with shaft J102 (see Fig. 18). The formwork was disassembled in shaft J104 with a 5m wide elliptic cross-section. The very small dimension of the shaft caused significant complications during the formwork disassembly. The average speed of casting concrete for one section was 48 hours. The duration of one concrete casting advance step depended mainly on the time of setting and hardening (the

atypická a doposud nepoužitá technologie hydraulicky tažené závěsné armovací plošiny. Realizace armatury a následně i betonáž byla prováděna pomocí čtyř podpěrných věží PERI UP umístěných na povrchu, které byly stabilizovány a rozepřeny do panelové plochy. Na roznášecí závory věží byly připojeny předmontované příhradové nosníky ze systému VARIOKIT. Pod úhlem 90° byl mezi nosníky „vpleten“ další příhradový nosník, a tím byla vytvořena tuhá prostorová konstrukce (obr. 12).

Na tuhé prostorové konstrukci byly vytvořeny ze závor SRU a fošen pochozí obslužné lávky umožňující pohyb osob. Posunu bednění zajišťoval systém hydraulického zařízení. Na nosnou povrchovou konstrukci se osadily čtyři hydraulické válce ENERPAC RRH-606 o maximální únosnosti 400 kN (obr. 13). Maximální výška zdvihu použitých lisů byla 166 mm a tento pohyb byl přenášen táhly DIWIDAG DW 15 o délce 3,0 m. Táhla byla spojena spojovacími maticemi s přepážkou jištěnou imbusovými červíky.

Nepřetržitý posun zajišťoval hydraulický agregát o výkonu 7,5 kW s centrálním propojením všech válců. Zapojení umožňovalo přívod stejných tlaků do všech válců. Pomocí dvou vložených ventilů před každý válec se zabránilo přelévání oleje mezi válci v případě zvýšení zatížení na některém válci, což především umožnilo případnou regulaci rychlosti jednotlivých zdvihů. Pro sledování tlaků v hydraulickém rozvodu byl před rozvaděčem instalován manometr. Jako maximální bezpečná hodnota byl zvolen tlak 105 bar, což je hodnota odpovídající 90 kN, která představuje bezpečnou hodnotu namáhání celozávitové tyče DW 15. Pevnost v tahu DW 15 je 190 kN, to odpovídá tlaku 222 bar.

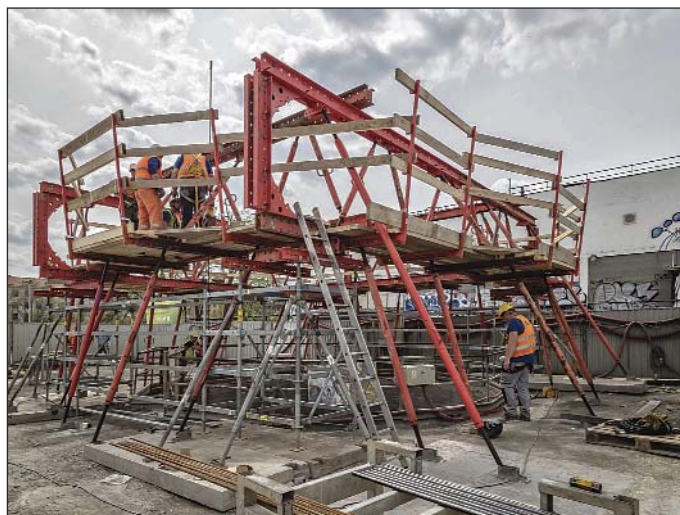
Armovací plošinu tvořila základna ze závor SRU, na kterou byly přichyceny vazníky GT 24 následně zaklopené fošnovým povalem tl. 50 mm. V plošině byly na závorách SRU nainstalovány čtyři kotevní body k přichycení táhel DW 15 pro zajištění vertikálního posunu. Armování šachty bylo zahájeno 25. 4. 2018 a provádělo se v nepřetržitém provozu po dobu sedmi dnů do 1. 5. 2018. Armování z hydraulicky posuvné montážní plošiny při betonáži šachet v podzemním stavitelství je v České republice nestandardní a z hlediska bezpečnosti velmi vhodné. Následně byla plošina spuštěna na dno šachty, rozmontována a pokračovalo se montáží bednicí formy šachty. Byla zvolena forma výšky 1500 mm s ocelovou obálkou tloušťky 3,0 mm a výztužným rámem z válcovaných profilů U220. Forma byla v průběhu dvou dnů smontována na pracovní plošině instalované ve výšce 164,46 m n. m., kde byla i startovací poloha kontinuální betonáže. Pro zajištění bezpečného rozjezdu se forma zasunula 150 mm do již zhotoveného definitivního ostění v předchozí etapě. Pro zajištění kontinuálního výkonu byla zvolena tloušťka ukládané vrstvy betonu 250 mm každou hodinu. Schéma postupu betonáže je patrné v obr. 14. Po naplnění bednicí formy byl vybrán jako nejvhodnější postup každou sudou hodinu posun o dva zdvihy lisů a každou lichou hodinu o jeden zdvih.

Betonovalo se betonem C30/37 XC2, XA2 s rychlým nárůstem pevnosti. Penetrační odpor dosahoval po šesti hodinách hodnoty 6 MPa a tato limitní hodnota byla zvolena jako okrajová pro opuštění betonu bednicí formou. Samotná betonáž byla zahájena 4. 5. 2018 ve 3:00 hod. z úrovně 164,61 m n. m. a byla dokončena 9. 5. 2018 ve 2:30 v úrovni 191,75 m n. m. Betonáž byla ukončena za 119,5 hod. a bylo zabetonováno 27,14 m definitivního ostění šachty s průměrným výkonem 227 mm/hod. (5,45 m/den). Tato technologie je finančně nákladnější na bednění, než klasická metoda překládaného bednění. Má však dvě zásadní pozitiva, je rychlejší o cca 40 % celkové doby provádění

(cure time) of Permacrete concrete, the cube strength of which built up slowly with respect to the increased impermeability (concrete for the so-called “white tanks”). When it was possible to use night shifts for casting concrete, the advance was accelerated, 36 to 42 hours per one section, depending on its length.

The uninterrupted advance was provided by a 7.5kW diesel generating set with central interconnection of all cylinders. The connection allowed for applying identical pressures to all cylinders. Transferring of oil between cylinders in the case of increased loads on one of the cylinders was prevented by means of two valves inserted before each cylinder. Owing to this measure, the regulation of the speed of individual pistons is possible. A manometer was installed before the pressure distribution device for monitoring of pressures in the hydraulic distribution system. The pressure of 105bar was chosen as the maximum safe value; this value corresponds to 90kN, representing a safe value for stressing the DW 15 all-thread tie rod. The tensile strength of the DW 15 tie rod is 190kN, corresponding to the pressure of 222bar.

The reinforcement installation platform was formed by a base from SRU walers with GT 24 girders, which were subsequently covered with a deck consisting of 50mm thick planks. Four anchoring points for fixing the DW 15 tie rods designed to ensure vertical movement were installed in the platform supported by the SRU walers. The round-the-clock installation of the shaft concrete reinforcement started on the 25th April 2018 and continued for seven days until the 1st May 2018. Installing the reinforcement of concrete shafts from a hydraulically movable platform is non-standard in the Czech Republic and is very proper as far as safety is concerned. The platform was subsequently lowered to the shaft bottom to be disassembled. The assembly of the shaft formwork followed. The formwork which was chosen is 1500mm high; the formwork steel skin is 3.0mm thick. A frame from U220 rolled-steel sections provides the support. The formwork was assembled during two days on a working platform installed at the level of 164.46m a. s. l. (the starting position for the uninterrupted concrete casting process). The formwork was inserted 150mm into the final lining completed at the previous stage so that safe launching was ensured. The thickness of 250mm of the concrete layer to be cast every hour was chosen so that the continual performance was ensured. The concrete casting advancing chart is presented in Fig. 14. After filling the formwork, one two-stroke advance step every even hour and one one-stroke advance step every odd hour were chosen as the best procedure.



Obr. 12 Tuhá prostorová konstrukce nad šachtou J102
Fig. 12 Rigid spatial structure above shaft J102



Obr. 13 Hydraulický válec ENERPAC pro manipulaci s plošinou
Fig. 13 ENERPAC hydraulic cylinder for handling the platform

definitivního ostění, a tedy náklady na strojní vybavení a dělnický personál jsou nižší. Definitivní ostění šachty vykazuje nižší náklady o cca 12 %. Druhým a zásadním kladným atributem je především dílo bez pracovních spár, které jsou potenciálním rizikem pro možnost vniknutí vody do vnitřních prostor šachty (obr. 15).

6. SOUHRN ZÍSKANÝCH ZKUŠENOSTÍ

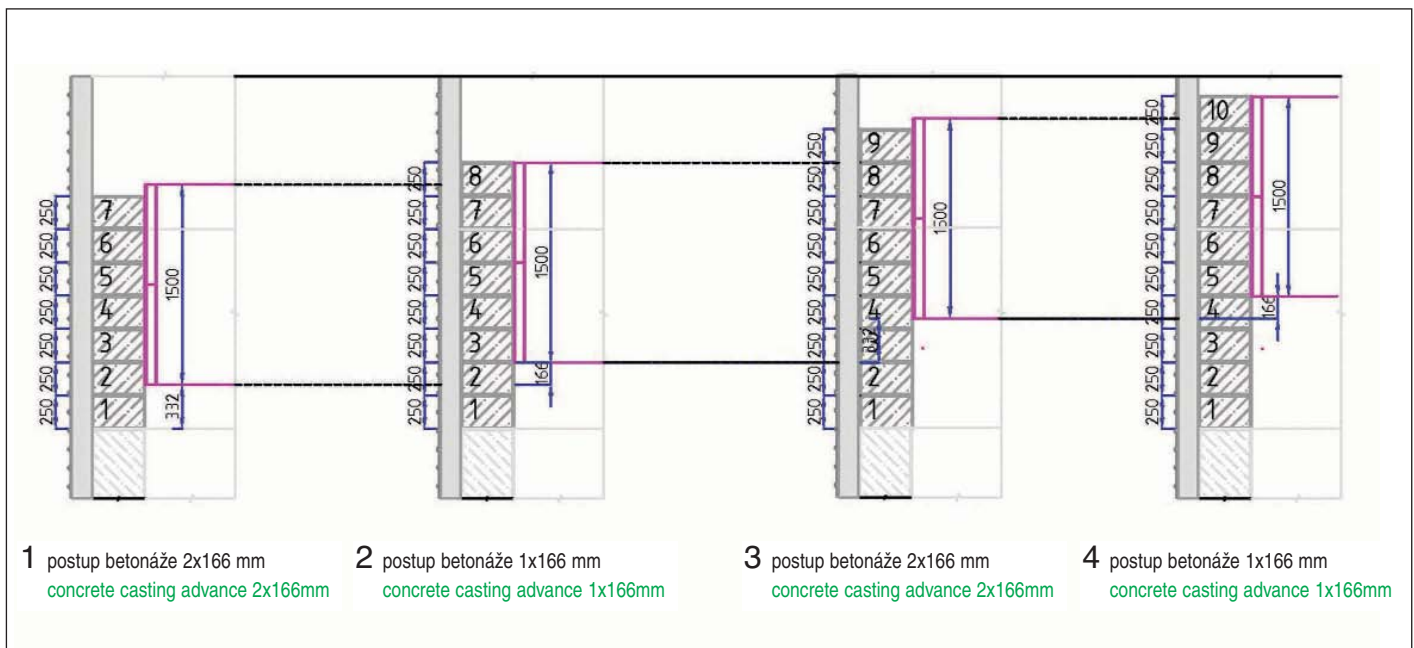
Pro zhotovitele a projektanta bylo toto dílo výzvou z několika důvodů. Jednak je to jeho členitost s křížením a průnikem několika typů podzemních děl. Na Kolektoru Hlávkův most to jsou ražené trasové úseky propojené s raženými technickými komorami a šachtami, do nichž při povrchu vstupují ještě hloubené objekty propojené se stávajícími kolektory. Dále je to délka záruky 10 let a důraz na kvalitu provedení daný zpřísnujícími se normami. V neposlední řadě bylo výzvou i ovlivnění stavby řekou Vltavou, to kladlo maximální důraz na bezpečnost i kvalitu návrhu a provádění. Definitivní ostění je navrženo na tlak 30 m vodního sloupce. Původně tomu mělo odolávat monolitické vodonepropustné železobetonové ostění bez mezilehlé izolace. Přítoky podzemní vody do díla však znamenaly úpravy projektu směrem k využití kombinace sanačních opatření. To vedlo k odstranění zatékání za pomoci využití kombinace postupů a technologií izolování a sanování známých ze staveb například bílých van anebo velkých silničních a železničních tunelů či metra.

Concrete C30/37 XC2, XA2 with rapid strength build-up was used. The penetration resistance after six hours reached 6MPa and this value was chosen as the boundary condition for the formwork abandoning the hardening concrete. The concrete casting operations commenced on the 4th May 2018 at 3:00hrs from the level of 164.61m a. s. l. And ended on the 9th May 2018 at 2:30hrs at the level of 191.75m a. s. l. The concrete casting operation was finished in 119.5 hours and 27.14m of the final shaft lining were concreted at the average rate of 227mm per hour (5.45m per day). This technology is more demanding on formwork than the classical climbing shuttering technology in terms of financing. Nevertheless, it has got two principal positives: it is quicker by ca 40% of the total duration of the execution of the final lining, which means that the costs of machinery and workforce are lower. The final lining of the shaft exhibits lower costs by ca 12%. The other fundamental positive attribute is first of all the structure without construction joints, which are a potential risk because of the possibility of the intrusion of water into the internal spaces of the shaft (see Fig. 15).

6. SUMMARY OF GATHERED EXPERIENCE

This construction was a challenge for both the contractor and the designer for several reasons. One of them is the complicated construction layout with crossings and intersections of several types of underground structures. There are mined route sections on the Hlávkův Bridge utility tunnel, which are interconnected with the mined service chambers and shafts, which are in addition entered shallow under the surface by cut-and-cover structures interconnected with existing utility tunnels. Another reason is the 10-year guarantee and the stress put on the works quality following from ever more stringent standards. At last but not least, even the influence of the river Vltava presented a challenge. It put the greatest stress on safety and quality of the design and the works. The final lining is designed for the pressure of 30m high water column. The cast-in-situ water-retaining reinforced concrete lining without an intermediate waterproofing layer was originally designed to resist this pressure. However, groundwater inflows into the working meant a change in the design in the direction of the use of the combination of rehabilitation measures. It led to the removal of leaks using a combination of procedures and technologies for waterproofing and rehabilitation known from construction sites, for example, white tanks or large road and railway tunnels or the metro.

Applying technologies and designing methods yet unused on utility tunnels in Prague is possible even in such conditions. One of them was, for example, the new geometry of the utility tunnel route and chambers, which has not yet been used for the construction of a category II utility tunnel. Further on, it was the use of the automatic steel formwork, the design of which had to be significantly changed against customs on tunnel construction sites and be adapted to the small profile. The application of the adapted platform, together with the proposal for maximally prefabricated self-supporting reinforcement, led to significant acceleration and increase in effectiveness of the working procedure in the underground. The fast continual casting of the concrete shaft was a significant new application in Prague utility tunnels. It was carried out by means of a circular steel formwork lifted by tie rods of hollow jacks driven with a central hydraulic aggregate. The uninterrupted installation of concrete reinforcement from the hydraulically lifted platform was also part of the shaft construction.



Obr. 14 Schéma posunů formy betonáže

Fig. 14 Chart of shifting the concrete casting formwork

I v takovýchto podmínkách lze aplikovat technologie a způsoby návrhu na kolektoru v Praze dosud nepoužité. Těmi zde byl například nový tvar profilu kolektorové trasy a komory, který nebyl pro výstavbu kolektoru II. kategorie doposud použit. Dále se jednalo o použití hydraulické ocelové bednicí formy, jejíž návrh musel být oproti zvyklostem na stavbách tunelů značně pozměněn a přizpůsoben malému profilu. Její nasazení společně s návrhem maximálně prefabrikované samonosné výztuže však vedlo ke značnému zrychlení a zefektivnění pracovního postupu v podzemí. Významnou novou aplikací na pražských kolektorech byla i rychlá kontinuální betonáž šachty. Ta se prováděla ocelovou kruhovou formou zdvihanou přes táhla pomocí dutých lisů poháněných centrálním hydraulickým agregátem. Součástí výstavby šachty byla i nepřetržitá montáž výztuže z hydraulicky zvedané plošiny.

Všechny výše uvedené postupy a návrhy by nevznikly bez vzájemné spolupráce a pochopení mezi účastníky výstavby, za což se všem zúčastněným patří poděkovat. Stavba Kolektoru Hlávkův most a zkušenosti z ní získané se tak mohou stát novým směrem, jakým se bude výstavba nejen kolektorů v Praze, ale obecně výstavba podzemních děl malých profilů v ČR ubírat.

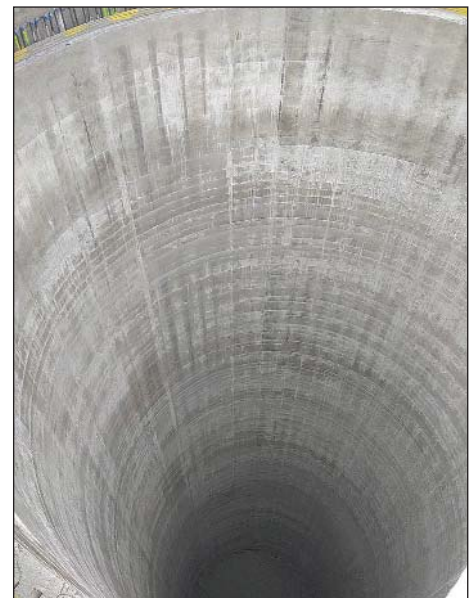
Ing. RADEK KOZUBÍK, radek.kozubik@hochtief.cz,
HOCHTIEF CZ a. s.,

Ing. VÁCLAV DOHNÁLEK, vdohnalek@subterra.cz,
Subterra a. s.,

Ing. VÁCLAV RÁČEK, Ph.D., racek@ingutis.cz,
Ing. JAROMÍR ZLÁMAL, zlamal@ingutis.cz,
INGUTIS, spol. s r. o.

Recenzovali Reviewed: Ing. Jan Frantl, Ing. Josef Rychtecký

All above-mentioned procedures and proposals would not originate without mutual collaboration and understanding among the stakeholders in the construction. All participants deserve great thanks for it. The Hlávkův Bridge utility tunnel construction and the experience gained from it can therefore become the new direction in which the development not only of utility tunnels in Prague but also, generally, development of small-diameter underground structures, will proceed in the Czech Republic.



Obr. 15 Vzhled definitivního ostění J102 po demontáži bednicí formy

Fig. 15 The appearance of the final lining of J102 shaft after formwork stripping

Ing. RADEK KOZUBÍK, radek.kozubik@hochtief.cz,
HOCHTIEF CZ a. s.,

Ing. VÁCLAV DOHNÁLEK, vdohnalek@subterra.cz,
Subterra a. s.,

Ing. VÁCLAV RÁČEK, Ph.D., racek@ingutis.cz,
Ing. JAROMÍR ZLÁMAL, zlamal@ingutis.cz,
INGUTIS, spol. s r. o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] VOREL, J., BŘEZINA, B., CHMELAR, R. Podrobný inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum stavba č. 8615, Kolektor Hlávkův most. Praha: PUDIS a. s., 2006
- [2] RÁČEK, V., ZLÁMAL, J. Projekt Kolektoru Hlávkův most. *Tunel*, 2015, č. 2
- [3] Projekt: Stavba č. 8615 „Kolektor Hlávkův most“ Ingutis, spol. s r. o., realizační dokumentace stavby, 2016/2017
- [4] DOHNÁLEK, V., KOZUBÍK, R., ŠPETA, M. Kolektor Hlávkův most – zkušenosti po zahájení ražeb. *Tunel*, 2017, č. 4

METRO „CITYRING“ V KODANI – ÚSEK „BRANCH OFF TO NORDHAVN“ CITYRINGEN METRO, COPENHAGEN – BRANCH-OFF TO NORDHAVN

FRANK ABEL

ABSTRAKT

Objekt „Branch off to Nordhavn“ městského okruhu metra v Kodani má po dokončení v roce 2019 spojit oblast severního přístavu, která je v současnosti rozvíjena jako nová městská čtvrť pro budoucích 40 tisíc obyvatel, s vnitřním městem. Plánovaná kapacita představuje 11 tisíc cestujících denně. Projekt (na trase metra M4) představuje severní pokračování aktuálně budovaných linek metra „Cityring“ ve vnitřním městě.

ABSTRACT

The “Branch off to Nordhavn” project of the Copenhagen Cityringen metro should connect, after its completion in 2019, the Nordhavn area in Copenhagen - which is currently being developed as a new city district with a city centre for future 40,000 inhabitants. The metro capacity is planned for 11,000 passengers a day. The project will provide the northern continuation of the “Cityringen” metro lines currently under-construction in the city centre.

1. PROJEKT

1.1 Přehled

Stavba byla zadána sdružení MetNordJV, jehož členy jsou HOCHTIEF Solutions AG a ZÜBLIN A/S. Zadavatelem celkem 3,8 km dlouhého úseku (obr. 1) je dánský provozovatel metra Metroselskabet I/S (MS).

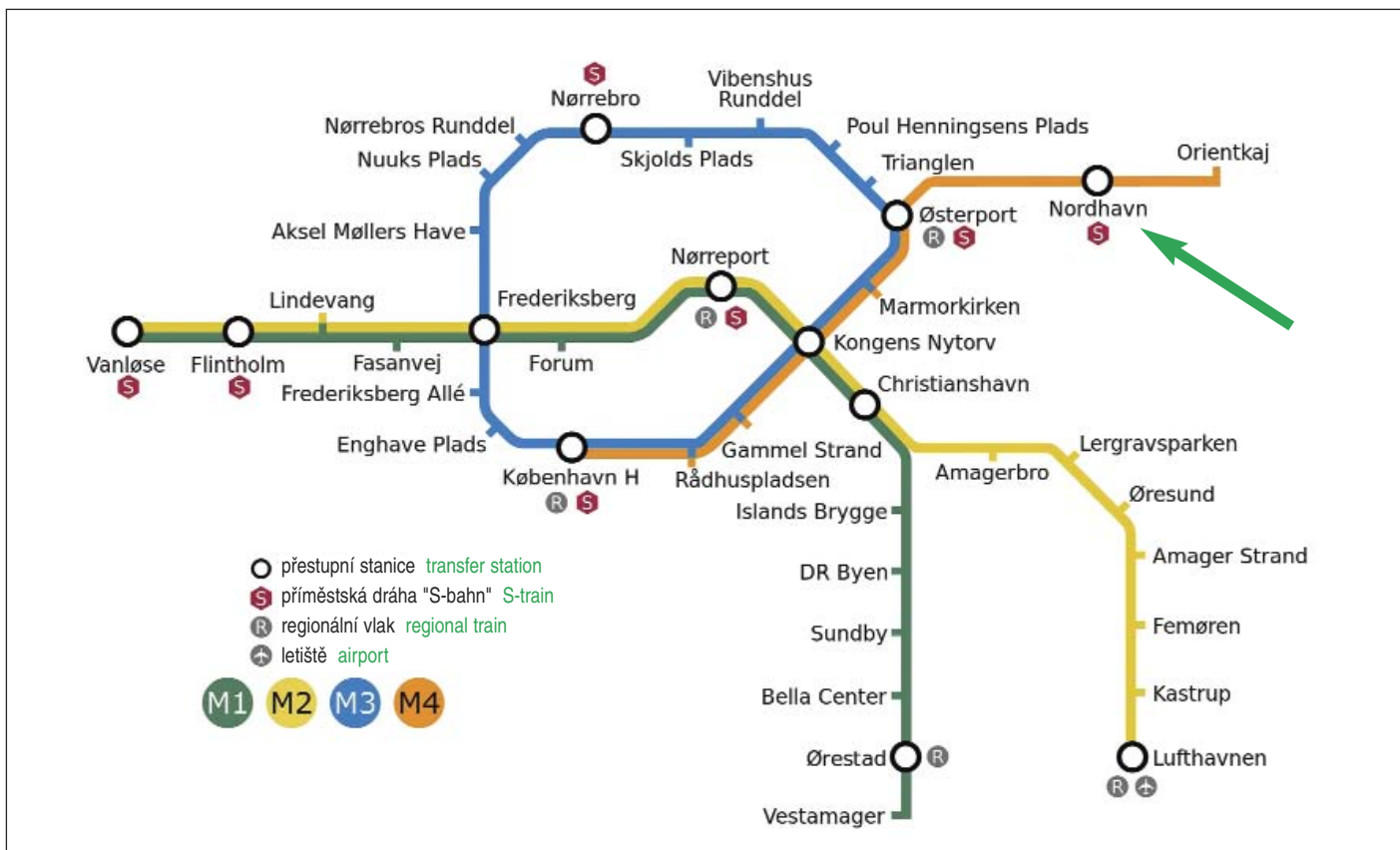
Aktuálně nejsou stavební pozemky ani přímo sousedící pozemky zastavěné, v sousedství však již vznikají první obytné jednotky nové obytné čtvrti „Nordhavn“. Po dokončení úseku stavby dojde k další zástavbě v prostoru vedle stanice a nad ní.

1. PROJECT

1.1 Overview

The construction contract was awarded to MetNordJV, the members being HOCHTIEF Solutions AG and ZÜBLIN A/S. The Client, the Denmark-based metro operator “Metroselskabet I/S” (MS) ordered the metro section with a total length of 3.8 km (Figure 1).

At present, neither the building plot of land, nor the directly neighbouring plots are developed, nevertheless, the first residential units of the new residential quarter “Nordhavn” have already started to rise. Further building activities in the area



Obr. 1 Celkový přehled projektu „Branch off to Nordhavn“ v Kodani
Fig. 1 Overview of „Branch off to Nordhavn“ project in Copenhagen

Rozsah projektu je uveden v následujícím přehledu:

- podzemní stanice Nordhavn délky 80 m a hloubky 14 m;
- hloubený tunel délky 150 m;
- rampa se štetovými stěnami k povrchu délky 125 m;
- podzemní „přestupní tunel“ ke stanici městské dráhy délky 80 m;
- nouzová a větrací šachta Krauseparken hloubky 40 m;
- mechanické a elektrické instalace v tunelech, šachtě a stanici (bez instalací přímo spojených s vlaky – elektrické napájení vlaků, zabezpečovací zařízení, atd.);
- architektonické úpravy ve stanici a šachtě;
- dva tunely ražené TBM z Nordhavnenu do Øster Søgade, kolej 62 délky 1796 m a kolej 61 délky 1594 m;
- TBM1: štít a navazující zařízení;
- TBM2: pouze štít;
- první vrstva betonu na počvě tunelových staveb;
- příčná tunelová propojka spojující oba tunelové tubusy s šachtou Krauseparken.

Celkový objem zakázky je 150 mil. €, v členění 60 % ZÜBLIN A/S a 40 % HOCHTIEF Solutions AG.

1.2 Geologie

Projekt je situován do oblasti původní linie pobřeží. Pod navážkami a kvartérními sedimenty se nacházejí paleogenní sedimenty (obr. 2). Se zvětšující se hloubkou roste v souvislosti s mírou zvětřování i pevnost kodaňského vápence, současně klesá jeho propustnost.

Podzemní voda s napjatou hladinou se nachází v dolní zvodnělé vrstvě ve vápenci. Tlak podzemní vody přitom hladinu vytačí až k horní hraně terénu. V kvartérních vrstvách je situována druhá, horní zvodnělá vrstva. Tato zvodnělá je ovlivňována nedaleko se nalézající mořskou vodou a srážkami a vykazuje sezónní výkyvy. Obě zvodnělá jsou navzájem pouze částečně oddělené souvislými vrstvami kvartérního pokryvu.

Z hlediska projektování je proto nutno uvažovat s hladinou podzemní vody zasahující až k úrovni terénu.

next to the station and above it will rise after the completion of the construction section.

The project scope is clear from the following overview:

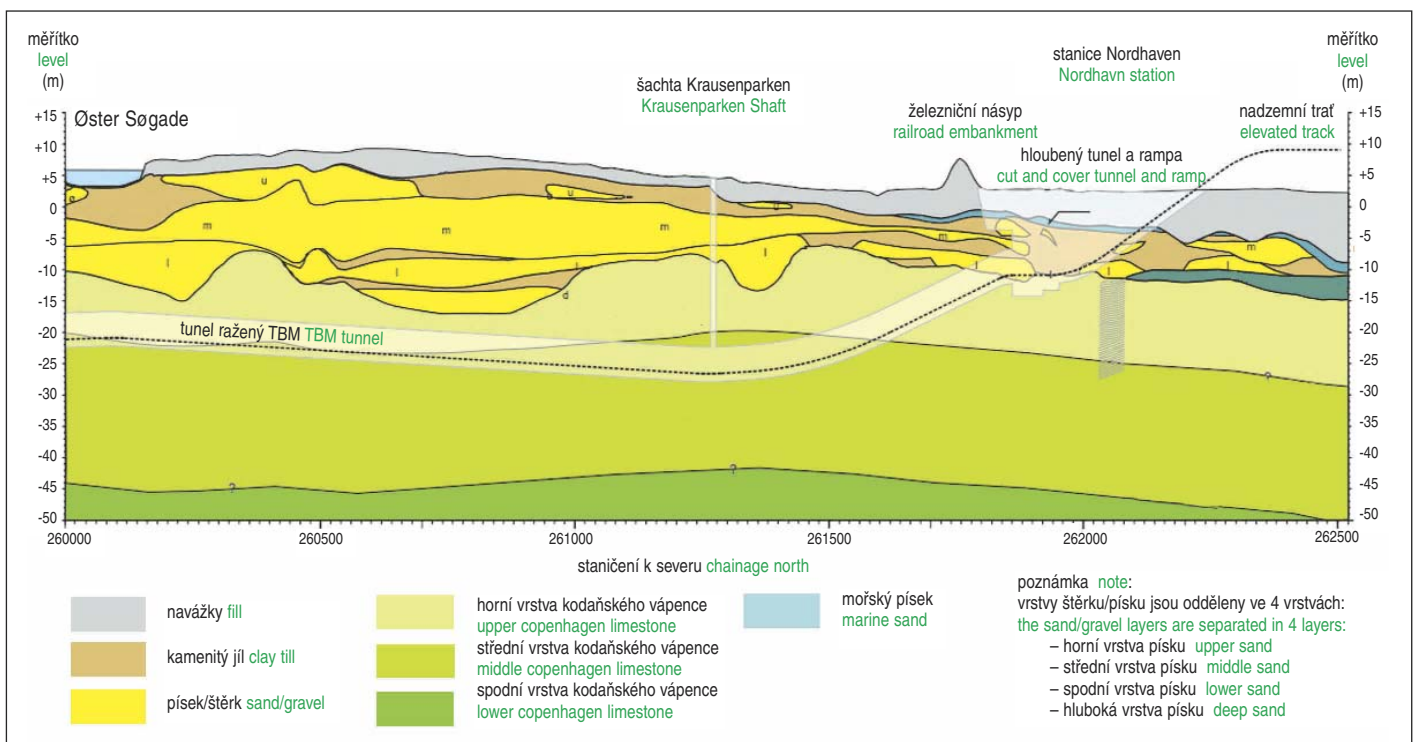
- underground Nordhavn station, length 80m, depth 14m;
- Cut-and-Cover tunnel, L=150m;
- ramp with sheet pile walls to the surface, length 125m;
- underground “transfer tunnel” to the city railway station, length 80m;
- emergency and ventilation shaft Krauseparken, depth 40m;
- mechanical and electrical installations in the tunnels, shaft and station (without installations directly connected with trains – electrical power supply to trains, interlocking technology etc.);
- architectural works in the station and in the shaft;
- two TBM bored running tunnels from Nordhavn to Øster Søgade, track 62 = 1796m, track 61 = 1594m;
- TBM1: shield and follow-up equipment;
- TBM2: shield only;
- the first concrete layer on the bottom of the tunnels;
- cross passage interconnecting both tunnel tubes with the Krauseparken shaft.

The total volume of the contract is € 150 million, in the arrangement of 60% by ZÜBLIN A/S and 40% by HOCHTIEF Solutions AG.

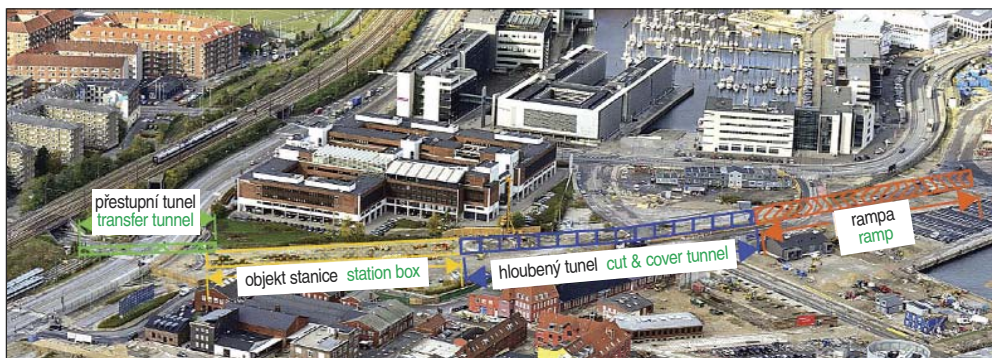
1.2 Geology

The project is located in the area of the original coastline. Palaeocene deposits (Figure 2) are situated below the fillings and Quaternary deposits. The strength of Copenhagen limestone increases with the growing depth and, at the same time, the permeability decreases in connection with the compaction rate;

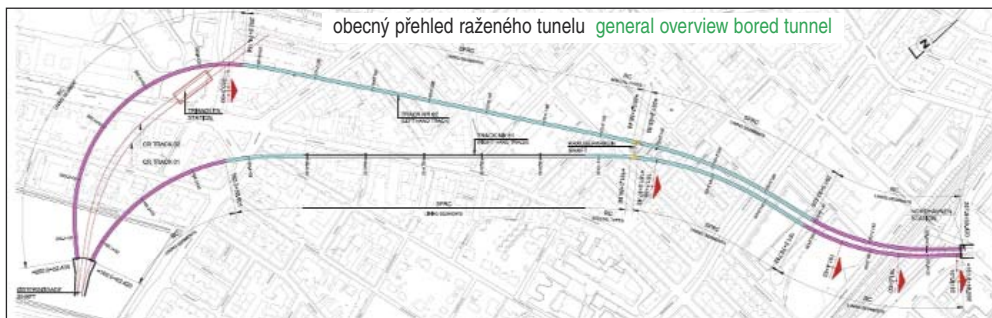
Confined groundwater level is situated in the lower water-bearing layer in the limestone. The second, upper water-bearing layer is situated in Quaternary layers. It is influenced by sea water found nearby and by precipitations. It features seasonal



Obr. 2 Geologický podélný řez projektu „Branch off to Nordhavn“
Fig. 2 „Branch off to Nordhavn“ project longitudinal section



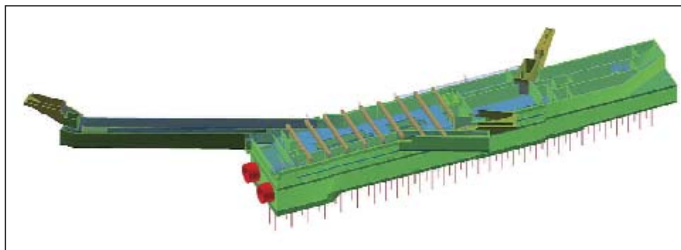
Obr. 3 Nádraží a navazující oblast prováděná v otevřené stavební jámě
Fig. 3 Railway station and following area carried out using cut-and-cover method



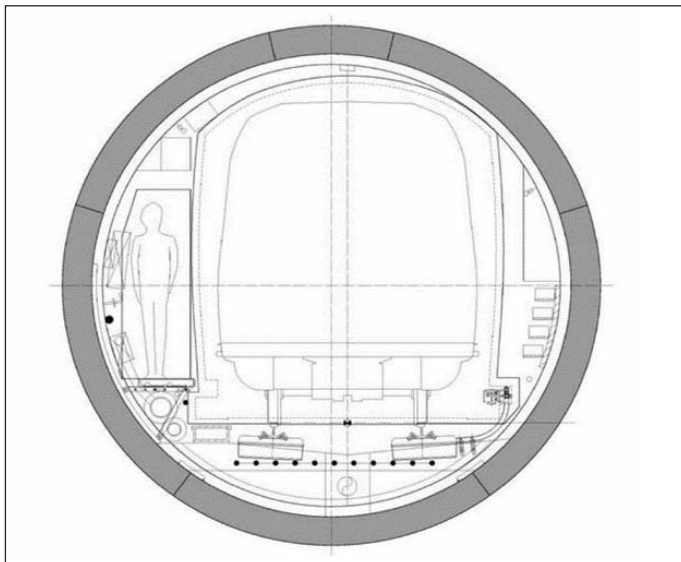
Obr. 4 Situace tunelových trub
Fig. 4 Situation of tunnel tubes

1.3 Části stavby

Příjezdy k tubusům tunelu budou provedeny v otevřené stavební jámě v horních kvartérních vrstvách. Tato část zahrnuje výstavbu 80 m dlouhé stanice metra a 150 m dlouhého úseku



Obr. 5 3D model stanice Nordhavn s přestupním tunelem a navazujícími tunelovými troubami
Fig. 5 3D model of Nordhavn station with interchange tunnel and linking tunnel tubes



Obr. 6 Vzorový příčný řez traťovým tunelem
Fig. 6 Typical cross-section of trail tunnel

fluctuations. Both aquifers are mutually only partly separated by continuous Quaternary cover layers.

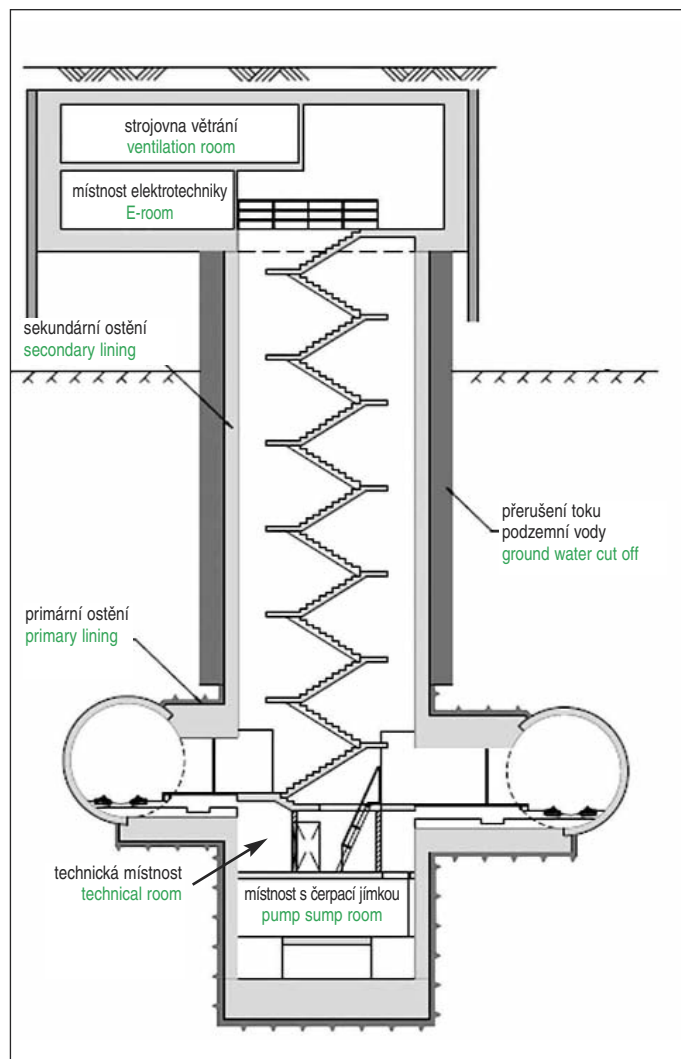
From the viewpoint of designing it is therefore necessary to consider the water table to be reaching up to the terrain surface.

1.3 Parts of the construction

Train access to the tunnels will be carried out using the Cut-and-Cover method in the Upper Quaternary layers. This part includes construction of an 80 m long station of the underground railway and a 150m long cut-and-cover part of the tunnel with the follow-up 125m long ramp (Figure 3).

Both main tunnels with a length of 1.8 and 1.6km (Figure 4) are situated in the Copenhagen limestone and will be bored by the TBM shield from the station area (Figure 5).

Each tunnel will contain one set of the metro tracks (61 and 62) – the finished cross section of the tunnel will have an internal diameter of



Obr. 7 Šachta Krauseparken
Fig. 7 Krauseparken shaft

hloubené části tunelu s navazující přístupovou rampou délky 125 m (obr. 3).

Oba hlavní tunely s délkou 1,8 a 1,6 km (obr. 4) jsou situovány v kodaňském vápenci a budou z prostoru stanice raženy pomocí zeminového štítu EPB-TBM (obr. 5).

Každou tunelovou troubou povede jedna kolej metra (koleje č. 61 a 62) – světlý průřez tunelu bude mít při tloušťce ostění 0,3 m vnitřní průměr 4,90 m, vnější průměr 5,5 m. Průměr líce výrubu se předpokládá 5,8 m. Prstenec ostění šířky 1,4 m tvoří 5+1 segmentů. Obr. 6 zobrazuje vzorový příčný řez tunelu v oblastech bez příčného sklonu.

Po 500 m spojuje obě tunelové trouby větrací, úniková a údržbová šachta 'Krauseparken' (obr. 7).

Komplet šachty tvoří dvoupodlažní provozně-technologický objekt s obdélníkovým půdorysem umístěný nad šachtou s kruhovým průřezem. Šachta bude vybudována uvnitř dočasných stěn z vrtaných pilot a stříkaného betonu. Vrtané piloty zasahují až do hloubky 21 m. Pod pilotami bude stěna kodaňského vápence zajištěna ostěním ze stříkaného betonu. Tubusy budou s šachtou spojeny příčnou propojkou. Ta bude provedena se zajištěním výrubu ostěním ze stříkaného betonu.

Napojení obou tunelových tubusů na stávající šachtu Østersøgade navazujícího úseku Cityringu ve středu Kodaňských jezer Sortedams Sø je patrné z obr. 8.

Vedle samotných stavebních objektů jsou součástí smlouvy i architektonické řešení a jeho realizace a veškeré technické instalace – s výjimkou výkonů souvisejících s kolejovým zařízením.

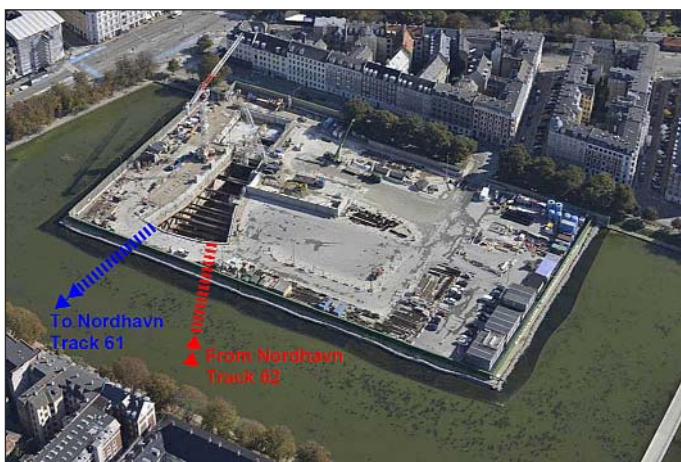
2. AKTUÁLNÍ STAV STAVBY

Celková doba výstavby je 5 let a projekt se v současnosti plně nachází ve stanoveném časovém rámci.

Byla vybudována stavební jáma stanice a navazující hloubené části, a to s použitím podzemních stěn z převrtávaných pilot o průměru 1,20 m se zpravidla třemi kotevnými úrovněmi (obr. 9).

V oblasti čela stavební jámy byly piloty vyztuženy použitím skelných vláken a umístěním dalších výztuh byl vytvořen prostor pro zaražení štítů.

Rozměry stavební jámy stanice jsou zhruba 100x19 m při průměrné hloubce cca 17 m, hloubený úsek tunelu má šířku cca 15 m. Z toho plyne celkový počet realizovaných pilot cca 600 ks. Pro utěsnění proti spodní vodě v prostoru kolem hlavního schodiště a v oblasti zarážky štítů byly použity další nevyztužené piloty.



Obr. 8 Napojení do stavební jámy Øster Søgade
Fig. 8 Connection to construction pit Øster Søgade

4.90m and external diameter of 5,5m. Bored diameter is 5,8m. The width of segmental lining rings is 1,4m and one ring is composed of 5+1 tunnel lining segments. Figure 6 shows standard cross sections of the tunnel in the areas without any transverse inclination.

After 500 m, the two tubes are connected by means of the ventilation, escape and maintenance shaft 'Krauseparken' (Figure 7). The complete shaft set consists of a two-storey building with a rectangular ground plan situated above the circular cross section shaft. The shaft will be built up under the protection of a diaphragm wall (the wall made of bored piles and shotcrete). Bored piles reach to the depth of 21m. The Copenhagen limestone will be stabilised by a layer of shotcrete. The tunnel tubes will be connected with the shaft by means of a cross passage. It will be supported using shotcrete lining.

The connection of both tubes to the existing shaft Østersøgade of the separate Cityring route in the centre – Copenhagen Seen Sortedam Sø, as presented in Figure 8.

Apart from the actual building facilities the contract includes also an architectural solution, its implementation and all technical installations – except for the power outputs associated with the track equipment.

2. EXISTING STATE OF THE CONSTRUCTION

The total construction time will be 5 years and the project is currently fully within the specified time frame.

The construction pit of the station together with the follow-up cut-and-cover part was built, using secant bored pile walls (piles Ø1.20m) with usually three tiers of anchors (Figure 9). In the area of the front end of the construction pit, the area for launching of the shields was created by the use of the glass-fibre reinforcement (GFR) in the piles and by placement of other rod reinforcement.

The dimensions of the construction pit are approximately 100m x 19m at an average depth of about 17m, the cut-and-cover section of the tunnel features a width of approx. 15m. This leads to the total number of the implemented piles of ~600 pieces. Additional non-reinforced piles were used for waterproofing in the area around the main staircase and in the train set entrance area.



Obr. 9 Stavební jáma stanice a hloubených tunelů
Fig. 9 Construction pit for the station and cut-and-cover tunnels



Obr. 10 Prorážka TBM2 dne 5. února 2017

Fig. 10 TBM2 breakthrough on 5th February 2017

Aby bylo minimalizováno množství vody, které bude nutno čerpat ze stavební jámy, zasahují piloty až do hloubky cca 23 m pod úroveň terénu, což odpovídá celkové délce pilot téměř 14 km. Pro zajištění proti vztlaku po dokončení jsou určeny tahové piloty.

Stavební jáma rampy byla vytvořena s využitím štetových stěn. Definitivní základová deska již byla vybetonována. Hloubený tunel je dokončený.

Ražení tunelů pomocí TBM bylo dokončeno prorážkou druhé tunelové trouby 5. února 2017 (obr. 10), přitom bylo dosaženo maximálního denního výkonu 56,19 m za 24 h (od začátku denní směny).

Pro zahájení ražby obou razicích štítů byl úspěšně použit patentovaný postup HOCHTIEF nazývaný jako „letmá zarážka“ (obr. 11).

V současnosti probíhají poslední betonářské práce na stanici, přitom je dokončována konstrukce stropů.

3. ZVLÁŠTNOSTI PŘI PROJEKTOVÁNÍ

3.1 Zvláštnosti ve smlouvě ve vztahu k procesu schvalování

Projekt pro povolení a realizační projekt stavby byl vypracován projekčními kancelářemi HOCHTIEF Engineering GmbH, ZÜBLIN DE TBT a ZÜBLIN DK.

U „Branch off to Nordhavn“ bylo ve smlouvě sjednané vytvoření projektové dokumentace „Design & Build“ ve třech fázích: fáze 1: Design Basis (projektční podklady); fáze 2: Preliminary Design PD (projekt pro stavební povolení); fáze 3: Detailed Design DD (prováděcí projekt).

Každý dokument musí absolvovat vícestupňovou kontrolu – vždy dokumentovanou v tzv. „review and comment sheets“:

interní kontrola:	kontrolní prohlédnutí;
externí kontrolor VC3:	osvědčení;
stavebník:	„stav bez připomínek“;
stavební úřad:	stavební povolení (PD) / Safety Note (bezpečnostní požadavky dle PD a DD).

U projektu pro stavební povolení odpovídá čas na kontrolu 85 dnům, u prováděcího projektu 65 dnům – vždy se zohledněním dvou revizí.

Zvláštnost: U stavebních objektů kritických z hlediska času přistoupil stavebník na zkrácený průběh kontrol. Paralelním předáním kontrolorovi VC3 a stavebníkovi došlo ke zkrácení průběhu kontroly o 3 týdny.

3.2 Zvláštnosti z dánských norem – vyšší tlak vody

Vedle výpočtových případů podle EC7 (EN 1997-1 DK NA:2013) musí být podle dánské přílohy, tabulky A.3-1 navíc zohledněna i kombinace zatížení 5. Pro mezní stav konstrukce



Obr. 11 „Letmá zarážka“ tunelovacího stroje TBM (bez opěrných bloků)

Fig. 11 TBM flying start-up

In order to minimise the quantity of water which must be pumped from the building pit, the piles reach to a depth of approx. 23m below the terrain level, which corresponds to the total length of piles of almost 14km. Tension piles are intended for protection against the uplift pressure after completion.

The construction pit for the ramp was created with the use of sheet pile walls. The final floor slab has already been made from concrete. The cut-and-cover tunnel is finished.

The TBM-driven running tunnels were completed by boring the second tube on 5th February 2017 (Figure 10), during this activity the maximum daily advance achieved was 56.19m in the course of 24h (from the beginning of the day shift). The method patented by HOCHTIEF and known as “flying-start” (Figure 11) was successfully used for launching of both tunneling shields.

At present the last concrete pouring works are underway, focused on the station, and during this process the structure of the cover decks was finished as well.

3. SPECIFICS DURING DESIGNING

3.1 Specifics in the contract in the relation to the approval process

The Design for the Construction Permit and the Detailed Execution Design of the construction were drawn up by designing offices of HOCHTIEF Engineering GmbH, ZÜBLIN DE TBT and ZÜBLIN DK.

In the case of the “Branch off to Nordhavn”, the contract contained arrangement for the creation of the Design Documentation of the “Design & Build” type in three phases:

- level 1: Design Basis;
- level 2: Preliminary Design PD (Design for Building Permit);
- level 3: Detailed Design DD (Execution Design – Detailed Design).

Every document must be subject to a multilevel check – always documented in the so-called “review and comment sheets”:

Internally:	Inspection check;
External inspector (Cat 3 check):	Certificate;
Builder:	“no comment status”;
Assessor / Building Authority:	Building Permit (Design Doc.) / Safety Note (permission by the PD and DD).



Obr. 12 Budoucí vzhled vnitřního vybavení stanice Nordhavn
Fig. 12 Future appearance of Nordhavn station internal equipment

STR je nutno navíc spočítat kombinaci trvale působících zatížení, pro všechny dílčí bezpečnostní součinitele je přitom nutno použít hodnotu 1,0. U návrhu podle mezního stavu STR je nutno zohlednit na straně odolnosti vedle dílčích bezpečnostních součinitelů materiálů podle odpovídajících EC i doplňkový součinitel $1,2 \cdot K_{FI}$ (K_{FI} : součinitel pro zatížení z hlediska diferenciací spolehlivosti; zde CC3 $\Rightarrow K_{FI} = 1,1$).

U podzemních stěn, které jsou namáhány převážně tlakem vody, byla tato zatěžovací kombinace při dimenzování dílů ve většině případů určující.

4. SHRNUTÍ

Z dánských norem, zadání stavebníka a způsobu realizace staveb, který je v Dánsku obvyklý, vyplývají zvláštnosti, které bylo nutno zohlednit v projektové dokumentaci „Branch off to Nordhavn“. Zvláštní okrajové podmínky uvedené v dánských normách a z nich plynoucí výpočetní přístupy vedly k opakovaným kontrolám.

Díky vstřícné a úzké spolupráci se zadavatelem („fast track approval“) a vzájemné pomoci partnerů při projektování se i přes vysoké požadavky zadavatele ve fázi projektování podařilo zajistit schválení projektové dokumentace před plánovaným zahájením stavby.

K dnešnímu dni již byla větší část projektu úspěšně realizována v souladu s harmonogramem. Dne 5. února 2017 bylo přitom dosaženo dalšího milníku poslední prorážkou v úseku raženém pomocí TBM. Při ražení přitom bylo dosaženo špičkového výkonu 56,19 m v průběhu denní a noční směny, tj. za 24 hodin. V rámci další realizace projektu bude do roku 2019 dokončena hrubá stavba stanice, montáž vybavení a jejího architektonického ztvárnění (obr. 12).

Dr.-Ing. FRANK ABEL,
HOCHTIEF Infrastructure GmbH, Essen, Německo

Recenzovali Reviewed: Ing. Jaromír Zlámal,
Ing. Martin Srb, Ph.D.

In case of the PD the time corresponds to the check 85, in case of DD 65 days – always with taking the two revisions into consideration.

Speciality: In case of construction designs critical from the viewpoint of time, the contractor accepted a reduced course of checks – the parallel handover to the external inspector and to the contractor led to the reduction of the course by 3 weeks.

3.2 Specifics implying from Danish standards – higher water pressure

Besides the computational cases according to EC7 (EN 1997-1 DK NA:2013) it is necessary, according to the Danish Annex, Table A.3-1, to take into consideration also the “Load combination 5”. For STR (Ultimate Limit State of Structure) it is furthermore necessary to calculate the combination of the permanently effective loads, for all safety coefficients it is necessary to use the value of 1.0. At the design (STR) it is necessary to take into consideration, on the resistance side, apart from the safety coefficients of materials according to corresponding EC sequences, also the additional coefficient $1,2 \cdot K_{FI}$ (K_{FI} : coefficient depending on the class of consequences; here CC3 $\Rightarrow K_{FI} = 1,1$).

In the case of retaining walls which are stressed especially by water pressure, this loading combination was determining in the majority of cases for dimensioning of the parts.

4. SUMMARY

From Danish standards, specifications of the contractor and the method of execution of the constructions which are usual in Denmark, it is possible to derive particularities which had to be taken into consideration in the Design Documentation for the “Branch off to Nordhavn”. Special framework conditions according to Danish standards and the calculation formula implying from them led to repeated checks.

Thanks to proactive and close cooperation with the Client (“fast track approval”) and mutual help of the partners during the designing process it was possible to ensure, in spite of high demands of the Client imposed on the designing phase, the approval of the Design Documentation before the planned commencement of the construction.

As of this day, a major part of the Project has already been successfully implemented in accordance with the Time Schedule. During the process, another milestone was met on 5th February 2017 through completion of the TBM tunnelling. During the tunnelling process a top daily advance rate of 56.19m in the course of the day and night shifts (24 hours) was achieved. Within the framework of further implementation of the Project, the second structure of the station, equipment and architectural lining will be completed (Figure 12) – until 2019.

Dr.-Ing. FRANK ABEL,
HOCHTIEF Infrastructure GmbH, Essen, Germany

LITERATURA / REFERENCES

HEIM, K., WAHRMUND, H. *Metro Copenhagen – Branch off to Nordhavn – zvláštnosti při projektování a realizaci stavební jámy pro stanici Nordhavn*. Příspěvek 11. Hans Lorenz Symposium 2015

TECHNICKÉ ŘEŠENÍ BETONOVÉ VOZOVKY V TUNELU POVAŽSKÝ CHLMEC

TECHNICAL SOLUTION TO CONCRETE ROADWAY IN POVAŽSKÝ CHLMEC TUNNEL

MATĚJ BŮŽEK, LIBOR MAŘÍK

ABSTRAKT

Dálnice D3 v úseku Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno), jejíž součástí je i tunel Považský Chlmec, byla uvedena do provozu 2. prosince 2017. Článek navazuje na články publikované v časopise TUNEL č. 3/2015 a 1/2017 a věnuje se projektování a výstavbě vozovky v tunelu Považský Chlmec navržené s cementobetonovým krytem s vymývaným povrchem. Uzavírá tak popis technického řešení stavební části tunelu. Výstavba Dálnice D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno) probíhala v režimu „Navrhni a postav“ (Design&Build) podle smluvních podmínek definovaných ve žluté knize FIDIC. Investorem stavby byla Národní dálniční společnost, a. s., za výstavbu tunelu ve sdružení odpovídala firma HOCHTIEF CZ a. s. Projekt byl spolufinancovaný z fondů Evropské unie.

ABSTRACT

The D3 motorway in the Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno) section, a part of which is also the Považský Chlmec tunnel, was opened to traffic on 2nd December 2017. The paper is a follow up to papers published in TUNEL journal No. 3/2015 and 1/2017; it deals with designing and constructing roadway in the Považský Chlmec tunnel which is designed with a brushed concrete surface finish. The paper concludes the description of the technical solution to the civil engineering part of the tunnel. The construction of the Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno) section of the D3 motorway proceeded in the “Design&Build” procurement regime according to the contractual conditions defined in the FIDIC Yellow Book. The project owner is the National Highway Company (Národní dálniční společnost, a. s.), HOCHTIEF CZ a. s. was the leader of the consortium responsible for the tunnel construction. The project was co-funded from European Union funds.

1 ÚVOD

Celková délka trasy je 4,25 km. Úsek stavby začíná napojením na stávající dálnici D3, křižovatkou „Žilina, Strážov“, a přibližně v km 6,8 mostní estakádou přes vodní nádrž Hričov. Za mostní estakádou délky cca 1,5 km se nachází ve staničení km 8,3 západní portál tunelu Považský Chlmec, jehož délka dosahuje 2249 m. Celková délka vozovky v tunelu 4435,5 m je rozdělena do jižní tunelové trouby délky 2186,5 m a severní tunelové trouby délky 2249 m. Ve staničení km 10,55 vyústí tunel z východního portálu na most přes řeku Kysucy. Most o délce 410 m se ve staničení km 11,1 napojuje na stávající silnici I/11 (křižovatka „s cestou I/11“), kde nově prováděný dálniční úsek končí. Silnice dále pokračuje severním směrem na Kysucké Nové Město a Čadcu.

K poslední stavební konstrukci před montáží technologického vybavení tunelu patřila betonová vozovka a související stavební činnosti, které mají k projektování a výstavbě vozovky vztah. Příspěvek popisuje nejen problematiku návrhu konstrukčních vrstev vozovky podle předpisu TP098 Navrhovanie cementobetonových vozoviek na cestných komunikáciach, ale především na konkrétním případě již realizovaného tunelu upozorňuje na obecná specifika výstavby vozovek v silničních a dálničních tunelech. Jedná se především o konstrukční požadavky na plán vozovky a možnosti jejího odvodnění, technické řešení spárořezu cementobetonového krytu (CB) ve vztahu ke konstrukčnímu řešení tunelového ostění, zajištění potřebné dlouhodobé drsnosti povrchu vozovky, řešení prostupů inženýrských sítí (kabelů, odvodnění) pod vozovkou, dopady použití samozhášecích kusů odvodnění vozovky do nosného systému tunelového ostění a dalších s prováděním vozovky zdánlivě nesouvisejících konstrukcí, které se však v případě stísněných poměrů tunelu významně ovlivňují.

1 INTRODUCTION

The total length of the motorway route amounts to 4.25km. The project section starts by the connection to the existing D3 motorway at the „Žilina, Strážov“, intersection, approximately at chainage km 6.8, by a viaduct across the Hričov water reservoir. The western portal of the 2249m long Považský Chlmec tunnel is located ca 1.5km behind the viaduct, at chainage km 8.3. The total length of the roadway inside the tunnel amounts to 4435.5m. It is divided into the 2186.5m long southern tunnel tube and the 2249m long northern tunnel tube. At chainage km 10.55 the tunnel opens at the eastern portal to a bridge over the river Kysuca. The 410m long bridge links with the existing road I/11 (the intersection with the road I/11) at chainage km 11.1, where the newly constructed motorway section ends. The road continues northward in the direction of the towns of Kysucké Nové Mesto and Čadca.

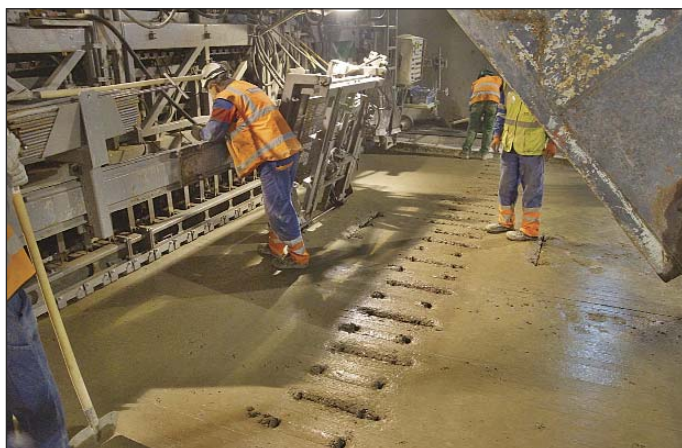
Concrete roadway pavement and related construction work associated with designing and constructing the pavement was the last civil engineering structure carried out before the installation of the tunnel equipment. The paper describes not only the problems of the design of roadway structural layers according to TP098 Concrete roadway design specifications, but also, above all, points out general specifics of roadway construction in road and motorway tunnels on a concrete example of a realised tunnel. It concerns first of all structural requirements for the sub-grade and possibilities of its drainage, the technical solution to the concrete pavement joints layout in relation to the structural design of the tunnel lining, ensuring the long-term roughness of the road surface, the solution to openings for utility networks (cables, drainage) under the pavement, the impacts of the use of flame-retardant elements of the roadway drainage into the structural system of the tunnel lining and other structures seemingly not relating to the construction of the roadway, which significantly influence each other in the case of the restricted conditions in the tunnel.

V příspěvku je kladen důraz i na samotnou realizaci konstrukčních vrstev vozovky s doporučením jaká opatření přijmout s ohledem na eliminaci poškození již zhotovených konstrukcí tunelu (zejména chodníky, šterbinové žlaby a obrubníky), koordinaci ostatních prací v tunelu se zajištěním bezpečnosti všech pracovníků, logistiku (doprava finišerů a CB směsi) a ostatních na první pohled bezvýznamných detailů, které ve výsledku zajistí bezpečnou a rychlou práci při pokládce vozovkových vrstev ve stísněných prostorech tunelu. Příspěvek je snahou autorů skloubit profesní požadavky oboru pozemní komunikace s geotechnickými požadavky a specifiky výstavby tunelů a upozornit na nutnost multiprofesního přístupu k návrhu optimálního technického řešení. Na základě vlastních zkušeností autoři v závěru příspěvku uvedou doporučení na případné doplnění norem a předpisů, které s prováděním vozovky v tunelu (tj. hluboko pod povrchem terénu) v některých případech návrhu nepočítají.

2 TECHNICKÉ PŘEDPISY A JEJICH ZMĚNY V PRŮBĚHU VÝSTAVBY

Návrh vozovky se vzhledem k lokalitě řídil technickými předpisy Slovenské republiky. Veřejná soutěž na předmětnou stavbu byla ukončena v roce 2013, avšak stavba vlastní konstrukce vozovky v tunelu byla započata až po vyražení obou tunelových trub a dokončení betonází definitivního ostění tunelu v roce 2017. Během tohoto časového úseku proběhla aktualizace technického předpisu „*Technická smernica TS 0803, Navrhovanie cementobetónových vozoviek na pozemných komunikáciach*“ z března 2003 za nový technický předpis: „*Technické podmienky TP098, Navrhovanie cementobetónových vozoviek na cestných komunikáciach*“ s účinností od 1. 12. 2015. Jednou ze smluvních povinností zhotovitele stavby bylo upozorňovat objednavatele na změny technických předpisů včetně výčtu konkrétních dopadů do technického řešení, ke kterým změnou předpisu dochází. Tato změna měla zejména vliv na návrhovou metodu a požadavky na vyztužení spár CB krytu vozovky.

Z hlediska návrhové metody definuje nový TP098 odlišný přístup k stanovení převodu účinku různých typů nákladních automobilů na návrhovou nápravu, což se projevuje jiným počtem zatížení návrhovou nápravou s přímým vlivem na návrh tloušťky a skladby konstrukce vozovky. S uvedenými změnami metodiky výpočtů souvisí také zvětšení maximální možné tloušťky vozovky pro CBI z původních 260 mm na



Obr. 1 Pokládka trnů do CB krytu

Fig. 1 Placement of dowels to the concrete layer

In the paper, even the realisation of the roadway structural layers is emphasised, with a recommendation for the measures to be adopted with respect to the elimination of damage to previously finished tunnel structures (in particular walkways, slotted drain pipes and kerbs), coordination of other work operations in the tunnel with the safety of all workers secured, logistics (transport of slip pavers and concrete mixture) and other details at first sight insignificant, which in the result ensure safe and fast work on placing the roadway layers in restricted spaces in the tunnel. The paper is a result of the effort of the authors to combine professional requirements of the road construction industrial branch with geotechnical requirements and point out the necessity for a multi professional approach to the optimal technical solution. In the conclusion, the authors will present some recommendations based on their own experience regarding the complementation of the standards and regulations which do not, in some cases of designing, take into account the construction of roadways in tunnels (deep under the terrain surface).

2 TECHNICAL REGULATIONS AND THEIR CHANGES DURING CONSTRUCTION

With respect to the project location, the roadway design followed the technical regulations of the Slovak Republic. The public tender for the project in question was finished in 2013, but the construction of the roadway in the tunnel commenced only after the completion of the excavation of both tunnel tubes and the final tunnel lining in 2017. During this time period the technical regulation „*Technical directive TS 0803, Concrete roadway design*“ from March 2003 was updated as a new technical regulation: „*Technical specifications TP 098, Concrete roadway design*“ with effect from 1st December 2015. One of the construction contractor's contractual obligations was to give the project owner notice of changes in technical regulations including a summary of particular impacts on the technical solution following from changes in the regulations. This change especially affected the design method and requirements for reinforcing the joints in the roadway pavement.

From the aspect of the design method, the new TP098 specifications define a different approach to the determination of the conversion of the effect of various types of lorries to design axles, which manifests itself by a different number of points of loading by a design axle, with a direct effect on the design of the thickness and composition of the roadway structure. The above-mentioned changes in the calculation methodology are also associated with an increase in the maximum possible thickness of the road pavement for CCI (cement concrete I) from original 260mm to 320mm. Among other changes there is the requirement for the smallest thickness of the upper layer of the double-layer concrete cover, which, in comparison with original 70mm for categories CCI and CCII, was reduced to 50mm.

From the aspect of the concrete road pavement, the new technical specifications determine different requirements for the reinforcement of transverse and longitudinal joints in comparison with STN 73 6123 standard. The technical specifications for CCI recommend dowel bars 30mm in diameter and 500mm long as the minimum. The recommended length of anchors in longitudinal joints is 800mm as the minimum and the recommended diameter of anchors is 16–18mm. Of the TP 098 specifications, it is possible to accept the solution with the reduction of dowels in the fast road lane. STN 73 6123 from 2010 requires that the diameter and minimum length of dowels are 25mm and 500mm, respectively.

320 mm. Mezi další změny patří požadavek na nejmenší tloušťku horní vrstvy u dvouvrstvého CB krytu, který se oproti původním 70 mm pro skupiny CBI a CBII snížil na 50 mm.

Z hlediska řešení CB krytu vozovky stanovují nové TP odlišné požadavky na vyztužení příčných i podélných spár oproti STN 73 6123. TP pro CB I doporučuje u kluzných trnů průměr 30 mm a délku trnů min. 500 mm. Doporučená délka kotev do podélných spár je min. 800 mm a průměr kotev 16–18 mm. Z TP 098 je možné přijmout řešení s redukcí počtu kluzných trnů v rychlém pruhu vozovky. STN 73 6123 z roku 2010 požaduje průměr trnů 25 mm o délce min 500 mm. Do podélných spár požaduje kotvy o průměru 20 mm o délce 600–800 mm. Pokládku trnů do vrstvy CB krytu ukazuje obr. 1.

Velkým problémem v tunelech je zajištění dostatečné adheze na povrchu vozovky a tím předpokládané brzdné dráhy vozidel. To se objednatel rozhodl v průběhu stavby řešit na základě platných předpisů a v souladu s nově zpracovaným TP098 použitím CB krytu s vymývaným povrchem.

3 NAVRŽENÁ SKLADBA VOZOVKY

Původně navržená vozovka v zadávací dokumentaci z roku 2009 byla navržena podle údajů v tab. 1.

Po upřesnění změn vyplývajících z požadavků nových technických předpisů a dodatečných požadavků objednatele oproti původním smluvním podmínkám mohl zhotovitel zahájit práci na realizační dokumentaci objektu vozovky v tunelu. Finální odsouhlasenou skladbu vozovky uvádí tab. 2.

Z porovnání údajů uvedených v tabulkách 1 a 2 je patrné, že tloušťka nově navržené vozovky je oproti DSP zvětšená o 170 mm. K největším rozdílům co se jednotlivých skladeb týče, patří odstranění asfaltové vrstvy obalovaného kameniva tloušťky 50 mm a zásadní navýšení tloušťky šterkodrtě (drenážní vrstva frakce 16/32) v realizované skladbě vozovky. Původní vrstva šterkodrtě UMŠD 0/31,5 tloušťky 340 mm s požadovanou únosností $E_{def,2}=120$ MPa byla po negativních zkušenostech s prosakující podzemní vodou rozdělena na dvě vrstvy. První tvořila vrstva UMŠD 0/31,5 v předpisy požadované minimální tloušťce 190 mm a druhou drenážní vrstva šterkodrti ŠD 16/32 tloušťky 150 mm (viz dále).

Obr. 2 ukazuje příčný řez tunelu se skladbou vozovky podle zadávací dokumentace. Kromě konstrukčních vrstev je znázorněn i systém odvodnění pláň vozovky s revizními šachtami situovanými po 50 m.

Na obr. 3 je znázorněna schválená úprava návrhu konstrukčních vrstev vozovky a způsobu odvodnění pláň bez použití šachet situovaných do vozovky podle realizační dokumentace s uvedením šířek jízdních pruhů a desek spárořezu vozovky.

Tab. 1 Skladba vozovky v tunelu Považský Chlmec ze zadávací dokumentace (2009)
Table 1 Composition of roadway in the Považský Chlmec tunnel contained in the tender documents (2009)

betonová vozovka CB I, 160/80 mm	240	[mm]
concrete pavement CC I, 160/80mm	240	[mm]
obalované kamenivo	50	[mm]
coated aggregates	50	[mm]
mezerovitý beton	170	[mm]
porous concrete	170	[mm]
šterkodrt	170	[mm]
crushed gravel	170	[mm]
CELKEM	630	[mm]
TOTAL	630	[mm]

Regarding longitudinal joints, it requires anchors 20mm in diameter and 600-800mm long. The placement of dowels into a layer of the concrete pavement is presented in Fig. 1.

A big problem in tunnels lies in ensuring sufficient adhesion of the pavement surface which is required for achieving the expected vehicle stopping distance. The client decided to solve it during the course of the construction on the basis of applicable regulations and in compliance with the newly prepared TP098 by using the brushed concrete surface finish.

3 ROADWAY PAVEMENT DESIGNED

The roadway originally contained in the tender documents from 2009 was designed according to the data presented in Table 1.

After completing the specification of the changes following from the requirements of new technical regulations and client's additional requirements deviating from the original contractual conditions, the contractor could start to work on the detailed design of the roadway in the tunnel. The final approved composition of the roadway is presented in Table 2.

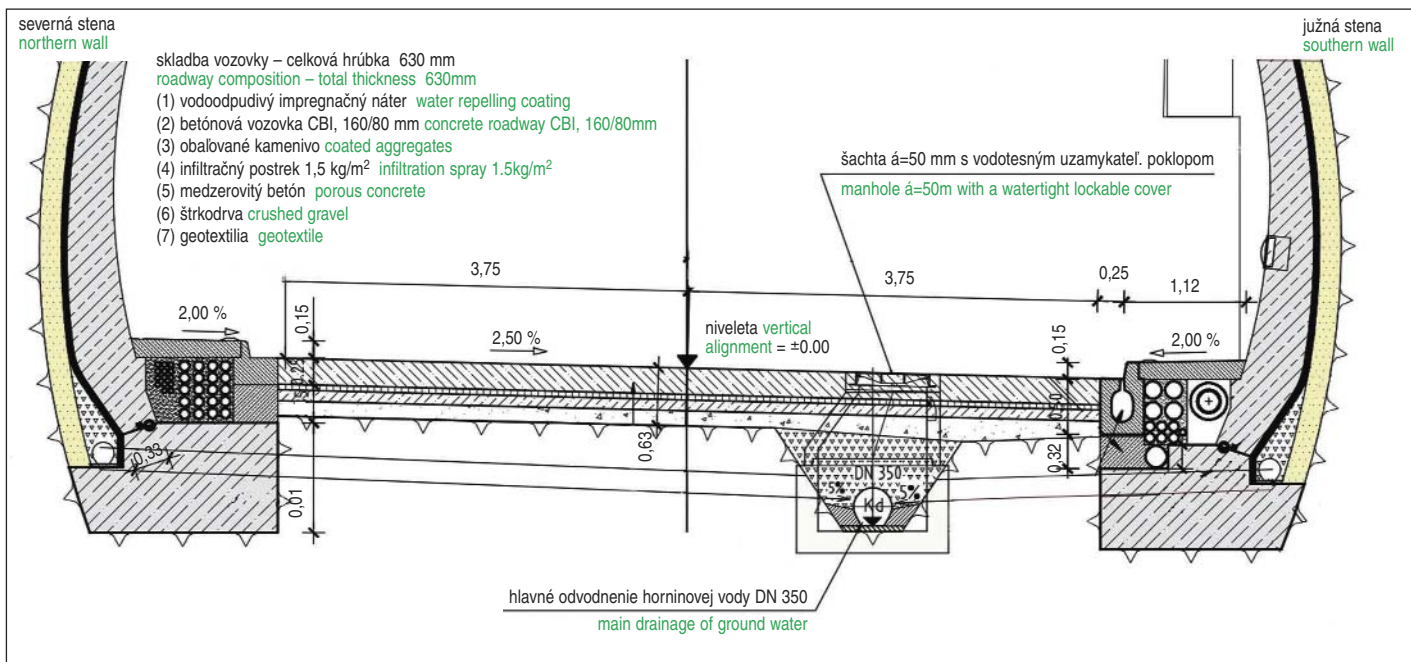
It is obvious from the comparison of the data presented in Tables 1 and 2 that the thickness of the newly designed roadway structure is increased by 170mm in comparison with the final design. Among the greatest differences regarding individual compositions there are the removal of the 50mm thick asphalt-coated aggregate layer and a substantial increase in the crushed gravel layer (the drainage layer, fraction 16/32) in the realised composition of the roadway structure. After the negative experience with seeping ground water, the original 340mm thick layer of UMŠD 0/31.5 crushed gravel with the prescribed bearing capacity $E_{def,2}=120$ MPa was divided into two layers. The first layer was formed by crushed gravel UMŠD 0/31.5 with the minimum thickness of 190mm prescribed by regulations; the second layer, 150mm thick, was formed by crushed gravel ŠD 16/32 (see below).

Fig. 2 presents a tunnel cross-section with the roadway composition according to the tender design. Apart from the structural layers, it shows the system of the roadway drainage with manholes installed at 50m intervals.

Fig. 3 presents the approved modification of the roadway structural layers and the system of the sub-grade drainage without using manholes located in the roadway according to the detailed design, with showing the widths of traffic lanes and roadway pavement slabs formed by the joints.

Tab. 2 Skladba vozovky realizovaná v tunelu Považský Chlmec (2017)
Table 2 Composition of the roadway realised in the Považský Chlmec tunnel (2017)

horní vrstva CBI (H) C30/37, XF4, Dmax8-S1	60	[mm]
upper layer CCI (H) C30/37, XF4, Dmax8-S1	60	[mm]
spodní vrstva CBI (S) C30/37, XF4, Dmax32-S1	200	[mm]
lower layer CCI (S) C30/37, XF4, Dmax32-S1	200	[mm]
geotextilie geotextile		
cementem stmelená směs CBGM C 5/6	200	[mm]
mixture bound with cement CBGM C 5/6	200	[mm]
šterkodrt (UMŠD 0/31,5)	min. 190	[mm]
crushed gravel (UMŠD 0/31.5)	min. 190	[mm]
separační geotextilie 300 g/m ²		
separation geotextile 300g/m ²		
šterkodrt (ŠD 16/32)	150	[mm]
crushed gravel (ŠD 16/32)	150	[mm]
CELKEM	800	[mm]
TOTAL	800	[mm]



Obr. 2 Skladba vozovky a odvodnění pláň podle zadávací dokumentace

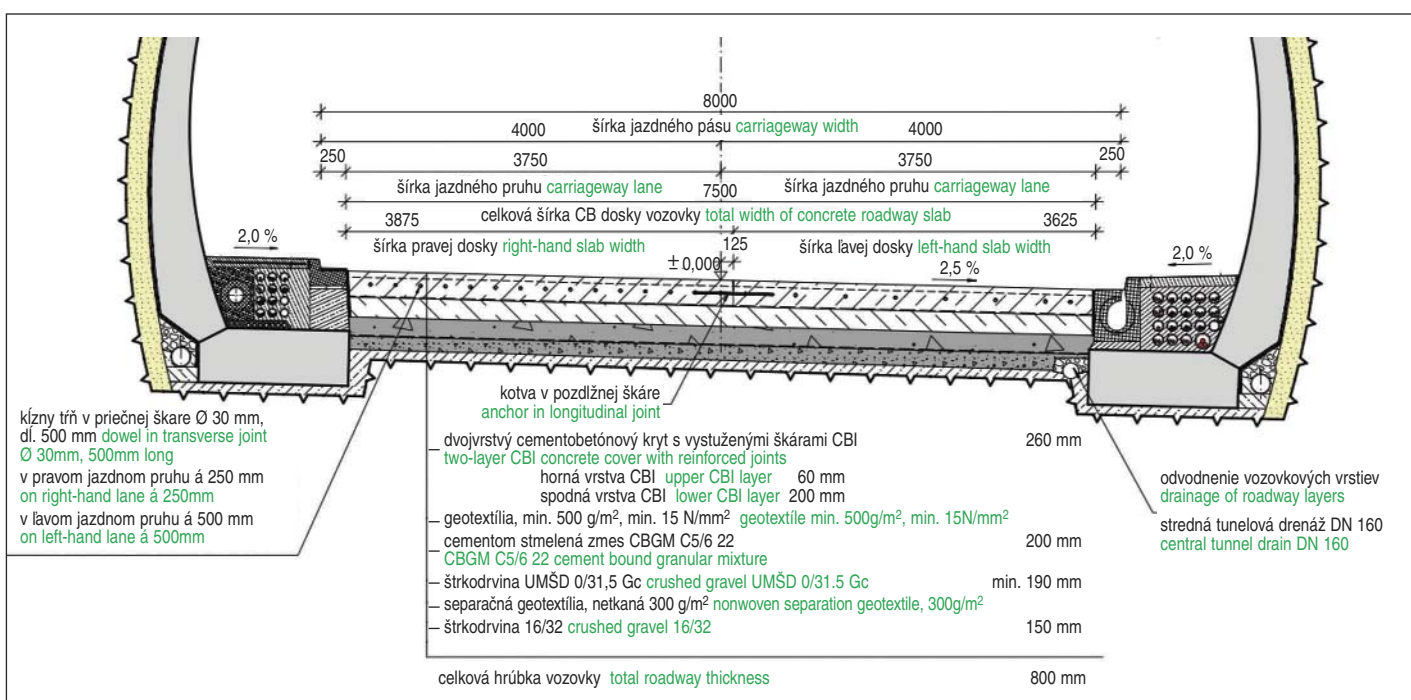
Fig. 2 Composition of the roadway and drainage of the sub-grade according to tender documents

4 ODVODNĚNÍ PLÁŇ VOZOVKY V TUNELECH

Odvodnění pláň vozovky úzce souvisí s hydroizolačním a drenážním systémem tunelu. V případě tunelu Považský Chlmec byla použita deštníková izolace, která svádí podzemní vodu z hydroizolačního souvrství k bočním tunelovým drenážím situovaným za ostěním na boku tunelu přibližně v úrovni pláň vozovky. Podle požadavků objednatele v zadávací dokumentaci mělo být odvodnění pláň vozovky zajištěno drenážním potrubím umístěným v ose levého jízdního pruhu s možností čištění v revizních šachtách situovaných v maximálních vzájemných vzdálenostech 50 m. Pláň vozovky byla oboustranně vypádována k drenážnímu potrubí. Tento systém představuje vysoké riziko poškození CB krytu výtlučky v místě poklopů revizních šachet. Proto byl po diskusi s objednatelem

4 DRAINAGE OF ROADWAY SUB-GRADE IN TUNNELS

The roadway sub-grade drainage is closely associated with the waterproofing and drainage system in a tunnel. An umbrella-type waterproofing system was used in the case of the Považský Chlmec tunnel. It directs ground water from the waterproofing layers to the side-wall drains located behind the lining on the tunnel sides approximately at the roadway sub-grade level. According to client's requirements contained in the tender documents, the drainage of the roadway sub-grade was to be provided by a drainage pipeline located on the centre line of the left-hand traffic lane, allowing cleaning in manholes carried out at intervals of 50m. The sub-grade was sloped to both sides toward the drainage pipelines. This system represents a high risk of damaging the concrete pavement by potholes in the locations of manhole



Obr. 3 Úprava skladby vozovky podle realizační dokumentace

Fig. 3 Modification of the roadway composition according to the detailed design



Obr. 4 Šachta čistění boční drenáže a drenáže odvodnění pláně vozovky
Fig. 4 Manhole on side-wall drainage and roadway sub-grade drainage

prosazen moderní systém odvodnění pláně vozovky s jednostranným spádováním a umístěním drenážního potrubí v blízkosti základového pásu klenby sekundárního ostění. Tato dispozice odpovídá typovému řešení podle vzorových listů rakouského investora ASFINAG č. 800.500.1500 a umožňuje čistění drenáže na pláni vozovky ze šachet na čistění boční tunelové drenáže. Tak byly z vozovky odstraněny všechny revizní šachty pro odvodnění pláně a s nimi i riziko poškození CB krytu výtluky v místě poklopů. Obr. 4 ukazuje drenážní šachtu na čistění boční tunelové drenáže a z ní odbočující dvě větve drenážního potrubí pro odvodnění pláně vozovky. V další šachtě se drenážní potrubí opět napojuje a tak je jeho potrubí průběžné. Úhel odbočení drenážního potrubí umožňuje použít standardní mechanizaci na čistění vysokotlakým vodním paprskem, jako v případě boční tunelové drenáže.

Z dlouhodobého hlediska funguje tunel s deštníkovým systémem hydroizolace jako drén a podzemní voda nad úrovní drenážního potrubí je do tohoto drénu stažena. V horninovém masivu se však podzemní voda ve větších hloubkách pod povrchem šíří v puklinách a v případě pláně vozovky vyvěrá na povrchu výrubu dna tunelu. Na rozdíl od trasy komunikace na povrchu území, kde voda zpravidla proniká od povrchu vozovky směrem dolů do jejích konstrukčních vrstev, je tomu v tunelu právě naopak. Proto je na upravené pláni nutno jako první umístit dostatečně mocnou drenážní vrstvu, která podzemní vodu prosakující počvou tunelu rychle a bezpečně odvede k drenážnímu potrubí, aby nedocházelo k rozhrdění konstrukčních vrstev vozovky a degradaci počvy tunelu. Drenážní potrubí je obsypáno mezerovitým betonem, nebo šterkem a tato vrstva je obalena geotextilií, aby nedocházelo k zanášení potrubí výluhy z horninového masivu, případně konstrukčních vrstev vozovky. V případě tunelu Považský Chlmec byla nejprve počva tunelu očištěna stlačeným vzduchem, aby se odstranily všechny uvolněné části horniny a nečistoty vzniklé stavebním provozem v tunelu. Očištěnou počvu tunelu ukazuje obr. 5.

Po vyčištění počvy byla pláň tunelu v celé délce ochráněna vrstvou spádového betonu, který shodně s příčným sklonem vozovky odváděl prosakující podzemní vodu k níže položenému základovému pásu sekundárního ostění. Dokončený spádový beton v počvě tunelu ukazuje obr. 6.

Jako poslední vrstva vozovky nad upravenou plání byla v souladu s platnými předpisy navržena vrstva šterkodrti UMŠD 0/31,5. Konkrétně se jednalo o granodiorit z lomu Dubná Skala. Při použití v tunelu se však tato vrstva ukázala s ohledem na vysoký obsah jemných částic z drenážního hlediska jako

covers. For that reason a modern sub-grade drainage system with one-way slope and locating the drainage pipeline in the vicinity of the footing of the secondary lining vault was enforced after a discussion with the client. This disposition corresponds to the typical solution according to standard sheets of the Austrian investor ASFINAG No. 800.500.1500. It allows for cleaning of drainage installed on the roadway sub-grade from manholes for cleaning the tunnel side-wall drains. In this way, all manholes for draining the sub-grade were removed from the pavement and the risk of damaging the concrete pavement by potholes in the locations of manhole covers was removed together with them. Fig. 4 presents a drainage manhole for cleaning the tunnel side-wall drainage and two branches of pipeline draining the roadway sub-grade. The drainage pipeline subsequently again connects to the main drain, thus the pipeline is continuous. The angle of the drainage pipeline branching allows for using standard mechanical equipment for cleaning with a high-pressure water beam, as it is used in the case of the tunnel side-wall drainage.

From the long-term point of view, the tunnel with an umbrella-type waterproofing functions as a drain and ground water above the drainage pipeline level is drawn to this drain. But at greater depths ground water in a ground massif propagates through fissures and, in the case of the roadway sub-grade, rises from the surface of the tunnel excavation bottom. In contrast with the road route on the territory surface, where water usually infiltrates from the roadway surface down to its structural layers, it is just opposite inside the tunnel. For that reason it is necessary first to put a sufficiently thick drainage layer, which directs the ground water seeping through the tunnel bottom fast and safely to the drainage pipeline so that the structural layers of the roadway do not become slushy and the tunnel bottom does not deteriorate. The drainage pipeline is padded with porous concrete or gravel and this layer is wrapped with geotextile so that the pipeline or even the roadway structural layers are not clogged with leachates from the ground massif. In the case of the Považský Chlmec tunnel, the bottom was first cleaned with compressed air so that all loosened parts of ground and the dirt produced by construction transportation in the tunnel were removed. The cleaned tunnel bottom is shown in Fig. 5.

After cleaning of the tunnel bottom, the bottom was protected by a cambered layer of concrete, which directed seeping ground water in parallel with the roadway pavement slopes to the lower-located footing of the secondary lining. The finished cambered concrete lying on the tunnel bottom is presented in Fig. 6.

A layer of crushed gravel UMŠD 0/31.5 was designed in compliance with applicable regulations as the last layer above the treated sub-grade. Concretely, granodiorite from the Dubná Skala quarry was used. However, this layer turned out to be unsuitable for the use inside the tunnel from the drainage capacity point of view with respect to the high content of fine particles. After depositing it in the portal part of the tunnel, ground water made the sub-grade slushy, which threatened the functionality of the multilayer roadway system. Water standing on the crushed gravel layer lacking sufficient filtration capability is shown as a smooth surface in Fig. 7.

For that reason a decision was made that it was removed from the tunnel and crushed gravel fraction 16/30 was used as the drainage layer. It safely drained water seeping through the bottom to the cambered concrete to the drainage pipeline and further to the tunnel side-wall drains. The UMŠD 0/30.5 layer was used only above this layer. It was separated from the drainage layer by geotextile 300g/m², which prevented the transport of the fine fraction to the drainage layer located lower.



Obr. 5 Čištění počvy tunelu stlačeným vzduchem
Fig. 5 Cleaning the tunnel sub-grade by compressed air

nevhodná a po navedení do příportálové části tunelu došlo prosakující podzemní vodou k jejímu rozbahnění, což mělo za následek ohrožení funkčnosti vícevrstvého vozovkového systému. Vodu stojící na povrchu vrstvy šterkodrti, která nemá kvůli obsahu jemných částic dostatečnou filtrační schopnost, ukazuje jako hladkou plochu obr. 7.

Proto bylo rozhodnuto ji opět z tunelu odstranit a jako drenážní vrstvu použít šterkodrt' frakce 16/30, která počvou prosakující vodu po spádovém betonu bezpečně odvedla k drenážnímu potrubí a dále do bočních tunelových drenáží. Teprve nad touto vrstvou byla použita vrstva UMŠD 0/30,5, která byla od drenážní vrstvy oddělena separační geotextilií 300 g/m², která zamezila transportu jemné frakce do níže položené drenážní vrstvy. Pokládku UMŠD na separační geotextilii ukazuje obr. 8.

Jedná se o zkušenost, která je specifická pro návrh vozovky v tunelu a kterou platné předpisy dosud nepostihují. V případě tunelu Považský Chlmec se vzhledem k režimu podzemní vody v tunelu závada projevila okamžitě a bylo relativně snadné (i když časově a finančně náročné) zjednat nápravu. V závislosti na drenážní funkci tunelu, vlastnostech horninového masivu a jeho puklinovému systému může k přítokům vody dojít se značným zpožděním. Souvisí to s otevíráním diskontinuit v okolí výrubu, případně vymýváním jemných částic výplně puklin a zvyšováním propustnosti masivu. Pokud se voda v konstrukčních vrstvách vozovky objeví až po uvedení tunelu do provozu a ty začnou vlivem rozbíhání degradovat, může dojít k obtížně opravitelným poruchám vozovky. Proto autoři článku doporučují tuto skutečnost zapracovat do příslušných



Obr. 7 Voda stojící na povrchu šterkodrti
Fig. 7 Water standing on the crushed gravel layer



Obr. 6 Spádový beton pod konstrukčními vrstvami vozovky
Fig. 6 Sloped concrete under roadway structural layers

The placement of the crushed gravel layer on the separation geotextile is shown in Fig. 8.

The above mentioned experience is specific for the design of the roadway inside the tunnel; the applicable regulations have not solved it yet. In the case of the Považský Chlmec tunnel, the defect showed up immediately with respect to the ground water regime in the tunnel and it was therefore relatively easy (even though demanding in terms of time and funding) to remedy. Ground water inflows can take place with a significant delay, depending on the drainage function of the tunnel, properties of the ground mass and its fissure system. It is associated with the opening of discontinuities in the excavation surroundings or cleaning up fine particles from the filling of fissures and increasing of the ground mass the permeability. Roadway failures hard to remove may occur if water appears in the structural layers of the roadway only after the tunnel is opened to traffic and the layers start to degrade due to turning to slush. For that reason the authors of this paper recommend to incorporate this reality into respective standards and regulations and the specifics of construction of the tunnel roadway with a functional drainage layer and separation geotextile is taken into account in the design.

5 ROADWAY JOINTS LAYOUT AND TUNNEL SECONDARY LINING

Even though the tunnel secondary lining seemingly is not connected with the roadway structure, the two structures can negatively influence each other under certain circumstances. Secondary linings of conventionally driven tunnels are carried



Obr. 8 Pokládka šterkodrti na separační geotextilii
Fig. 8 Placement of crushed gravel on separation geotextile

norem a předpisů a specifika provádění vozovky v tunelu s funkční drenážní vrstvou a separační geotextilií při návrhu zohlednit.

5 SPÁROŘEZ VOZOVKY A SEKUNDÁRNÍ OSTĚNÍ TUNELU

I když sekundární ostění tunelu s konstrukcí vozovky zdánlivě nesouvisí, mohou se obě konstrukce za určitých okolností negativně ovlivňovat. Sekundární ostění je u konvenčně ražených tunelů monoliticky betonováno po blocích betonáže délky 10 m až 12,5 m, přičemž se jedná o délku bloku betonáže v ose tunelu. V případě vedení trasy tunelu ve směrových obloucích dochází na bocích ostění ke zkrácení, resp. prodloužení této vzdálenosti. Spárořez vozovky závisí na šířkové kategorii tunelu, tj. na šířce vozovky mezi obrubníky a optimálním poměru šířky a délky desky CB krytu. V návrhu spárořezu a rozměrů desek hraje významnou roli i tloušťka desky CB krytu, přičemž poměr šířky, délky a tloušťky desky je limitován normou požadovanými hodnotami. V zadávací dokumentaci objednatel striktně požadoval koordinovat spárořez vozovky se spárami mezi bloky betonáže. Příčné spáry vozovky měly korespondovat s příčnými spárami mezi bloky betonáže sekundárního ostění. Vzhledem k tomu, že z hlediska situování bezpečnostních prvků v tunelu, ke kterým patří např. výklenky požárního hydrantu (vzdálenost 150 m), kabin SOS (vzdálenost 150 m), šachet na čištění drenáže (vzdálenost 50 m), poloha tunelových propojek (vzdálenost 300 m) a nouzových zálivů (vzdálenost 750 m), byla pro betonáž ostění ideální délka bloku betonáže 12,5 m. Tato délka umožňuje navrhnout všechny bloky betonáže stejné délky. Zadávací dokumentace požadovala výstavbu tunelu v šířkové kategorii 2T-8,0 a návrh spárořezu vozovky podle spár mezi bloky betonáže ostění by vedl k navýšení počtu příčných spár ve vozovce až o 30 %, neboť s ohledem na maximální přípustnou délku desky CB krytu by bylo nutné na jeden blok betonáže sekundárního ostění použít tři příčné spáry CB krytu (tj. 6 desek vozovky).

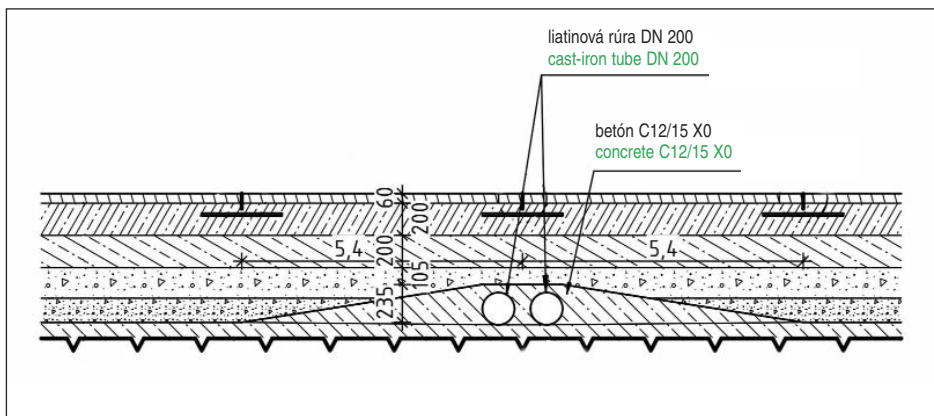
Po vyražení tunelu došlo k vyhodnocení skutečně zastižených geotechnických poměrů a na základě toho bylo rozhodnuto, že tunel bude zajištěn ostěním bez spodní klenby. Pouze v severní tunelové troubě v blízkosti východního portálu byl vzhledem k nesymetrickému zatížení použit pro zachycení vodorovných sil v ostění jeden blok betonáže se spodní deskou. Po dohodě s objednatelem došlo k rozhodnutí, že konstrukce sekundárního ostění a CB krytu vozovky se vzájemně neovlivňují a případné nerovnoměrné deformace jednotlivých bloků sekundárního ostění nemohou být přeneseny do konstrukčních vrstev vozovky. Spárořez vozovky byl proto navrhnout nezávisle na blokovém schématu sekundárního ostění. Výjimku představoval pouze blok betonáže se spodní deskou, kde spáry ve vozovce korespondovaly se začátkem a koncem tohoto bloku betonáže. Skladbu vozovky uvádí tab. 2. Rozměry desky byly zvoleny na základě vlastního statického výpočtu. Délka desek je 5,4 m v celém tunelu s výjimkou portálových úseků. Šířka desek je 3,875 m v pravém jízdním pruhu, respektive 3,625 m v levém jízdním pruhu. Rozměry desek jsou navrženy v souladu se zásadami konstrukce vozovky s CB krytem dle TP 098.

Z hlediska spárořezu vozovky však existovalo v trase tunelu Považský Chlmec místo, které bylo pro jeho návrh zásadní. Tunel je navržen v protisměrných obloucích a s příčným překlápěním vozovky se překlápí celý profil tunelu. Vozovka je odvodněna pomocí šterbinových žlabů a v místě příčného překlopení je nutno vodu ze šterbinových žlabů převést pod

out in 10m to 12.5m long cast-in-situ concrete blocks; the length of the concrete casting blocks is measured on the tunnel axis. In the cases of the tunnel alignment running on directional curves, the length measured on the internal surface is either reduced or increased. The roadway joints layout depends on the width category of the tunnel, i.e. on the kerb-to-kerb width of the pavement and the optimal width to length ratio of the concrete cover slab. A significant role in designing the joints layout and dimensions of the slabs is even played by the thickness of the concrete cover slab, where the ratio between the width, length and thickness of the slab is limited by the values required by the standard. In the tender documents, the client strictly required that the roadway joints layout is coordinated with the joints between the concrete casting blocks. Transverse joints in the roadway pavement were to correspond to transverse joints between the concrete casting blocks of the secondary lining. The concrete casting block length of 12.5m was ideal for casting of concrete from the aspect of placing safety elements in the tunnel, such as fire equipment recesses (spaced at 150m), SOS cabins (spaced at 150m), drainage manholes (spaced at 50m), tunnel cross passages (spaced at 30m) and emergence lay-bys (spaced at 750m). This length allows for designing equal lengths for all concrete casting blocks. The tender documents required that the width category 2T-8.0 was applied to the tunnel design and the design of the roadway joints layout corresponding to the joints between concrete casting blocks of the lining would have led to an increased number of transverse joints in the pavement by up to 30% because it would have been necessary (with respect to the maximum allowable length of the concrete roadway slab) to use three transverse joints in the concrete pavement (i.e. 6 roadway slabs) per one concrete casting block of the secondary lining.

After the completion of the tunnel excavation, the actual geotechnical conditions were assessed and a decision was made on the basis of the assessment that the tunnel excavation would be supported by a lining without an invert. One concrete casting block with the invert was used only in the northern tunnel tube, in the vicinity of the portal, with respect to the asymmetric loading, with the objective to absorb horizontal forces in the lining. After approving it by the client, a decision was made that the structure of the secondary lining and the concrete roadway do not influence each other and contingent uneven deformations of individual secondary lining blocks could not be transferred to the structural layers of the roadway. The roadway joints layout was therefore designed independently of the block scheme of the secondary lining. The concrete casting block with the invert where the joints corresponded to the beginning and end of this casting block was the only exception. The composition of the roadway is presented in Table 2. The dimensions of the slab were chosen on the basis of a structural analysis. The slabs are 5.4m long throughout the tunnel length, with the exception of portal sections. The width of the slabs is 3.875m and 3.625m on the right-hand and left-hand traffic lanes, respectively. The dimensions of the slabs are designed in compliance with the rules applicable to the concrete roadway structure according to technical specifications TP 098.

A location fundamental for the Považský Chlmec tunnel design from the point of view of the roadway pavement joints layout existed on the tunnel alignment. The tunnel was designed on reverse curves and the whole tunnel revolving together with the transverse revolving of the roadway. The roadway pavement is drained by slotted drain pipes and water from the drain pipes has to be directed under the roadway pavement to the other side of the road in the location of the transverse revolution. An inverted cast-iron siphon



Obr. 9 Technické řešení trubního propojení štěrbinových žlabů pod vozovkou
Fig. 9 Technical solution to piping interconnection between slotted drain pipes under the roadway

vozovkou na druhou stranu komunikace. K tomu účelu byla navržena shybka z litinového potrubí. Vzhledem ke zvýšenému riziku zanesení potrubí byly pro shybku použity dvě roury DN200, které částečně zasahovaly do vrstvy UMŠD a drenážní vrstvy nad počvou tunelu. Po dohodě s objednatelem a stavebním dozorem byly obě trubky obetonovány betonem C12/15 X0 s pozvolným náběhem na celou délku sousedních desek (tj. v délce 2x5,4 m), který vylučoval skokový nárůst tuhosti podkladních vrstev CB krytu. Shybka byla provedena kolmo na osu tunelu a do tohoto místa byla situována příčná spára spárořezu vozovky. Ten se pak odvíjel od tohoto místa na obě strany směrem k západnímu a východnímu portálu tunelu. Detail v místě shybky ukazuje obr. 9.

Zcela jiný případ představuje spárořez obslužných chodníků situovaných nad kabelovody po obou stranách tunelu. Vzhledem k tomu, že jsou kabelovody betonovány přímo na základový pás horní klenby sekundárního ostění a obslužné chodníky tvoří jejich povrch, obě konstrukce spolu deformačně souvisejí a mohou se negativně ovlivňovat. Aby se minimalizovalo riziko vzniku trhlin v chodníku v místě případných nerovnoměrných deformací dvou sousedních bloků sekundárního ostění, musí ve spárořezu chodníku odpovídat poloze spáry mezi bloky betonáže sekundárního ostění poloha příčné spáry chodníku. Betonáž chodníku nad kabelovody ukazuje obr. 10.

V případě nerovnoměrné deformace ve spáře mezi bloky betonáže může dojít i k praskání přídlažbových obrubníků a štěrbinových žlabů. Proto byla po negativních zkušenostech objednatele z již provozovaných tunelů jejich délka omezena



Obr. 10 Betonáž chodníku nad kabelovody
Fig. 10 Concreting the walkway above cableways

pipeline was designed for that purpose. Two DN200 tubes were used with respect to the increased risk of clogging. They partly interfered with the crushed gravel layer and the drainage layer above the tunnel excavation bottom. In agreement with the client and construction supervision, both tubes were encased in concrete C12/15 X0 with a gradual haunch over the entire length of the neighbouring slabs (i.e. the length of 2x5.4m), which excluded a step-increase in the toughness of the concrete pavement. The inverted siphon tubes were laid perpendicularly to the tunnel centre line and a transverse joint was carried out in this place of the roadway joints layout. The joints layout was further

developed from this point to both sides in the direction of the western and eastern portals. A detail in the location of the inverted siphon is presented in Fig. 9.

The joints layout of service walkways located above cableways along both tunnel sides present a completely different case. With respect to the fact that the concrete cableways are cast directly on the footing of the upper vault of the secondary lining and the service walkways form their surface, both structures are related in terms of deformation and can negatively influence each other. To minimise the risk of the development of cracks in the walkway in the locations of contingent differential deformations of two neighbouring blocks of the secondary lining, the position of the joints between the blocks of the secondary lining has to correspond to the position of the transverse joint in the layout of joints in the walkway. The casting of concrete of the walkway above cableways is presented in Fig. 10.

The slotted drain pipes and the kerbs along them can even crack in the case of differential deformation in the joints between the concrete casting blocks. For that reason, with client's negative experience from already operated tunnels, their length was limited to 2m as the maximum and the joint between kerbs could be located ± 0.5 m from the joint between the concrete casting blocks of the secondary lining. In terms of the construction procedure, laboriousness, the necessity for atypical pre-cast components, thus also the higher investment costs, form a restriction the substantiation of which should be examined and such a technical solution should be found which would allow for installing the pre-cast components without a link to the block diagram of concreting the tunnel secondary lining. In the case of the pavement joints layout, the link to the tunnel structure is reasonable only in the case where both structures can influence each other. It would be suitable if these facts are also incorporated into relevant roadway design regulations. The link between the joint between concrete casting blocks and the slotted drain pipes is presented in Fig. 11, where the joints are marked with arrows. An atypically long pre-cast concrete component is inserted so that the continuity of joints is maintained.

6 ROADWAY DRAINING SLOTTED PIPES AND THE TUNNEL LINING

Pre-cast slotted pipes with a continuous slot are used for draining the roadway surface as a standard. Flame-retardant elements are installed on the slotted drain pipeline at 50m intervals as a safety element preventing spreading of fire in the case of a burning liquid. Their current structure works on the principle



Obr. 11 Průběžnost spár mezi bloky betonáže definitivního ostění a štěrbínovými žlaby

Fig. 11 Continuity of joints between concrete casting blocks of the final lining and slotted drain pipes

na max. 2 m a spára mezi obrubníky mohla být situována max. $\pm 0,5$ m od spáry mezi bloky betonáže sekundárního ostění. Z hlediska postupu výstavby, pracnosti, nutnosti použití atypických prefabrikátů, a tím i vyšších investičních nákladů se jedná o omezení, jehož opodstatnění by mělo být prověřeno a nalezeno takové technické řešení, které by umožnilo instalaci prefabrikátů bez vazby na blokové schéma betonáže sekundárního ostění tunelu. V případě spárořezu vozovky má vazba na konstrukci tunelu smysl pouze v případě, kdy se mohou obě konstrukce vzájemně ovlivnit. I tyto skutečnosti by bylo vhodné do příslušných předpisů pro navrhování vozovek zapracovat. Vazbu mezi spárou mezi bloky betonáže a mezi prefabrikáty štěrbínových žlabů ukazuje obr. 11, na kterém jsou spáry označeny šipkami. Z důvodu dodržení průběžnosti spár je vložen prefabrikát atypické délky.

6 ŠTĚRBINOVÉ ŽLABY PRO ODVODNĚNÍ VOZOVKY A OSTĚNÍ TUNELU

Pro odvodnění povrchu vozovky jsou již standardně používány prefabrikované štěrbínové žlaby s průběžnou štěrbínou. Jako bezpečnostní prvek proti šíření požáru v tunelu v případě hořící kapaliny jsou na trasu štěrbínových žlabů instalovány v maximální vzdálenosti 50 m samozhášecí kusy. Jejich stávající konstrukce funguje na principu sifonu s přepážkou. Pokud hořící kapalina teče štěrbínovým žlabem k samozhášecímu

of an inverted siphon with a partition. If the burning liquid flows through a slotted drain pipe to the flame-retardant element, the fire is extinguished during the passage through the siphon. Slotted drain pipes, as well as cableways or the fire main pipeline, are arranged in the tunnel into a block of structures above the footing of the secondary lining vault. With respect to the layout of the tunnel cross-section and the effort to minimise the tunnel cross-sectional area, the siphon of the flame-retardant element interferes with the footing and the bearing structure of the footing has to be interrupted for the installation of the siphon in this location. A practical example where the footing is interrupted in the location of the flame-retardant element is presented in Fig. 12.

The solution lies in the use of a new design of the slotted drain pipes, which uses two flaps for extinguishing the burning fluid, through which the fluid in the slotted drain pipe flows. The principle of extinguishing the flame during the passage through the flame-retardant element is shown in Fig. 13.

In the case of favourable geotechnical conditions, which were encountered during the course of the Považský Chlmec tunnel excavation, the gap in the footing played no essential role. Nevertheless, it could be a significant complication in the case of founding the secondary lining on worse quality ground mass. The structural height of the new pre-cast concrete components does not differ from the structural height of the standard pre-cast concrete slotted drain pipe. It is therefore not necessary to carry out structural changes or interventions to the tunnel bearing structure for the installation. The new-design flame-retardant element is presented in Fig. 14.

The advantage of the new type of the flame-retardant element lies not only in the structural solution, but also in the aspect of maintenance. The original structure of the siphon fulfils its flame-retarding function only in the case that it is not clogged by dirt or, during winter months, water does not freeze in the siphon. It requires, first of all in portal sections of the tunnel, that an anti-freeze mixture is used and is permanently replenished when the freezing alternates with thawing. From this point of view, the new technical solution is fully maintenance-free and safe. The effort to use the new structural type of the flame-retardant elements in the Považský Chlmec tunnel failed because it was an absolutely new product which had not been used before in a tunnel at the time of the realisation.

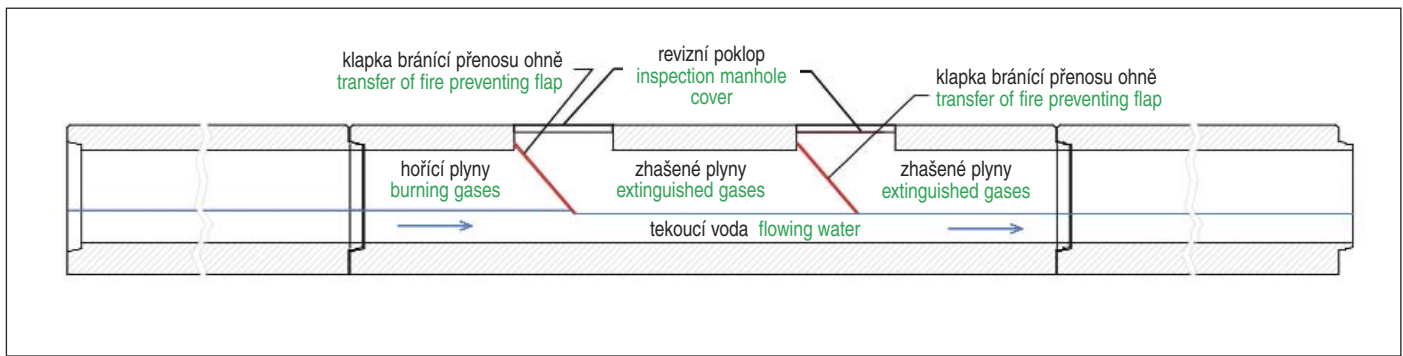
7 ENSURING REQUIRED SKID RESISTANCE PROPERTIES

Ensuring required (standard) skid resistance properties in tunnels is a more complicated process in comparison with ensuring skid resistance properties on roads on free routes. A greasy film formed by dirt, and products of combustion of fuels permanently develops inside a tunnel due to restricted dispersion of exhaust gases and increased tread of tires of vehicles. Whilst those matters degrade due to solar radiation, are washed away by precipitation and are dispersed into the surroundings, this unprompted cleaning does not take place in tunnels. The dirt which remains on the roadway surface in the concrete structure significantly reduces the overall roughness of the surface and negatively influences the vehicle stopping distance. The required skid resistance properties begin to deteriorate during a short time (in the order of months). It is necessary for ensuring required skid resistance properties that certain measures are adopted already during the course of the construction, after the concrete roadway pavement is finished. In particular it is necessary to maintain technology breaks for hardening of concrete and, in general, reduction of construction



Obr. 12 Oslabení základového pásu v místě samozhášecího kusu

Fig. 12 Gap in the footing in the location of a flame-retardant element



Obr. 13 Schéma samozhášecího kusu nové konstrukce

Fig. 13 Diagram of a new-design flame-retardant element

kusu, dojde při průtoku sifonem k jejímu uhašení. Štěrbínové žlaby jsou v tunelu stejně jako kabelovody nebo potrubí požárního vodovodu instalovány do bloku konstrukcí nad základovým pásem klenby sekundárního ostění. Vzhledem k dispozičnímu uspořádání příčného řezu tunelu a snaze o minimalizaci plochy příčného řezu tunelu zasahuje sifon samozhášecího kusu do základového pásu a pro jeho instalaci je nutno v tomto místě nosnou konstrukci základového pásu významným způsobem oslabit. Praktický příklad ukazuje obr. 12, na kterém je základový pás v místě samozhášecího kusu přerušen.

Řešením je použití šterbinových žlabů nové konstrukce, která používá k uhašení hořící kapaliny dvou klapek, přes které kapalina ve šterbinovém žlabu protéká. Princip zhašení plamene při průtoku samozhášecím kusem ukazuje schéma na obr. 13.

V případě příznivých geotechnických podmínek, které byly v průběhu ražby tunelu Považský Chlmec zastíženy, nehrálo oslabení základového pásu zásadní roli. Mohlo by však být značnou komplikací v případě založení sekundárního ostění na méně kvalitním horninovém masivu. Konstruktivní výška těchto nových prefabrikátů se neliší od konstruktivní výšky standardního prefabrikátu šterbinového žlabu, takže není nutné pro jeho osazení provádět žádné stavební úpravy, nebo zásahy do nosné konstrukce tunelu. Samozhášecí kus nové konstrukce ukazuje obr. 14.

Výhoda nového typu samozhášecího kusu není jen ve stavebním řešení, ale i z hlediska údržby. Sifon původní konstrukce plní svou samozhášecí funkci pouze v případě, že není zanesen nečistotami, nebo v zimních měsících nedochází v sifonu k zamrznutí vody. To vyžaduje zejména v přípořádkových úsecích tunelu používání nemrznoucí směsi a při střídání mrazu a oblevy její neustálé dolévání. Z tohoto pohledu je nové technické řešení zcela bezúdržbové a bezpečné. Použití nového konstrukčního typu samozhášecích kusů se na tunelu Považský Chlmec nepodařilo prosadit, neboť v době realizace se jednalo o zcela nový výrobek, který nebyl ještě na žádném tunelu použit.

7 ZAJIŠTĚNÍ POTŘEBNÝCH PROTISMYKOVÝCH VLASTNOSTÍ

Zajištění požadovaných (normových) protismykových vlastností na vozovkách v tunelech představuje složitější proces oproti vozovce ve volné trase. V tunelu se vlivem omezeného rozptylu výfukových plynů a zvýšeného obrusu pneumatik vozidel trvale vytváří na povrchu vozovky mastný film z nečistot a zplodin spalování pohonných hmot. Zatímco v otevřených úsecích komunikací tyto látky působením slunečního záření degradují a vymývají se dešťovými srážkami a rozptýlí se do okolí, tak v tunelech k tomuto samovolnému čištění nedochází. Nečistota, která zůstává na povrchu vozovky ve struktuře betonu, významně snižuje její celkovou drsnost a negativně tak

transportation volume in the tunnel, chiefly the transport associated with the completion of installation of tunnel equipment and road marking. It is also necessary within the framework of the operating rules to design a correct technique of cleaning the roadway and an optimal interval of time for the maintenance.

The brushed concrete type of the pavement surface was chosen to ensure the required skid resistance properties. This technique requires not only increased quality requirements for aggregates in the upper layer of the concrete cover. Some requirements and recommendations for aggregates in the upper layer of the concrete cover are mentioned in TKP 26 specifications, concretely the requirement for the maximum grain size, the grain size composition, aggregate shape index, crushing resistance or a requirement for smoothing ability. It turned out during the construction when coarsely crushed aggregate HDK 4/8 was chosen for the upper layer of the concrete cover that no local supplier was able to secure the amount and quality of the material required by the design. For that reason the contractor decided to import the material with verified quality from the Czech Republic, from 350km distant Nemojov. Holes for the installation of the string line were drilled into the walkway before the concrete pavers started moving. After tightening the strings throughout the tunnel length, casting of the roadway concrete could start. The concrete paver guided directionally and vertically by the string lines places concrete between kerbs; the fine connection to the pre-cast concrete kerbs is carried out by manual smoothing. The concrete cover before the subsequent treatment is shown in Fig. 15.

When the process of casting of concrete is finished, a concrete setting retarder is applied to the concrete surface. Subsequently, after 10 to 20 hours (with respect to climatic conditions, humidity and temperature of air inside the tunnel and other factors), brushing of the surface is carried out using a loader equipped with steel brushes. This brushing exposes the aggregate in the upper layer of the concrete cover forming the macrotexture securing the required skid resistance properties. The macrotexture created by the surface brushing represents currently one of the most modern concrete surface treatment techniques and provides the client with one of the highest quality concrete roadways which can be constructed in Central and Eastern Europe. Of course, the increased material requirements and the modified technology procedure are adequate to this quality.

8 ABILITIES OF MEASURES DESIGNED TO ELIMINATE DAMAGE TO WALKWAYS, KERBS AND SLOTTED DRAIN PIPES

When the roadway layers were being realised in the tunnel, the structures such as walkways, kerbs and slotted drain pipes had already been finished. A measure preventing damage to



Obr. 14 Samozhášecí kus konstrukční výšky šterbinového žlabu

Fig. 14 Flame-retardant element with the height equal to the height of a slotted drain pipe

ovlivňuje brzdnou dráhu vozidel. Již během krátké doby (v řádu měsíců) dochází ke snižování požadovaných protismykových vlastností. Pro zajištění požadovaných protismykových vlastností vozovky je nutné přijmout určitá opatření již během výstavby po dokončení CB krytu. Jedná se zejména o dodržení technologické přestávky pro vytvrdnutí betonu a obecně omezení staveništní dopravy v tunelu, zejména v souvislosti s dokončením montáží technologických celků tunelu a prováděním dopravního značení. V rámci provozního řádu tunelu je nutné navrhnout správnou technologii čištění vozovky a optimální časový interval pro její údržbu.

K zajištění požadovaných protismykových vlastností byl zvolen typ povrchu CB krytu s vymývaným betonem. Tato technologie vyžaduje nejen zvýšené kvalitativní požadavky na kamenivo v horní vrstvě CB krytu. Některé požadavky a doporučení na kamenivo v horní vrstvě CB krytu zmiňuje TKP 26, konkrétně požadavek na maximální zrna kameniva, zrnitost, tvarový index kameniva, odolnost vůči drcení případně požadavek na ohladitelnost. Při výběru hrubě drceného kameniva HDK 4/8 pro horní vrstvu CB krytu se v průběhu výstavby ukázalo, že žádný z místních dodavatelů není schopen zajistit projektem požadované množství a kvalitu materiálu. Proto se zhotovitel rozhodl pro dovoz materiálu ověřené kvality z České republiky, z 350 km vzdáleného Nemojova. Před rozjezdem finišerů byly do chodníku navrtány otvory pro instalaci lankodráhy. Po jejím napnutí v celé délce tunelu mohla být zahájena vlastní betonáž vozovky. Lankodráhou směrově i výškově vedený finišer betonuje vrstvy vozovky mezi obrubníky s tím, že jemné napojení na prefabrikáty obrubníků je prováděno ručním zahlazením. Povrch krytu před další úpravou ukazuje obr. 15.

Po vlastní betonáži se na povrch CB krytu nanese zpomalovač tuhnutí. Následně po 10 až 20 hod. (s ohledem na klimatické podmínky, vlhkost a teplotu vzduchu v tunelu a další faktory) nastává vlastní vymetání, které se provádí pomocí nakladače s ocelovými kartáči. Tímto vymetením se obnaží kamenivo ve svrchní vrstvě CB krytu, které tvoří makrotexturu, která zajišťuje požadované protismykové vlastnosti. Makrotextura tvořená vymetením povrchu představuje v nynější době jednu z nejmodernějších technologií úpravy povrchu CB krytu a investor tím získává jednu z nejkvalitnějších CB vozovek, kterou lze ve střední a východní Evropě postavit. Této kvalitě ovšem odpovídají zvýšené materiálové nároky a upravený technologický postup provádění.

8 MOŽNOSTI OPATŘENÍ K ELIMINACI POŠKOZENÍ CHODNÍKŮ, OBRUBNÍKŮ A ŠTERBINOVÝCH ŽLABŮ

Při realizaci vozovkových vrstev v tunelu byly již zhotovené konstrukce typu chodníky, obrubníky a šterbinové žlaby. V zájmu všech zúčastněných stran bylo provedení opatření, která zamezují poškození již realizovaných konstrukcí. Při provádění podkladních nestmelených vrstev typu šterkodrt je potřeba zejména dbát zvýšené opatrnosti při pohybu těžké

the already realised structures was taken in the interest of all parties involved. It is first of all necessary during the work on the non-cemented bedding layers of the crushed gravel type to take extra caution when heavy mechanical equipment moves close to the kerbs and slotted drainage pipes and to compact the directly connecting edges additionally with a compactor plate. It is also necessary to take increased care when cemented materials are being laid close to kerbs/slotted drain pipes.

The greatest risk of damaging those structures is posed during the realisation of the concrete cover. Crawler tracked pavers move in the tunnel on walkways, close to cable manholes, kerbs and slotted drain pipes. It is therefore necessary to continuously place sufficiently wide rubber conveyor belts under the tracks as a support (see Fig. 16).

It is in addition necessary before starting to brush the surface of the concrete cover and cutting the joints to ensure covering of the slotted drain pipes and all openings in the tunnel structure (e.g. niches for cable protection pipes) so that their clogging is prevented.

9 COORDINATION OF OTHER WORK IN THE TUNNEL AND THE WORKS SAFETY

Several work operations proceed in the tunnel in parallel. The transport of materials to pavers or graders was one of the fundamental elements of the realisation of the roadway layers. The paver was assembled at the eastern portal. With respect to the fact that the access through the eastern portal was restricted, the paver passed through the tunnel tubes to the eastern portal and the work in both tunnel tubes proceeded in the direction from the eastern to the western portal. The transport distance for supplying the pavers with concrete therefore reached the entire length of the tunnel tubes. When trucks transported the material, they first reversed to the mechanical equipment and subsequently drove empty forward along the tunnel, back to the material stock. In the tunnel the trucks passed each other in both directions under reduced visibility conditions. It was desirable that no parallel work operations proceeded during the course of that time. However, this is not always possible with respect to the tight construction schedules. If it is required to put another working place into operation, it is necessary to properly illuminate it, mark it and inform all operators and drivers that they have to take extra caution in the particular location. The situation was complicated even by the



Obr. 15 Povrch CB krytu před dalšími úpravami

Fig. 15 Surface of concrete cover before subsequent treatment

mechanizace v blízkosti obrubníků a šterbinových žlabů a přímo navazující kraje dostatečně hutnit hutnicí deskou. Při pokládce podkladních vrstev ze stmelových materiálů je také nutno dbát zvýšené opatrnosti při pohybu finišerů v blízkosti obrubníků/šterbinových žlabů.

Největší riziko poškození těchto konstrukcí nastává při realizaci CB krytu. Pásové finišery se v tunelu pohybují po chodnících v těsné blízkosti kabelových šachet, obrubníků a šterbinových žlabů. Při jakémkoliv pohybu sestavy finišerů je proto nutné pod pásy průběžně umísťovat podklad z dostatečně širokých gumových přepravníkových pásů (obr. 16).

Dále je nutné před zahájením prací na vymetání povrchu CB krytu a prořezáváním spár zajistit zakrytí šterbinových žlabů a všech otvorů v konstrukci tunelu (např. niky kabelových chrániček), aby nedošlo k jejich zanesení.

9 KOORDINACE OSTATNÍCH PRACÍ V TUNELU A BEZPEČNOST PROVÁDĚNÍ

V tunelu probíhalo paralelně v souběhu několik prací. Jedním ze zásadních prvků realizace vozovkového souvrství byla doprava materiálu k finišerům či graderům. Montáž finišeru probíhala na západním portálu. Vzhledem k tomu, že na východním portálu byl omezený přístup, projel finišer tunelovými troubami k východnímu portálu a práce v obou tunelových troubách pak probíhaly směrem od východního k západnímu portálu. Dojezdová vzdálenost při zásobování finišerů betonem proto dosahovala až celé délky tunelových trub. Při dopravě materiálu nákladní auta nejprve tunelem couvala k mechanizaci a poté prázdná jela tunelem popředu zpět k zásobám materiálu. V tunelu se nákladní auta ve snížení viditelnosti míjela v obou směrech. Bylo žádoucí, aby v té době v tunelu neprobíhaly žádné paralelní práce. Toto ovšem, s ohledem na napjaté harmonogramy staveb, není vždy reálné. Pokud je nezbytné zprovoznit v tunelu další pracoviště, je potřeba ho řádně osvětlit, označit a oznámit všem strojníkům a řidičům, aby v předmětném místě dbali zvýšené opatrnosti. Situaci komplikoval i malý podélný sklon komunikace s výškovým vrcholem uvnitř tunelu. Proudění vzduchu v tunelu ovlivňovalo oslunění portálů a mnohdy přirozené větrání nefungovalo vůbec. Proto bylo nutné použít nucené větrání instalací mobilních ventilátorů, aby na pracovištích nedocházelo ke koncentraci škodlivin. Stísněné poměry při provádění vozovky v tunelu ukazuje obr. 17.

10 ZÁVĚR

Proces volby vozovkového souvrství v tunelu Považský Chlmec měl v průběhu projektování realizační dokumentace určitý vývoj. Objednateli byla např. předložena varianta s pružnou asfaltovou mezivrstvou pod CB deskou. Jako optimální objednatel schválil skladbu vozovky popsanou v tomto článku. Cementobetonový kryt s vymývaným povrchem je momentálně jednou z nej kvalitnějších vozovek s dlouhou životností. Objednatel tímto rozhodnutím získal jednu z nej kvalitnějších a nejtrvanlivějších vozovek, kterou může ve střední a východní Evropě získat. Na návrh zhotovitele došlo v průběhu výstavby k celé řadě změn, které pozitivně ovlivnily jak proces provádění, tak kvalitu a životnost vozovky, která v tunelu přímo souvisí s bezpečností provozu. Při sanaci vad vozovky dochází zpravidla k rizikovým dlouhodobým uzávěrám tunelu s nutností odklonění provozu. Návrh a provádění vozovky v tunelu má svá specifika, která by bylo vhodné do



Obr. 16 Ochrana chodníku pod pásem finišeru pryžovým pásem
Fig. 16 Protection of walkway under paver track by a rubber belt

small longitudinal slope of the roadway with the summit located inside the tunnel. The airflow in the tunnel was affected by the lighting of the portals by sun and natural ventilation often did not work. It was for that reason necessary to use forced ventilation by means of the installation of mobile fans so that noxious substances did not concentrate at working places. The restricted conditions during the work on the roadway pavement are shown in Fig. 17.

10 CONCLUSION

The process of the selection of the roadway structural layers in the Považský Chlmec tunnel experienced certain development during the course of the preparation of the detailed design. For example, a variant with an intermediate flexible asphalt layer under the concrete pavement was submitted to the client. The client approved the roadway composition described in this paper as optimal. The concrete cover with the brushed surface finish is at the moment one of the highest quality long duration roadway pavements. Owing to this decision the client obtained one of highest quality and most durable roadways it is possible to get in Central and Eastern Europe. Numerous changes positively affecting the construction process and quality and durability of the roadway directly relating to the operational safety in the tunnel were made on contractor's proposal. When a defective roadway is to be rehabilitated, risky long-term closures of the tunnel are usually necessary with the need for traffic diversions. Designing and constructing a roadway in a tunnel has its specifics for which it would be reasonable to be incorporated into regulations and standards so that, with the work safety observed and investment costs kept at acceptable level, the risk of damage



Obr. 17 Doprava směsi k finišeru a stísněné prostorové poměry v tunelu
Fig. 17 Transport of mixture to the paver and the restricted spatial conditions in the tunnel



Obr. 18 Pohled na dokončený západní portál

Fig. 18 A view of the completed western portal

předpisů a norem zpracovat, aby se při dodržení bezpečnosti práce a zachování přijatelných investičních nákladů minimalizovalo riziko poškození vozovkových vrstev. Výše uvedené zkušenosti mohou být autorům předpisů vhodnou inspirací.

Dálniční úsek D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno) byl úspěšně uveden do provozu začátkem prosince 2017 a tunel Považský Chlmec byl jeho významnou součástí (obr. 18). Vzhledem k technické náročnosti celého dálničního úseku byla tato stavba právem nominována do soutěže Stavba roku 2017, ze které si při slavnostním vyhlášení vítězů v roce 2018 odnesla hlavní cenu i cenu Ministerstva dopravy a výstavby Slovenské republiky. Díky realizaci stavby v režimu „Navrhni a postav“ podle smluvních podmínek žluté knihy FIDIC bylo možné v průběhu výstavby bez výrazných komplikací měnit původně navržená technická řešení, reagovat na změny předpisů a norem, ke kterým v průběhu výstavby došlo a především uplatnit dlouholeté zkušenosti zhotovitele i projektanta jako jednoho týmu. Uplatnění navrhovaných optimalizací, použití moderních technických řešení a technologických postupů výstavby bylo možné i díky dobré spolupráci všech účastníků výstavby, kteří mohou mít z úspěšně dokončeného díla dobrý pocit.

Ing. MATĚJ BŮŽEK, matbuzek@gmail.com,
Ing. LIBOR MAŘÍK, libor.marik@hochtief.cz,
HOCHTIEF CZ a. s.

Recenzovali Reviewed: **Ing. Miloslav Frankovský**,
prof. Ing. Matouš Hilar, MSc., Ph.D.,
CEng., MICE

to roadway layers is minimised. The above-mentioned experience can be an appropriate inspiration for authors of regulations.

The Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno) section of the D3 motorway was successfully opened to traffic at the beginning of December 2017 (see Fig. 18). The Považský Chlmec tunnel was its important part. With respect to the technical complexity of the entire motorway section, this project was rightfully nominated to the competition Project of the Year 2017, where it was awarded the main prize and prize of the Ministry of transport and construction of the Slovak Republic at the ceremonial announcement of the winners in 2018. Owing to the realisation of the project procurement in the Design – Build regime according to the conditions of the FIDIC Yellow Book, it was possible during the construction without significant complications to change the originally designed technical solutions, respond to changes of regulations and standards taking place during the construction and, first of all, apply the long-term experience of the contractor and the designer working as a single team. The application of the proposed optimisations, the use of modern technical solutions and technological construction processes was possible even thanks to the good collaboration of all project parties, which can have a great feeling from the successfully completed work.

Ing. MATĚJ BŮŽEK, matbuzek@gmail.com,
Ing. LIBOR MAŘÍK, libor.marik@hochtief.cz,
HOCHTIEF CZ a. s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Realizační dokumentace stavby Dialhica D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno), SO 411-00.4 Vozovka v tunelech, 2016
- [2] Realizační dokumentace stavby Dialhica D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno), SO 413-00 Odvodnenie – vozovková voda, 2016
- [3] Dokumentace pro stavební povolení Dialhica D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno), 2006
- [4] ŠTEFAN, L., DRAGON, R. Protismykové vlastnosti povrchu vozovky v tunelech. *Tunel*, 2013, roč. 22, č. 4, str. 4–7
- [5] PETKO, A., PASTRŇÁK, V. Technología, postup a špecifiká razenia tunela Považský Chlmec. *Tunel*, 2015, roč. 24, č. 3, str. 81–87
- [6] MAŘÍK, L. Tunel Považský Chlmec na dálnici D3 v úseku Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno) od projektu k realizaci. *Tunel*, roč. 24, č. 3, str. 88–103
- [7] TLAMSA, J., VOJTĚCHOVSKÁ, A. Úloha geotechnického monitoringu a inženýrskogeologické dokumentace v rámci výstavby tunelu Považský Chlmec. *Tunel*, 2016, roč. 25, č. 1, str. 13–23
- [8] MAŘÍK, L. Sekundární ostění tunelu Považský Chlmec, konstrukční řešení, provádění a ošetřování. *Tunel*, 2017, roč. 26, č. 1, str. 74–86

PROSTŘEDÍ V SILNIČNÍCH TUNELECH ENVIRONMENT IN ROAD TUNNELS

VLASTIMIL HORÁK

ABSTRAKT

V České republice je v současnosti v provozu 21 silničních, dálničních a městských tunelů o celkové délce kolem 30 km. Tunely představují nejnáročnější úseky pozemních komunikací z hlediska investičních, ale zejména provozních nákladů. Tunely se budují jako stavby převádějící pozemní komunikaci pod nějakou překážkou, kterou nelze překonat povrchovou, a výrazně levnější variantou trasování pozemní komunikace. To znamená, že každé uzavření tunelu vyvolává nutnost použití objízdných povrchových tras, které musí tyto překážky překonat po povrchu, a jsou tedy logicky obvykle nedostatečné a výrazně méně kapacitní, případně neúměrně prodlužují trasu. Jedním z faktorů, vyvolávajících totální uzavírky tunelů jsou sanační práce na jejich stavebních a technologických součástech. A zde hraje velkou roli životnost stavebních konstrukcí a vybavení tunelů a potažmo jejich odolnost proti působení agresivního prostředí v tunelech. Stav některých, zejména kovových součástí již po pěti či deseti letech provozu je někdy až alarmující. A jaké je vlastně to agresivní prostředí v tunelech a co ho ovlivňuje?

ABSTRACT

There are currently 21 road, motorway and urban tunnels with the total length of 30km operated in the Czech Republic. They represent the most demanding sections of roads in terms of the investment and, first of all, operating costs. Tunnels are constructed as structures transferring underground roads under some obstacles which cannot be overcome by a surface, significantly cheaper, variant of the at-grade road alignment. It means that any tunnel closure brings about the necessity for using surface diversions which have to overcome the obstacles on the surface and are therefore logically usually insufficient and their capacity is significantly smaller or they inadequately extend the length of the routes. One of the factors causing total closures of tunnels lies in the work operations on the rehabilitation of their civil engineering and technology parts. In this problem, a significant role is played by the durability of civil engineering structures and equipment of tunnels, respectively their resistance against the action of corrosivity of the environment inside tunnels. The condition of some, first of all metallic, components after five or ten years of operation is sometimes alarming. And what is the corrosive environment in tunnels and what does influence it?

ÚVOD

Ostění silničních tunelů je téměř vždy z betonu, vozovky rovněž, případně jsou asfaltbetonové. Dalšími materiály používanými v tunelech jsou oceli (výztuž betonu, konstrukční vybavení), pro technologické a technické vybavení se pak používají vybrané plasty, kompozity, barevné kovy, slitiny, nerezová ocel apod. Všechny tyto materiály pro tunely by měly být navrženy a použity tak, aby agresivnímu prostředí v tunelech odolávaly co nejdéle a nemusely se příliš často opravovat nebo vyměňovat, což způsobuje již zmíněné nutné uzavírky tunelů, nemalé finanční náklady a následné komplikace v dopravě na povrchu. Stavební konstrukce tunelů se navrhují na životnost 100 let, technické a technologické vybavení pak obvykle na dobu 15 let. Uvedené životnosti neznámají, že by se v jejich průběhu na tunel a jeho vybavení nemuselo „sahat“, ale při standardní předepsané údržbě by se určitě neměly po dobu životnosti vyměňovat.

KLASIFIKACE PROSTŘEDÍ V TUNELECH

Standardně se pro klasifikaci prostředí z hlediska koroze používá jako vstupních údajů pro odpovídající návrh jakýchkoliv materiálů ČSN EN 12944-2 *Nátěrové hmoty – Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy – Část 2: Klasifikace vnějšího prostředí* (obr. 1). Norma definuje korozní agresivitu obecného venkovního a vnitřního prostředí a rozděluje agresivní prostředí podle stupně korozní agresivity do několika skupin. Pro tunely se standardně uvažuje vždy s prostředím odpovídajícím skupinám C4 nebo C5 v obr. 1 (červeně označeno). Jejich charakteristika, uvedená v této normě, však zjevně příliš neodpovídá skutečnému prostředí v tunelech, protože nezohledňuje vliv automobilové dopravy a emisí z výfukových plynů, které jsou v tunelech výrazně koncentrovány v důsledku „uzavřeného“ prostoru a kvůli výrazně horším rozptylovým podmínkám. Navíc zde zcela chybí působení UV slunečního záření a přirozený oplach deštěm, jako je tomu na povrchových úsecích pozemních komunikací. Podle statistik ČHMÚ je v ČR průměrně každý měsíc 5 až 10 dní se srážkami alespoň 10 mm

INTRODUCTION

The lining of road tunnels is nearly always made of concrete; roadways are also made of concrete or of asphalt concrete. Other materials used in tunnels comprise steel (concrete reinforcement, structural equipment); selected plastic materials, composites, non-ferrous metals, alloys, stainless steel etc. Are used for technology and technical equipment. All of these materials used for tunnels should be designed and used in a way providing resistance to the corrosive environment in tunnels as long as possible so that they do not have to be repaired or replaced too often, causing the above-mentioned closures of tunnels, significant financial costs and subsequent complications in traffic on the surface. Civil engineering structures of tunnels are designed for the life length of 100 years, technical and technology equipment usually for 15 years. The above-mentioned life lengths do not mean that it would not be necessary to “touch” them during the design life, but that they certainly should not be replaced during the design life if they are maintained in a standard way.

CLASSIFICATION OF ENVIRONMENT IN TUNNELS

ČSN EN 12944-2 *Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 2: Classification of environments* is used as a standard for the classification of environments from the aspect of corrosion (see Fig. 1). The standard defines the corrosive action of a general external and internal environment and divides the corrosive environment according to the degree of corrosive aggression into several groups. For tunnels, the environment corresponding to groups C4 or C5 (marked red in Fig. 1) is always taken into account as a standard. However, their characteristic contained in this standard obviously does not correspond too much to the real environment in tunnels because of the fact that it does not take into consideration the influence of vehicular traffic and exhaust emissions which are distinctly concentrated in tunnels due to the “closed” space and significantly worse dispersion conditions. In addition, the UV sun

stupně korozní agresivity atmosféry atmosphere corrosive aggression degree		
stupeň korozní agresivity corrosive aggression degree	příklad typického venkovního prostředí example of typical external environment	příklad typického vnitřního prostředí example of typical internal environment
C1 velmi nízká C1 very low		vytápěné budovy s čistou atmosférou, např. kanceláře, školy, obchody, hotely heated buildings with clean atmosphere, e.g. offices, schools, shops, hotels
C2 nízká C2 very low	atmosféra s nízkou úrovní znečištění, převážně venkovní prostředí low pollution level atmosphere	nevytápěné budovy, kde může docházet ke kondenzaci, např. sklady, sportovní haly unheated buildings where condensation can develop, e.g. stores, sports halls
C3 střední C3 medium	městské průmyslové atmosféry s mírným znečištěním SO ₂ ; přímořské prostředí s nízkou salinitou urban industrial atmospheres little polluted with SO ₂ ; coastal environment with low salinity	výrobní prostory s vysokou vlhkostí a malým znečištěním ovzduší, např. výroby potravin, pivovary, mlékárny production spaces with high humidity and low air pollution, e.g. food factories, breweries, dairies
C4 vysoká C4 high	průmyslové prostředí a přímořské prostředí s nízkou salinitou low salinity industrial environment and coastal environment	chemické závody, plavecké bazény, loděnice a doky na mořském pobřeží chemical factories, swimming pools, shipyards and docks on the seashore
C5 – I velmi vysoká (průmyslová) C5-I – very high (industrial)	průmyslové prostředí s vysokou vlhkostí a agresivní atmosférou industrial environment with high humidity and corrosive atmosphere	budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší buildings or environment with mostly permanent condensation and high pollution of air
C5 – M velmi vysoká (přímořská) C5 – M very high (coastal)	přímořské prostředí s vysokou salinitou coastal environment with high salinity	budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a vysokým znečištěním ovzduší buildings or environment with mostly permanent condensation and high pollution of air

Obr. 1 Klasifikace prostředí z hlediska korozní agresivity atmosféry dle ČSN EN 12944-2

Fig. 1 Classification of environments in terms of corrosive aggression of atmosphere according to ČSN EN 12944-2

a roční úhrn srážek se dlouhodobě pohybuje kolem 650 mm. To znamená, že každý metr čtvereční vozovky mimo tunel omyje matička příroda každoročně množstvím 650 litrů relativně čisté vody. Na rozdíl od tunelů, které se myjí obvykle pouze dvakrát ročně a řádově menším množstvím vody, byť za použití kartáčů a chemických prostředků.

CO ZPŮSOBUJE DESTRUKCI VYBAVENÍ TUNELŮ?

Destrukci stavebních a konstrukčních materiálů lze obecně označovat různými názvy – koroze, oxidace, karbonatace, leptání, rozpouštění, křehnutí, rozpad makro nebo mikrostruktury apod. Všudy přítomnou látkou a katalyzátorem prakticky všech destruktivních procesů je obvyčejná voda, a to ve všech svých skupenstvích. Voda je relativně neškodná kapalina, neškodná vůči životnímu prostředí, a dokonce se dá bez následků někdy i pít. Úplně jinak je tomu ale z hlediska příčin koroze. A navíc, paradoxně, čím je voda čistější a bez rozpouštěných iontů a kationtů, tím víc se chová jako rozpouštědlo a váže na sebe všechno možné, s čím přijde do styku a vytváří tak kyseliny, louhy a další agresivní roztoky nebo aerosoly. Ale již i sama voda v nejčistší podobě (destilovaná voda) je agresivní vůči betonu, a ne nadarmo se nazývá vodou „hladovou“.

Voda ve vnitřním dopravním prostoru tunelu se vyskytuje z několika následujících příčin.

Prosakující podzemní voda

Teoreticky to díky používaným izolačním systémům není možné, ale praxe a provoz v tunelech ukazují něco jiného. Podzemní voda bývá velmi často agresivní vůči betonu i většině kovů. Její agresivita závisí na hydrogeologických podmínkách v horninovém okolí tunelu. Podzemní voda, byť i zcela neagresivní, ale prosáklá do tunelu „získává“ díky prosakování skrz beton, zejména pak kontaktem se stříkaným betonem, obvykle používaným pro primární ostění, výrazné nečistoty, jako je vysoké pH (běžně 10 až 12), obsahuje rozpouštěné kovy a chemické sloučeniny z urychlovacích a zušlechťujících přísad stříkaného betonu.

Dešťová voda z vnějšího prostředí

V tunelech sice neprší a dešťová voda z vozovky se obvykle odvádí mimo tunel, ale každé projíždějící vozidlo na sobě jisté množství vody do

radiation and the natural washing by precipitation which exist on open-air roads are completely missing there. According to the Czech hydrometeorological institute, there are 5 to 10 days with precipitation at least 10mm on average every month and the annual precipitation total fluctuates about 650mm in the long term in the Czech Republic. It means that each square meter of a roadway outside a tunnel is washed by the Mother Nature with 650 litres of water. It is in contrast with tunnels, which are washed usually twice a year with considerably smaller amount of water, even though using brushes and chemicals.

WHAT ARE THE CAUSES OF DESTRUCTION OF TUNNEL EQUIPMENT?

The destruction of civil engineering and structural materials can be in general called by various names – corrosion, oxidation, carbonation, etching, dissolution, embrittlement, structural or microstructural disintegration etc. An omnipresent matter and catalyst practically of all destructive processes is common water in all its states. Water is a relatively harmless liquid, harmless to environment and it is sometimes even possible to drink it. But it is completely different from the aspect of causes of corrosion. And, in addition, paradoxically, the clearer water without dissolved ions and cations the more it behaves as a solvent and binds on itself everything possible it comes into contact with and creates acids, lyes and other corrosive solutions or aerosols. But even water itself in the purest form (distilled water) is corrosive to concrete and it is not without reason that it is called “hungry” water.

Water in the internal roadway space of a tunnel is present for several following causes.

Seeping groundwater

It is not possible owing to waterproofing systems used, but the practice and operation of tunnels show something different. Groundwater is very frequently highly corrosive to concrete and the majority of metals. Its corrosivity depends on hydrogeological conditions in the ground environment surrounding the tunnel. Groundwater, even completely not corrosive but seeped into the tunnel, “gains” significant vices, such as a high pH level (commonly 10 to 12), owing to seeping through concrete, in particular to the contact with sprayed concrete, which is usually used for the primary lining; it contains dissolved metals and chemical compounds from the sprayed concrete accelerating and improving additives.

Rainwater from external environment

Although it does not rain in tunnels and rainwater is usually directed outside the tunnel, each vehicle “carries” certain amount of water into the tunnel on itself and sprays it throughout the roadway space in the form of a water curtain or aerosol. A lorry, for example, commonly carries 50 litres and more water on itself. It is generally known that roadways in the tunnels even more than one kilometre long are completely wet during the rain. And it is only water which is visible. Water running down, dripping and spraying from vehicles or dispersed in the air is in a direct contact with engine and exhaust gases, tyres and other components of vehicles, which can increase the corrosivity of the water solution to building materials. Theoretically, rainwater is a simple condensate of water mist (nearly distilled water), but before it falls down on ground, it has to pass through our anthropogenic atmosphere the content of which in terms of noxious substances cannot be made illusions about. In this way the relatively pure condensate absorbs lots

tunelu „přiveze“ a v podobě vodní clony, resp. aerosolu, rozpráší v celém dopravním prostoru. Např. nákladní auto má na sobě běžně kolem 50 litrů vody a více. Je obecně známo, že při dešti mají tunely délky i více než jeden kilometr zcela mokré vozovky. A to je pouze voda viditelná. Po vozidlech stékající, skapávající a rozstříkaná či ve vzduchu rozptýlená voda je v přímém kontaktu s motorovými a výfukovými systémy, s pneumatikami a dalšími součástmi vozidel, které mohou agresivitu vodního roztoku na stavební materiály zvyšovat. Teoreticky je dešťová voda prostý kondenzát vodních par (téměř destilovaná voda), ale než dopadne z oblaku na zem, musí projít přes naši antropogenní atmosféru, o jejímž obsahu z hlediska škodlivin si nelze dělat iluze. Touto cestou tak do sebe relativně čistý kondenzát nabere spoustu přísad. Pojem „kyselé deště“, prokazatelně likvidující zeleň, je jistě velmi dobře znám.

Vodní pára

I když je tunel dokonale zaizolovaný a venku neprší, je voda obsažena ve vzduchu:

- přirozeně ve formě vodních par (čím vyšší teplota, tím vyšší koncentrace);
- ve výfukových plynech (čím více a účinnějších katalyzátorů spalovacích motorů u klasických pohonných hmot, tím více);
- ve výfukových plynech LPG a CNG – výrazně násobně více než u nafty a benzínu;
- výdechy a úkapy z klimatizací vozidel (dnes prakticky každé vozidlo);
- vodíkový pohon – výhradně vodní pára.

„ZUŠLECHŤUJÍCÍ“ KOROZNÍ PŘÍSADE VODNÍCH ROZTOKŮ

Chloridy

Jsou asi nejběžnější chemikálií na pozemních komunikacích. Na rozdíl od venkovního prostředí, kde jsou posypové soli omývány deštěm a dále „uklizeny“ ostatními povětrnostními vlivy, je v tunelech pro ukládání chloridů velmi příznivé prostředí. Tunely se běžně myjí pouze dvakrát do roka na rozdíl od dešťových srážek venku, jak bylo již uvedeno. Takže chlorid sodný (posypová sůl) je v tunelu v nějakém množství prakticky neustále.

Anorganické sloučeniny ve výfukových plynech

Jde především o oxidy uhlíku, síry a dusíku, chemicky označované jako CO, CO₂, SO₂, NO a NO₂, vznikající dokonalým i nedokonalým spalováním pohonných hmot organického původu. Pro člověka jde o vysoce škodlivé a v tunelech obvykle sledované chemické látky, na základě jejichž koncentrace ve vzduchu se spouští nucená ventilace, samozřejmě pouze pokud je v tunelu nainstalována.

Organické sloučeniny ve výfukových plynech

Na rozdíl od výše uvedených plynů se koncentrace těchto látek v ovzduší tunelu nesleduje, zejména kvůli vysokým nákladům na měření jejich koncentrací a faktu, že případná instalovaná měřicí zařízení by v agresivním prostředí tunelu vydržela zanedbatelně krátkou dobu. Jde o následující nejčastěji se vyskytující chemické látky:

HCHO	formaldehyd;
HC-CHO	aldehydy;
HC-CO	ketony;
NMHC	non methane hydrocarbons (uhlovodíky bez metanu);
NM-OG	non methane organic gas (nespalené palivo bez metanu);
PAC	polycyclic aromatic compounds (těžké uhlovodíky);
PAH	polycyclic aromatic hydrocarbons (polycyklické aromatické uhlovodíky).

CHEMICKÉ REAKCE V PROSTŘEDÍ TUNELŮ

Po výčtu chemických látek, které se v tunelech mohou vyskytovat, je možné začít tyto chemikálie kombinovat a zmínit některé chemické a následně korozní procesy, které v tunelovém prostředí mohou nastat a zjevně i nastávají.

of additives. The term “acid rain” provably liquidating greenery is certainly very well known.

Water mist

Even though each tunnel is perfectly insulated and there is no rain in it, water is contained in the air:

- naturally in the form of water vapour (the higher temperature the higher concentration);
- in LPG and CNG exhaust gases (increasingly efficient catalysts of combustion engines of classical engines);
- in LPG and CNG exhaust gases – significantly multiplicatively more than in diesel oil and petrol;
- air condition outlets and dripping (today practically each vehicle);
- hydrogen drive – only water vapour.

„REFINING“ CORROSION ADDITIVES IN WATER SOLUTIONS

Chlorides

They are probably the most common chemicals on roads. In contrast with outdoor environment, where road salt is washed by rain and further “removed” by other weather influences, relatively very favourable conditions for the deposition of chlorides exist in tunnels. Tunnels are commonly washed only twice a year in contrast with the precipitation outdoor, as mentioned above. It means that some amount of sodium chloride (road salt) is present in a tunnel practically permanently.

Inorganic compounds in exhaust gases

They are first of all carbon oxides, sulphur oxides, nitrogen oxides chemically designated as CO, CO₂, SO₂, NO a NO₂, originating both by perfect and imperfect combustion of fuels of organic origin. These chemicals are highly harmful to humans. They are usually monitored in tunnels and forced ventilation is started on the basis of their concentration in the air, of course if it is installed

Organic compounds in exhaust gases

In contrast with the above-mentioned gases, the concentration of these matters in the tunnel atmosphere is not monitored, first of all because of high costs of measurements of their concentrations and the fact that possibly installed measuring devices would endure in the corrosive tunnel environment for a negligibly short time. The following chemicals occur in tunnels most frequently:

HCHO	formaldehyde;
HC-CHO	aldehydes;
HC-CO	ketones;
NMHC	non methane hydrocarbons;
NM-OG	non methane organic gas;
PAC	polycyclic aromatic compounds;
PAH	polycyclic aromatic hydrocarbons.

CHEMICAL REACTIONS IN TUNNEL ENVIRONMENT

After the enumeration of chemicals which can be encountered in tunnels, it is possible to start to combine the chemicals and mention some chemical and subsequent corrosion processes which can and obviously do occur in a tunnel environment.

Road salt (sodium chloride) dissolved in water (brine) was until recently used for production of **hydrochloric acid (HCl)**. The relatively simple production lied in heating brine and gradual adding sulphuric acid to it. The high temperatures of exhaust tubes, turbo units and, first of all, catalysts in combination with the saturated aerosol containing sulphuric acid are able to rather faithfully simulate the conditions of the production of this acid. Potassium salt (potassium chloride), the so-called cattle salt, which also occurs in road salt materials and is commonly used, behaves similarly.

Sulphuric acid (H₂SO₄) is one of best known acids. It originates by oxidation (burning, high temperatures) of sulphurous acid, which again easily originates by simple combination of sulphur oxide with

Posypová sůl (chlorid sodný) rozpuštěná ve vodě (solanka) se až donedávna používala k výrobě **kyseliny chlorovodíkové (HCl)**, českým názvem pak kyseliny solné (právě díky průmyslové výrobě ze solného roztoku se tato kyselina takto česky nazývá). Poměrně jednoduchá výroba spočívala v zahřívání solného roztoku za přidávání kyseliny sírové. Vysoké teploty výfukových potrubí, turbodmychadel a zejména katalyzátorů v kombinaci s nasyceným aerosolem obsahujícím kyselinu sírovou dokážou podmínky výroby této kyseliny celkem věrně nasimulovat. Obdobně se chová i tzv. sůl draselná (chlorid draselný), tzv. dobytčí sůl, která se v posypových materiálech rovněž vyskytuje a běžně používá.

Kyselina sírová (H₂SO₄) je jednou z neznámějších kyselin, která vzniká oxidací (hoření, vysoké teploty) kyseliny siřičité, která zase snadno vznikne prostým sloučením oxidu síry s vodou za běžných teplot. Obě tyto chemikálie se v tunelovém prostředí vyskytují.

Kyselina dusičná (HNO₃) se průmyslově vyrábí oxidací azanu (čpavku, amoniaku) za katalýzy kovovou platinou za zvýšené teploty a tlaku. Obdobně „prostředí“ a zdrojové látky pro tuto chemickou reakci lze však nalézt ve spalovacích motorech a zejména u nejmodernějších „ekologických“ naftových motorů s dnes zákonem nařízenou technologií AdBlue (obr. 2) a platinu obsahujícími katalyzátory.

Je obecně známo, že výše uvedené kyseliny, česky hezky nazývané též žiraviny, rozpouštějí běžně většinu kovů, paradoxně pak tím efektivněji, čím jsou zředěnější (samozřejmě vodou, které mají v tunelech dostatek). Koncentrované kyseliny totiž reagují s kovy obvykle tak, že vytvoří ve velmi krátké době na povrchu kovu zoxidovanou vrstvu, která pak kovy chrání proti další korozi. V praxi se tento jev, a potažmo i běžně používaný způsob ochrany např. oceli proti korozi, nazývá pasivace kovů a používají se při něm koncentrované kyseliny dusičné a sírové. V tunelech bohužel k pasivaci kovů kvůli zjevně nízkým koncentracím nedochází.

A perlička ohledně kyselin na závěr: Smícháme-li kyselinu chlorovodíkovou (solnou) a kyselinu dusičnou v poměru 3:1 dostáváme superžiravinu – tzv. lučavku královskou, která rozpouští i zlato a platinu!

Další obecně známou skutečností je ochota vápníku (jeden z hlavních chemických prvků všech cementových směsí, a tedy i betonu) rozpouštět se prakticky v jakékoliv kyselině – tzv. koroze a rozpad mikrostruktury betonu. V souvislosti s působením vzdušných oxidů uhlíku se degradace betonu ale i malt a omítek nazývá karbonatací – způsobuje pokles pH, rozpad mikrostruktury a následnou korozi ocelové výztuže.

LIDSKÝ FAKTOR KOROZNÍCH DŮSLEDKŮ PROSTŘEDÍ V TUNELECH

Poměrně častým jevem v silničních tunelech je tzv. bimetalická koroze, samozřejmě za vhodných klimatických podmínek a dostatku vodní

water under common temperatures. These two chemicals are encountered in tunnel environment.

Nitric acid (HNO₃) is produced industrially by oxidation of azine (ammonia) with metallic platinum acting as a catalyst, under increased temperature and pressure. But it is possible to find a similar “environment” and source matters for this reaction in combustion engines and, in particular, at the latest “ecological” diesel engines with the AdBlue technology prescribed by the law (see Fig. 2) and catalysers containing platinum.

It is generally known that the above-mentioned acids, called in Czech nicely also as caustic matters, dissolve usually the majority of metals, paradoxically the more efficiently the more they are dissolved (of course by water they have plenty in tunnels). It is so because of the fact that concentrated acids usually react with metals by forming an oxidised layer on the metal surface, which subsequently protects them against further corrosion. In practice, this phenomenon, and in fact even the usually used method of protecting, for example, steel against corrosion, is called the passivation of metals and concentrated nitric and sulphic acids are used by it. Unfortunately, the passivation of metals does not exist in tunnels, obviously due to low concentrations.

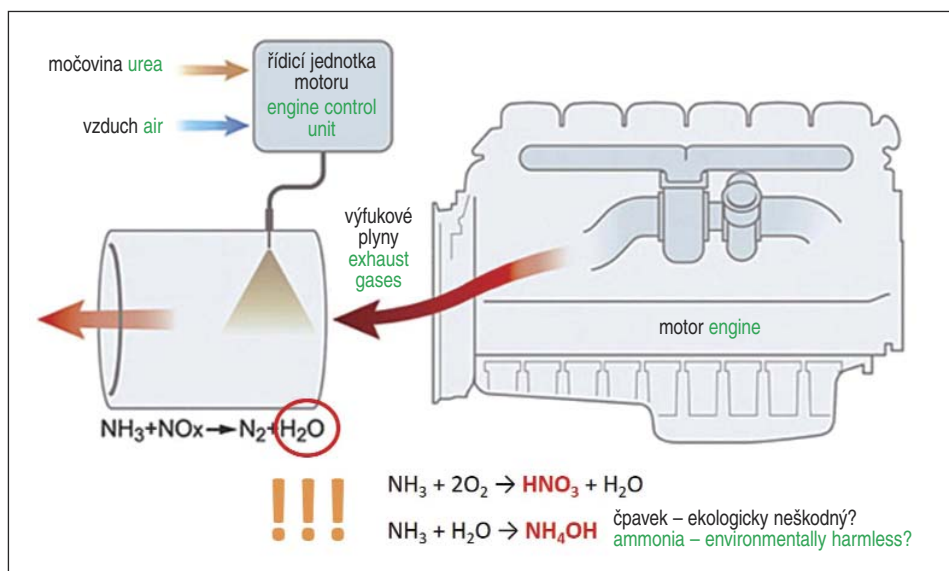
A funny detail regarding acids to the end: If we mix hydrochloric acid and nitric acid in a 3:1 ratio, we will receive a super caustic matter – the so called aqua regia, which dissolves even gold and platinum!

Another generally known fact is the willingness of calcium (one of the main chemical elements of all cementitious mixtures, therefore even concrete) to dissolve practically in any acid – the so-called corrosion and disintegration of concrete microstructure. In connection with the action of atmospheric carbon oxides, the degradation of concrete, but also mortar and plaster, is called carbonation – which causes decreasing of pH, disintegration of microstructure and subsequent corrosion of steel reinforcement.

HUMAN FACTOR OF CORROSION CONSEQUENCES OF THE ENVIRONMENT IN TUNNELS

The so-called bimetallic corrosion is a relatively frequent phenomenon in road tunnels, of course under suitable climatic conditions and sufficient amount of water vapour in the air, which can be without problem guaranteed with respect to the above-mentioned facts. From the chemical point of view, it is a reaction of two different metals in

an electrolyte, in this case in water or a humid environment, and origination of the so-called galvanic cell. This shortcoming, e.g. using galvanised nuts, washers or other auxiliary and “unimportant” elements instead of stainless steel ones, is very frequent in particular at fastening materials for the today already stainless bearing structures used for the tunnel equipment. It ultimately leads to corrosion of both contact materials. This shortcoming is at the first sight and during the first year visually undetectable unless the inspection or supervising body takes a magnet into the pocket and checks each nut or washer (stainless nuts and washers in a tunnel must not be magnetic). The same applies, for example, to the assembly of aluminium (even though anodised) luminaries or other equipment with the duration guarantee for environment 5, which can be easily lost by simple tightening of a common fixing galvanised



Obr. 2 Schéma fungování motoru se systémem AdBlue

Fig. 2 Chart of functioning an engine equipped with the AdBlue system

páry ve vzduchu, což lze na základě výše uvedeného bezproblémově garantovat. Z chemického hlediska jde o reakci dvou různých kovů v nějakém elektrolytu, zde ve vodě, resp. vlhkém prostředí, a vznik tzv. galvanického článku. Zejména u spojovacího materiálu dnes již většinou nerezových nosných konstrukcí pro technologie v tunelech je tento nešvar velmi častý – např. používání (z úsporných důvodů) pozinkovaných matic, podložek či jiných pomocných a „nedůležitých“ prvků namísto nerezových, vede finálně ke korozi obou kontaktních materiálů. Tento nešvar je na první pohled a v prvním roce provozu vizuálně nezjistitelný, pokud si kontrolní nebo dozorující orgán nevezme do kapsy magnet a nezkontroluje každou matici či podložku (nerez používaná v tunelu nesmí být magnetická). Dito platí např. pro montáž hliníkových (byť i eloxovaných) svítidel či jiných zařízení s garancí životnosti pro prostředí C5, která může být snadno ztracena prostým dotažením obyčejné upevňovací pozinkované nebo i nerezové matice bez podložky nebo nešetně s následným poškozením eloxu. Hliník pak zkoroduje v nejnevhodnějším místě, tedy v místě upevnění, což může mít fatální následky pro účastníky provozu, např. při pádu svítidla. Dalšími lidskými faktory s vlivem nejen na korozi, ale na degradaci materiálů v silničních tunelech obecně, jsou rovněž technologická kázeň již při výrobě a následně při montáži (správná technologie svařování a obrábění byť i kvalitních nerezových prvků) a údržbě (nešetné zacházení při servisních činnostech).

Příklady koroze poškozených součástí tunelů v českých zemích po deseti letech provozu jsou na obr. 3 až 8.

ZÁVĚR

Z uvedeného a zcela jistě ne úplného výčtu agresivních látek, korozních a degradačních procesů v silničních tunelech vyplývá, že o takovém agresivním korozním koktejlu a souběhu negativního působení lidského faktoru se tvůrcům zmiňované ČSN EN 12944-2 při definování klasifikace vnějšího prostředí ani nezdálo a např. garance výrobců a dodavatelů ochranných povlakových systémů s certifikáty pro C5I nebo C5M jsou pak zcela k ničemu.

Na druhé straně není vůbec jednoduché, ne-li zcela nemožné, prostředí v silničních tunelech nějak exaktně a jednoznačně obecně definovat. Na základě výše uvedeného lze konstatovat, že významným zdrojem korozivity prostředí v silničních tunelech je automobilová doprava a zejména nákladní automobilová doprava, která vyprodukuje největší množství emisí, tedy agresivních látek. Její podíl však není u všech tunelů stejný, např. u městských tunelů bývá většinou těžká nákladní doprava vyloučena, a naopak u některých dálničních tunelů dosahuje podíl nákladních vozidel místy až 40 %. Rovněž složení výfukových plynů doznalo a doznamená v poslední době velkých změn v důsledku používání stále novějších ekologičtějších systémů čištění a separace výfukových



Obr. 3 Injektážní krabice pojistného systému izolace (pozink. ocel)
Fig. 3 Grouting box of the waterproofing securing system (galvanised steel)

or even stainless steel nut without a washer or owing to harsh tightening with subsequent damage to the anodised surface. Aluminium corrodes then in the most inappropriate place, i.e. in the fixation point, which may have fatal consequences for road users, for example in the case of a fall of a luminary. Among other human factors affecting not only corrosion but also the degradation of materials in road tunnels in general, there are also the technology discipline as early as during production and subsequently during installation (correct technology of welding and machining of even good quality stainless steel elements) and maintaining (rough handling during service activities).

Examples of elements of tunnels damaged by corrosion in Bohemian lands after ten years of operation are presented in Figures 3 to 8.

CONCLUSION

It follows from the presented, certainly not complete, enumeration of corrosive matters, corrosion and degradation processes in road tunnels, that the authors of the above-mentioned ČSN EN 12944-2 standard did not even dream about such an aggressive corrosive cocktail and the concurrence of the negative action of the human factor when they defined the classification of external environment and, for example, the guarantees of producers and suppliers of protective coating systems by certificates for C5I or C5M are useless.

On the other hand, it is not at all simple or even impossible to define the environment in road tunnels exactly and unambiguously in general. It is possible to state on the basis of the above-mentioned facts that a significant source of corrosivity of the environment in road tunnels lies in vehicular traffic, in particular the freight vehicular traffic, which produces the largest amount of emissions, i.e. corrosive matters. But its contribution is not the same in all tunnels, for example in urban tunnels; the heavy freight transport is mostly excluded, whilst the proportion of freight vehicles in some motorway tunnels amounts locally up to 40 per cent. Even the composition of exhaust gases has recently experienced and further experiences great changes as a consequence of the use of ever newer environmentally friendly systems of cleaning and separation of exhaust gases. However, this development of combustion engines may have



Obr. 4 Panikové kování dveří tunelové propojky (slitina barevných kovů)
Fig. 4 Panic fittings of cross passage door (an alloy of non-ferrous metals)



Obr. 5 Nouzové svítidlo (eloxovaný hliník)
Fig. 5 Emergency luminary (anodised aluminium)



Obr. 7 Pružová signalizace (bimetalická koroze – nerez + ocel)
Fig. 7 Lane-use signals (bimetallic corrosion – stainless steel + steel)

plynů. Na použité konstrukce a vystrojení tunelů a jejich ohrožení koroze však tento vývoj spalovacích motorů může, a zjevně i má vlivy spíše negativní. I geografická poloha tunelu (např. blízkost moře) a nadmořská výška mají vliv na množství používaných posypových solí, tedy zdroje nebezpečných agresivních chloridů. Prostředí v tunelech z hlediska korozivnosti by tak bylo možné objektivně definovat zřejmě pouze regionálně (vliv polohy tunelu a nadmořské výšky) a podle intenzity dopravy a podílu nákladních automobilů. To vše na základě měření obsahu uvedených škodlivin a agresivních látek. Problémem ale bude již jen způsob a metodika nejruznějších měření a rovněž jejich certifikace, aby výsledky měření měly potřebnou odbornou váhu a byly dále použitelné. Pokud by se to toto přece jen podařilo, vznikne nejspíš vícero korozních skupin prostředí. Následným legislativním krokem pak musí být definování a dnes rovněž nezbytné certifikování metodiky kontroly a zkoušení výrobků v těchto nově vytvořených agresivních tunelových prostředích. V prostředí legislativy EU a sjednocování předpisových základů pro členské země je to velmi obtížně představitelný proces, zcela určitě však velmi nákladný. V ČR se touto problematikou již začala zabývat komise pro prostředí v tunelech zřízená z iniciativy provozního úseku ŘSD ČR.

Ing. VLASTIMIL HORÁK, AMBERG Engineering Brno, a.s.

Recenzovali Reviewed: Ing. Jiří Svoboda, Ing. Pavel Šourek



Obr. 6 Lopatky proudového ventilátoru (eloxovaný hliník)
Fig. 6 Axial fan vanes (anodised aluminium)



Obr. 8 Bimetalická koroze (nerez + pozink. podložky)
Fig. 8 Bimetallic corrosion (stainless steel + galvanised washers)

and obviously has a rather negative influence on the structures used and the tunnel linings threatened by corrosion. Even the geographical location of a tunnel (e.g. proximity to the sea) and the elevation influence the amount of road salt, i.e. the source of dangerous corrosive chlorides. It means that the environment in tunnels can obviously be objectively defined in terms of corrosivity only regionally (the influence of the tunnel location and elevation) and considering the traffic volume and the proportion of freight vehicles. All of that carried out on the basis of measurements of the content of the above-mentioned harmful and corrosive matters. But there will be problem even in the technique and methodology of various measurements and their certification so that the results of measurements have the required professional weight and are further usable. If this effort after all succeeds, more than one corrosion groups of environment will probably originate. The subsequent legislative step will have to lie in defining, and today also indispensable certifying, of the checking methodology and testing of products in the newly created corrosive tunnel environments. It is a process very difficult to imagine in the environment of the EU legislation and unification of regulatory bases for the member countries, but certainly very costly. In the Czech Republic, this problematic has started to be dealt with by a committee for environment in tunnels, which was established on the initiative of the operational section of the Road and Motorway Directorate of the Czech Republic.

Ing. VLASTIMIL HORÁK, AMBERG Engineering Brno, a. s.

PRŮZKUMNÉ PRÁCE V TUNELU PODHRADSKÝ SURVEY IN PODHRADSKÝ TUNNEL

ALICE WETTEROVÁ

ABSTRAKT

Většina tunelů v České republice byla vystavěna již v 19. století. Přestože v této době byly možnosti stavitelů velmi omezené, řemeslná kázeň a kvalita provedení staveb našich předků mnohdy předčí stavby současně budované. Časem však i u těchto staveb dochází k postupnému vyčerpání životnosti a zhoršuje se jejich stavebně-technický stav. Pro návrh vhodného způsobu rekonstrukce je zapotřebí mít znalosti o současném stavu stavby a také o její historii.

ABSTRACT

The majority of tunnels in the Czech Republic were constructed already in the 19th century. Despite the fact that the possibilities of builders were very limited, the discipline of craftsmen and quality of structures built by our ancestors often surpass the currently built structures. However, even these structures eventually experience gradual depletion of the life length and deterioration of their structural and technical condition. It is necessary for proposing a correct method of the reconstruction to know the current condition and also the history of the structure.

ÚVOD

Železniční trať číslo 212 (Čerčany – Kácov – Světlá nad Sázavou), jež vede kaňonovitým údolím řeky Sázavy, je nazývána jako „Posázavský Pacifik“. Jedná se o soubor velkého množství umělých staveb, jako jsou tunely, mosty, propustky, násypy, které na sebe těsně navazují a tvoří tak unikátní technické dílo. Celá trať byla budována postupně po několika úsecích a v dobách svého vzniku se jednalo o důležitou dopravní tepnu v Posázaví. Největší slávu pamatuje Posázavský Pacifik z dob po vzniku první samostatné Československé republiky ve 20. a 30. letech 20. století, kdy množství trempů vyraželo za dobrodružstvím. Právě tehdy dostala železniční trať i své jméno.

Jednokolejný tunel Podhradský s evidenčním číslem 124 na trati TÚ 1733 Kácov – Světlá nad Sázavou se nachází nedaleko města Ledeč nad Sázavou. Se svou délkou 251 m je nejdelším tunelem na trati. Trať je vedena v oblouku o poloměru $R=200$ m, z hlediska sklonových poměrů v tunelu zpočátku stoupá cca hodnotou 7 ‰ v délce 40 m, následuje vodorovná část délky 192 m a pak klesání cca 6 ‰ v délce 19 m. Podhradský tunel prochází ohbí údolí řeky Sázavy zahloubeného do paneplénu Želivské

INTRODUCTION

Railway track No. 212 (Čerčany – Kácov – Světlá nad Sázavou), which runs along the canyon valley of the river Sázava, is usually called the “Sázava Pacific Railway”. It is a set of a great number of artificial structures, such as tunnels, bridges, culverts and embankments closely following each other, forming a unique piece of technical work. The whole track was built gradually, in several sections. In times of its creation it was an important transport artery along the central stretch of the Sázava River. The Sázava Pacific Railway track experienced the greatest glory at the time of the origination of the first independent Czechoslovak Republic in the 1920s and 1930s, when crowds of hikers called romantically “tramps” were set out for adventure. It was the time when the Sázava Pacific Railway was given its name.

The single-track Podhradský tunnel, registration number 124, on the track section 1733 Kácov – Světlá nad Sázavou, is located near the town of Ledeč nad Sázavou. With its length of 251m it is the longest tunnel on the track. The track leads on a curve with the radius $R=200$ m; in terms of the gradient conditions in the tunnel it first ascends on a 7 ‰ slope along the length of 40m; a horizontal section 192m long follows; it is replaced by a 19m long section descending at ca 6 ‰. The Podhradský tunnel runs along a bend of the Sázava River valley sunk into the plain of the Želiv highland, which is a part of the geomorphological unit belonging to the sub-system of Křemešnice Highland, which is a part of the geomorphological unit of Křemešnice highland belonging to the sub-system of the Bohemian-Moravian highland. The tunnel was driven in an area which is built up by Moldanubic metamorphosed rock types – sillimanite-biotite gneiss. It was inaugurated in 1903.

For the reason of poor construction condition, the Railway Infrastructure Administration, state organisation, ordered preparation of a single-stage design, the Construction design for tunnel reconstruction. It is necessary and logical to solve also linking structures concurrently with the planned tunnel reconstruction, namely the reconstruction of the trackwork and track bed, drainage of the portal areas, cable diversions, reconstruction of several culverts, stabilisation of the slope above the



Obr. 1 Pohled na vjezdový portál tunelu Podhradský
Fig. 1 A view of the entrance portal of the Podhradský tunnel

pahorkatiny, jež je dílčím podílem geomorfologického celku Křemešnické vrchoviny náležejícího do podsoustavy Českomoravská vrchovina. Tunel byl ražen v území, které je budováno moldanubickými metamorfovanými horninami – sillimanitbiotickými rulami, a do provozu uveden v roce 1903.

Z důvodu špatného stavebního stavu zadala SŽDC, státní organizace vypracování jednostupňové dokumentace ve stupni Projekt stavby na rekonstrukci tunelu. Současně s plánovanou rekonstrukcí tunelu je nutné a logické řešit i navazující objekty. Jedná se o rekonstrukci železničního svršku a spodku, odvodnění příportálových oblastí, přeložky kabelů, rekonstrukce několika propustků, zajištění svahu nad vjezdovým portálem tunelu a rekonstrukce opěrné (náběžní) zdi (obr. 1).

Hlavním cílem stavby je zajištění bezpečnosti provozu a snížení provozních nákladů. Zvýšené náklady jsou v současnosti dané především nutností odstraňování ledu, zvýšeným dohledem a omezením rychlosti.

STAVEBNĚ-TECHNICKÉ ŘEŠENÍ TUNELU

Tunelová trouba je opatřena ostěním vyzděným z lomového kamene – šedá rula – na cementovou maltu (obr. 2). Maximální výška nadloží tunelu se pohybuje okolo 43 m. Tunel má celkem 22 pásů a vjezdový i výjezdový portálový pás. Kromě obezděných částí jsou v tunelu dva úseky neobezděné, s ponechanou rostlou skálou (obr. 3). Délka neobezděných úseků je 20 m a 38 m. V tunelu se nacházejí čtyři páry vstřícných výklenků ve vzdálenosti cca 50 m. Rozměry výklenků neodpovídají ČSN 73 7508 a jejich vzdálenosti nesplňují požadavky vyhlášky 177/95 Sb.

V době výstavby tohoto tunelu byly možnosti stavitelů v porovnání s dneškem velice omezené. Starší tunely se prováděly bez izolace, s drenážní vrstvou na rubu ostění (zakládka, později porézní betony, apod.). Podzemní díla byla izolována materiály, které po desítkách let provozu a působení vody a mrazu nemohou fungovat, např. plechy, asfaltovými deskami nebo pásy. Navíc se izolace prováděla pouze v klenbě a pouze na určité části tunelu (v místech významných výronů vody z výrubu). Ostění tunelu Podhradského bylo, s ohledem na vlastnosti horninového masivu, navrženo ze čtyř typů tuhého ostění a pravděpodobně bez izolace. Jednotlivé typy ostění se liší tloušťkou klenby i opěr a dále provedením protiklenby. Světlá výška tunelu se pohybuje okolo 5,65 m a šířka okolo 5,50 m, světlý profil tunelu s ostěním má cca 26,5 m², části tunelu bez ostění mají světlý profil cca 37 m².

Odvodnění obezdívky zabezpečují odvodňovací otvory ve zdivu. V ose tunelu je vybudována středová kamenná tunelová stoka profilu cca 40/40 cm, vyspádovaná k portálům tunelu. Vyústění tunelové stoky je přes kamennou příkopovou zídku do kamenných odvodňovacích žlabů před portály.

Zdivo portálů je z lomového kamene ze šedé ruly, portálové věnce jsou z pískovcových kvádrů. Před oběma portály se nacházejí levostranná portálová křídla z kamenného zdiva.

OBSAH PRŮZKUMNÝCH A PŘÍPRAVNÝCH PRACÍ, AKTUÁLNÍ STAVEBNÍ STAV

Rekonstrukci tunelu nelze provádět bez přípravných a průzkumných prací. Výsledkem těchto prací by měl být soubor dat, která projektantovi poskytnou ucelenou informaci o stavebně-technickém stavu tunelu. Rozsah a podrobnost průzkumu vždy závisí na požadavcích investora.

Vzhledem ke zjištěným poškozením uvnitř tunelu bude rekonstrukce provedena jako komplexní. Z tohoto důvodu byl zvolen co možná nejširší rozsah průzkumných prací. Při komplexních

tunnel entrance portal and reconstruction of a retaining (embankment) wall (see Fig. 1).

The main objective of the project is to ensure operational safety and reduce operating costs. The increased costs are currently the result of the necessity for removing ice, increased surveillance and reducing the speed.

STRUCTURAL AND TECHNICAL SOLUTION TO THE TUNNEL

The tunnel tube is provided with a lining made from cement mortar bound rubble stone – grey granite (see Fig. 2). The maximum height of the tunnel overburden fluctuates about 43m. The tunnel has 22 lining blocks and an entrance and exit portal blocks. Apart from the lined parts, there are two unlined sections in the tunnel with bare natural rock left in place (see Fig. 3). The lengths of the unlined sections amount to 20m respectively 38m. There are four pairs of recesses on either side of the tunnel spaced at 50m, located directly opposite each other. The dimensions of the recesses do not correspond to ČSN 73 7508 standard and their spacing does not fulfil requirements of Directive 177/95 Coll.

At the time of this tunnel construction the possibilities of the builders were very limited in comparison with our time. Older tunnels were carried out without waterproofing, with a drainage layer on the external surface of the lining (packing, later porous concrete, etc.). Underground workings were provided with waterproofing materials, such as steel sheets, asphalt plates or sheets, which cannot function after tens of years of operation and the action of water and frost. In addition, waterproofing was carried out only in the vault and only in certain parts of the tunnel (in locations of significant water leaks from the excavation surface). The Podhradský tunnel lining, with respect to the rock mass properties, was designed with four types of rigid lining and, probably, without waterproofing. Individual lining types differ in the thickness of the vault and side walls and, further, by the design of the invert. The net height and width of the tunnel fluctuates about 5.65m and 5.50m, respectively; the net cross-sectional area of the tunnel with the lining amounts to ca 26.5m², whilst the net cross-sectional area of the parts without lining is ca 37m².

Draining of the lining is provided by drainage holes in the masonry. A 40/40cm profile central masonry drainage duct is built on the tunnel axis. It is sloped toward the tunnel portals. The tunnel drainage duct leads over a masonry ditch wall to masonry drainage troughs in front of the portals.



Obr. 2 Část tunelu s kamenným ostěním
Fig. 2 Masonry lined part of the tunnel



Obr. 3 Část tunelu bez ostění
Fig. 3 Unlined part of the tunnel

opravách pracuje obvykle na projektu a průzkumu více odborných firem. Obdobně tomu bylo i v tomto případě.

Prvním krokem při plánování průzkumu tunelu bylo seznámení se s danou stavbou. To znamená dohledání veškeré archivní dokumentace k tunelu. Takovou dokumentací byla především tunelová kronika, evidenční list tunelu, dokumentace z výstavby, dokumentace z dříve realizované sanace, záznamy z pravidelných i mimořádných prohlídek a geotechnický posudek neobežděných částí tunelu, který nechala vypracovat Správa železniční dopravní cesty, státní organizace v roce 2015.

Studiem těchto podkladů projektant získal přehled o historii díla a o problémech, které provázely provoz tunelu v průběhu let. Neocenitelným zdrojem informací byl samozřejmě správce tunelu, pamětníci dřívějších sanačních zásahů či dlouholetí zaměstnanci provozovatele tunelu.

V tunelové kronice se dalo vyčíst, že v průběhu provozu tunelu byly nařizeny práce spojené s odstraňováním uvolněných kamenů v neobežděných částech tunelu. Poté byl v roce 1982 nařízen zvýšený dohled v těchto neobežděných úsecích. V roce 1981 byla provedena kompletní výměna železničního svršku. V roce 1983 byla provedena oprava spárování kamenného zdiva a výměna zvětralých zdících kamenů. Správce tunelu dále ústně informoval o vykoľežení osobního vlaku uvnitř tunelu v roce 1992. Důvodem bylo značné zalednění v místě kolejnic způsobené průsaky vody přes ostění tunelu. K uvolnění a vypadnutí části lomového zdiva v klenbě pásu č. 4 došlo v roce 1997 a téhož roku provedl správce provizorní zajištění klenby vestavbou pěti ocelových skruží doplněných výdřevou. Oprava, jež měla za úkol trvale odstranit poruchu vzniklou v tomto tunelovém pásu a zajistit stabilitu díla a bezpečnost železničního provozu, proběhla v roce 1999. Práce zde spočívaly v zazdění porušeného místa v klenbě, vyplnění prázdných prostor za rubem tunelového ostění pomocí výplňové injektáže (cementová aktivovaná malta při použití struskoportlandského cementu a injektážního písku), dotěsnění spár kamenného zdiva těsnicí injektáží (polyuretanová pryskyřice) a nakonec zřízení drenážní svodnice a svedení vod do středové stoky tunelu. Po této opravě však i nadále docházelo k průsakům, a proto byla injektáž v rámci reklamace opakována. Protože ani opakovaná injektáž v tomto páse průsaky zcela neodstranila, bylo zpětně osazeno podsružení a klenba byla zapažena fošnovými pažinami napuštěnými trojnásobným protihnilobným nátěrem s aktivací do skruží. Pod pažiny byla dále vložena

The masonry portal collars are made from grey granite and sandstone blocks, respectively. Left-hand masonry wings are in front of both portals.

CONTENT OF SURVEY AND PREPARATION WORK, CURRENT CONSTRUCTION STATE

The tunnel reconstruction cannot be carried out without preparatory and survey work. This work should provide a set of data which gives the designer comprehensive information about the construction and technical state of the tunnel. The extent and details of the survey always depend on client's requirements.

With respect to the damage identified inside the tunnel, the reconstruction will be carried out as a comprehensive work. For that reason, the as wide extent of survey operations as possible was chosen. Several professional firms usually work on the design and survey for comprehensive repairs. It was similar even in this case.

The first step in the tunnel survey planning was getting acquainted with the particular construction. It means finding all archive documents concerning the tunnel. Such documents comprised in particular the tunnel chronicle, the tunnel registration sheet, documents from the tunnel construction period, documents from the previously performed rehabilitation, records of regular and extraordinary inspections and the geotechnical assessment of unlined parts of the tunnel which was ordered by the Railway Infrastructure Administration, state organisation in 2015.

By studying those source documents, the designer gathered knowledge about the tunnel history and problems accompanying the tunnel operation over the years. Of course, the tunnel administrator, as well as witnesses of the previous rehabilitation interventions or long-time employees of the tunnel operator, were an invaluable source of information.

It was possible to read in the tunnel chronicle that work associated with removing loose stones in the unlined parts of the tunnel was ordered during the tunnel operation. Subsequently, in 1982. Increased surveillance was ordered for the unlined sections; in 1981, the trackwork was completely replaced. In 1983, the masonry pointing was repaired and the weathered masonry blocks were replaced. The tunnel administrator further orally informed about a passenger train derailling in the tunnel in 1992. The accident cause lied in significant covering of rails by ice caused by seepage of water through the tunnel lining. In 1997, a part of the masonry in the vault of the block No. 4 got released and fell down; the same year the administrator installed temporary support of the vault by incorporating five steel centering pieces complemented by timbering. The repair which was designed to permanently remove the defect in this tunnel block and ensure the tunnel stability and safety of railway operation was carried out in 1999. The work lied in walling up the broken masonry in the vault, filling of empty spaces behind the tunnel lining using back grouting (activated cement mortar using slag Portland cement and grouting sand), additional sealing of joints in the masonry (polyurethane resin) and, eventually, constructing a collecting drain and directing water to the central drainage duct. But seepage continued even after the repair and grouting had to be repeated within the framework of a client complaint. Because even the repeated grouting in this block did not stop the seepage, the centering was again installed and the vault was braced with lagging boards impregnated by triple anti-rotting coat with the activation into the centering vaults. In addition, a membrane designed to direct the leaks outside the track

fólie, která odvádí průsaky mimo kolej. Podle dostupných podkladů poté již nebyly v tunelu dále kromě běžné údržby prováděny žádné rozsáhlejší opravy nebo sanace.

Po prostudování archivní dokumentace byla v rámci přípravných prací provedena předběžná prohlídka tunelu za účasti investora nebo provozovatele, který má přehled o vývoji jednotlivých poškození v tunelu. Při této prohlídce se také pořídila základní fotodokumentace tunelu. Po absolvování prvotní prohlídky a studia archivních podkladů navrhl projektant soubor průzkumných prací, které budou sloužit jako podklad pro návrh rekonstrukce. Vzhledem k měnícím se klimatickým podmínkám v průběhu roku a s nimi spojeným projevům uvnitř tunelu (proměnný stav přítoků vody apod.) bylo potřebné provést opakovaně prohlídky.

Jako důležitý podklad pro vyhodnocení celkového stavu sloužilo podrobné geodetické zaměření tunelu, jeho okolí a souvisejících stavebních objektů tachymetricky. Dále bylo provedeno posouzení skutečného světlého profilu tunelu vůči platnému normovému průjezdnému průřezu. Toto posouzení bylo provedeno na základě zaměření tunelu laserovým scannerem a tachymetrem. Skenovací pozice byly umístěny v rozestupech cca 15 m tak, aby byly podrobně naskenovány veškeré prvky tunelu. Dnes používané scannery umožňují zaměřit profil tunelu při rychlosti až několik stovek metrů za hodinu. Geometrická data z tohoto měření byla dále zpracována v softwarech AutoCad, Microstation a Rhinoceros. Analýza průjezdnosti tunelu ukázala, že současný průjezdný profil Z-GČD za současné polohy koleje nevyhoví v části tunelu. Dále bylo prokázáno, že volný schůdný a manipulační prostor není dodržen v tunelu ani v prostoru zárubních zdí.

Součástí průzkumu byla také vizuální prohlídka železničního svršku, stavu kolejnic, upevňovadel a pražců. Dále byly provedeny kopané sondy uvnitř tunelu (mezi pražci) za účelem zjištění stavu a hloubky šterkového lože a ověření stavu pláně, případně středové tunelové stoky či protiklenby tunelu. Kopanými sondami však nebylo možné ověřit ani hloubku protiklenby či tunelové stoky a ani vlastně jejich existenci. Sondy byly vždy ukončeny při zastížení kamenné rovnániny, větších kamenů či skalního povrchu. Pro ověření přítomnosti tunelové stoky a protiklenby by bylo zapotřebí provést kopanou sondu větších rozměrů. Toto by však obnášelo vyřezání a odstranění části kolejového roštu, což při stanovené délce nočních pauz mezi vlaky nebylo možné.

Z důvodu nemožnosti ověření středové tunelové stoky kopanými sondami byla dodatečně provedena kamerová prohlídka. Kamera byla do stoky zavedena jejím vyústěním přes příkopové zídky před portály tunelu. Stav stoky bylo však možné ověřit pouhých pár metrů, jelikož je stoka půdorysně zalomena a značně zanesena listím a jinými nánosy.

Podrobná pasportizace tunelového ostění, portálových křídel a zdí byla provedena v souladu s předpisem S6 ČD. Pasport zaznamenal viditelná poškození, jako jsou například trhliny v ostění, vypadané spárování mezi kameny obezdívky, průsaky vody do tunelu, povrchovou nebo hloubkovou degradaci materiálu ostění, zvětřalé pojivo spár, výluhy, lokálně povrchově zvětřalé zdící kameny, mech či další porost a podobně. Vzhledem k malé délce tunelu, nevyužila v tomto případě společnost AMBERG Engineering Brno, a.s. svůj vlastní software s názvem TunnelMap®, který je určen pro přímý digitální záznam z prohlídky, ale jednotlivá poškození byla zaznamenána do předtištěných papírových formulářů a následně překreslena v programu AutoCad. Tyto pasportizační práce byly prováděny z pracovní

was placed under the lagging. According to the source documents available, no more extensive subsequent repairs or rehabilitation were carried out in the tunnel with the exception of common maintenance.

After reading the archive documents, within the framework of the preparatory work, a preliminary inspection of the tunnel was carried out in the presence of the client or operator having an overview of the development of individual cases of damage in the tunnel. Photodocumentation was provided in the tunnel during the inspection. After the completion of the initial inspection and studying archive documents, the designer proposed a package of investigation operations, which would be used as a basis for the design for the reconstruction. With respect to the variable climatic conditions during a year and manifestations inside the tunnel associated with them (variable state of water inflows etc.), it was necessary to perform repeated inspections.

Detailed survey measurements of the tunnel, its surroundings and related civil engineering structures with a laser scanner were conducted tacheometrically as an important basis for the assessment of the overall condition. In addition, the actual net tunnel profile was assessed and compared with the applicable standard clearance profile. This assessment was carried out on the basis of surveying the tunnel with a laser scanner and a total station. The scanning stations were installed at ca 15m intervals so that all tunnel elements were scanned in detail. The currently used scanners allow for scanning the tunnel profile at the rate of several hundred metres per hour. The geometrical data obtained by this measurement was further processed in AutoCad, Microstation and Rhinoceros software. The analysis of the tunnel passability showed that the current clearance profile Z-GČD with the current position of the track will not comply with regulations in a part of the tunnel length. It was further proved that the free handling space passable for pedestrians is not maintained even in the space of the revetment walls.

The visual inspection of the trackwork, condition of rails, fasteners and sleepers was also part of the survey. Trial holes were further carried out in the tunnel (between sleepers) for the purpose of checking the condition and depth of the ballast and verifying the state of the track formation, or the condition of the central tunnel drainage duct or the tunnel invert. However, it was not possible to verify either the depth of the invert or the tunnel drainage duct and, as a matter of fact, their very existence. Digging of the trial holes was always ended when hand-placed rubble, larger stones or rock surface were encountered. It would have to be necessary for the verification of the presence of the tunnel drainage duct and invert to dig a larger trial hole. But it would have required cutting off and removing a part of the track grating, which was not possible with respect to the permitted duration of night intervals between trains. Camera inspection was additionally conducted because of the impossibility to verify the central tunnel drainage duct by trial holes. The camera was inserted into the drainage duct through its exit across the ditch walls in front of the portal. It was however possible to verify only several meters of the drainage duct because it was curved in the ground plan and was significantly clogged with leaves and other deposits.

A detailed condition survey of the tunnel lining, portal wings and walls was carried out in compliance with S6 ČD regulation. The condition survey record contained visible damages, such as, for example, cracks in the lining, missing pointing between the masonry lining blocks, seepage of water into the tunnel and the surface or deep degradation of the lining material, weathered



Obr. 4 Dočasné zajištění klenby pásu č. 4 a pracovní vlak pro průzkumné práce

Fig. 4 Temporary stabilisation of the vault of the tunnel block No. 4 and the working train for survey operations

plošiny postavené a zajištěné na pracovním vlaku (MUV). Z pracovní plošiny bylo možné se dostat doslova na dosah ostění v klenbě v celé délce tunelu. Na plošině byly přítomny halogenové reflektory napájené elektrocentrálou. Bez pracovní plošiny, pouhou pochůzkou v kolejišti, byla provedena prohlídka kamenných opěr. Pasportizace klenby bez využití pracovní plošiny by mohla zkreslit výsledky. Při prohlídce z úrovně koleje může klenba působit zdánlivě bez závad, zatímco při ohledání z plošiny může být stav obezdívky vyhodnocen v krajním případě jako havarijní. Maximální vzdálenost, ze které je pouhým okem za umělého osvětlení v tunelu dobře vidět poškození obezdívky, je cca 2 m (obr. 4).

Pasport (obr. 5) ukázal, že prakticky ve všech tunelových pásích dochází k průsakům vody o různé intenzitě. V nejvíce zavodněných místech dochází k neustálému odkapávání vody a v zimním období k zaledování a tvorbě rampouchů. V souvislosti s tímto zamokřením došlo v minulosti k již zmíněnému vykoľežení osobního vlaku uvnitř tunelu. V zimním období nyní odstraňují zaměstnanci ST Jihlava rampouchy a ledové bloky v kolejišti s četností 1x za dva dny. V roce 2017 byla, kvůli špatnému stavebnímu stavu tunelu, zavedena snížená rychlost z 50 km/hod. na 30 km/hod. (obr. 6).

Dalším významným poškozením ostění tunelu jsou trhliny v klenbě vedené ve spárách kamenného ostění portálových pásů. Jedná se o typický příklad poškození ostění v místě vytažení tunelové trouby ze skalního masivu a současně v místě pod odvodňovacím příkopem za rubem koruny portálové zdi, který bývá mnohdy kvůli zanedbané údržbě nefunkční. Voda zde prosakuje dnem příkopu přes klenbu přímo do tunelu, kde vlivem mrazu způsobuje další poškození.

Součástí pasportizace byly také úseky tunelu bez ostění. V těchto místech se pasportizační skupina zaměřila především na posouzení rozsahu zvětrání skalního povrchu poklepem, na průsaky z horninových puklin a na eventuální uvolněné bloky horniny. Úseky bez obezdívky byly již v roce 2015 předmětem geotechnického posudku, který vypracovala společnost GEOTest, a.s. Tento posudek popisuje vlastnosti, chování a možný vývoj hornin a horninového masivu v neobezděných částech tunelu a zároveň navrhuje možné způsoby sanace. Hlavním důvodem toho, že Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, nechala tento posudek vypracovat, byly viditelné úlomky horniny

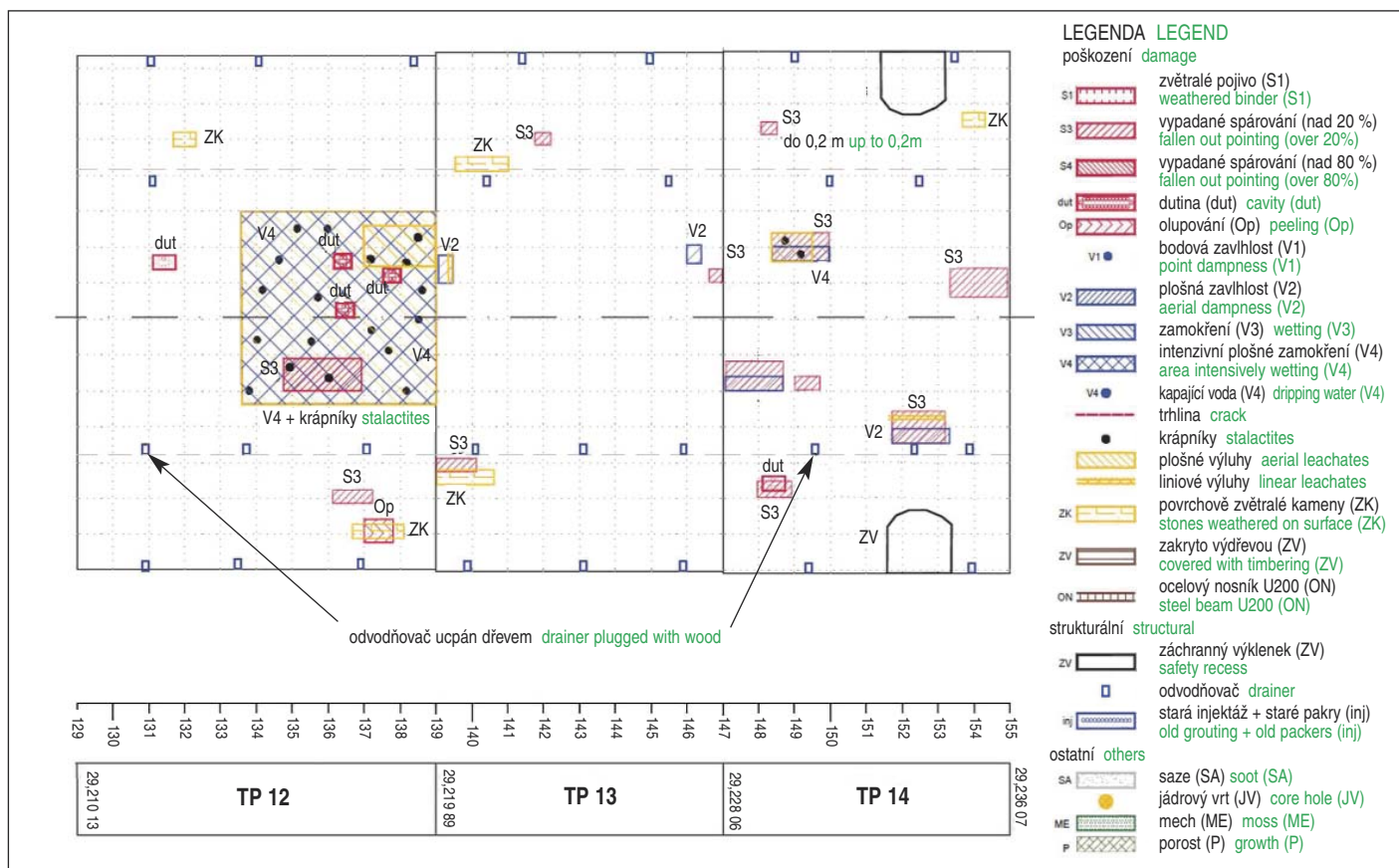
binder in joints, leachates, masonry blocks locally weathered on the surface, moss or other growth etc. With respect to the small length of the tunnel, AMBERG Engineering Brno, a. s. did not use its own software named TunnelMap® which is designed for direct digital recording of the inspection. Instead, individual damage cases were recorded in pre-printed paper forms and were subsequently redrawn using the AutoCad software. These condition survey operations were carried out from a platform installed and secured on a working train (a universal motor-driven track car). It was possible to get literally within the reach of the lining in the vault throughout the tunnel length from the platform. There were tungsten halogen spotlights powered by a diesel generating set installed on the platform. The inspection of the masonry side walls was carried out without the platform, by walking along the track. The condition survey of the vault without using the working platform could have distorted the results. When the inspection is carried out from the level of the track, the vault may appear seemingly without defects, whilst the condition of the lining examined from the platform may be considered in an extreme case as an emergency state. The maximum distance from which a damaged lining can be seen through the eye under artificial lighting in a tunnel is ca 2m (see Fig. 4).

The condition survey (see Fig. 5) showed that water seeps with varying intensity practically in all tunnel blocks. In most water-bearing sections water drips permanently and ice and icicles are formed during winter seasons. The above-mentioned derailing of the train in the tunnel was caused in the past in connection with the wetting. During the winter season, employees of the Jihlava railway station now remove icicles and ice blocks on the track with the frequency of once every two days. In 2017, the permitted speed was reduced due to the poor tunnel construction condition from 50km/h to 30km/h (see Fig. 6).

Another significant damage to the tunnel lining is represented by cracks in the vault running along the masonry joints in the portal blocks. It is a typical example of damaged lining in the location of pulling the tunnel tube from the ground massif and, at the same time, in the location under the drainage ditch behind the external surface of the portal wall crown, which is often non-functional due to neglected maintenance. In this location water seeps through the bottom of the ditch through the vault directly to the tunnel, where it causes additional damage by frost.

The unlined tunnel sections were also parts of the condition survey. In these locations the condition surveying team focused first of all on assessing the extent of the rock surface weathering by knocking on it, on the seepage from rock cracks and possible loose rock blocks. The unlined sections were the subject of geotechnical assessment carried out by GEOTest, a.s. already in 2015. This assessment describes the properties, behaviour and possible development of rock types and rock massif in the unlined parts of the tunnel and, at the same time, proposes possible ways of rehabilitation. The main reason for the fact that the Railway Infrastructure Administration, state organisation, had this assessment carried out lied in visible fragments of rock on the track and clogging of the track ballast with fine dust from the excavation surface weathered on the surface. The assessment was concluded by a recommendation that the lining was carried out even in the parts of the tunnel without a lining and a supplementary survey was carried out.

The whole condition survey was complemented by detailed photodocumentation with conscientious marking of the photos (locations where they were taken, basic description of the pictured phenomena).



Obr. 5 Rozvinutý plášť kamenného ostění tunelu se záznamem poškození (tunelový pás TP 12 až TP 14)

Fig. 5 Unrolled masonry lining envelope of the tunnel with a record of the damage (tunnel blocks TP 12 up to TP 14)

v kolejišti a zanášení stěrku železničního svršku jemným prachem z povrchově zvětralého výrubu. Závěrem tohoto posudku bylo doporučení zřídit ostění i v částech tunelu bez vybudovaného ostění a provedení doplňkového průzkumu.

Celá pasportizace byla doplněna podrobnou fotodokumentací s pečlivým označením fotografií (místo, kde byly pořízeny, základní popis zobrazeného fenoménu).

Z důvodu zjištění skutečné tloušťky a skladby ostění tunelu, přítomnosti zakládky za rubem ostění a pevnostních parametrů kamene použitého jako zdící prvek, byly dále provedeny diagnostické práce v tunelu. Realizováno bylo množství jádrových a maloprofilových vrtů. Vrtů byly provedeny jak v opěrách, tak v klenbě kamenného ostění z pracovního lešení. Rozmístění vrtů bylo voleno s ohledem na rozdílné typy tunelového ostění, na omezený čas během nočních pauz a také s ohledem na postup jednotlivých pracovních (pasportizační, výkopové a diagnostické) skupin uvnitř jednokolejného tunelu. Součástí prací byla také vizuální prohlídka vrtu a prostoru za ostěním videoskopem.

Diagnostické práce prokázaly odlišnou tloušťku kamenného ostění oproti charakteristickým příčným řezům uvedených v evidenčním listu tunelu. Zjištěna byla menší tloušťka ostění tunelu, než je uvedeno v archivní dokumentaci.

Součástí průzkumných prací byly také stávající kamenné propustky v blízkosti tunelu, svah nad levostranným křídlem vjezdového portálu a stávající opěrná (nábrežní) zeď zajišťující stabilitu železniční tratě v úseku před tunelem.

Svah při vjezdovém portálu tunelu byl původně zalesněný, viz obr. 6. Po vykácení stromů však došlo k odplavení pokryvu z břidličnatých rul a jejich postupné degradaci. V posledních letech se z povrchu sesouvají zvětralé desky horniny a zachycují se na náletové zeleni v oblasti příkopu nad portálovým křídlem. Během průzkumných prací byly zaznamenány také menší kamenné bloky přímo v kolejišti.

Diagnosing operations were further carried out in the tunnel for the reason of determining the actual thickness and composition of the tunnel lining, the presence of packing behind the external surface of the lining and the strength-related parameters of stone blocks used as masonry elements. Lots of core holes and small-profile holes were realised. The boreholes were carried out in the side walls as well as the masonry lining vault from working scaffolding. The placement of the boreholes was chosen taking into consideration the different types of the tunnel lining, the limited time available during night breaks and also with respect to the advance rate of individual working teams (condition surveying, excavation and diagnostic) inside the single-track tunnel. Visual inspection of the borehole and the space behind the lining using the video borescope was also part of the work.



Obr. 6 Pohled na vjezdový portál a svah nad portálovým křídlem

Fig. 6 A view of the entrance portal and the slope above the portal wing

Opěrná (nábřežní) zeď, jež se nachází v záplavovém území řeky Sázavy, je tvořena kamennou rovinou výšky až přes pět metrů a její celková délka je zhruba 200 m. Ze svahu nad touto zdí stéká povrchová voda pod železniční tratí právě volnými prostory mezi kameny této zdi směrem do řeky Sázavy. Průzkumnými pracemi a geodetickým zaměřením bylo zjištěno, že koruna této zdi je místy v nedostatečné vzdálenosti a výšce s ohledem na konstrukci žel. svršku, tzn. že není dodržena minimální šířka pláň. Štěrkové lože v současnosti místy přepadává přes hranu v koruně zdi. V době vzniku tohoto článku je plánován dodatečný IG průzkum oblasti pod tělesem železničního svršku, tedy za rubem opěrné (nábřežní) zdi. V rámci dodatečného IG průzkumu bude realizováno několik vrtů průměru 140 mm a délky přibližně 6 m z vagónu vlakové soupravy a geofyzikální průzkum pro ověření tloušťky zdi a kvality záspy za jejím rubem (obr. 7).

Při průzkumu pro plánovanou rekonstrukci tunelu bylo důležité zabývat se veškerými návaznostmi odvodnění. Nelze se tedy zaměřit pouze na průzkum tunelové stoky, ale také na odvodnění portálů a křídel, příkopů podél tratě, propustků a všech ostatních způsobů odvodu vody směrem od tunelu. V případě tunelu Podhradského byl uskutečněn průzkum odvodnění až několik set metrů před i za tunelem. Byly zjištěny zcela zanesené a zarostlé odvodňovací příkopy, vyvrácené kamenné příkopové zídky podél tratě, zanesené propustky apod.

NÁVRH ZPŮSOBU REKONSTRUKCE

Na základě vyhodnocení aktuálního stavebního stavu, shrnutí výsledků rešerše archivních a zadávacích podkladů, zaměření tunelu a provedeného průzkumu provedla společnost AMBERG Engineering Brno, a.s. vyhodnocení aktuálního stavebního stavu a s ohledem na finanční možnosti investora navrhla způsob rekonstrukce.

Vzhledem k rozsahu zjištěného poškození tunelového ostění byla navržena kompletní výměna celkem dvou tunelových pásů. Jeden z těchto pásů je právě pás, který je dočasně staticky zajištěn podsukružením. Výměna ostění bude zahrnovat bourací práce, práce na zajištění skalního výrubu a novou vestavbu ze železobetonu s rubovou hydroizolační vrstvou.

V částech tunelu bez ostění navrhuje projektant trvalé zajištění stávajícího výrubu a výstavbu nového samonosného ostění ze železobetonu včetně provedení rubové hydroizolační vrstvy. Prostor mezi rubem nového ostění a skalním povrchem bude vyplněn drenážním materiálem a případné průsaky přes puklinový systém svedeny přes rubovou drenáž až do středové stoky tunelu.

V částech tunelu s ponechávaným ostěním navrhuje projektant realizaci sanačních prací, které budou spočívat především v zatěsnění průsaků dovnitř tunelu.

Počet výklenků bude navýšen tak, aby byly splněny požadavky vyhlášky 177/95 Sb., přičemž stávající výklenky budou podle požadavku investora ponechány bez zvětšování rozměrů.

Je navržena kompletní rekonstrukce odvodnění, která bude zahrnovat novou tunelovou stoku včetně revizních a čistících šachet, příkopů v předportálových oblastech a všech dotčených propustků.

Sanovány budou také portálové zdi a křídla a svah nad levostranným křídlem vjezdového portálu bude trvale zajištěn tak, aby bylo zabráněno dalším pádům kamenů do kolejiště.

The diagnostic operations proved that the thickness of the masonry lining differed from the characteristic cross-sections presented in the tunnel registration sheet. The identified tunnel lining thickness was smaller than the thickness presented in archive documents.

The existing stone culverts near the tunnel, the slope above the left-hand wing of the entrance portal and the existing retaining wall (embankment) ensuring the stability of the railway track in the section in front of the tunnel were also parts of the survey operations.

The slope at the entrance tunnel portal was originally wooded (see Fig. 6). After the trees were cut down, the cover formed by slaty gneiss was washed away and was gradually degraded. In recent years weathered rock tables have slid down from the surface and are caught on the self-seeded greenery in the area of the ditch above the portal wing. Smaller stone blocks were registered during the survey operations directly on the track.

The retaining (embankment) wall, which is located in the floodplain of the Sázava River, is formed by rubble hand-placed up to the height of five metres; its total length amounts approximately to 200m. Surface water flows down the slope above this wall under the railway track through empty spaces between the stones wall blocks in the direction of the Sázava River. It was found by the survey operations and topographic measurements that the crown of this wall is locally at an insufficient distance and level with respect to the trackwork structure, which means that the minimum width of the track formation is not maintained. The ballast currently spills over the edge of the wall crown. Additional EG survey of the area under the ballast, i.e. behind the external surface of the retaining (embankment) wall, is planned at the time of the origination of this paper. Several 140mm-diameter and approximately 6m long boreholes will be realised within the framework of the additional survey from a wagon of a train set and geophysical survey for the verification of the wall thickness and quality of the backfill behind the external surface of the wall (see Fig. 7).

It was necessary during the course of the survey for the planned tunnel reconstruction to deal with all aspects connected with the drainage. It is not therefore possible to focus only on the survey of the tunnel drainage duct. It is also necessary to focus on the drainage of portals and wings, ditches, culverts and all other systems directing water in the direction away from the tunnel. In the case of the Podhradský tunnel, the drainage survey was carried out several hundred metres before and behind the tunnel. It found completely clogged and overgrown drainage ditches, tilted-away masonry ditch walls along the track, clogged culverts etc.

RECONSTRUCTION PROCEDURE DESIGN

AMBERG Engineering Brno, a. s. performed the assessment on the basis of the assessment of the current construction condition, summarising the results of the retrieval of archive data and tender documents, topographical survey of the tunnel and the completed survey and proposed the reconstruction procedure taking into consideration the financial possibilities of the client.

Complete replacement of two tunnel blocks was proposed with respect to the extent of the identified damage to the tunnel lining. One of the blocks is just the block temporarily statically stabilised by the centering. The lining replacement operations will comprise demolition, work on the stabilisation of the rock excavation and building-in a new reinforced concrete lining with an external waterproofing layer.



Obr. 7 Opěrná (nábrežní) zď před tunelem
Fig. 7 Retaining (embankment) wall in front of the tunnel

O způsobu rekonstrukce stávající opěrné (nábrežní) zď bude rozhodnuto po vyhodnocení výsledků plánovaného inženýrskogeologického průzkumu.

ZÁVĚR

Tento článek pojednává o rozsahu prací, které byly (či ještě budou) provedeny za účelem získání co možná největšího množství informací o stavbě a jejím aktuálním stavebně-technickém stavu. Tyto informace slouží k nalezení co nejvhodnějšího způsobu rekonstrukce a zároveň ekonomicky optimálního řešení. Náklady na kvalitní průzkum a projekt jsou totiž nesrovnatelně nižší než náklady na takzvanou „sanaci neúspěšné sanace“.

Samozřejmě ne vždy je však možné realizovat všechny průzkumné práce. Při návrhu průzkumných prací je třeba brát ohled na finanční a časové možnosti investora (správce tunelu), protože i pro průzkumy je nutná uzavírka tunelu (výluka provozu na trati) nebo práce v pauzách mezi vlaky.

Při plánování průzkumu je nezbytné uvažovat komplexně a zahrnout do průzkumu tunelu také objekty související a objekty sousedící. Při samotných průzkumech by měla být průzkumná skupina natolik zkušená, aby si všímala i dalších souvislostí, jež mohou ve výsledku ovlivnit úspěšnost samotné rekonstrukce či sanace.

Ing. ALICE WETTEROVÁ, awetterova@amberg.cz,
AMBERG Engineering Brno, a.s.

Recenzovali Reviewed: Ing. Pavel Polák,
Ing. Michal Gramblička

For the unlined parts of the tunnel, the designer proposes a permanent support of the existing excavation and construction of a new self-supporting concrete lining, including installation of an external waterproofing layer. The space between the external surface of the new lining and the surface of the rock will be filled with a drainage material and the possible seepage through the fissure system will be directed to the central drainage duct.

For the tunnel parts where the existing lining is to be left, the designer proposes realisation of rehabilitation operations lying first of all in sealing of the seepage in the tunnel.

The number of safety recesses will be increased so that the requirements of the Decree No. 177/95 Coll. are satisfied, whilst the current recesses are left, according to client's requirement, without increasing their dimensions.

A complete reconstruction of drainage is proposed. It will consist of a new central tunnel drainage duct including the inspection and cleaning manholes, ditches in pre-portal areas and all affected culverts.

The rehabilitation will also include the portal walls and wings. The slope above the left-hand wing of the entrance portal will be permanently stabilised so that new falling of boulders on the track is prevented.

The decision on the procedure of the reconstruction of the existing retaining (embankment) wall will be made after the results of the planned engineering geological survey are assessed.

CONCLUSION

This paper deals with the extent of the work which was (or will be) carried out for the, purpose of obtaining the largest possible amount of information about the construction and its current structural and technical state. This information is used for finding the as suitable as possible reconstruction method and, at the same time, an economically optimal solution. The reason is that the costs of a good quality survey are incomparably lower than the costs of the so-called "rehabilitation of unsuccessful rehabilitation".

Of course, it is not always possible to realise all survey operations. It is necessary when the survey operations are being proposed to take into consideration the financial and time-related possibilities of the client (tunnel administrator) because of the fact that closing of the tunnel (track possession) or work during pauses between trains are necessary even for surveys.

It is necessary when the survey is being planned to think comprehensively and incorporate even structures connected with the tunnel and neighbouring structures. The surveying team should be so experienced that it takes notice of other connections during the surveys which may influence the success of the reconstruction or rehabilitation itself.

Ing. ALICE WETTEROVÁ, awetterova@amberg.cz,
AMBERG Engineering Brno, a.s.

LITERATURA / REFERENCES

- HORÁK, V., MATĚJČEK, J., LACINA, J. Sanace tunelů – metodická příručka pro přípravu sanací tunelů. Brno 03/2016
PAVLÍK, J., BULGUROVSKÁ, M. a kol. Závěrečná zpráva – Geotechnické posouzení neobežděných částí trouby Podhradského tunelu na trati Kácov – Světlá nad Sázavou. Správa železniční dopravní cesty, státní organizace. Oblastní ředitelství Brno, organizační jednotka Správa mostů a tunelů. Archivní dokumentace k tunelu Podhradský. Tunelová kronika, evidenční list tunelu
ŽÍTT, P. Závěrečná zpráva – Diagnostika vybraných částí ostění železničního tunelu Podhradský. Brno 10/2017

UŽITÍ 3D VIZUALIZAČNÍCH MODELŮ V PODZEMNÍM STAVITELSTVÍ

APPLICATION OF 3D VISUALISATION MODELS TO UNDERGROUND CONSTRUCTION ENGINEERING

VERONIKA KOČIČKOVÁ, LADISLAV BARÁK, ZBYNĚK LUPAČ,
LUMÍR KLIŠ, JAKUB SCHOŘ

ABSTRAKT

V současné době se s nástupem nových informačních technologií zvyšuje tlak investorů a dodavatelů na projektanty vytvářet vizualizační 3D modely staveb. Již nyní někteří investoři požadují po projektantovi projekty, které plní náležitosti BIM (Building Information Management), jehož zásadní náležitostí je vytvoření 3D modelu. Článek se zabývá praktickou tvorbou 3D vizualizačních modelů a prezentuje jejich aplikaci na konkrétních realizovaných či připravovaných projektech.

ABSTRACT

The pressure of project owners and contractors on designers to create 3D visualisation models of construction projects is currently, with the commencement of new information technologies, increasing. Some project owners already now require that designers provide them with designs fulfilling the requisites of the BIM (Building Information Management), the main requisite of which is the creation of a 3D model. The paper deals with practical creation of 3D visualisation models and presents their application on examples of concrete projects, either realised ones or under preparation.

ÚVOD

Skupina firem AMBERG ENGINEERING se specializuje na navrhování podzemních a geotechnických staveb, největší objem zakázek je zaměřen na projektování liniových staveb a tunelů. Pro projektování staveb podle konkrétních požadavků investora a dodavatele je vždy nutné vyřešit několik základních problémů a definovat postupy prací pro zpracování modelů. Na současném trhu je široká škála programů určených pro informační modelování v oblasti pozemního stavitelství i liniových staveb, včetně jednotlivých prvků (mosty, sítě atp.). Tyto programy jsou však zaměřeny pouze na vybraný obor stavebnictví, proto zhotovit v nich jiný druh konstrukce je pracné a zdouhavé. Pro vizualizační modelování tunelů, geotechnických a podzemních staveb není prioritně vytvořen žádný program, který by plně vyhovoval specifickým tunelářským požadavkům. Proto se obvykle používá standardní 3D modelář, který není zaměřený na žádné odvětví, ale je v něm možné navrhnout jakoukoli konstrukci – 3D model. V oblasti podzemního stavitelství se využívají pro vizualizační modely nejčastěji následující programy – Civil 3D, Revit, Rhinoceros, Microstation.

Dalším krokem je tvorba 3D modelu, tzn. geometrie stavby zasazená do reálného prostředí, která je definována objemovými tělesy, plochami a 3D křivkami, případně body. Terén, ve kterém je stavba umístěna, bývá definován například zaměřenými body, mračnem bodů, nebo již připraveným triangulovaným modelem terénu. Rozhraní jednotlivých kvazi-homogenních celků charakterizujících horninové prostředí pod terénem je nejčastěji modelováno pomocí ploch nebo v případě lokálních oblastí pomocí těles. Ze zkušenosti lze říci, že při 3D modelování je nezbytná preciznost a smysl pro detail. Při 2D modelování není totiž důležité, jestli čáry na sebe navazují s přesností podle měřítka a viditelnosti na výkrese, ale při 3D modelování i tyto minimální nepřesnosti a nespojitosti vytvářejí problém, který se může projevit až v pozdější fázi projektování. Při vytváření 3D geometrie jsou řešeny komplexně i detaily, které by se mohly při klasickém

INTRODUCTION

The AMBERG ENGINEERING group of companies specialises itself in designing underground and geotechnical structures; the largest volume of contracts is focused on designing linear structures and tunnels. It is always necessary for designing structures according to concrete requirements of a project owner or a construction contractor to solve several basic problems and define procedures of working on the creation of models. There is a wide range of programs designed for information modelling in the field of underground construction engineering and linear structures, including individual elements (bridges, networks etc.) available on the market. But these programs are focused only on a selected field of the construction industry. For that reason applying them to another type of a structure is labourious and lengthy. No program prioritising visualisation models which would fully satisfy specific tunnel construction requirements has been created for tunnels and geotechnical and underground structures. For that reason the standard 3D model which is not focused on any industry is usually used. It is possible to apply it to designing any structure – a 3D model. The programs most frequently used in the field of underground construction for visualisation models comprise Civil 3D, Revit, Rhinoceros and Microstation.

The next step is the creation of a 3D model, i.e. the geometry of the structure put into a real environment, which is defined by volumetric bodies, planes and 3D curves or points. The terrain in which the structure is located is usually defined, for instance, by surveyed points, a cloud of points or an already prepared triangulated terrain model. The interface between individual quasi-homogeneous units characterising the ground environment under the terrain is most frequently modelled using planes or, in the case of local areas, by means of bodies. It is possible to say on the basis of experience that when 3D modelling is being carried out, accuracy and sense of detail is a necessity. The reason is that it is not important in the case of 2D modelling when the lines connect each other with the accuracy according to the scale and visibility in the drawing, however, in the case of 3D modelling, even these minimal inaccuracies and discontinuities create

projektování opomenout – nedořešené oblasti, kterými není veden řez.

S ohledem na efektivnost zpracování 3D modelu se vždy určuje podrobnost znázornění konstrukcí. Pro tuto problematiku je standardně používán pojem LoD (Level of Detail) a využívají se následující úrovně podrobnosti:

- LoD 100 – koncept a grafické umístění;
- LoD 200 – hrubá geometrie;
- LoD 300 – přesná geometrie, materiály, vnitřní konstrukce, definované kritické oblasti;
- LoD 400 – prováděcí detaily, definice produktů;
- LoD 500 – skutečné provedení.

Úskalím při 3D modelování se může stát i vyhodnocení a kompatibilita modelů zpracovaných zástupci různých profesí. V praxi se často naráží na fakt, že ne vše lze bez problémů přenášet mezi jednotlivými softwary. Nelze obecně říci, jaký postup importování nebo exportování je nejvhodnější. Každá společnost, resp. projektant by si proto měl stanovit postup pro dosažení optimálních a kompatibilních výsledků. Pro vizualizační 3D modelování si lze vystačit s datovými formáty „dwg“, které lze importovat do většiny programů. Toto je však nedostatečné při potřebě předávání 3D modelů s informacemi (BIM), pro které je vhodnější datový formát „ifc“, který však některé běžné programy pro modelování neumí načíst.

Pro celkovou koordinaci lze dnes využít prohlížeče vizualizačních 3D modelů, např. program Nawisworks, které lze dále propojit s dalšími aplikacemi, které slouží pro komunikaci mezi spolupracujícími subjekty bez potřeby mailové komunikace. Krátkým příkladem může být koordinace dvou a více objektů, při které se zjistí kolize, která se v aplikaci označí a přidělí se jako úkol dotčeným subjektům. Zpracování úkolů a požadavky na kontrolu zapracování mohou sledovat všechny přizvané subjekty k řešenému problému. Tímto dochází k efektivnějšímu řízení celého projektu.

Právě vyhledávání kolizí, nepřesností a reálné osazení budoucí stavby do digitálního terénu je nenahraditelnou výhodou 3D modelování. Koordinační programy navíc umožňují automatickou detekci kolizí podle zadaných parametrů pro jejich vyhledání.

Přínos 3D modelování v praxi lze ukázat na následujících projektech, na kterých se podílí AMBERG Engineering Brno, a.s.

STOCKHOLM – „ŽLUTÁ LINKA“ Z ODENPLAN DO ARENASTADEN

- Tři nové stanice metra: Hagastaden, Hagalund a Arenastaden, délka stanic 300 m;
- délka jednokolejných tunelů 1,6 km, délka dvoukolejných tunelů je 1,5 km, servisní tunely pro instalace a bezpečnostní účely mají délku 3 km;
- napojení nových tunelů na stávající linky metra;
- součástí projektu jsou dva únikové tunely pro bezpečný výstup na povrch;
- celkem 11 tunelových spojek mezi traťovými tunely a servisním tunelem;
- projekt zahrnuje dva přístupové tunely z povrchu do stanice (délky 300 a 400 m);
- geologické podmínky typické pro oblast Stockholmu – pevná žula a rulové formace, vysoké primární horizontální napětí a velký počet poruchových zón v masivu;

a problem which may manifest itself later, in the phase of designing. When the 3D geometry is being created, even the details are solved comprehensively, which procedure could be neglected when classical designing is applied – not completely solved areas through which no cross-section leads.

The detail of the depiction of structures is always determined with respect to the effectiveness of processing the 3D model. The term LoD (Level of Detail) is used for these problems as a standard and the following detail levels are used:

- LoD 100 – concept and graphical location;
- LoD 200 – gross geometry;
- LoD 300 – precise geometry, materials, internal structures, defined critical areas;
- LoD 400 – execution details, definitions of products;
- LoD 500 – actually executed work.

Even the assessment and compatibility of models processed by representatives of various professions may become a pitfall in the 3D modelling process. A fact is often faced in the practice that not everything can be transferred without problems among individual software programs. It is not possible to say in general which importation or exportation procedure is most suitable. Each company or designer should therefore determine its own procedure for achieving optimal and compatible results. “Dwg” formats, which can be imported to the majority of programs, can be sufficient for 3D visualisation modelling. But this is not sufficient when transferring 3D information models (BIM) for which the “ifc” data format is more suitable. However, some common modelling programs cannot read it.

3D visualisation model browsers, for example the Nawisworks program, can be today used for the general coordination. They can be further connected to other applications used for communication among collaborating subjects without the need for e-mail communication. The coordination of two or more objects by which a collision is identified is marked in the application and is assigned to the affected subjects can be used as a short example. The processing of the tasks and requirements for checking of the incorporation can be monitored by all subjects invited to the problem being solved. In this way the effectiveness of the entire project management increases.

It is just the searching for collisions, inaccuracies and the real setting of the future structure into digital terrain that is the irreplaceable advantage of 3D modelling. Coordination programs in addition allow for automatic detection of collisions according to parameters specified for searching for collisions.

The contribution of 3D modelling in practice can be shown on the following projects which AMBERG Engineering Brno, a.s. participates in.

STOCKHOLM – „YELLOW LINE“ FROM ODENPLAN TO ARENASTADEN

- Three new metro stations: Hagastaden, Hagalund and Arenastaden, stations 300m long;
- single-track tunnels 1.6km long; double-track tunnels 1.5km long; service tunnels for utilities and safety purposes 3km long;
- connections of new tunnels to existing metro lines;
- two escape tunnels for safe exiting to the surface are parts of the project;
- the total of 11 tunnel cross passages between running tunnels and the service tunnel;
- the project comprises two access tunnels from the surface to a station (300m or 400m long);

- profily o rozpětí 6 až 20 m jsou tvořeny svislými stěnami a elipsovitou klenbou, primární ostění ze stříkaného betonu bude sloužit jako definitivní ostění;
- tunely budou raženy metodou Drill and Blast.

AMBERG Engineering Brno, a.s. zodpovídá za návrh a 3D modely tunelů mezi stanicemi, koordinuje navrhování křížení, uzlů a komplexní geometrie stanic, dodává související výkazy výměr a technické specifikace.

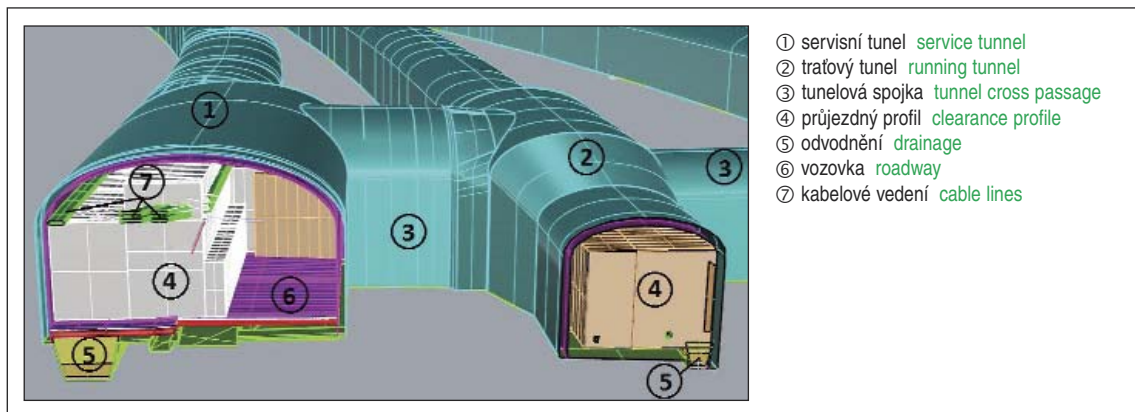
Z ekonomických a technických důvodů jsou 3D modely vytvářeny pomocí metodologie BIM. Získává se tím okamžitý přehled o geometrii výrubu a výrubových objemech. Amberg Engineering používá pro vytváření 3D modelů program Rhinoceros, pro koordinaci Autodesk Navisworks Manage. Obory projektování, jako jsou například odvodnění, bezpečnostní instalace, signalizace a elektrické zdroje, jsou průběžně zapracovány do 3D modelů. Minimalizuje se interakce se sousedními povrchovými a podpovrchovými stavbami, včetně stávajících linek metra a provozovaných železničních tunelů. Koordinace pomocí 3D modelů všech zastoupených oborů vede k lepšímu vzájemnému porozumění. Nicméně tato koordinace vyžaduje větší zapojení a efektivitu práce všech zúčastněných a dodržování předem stanovených postupů prací, aby se předcházelo opakovanému modelování stejných částí tunelu.

- geological conditions typical for the Stockholm territory – hard granite and gneiss formations, high primary horizontal stress and great number of weakness zones in the massif;
- profiles 6 to 20m wide are formed by vertical walls and an elliptic vault; shotcrete primary lining will be used as the final lining;
- the tunnels will be driven using the Drill&Blast method.

AMBERG Engineering Brno, a.s. is responsible for the design and 3D models of tunnels between stations; it coordinates designing of intersections, nodes and complex geometry of stations, provides relating bills of quantities and technical specifications.

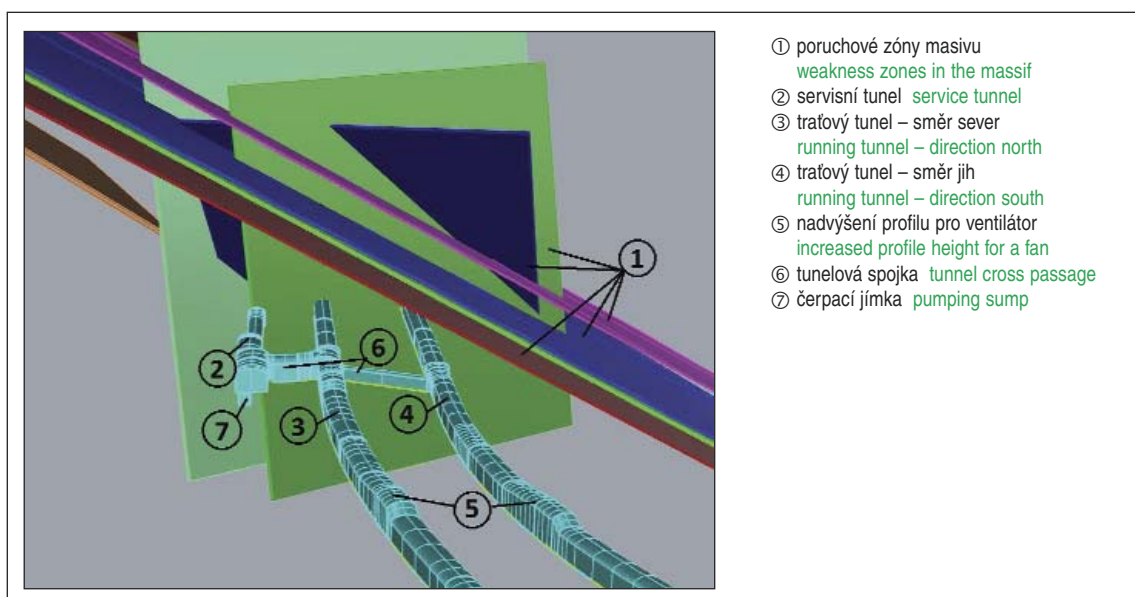
For economic and technical reasons the 3D models are being created using the BIM methodology. In this way the overview of the excavated cross-section geometry and excavated volumes is immediately available. Amberg Engineering uses the Rhinoceros program for creating 3D models and Autodesk Navisworks Manage for coordination. Designing branches, for example drainage, safety installations, signalling and power sources, are continually incorporated into 3D models. The interaction with neighbouring at-grade and underground structures including existing metro lines and operating railway tunnel is minimised. The coordination using 3D models of all represented branches leads to improved mutual understanding. Nevertheless, the coordination requires greater engagement and work effectiveness of all participants and adhering to predetermined work procedures so that repeated modelling of identical parts of the tunnel is prevented.

3D models of excavated spaces and excavation support provided by Amberg are at the LoD 200 to LoD 300 level. There is a great difference between models of individual branches in terms of the LoD. Examples of 3D models are presented in Figures 1 to 3.



Obr. 1 Kontrola modelu výrubu s modely ostatních oborů – servisní a traťový tunel, část Hagastaden

Fig. 1 Comparison of a tunnel excavation model with models for other branches – service and running tunnel, part Hagastaden

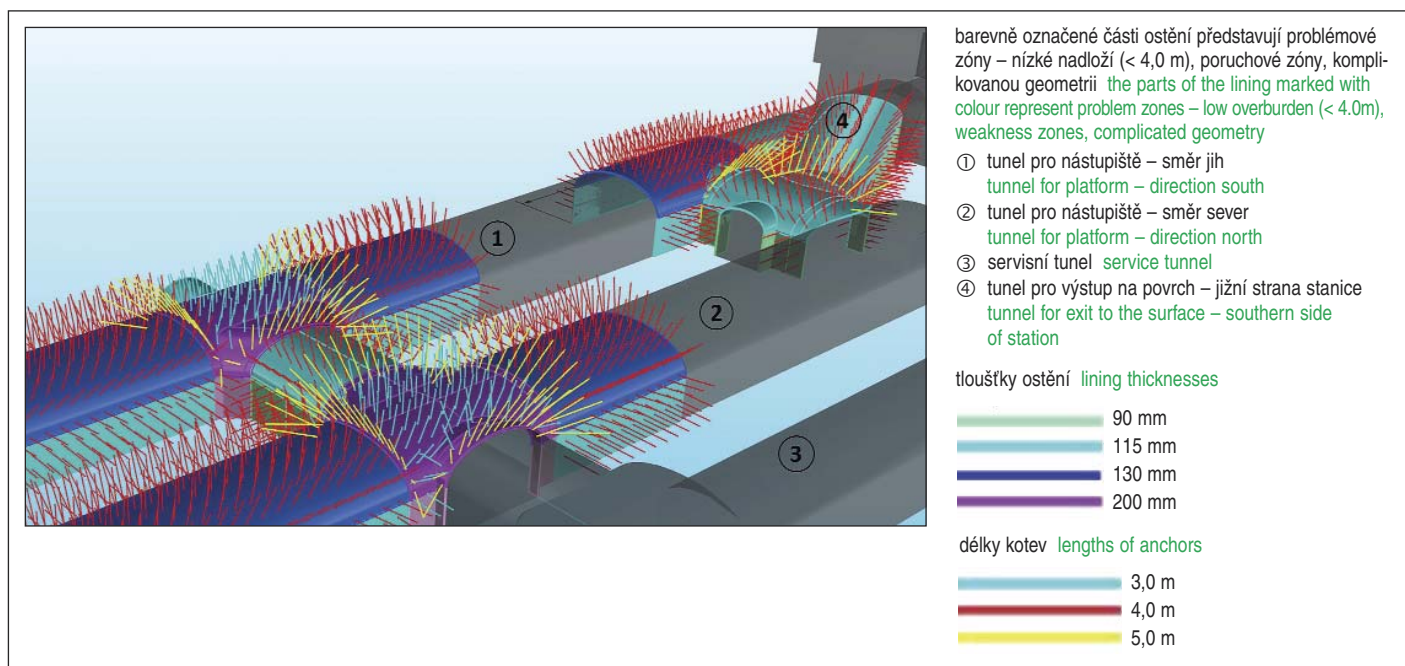


Obr. 2 Poruchové zóny horninového masivu v okolí servisního tunelu a traťových tunelů, část Hagastaden

Fig. 2 Weakness zones in the surroundings of the service tunnel and running tunnels, part Hagastaden

SEMMERING BASE TUNNEL, AUSTRIA

- The Semmering base tunnel between the towns of Gloggnitz in Lower Austria and Mürzzuschlag in Styria;
- tunnel length of 27.3km;
- twin-tube railway tunnel;
- overburden up to 870m high;
- geology – intensely metamorphosed rock environment, phyllite, schist, quartzite and gneiss, including weakness zones;



Obr. 3 Koordinační model kotvení výrubu – stanice Hagastaden

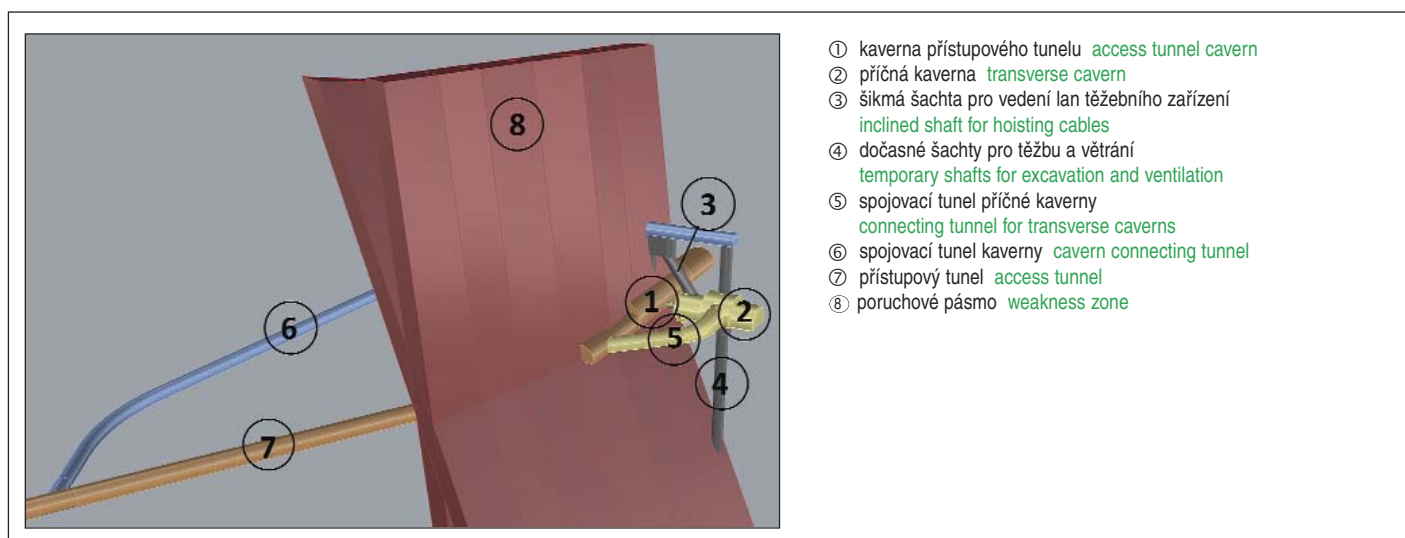
Fig. 3 Coordination model of anchoring of the excavation – Hagastaden station

3D modely výrubů a jištění, které dodává Amberg, jsou na úrovni LoD 200 až LoD 300. Mezi modely jednotlivých oborů je velký rozdíl v LoD. Příklady 3D modelů jsou na obr. 1 až 3.

SEMMERING BASISTUNNEL, RAKOUSKO

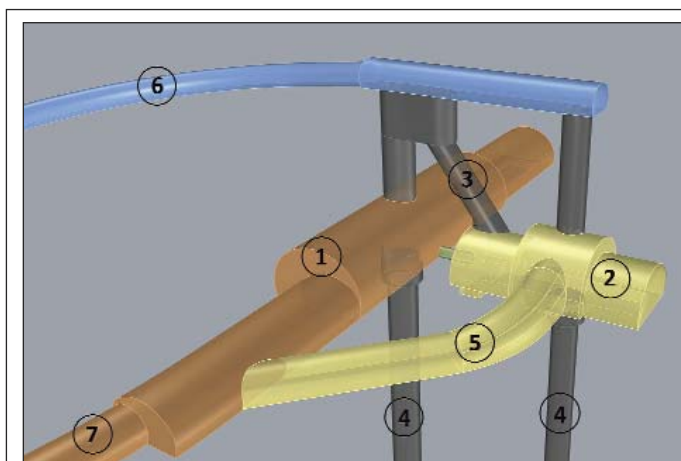
- Úpatní tunel Semmering, mezi městy Gloggnitz v Dolním Rakousku a Müzzuschlag ve Štýrsku;
- délka tunelu 27,3 km;
- železniční tunel s dvěma tubusy;
- výška nadloží až 870 m;
- geologie – intenzivně metamorfované horninové prostředí, fylity, břidlice, kvarcity a ruly, včetně poruchových zón;
- ražba tunelu ve třech stavebních úsecích současně;
- jeden ze stavebních úseků ražen současně z přístupového tunelu, kaveren, šachet a z portálu;

- tunnel excavation simultaneously in three construction sections;
- one of the construction sections driven concurrently from an access tunnel, caverns, shafts and the portal;
- a significant weakness zone is overcome through access shafts and tunnels using the NATM and the excavation is connected to the TBM-driven excavation in the following construction section;
- the length of the access tunnel exceeds 1000m and the width amounts to 10m; a pair of caverns at the end of the excavation;
- 185m respectively 50m long caverns, 26m respectively 21m wide; two shafts will be sunk from them;
- shafts 7 or 9m in diameter, 250m deep; toe caverns will link to them; running tunnels will be driven in both directions from them;
- the shafts are for the temporary use – for hoisting and ventilation; they will be backfilled after the completion of the tunnels;



Obr. 4 Semmering Basistunnel, Rakousko, stavební úsek Gloggnitz, komplex přístupových tunelů, kaveren a šachet Göstritz, celkový pohled na původní návrh včetně nové polohy geologické poruchy

Fig. 4 Semmering Base Tunnel, Austria, construction section Gloggnitz, the Göstritz complex of access tunnels, caverns and shafts and an overall view of the original design including the new location of the geological fault



- ① kaverna přístupového tunelu
access tunnel cavern
- ② příčná kaverna
transverse cavern
- ③ šikmá šachta pro vedení lan těžebního zařízení
inclined shaft for hoisting cables
- ④ dočasné šachty pro těžbu a větrání
temporary shafts for excavation and ventilation
- ⑤ spojovací tunel příčné kaverny
connecting tunnel for transverse caverns
- ⑥ spojovací tunel kaverny
cavern connecting tunnel
- ⑦ přístupový tunel
access tunnel

- the access tunnel overburden height in the location of caverns amounts to ca 270m.

The model of the original design of the structure is presented in Figures 4 and 5.

Because of the fact that a new location of a fault was found at the excavation face during the excavation of the access tunnel (and new more detailed geological boreholes and surveys refined this location) which significantly

Obr. 5 Detail komplexu přístupových tunelů, kaveren a šachet Göstritz
Fig. 5 Detail of the Göstritz complex of access tunnels, caverns and shafts

- přístupovými šachtami a tunely se zdolává významné poruchové pásmo pomocí ražby NRTM a napojuje se na ražbu pomocí TBM v dalším stavebním úseku;
- délka přístupového tunelu přes 1000 m a rozpětí 10 m, na konci ražba dvojice kaveren;
- kaverny délky 185 a 50 m, šířky 26 a 21 m, z nich budou hloubeny dvě šachty;
- šachty průměru 7 a 9 m, hloubky 250 m, na ně budou navazovat patní kaverny, z nichž budou v obou směrech raženy traťové tunely;
- šachty jsou dočasné – těžní a větrací, po dokončení tunelů budou zasypány;
- výška nadloží přístupového díla v místě kaveren cca 270 m.

Model původního návrhu díla je znázorněn na obr. 4 a 5.

Jelikož během ražby přístupového tunelu byla na čelbě zastížena nová poloha tektonické poruchy (nové podrobnější geologické průzkumy tuto polohu zpřesnily), která významným způsobem zasahovala do již navržené trasy díla, nastala potřeba přetrasování dosud nevyražených částí přístupového komplexu, přičemž poloha obou šachet musela zůstat zachována. Pro tento úkol tak bylo potřeba vytvořit 3D model stávajícího návrhu tras tunelů, včetně nového odhadu polohy poruchy. Pro tyto účely byla modelována pouze hranice výrubu tunelů, což odpovídá LoD 100, a to v programu Rhinoceros. Na základě tohoto modelu pak došlo k novému trasování přístupových tunelů a optimalizaci polohy a tvaru kaveren tak, aby tato změna měla co nejmenší dopad na stavbu a nedošlo ke zbytečnému zdržení nebo prodloužení doby výstavby.

TUNNEL BYPASS (TP2/3) LUZERN, ŠVÝCARSKO

Jedná se o připravovanou stavbu, která bude tvořit jednu část z celkového řešení silniční dopravy v Luzernu a jeho širokém okolí. Trasa tunelu prochází územím výrazně modelovaným během poslední doby ledové. V kopcovitých úsecích vycházejí podloží horniny až k povrchu, údolí jsou vyplněna převážně nesoudržnými sedimenty říční terasy řeky Reuss. Podloží horniny jsou tvořeny vrstvami sladkovodní molasy. Z hornin jsou zde zastoupeny pískovce, slínovce, prachovce a siltovce v různém stupni zvětrání.

Komplex stavebních objektů obsahuje:

- projekt raženého tunelu je připravován jako variantní, ražba pomocí NRTM bez protiklenby i s protiklenbou ve

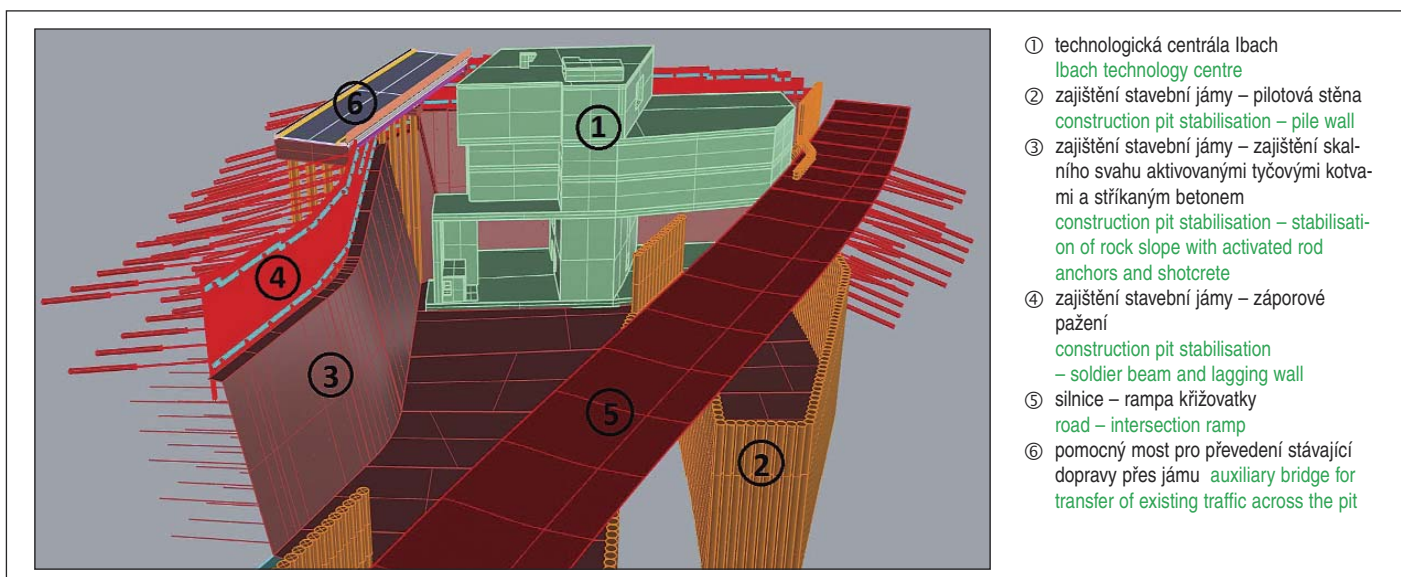
encroached on the already designed tunnel alignment, it began to be necessary to realign the parts of the access tunnel complex still unexcavated, whilst the location of both shafts had to be maintained. It was therefore necessary to create a 3D model of the existing design of the tunnel routes, including a new presumption of the fault location. Only the border of the excavation of the tunnels was modelled for these purposes, which corresponds to LoD 100, using the Rhinoceros program. The new alignment of the access tunnels was designed and the location and the geometry of the caverns were optimised on the basis of this model, so that the impact on the construction was as small as possible and no unnecessary delay or extension of the construction period was caused.

TUNNEL BYPASS (TP2/3) LUZERN, SWITZERLAND

This construction is under preparation. It will form one part of the overall solution to road transport in Luzern and its wide surroundings. The tunnel route passes across an area significantly modelled during the last Ice Age. In hilly sections, the underlying layers get up to the surface, valleys are mostly filled with cohesionless sediments of the Reus river terrace. The underlying rock types are formed by layers of a freshwater molasse. Of the rock types, sandstone, marlstone, siltstone and siltstone in various degrees of weathering are represented in it.

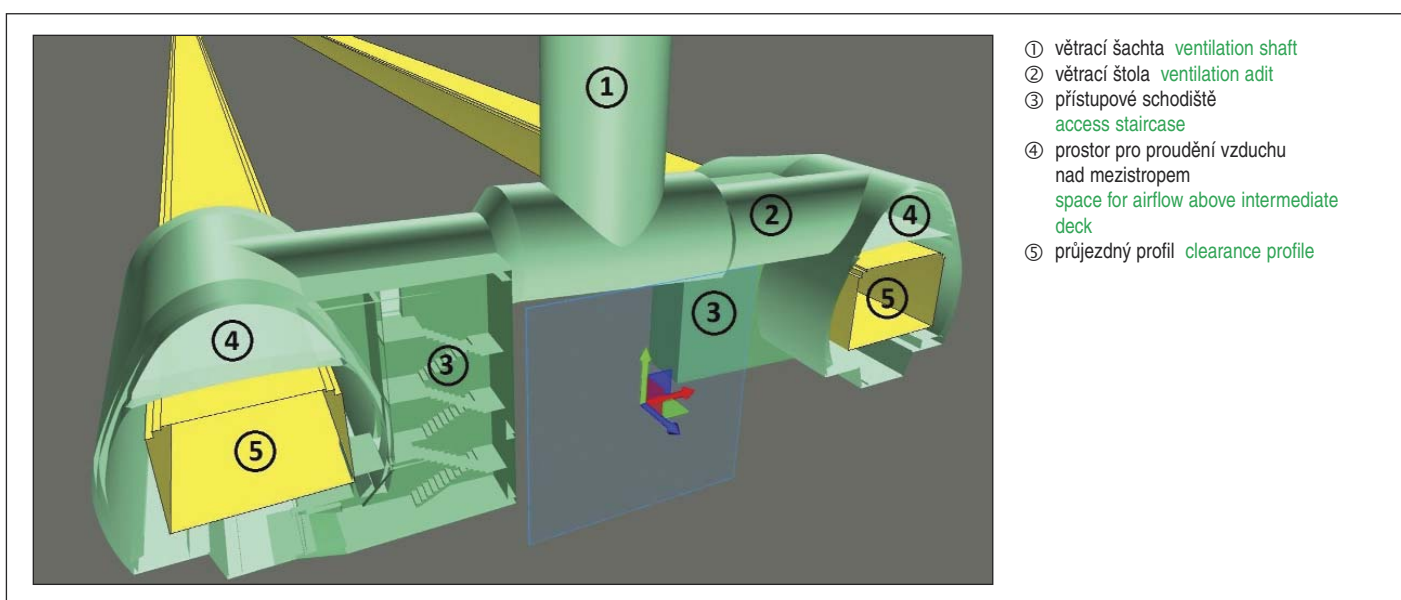
The complex of civil engineering objects comprises:

- The mined tunnel design is being prepared as a variant excavated using the NATM, both without and with an invert (through worsened geology), as well as using a TBM and a modified TBM – segmental lining;
- mined tunnel – two tubes, tunnel tube length of ca 3km; excavated cross-sectional area in the case of the NATM excavation without invert amounting to 109.5m², in the case of TBM excavation amounting to 125.5m²;
- cut-and-cover parts;
- connection to the existing tunnel;
- tunnel cross passages – passable either for pedestrians or for vehicles, crossings and recesses;
- two technology centres, one of them for ventilation (the Ibach technology centre, see Fig. 6);
- ventilation shaft (connection to the tunnel, see Fig. 7);
- stabilisation of construction pits – pile walls, soldier beam and lagging bracing, anchoring of bedrock;



Obr. 6 Tunnel Bypass Luzern, technologická centrála Ibach, dočasný most a zajištění stavební jámy

Fig. 6 Tunnel Bypass Luzern, Ibach technology centre, temporary bridge and stabilisation of construction pit



Obr. 7 Tunnel Bypass Luzern, napojení větrací šachty na tunel

Fig. 7 Tunnel Bypass Luzern, connection of a ventilation shaft to the tunnel

zhoršené geologii, tak i pomocí TBM a TBM modifikované – ostění z tubingů;

- ražený tunel – dva tubusy, délka tubusu cca 3 km, profil výrubu při ražbě NRTM bez protiklenby 109,5 m², při ražbě TBM 125,5 m²;
- hloubené části;
- napojení na stávající tunel;
- tunelové propojky – průchozí a průjezdné, přejezdy a výklenky;
- dvě technologické centrály, z toho jedna větrací (technologická centrála Ibach, obr. 6);
- větrací šachta (napojení na tunel, obr. 7);
- zajištění stavebních jam – pilotové stěny, záporové pažení, kotvení skalního podloží;
- přeložky potoka a inženýrských sítí;
- další objekty příslušenství.

V rámci tohoto projektu byl ze strany investora vznesen až ve fázi rozpracovaného standardního 2D projektu požadavek na provedení celého projektu s využitím technologie BIM.

- relaying of a creek and utility networks;
- other facility structures.

Client's requirement for the BIM technology to be used within the framework of the entire project was imposed as late as the phase of the already partly elaborated standard 2D design. The consortium of design firms therefore gradually moves from 2D drawings to 3D models created using the Rhinoceros and Revit programs. This transition allows for quicker coordination with all design partners. The experience however is that it was necessary within the framework of the creation of 3D models first to generate 2D drawings and pass them on to some designers who have not been acquainted with 3D modelling yet. A methodology for creating bills of quantity and works schedules using a 3D model – the BIM methodology – is currently being debugged.

During the work on the design it was possible to try out the difference between the creation of 2D drawings and 3D modelling because of the fact that the first designing phase proceeded only with 2D drawing. The main pitfall of 2D

Sdružení projekčních firem tak postupně přechází z 2D výkresů na 3D modely, vytvářené v programech Rhinoceros a Revit. Tímto přechodem je umožněna rychlejší koordinace se všemi projekčními partnery. Zkušenost je však taková, že v rámci tvorby 3D modelů bylo nutné generovat nejdříve 2D výkresy a tyto postupovat některým projektantům, kteří s 3D modelováním nebyli dosud obeznámeni. V současné době se ladí metodika pro vytváření výkazů výměr a harmonogramu prací s využitím 3D modelu – metodika BIM.

Během projektování si bylo možné dobře vyzkoušet rozdíl mezi tvorbou 2D výkresů a 3D modelováním, neboť první fáze projektování probíhala pouze ve 2D kresbě. Hlavní úskalí 2D kresby je poměrně velká náročnost na geometrické konstruování (zaoblené jámy ve spádu, s lavičkami, vzájemné průniky geometricky náročných staveb v podzemí atd.) a pracnost při dodatečných úpravách. I ve chvíli, kdy už se zdálo, že jsou ve 2D výkresech vyřešeny všechny detaily, 3D model ukázal pravý opak. 3D model nepochybně poskytuje dobrou představu o stavbě, případných kolizích s jinými objekty, ale nelze opomenout, že zároveň snižuje nároky na projektantovu představivost a láká k vytváření složitých tvarů, které lze pak stěží na stavbě přesně vytyčit a realizovat.

ZÁVĚR

3D modelování ani samotná technologie BIM není v podzemním stavitelství žádnou novinkou. Ve Velké Británii tuto problematiku zohledňují už v připravované normě a tvorba projektů v BIM je zde požadována i na mnoha zakázkách z veřejných peněz. Obecně se však do projektů podzemního stavitelství BIM dostává velmi pomalu. Je to dáno specifickostí a náročností těchto projektů. Přesto se ale začíná tento trend měnit a čím dál častěji projektanti využívají 3D modely k řešení problémových oblastí, což je jakýmsi prvním stupněm aplikace technologie BIM. Pozitivní vliv 3D modelování oproti klasickému 2D projektování je zřejmý – efektivní a paralelní navrhování jednotlivých součástí projektu týkajících se různých oborů, detailnější návrh již v počátečních fázích projektu, přesnější a spolehlivější návrh díky včasné koordinaci, odhalení případných kolizí a možnosti transformace vizualizačních 3D modelů do výpočetních modelů. Jsou zde ovšem jisté limity. Je potřeba počítat s jistou nepřesností vstupních dat, vyvarovat se falešné představy dokonalé přesnosti 3D modelů, tzn. přesné projekční práce s nepřesnými vstupními daty. V neposlední řadě nelze opomenout, že všechny nové technologie aplikované v projekční praxi přinášejí zvýšené nároky na projektanty, kteří musí být v nových systémech a aplikacích proškoleni a také na výpočetní techniku, která musí být uzpůsobena pro práci s velkými grafickými soubory.

S ohledem na požadovanou efektivnost, přesnost a finanční stránku všech fází projektu a stavby se stávají 3D modely a cesta k aplikaci technologie BIM směrem, kterým se bude i nadále následující vývoj v projekci podzemního stavitelství ubírat.

*Ing. VERONIKA KOČIČKOVÁ, vkocickova@amberg.cz,
Ing. LADISLAV BARÁK, lbarak@amberg.cz,
Ing. ZBYNĚK LUPAČ, zlupac@amberg.cz,
Ing. LUMÍR KLIŠ, lkli@amberg.cz,
JAKUB SCHOR, jschor@amberg.cz,
AMBERG Engineering Brno, a.s.*

*Recenzovali Reviewed: doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D.,
Ing. Arch. Jiří Škrábek*

drawing lies in the relatively great demands on geometrical design (rounded pits on a gradient, sight rails, mutual penetrations of geometrically complicated structures in the underground etc.) and labouriousness of additional modifications. It was even at the moment when it seemed that details in 2D drawings had been solved that the 3D model showed the very opposite. The 3D model undoubtedly provides a good idea of the construction or possible collisions with other structures, but it cannot be forgotten that it, at the same time, reduces the demands on designer's imagination and lures to creating complicated shapes which are difficult to precisely set and realise on the construction site.

CONCLUSION

Neither 3D modelling nor the BIM technology itself are new in the underground construction industry. In Great Britain, these problems are already taken into consideration in a standard being prepared and the development of BIM designs is required even for many public procurement projects. But in general, BIM is getting into underground construction projects very slowly. It is so due to the specific and demanding character of these projects. Despite this fact, this trend begins to change and 3D models are used for solving problematic areas more and more often, which is a kind of the first degree of the application of the BIM technology. The positive influence of 3D modelling in comparison with classical 2D designing is obvious – efficient and parallel designing of individual parts of a project relating to various designing branches, a more detailed design already in initial designing phases, a more accurate and reliable design owing to timely coordination, revealing potential collisions and the possibility of transformation of 3D visualisation models into calculation models. Of course, certain limits exist. It is necessary to take into account certain inaccuracy of input data, avoid a false idea of perfect accuracy of 3D models, i.e. accurate designing work based on inaccurate input data. At last but not least, it is not possible to omit the fact that all new technologies applied to the designing practice bring increased demands on designers, who must be trained in new systems and applications and on computer technology, which has to be adapted to working with large graphic files.

With respect to the required effectiveness, accuracy and the financial aspect of all design and construction phases, 3D models and the approach to the application of the BIM technology become the direction in which the further development in designing for the underground construction industry will continue.

*Ing. VERONIKA KOČIČKOVÁ, vkocickova@amberg.cz,
Ing. LADISLAV BARÁK, lbarak@amberg.cz,
Ing. ZBYNĚK LUPAČ, zlupac@amberg.cz,
Ing. LUMÍR KLIŠ, lkli@amberg.cz,
JAKUB SCHOR, jschor@amberg.cz,
AMBERG Engineering Brno, a.s.*

ZÁSADY ROZHODOVÁNÍ ZA NEJISTOTY V GEOTECHNICE

PRINCIPLES OF MAKING DECISIONS UNDER UNCERTAINTY IN GEOTECHNICS

ALEXANDR ROZSYPAL

ABSTRAKT

Článek se zabývá problematikou rozhodovacích postupů v geotechnice, které jsou charakteristické tím, že pro ně není obvykle dostatek informací, dat a znalostí. Upozorňuje na nutnost v takových případech při navrhování geotechnických konstrukcí potlačovat deterministický přístup a doplnit jej přístupem pravděpodobnostním. Poukazuje na význam inženýrské intuice a zásady jejího rozvíjení i používání. Uvádí i některé rozhodovací techniky minimalizující vliv nejistoty na výsledek rozhodování a snižující související rizika.

ABSTRACT

The paper is dealing with problems of decision-making procedures in geotechnics, which are characterised by the usual lack of information, data and knowledge required for them. It draws attention to the necessity of suppressing the deterministic approach to designing geotechnical structures in such the cases and complementing it by a probabilistic approach. It points out the importance of engineering intuition and principles of its development and use. It, in addition, presents some decision-making techniques minimising the influence of uncertainty on the result of the decision and reducing the associated risks.

1. ÚVOD

Projektování a výstavba geotechnických konstrukcí jsou dotčeny značnou mírou nejistot o podmínkách a vlastnostech přírodního prostředí, v jakém budou tyto stavby navrhovány a budovány. Při obvyklých postupech navrhování stavebních konstrukcí se však vychází z předpokladu, že všechny poznatky a znalosti, které jsou k rozhodování nezbytné, jsou k dispozici. (Zákonitosti, podle kterých se sledovaný systém chová, spolehlivé algoritmy, které je popisují, dále poznatky o aktuálním stavu analyzovaného systému, o vlastnostech materiálů, z kterých systém pozůstává atp).

Vlastnosti hornin, které se u geotechnických konstrukcí stávají nedílnou součástí statického systému stavebního díla, se ale významně mění v prostoru i v čase. Závisí i na řadě vnitřních a vnějších činitelů, například na charakteru změn původního stavu horninového masivu stavebním zásahem, na způsobu jeho zatěžování, na rozsahu změnami zatížení zastíženého prostoru, kolísání pórových tlaků a podobně. Na intenzitě a velikosti takových změn se podílí i zvolená technologie ražeb. Kromě toho je třeba během výstavby geotechnických konstrukcí často čelit nahodilým vnějším vlivům různé přírodní, technické i lidské povahy. Jejich význam nelze při přípravě stavby, ani při jejím provádění spolehlivě předvídat.

2. VÝZNAM NEJISTOTY V GEOTECHNICE

Při navrhování geotechnických konstrukcí ve složitých geologických podmínkách, zejména pak při projektování a budování podzemních staveb, tedy řada důležitých informací buď chybí, nebo nejsou dostatečně výstižné či spolehlivé. To znamená, že projektování a budování podzemních staveb je spojeno s větším či menším rizikem. Při řízení rizik je nezbytné uplatňovat pravděpodobnostní přístup, zvažovat míru přijatelnosti rizik a rozsah nezbytných opatření pro jejich snižování. Logika pravděpodobnostního přístupu je ale jiná, než při obvyklém přístupu deterministickém. Pokud

1. INTRODUCTION

Designing and development of geotechnical structures are affected by a significant degree of uncertainties regarding the conditions and properties of the natural environment in which the structures will be designed and constructed. However, it is assumed when usual designing procedures are applied to designing civil engineering structures that all knowledge necessary for making decisions is available. (The regularities according which the system being observed behaves, the reliable algorithms described by them, the knowledge about the current state of the system being analysed regarding properties of the materials the system consists of, etc.).

But the properties of ground mass, which become an inseparable part of the static system of the structure significantly vary in space and time. They even depend on numerous internal and external factors, for example, on the character of changes in the state of the ground mass caused by the construction intervention, on the process of its loading, on the extent of the space affected by the changes, fluctuation of pore pressures etc. Even the selected tunnelling technique contributes to the intensity and size of such changes. It is, in addition, necessary during the course of construction work to face accidental external influences of various natural, technical and human nature. Their significance cannot be reliably predicted either during the construction planning process or during the construction.

2. SIGNIFICANCE OF UNCERTAINTY IN GEOTECHNICS

When geotechnical structures in complicated geological conditions are being designed, especially when underground structures are being designed and constructed, there is a lack of a lot of important information or it is not sufficiently apposite or reliable. It means that designing and constructing underground structures is associated with a larger or smaller risk. It is necessary in the risk management process to apply the probabilistic approach, take into account the rate of acceptability of risks and the extent of the measures necessary for reducing them. But the logics of the probabilistic approach differs from the logics of the usual deterministic approach. If it is not possible to predict with certainty what the behaviour of the

není možné s jistotou předpovědět, jaké bude chování dotčeného systému, například v důsledku:

- možných změn báňsko-geologických podmínek v místě ražby tunelu;
- neznámé orientace hlavního původního napětí okolo podzemní kaverny;
- velkého kolísání hodnot klíčových geotechnických parametrů vstupujících do návrhů;
- neznámé dlouhodobé stability vysokého závěrného svahu portálu tunelu, možného kolísání hladiny podzemní vody v jeho svahu atd.;

nelze se při projektování zabývat jediným optimálním řešením. Řešení se naopak musí vyrovnat se všemi významnými variantami výše uvedených proměnných, které při konkrétní výstavbě připadají v úvahu.

Vtipný příklad takového rozhodování v situaci vysoké míry nejistoty uvedl Taleb (2007) „*Není možné jednoznačně stanovit, na kterou větev si slavík sedne, když v noci přilétne do háje. Pokud je cílem na slavíka nastražit lep tak, aby byla co největší pravděpodobnost jeho polapení, je třeba lep nastražit na ty větve, na které by si slavík mohl sednout nejpravděpodobněji.*“

Praktické řešení takové úlohy ovšem musí respektovat podmínku, že lepidla je jen omezené množství a není proto možné jím namazat všechny větve, aby se slavík s jistotou chytil. Také hodnota použitého lepidla nesmí být logicky větší, než je hodnota slavíka samotného. Když by bylo takto vymezeno množství lepidla, které je účelné na lapání slavíka použít, pak je možné s využitím konceptu pravděpodobnosti hledat ty větve, na které si slavík sedne nejpravděpodobněji a tam lep, který je k dispozici, nastražit (větve nad studánkou, s výhledem na měsíc atp.).

Obdobně je třeba postupovat při projektování geotechnické konstrukce, jejíž chování mohou významně ohrožovat náhodné stavy a jevy. Projekt musí vzít v úvahu všechny možné nebezpečné stavy, které za dané situace mohou nastat. Měl by také odhadnout pravděpodobnosti, s jakou mohou nastat, a jaká to obnáší rizika. Následně by měl projektant vybrat ty stavy, které představují nepřijatelná rizika a pro ta navrhovat opatření na jejich potřebná snížení. Současně také porovnávat náklady na taková opatření s jejich účinkem (snížením rizika). To znamená provést technicko-ekonomickou optimalizaci návrhu konstrukce a na jejím základě přijmout optimální projektové řešení. Jinými slovy, takové, kdy je snížené riziko pod úrovní rizika přijatelného a poměr mezi náklady na snížení rizika a velikostí rizika nejvýhodnější.

3. ROZHODOVACÍ POSTUPY PŘI VYSOKÉ MÍŘE NEJISTOTY

Při praktickém řešení geotechnických úloh, kdy se může uplatnit nahodilé chování, není nejdůležitější používání matematických metod pravděpodobnostního počtu a teorie pravděpodobnosti. Vždy je ale třeba uplatnit „pravděpodobnostní myšlení“ a některé specifické techniky.

Prvním krokem při geotechnickém návrhu je posoudit, zda jej lze provést standardními deterministickými postupy. To znamená, zda jsou pro řešení k dispozici všechny vstupy, zda jsou dostatečně hodnověrné a jakého charakteru a rozsahu jsou nejistoty. Anebo zda se jedná o situaci, kde zbytkové nejistoty o vlastnostech geotechnických parametrů a o zákonitostech chování daného horninového masívu a navrhované konstrukce jsou pro návrh stavby a její provádění významné. Pak je třeba pro řešení příslušného problému uplatnit

particular system will be, for example as a result of the following conditions:

- potential changes in mining-geological conditions in the location of the underground excavation;
- unknown orientation of the main original stress around the underground cavern;
- large fluctuations of the values of key geotechnical parameters entering the design;
- unknown long-term stability of the high tunnel portal slope, potential fluctuation of water table in the slope, etc.;

it is not possible to deal with a single optimal solution when the design is being carried out. Just the opposite, the solution has to cope with all significant variants of the above-mentioned variables which can be taken into consideration during a particular construction project.

A smart example of such decision-making process in the situation of high uncertainty rate was presented by Taleb (2007) „*It is not possible to determine unambiguously the branch a nightingale will sit on when it arrives in the growth at night. If the objective is to set birdlime in a way providing as high probability of catching the bird as possible, it is necessary to put birdlime on the branches the nightingale could sit with the largest probability.*“

Of course, a practical solution to such a problem has to respect the condition that the amount of the glue is limited and, for that reason, it is impossible to apply it to all branches so that the nightingale is caught with certainty. In addition, logically, the value of the used birdlime must not be higher than the value of the nightingale itself. When the amount of the birdlime useful for catching the nightingale is defined, it is possible to apply the concept of probability to searching for the branches the nightingale is most likely to sit on and put the glue available on them (branches above a spring, branches allowing a view of the moon, etc.).

The application of a similar procedure is required for designing a geotechnical structure the behaviour of which can be significantly endangered by accidental states and phenomena. The design has to take into account all possible dangerous states which can take place under the particular situation. It should, in addition, assess the probabilities with which they can take place and the risks associated with them. Subsequently, the designer should select the states representing unacceptable risks and propose measures reducing them to required levels. At the same time, he should compare the costs of such measures with their effect (reduced risks). It means carry out technical-economic optimisation of the structural design and adopt optimal design solution on its basis. In other words, such a solution where the risk is reduced under the level of the acceptable risk and the ratio between the risk reduction costs and the magnitude of the risk is most favourable.

3. DECISION-MAKING PROCEDURES UNDER HIGH RATE UNCERTAINTY

When geotechnical problems are being practically solved in the cases where random behaviour can be applied, the use of mathematical methods of the probability calculus and the theory of probability is not most important. However, it is necessary to apply “probabilistic thinking” and some specific techniques.

The first step of a geotechnical design lies in assessing whether it can be carried out using standard deterministic procedures. It means whether inputs are available for the solution, whether the uncertainties are credible and what is the character and extent of the uncertainties. Or whether it is a situation where residual uncertainties regarding geotechnical parameters and patterns of the behaviour of the particular ground mass and the structures being proposed are important for the

pravděpodobnostní přístup a observační metody. V úvahu je třeba také vzít všechny možné nahodilé vlivy z vnějšku systému stavba-horninové prostředí (přírodní hazardy, technologické havárie, vlivy sociálněekonomických podmínek, lidský faktor atp.).

3.1 Potlačení deterministického přístupu

Důležitou podmínkou úspěšného řešení komplexního geotechnického problému s větší mírou nejistot je, zbavit se deterministického způsobu uvažování a s ním spojených myšlenkových postupů a nahradit jej uvažováním pravděpodobnostním. Přitom je účelné se zaměřit na posouzení následujících aspektů.

Význam anomálních a nestandardních jevů

V geotechnice dosud převažuje deterministické uvažování, kdy jevy jsou studovány a vysvětlovány na základě „převažujícího“, běžného, nebo statisticky pozorovaného chování (v laboratoři, při výstavbě i při monitoringu). Nestandardním, anomálním jevům či chováním v extrémních podmínkách nebývá věnována dostatečná pozornost. Prakticky každý se jistě setkal se situací, kdy anomální chování indikované geomonitoringem se značnou dobu ignoruje na základě předpokladu, že se bude určitě „normalizovat“. Avšak právě zkoumání anomálních jevů může s předstihem zjistit neočekávaný nástup nějakého neočekávaného nežádoucího jevu. Při jejich zkoumání se také může získat největší poučení.

Rozbory skutečných příčin anomálního chování

V praxi podzemního stavitelství se obvykle neprovádí dostatečně podrobné analýzy fyzikálních příčin vzniků mimořádných nebo anomálních událostí. Asi proto, že jejich vznik bývá mylně považován za nezvládnutí standardních návrhových (deterministických) procesů a není zájem označit viníka. V řadě případů však příčinou těchto mimořádných událostí nebyla chyba jako taková, ale zanedbání možností vzniku významných nahodilých událostí ve spolupůsobení systému stavba-hornina a nenalezení způsobů, jak se s nimi při výstavbě účinně vyrovnat.

Zkoumání významu extrémních a nahodilých hodnot a jevů

Chování systémů, ve kterých hrají velkou roli nahodilosti, je třeba zkoumat nikoliv na jejich průměrném chování (což je vlastní pro deterministický přístup), ale právě na krajnostech, nahodilostech, na zvláštěnostech v chování sledovaných systémů. Právě v geotechnice se s nahodilostmi, vybočujícími z předpovědí odvozených z obecných znalostí a ze znalostí získaných z nedostatečných průzkumů, lze setkávat velmi často. Přesto se, například při určování charakteristických hodnot geotechnických parametrů, stále často opakuje táž chyba, že se bez podrobnějšího rozboru výsledků laboratorních či polních měření volí za charakteristické hodnoty v podstatě hodnoty průměrné, zatímco pro chování celého systému bývají za určitých okolností rozhodující právě hodnoty extrémní.

Nečekaná změna trendů ve vývoji chování sledovaného systému způsobená externí nahodilostí

V systémech, ve kterých dochází k nahodilým jevům, je běžné, že jejich neočekávaný vznik zásadně změní dosavadní průběh chování tohoto systému. To platí i pro geotechniku. Proto, i když například monitoring ražby tunelu poskytuje dlouhou řadu poměrně souvislých pozorování s podobným výsledkem, nikdy není 100% jistota, že se pozorované chování nemůže v blízké budoucnosti náhle výrazně změnit. Poznání a závěry odvozené z určitých

design a the construction. It is then necessary for the solution to the particular problem to apply the probabilistic approach and observational methods. In addition, it is necessary to take all possible random effects from the outside of the structure-ground environment system into consideration (natural hazards, technological accidents, influences of socio-economic conditions, human factors, etc.).

3.1 Suppression of deterministic approach

An important condition for successful solving a comprehensive geotechnical problem with a higher rate of uncertainties is to get rid of the deterministic way of thinking and the thought processes associated with it and to replace it with probabilistic thinking. It is reasonable to focus on the assessment of the following aspects.

Significance of anomalous and non-standard phenomena

Deterministic thinking still prevails in the geotechnics; phenomena are studied and explained on the basis of “prevailing”, common or statistically observed behaviour (in a laboratory, during construction and during monitoring). Non-standard, anomalous phenomena or behaviour under extreme conditions are usually not paid sufficient attention. Practically everybody has certainly encountered a situation where the anomalous behaviour indicated by geomonitoring is ignored for a considerable time on the basis of the assumption that it will certainly “normalise”. But it is just the process of examination of anomalous phenomena that can identify an unpredicted onset of an unexpected undesirable phenomenon in advance. In addition, the greatest lesson can be gained by examining them.

Analyses of real causes of anomalous behaviour

Sufficiently detailed analyses of the physical causes of the origination of extraordinary or anomalous events are usually not carried out in the practice of underground construction engineering. The reason probably is that their origination is usually considered to be a failure to cope with standard design (deterministic) processes and there is no interest in marking the culprit. However, the extraordinary events were not caused by a mistake itself. In many cases the cause was the fact that the possibilities of the origination of significant random events in the system of the interaction of the structure with the ground and finding ways of effective coping with them during the construction were neglected.

Examination of the significance of extreme and random values and phenomena

The behaviour of systems where significant roles are played by contingencies should be examined not focusing on their average behaviour (which is characteristic of the deterministic approach). It should be examined on extremes, randomness and particularities in the behaviour of the systems being observed. Especially in geotechnics it is possible to frequently encounter contingencies leaving the line of predictions derived from the general knowledge and knowledge obtained from insufficient investigation. Despite this fact the same mistake is still often repeated in determining the characteristic values of geotechnical parameters that in substance average characteristic values are chosen without any more detailed analysis of results of laboratory or field measurements, whilst, under certain circumstances, the extreme values themselves often decide.

Unexpected change in trends in the development of the behaviour of the system being observed caused by external randomness

It is a commonplace in the systems where random phenomena occur that the unexpected origination of the phenomena fundamentally changes the current behaviour of the system. This applies even to geotechnics. For that reason there is never 100% certainty that the behaviour being observed cannot abruptly change in the near future, even though, for example, the tunnel excavation monitoring provides a long series of relatively continuous observations with a similar

pozorování a za určitých podmínek, například geotechnickým monitoringem, musí být proto neustále znova a znova ověřovány. Zejména je třeba trvale přezkoumávat soulad používaného modelu spolupůsobení stavební konstrukce s horninou, se skutečným spolupůsobením zastižené horniny a stavby. Spolu s tím i případné změny okrajových podmínek, které vývoj sledovaného systému doprovázejí.

Vliv rozsahu zkoumaného systému na vznik nahodilosti

Čím různorodější je horninový masiv, čím větší je jeho objem zastižený změnami (např. plocha výrubu), čím různější je povaha jeho ovlivnění vnějšími vlivy (technologie ražeb, rozsahy a velikost zatížení, směry zatížení, způsob zatížení, dynamický účinek), tím je i větší pravděpodobnost vzniku nějakého nahodilého jevu i jeho důsledků.

Některé takové jevy mohou být sice nahodilé, ale fyzikálně vysvětlitelné. Přesto mohou být někdy jen obtížně předpověditelné. I když mohou být málo pravděpodobné, měly by být při výstavbě očekávány, a při projektu vždy zohledňovány. Proto je nezbytné používání observačního přístupu nejen při projektování, ale i při řízení výstavby. Nutná je především schopnost rychlé reakce na vznik možných jevů či stavů předem připravenými opatřeními.

Kumulace postupných malých změn

Mnohé, jako by nahodilé jevy jsou způsobeny postupným hromaděním malých změn, které samy o sobě nevyvolávají obavy. Po překročení určité meze (kumulace těchto změn), však může dojít k náhlé změně ve vývoji sledovaného systému, která může být následována i kolapsem. Tyto změny jsou zpravidla důsledkem fyzikálních změn v procesu přetváření, kdy jeden jeho mechanismus přechází v jiný, s jiným charakterem a s jiným časovým průběhem. Například pomalé sedání přejde v určitý okamžik v zaboření. Jiným příkladem může být vyplavování (sufoze). Vyplavování jemných částic pokračuje vnitřní erozí pomalu proti směru proudění vody až do místa, kde se náhle skokově zvětší propustnost. Obdobně se projevuje pomalá změna pórových tlaků vody v soudržné nasycené zemině, kde po dosažení určité hodnoty pórového tlaku může dojít k náhlému zaboření konstrukce, nebo překročení určité polohy volné hladiny podzemní vody, může znamenat náhlou ztrátu stability svahu portálu tunelu. Takových příkladů je v geotechnice možno nalézt mnoho.

3.2 Komplexní hodnocení geotechnického monitoringu

Geotechnický monitoring je mocný nástroj pro bezpečné a efektivní provádění podzemních staveb. Při jeho provádění se ale někdy stávají chyby. Ty nejčastěji spočívají ve schematickém a zjednodušeném hodnocení výsledků měření či pozorování, které se omezuje na jejich porovnávání s předem nastavenými kritérii (varovných stavů). Pro správné hodnocení, které využívá plný potenciál této metody, je naproti tomu třeba dbát na následující pravidla.

Pozornost je třeba věnovat i tomu, co není monitoringem zaznamenáno

Chybně zjednodušený přístup k hodnocení geotechnického monitoringu spočívá v tom, že pozorování a hodnocení se koncentruje pouze na to, co je vidět, co je zaznamenáno měřením. Zaměřuje se tak jen na dílčí, snadno pozorované a měřením přímo zaznamenávané jevy. Další chování sledovaného systému se pak předvídá (jednoduše extrapoluje) bez dostatečně hlubokého rozboru fyzikálních příčin pozorovaných jevů.

result. The knowledge and conclusions derived from certain observations and under certain conditions, for example by geotechnical monitoring, have therefore to be permanently, again and again, verified. It is in particular necessary to continually review the agreement of the model of interaction between the ground encountered and the construction with the actual interaction between the ground encountered and the construction. Together with this activity, even the contingent changes in the boundary conditions accompanying the development of the system being observed have to be reviewed.

Influence of the extent of the system being investigated on the origination of randomness

The more diverse ground massif, the larger its volume affected by changes (e.g. the cross-sectional excavated area), the more diverse nature of its affection by external influences (tunnelling technique, extent and magnitude of loading, directions of loading, the way of loading, the dynamic effect), the larger probability of the origination of random phenomena and their consequences.

Some of such phenomena can be random but they can be explainable. Despite this fact they can sometimes be predictable with difficulties. Even though they can be little probable, they should be expected during the construction and the design should take them into account. This is the reason why the application of the observational approach is necessary not only in designing but even in managing the construction. The capability of quick response to the origination of potential phenomena or conditions by means of pre-prepared measures is necessary above all.

Accumulation of gradual small changes

Many seemingly random phenomena are caused by gradual accumulation of small changes, which do not raise concerns by themselves. However, after a certain limit (accumulation of the changes) is exceeded, an abrupt change in the development of the system being monitored, which can be followed even by a collapse, can take place. These changes are usually a consequence of physical changes in the process of strain, where one of its mechanisms passes into another one with a different character and different time course. For example, slow settlement passes at a certain moment into bogging down. Piping (suffusion) can be another example. Washout of fine particles proceeds by internal erosion slowly against the direction of water flow up to the location where the permeability abruptly increases. Manifestations of a slow change in pore water pressures in saturated ground are similar. The structure can suddenly sink or the certain value of pore pressure which is a limit for the tunnel portal slope stability can be exceeded. Numerous examples of them can be found in geotechnics.

3.2 Comprehensive assessment of geotechnical monitoring

Geotechnical monitoring is a powerful tool for safe and effective execution of underground construction. But mistakes sometimes occur during the monitoring operations. The mistakes most frequently lie in schematic and simplified assessment of the results of measurements or observations, which restricts itself to comparing them with pre-set criteria (warning states). It is necessary for correct assessment using the full potential of this method to observe the following rules.

Attention has to be paid to the things which are not registered by the monitoring

An incorrectly simplified approach to assessing geotechnical monitoring lies, among others, in the fact that the observation and assessment is concentrated only on the things which are visible, which are registered by measurements. In this way it focuses itself only to partial, easily observable manifestations directly registered by measurements. Other behaviour of the system being observed is subsequently only forecast (simply extrapolated) without sufficiently deep analysing physical causes of the manifestations being observed.

Je třeba si uvědomit, že to, co se při monitoringu pozoruje, co je vidět, není všechno to, co existuje a co se děje. To ovšem platí nejen v geotechnice, ale i obecně. Řada procesů může pozorování zůstat skryta. Některé z nich pak mohou, za určitých náhodně vzniklých okolností, náhle překvapit. Například delší dobu systematicky zaznamenávané minimální hodnoty deformací primárního ostění nejsou zárukou, že nedojde k závalu výrubu způsobeným náhlým uvolněním velkého bloku horniny vymezeného plochami diskontinuit, které byly v konkrétním staničení zcela náhodně nepříznivě orientovány vůči směru ražby a stropu výrubu.

Koncentrace na vyhledávání důkazů

Zlovykem je sklon z pozorovaných jevů vyhledávat především ty skutečnosti, které svědčí ve prospěch předem přijaté teorie, předpokladu, zvoleného výpočtového modelu atp. S tím souvisí snaha nevidět, zanedbávat vše to, co je s těmito předpoklady v rozporu. To se často podvědomě děje jak při vyhodnocování monitoringu, tak i při zpracovávání výsledků zkušeb a měření z průzkumu, při geotechnickém hodnocení čeleb, při rozhodování o technologické třídě výrubu atp.

Přitom právě v tom, co je v rozporu s očekáváním a s obecně přijatým modelem, může být skryta předzvěst blížící se nahodilé, neočekávané a zároveň nežádoucí události. Při posuzování představ o spolupůsobení horninového masivu se stavbou se tudíž nesmí dávat přednost tomu, co představu inženýra – projektanta potvrzuje, před tím, co by naopak mohlo prokazovat chybu v jeho předpokladech. To je naopak třeba v pozorovaných faktech cílevědomě vyhledávat a analyzovat! Pokušení hledat „důkazy“ pro upřednostňovanou teorii a to, co je s ní v rozporu zanedbávat, je vždy veliké. Stejně velká musí být proto snaha se tohoto pokušení programově uvědoměle zbavovat.

Úskalí bezduché extrapolace

U systému, u nějž dochází k nahodilostem, nelze považovat za důkaz správnosti modelu jeho dosavadní chování. A to ani po dlouhé řadě pozorování, které ho potvrzují. Každému je jasné to, že když se mu několikrát za sebou podaří se zavřenýma očima přejít křižovatku na červenou, není to důkaz, že se to podaří vždy. Méně ale bývá zřejmé, že když se podaří postavit 860 metrů tunelu určitou technologií bez havárie, není to v žádném případě důkaz toho, že se to stejnou technologií v heterogenním horninovém masivu povede během dalších 510 metrů. Důkaz, že způsob provádění nějaké činnosti je správný jen na základě jejího úspěchu v minulosti, je možný přijmout pouze s podmínkou, že okolnosti, za kterých tyto činnosti budou probíhat v budoucnosti, se s určitostí ani trochu nezmění. Taková jistota je však v geotechnice a při budování podzemních staveb většinou velmi malá.

Správné kladení otázek

Obecně platí, že k pravdě je možné se spolehlivěji dostat prostřednictvím vylučování záporných (nesouhlasných) tvrzení, než kladných (souhlasných) tvrzení. Úspěšný inženýr a geotechnik by měl takový postup zvládat. Pro zvládání neočekávaných událostí v inženýrské výstavbě je například otázka „Co důležitého o vlastnostech horninového masivu nevíme?“, nejméně stejně tak důležitá, jako obvyklejší otázka „Co všechno o vlastnostech horninového masivu víme?“

Hodnocení faktů v souvislostech

Při hodnocení geotechnického monitoringu jsou často chybě zaznamenávány a analyzovány pouze jednotlivé poznatky o pozorovaném systému, nikoliv však již jejich souvislosti. Obvykle se jen řeší, zda byl, či nebyl dosažen varovný stav

It is necessary to realise that what is observed during the monitoring, what is visible, is not all that exists and takes place. This is certainly applicable even generally, not only to geotechnics. Many processes can remain hidden for observation. Some of them subsequently can, under certain randomly originating conditions, suddenly surprise. For example, minimum values of deformations of a primary lining systematically registered for a longer time are not a guarantee that a collapse of the excavation caused by sudden loosening of a large block of rock delimited by the planes of weakness which were completely randomly unfavourably oriented in relation to the direction of excavation and the roof of the excavation in the particular chainage does not occur.

Concentration on searching for evidence

There is a bad habit that the facts being in favour of a pre-accepted theory, an assumption of a chosen calculation model etc., are sought from the observed manifestations. The effort not to see, neglect everything that is in contrary to assumptions is associated with it. This often unconsciously happens when monitoring is being assessed as well as when results of tests and measurements obtained by geotechnical assessment are being processed, when the excavation headings are being geotechnically assessed, when decisions are being made on excavation support classes etc.

But a portent of an upcoming accidental, unexpected and at the same time undesired event may be hidden in the things contradicting the expectation and a generally accepted model. When the notions of the interaction between ground mass and a structure are being assessed, engineer-designer's notion must not be preferred to the things which could, on the contrary, prove a mistake in his assumptions. Just the opposite, it is necessary to purposively seek and analyse it! The temptation to seek "proofs" for the theory being preferred and to neglect the things which are to the contrary to it is always great. The magnitude of the effort to get rid of this temptation consciously, as a programme, has to be identical.

Pitfalls of witless extrapolation

It is not possible in a system where randomness occurs to consider its behaviour to date to be a proof of the model correctness. It is not possible even after a long succession of observations confirming it. It is clear for everybody that if they manage to pass an intersection through a red light with the eyes closed, it is not a proof that they will succeed always. However, it is usually less obvious that if an 860m long tunnel is constructed using a certain technique without an incident, it is by no means a proof that during the excavation of additional 510 metres through a heterogeneous ground massif, using the same technique, will also be without an incident. Proving that the way of execution of an activity is correct only on the basis of its success in the past can be accepted only under the condition that the circumstances under which the activity will proceed will not change in the least in the future. But such the certainty is mostly very small in underground construction.

Correct putting questions

It applies in general that the true can be more reliably reached through elimination of negative (disagreeing) statements rather than positive (agreeing) statements. A successful engineer and geotechnician should master such a procedure. The importance of a question, for example, "What important do not we know about the properties of the ground mass?" is at least the same as the importance of a more common question "What all do we know about the properties of the ground mass?"

Assessing facts within the contexts

When geotechnical monitoring is being assessed, only individual findings regarding the system being observed are recorded and analysed, but not their contexts. Only the question whether the warning

(určitá hodnota sledovaného parametru). Již méně často zda varovný stav byl dosažen rychle, pomalu se zrychlením, na kolika místech měření atp. Nikoliv však to, zda celý model chování systému hornina-výrub použitý v projektu odpovídá tomu, který lze odvodit z monitoringu při ražbách. To by se teprve muselo ze zjištěných výsledků měření a sledování často pracně vysvětlovat. K tomu však je třeba čas a určitá analytická činnost. A k tomu není vždy ochota nebo podmínky. Takto zjednodušené hodnocení může někdy svěst k nesprávné interpretaci sledovaných hodnot s nepříjemnými důsledky.

Hodnocení míry zjednodušení

Vždy je nutno posuzovat míru zjednodušení používaného návrhového modelu, protože v zjednodušování je skryt další významný zdroj nejistot. To se ale často neděje. Platí, že čím větší je zjednodušení modelu, tím větší je i možnost neočekávaného překvapení ve skutečném chování sledovaných systémů. Složitě komplexní systémy se málokdy zcela chovají podle zjednodušených modelů a teorií. Zejména pokud se mění okrajové podmínky, ve kterých se nalézají. Pokud se změřená data dosadí do nevýstižného modelu za účelem prognózy dalšího vývoje chování sledovaného systému, je téměř jisté, že závěry budou chybné.

Uvědomění si hranice znalostí

Ve vědě i v praktickém inženýrství existují hranice mezi tím, co se ví a tím, co se neví. Uvědomění si, že tyto hranice existují, je prvním krokem k určení, kde tato hranice v daném oboru je. Hranice toho, co je známo, jsou dány především zjištěnými fakty, jevy či skutečnostmi, mimořádnými událostmi (haváriemi), které příslušnou teorii, hypotézu či model nepotvrzují. Při hodnocení výsledku monitoringu, nebo při posuzování nějaké hypotézy je proto žádoucí, kromě standardního hodnocení měření, i systematicky hledat všechno to, co by přijaté představy (hypotézy) o chování a zákonitostech předmětného systému hornina-stavba vyvracelo. Teprve tehdy, když taková fakta nelze nalézt, a když tyto představy (hypotézy) nelze prokazatelně vyvrátit, je lze považovat definitivně za správné.

Důsledné posouzení platnosti zkušeností pro daný případ

Co platí někde, nemusí platit jinde, za jiných podmínek. Přesto se lze často setkat se snahou jednou získané výsledky či zkušenosti zobecňovat a pak je používat, byť pro řešení sice stejného problému, ale za úplně jiných okrajových podmínek. To pak samozřejmě může vést k jinému než k očekávanému výsledku. Stejně tak v geotechnice platí, že algoritmy, rovnice, modely hodnoty geotechnických parametrů atp. spolehlivě platí jen uvnitř oborů potvrzených zkouškami nebo empirickou zkušeností.

Podceňování nezažitých situací a přeceňování zažitých

Možnost vzniku nahodilých jevů, s kterými ale nemají odpovědné subjekty přímou osobní zkušenost, je jimi obvykle podceňována. Ti, kteří tuto zkušenost mají, ji zase mohou přeceňovat. Při rozboru pravděpodobnosti uskutečňování nahodilých jevů tak často převládá subjektivní, nikoliv věcný přístup. Této subjektivity si ale dotčené subjekty obvykle nejsou vědomy. To je škoda, protože v nejistém prostředí je každá správně zhodnocená zkušenost dobrá. Zkušenosti získané jinými subjekty by proto vždy měly být brány v úvahu, bez podvědomého snižování jejich významu, stejně jako zkušenosti vlastní.

state (a certain value of the parameter being observed) was or was not reached is usually solved. The question whether the warning state was reached quickly, slowly with acceleration, at how many measurement places etc. is solved less frequently. The question whether the whole model of the behaviour of the ground-excavation system used in the design corresponds to the model which can be deduced from the monitoring conducted during the course of the excavation is usually not solved. It would have to be arduously explained subsequently on the basis of the measurement and observation results. But it requires time and certain analytical activities. Willingness or conditions for it often do not exist. The assessment simplified in the above-mentioned way can sometimes seduce to incorrect interpretation of the values with unpleasant consequences being monitored.

Assessing the simplification rate

It is always necessary to assess the rate of the simplification of the design model used because another important source of uncertainty is hidden in simplification. But this assessment is often neglected. It applies that the greater simplification of the model the greater possibility of unexpected surprise in the actual behaviour of the systems being monitored. Complicated complex systems seldom behave completely in accordance with simplified models and theories. It is so in particular when the boundary conditions under which they exist change. When the measured data is inserted into a non-apposite model for the purpose of prognosing the subsequent behaviour of the system being monitored, it is nearly certain that the conclusions will be wrong.

Realisation of boundaries of knowledge

Boundaries between what is known and what is not known exist in the science and practical engineering. The realisation of the fact that the boundaries exist is the first step to the determination where this border exists in the particular field. Borders of what is known are given first of all by the found facts, phenomena, information or extraordinary events (incidents) which do not confirm the particular theory, hypothesis or model. It is for that reason recommendable when the monitoring result of some hypothesis is being assessed, to systematically search for everything that, in addition to the standard assessment of measurements, would refute the accepted notions (hypotheses) of the behaviour and regularities of a particular ground-construction system. It is possible to finally consider the notions (hypotheses) as correct only when such facts cannot be found and the notions cannot be provably refuted.

Consistent assessment of the applicability of experience to a particular case

What is applicable somewhere does not have to be applicable elsewhere under different conditions. Despite this fact it is often possible to encounter an effort to generalise the once gathered results or experience and apply them subsequently, although to solving the same problem, but under completely different boundary conditions. Of course, this process can lead to a different result than expected. The same is applicable in the field of geotechnics that algorithms, equations, models of the value of geotechnical parameters etc. are reliably valid only within the fields confirmed by tests or empirical experience.

Underestimating unexperienced situations and overestimating experienced ones

The possibility of the origination of accidental phenomena the responsible subject have no personal experience with is usually underestimated by them. On the other hand, those who have this experience can overestimate it. When the probability of the realisation of accidental phenomena is analysed, a subjective approach often prevails instead of the substantive approach. The subjects concerned are usually not aware of this subjectivity. It is a shame because any correctly

4. VÝZNAM INŽENÝRSKÉ INTUICE

V průběhu výstavby geotechnických konstrukcí často nastávají situace, kdy je třeba přijmout rozhodnutí prakticky okamžitě, bez složitých analýz výpočtů a doplňování dat dalším průzkumem. Tehdy je účinným nástrojem inženýrská intuice. Jinými slovy inženýrský cit. Při používání takového zkráceného postupu se však musí dodržovat určitá pravidla a omezení. Jinak může znamenat značné nebezpečí chybného rozhodnutí.

Co je intuice a jak vzniká

V lidském mozku probíhá současně tzv. intuitivní myšlení a racionální myšlení. Intuitivní myšlení je rychlé a vychází z v podvědomí uložených zkušeností a poznatků. Racionální myšlení je pomalé a pracné. Vychází z teoretických znalostí a uplatňování zásad logiky, indukce, dedukce, výpočtů atd. (Kahneman 2012). Jinými slovy, intuice je schopnost rychlého a úspěšného rozpoznání nejistého stavu a nejistých podmínek, v jakých se posuzovaný systém, v našem případě systém hornina – stavba, nachází, a na tomto základě rychlé nalezení optimálního řešení daného problému.

Úspěšnost inženýra geotechnika či stavitele podzemních konstrukcí spočívá ve schopnosti operativní kombinace intuitivního a racionálního myšlení. To znamená rychlého rozpoznání problému a jeho řešení na základě kombinace zkušeností a poznatků uložených v podvědomí a teoretických odborných znalostí. Intuice geotechnika či projektanta nebo stavbyvedoucího vzniká řešením mnoha praktických problémů během dlouhé řady let a současným systematickým rozvojem jeho odborných znalostí v příslušných specializacích. Je to dlouhodobé ukládání komplexních zkušeností, informací a poznatků do podvědomí. Spolu s tím se musí rozšiřovat i teoretické znalosti v příslušném oboru.

Úskalí intuitivního myšlení v geotechnice

Používání intuice má samozřejmě svá úskalí. Expert geotechnik dospěje snadno k přesvědčení, že pracovní hypotéza, kterou s pomocí intuice vytvořil, je správná. Často přitom ale může podlehnout pokušení zanedbat všechno to, co o problému neví. Při hodnocení totiž zpravidla vychází jen z omezených informací. Toho, co se neví, ale bývá při řešení geotechnického problému víc než toho, co se ví. Obranou je uvědomit si včas to, co se neví, a při rozhodování na to brát ohled. Základní otázky, které se proto musí při řešení nejistých problémů vždy položit, jsou: Co všechno se neví? Co je nejisté? Jak tyto nejistoty vzít při rozhodování v úvahu?

Někteří experti – geotechnici si také zapomínají klást otázku o hranici spolehlivosti své vlastní intuice, nebo ji sebevědomě posunují příliš daleko. Častou neschopností rozeznat hranice vlastních profesionálních dovedností a hranic mezi tím, co vím a co nevím, a jaký to může mít důsledek, lze vysvětlit nemalou řadu pochybení v inženýrském stavitelství.

Rozhodování za omezených informací

Informace, které jsou používány pro řešení geotechnických problémů, bývají nejen omezené, ale často je nejistá i jejich pravdivost. A intuitivní závěry jsou zpravidla prováděny právě na základě omezených informací. Většinou se příliš optimisticky předpokládá, že informace, které jsou k dispozici, jsou i pravdivé. Rychlé závěry jsou umožněny právě proto, že rozhodovací subjekt se nezdržuje s jejich důkladným rozborem a posuzováním. Nemá čas na jejich ověřování, tím méně na jejich doplňování. Prostě vychází z předpokladu, že když existují, tak jsou i pravdivé.

assessed experience is good in an uncertain environment. Experience gained by other subjects should for that reason be taken into account without subconscious reducing its importance, equally to one's own experience.

4. IMPORTANCE OF ENGINEERING INTUITION

Situations frequently occur during the construction of engineering structures where it is necessary to take a decision almost immediately, without complicated analyses of calculations and complementing data by another investigation. Then the engineering intuition is an effective tool. In other words, the engineering sense. However, when such an abridged procedure is used, it is necessary to adhere to certain rules and limitations. Otherwise, it can mean a significant danger of a wrong decision.

What is intuition and how it arises

In human brain the so-called intuitive thinking and rational thinking take place concurrently. Intuitive thinking is fast and comes from the subconscious. Rational thinking is slow and arduous. It comes from theoretical knowledge and application of rules of logics, induction, deduction, calculations etc. (Kahneman 2012). In other words, intuition is an ability of fast and successful recognition of an uncertain state and uncertain conditions in which the system being assessed (in our case the ground-construction system) is found on the basis of fast finding of an optimal solution to the particular problem.

The success of an engineer-geotechnician or a builder of underground structures lies in the ability of operative combination of intuitive and rational thinking. It means the fast recognition of a problem and its solution based on a combination of experience and knowledge stored in the subconscious and theoretical professional knowledge. The intuition of a geotechnician or a designer or a site manager develops by solving numerous practical problems during many years and by concurrent systematic development of his professional knowledge in relevant specialisations. It is long-term storing of comprehensive experience, information and findings into the subconscious. Along with this, it is necessary to expand even then theoretical knowledge in the relevant field.

Pitfalls of intuitive thinking in geotechnics

The use of intuitive thinking has, of course, its own pitfalls. A geotechnical expert easily comes to conviction that the working hypothesis he developed using intuition is correct. But he can often give in to temptation to neglect everything he does not know about a problem. When making an assessment, he usually proceeds only from limited information. But the quantity of the things which are not known is usually greater than the quantity of things which are known when a geotechnical problem is being solved. The defence lies in timely realisation of the things which are not known and taking it into consideration when the decision is being made. Here are the basic questions which have always to be asked: What is unknown? What is uncertain? How are the uncertainties to be taken into consideration when decisions are being made?

Some experts – geotechnicians in addition forget to ask the question regarding the limit of reliability of their own intuition or they confidently shift it too far. A frequent inability to distinguish the limits of one's own professional skills and boundaries between what I now and what I do not know and the consequence it may have can be explained by the considerable number of mistakes in civil engineering.

Making decisions with limited information

Information used for solving geotechnical problems is usually not only limited but, in addition, even its veracity is often uncertain. And it is the limited information that the intuitive conclusions are usually

Do této kategorie patří i nekritické přebírání výsledků nedostatečných průzkumů.

Podmínky úspěšného použití intuice v geotechnice

Intuici zásadně nelze věřit, pokud prostředí, kterého se týká, nevykazuje stabilní pravidelnost. Pro úspěšné využívání inženýrské intuice je naopak třeba, aby prostředí, okolnosti a pracovní postupy, ve kterých řešení probíhá, byly neměnné. Musí se jednat o obdobné prostředí, ve kterém daný rozhodovací subjekt své zkušenosti nashromáždil. Každý, kdo chce pracovat jako expert pro geotechniku, musí být sám schopen posoudit, zda jeho minulé poznatky, zkušenosti a informace jsou relevantní pro danou situaci.

Vynikající projektant podzemních staveb může velmi úspěšně pracovat s intuicí v určitém geologickém prostředí, například v pražské geologii. Avšak uplatní-li bezmyšlenkovitě tyto zkušenosti v jiném geologickém prostředí, které vykazuje úplně jiné vlastnosti a chování, například v karpatském flyši, může mít taková neopatrnost fatální důsledky.

Nevhodné používání intuice

Nezřídka se stává, že objednatel ve snaze ušetřit, nebo zrychlit přípravu či výstavbu, tak namísto správného postupu, spočívajícího v získávání dostatečných dat, například průzkumem a geotechnickým návrhem zahrnujícím komplexní postupy (výpočty), spoléhá jen na znalecké „intuitivní“ posouzení problému na základě omezených informací. Rozhodnutí jsou pak přijímána ad hoc, na pracovních poradách, na základě zkušeností často dokonce jen jediného, byť třeba špičkového experta.

Případné chyby, které jsou následkem takových rozhodnutí včetně odpovědností za ně, je třeba přičíst výhradně na konto zadavatele takových expertiz. Expert samozřejmě své doporučení podává vždy bona fide, s nejlepším použitím svých zkušeností a znalostí. Ovšem nemůže mít odpovědnost za to, že nedostal všechny potřebné informace, a to ani v situaci, kdy by to bývalo bylo možné. V každém případě tento postup představuje zbytečně zvýšená rizika, a zodpovědný objednatel by jej neměl, ve svém vlastním zájmu, nikdy připustit.

Pěstování intuice

Pro pěstování intuitivního myšlení a jeho efektivního používání při praktickém rozhodování v inženýrské praxi je důležité důsledně provádění zpětných vazeb. Je třeba neustále udržovat povědomí o tom, pro jaký problém a v jaké situaci byly konkrétní zkušenosti získány, za jakých podmínek jsou relevantní a za jakých nikoliv. Je třeba zkoumat za jakých vnějších i vnitřních okolností příslušné děje probíhaly. Vždy je třeba hledat pro pozorované děje jejich fyzikální vysvětlení a konfrontovat je s existujícími hypotézami a vysvětlovat důvody, proč jsou s nimi v případném rozporu. Vždy je nutno znovu a znovu stanovovat hranice platnosti získávaných zkušeností.

5. ŘÍZENÍ RIZIK

Důsledkem značných nejistot spjatých s vlastnostmi horninového prostředí a s možností vzniku nahodilých přírodních i jiných externích událostí je to, že výstavba geotechnických konstrukcí a zejména podzemních staveb je doprovázena podstatně vyšší mírou rizik, než je tomu v jiných odvětvích stavebnictví. Tato rizika je třeba vždy kontrolovat a řídit.

Riziko je obecně definováno jako „účinek nejistoty na dosažení cíle“. Inženýrským rizikem se rozumí souběh pravděpodobnosti, že dojde k nežádoucí události a následkům

based on. It is usually too much optimistically assumed that the information available is true. Coming to quick conclusions is allowed for by the fact that the decision-making subject does not lose time with thorough analysing and assessing them. He does not have time to verifying, even less for complementing it. He simply proceeds from the assumption that when it exists, it must be true.

This category comprises even the uncritical taking over the results of insufficient surveys.

Conditions of successful application of intuition in geotechnics

Basically, intuition cannot be verified, unless the environment it is related to exhibits stable regularity. It is necessary for the successful use of engineering intuition that the environment, circumstances and working procedures in which the work on the solution proceeds are invariable. The environment has to be similar to the environment in which the particular decision-making subject gathered its experience. Anyone who wants to work in the position of an expert for geotechnics has to be capable of judging himself whether his past knowledge, experience and information is relevant for the particular situation.

An excellent designer of underground structures can work very well with intuition within a certain geological environment, for example in the Prague geology. However, if he applies this experience thoughtlessly to another geological environment exhibiting completely different properties and behaviour, for example to the Carpathian flysh, his carelessness may have fatal consequences.

Unsuitable use of intuition

It often happens that a client, in the effort to save funds or accelerate the preparation or construction, relies only on the “intuitive” expert assessment of the problem based on limited information, instead of using a correct procedure lying in obtaining sufficient data, for example by investigation and geotechnical design involving comprehensive procedures (calculations). Decisions are then taken ad hoc, in working meetings, on the basis of experience of an often only one top expert.

The contingent mistakes which are consequences of such decisions, including responsibility for them, must be ascribed solely to the account of the person who ordered such expertises. Of course, an expert always submits his recommendations *bona fide*, using his experience and knowledge best he can. Naturally, he cannot be responsible for not receiving required information, even in the situation where it would have been possible. In any case, this procedure represents unnecessarily increased risks and a responsible client should, in his own interest, never permit it.

Fostering intuition

Consistent performing feedback is important for fostering intuitive thinking and its effective use in practical making decisions in the engineering practice. It is necessary to permanently maintain the awareness of the problem the concrete experience was obtained for and the situation in which it was gained, under which conditions it is relevant and conditions under which it is irrelevant. It is necessary to examine the internal circumstances in which the relevant actions proceeded. It is always necessary to seek the physical explanation of the actions being observed and confront them with existing hypotheses and explain the reasons why they are inconsistent with them. It is always necessary to again and again determine the limits of the experience gained.

5. RISK MANAGEMENT

The consequence of significant uncertainties associated with properties of ground environment and the possibility of the origination of accidental natural and other external events is the fact that the construction of geotechnical structures and, in particular, underground structures, is accompanied by the level of risk significantly higher

(škodám), které jsou důsledkem vzniku takové události. Riziko je většinou vyjádřitelné ve finančních jednotkách, časovou ztrátou, nebo nějakou jinou nehmotnou újmou. Pravděpodobnost je míra jistoty (nejistoty), že určitý děj, či stav nastane, či nenastane. Má měřítko od nuly do jedné. Riziko je všude, kde je nejistota. Kde je naopak vše jisté, riziko neexistuje.

Řízení rizik má za cíl optimalizaci mezi náklady na opatření ke snižování rizika a velikostí dosaženého snížení rizika. Platí, že dosažené snížení rizika musí být větší než náklady na toto snižování rizika vynaložené. Další podmínkou je, že riziko po jeho případném snížení musí být menší, než tak zvané riziko přijatelné. To je riziko, které je nositel rizika schopen řídit, bez úhony přenést a je ochoten je vědomě podstoupit.

Stanovení míry přijatelného rizika je jedním z klíčových prvků rizikové analýzy. Dalším je samozřejmě stanovení pravděpodobnosti vzniku nežádoucího jevu, který může způsobit škodu. K tomu lze použít různé postupy od odhadu, expertní metody nebo statistiku (pokud je dost dat), až po metody pravděpodobnostního počtu. Dnes je pro řízení rizik k dispozici řada postupů, předpisů a norem. Především ČSN ISO 31000:2000 Management rizik – Principy a směrnice, ČSN EN 608:2007 Techniky analýzy bezporuchovosti systémů – postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA) nebo mezinárodní standardy, z nichž nejpropracovanější jsou dokumenty ITA-AITES a AFTES.

Pro podzemní stavby realizované činností prováděnou hornickým způsobem také platí ustanovení Vyhláška Českého báňského úřadu č. 55/1996 Sb., podle které je ražba podzemního díla možná pouze, pokud byla provedena riziková analýza.

ČSN ISO 31000:2000 vnímá řízení rizik jako soubor činností a metod, které směřují ke kontrole (a snižování) existujících rizik. Metodika řízení rizik předkládaná v ČSN ISO 31000:2000 zahrnuje zásady řízení rizik, strukturu řízení rizik, a proces řízení rizik. Risk Assessment (proces řízení rizik) podle ČSN ISO 31000:2000 dále zahrnuje identifikaci rizik, kvantifikaci rizik a analýzu rizik.

Metodiku řízení rizik je třeba ale uplatňovat vždy v rozsahu přiměřeném k okolnostem konkrétního stavebního díla a podle konkrétních geologických, přírodních i ekonomicko-sociálních poměrů, ve kterém se podzemní dílo bude připravovat a budovat. V jejich rámci se zpracovává plán řízení rizik dané stavby. Ten se následně stává nedílnou součástí dokumentace výstavby a systému jejího řízení.

6. EXPERTNÍ METODY

Nejosvědčenějším způsobem jak v podzemním stavitelství získat nejspolehlivější řešení při nejistých informacích, jak eliminovat vliv nejistot, identifikovat a kvantifikovat zdroje rizik, jsou expertní metody. Jde o postup, kdy na témž řešení pracuje několik nezávislých expertů najednou. Tým expertů je složen z odborníků způsobilých rozpoznat a posoudit velikost a následky různých druhů potenciálních nedostatků projektu, které by mohly vést k poruchám. Výsledné řešení se považuje pro daný problém za nejvhodnější a za dané situace nejlepší možné. Řešení nalezená expertními metodami nejlépe vyhovují požadavku využití aktuálně nejvyššího dosažitelného stupně poznání pro řešení daného problému za daných nejistých okolností s podmínkou rozumné bezpečnosti.

than it is in other branches of civil engineering. These risks have always to be checked and managed.

The risk is in general defined as the “effect of uncertainty on objectives”. The engineering risk is the concurrence of the probability that an undesired event takes place with the consequences (damage) which follow from the origination of such an event. Risk is usually expressible in financial units, by the lost time or another intangible damage. Probability is the degree of certainty (uncertainty) that a certain action or condition will or will not take place. It is measured on the scale ranging from zero to one. Risk is everywhere where there is uncertainty. Conversely, there where everything is certain, risk does not exist.

The objective of risk management is the optimisation between the costs of risk reduction measures and the magnitude of the risk achieved. It applies that the risk reduction achieved has to be greater than the costs incurred to reduce the risk. Another condition is that the risk after a possible lowering has to be smaller than the so-called acceptable risk. It is the risk which the risk bearer is able to control, transfer without harm and is willing to consciously take it.

The determination of the acceptable risk degree is one of the key elements of the risk analysis. Naturally, another one is the determination of the probability of the origination of an undesired phenomenon which can cause damage. Various procedures can be used to do this, ranging from estimation, expert methods or statistics (when the amount of data is sufficient) up to the probability calculus method. Today, there are numerous procedures, regulations and standards available for managing risks. Primarily they are the ČSN ISO 31000:2000 Risk Management – Principles and Regulations, the ČSN EN 608:2007 Techniques of analysing the failure-free property of systems – procedure of the analysis of failure modes and effects (FMEA) or international standards, of which the ITA-AITES and AFTES documents are most elaborate.

Underground construction realised by activities involving mining in addition governed by the Decree of the Czech Bureau of Mines No. 55/1996 Coll., according to which the excavation for underground structures is possible only if a risk analysis is finished.

ČSN ISO 31000:2000 considers the risk management as a system of activities and methods aimed at controlling (and reducing) existing risks. The risk management methodology presented in ČSN ISO 31000:2000 comprises risk management principles, risk management structure and risk management process. The Risk Assessment comprises risk identification, risk quantification and risk analysis.

The risk management methodology has to be applied always within the extent adequate to the circumstances of a concrete construction work and according to concrete geological, natural and economic-social conditions in which the underground work will be prepared and carried out. The risk management plan for the given construction is prepared within their framework. It subsequently becomes an inseparable part of the construction documentation and the system of its management.

6. EXPERT METHODS

The use of expert methods is the most proven method of obtaining the most reliable solution arrived at with uncertain information, eliminating the influence of uncertainties and identifying and quantifying sources of risks in the field of the underground construction industry. It is a procedure where several independent experts work at a time on the same solution. The team of experts consists of professionals capable of distinguishing and assessing the magnitude of consequences of various types of potential drawbacks of a design which could lead to defects. The best resultant solution is considered to be most acceptable and best possible for the given situation. Solutions

Expertní tým

Při aplikaci expertních metod pro řízení rizik je nezbytné ustanovit vhodný expertní tým složený ze specialistů z odborností, které mají přímý vztah k řešené problematice. Při rizikových analýzách pro tunelové stavby by expertní tým měl být složen ze specialistů objednatele, projektanta, báňské správy, zhotovitele, zpracovatele geotechnického průzkumu, řešitele geotechnického monitoringu, dotčené veřejné správy, inženýrského geologa, geotechnika, hydrogeologa a dalších přizvaných specialistů podle povahy řešeného problému. Hodnocení a práce expertů musí přitom být vzájemně nezávislé, ale koordinované. Experti pracují podle jednotné metodiky, se kterou byli dobře seznámeni. Pracují samostatně, neinformují se vzájemně o svých postupech a nálezech. Používají stejné klasifikační stupnice a hodnotící postupy. Každý ovšem se svou poněkud odlišnou zkušeností, praxí, znalostmi a úhlem pohledu. Tak se nejlépe využijí zkušenosti a znalosti, které mají jednotliví členové expertní skupiny. Sníží se tím pravděpodobnost chyb, které by nastaly v případě hodnocení téhož problému jediným expertem.

Výsledky jejich řešení zpracovává nezávislý expert na rizikovou analýzu. Ten také průběžně práci celého týmu koordinuje, řídí a připravuje pro něj jednotné podklady. Vedoucí rizikové analýzy podléhá zadavateli, který rizikovou analýzu expertní metodou objednává.

Adaptace expertní metody FMEA pro podzemní stavby

Analýza způsobů a důsledků poruch (FMEA – Failure Modes and Effects Analysis) je systematický postup analýzy systému za účelem zjištění potenciálních způsobů poruch, jejich příčin a důsledků na technické parametry systému a jeho fungování. (Tedy včetně systému stavba podzemního díla – horninové prostředí.) Postup je popsán v ČSN EN 608:2007 Techniky analýzy bezporuchovosti systémů – postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA).

Při hodnocení závažnosti kombinuje skupina expertů slovní hodnocení potenciálních nežádoucích jevů s kvantifikovaným hodnocením. To spočívá v přidělování bodů jednotlivým nežádoucím jevům podle jednotných kritérií a podle jednotné klasifikace. Cílem je sestavit pořadí důležitosti všech potenciálních nežádoucích jevů, které byly předtím zpracovány do registrů možných nežádoucích jevů. Registry zdrojů rizik (nežádoucích jevů) se zpracovávají pro různé objekty, procesy, technologie atd., které se při výstavbě podzemní stavby budou vyskytovat. Každý v registrech identifikovaný nežádoucí jev je každým expertem oceňován samostatně.

Bodové hodnocení každého potenciálně nežádoucího jevu v rozsahu 1 až 5 se provádí standardně pro tři parametry a to: „Z“ – Důsledky (závažnost, výše škod příslušného jevu), „P“ – Pravděpodobnost vzniku příslušného jevu a „Dt“ – Předvídatelnost vzniku takového jevu.

Pro každý nežádoucí jev, který je uveden v registrech rizik, se pak stanoví index RPN (Risk Priority Numer). Ten je relativním hodnocením míry rizika, které v konkrétním případě hodnocený nežádoucí jev představuje. Hodnota indexu RPN je daná součinem všech tří klasifikovaných parametrů.

$$RPN=Z \times P \times Dt$$

found using expert methods best fit the requirement for the application of the currently highest attainable degree of knowledge to the solution of the given problem under uncertain circumstances, with the condition of reasonable safety.

Expert team

When expert methods for managing risks are to be applied, it is necessary to establish an appropriate expert team consisting of specialists with expertise directly relating to the problems to be solved. In the case of risk analyses for tunnel construction projects, the expert team should consist of specialists employed by the project owner, designer, mining administration, construction contractor, processor of geotechnical investigation, contractor for geotechnical monitoring, respective public administration, engineering geologist, geotechnician, hydrologist and other specialists invited with respect to the nature of the problem to be solved. The assessments and work of experts have to be independent of each other but coordinated. The experts work according to a unified methodology, which they were well acquainted with. They work independently, do not inform each other about their procedures and findings. They use identical classification scales and assessment procedures. Of course, each of them applies his own, somewhat different, experience, practice, knowledge and angle of view. In this way, the experience and knowledge of individual members of the expert team will be used best. The probability of mistakes which could take place in the case of assessing the same problem by a single expert is reduced by it.

Results of their solutions are processed by an independent expert on risk analysis. He, in addition, usually continually coordinates and manages the work of the whole team and prepares unified documents for it. The manager of the risk analysis is subordinate to the client who orders the risk analysis using the expert method.

Adaptation of the FMEA expert method for underground construction

The Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) is a systematic procedure of the analysis of the system for the purpose of identifying potential ways of failures, their causes and consequences for technical parameters of the system and its functioning (including the underground construction-ground environment system, including the entire system or process). The procedure is described in ČSN EN 608:2007 Techniques of analysing the failure-free property of systems – procedure of the analysis of failure modes and effects (FMEA).

When the significance is being assessed, the team of experts combines the verbal assessment of potential undesired phenomena with the quantified assessment. It lies in assigning points to individual undesired phenomena according to individual criteria and according to the unified classification. The objective is to compile the ranking of the significance of all potential undesired phenomena, which were previously placed into registries of potential undesired phenomena. The registries of sources of risks (undesired phenomena) are maintained for various structures, processes, technologies etc. which will be encountered during the underground construction. Each undesired phenomenon identified in the registries is assessed by each expert independently.

The point rating of each potentially undesired phenomenon ranging from 1 to 10 is conducted in a standard way for 3 parameters: “Z” – Consequences (seriousness, amount of damage); “P” – Probability of the origination of the respective phenomenon and “Dt” – predictability of the origination of such a phenomenon.

The RPN index (Risk Priority Number) is subsequently determined for each undesired phenomenon contained in risk registries.

The index is a relative assessment of the risk level which the undesired phenomenon being assessed represents in the particular

7. SHRNUŤ

Rozhodování většiny problémů souvisejících s projektováním a výstavbou geotechnických konstrukcí je vždy spojeno se značnou nejistotou. Řada důležitých vstupů buď chybí, nebo nejsou dostatečně výstižné či spolehlivé. Rozhodování za nejistoty musí respektovat jiná pravidla, než jsou běžná při deterministických postupech. Důležitou podmínkou úspěšného řešení komplexního geotechnického problému s větší mírou nejistoty je proto zbavit se deterministického způsobu uvažování a nahradit jej uvažováním pravděpodobnostním.

Při hodnocení geotechnického monitoringu je třeba věnovat pozornost i tomu, co není monitoringem zaznamenáno, zjištěná data je třeba hodnotit v souvislostech a je třeba je fyzikálně vysvětlovat. Z pozorovaných jevů se nesmí vyhledávat pouze ty skutečnosti, které svědčí ve prospěch předem přijaté teorie, předpokladu, zvoleného výpočtového modelu, ale i ty, které pro ně nesvědčí.

Pro zvládání mimořádných událostí je otázka „Co důležitého o vlastnostech horninového masivu nevíme?“, nejméně stejně tak důležitá, jako obvyklejší otázka „Co všechno o vlastnostech horninového masivu víme?“ Vždy je třeba se ptát: „Co všechno se neví? Co je nejisté? Jak tyto nejistoty vzít při rozhodování v úvahu?“

Významným nástrojem řešení problémů za nejistoty je inženýrská intuice. Při jejím uplatnění se však musí dodržovat určitá pravidla a respektovat některá omezení. Inženýrská či geotechnická intuice není schopnost věštit, či hádat, ale schopnost rychle uplatňovat zkušenosti spolu s teoretickými znalostmi.

Úspěšnost experta spočívá ve schopnosti rychlého rozpoznání problému a návrhu jeho řešení na základě kombinace zkušeností a poznatků uložených v podvědomí (intuice) a teoretických odborných znalostí. Intuici ale nelze nikdy používat jako účelovou náhradu nedostatku informací v situacích, kdy je lze standardními postupy získat.

Metodika řízení rizik systémově zavádí pravidla a osvědčené postupy pro řízení rizik, a rozdělování rizik mezi účastníky výstavby ve všech fázích její přípravy i realizace. Dnes je pro řízení rizik k dispozici řada osvědčených postupů předpisů a norem, s jejichž pomocí lze řízení rizik profesionálně provádět. Účinným nástrojem metodiky řízení rizik jsou expertní metody.

Článek byl zpracován s využitím výsledků Centra kompetence Technologické agentury České republiky, získaných při řešení projektu „Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu“ (CESTI), číslo projektu TE01020168 v roce 2018.

*doc. Ing. ALEXANDR ROZSYPAL, CSc.,
alexandr.rozsygal@gmail.com*

*Recenzovali Reviewed: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.,
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc.*

case. The value of the RPN index is given by the product of all three parameters being classified.

$$RPN = Z \times P \times Dt$$

7. SUMMARY

Making decisions on the majority of problems associated with designing and constructing geotechnical structures is always associated with significant uncertainty. Many important entries are either missing or are insufficiently apposite or reliable. Making decisions under uncertainty has to respect different rules than those common in deterministic procedures. An important condition for successful solution to a complex geotechnical problem with rather great level of uncertainties is therefore that the deterministic thinking is abandoned and is replaced with probabilistic thinking.

When geotechnical monitoring is being assessed, it is necessary to pay attention even to the things which are not reregistered by the monitoring; the determined data has to be evaluated in context and it is necessary to explain it physically. Of the observed phenomena, it is not possible to seek only the facts which give evidence of a pre-accepted theory, an assumption of the chosen calculation model, but also the facts not giving the evidence.

Important for coping with extraordinary events is the question: “What important regarding the properties of the ground mass do we not know?”, but at least equally important and more common question is “What all do we know about the ground mass properties?” It is always necessary to ask: “What all is not known? What is uncertain? How are those uncertainties to be taken into consideration in the decision-making process?”

An important tool for solving problems under uncertainty lies in the engineering intuition. Nevertheless, certain rules have to be adhered to and some limitations have to be respected. Neither the engineering nor geotechnical intuition is able to prophesy or guess, but it is able to quickly apply experience together with theoretical knowledge.

Expert's success lies in the capability of quick recognising a problem and proposing the solution on the basis of a combination of experience and knowledge stored in the subconscious (the intuition) and theoretical professional knowledge. But intuition can never be used as a replacement for the reason of the lack of information in the situations where it can be obtained using standard procedures.

The risk management methodology introduces a system of rules and proven procedures for managing risks and distribution of risks among participants of construction in all phases of its preparation and realisation. Many proven procedures, regulations and standards are today available for professional managing the risks. Expert methods of the risk management methodology are an effective tool.

The paper was prepared using the results of the Competence Centre of the Technology Agency of the Czech Republic gathered when solving the Centre for Effective and Sustainable Transport Infrastructure (CESTI), project number TE01020168 in 2018.

*doc. Ing. ALEXANDR ROZSYPAL, CSc.,
alexandr.rozsygal@gmail.com*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] KAHNEMAN, D. Thinking Fast and Slow. (Myšlení rychlé a pomalé). JM Publishing 2012
- [2] ROZSYPAL, A. Význam pravděpodobnostního přístupu v geotechnice. Geotechnika 2012
- [3] ROZSYPAL, A. Role of Probabilistic Approach to Risk Management in Underground Structures. 12th International Conference Underground Construction. Prague 2013
- [4] ROZSYPAL, A., POLÁK, M. Expertní metoda hodnocení rizika pro projekt tramvajového tunelu v Brně. Konference IG, Brno, 2017
- [5] STAVEREN, M. Th. Uncertainty and Ground Conditions: Risk Management Approach Elsevier, 2006
- [6] TALEB, N. N. Fooled by Randomness – The Hidden Role of Chance in Life and in the Market. Penguin books

FOTOREPORTÁŽ Z VÝSTAVBY ŽELEZNIČNÝCH TUNELOV DIEL A MILOCHOV

PICTURE REPORT FROM CONSTRUCTION OF DIEL AND MILOCHOV RAILWAY TUNNELS



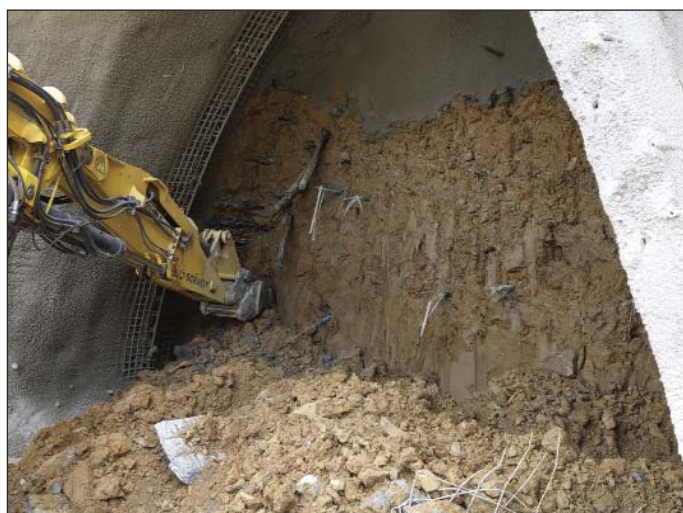
Obr. 1 Výstavba portálu pre únikovú štôľňu tunela Diel
Fig. 1 Construction of the portal for the escape gallery of the Diel tunnel



Obr. 2 Postupné otváranie a zabezpečovanie portálu tunela Diel na východnej strane
Fig. 2 Gradual opening and stabilising the Diel tunnel portal on the eastern side



Obr. 3 Pohľad z východného portálu tunela Diel na výstavbu železničnej estakády ponad Nosickú priehradu
Fig. 3 A view from the eastern portal of the Diel tunnel for the construction of the viaduct above the Nosice water reservoir



Obr. 4 Začiatok razenia tunela Milochove z východného portálu
Fig. 4 Beginning of driving the Milochove tunnel from the eastern portal



Obr. 5 Východný portál tunela Milochove
Fig. 5 Eastern portal of the Milochove tunnel



Obr. 6 Razenie tunela Milochove z východného portálu v delenej kalote
Fig. 6 Driving the Milochove tunnel from the eastern portal in the divided-up top heading



Česká betonářská společnost ČSSI
www.cbsbeton.eu

Konference s mezinárodní účastí

25. BETONÁŘSKÉ DNY 2018

spojená s výstavou BETON 2018

21. a 22. listopadu 2018

Hotel Olympik Artemis – U Sluncové 14, 186 76 Praha 8

Geotechnika v podzemním stavitelství



Poskytované služby:

- zpracování studie proveditelnosti z hlediska geotechnických rizik
- komplexní návrh a realizace geologických průzkumů ve všech stupních přípravy
- analýza geotechnických rizik jako vstupní parametr pro provedení projektové dokumentace
- komplexní návrh a provedení geotechnického monitoringu
- řešení geotechnických problémů pomocí matematického modelování
- řízení geotechnických rizik při vlastní výstavbě podzemního díla
- geotechnický a stavební dozor při realizaci podzemního díla

SG Geotechnika a.s. se účastní procesu přípravy a výstavby podzemních staveb ve všech jeho fázích.

www.geotechnika.cz

Chcete se podílet na velmi zajímavých projektech dopravních staveb u největší projekční firmy v ČR? Hledáme kolegy pro projektování v České republice a Německu. V případě zájmu nás kontaktujte na tel. +420 267 094 376, p. Veselá



projekty - inženýring - konzultace

SUDOP PRAHA a.s.

je projektová, konzultační a inženýrská společnost s tradicí více než 60 let. Společnost nabízí velmi široké portfolio komplexních a profesionálních služeb v oblasti dopravní infrastruktury, pozemních staveb a veřejné dopravy, kde se soustřeďuje na velké projekty ze státního i privátního sektoru.

Olšanská 1a, 130 80 Praha 3 267 094 304 e-mail: praha@sudop.cz www.sudop.cz

19. 9. — 20. 9. 2018

K.B.K. fire, s.r.o.

Ředitelství silnic a dálnic ČR,

Národní dálniční společnost, a.s., SR,
CzTA ITA-AITES, z.s.

Česká silniční společnost, z.s.

Vás společně zvou na

VII. ročník mezinárodní konference

POŽÁRNÍ BEZPEČNOST TUNELŮ 2018

Hotel Eroplán****
Rožnov pod Radhoštěm

K.B.K. fire, s.r.o.

+420 778 498 896

konference@kbkfire.cz





50 let v podzemním stavitelství



PODZEMNÍ
STAVBY

PRAHA
2019

14. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2019

3.–5. 6. 2019 | PRAHA, ČESKÁ REPUBLIKA

www.ps2019.cz | ps2019@guarant.cz



ASSOCIATION
INTERNATIONALE DES TUNNELS
ET DE L'ESPACE SOUTERRAIN

AITES

ITA

INTERNATIONAL TUNNELLING
AND UNDERGROUND SPACE
ASSOCIATION

ČESKÁ TUNELÁŘSKÁ
ASOCIACE
ITA-AITES
CZECH TUNNELLING
ASSOCIATION
ITA-AITES



ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

MOZAIKA ZE SVĚTA

■ Úmrtí legendární osobnosti rakouského tunelového stavitelství

Mimořádný profesor Ing. Franz Pacher, dr. h. c., zemřel ve svých 99 letech 3. března 2018 v Salcburku. Ing. Franz Pacher byl opravdu zcela mimořádná osobnost nejen rakouského, ale i světového tunelového stavitelství. První, co se nám vybaví při vyslovení jeho jména, je Fenner-Pacherova křivka a jeho zásluhy o rozvoj mechaniky hornin i o vznik Nové rakouské tunelovací metody za spolupráce prof. Rabcewicze.

Obdivuhodně si zachoval mentální svěžest do vysokého věku. Jeho kolegové a přátelé ho pravidelně navštěvovali a diskutovali s ním o tunelařině, takové odpoledne s ním strávili ještě na podzim roku 2017.

V jeho životě můžeme najít i československou či českou stopu. Narodil se totiž těsně po rozpadu Rakouska-Uherska ve slezském Mittelsuchau, což je náš dnešní Havířov. Brzy po svém narození se s rodiči odstěhoval do rakouského Grazu.

Čest jeho památce!

■ Gotthardský bážový tunel získal Evropskou železniční cenu 2018

Zástupce Švýcarských spolkových železnic pan Peter Jedelhauser a bývalý výkonný ředitel společnosti AlpTransit Gotthard pan Renzo Simoni obdrželi 20. února 2018 v Bruselu Evropskou železniční cenu pro rok 2018. Pánové ji převzali v zastoupení všech, kteří se podíleli na přípravě, výstavbě a uvedení do provozu Gotthardského bážového tunelu (GBT). Udělení ceny je spojeno s finanční odměnou ve výši 10 tis. eur a v tomto případě ji vítězové věnovali na charitativní účely.

Evropské železniční ceny uděluje od roku 2007 společně Společnost evropských železnic a Asociace evropského železničního průmyslu.

■ Tunel Bözberg proražen

V Mozaice uveřejněné v Tunelu č. 3/2017 jsme informovali o výstavbě tří nových tunelů, rekonstrukci 11 dalších a nutných úpravách trati, což vše souvisí se stavbou tzv. čtyřmetrového koridoru na železniční trase zahrnující Gotthardský bážový tunel. Koridor má umožnit železniční přepravu taháčů s kamiony výšky do 4 m. Celý koridor délky 270 km bude dvojkolejný a vede Švýcarskem od Basileje do Chiassa na hranici s Itálií. Koridor umožní také zvýšení kapacity osobní dopravy použitím dvoupodlažních vlakových souprav. Z dnešních celkem 180 vlaků za den bude možné jejich počet zvýšit na 260 denně.

Klíčovým objektem celé trasy je nejdelší **nový tunel Bözberg** dl. 2,7 km, který je dvojkolejný a vede v souběhu se starým tunelem z roku 1875. Ten bude po uvedení do provozu nového tunelu upraven na servisní a únikový.

Tunel prochází proměnlivým prostředním švýcarské Jury v nepříznivých geotechnických podmínkách. V jižní části bylo zastiženo rozsáhlé tektonicky porušené pásmo a přesto, že byly k dispozici geotechnické údaje ze stavby starého tunelu a také z nového asi 500 m vzdáleného silničního tunelu, zůstávaly určité pochybnosti o rozsahu tlačivých a bobtnavých hornin. Proto se provedl doplňkový průzkum zahrnu-

jící také několik jádrových vrtů z povrchu. Snahou bylo upřesnit výskyt hornin náchylných k bobtnání (bobtnavé jíly, sádrovce a anhydrity).

Ukázalo se, že u jižního portálu, kde měla být ražba zahájena, se neobvyklým způsobem střídají skalní horniny se zvětřalými a vyskytuje se zde sádrovec. Tato geotechnicky obtížná zóna délky 174 m musela proto být ražena konvenčně. Razilo se pod ochranou mikropilotového deštníku (pr. mikropilot 159 mm, dl. 16 m, překrytí 4 m) bez trhacích prací, protože provozovaný tunel byl vzdálen jen 15 až 20 m. Primární ostění ze stříkaného betonu mělo s ohledem na tlačivé horniny tl. 45 cm. Definitivní ostění je tvořeno monolitickým železobetonem, přičemž klenba a opěří má tl. 60 cm a dno 100 cm.

Tunel zde procházel při nízkém nadloží šikmo vrstvou sádrovce šířky 30 m, takže mohlo dojít i k zvedání konstrukce tunelu. Provádění zvláštních opatření se řídilo podle výpočtu předpokládaného tlaku vyvinutého bobtnáním sádrovce. Při tlaku do 800 kPa a při přijatelné výšce nadloží se zvláštní opatření neprováděla; při tlaku do 1500 kPa a pokud tímto tlakem byl dotčen tunel v délce do 10 m, bylo definitivní ostění silněji podélně vyztužené a výztuž probíhala i blokovými spárami, aby se zatížení rozneslo podél tunelu. Při předpokladu vyšších tlaků byly do ostění zakomponovány deformační zóny (jako nouzové řešení?).

Úsek konvenční ražby zasahoval částečně do prostoru výskytu termálních vod, které jsou využívány v nedalekých lázních Schinznach. Zde bylo definitivní ostění navrženo jako naprosto vodotěsné včetně injektáže zabraňující migraci podzemní vody podél tunelu v podélném směru. Opatření pro ochranu termálních vod se musela provést na úseku délky 400 m, tedy i po zahájení ražby tunelovacím strojem, který zde procházel vodonosnými vrstvami „mušlovitého“ vápence (Huptmuschellkalk).

Pro mechanizovanou ražbu byl vybrán, s využitím zkušeností z ražby nedalekého silničního tunelu v devadesátých letech, jednoduchý štít – TBM s vnějším profilem 12,08 m. Pečlivá byla příprava pro ražbu v anhydritových horninách, byly připraveny nástroje pro rozšíření standardního profilu o 5 cm, mazací injektáž z bobtnavého bentonitu a před zahájením ražby v těchto horninách se provedla pečlivá údržba stroje a jeho řezných nástrojů. Běžně se razilo 5 dní v týdnu, v anhydritu probíhala ražba nepřetržitě. Rozšiřování výrubu nebylo nutné, postup byl plynulý, hlavním problémem byl vývin prachu, protože technologické vody se používalo naprosté minimum.

Segmentové ostění bylo tvořeno pěti segmenty a klenákem ukládaným ve dně, bylo to rozpínavé ostění, před montáží klenáku byly již uložené segmenty rozepnuty. Segmenty měly šířku 2 m. Jednotlivá segmentová kola nebyla navzájem pootočena a ani těsněna mezi sebou. Pro tlačivé zóny bylo připraveno 11 typů různě vyztužených segmentů.

V zóně ochrany termálních vod bylo použito dvouplášťové ostění s mezilehlou dvojistou fóliovou izolační membránou. Segmenty zde měly konstantní tl. 30 cm. Ve zbytku trasy měly počvové segmenty tl. 60 cm, v opěří a klenbě bylo ostění dvouplášťové – segmenty a monolitický beton, který byl v tlačivých

zónách silně vyztužen. Jinde mohl být beton i nevyztužený. Beton segmentů musel zajistit jejich dlouhodobou životnost a trvalou únosnost, proto byl použit speciální síranovzdorný cement.

Nadvýrub za segmenty byl vyplněn kačírkem 4/8 mm, s výjimkou injektáže malty pod segmenty dna v rozsahu 60°. V zóně ochrany termálních vod a také při ražbě v anhydritu byla kačírková výplň pečlivě proinjektována, aby se zabránilo proudění vody podél konstrukce tunelu.

Tunel byl proražen 29. 11. 2017 ve značně nepříznivém místě – portál byl v prudkém svahu a v blízkosti provozované trati. Portál byl zajištěn mikropilotovým deštníkem a současně bylo prováděno nepřetržité monitorování portálové stěny, svahu i trati.

■ Do Londýna dorazil první tunelovací stroj pro kmenovou stoku Thames Tideway

Jak jsme informovali v Tunelu č. 3/2016, v Londýně probíhá největší kanalizační stavba, která kdy byla ve vodním hospodářství ve Velké Británii realizována. Její kmenová stoka bude dlouhá 25 km a bude ražena bentonitovými štíty fy Herrenknecht.

První ze šesti štítů o pr. 8,13 m objednaných pro tuto stavbu dorazil do centra Londýna v listopadu 2017. Svou cestu dlouhou 850 km absolvoval z Německa po vodě, před plavbou přes Severní moře byl v nizozemském Schiedamu, což je část Rotterdamu a současně evropské sídlo dodavatelské firmy Mammoet, přeložen na námořní nákladní člun a posléze přeplaven přes moře a Temží na místo určené k jeho opětné kompletaci. K manipulaci při nakládání a montáži použil dodavatel své jeřáby o nosnosti 1200 t a 750 t.

Během stavby bude po Temži dopravováno až 90 % všeho, co se stavbou souvisí – stroje, stavební materiály i vytěžená hornina, což nesmírně sníží dopad na životní prostředí v Londýně.

Bentonitový štít pojmenovaný Rachel by měl ražbu západní sekce nové kmenové stoky zahájit ještě v roce 2018.

■ Modernizace 1100 km dlouhé pobřežní silnice v Norsku

Norská obdoba českého ŘSD pokračuje s podstatnou modernizací 1100 km dlouhé pobřežní komunikace E39, která vede z Kristiansandu na jihu Norska přes Bergen do Trondheimu. Cílem je mimo jiné vyloučit na této trase převážení aut přívozy přes fjordy (v současnosti jich na trase funguje sedm). Komunikace se celkově zkrátí o 50 km, ale cestovní doba klesne asi na polovinu z dnešních přibližně 21 hod.

Při překonávání fjordů se kromě tunelů ražených pod dnem fjordů počítá s inovativními novinkami, jako jsou: kotvený plovoucí most, ponořený trubní most (či ponořený tunel?) a most o několika zavěšených polích. Nyní probíhá geotechnický průzkum na místech plánovaného překročení čtyř fjordů.

■ Montáž prvního tunelovacího stroje pro Grand Paris Express

Jak jsme informovali v Tunelu č. 4/2016, pro zlepšení osobní dopravy mezi Paříží a přiléhajícím okolím má být do roku 2030 zprovozněno šest linek automaticky provozovaného metra – Grand Paris Express. Vybudování této sítě si vyžádá stavbu 210 km tunelu a skoro 70 nových podzemních stanic.

Ve druhém čtvrtletí roku 2018 probíhala na staveništi Champigny Plateau montáž prvního stroje o pr. 9,8 m, který

by měl na této grandiózní stavbě zahájit ražbu tunelů a vyrazit celkem 37,5 km tunelů. Jde o zeminový štít od firmy Herrenknecht a předpokládá se, že na prvním úseku délky 2,2 km dosáhne denního postupu 12 m/den.

■ Silniční tunely pod Suezem proraženy!

Dva nové dvojtrubové silniční tunely pod starým i novým Suezským průplavem mimořádně urychlí a zvýší kapacitu dopravy z levého břehu Nilu na Sinajský poloostrov. Doposud totiž auta převážely přívozy. Podmínky pro jejich plavbu napříč kanálem při rušném provozu v něm nebyly vůbec jednoduché a auta musela čekat na nalodění v kilometrových frontách, takže se na druhý břeh někdy dostala až po pěti dnech. Jízda tunely zkrátí tuto dobu na 10 minut!!!!

Nové tunely mimořádně přispějí k všestrannému rozvoji Sinajského poloostrova, nehledě na jejich vojenský význam, o kterém se ale spíš cudně mlčí. Že ale egyptská vláda v čele s prezidentem Abdelem Fattahem al-Sisi považovala stavbu tunelů za nesmírně důležitou, svědčí i to, že pro ražbu čtyř tunelů celkové délky přes 15 km objednala u firmy Herrenknecht čtyři identické kombinované štíty o průměru 13,02 m, aby ražby všech tunelů mohly probíhat souběžně!

Jeden dvojitý tunel délky 2x2800 m byl ražen jižně od Port Saidu a druhý dlouhý 2x4800 m severně od města Ismailia v hloubce až 60 m pod vodní hladinou a tedy pod hydrostatickým tlakem až 6 atm.

Prorážky všech tunelů proběhly během jednoho měsíce. U tunelu poblíž Port Saidu 3. a 14. prosince 2017 (u tohoto štítu byl dosažen průměrný týdenní výkon 128 m), tunely u Ismailie byly proraženy 23. prosince 2017 (zde za účasti vládní egyptské garnitury v čele s prezidentem Al-Sisi a také dr. Martina Herrenknechta) a poslední prorážka se uskutečnila 3. ledna 2018.

Všechny tunely byly vyraženy v průběhu 19 měsíců.

■ V Nepálu nasazen první TBM

Po zkouškách a převzetí dvojitého TBM o pr. 5,06 m v továrně fy Robbins v říjnu 2017 byl stroj nasazen v prostředí jižního Himálaje v říjnu 2017. Jeho úkolem je vyrazit 12,2 km dlouhý tunel, kterým bude přiváděna voda především pro závlahy zemědělské oblasti o rozloze 60 tis. hektarů, což by mělo zlepšit krizovou situaci v zásobování potravinami středo-západního regionu Nepálu a pomoci tak asi 30 tis. obyvatel.

Tunel přivede 40 m³/sec vody z řeky Bheri do retenční nádrže na řece Babai, přičemž spád bude využit i pro výrobu elektrické energie. Z nádrže bude odtok řízen podle potřeb závlahového systému.

Čínský dodavatel bude muset zvládnout ražbu v mimořádně nepříznivých geotechnických podmínkách geologicky mladého jižního Himálaje. Střídat se budou pískovce, jílovce, různé konglomeráty a TBM musí projít poruchovými zónami a také tlačivými, nestabilními horninami s občasnými vysokými přítoky podzemní vody. Proto byla do návrhu stroje zapracována opatření pro mimořádně nepříznivou geologii, tzv. systém DGS (Difficult Ground Solutions), který zahrnuje především:

- průzkumné vrty bude možno provádět ve 14 místech ze zadní části štítu;
- v přední části je připraveno 8 míst pro ruční vrtání;
- v horní části štítu v rozsahu 100° lze vrtat 8 mikropilot nad razicí hlavu;

- razicí hlava může být upravena pro rozšíření výrubu o 35 mm (ražený profil se zvětší o 70 mm).

Rubanina bude odvážena vozy a ostění tunelu budou tvořit šestiúhelníkové betonové segmenty.

Investor zvažoval i konvenční metodu, ale z hlediska nemožnosti zřídit další čelby, by ražba trvala příliš dlouho (předpokládalo se 12 let). Proto byla zvolena metoda kontinuálního ražení, i když s určitými obavami. Podmínky v mladé geologii jižního Himálaje jsou jen velmi málo známe a tak první ražbu TBM v tomto prostředí lze chápat jako zkoušku, jak zde může být technologie TBM úspěšná.

■ Prefabrikovaný modul pro uzavření tunelových propojek

Vybudování uzávěrů propojek mezi tunely včetně protipožárních dveří a průchodek je časově náročné a prodlužuje dokončovací práce pro vyražení tunelu. Proto byl vyvinut prefabrikovaný plně vybavený uzavírací modul, který bude možné vsadit v tunelu do ústí propojky a následně ho zafixovat a utěsnit. Pro osazení 8 t těžkého modulu byl vyvinut manipulátor, který se může pohybovat na pneumatikách nebo po kolejkách.

V prosinci 2017 byl modul a jeho osazení úspěšně předvedeny v měřítku 1:1 ve zkušební štolě Hagerbach ve Švýcarsku. Prokázalo se, že modul ušetří asi 90 % času potřebného na kla-

sické provedení uzávěru propojky. Osazení prefabrikovaného modulu pomocí manipulátoru trvalo méně než 90 minut.

Modul se anglicky nazývá Plug-in Crosscut Element (PCE) a impuls pro jeho vývoj přišel ze stavby tunelu Koralm.

■ Tunel Rastatt – vývoj prací na havarované východní troubě

Po havárii východní trouby v srpnu 2017 bylo do ní uloženo 2000 m³ betonu, který vytvořil zátku mezi poškozenou a havárií nedotčenou částí tunelu. Po jejím odstranění dodavatel připravuje přeražbu havarované části. Z povrchu byla nad klenbou tunelu vyhloubena přístupová šachta, která bude sloužit jako úniková cesta a současně pro zásobování prováděných prací, např. propojek v nepoškozené části tunelu.

Arbitráž dohodnutá v září 2017 dále probíhá, ale očekává výsledky a vyhodnocení dodatečného geotechnického průzkumu, který proběhl v květnu a červnu 2018. Předpokládá se, že arbitrážní proces významně pokročí koncem roku 2018.

Získané výsledky z dodatečného průzkumu také poslouží pro úpravu projektu dalších razicích prací obou trub pod kolejištěm železnice.

Ing. MILOSLAV NOVOTNÝ,
mila_novotny@volny.cz

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ / NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

WTC 2018

WTC 2018

The World Tunnel Congress was held this year in Dubai, the United Arab Emirates, on the 21st through to 26th April. It was organised by the ITA-AITES jointly with the SOE UAF (Society of Engineers United Arab Emirates). The theme of this congress was "The Role of Underground Space for Future Cities". The congress opening took place at the Dubai World Trade Centre and was attended by many important guests, representatives of government and private sector, large tunnel construction companies and many others. The ITA-AITES 44th General Assembly was a traditional part of the congress.

Světový tunelářský kongres se v tomto roce konal v Dubaji ve Spojených arabských emirátech ve dnech 21.–26. dubna. Pořadatelem byla světová organizace ITA-AITES spolu se SOE UAE (Society of Engineers United Arab Emirates). Motem letošního kongresu bylo „Využití podzemního prostoru pro města budoucnosti“. Zahájení proběhlo v dubajském kongresovém centru a zúčastnilo se jej mnoho významných hostů, zástupců vlády i soukromého sektoru, velkých tunelářských společností a mnoho dalších. Jeho tradiční součástí bylo 44. valné shromáždění ITA-AITES.

„Muir Wood Lecture“

Každoroční přednášku „Muir Wood lecture“ připravil Edward Cording na téma „Monitorování a kontrolování chování zeminy při současném aplikování tunelování v přetlaku“. Pro tuto přednášku na počest sira Alana Muir Wooda, významného odborníka z oboru podzemních staveb a prvního prezidenta ITA, vybírá přednášejícího i téma valné shromáždění ITA-AITES na svém zasedání vždy rok dopředu.

„Open Session“

V rámci Open Session, která se konala 24. dubna, proběhla panelová diskuse s hlavním tématem „Smluvní praxe 21. století“. Hlavními dvěma body byly osvědčené postupy a výzvy v této oblasti. Diskutující seznámili posluchače se současnými trendy, ke kterým patří velké komplexní projekty a různorodost podmínek, které mohou při tak rozsáhlých projektech nastávat.

44. valné shromáždění

Valné shromáždění se uskutečnilo v neděli 22. dubna a ve středu 25. dubna. V rámci obou zasedacích dní zástupci jednotlivých členů ITA-AITES schválili výsledek hospodaření za období 2017/2018 a odsouhlasili návrh rozpočtu 2018/2019. Novým členem ITA-AITES byl potvrzen Nový Zéland. Doplnovací volby do předsednictva se letos nekonaly, volební období některých jeho členů končí až v roce 2019. Jednotliví zástupci pracovních skupin seznámili přítomné se zprávou o jejich činnosti a již druhým rokem byla distribuována publikace s přehledem činností národních členů ITA-AITES, kteří zaslali podklady. Pořadatelé WTC v roce 2019 (Neapol, Itálie) a 2020 (Kuala Lumpur, Malajsie) seznámili se stavem přípravy kongresů a byl potvrzen pořadatel WTC 2021 – Světový tunelářský kongres 2021 se uskuteční v Kodani ve dnech 16.–19. května.

Kongresu se zúčastnilo více než 1550 delegátů ze 68 zemí – odborníků z praxe, akademiků, stavebních inženýrů a řady dalších a 130 vystavovatelů a sponzorů. Celkem bylo předneseno podle oficiální statistiky 211 ústních prezentací a představeno 141 posterů. Na valném shromáždění bylo přítomno 47 zástupců ze 75 členských zemí. Pořadatelé zhodnotili kongres jako velmi úspěšný.

Ing. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,
pruskova@ita-aites.cz,
sekretář CzTA ITA-AITES, z. s.

KONFERENCIA TUNELY A PODZEMNÉ STAVBY 2018 TUNNELS AND UNDERGROUND CONSTRUCTION 2018 CONFERENCE

The Tunnels and Underground Construction 2018 conference with international participation was held at Holiday Inn hotel in Žilina on 23rd through to 25th May 2018. It was attended by 366 persons from the Slovak Republic, the Czech Republic, but also from Spain, Austria, Italy, Germany, Belgium and China. The patronage was given to the conference by Mr. Arpád Érsek, the minister of transport. Doprastav, a. s. was the general partner of the conference, whilst Dopravoprojekt, a. s., Metrostav, a.s. and PPA Controll, a. s. were the main partners. After welcoming of the attendees by Ing. Viktória Chomová, chairman of the Steering Committee, Ing. Ľuboš Ďurič, director of the Department of Road and Water Infrastructure, delivered his speech on behalf of the Ministry of Transport and Construction of the Slovak Republic. Ing. Patrik Groma, vice-mayor of the town of Žilina, greeted the conference attendees on behalf of the Žilina town hall. The conference organisers in addition used the conference opening for giving thanks and appreciating three university teachers; the appreciations were received by Prof. František Schlosser from the Faculty of Civil Engineering of the University of Žilina, Prof. Jiří Barták from the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical University in Prague and Doc. Juraj Ďurove from the BERG Faculty of the Technical University in Košice. The opening lectures were delivered by Ing. František Očkaják, vice-chairman of the Slovak Tunnelling Association, on the theme *Tunnel construction engineering in Slovakia*, Ing. Martin Cvoliga, a representative of the National Highway Company, on the *Preparation and construction of tunnels on motorways and fast highways*; Dipl. Ing. Kajetan Matt from ILF Consulting Engineers delivered a lecture dealing with the realisation of one of world' tunnel construction mega-projects *Brenner Basis Tunnel – results of the optimisation and harmonisation of the design proposal*. The conference continued by selected lectures and five professional sections, where the total number of the lectures delivered amounted to 42. In addition, four interesting technical excursions were organised – to the excavation of tunnel tubes on the construction sites of the Diel and Milochov tunnels, finishing work on the civil engineering part and the preparation for the realisation of technology equipment of the Ovčiarisko and Žilina motorway tunnels, the construction site of the Višňové tunnel and a visit to the Integrated workplace of operators at the Motorway Administration and Maintenance Centre in Považská Bystrica.



Obr. 1 Predsedníctvo konferencie počas otvorenia
Fig. 1 Conference presidency during the conference opening

Slovenská tunelárska asociácia sa po úspechu konferencie Tunely a podzemné stavby 2015 rozhodla konferenciu zopakovať aj v roku 2018. Za uplynulé 3 roky slovenské tunelárske staviteľstvo opätovne pokročilo. Len v období od roku 2015 boli dokončené a do prevádzky uvedené štyri diaľničné tunely – Šibeník, Poľana, Svrčinovec a Považský Chlmec. Okrem nich sú vo výstavbe ďalšie štyri diaľničné tunely, Ovčiarisko, Žilina, Višňové a Prešov, ako aj dva železničné tunely, Diel a Milochov.

Konferencia s medzinárodnou účasťou Tunely a podzemné stavby 2018 sa opäť konala v Žiline, v hoteli Holiday Inn v dňoch 23. až 25. mája 2018. Stretlo sa nej 366 účastníkov zo Slovenskej republiky, Českej republiky, ale aj zo Španielska, Rakúska, Talianska, Nemecka, Belgicka a Číny. Záštitu konferencii udelil minister dopravy a výstavby Arpád Érsek. Generálnym partnerom konferencie bol Doprastav, a.s., hlavnými partnermi Dopravoprojekt, a.s., Metrostav, a.s. a PPA Controll, a.s. Organizátori konferencie už tradične poskytli možnosť bezplatnej účasti študentom vysokých škôl, pričom túto možnosť využilo celkom 40 študentov zo 4 slovenských univerzít.

Po privítaní účastníkov predsedníčkou prípravného výboru Ing. Viktóriou Chomovou v úvode konferencie vystúpil ako zástupca MDV SR riaditeľ odboru projektov cestnej a vodnej infraštruktúry Ing. Ľuboš Ďurič. Za mesto Žilina pozdravil účastníkov konferencie viceprimátor Ing. Patrik Groma. Organizátori konferencie tiež využili jej úvod na poďakovanie a ocenenie trom vysokoškolským pedagógom, ktorí sa svojou dlhoročnou prácou zaslúžili o súčasný stav technického poznania a úrovne náročnej disciplíny výstavby a prevádzky dopravných tunelov a podzemných stavieb. Ocenení boli prof. František Schlosser zo Stavebnej fakulty Žilinskej univerzity, prof. Jiří Barták zo Stavebnej fakulty ČVUT Praha a doc. Juraj Ďurove z Fakulty BERG technickej univerzity v Košiciach.

V prvom bloku konferencie zazneli úvodné prednášky. Predniesli ich podpredseda Slovenskej tunelárskej asociácie Ing. František Očkaják s témou *Tunelové staviteľstvo na Slovensku*, zástupca Národnej diaľničnej spoločnosti Ing. Martin Cvoliga s prezentáciou *Príprava a výstavba tunelov na diaľniciach a rýchlostných cestách* a Dipl. Ing. Kajetan



Obr. 2 Ocenení vysokoškolskí pedagógovia prof. Schlosser, prof. Barták a doc. Ďurove
Fig. 2 Appreciated university teachers Prof. Schlosser, Prof. Barták and Doc. Ďurove



Obr. 3 Ing. František Očkaják pri úvodnej prednáške
Fig. 3 Ing. František Očkaják delivering the opening lecture

Matt zo spoločnosti ILF Consulting Engineers s prednáškou z realizácie jedného zo svetových tunelových megaprojektov *Brenner Basis Tunnel – výsledky optimalizácie a harmonizácie návrhu projektu*.

Konferencia v nasledovných dvoch dňoch pokračovala vybranými prednáškami a piatimi odbornými sekciami, keď celkom zaznelo 42 prednášok. V prvom bloku vybraných prednášok sme mali možnosť vypočítať si prezentáciu prípravy výstavby tunela Višňové z pohľadu financovania, prednášku o súčasnom stave výstavby železničných tunelov Diel a Milochovej, ako aj prezentácie výstavby metra v Dohá a podmorského cestného tunela Solbakk.

V sekcii *Navrhovanie a realizácie podzemných stavieb* odznelo 10 prednášok, prezentovaný bol stav prípravy a výstavby viacerých slovenských tunelových projektov, medzi nimi tunelov Višňové, Žilina, Považský Chlmec, Svrčinovec, Žilina a Soroška. Okrem slovenských prednášok sme mali príležitosť vidieť viaceré prezentácie zahraničných projektov.

Celkom 8 prednášok priniesla sekcia *Geotechnický prieskum a monitoring*, pričom prezentácie sa týkali aj stavieb tunelov Čebrať, Poľana, Diel, Soroška a Ejpovice. V sekcii *Technologické vybavenie a bezpečnosť prevádzky podzemných stavieb* bolo prezentovaných 7 prednášok.

Menší počet prednášok priniesli sekcie *Sanácia a rekonštrukcia podzemných stavieb*, v ktorej boli prezentované dve



Obr. 4 Spoločná fotografia súčasných a bývalých predsedov Slovenskej tunelárskej asociácie s predsedníčkou prípravného výboru
Fig. 4 Common photo of the current chairman and former chairmen of the Slovak Tunnelling Association with the chairman of the Steering Committee

prednášky a sekcia *Zmluvné vzťahy a manažment rizík* s jednou prednáškou. Tieto sekcie boli doplnené vybranými prednáškami, medzi ktorými zazneli aj dve veľmi zaujímavé prezentácie výstavby železničného tunela Ejpovice v Českej republike, jedna z pohľadu investora a druhá z pohľadu zhotoviteľa stavby. Okrem prednášok bola odborná časť konferencie tvorená aj posterovou sekciovou, v rámci ktorej bolo prezentovaných 19 posterov.

V posledný deň konferencie 25. mája 2018 sa uskutočnili štyri zaujímavé exkurzie, ktoré ponúkli ukážku všetkého, čo sa v súčasnosti deje okolo tunelov na Slovensku. Rázanie tunelových rúr mohli účastníci vidieť na stavbe železničných tunelov Diel a Milochovej, dokončovacie práce na stavebnej časti a prípravu pre realizáciu technológií na diaľničných tuneloch Ovčiarisko a Žilina. Na stavbe tunela Višňové bolo možné vidieť rázanie tunelových rúr ako aj realizáciu definitívnych konštrukcií. Posledná exkurzia smerovala na Integrované operátorské pracovisko v SSÚD Považská Bystrica, odkiaľ je riadená prevádzka tunela Považský Chlmec.

Záverečné poďakovanie za úspešný priebeh konferencie opäť patrí jej organizátorom, prípravnému výboru a partnerom konferencie, ale najmä prednášajúcim a všetkým jej účastníkom.

Ing. VIKTÓRIA CHOMOVÁ

SWISS TUNNEL CONGRESS 2018 V LUZERNU SWISS TUNNEL CONGRESS 2018, LUZERN

The traditional congress of Swiss tunnellers, STC Luzern 2018, was held from 13th June to 15th June 2018. The Thursday afternoon colloquium motto was drainage, waterproofing and all things connected with water in underground workings. Various waterproofing and drainage methods and systems were presented in seven lectures on examples of well-known tunnels, for instance the Brenner Base Tunnel and the Weinberg tunnel under the river Limmat in Zurich. The standard full-day conference took place on Thursday; technical excursions to underground construction sites in Switzerland were organised on Friday. The attendance at the conference always exceeds 800 persons; the colloquium was this year attended by 400 persons. Even though the congress is a national Swiss event, it was attended, as usual, by approximately one hundred foreign delegates, mostly from German speaking countries.

Ve dňoch 13. 6. až 15. 6. sa konal tradičný kongres švajcarských tunelárov STC Luzern 2018. Mottem kolokvia vo stredu odpoledne bolo odvodnenie, izolácie a všetko súvisiace s vodou v podzemných dieloch. V sedmi prednáškach boli prezentované na príkladoch známych tunelov rôzne spôsoby a systémy izolácií a odvodnení – napr. Brennerský bazový tunel a tunel Weinberg v Zürichu pod riekou Limmat. Žiadne prevratné technológie či novinky k videniu nebyli, snáď len prezentácie toho, že tunely lze skutočne proviesť ako vodotesné, a to i v mimořádných hydrogeologických podmienkach. Veľkým problémom je u drenážnych systémů sintrování a zanášení potrubí a jejich následné čištění a udržování těchto systémů ve funkčním stavu. Sintrování je nežádoucí nejen z důvodu zmenšování průtočného profilu drenážních potrubí, ale zejména z důvodu zanášení drenážních otvorů v těchto potrubích, čímž přestává drenážní

systém postupně plnit svoji drenážní funkci. Byly prezentovány různé metody na odstranění toho nežádoucího jevu – vytváření co největších „drenážních“ prostorů za rubem ostění (např. šterkové výplně místo injektování rubu tybinků a co nejširší používání šterku nebo jiného propustného materiálu v podkladních vrstvách místo betonů a mazanin), osazování stabilizátorů tvrdosti vně i do drenážních potrubí (tzv. Depotstein), přečerpávání drenážních vod zpět do potrubí nebo do rubových prostorů s instalovanými stabilizátory. Zajímavým námětem na využití vytékajících podzemních vod z drenážních systémů bázevého tunelu Lötschberg, které mají standardní teplotu více než 18 stupňů Celsia, je projekt Tropaenhaus Frutigen u severního portálu. Vytékající vody jsou totiž příliš teplé na to, aby byly přímo vypouštěny do řeky Kander, kde způsobovaly likvidaci některých původních druhů ryb, zde komerčně lovených. Relativně teplá voda se tak před vypouštěním do řeky využívá v nově vybudovaném komerčně koncipovaném areálu pro vyhřívání skleníků pro pěstování subtropických a tropických plodin a v několika venkovních nádržích pro chov i komerční lov teplomilných ryb, včetně „pěstování“ kaviáru, jehož roční produkce zde přesahuje více než jednu tunu.

Ve čtvrtek pak proběhla standardní celodenní konference a v pátek byly organizovány odborné exkurze na podzemní stavby ve Švýcarsku. Účast na této konferenci standardně přesahuje 800 návštěvníků, kolokvia se letos zúčastnilo přes 400 návštěvníků. Přestože jde o národní švýcarskou konferenci, zúčastnilo se jí jako obvykle kolem stovky zahraničních delegátů, převážně z německy mluvících zemí (Rakousko a Německo). Z Česka pak jenom dva a ze Slovenska sedm.

Témata přednášek byly jako obvykle pečlivě vybraná – nejen švýcarské stavby a projekty, ale i významné a zajímavé mezinárodní projekty. Za zmínku stojí určitě následující přednášky.

Výstavba třetí tunelové trouby tunelu Gubrist na severním obchvatu Zürichu, který by měl odstranit dennodenní zácpy v tomto úseku.

Výstavba železničního dvojkolejného tunelu Eppenberg za účelem dosažení plně čtyřkolejného (!) provozu na trati Zürich – Bern, kde denně jezdí 550 vlaků.

Dokončuje se sanační tunel Belchen dl. cca 3,2 km na dálnici A2 mezi Basilejí a Egerkingenem budovaný pro možnost uzavření jedné ze dvou stávajících tunelových trub z roku 1970 kvůli sanaci jejich ostění, výrazně poškozených bobtnavými horninami.

Připravuje se projekt druhé tunelové trouby Gotthardského silničního tunelu, odsouhlasený celonárodním referendem. Zajímavostí je podmínka referenda, že přestože budou obě trouby dvoupruhové, provozovány budou každá trouba vždy pouze jedním jízdním pruhem. Důvodem je přílišné nezvýšení intenzit silniční dopravy přes Gotthardský masiv, což by luxusní prakticky dálniční čtyřpruh jistě způsobil.

Velmi problematická je dostavba a zprovoznění druhé tunelové trouby bázevého tunelu Lötschberg. Z finančních důvodů byl před deseti lety zprovozněn tunel se dvěma jednokolejnými tunely na cca třetině délky a zbytek tunelu se provozuje jako jednokolejná trouba s obousměrným provozem, přestože druhá trouba byla již téměř vyražena a dnes slouží jako záchranná cesta. Tehdejší finanční úspora se ukazuje dnes jako zásadní chyba, kapacitně tunel již dnes nestačí a náklady na dostavbu při zachování provozu v provozovaných částech tunelu včetně zachování funkční záchranné cesty při její přestavbě na normální tratový tunel jsou extrémní.

Po deseti letech přerušení byla v roce 2017 obnovena ražba tunelu Riedberg v extrémních podmínkách sesuvné oblasti s průměrným aktuálním denním postupem pouhých 0,5 m! Primární ostění se provádí pod ochranou mikropilotových deštníků vrtných z tzv. kapliček každých 6 m po krocích dl. 3 m. Primární ostění je z monolitického betonu s výztuží z válcovaných profilů HEB 200 a svařovaných armokošů a má v šestimetrovém kroku proměnnou tloušťku od 50 cm do 150 cm (!) včetně protiklenby tloušťky 70 cm. Primární ostění provedené do roku 2007 před zastavením stavby bude kompletně vybouráno a výše uvedenou technologií monolitického primárního ostění provedeno znovu. Důvodem je fakt, že sesuv v břidličnatých horninách, ve kterých je tunel budován, se pohybuje cca 1 cm za rok a tunel musí být schopen se pohybovat i se sesuvem a být přitom v provozu. Předpokládaná skutečná reálná životnost tunelu je tak maximálně 80 let.

Albulatunnel v kantonu Graubünden je nový jednokolejný (rozchod 1,0 m) 5860 m dlouhý železniční tunel, ražený souběžně s původním tunelem z roku 1903 (památko UNESCO). Starý tunel bude po uvedení nového tunelu do provozu sloužit jako úniková cesta. Přednáška byla orientována zejména na nesmírně složitou logistiku v extrémně nepřístupném terénu při zachování provozu na stávající trati. Prorážka se plánuje na srpen letošního roku.

Společný projekt Rakouska a Švýcarska (spolková země Tyrolsko a kanton Graubünden) – vodní elektrárna v údolí řeky Inn je historickým projektem již od dvacátých let minulého století, který se realizuje až v nynější dekádě. Součástí stavby je mimo jiné i extrémně dlouhá (23 km) přírodní štola s převýšením cca 200 m. Jedním z největších problémů bylo ale vyřešení majetkoprávních vztahů a mezistátní dohody. Nátok do přiváděče je totiž na švýcarském území, ale vlastní elektrárna na rakouském území.

Zelená linka metra v Dohá (Katar) představující tratové tunely délky dvakrát 17 km se šesti stanicemi byla stavebně realizována v rekordním čase pouhých 18 měsíců při nasazení šesti zeminových razicích štítů. A to i přesto, že během ramadánů byly z bezpečnostních důvodů realizovány prakticky nulové výkony! Byl zde použit smluvní systém „Design-Build plus Provisional Sums“.

Odborné exkurze v třetím dnu konference jsou vždy tradičně perfektně organizovány. V letošním roce byly na výběr následující stavby ve Švýcarsku – tunel Bözberg, tunel Gubrist, tunel Riedberg, tunel Belchen, tunel Eppenberg a tunel Albula.

Více informací lze nalézt rovněž na následujících vybraných odkazech.

<https://www.bbt-se.com/>

<http://www.nordumfahrung.ch/verkehrsinformationen/webcams/westportal-des-gubristtunnels-blickrichtung-st-gallen/>

<http://www.belchentunnel.ch/>

<http://www.eppenberg-woeschnau.ch/startseite-copy-2-2>

<https://www.swissinfo.ch/ger/politik/abstimmung-schweiz-28.2-2016-zweite-gotthardroehre-resultat/41982350>

<https://www.srf.ch/news/regional/bern-freiburg-wallis/arbeiten-am-riedbergtunnel-wieder-aufgenommen>

<https://www.gemeinschaftskraftwerk-inn.com/>

Ing. VLASTIMIL HORÁK,
AMBERG Engineering Brno, a.s.

KONFERENCE TUNNEL SAFETY AND VENTILATION 2018 TUNNEL SAFETY AND VENTILATION 2018 CONFERENCE

The international conference „Tunnel Safety and Ventilation“ organised regularly every two years by the Graz University of Technology was held in Graz from 12th to 14th June 2018. The total of 41 lectures on the theme of operational safety in road and railway tunnels and in metro were presented during the two conference days. An excursion to the “Zentrum um Berg” independent research centre of underground construction was organised at the end of the conference.

Ve dnech 12.–14. června 2018 se konala v Grazu 9. mezinárodní konference „Tunnel Safety and Ventilation“. Konferenci organizuje Technologická Universita v Grazu pravidelně každé dva roky. Ve dvou konferenčních dnech bylo prezentováno celkem 41 přednášek na téma bezpečnost provozu v silničních, železničních tunelech a v metru. Byly zde předneseny systémy větrání tunelů, jejich optimální řízení, systémy detekce mimořádných událostí, dopravních nehod a požárů v železničních a silničních tunelech. Další přednášky se zabývaly problematikou

rizikových analýz v tunelech, modelováním chování cestujících v případě nehody a požáru v tunelu. Byly přednášeny možnosti instalace stabilního hasicího zařízení v silničních tunelech, které snižuje požární zatížení a umožňuje záchranu cestujících a zabraňuje výraznému poškození tunelové konstrukce. Rozprašování vodní mlhy v odsávaných zplodinách hoření při požáru se využívá také ke snížení jejich teploty a umožňuje snížení množství odsávaných zplodin hoření. Na závěr konference byla zorganizována exkurze do výzkumného nezávislého centra podzemních staveb „Zentrum am Berg“, kde v aerálu povrchového lomu na siderit (ocelek) v Styrian Erzberg je budováno rakouské výzkumné centrum s dvěma silničními a dvěma železničními tunelovými troubami, každá cca 400 m dlouhá. Výzkumné centrum slouží pro testy se zaměřením na konstrukce a provoz v podzemních stavbách, při nehodách a požárech.

Ing. MIROSLAV NOVÁK, METROPROJEKT Praha a.s.

ZPRÁVA Z TISKOVÉ KONFERENCE ČKAIT „STATIKA STAVEB NEBO STATISTIKA SPADLÝCH STAVEB – NÁZORY ODBORNÍKŮ ČKAIT“

REPORT FROM THE PRESS CONFERENCE OF THE ČKAIT (THE CZECH CHAMBER OF AUTHORISED ENGINEERS AND TECHNIQUES IN CONSTRUCTION) ON „STRUCTURAL STATICS OR STATISTICS OF COLLAPSED STRUCTURES – OPINIONS OF ČKAIT EXPERTS“

Problems of the poor condition of civil engineering structures and, in an extreme case, their collapses, is not only a question of bad or insufficient maintenance but also of often wrong design already at the design preparation stage. Especially in the past years, the interest not only of the professional public was aroused by medialised collapses, first of all of bridge structures. The well known truth that many of those structures were in an unsatisfactory condition due to neglected maintenance subsequently turned out. As a result, this theme has become more important. Searching for the causes of the originated situation is currently dealt with not only by project owners, administrators and representatives of professional chambers. It becomes an unwritten rule that even large construction companies themselves ensure independent assessing of design documents and, first of all, structural analyses, which should be the basis of each design for the supporting system of a building structure. The gravity of the situation is known even to the Czech chamber of authorised engineers and techniques in construction, which convened a press conference on “Structural statics or statistics of collapsed structures – opinions of ČKAIT experts” for 28th March 2018 to the ČKAIT building in Sokolská Street in Prague. The meeting of renowned experts from the field of civil engineering with the journalists interested in this theme was organised in the form of a mini-conference, for which each of the lecturers prepared a brief presentation with the opportunity to discuss on the lectured theme immediately after its end. The questions were answered not only by the lecturers, but even people present in the hall engaged in the discussion.

1. ÚVOD

Problematika špatného stavu stavebních konstrukcí a v extrémním případě jejich havárií není jen otázkou špatné nebo nedostatečné údržby, ale mnohdy i chybného návrhu již v projekční

přípravě. Zvláště v posledních letech vzbudily zájem nejen odborné veřejnosti medializované havárie zejména mostních konstrukcí. Následně se ukázala známá pravda, že celá řada těchto konstrukcí je kvůli zanedbané údržbě v nevyhovujícím stavu, čímž toto téma nabylo na významu. Pátráním po příčinách vzniklé situace se dnes zabývají nejen investoři, správci a zástupci profesních komor. Stává se nepsaným pravidlem, že i velké stavební firmy si samy a na vlastní náklady zajišťují nezávislé posuzování projektové dokumentace a zejména statických výpočtů, které by měly být základem každého návrhu nosného systému stavební konstrukce.

Závažnost situace si uvědomuje i Česká komora autorizovaných inženýrů a architektů, která svolala na 28. 3. 2018 do budovy ČKAIT v Sokolské ulici v Praze tiskovou konferenci na téma „Statika staveb nebo statistika spadlých staveb – názory odborníků ČKAIT“. Setkání renomovaných odborníků z oboru stavebnictví s novináři se zájmem o toto téma probíhalo formou minikonference, na kterou si každý z přednášejících připravil krátkou prezentaci s možností diskutovat na přednášené téma ihned po jejím ukončení. Na dotazy odpovídali nejen přednášející, ale do diskuse se zapojovali i přítomní v sále.

2. ZAHÁJENÍ TISKOVÉ KONFERENCE A SEZNÁMENÍ S PROBLEMATIKOU

V úvodním slově konstatoval předseda ČKAIT, pan Ing. Pavel Křeček, FEng., že svolání tiskové konference je reakcí na aktuální dění ve společnosti, kterou zaujalo zřícení lávky pro pěší v Tróji nebo havarijný stav některých dalších mostních konstrukcí. Uvedl, že snahou ČKAIT není jen téma statika, ale i hledání cesty ke zlepšení odborné úrovně autorizovaných osob. Zejména mladí inženýři jsou podle jeho názoru mnohdy ve firmách vystaveni bezprizornímu stavu a komora má pro ně

připravený vzdělávací program, který by měl mladým inženýrům na praktických příkladech v tomto směru pomoci. Velký problém vidí v zanedbané infrastruktuře. Podle jeho slov není problém sehnat finance na realizaci stavby nebo získání stavebního povolení, ale problém je zajistit její údržbu po dobu životnosti. V životním cyklu stavby znamená projektová dokumentace náklady v jednotkách procent, náklady na vlastní stavbu se pohybují do 40 % a zbývající část by měla být vynaložena na údržbu stavby.

3. NOSNÉ SYSTÉMY STAVEB

Po úvodním slově předsedy ČKAIT se mikrofonu ujal prof. Ing. Jan Vítek, CSc., FEng., který se ve svém příspěvku zabýval kvalitou nosných systémů staveb, a to zejména v pozemním stavitelství. Prvním bodem jeho příspěvku byl **návrh stavby**. V této oblasti vidí zásadní problém v uvažování některých investorů, kteří neberou v úvahu technickou náročnost stavby v kontextu dostupných investičních nákladů. To vede na jedné straně k návrhu složitých konstrukcí, které vyžadují odpovídající projekční i stavební přípravu, na druhé straně ke snaze investora s ohledem na omezené finanční možnosti co nejvíce ušetřit. Při návrhu stavby by měl architekt úzce spolupracovat se statikem a návrh technického řešení by měl být jejich společným dílem. Nelze postupovat tak, že architekt vymyslí jakýkoli tvar konstrukce a statik pak je postaven před problém takto tvarově navrženou konstrukci nadimenzovat. Tímto způsobem se postupovat nedá, konstrukční systém musí být rozumný a pak může být funkční. V oblasti architektonických soutěží inženýrských staveb uvedl prof. Vítek vlastní zkušenost, kdy jsou soutěže vypisovány s velkou vahou na architektonické řešení a tomu odpovídá zastoupení inženýrů v hodnotících komisích. Výsledkem je pak vyhodnocení soutěže bez inženýrského hlediska s tím, že vítězné návrhy mají vady, nebo jsou nerealizovatelné, jak se ukazuje např. u soutěže na lávku přes Karlín – Holešovice v Praze. V tomto případě proběhla soutěž již podruhé a opět byl vybrán obtížně realizovatelný návrh.

Dalším tématem prezentace byla **koncepce statického systému**, která je v současné době výrazně ovlivněna dostupností výpočetní techniky a dobou zpracování statických výpočtů. V dobách, kdy statické výpočty byly kvůli nedostupnosti výpočetní techniky pracné, se do návrhu ve větší míře zapojovalo přemýšlení a výsledkem byl takový návrh, jehož reálnost pak statický výpočet většinou potvrdil. Zastáncem tohoto přístupu byl např. prof. Freyssinet, zakladatel předpjatého betonu, který i bez možnosti použití výpočetní techniky navrhl a postavil řadu významných konstrukcí. Dnešní situace s možnostmi výpočetní techniky vede k tomu, že architekt konstrukci navrhne, projektant ji bez přemýšlení zadá do výpočetního programu a pokud výsledky na první pohled nejsou vadné, návrh se prohlásí za hotový projekt. Výsledkem je obtížně realizovatelná a drahá konstrukce často zatížená vadami, které se zpravidla řeší ve vyztužování a dimenzích jejích jednotlivých prvků, nikoli v koncepci jejího návrhu. Dále je třeba si uvědomit, že matematické modely konstrukcí jsou vždy určitým zjednodušením, které nepředstavuje realitu a výsledky závisí na přesnosti vstupních údajů. Proto je nutná nezávislá kontrola výsledků těchto výpočtů.

Dalším aspektem ovlivňujícím návrh nosných systémů staveb je **přeceňování významu norem**. Ty je nutno podle názoru prof. Vítka dodržovat, ale návrh nosné konstrukce je nutné

řešit inženýrským přístupem. Normy slouží k zachování bezpečnosti a pravidel a musí s nimi pracovat vzdělaní odborníci, neboť normy nenahrazují vzdělání. Za zcela špatný byl označen přístup návrhu konstrukce „na hranici normy“. Konstrukce navržená na hranici normových požadavků není ekonomická, ale riziková.

Významným faktorem při návrhu nosného systému konstrukce je **zohlednění předpokládaného postupu výstavby**. To je zcela běžné např. u mostních staveb. U pozemních staveb je však podle názoru prof. Vítka velmi často toto hledisko opomíjeno. Zavedení či nezavedení postupu výstavby do statického návrhu konstrukce závisí na konstrukčním systému a může představovat ve výsledku rozdíl až 30 %. Při návrhu „na hranici normy“ pak může nezohlednění postupu výstavby představovat závažný problém. U subtilních „úsporných“ prvků konstrukcí je nutno započítat i náklady na složitější provádění a při ekonomickém hodnocení zohlednit nejen finanční náročnost vlastní konstrukce, ale i náklady související s jejím postupem výstavby.

Kvalita projektů je podle názoru prof. Vítka rozhodující pro kvalitu stavby. Co se dobře vyprojektuje, to se také dá dobře postavit a může dobře fungovat. Na projektu nelze šetřit už jen proto, že tvoří pouze jednotky procent z celkových nákladů stavby, takže zvýšení ceny projektu v řádu desítek procent se do nákladů stavby promítá jen minimálně. V porovnání s tím je přínos kvalitního projektu neporovnatelný. Proto platí, že nejlevnější projekt je rizikový projekt a je rizikem jak pro výstavbu, tak pro funkci objektu. V závěru prezentace bylo konstatováno, že kontrola projektů je stále ožehavým tématem. Každý se může při návrhu konstrukce splést, kontrolní mechanismus v našem systému v ČR nemáme a je nutné ho zavést. Snaha zlevňovat stavby vede k jejich dělení na menší části tzv. „salámovou metodou“. Tento způsob je možný pouze v případě perfektně fungující koordinace mezi těmito menšími celky jak ve fázi projektování, tak realizace.

Dotaz na prof. Vítka: Jak byste si představoval případnou kontrolu projektu, když uvádíte, že u nás neexistuje?

Odpověď: Modely jsou různé. V Německu existuje systém zkušebních inženýrů (Prüfingenieur), kteří s projektantem spolupracují na projektu od začátku a kontrolují ho. Tento systém je u nás zřejmě obtížně zaveditelný s ohledem na systém činnosti autorizovaných inženýrů. U nás by se měl zavést takový systém, který by podle významu stavby požadoval kontrolu projektu dalším subjektem jako nezávislou kontrolou. Jedná se o systém zavedený v Anglii, kde jsou stavby rozděleny podle významu do tří kategorií, přičemž u nejsložitější (třetí) kategorie je jmenována nezávislá kancelář, která projekt kontroluje již v průběhu projektování, aby tato činnost nezdržovala a včas zachytila případné závady.

Dotaz na Ing. Křečka: Jak se díváte na tento návrh?

Odpověď: Proti kontrole nikdo nic nenamítá a je možná i v současné době. V průběhu tvorby stavebního zákona se navrhovalo zavedení funkce experta. Ten byl ale nesystémový, takže se tam nakonec nedostal, protože to nebylo v souladu s dalšími předpisy. Větší projekční kanceláře mají svá kontrolní oddělení a dokumentaci kontrolují. Problém je u jednotlivců a dále u neustálého soutěžení projektové dokumentace na nižší cenu. Zákon o zadávání veřejných zakázek toto u služeb, mezi něž projektování patří, zakázal, nicméně rozhodujícím kritériem se vždy stává cena.

Poznámka prof. Vítka ke kontrole: V Anglii se vnitřní kontrola u organizace týká myslím kategorie staveb 1 a 2. U nás je



Obr. Přednášející – zleva: Ing. Drahorád, Ing. Špalek, Ing. Křeček, prof. Vitek, Ing. Hrdina

Fig. Lecturers – left to right: Ing. Drahorád, Ing. Špalek, Ing. Křeček, prof. Vitek, Ing. Hrdina

problém jak u velkých, tak malých staveb a i u malých staveb je kontrola nutná. Je nutné omezit lidský faktor, protože každý se může splést a i u administrativní budovy o několika patrech kontrola nutná je.

4. BUDOUCNOST PROFESY = HODNOCENÍ PRÁCE

Tématem „Budoucnost profese = hodnocení práce“ se ve své prezentaci zabýval místopředseda CKAIT pan Ing. Robert Špalek. V úvodu svého vystoupení řekl, že pokud není ohodnocena práce, nelze počítat s kvalitou a jedná se o spojené nádoby. Ve společnosti je alarmující **nedostatek kvalifikovaných technických pracovníků**, což souvisí s tím, že ze strany státu necítíme podporu studia technických oborů. Tuto skutečnost je třeba podpořit, nikoli jen deklarovat, že existuje nedostatek.

Dalším problémem je již zmíněné **podfinancování technických oborů a soutěžení na nejnižší cenu**. Jedná se o pozůstatek krizového období, který však ve společnosti zůstává, i když se situace postupně zlepšuje. Kromě akademické sféry evidujeme i velký nedostatek kvalifikovaných řemeslníků, což vede k tomu, že kvalifikovaný řemeslník je mnohdy lépe ohodnocen, než stavební inženýr. Průměrná hrubá mzda stavebního inženýra byla v roce 2016 na 67,2 % platu strojního inženýra a na 57,4 % platu lékaře. Ohodnocení je přímo úměrné zájmu o profesi, proto ubývá kvalitních zájemců o práci v oboru a následkem toho dochází ke stárnutí odborníků, zejména v projekci. Řemeslné obory se rozvíjejí velmi pomalu a systém, kdy velké firmy měly svá odborná učiliště, nebyl špatný.

Svou roli hraje i **odliv odborníků do zahraničí**, i když to není ten hlavní důvod vzniklé situace. Generace kvalifikovaných odborníků stárne a příliv mladé generace je v technických oborech nedostatečný. Neschopnost státu zvýhodnit technické obory vede k nezájmu o technické střední a vysoké školy, což je pochopitelné, protože tyto obory jsou složitější, než jiné např. humanitní obory. Problém je i rozdílná kvalita fakult. Po revoluci vznikla celá řada zejména soukromých škol, jejichž úroveň nedosahuje kvality tradičních vysokých škol, ke kterým patří ČVUT, VUT Brno nebo VŠB Ostrava, které si svůj standard drží. Vysoký počet fakult vede k vyššímu počtu studentů i pedagogů, což snižuje na ně kladené nároky. Nízká prestiž řemesel pak vede k nutnosti používat nekvalifikovanou pracovní sílu. Nejpalčivější je ale odliv pracovníků mimo sektor stavebnictví, což souvisí s ohodnocením profese v praxi. Soutěžení na nejnižší cenu zákon zakazuje u projektů nad 2 mil. Kč, takže projekty pod toto hranici se zpravidla soutěží

na nejnižší cenu, i když v současné době probíhá zpracování metodik a v této oblasti je komora aktivní a metodiky vypracovává. Podhodnocení staveb v projekční přípravě má pak dopad na provádění, ztráty v dotačních programech nebo prodražování staveb. Pokud tvoří cena projekčních prací 5 až 8 % z celkových nákladů na stavbu, což je zanedbatelné a nedostatečná projekční příprava může mít fatální dopad na celkové financování staveb.

Možnosti nápravy neuspokojivého stavu nejsou možné bez platového ohodnocení a tím **zvýšení zájmu o obor**, což platí zejména pro elitní obor, kterým statika kvůli své náročnosti a odpovědnosti je. Aby se peníze do systému dostaly, je nutné zavést do soutěží řád, aby jediným kritériem nebyla cena, což by měly zlepšit metodiky ministerstva pro místní rozvoj. Dalším faktorem je popularizace oboru jak ze strany komory, tak státu a přehodnocení financování vysokých škol, tak aby byly zvýhodněny společensky potřebné obory.

V zákoně o zadávání veřejných zakázek je uvedeno **kritérium minimální ceny**. Když bylo toto téma před pár lety diskutováno s panem předsedou UHOZ, bylo jím řečeno, že projektant může projektovat i za nulový honorář. Na dotaz, jaká je pak podle tohoto zákona mimořádně nízká nabídková cena, bylo řečeno, že všechny zákony nejsou v souladu. Komora vytvořila pro zadávání zakázek malého rozsahu novou metodiku, která byla odsouhlasena ministerstvem a měla by být na jeho stránkách vyvěšena. V metodice má cenová složka nabídky váhu 40 %. Další váhy jsou kvalita týmu a kvalita vedoucích pracovníků. Dalším kritériem je vybavení a legálnost softwaru, neboť cena drahého programového vybavení tvoří významnou část hodinové sazby v řádu desítek korun. Výběrové řízení se řeší dvoukolově obálkovou metodou, kdy v prvním kole se musí prokázat splnění kvalifikačních předpokladů a až ve druhém kole se otevírá obálka s nabídkovou cenou. Za mimořádně nízkou cenou se v tomto případě považuje 80 % odhadované ceny projektu, přičemž stanovení ceny projektu se doporučuje podle portálu „ceny za projekty“, který dává objektivní ceny projekčních prací. Ke zvyšování platu zaměstnanců bylo řečeno, že je závislé na možnosti získávání zakázek. Současná situace je v oblasti veřejných zakázek velmi špatná a pro malou firmu nemá cenu soutěžit. Oproti soukromým investorům je v tomto směru situace nehorší.

5. SOUČASNÝ STAV NOSNÝCH KONSTRUKCÍ STAVEB, JEHO PŘÍČINY A MOŽNOSTI NÁPRAVY

Současný stav nosných konstrukcí staveb, jeho příčiny a možnosti nápravy hodnotil ve svém příspěvku pan Ing. Michal Drahorád. V poslední době došlo v ČR k několika zásadním haváriím konstrukcí při provozu, což je z celospolečenského hlediska významnější, než havárie konstrukce při výstavbě. Pod pojmem bezpečnost nosných konstrukcí se rozumí schopnost odolávat zatížením a plnit všechny funkce, které jsou na ně kladeny během provozu. Nejedná se jen o bezpečnost proti porušení, ale i o deformace a nadměrné průhyby, které brání v jejím užívání. Konstrukci je nutno vybavit takovými vlastnostmi, aby sloužila po celou dobu navrhované životnosti, což bývá až 100 let. K současné situaci je nutno říct, že k tomu, aby konstrukce havarovala, je potřeba více okolností, neboť konstrukce mají relativně velkou bezpečnost. Stav je vážný, neohrožuje přímo bezpečnost staveb v České republice, ale je potřeba ho řešit.

V sektoru dopravních staveb je situace vypjatá, neboť se týká všech, kteří používají dopravní infrastrukturu, která tvoří základní část naší společnosti a na které jsme vysoce závislí. Proto je nutné ji udržovat v takovém stavu, aby byla v rozumné míře použitelná. Systém kontroly dopravních staveb, zejména silničních a železničních mostů je na velmi vysoké úrovni. Bylo řečeno, že u silničních mostů se tento systém kontinuálně vyvíjí 40 let, u železničních mostů je to ještě déle a v tomto případě je velkou výhodou, že se o tento systém stará stále stejná firma, která je ve vlastnictví státu. Přesto že systém kontroly a řešení krizových situací je i v porovnání s ostatními evropskými státy na vysoké úrovni, stav dopravní infrastruktury se neustále zhoršuje, protože se nedostává prostředků na opravy. Jako příklad je možné uvést vývoj stavu mostů, které se zařazují podle stavebního stavu do sedmi stavů od nejlepšího do havarijního. Konstrukcí, které jsou v současné době ve špatném, velmi špatném nebo havarijním stavu a v blízké budoucnosti budou vyžadovat opravu nebo přestavbu je asi 25 %. Z údajů je zřejmé, jak v průběhu času klesá počet mostů v dobrém stavu a narůstá jejich počet ve špatném stavu. Jedná se především o mosty na silnicích druhé a třetí třídy ve správě krajů, kde se o ně stará specializovaná, státem zřízená organizace. Nejhorší stav je v případě místních komunikací, které patří městům a obcím, které mají malé rozpočty a nejsou schopné se o mosty rozumně starat. Na běžných komunikacích je cca 20 000 mostů a stejné množství se jich nachází ve správě obcí a měst.

V sektoru pozemních staveb je situace jiná a systém kontroly neexistuje. Výjimečně je možné se se systémem kontroly setkat u velkých vlastníků, typicky státních investorů nebo velkých podniků, ale běžný stav je, že takový systém neexistuje. Situace je kritická zejména u staveb užívaných veřejností, tj. staveb pro bydlení, obchodních a sportovních center. Na závalu se přijde zpravidla až ve fázi, kdy se s tím nedá nic dělat. Z pohledu vlastníka další investice a náprava vady nic nepřinese, neboť on vydělává na užívání stavby, nikoli na její údržbě a nejlepší stav je její dobrý vzhled na povrchu. Závažnost situace narůstá úměrně, jak klesají zkušenosti, znalosti a povědomost vlastníka o tom, co se s konstrukcí může stát. Pokud má stavba zpočátku drobnou závadu, neznamená to, že ji má každý rok stejně bezvýznamnou, ale závažnost této poruchy s časem roste. Nejvíce ohrožené stavby jsou ve věku 40+, kde se potkává několik nepříznivých faktorů. Je to zejména kvalita provádění, kdy stavby vznikaly v 60.–70. letech minulého století a současně údržba těchto staveb byla nulová. Každá technická norma předpokládá, že konstrukce se udržuje. Pokud se neudržuje, zvyšuje se riziko jejího poškození. Důvodů havárie je zpravidla několik. Typickým příkladem je nevhodný návrh v kombinaci s problémy při provádění a špatnou údržbou konstrukce způsobenou snahou vlastníka maximalizovat svůj zisk na úkor nákladů na údržbu. Největším problémem je ale celospolečenská situace, kdy tento stav nikomu nevadí a všichni jsou s tímto stavem „spokojeni“. Nejhorším důsledkem tohoto stavu je rostoucí riziko poruch a havárií se skrytým snižováním bezpečnosti staveb.

Jakým způsobem je možné vzniklou situaci řešit? Ing. Drahorád uvedl, že komora v tomto směru podniká nějaké kroky. Zásadní je dodržování platných právních předpisů. Naš právní systém umožňuje kontrolu, ale u pozemních staveb ji nevyžaduje. U dopravních staveb je zákonem požadována a existuje k tomu technická legislativa. Důležitá je technická osvěta, protože jen ten, kdo ví, co chce a co může a má dostat

v rámci projektové přípravy a výstavby a který si plně uvědomuje svou odpovědnost, může být řádným hospodářem. S tím souvisí podpora vzdělávání, protože abychom takovéto vlastníky měli, potřebujeme mít odborně vzdělané lidi na straně projektanta, investora, stavebníka i zhotovitele.

6. STAVEBNÍ FIRMY A PROBLÉMY SE STATIKOU V PRAXI

Předseda České tunelářské asociace ITA-AITES pan Ing. Ivan Hrdina se v závěru úvodní části tiskové konference zabýval tématem „Stavební firmy a problémy se statikou v praxi“. V úvodu svého vystoupení uvedl, že kvalita je pro stavební firmu ten nejzásadnější faktor. Nedílnou součástí kvalitní stavby je kvalita nosné konstrukce. Každá stavba vzniká jako jedinečné dílo, je nutné ji nově navrhovat, stavět i provozovat. Stavební projekt propojuje mnoho účastníků stavebního procesu, kteří by měli mít společný zájem na kvalitě stavby. Realita je však jiná a motivace jednotlivých účastníků výstavby je rozdílná. Dodavatel stavby je podle názoru Ing. Hrdiny až téměř na konci celého procesu. Může ze své pozice jen velmi málo zlepšit, o to více toho může pokazit. Vše začíná u kvality záměru a konceptu a v této oblasti se nevyplatí šetřit čas ani peníze.

Odpovědnost za návrh a jeho kvalitu nese architekt a projektant a o důležitosti jejich spolupráce již hovořil prof. Vítek. Statik v dnešní době je mnohdy jen subdodavatelem projektanta, od kterého je vyžadováno co nejrychlejší a nejlevnější řešení. Příčinou nekvalitní projektové dokumentace, jak již bylo řečeno, je nezáměr státu o obor stavebnictví, školství, složitá legislativa, nekompetentní zadavatelé s příliš velkým tlakem na čas a cenu, nedostatek zkušených projektantů i chyby v koordinaci jednotlivých částí projektové dokumentace.

Obecně je známá závislost nákladů na kvalitě a s tím související vliv tlaku na minimální ceny. Snahou je najít optimum, kdy má stavební firma šanci s co nejmenšími náklady dosáhnout co nejvyšší kvality. V přípravné fázi lze získat mnohé, čeho ve fázi realizace již nelze dosáhnout. Ve firemní praxi se ukazuje kontrola projektové dokumentace jako nezbytná ve všech fázích projektu, a to jak při zpracování nabídky, tak hlavně při realizaci. Stále častěji lze nalézt nedostatky i ve statické části projektové dokumentace. Proto byla ve firmě Metrostav a.s. zavedena povinná kontrola a na jednotlivých divizích působí statici, na centrále firmy působí tým expertů, kteří podle složitosti projektu dokumentaci kontrolují. Otázkou však je, jak vzniklé změny prosadit v praxi ať už u veřejných investorů, tak u soukromých investorů, kde obecná praxe požaduje po uzavření kontraktu do 30 dnů zkontrolovat projektovou dokumentaci a pokud není v tomto termínu odhalena chyba, převzít za ni odpovědnost.

Při realizaci stavby narůstá problém nedostatku kvalitního technického personálu, který následně v prakticky nepřetržitém provozu mnohdy pod hrozbou trestné právní odpovědnosti řeší vzniklé problémy. Získat takové pracovníky je velmi obtížné. Samostatnou kapitolou je dělnický personál, kde lze pocítit jak úbytek vlastního personálu, tak zaměstnanců subdodavatelských firem. Závěrem bylo zopakováno, že účastníky stavebního procesu jsou všichni, tj. investor, architekt, projektant, zhotovitel i správce stavby a všichni nerozdílně odpovídají za kvalitu a za to, že stavby nebudou padat.

Dotaz: Nebylo by řešením vzniklé situace zavedení PPP projektů, kde by odpovědnost nejen za stavbu, ale i za její provozování převzal zhotovitel?

Odpověď Ing. Ivan Hrdina: Je to jedna z možností, která také nese svá rizika. Pokud projekt nebude řádně připraven a procesy správně nastaveny, tak to může v našem prostředí opět zhavarovat.

Odpověď Ing. Pavel Křeček: V ČR byly dosud realizované tři PPP projekty. Dálnice D47 na severu Čech, Sřešovicá nemocnice a nyní je v procesu projekt dálnice D4 do Příbrami. Nové podněty tyto projekty získávají většinou s novým politickým uspořádáním. Smůlou těchto projektů je, že v ČR se uvažuje s výhledem na jedno volební období. Příkladem může být i situace v Praze, kde je připraveno a realizováno minimum projektů. Řešení pomocí PPP projektů je schůdné, ale musí být dobře připravené.

Dotaz: Pokud je situace taková, jaká je a máme jen omezené možnosti řešení, nestálo by za to se zabývat kontrolou a mechanismem, jak projekty kontrolovat? Co udělat pro to, aby se do procesu projektování kontrola dostala?

Odpověď Ing. Pavel Křeček: My všichni jsme v profesi již dlouho. Za našich mladších let se nestavěly takové krásné stavby, jako nyní. Není všechno tak špatné. Kontrola je potřeba a měla by být zařazena do rekonstrukce stavebního práva. Má to však i svá „ale“. Někdo bude muset tuto činnost zaplatit a někdo bude muset mít odpovědnost. A to je moment, který povede ke zvýšení kvality, ale také ceny za tyto služby. Proto byla svolána tato tisková konference, ve které chceme apelovat na společnost, aby se systémově věnovala rozvoji a vizím včetně kvality jako takové. Komora dostala i pokuty za to, že měla kdysi honorářové sazebníky. Možnost je vytvářet jí byla odebrána. Proto se šlo jinou cestou, aby zadavatel věděl, jaká je pracnost. Ve vztahu k jednotlivým fázím projektu komora vypracovala pracnosti s tím, že každý má jinou hodinovou sazbu. Tak je možné kontrolovat u mimořádně nízkých cen projektových prací, že něco není v pořádku. Zároveň od 1. ledna 2018 patří technický dozor stavebníka mezi vybrané činnosti. Tím se dostal projektant, zhotovitel i technický dozor stavebníka na stejnou úroveň. Dále bylo se Svazem měst a obcí uzavřeno memorandum, ve kterém ČKAIT nabízí některé služby. Závěrem byla opět zdůrazněna apelace do společnosti věnovat se kvalitě a poskytovat dostatek finančních prostředků na údržbu staveb všeobecně.

7. ZÁVĚR

Tématem tiskové konference byla obecně problematika statiky stavebních konstrukcí se zaměřením na mosty a pozemní stavby. Společným jmenovatelem všech přednesených příspěvků i následné diskuse bylo zcela nevhodné soutěžení projektové dokumentace i vlastní realizace staveb podle kritéria nejnižší ceny a z toho plynoucí mimořádný tlak na úspory jak při zpracování projektové dokumentace, tak vlastní realizace stavby. V případě zpracování projektové dokumentace tento požadavek vede k nasazení co nejmenšího počtu co nejméně kvalifikovaného personálu s využitím co nejlevnějšího programového vybavení po co nejkratší dobu. V případě realizace vede kritérium nejnižší ceny k požadavku na mnohdy rizikový návrh stavebních konstrukcí na „hraně“ požadavků norem a předpisů a k nasazení méně kvalifikovaného personálu. Dalším z aspektů je prestiž oboru jako takového, získávání mladých stavebních techniků a inženýrů ochotných převzít na sebe odpovědnost za návrh a realizaci stavby. Bylo konstatováno, že se jedná o celospolečenský problém, který komora není schopna sama řešit, je však schopna změnu nastavení systému svou činností podpořit.

V žádném z příspěvků nebyla uvedena tunelová stavba nebo příklad z praxe, který by se návrhem, realizací a údržbou podzemních děl zabýval, i když se jedná o stavby se zvýšeným rizikem provádění. Že se jedná o mimořádně důležitou oblast stavebnictví, ukazuje i fakt, že podle statistického vyhodnocení dochází na délku postavených tunelů v České republice k havárii tunelové stavby 10x častěji než v sousedním Rakousku. Snad právě proto předpisy pro projektování podzemních staveb s požadavkem na určitou míru kontroly přicházejí. Jedná se především o předpis MDČR, oboru pozemních komunikací, který v kapitole 7 technických kvalitativních podmínek pro dokumentaci staveb pozemních komunikací s názvem „Tunely, podzemní objekty a galerie“ (TKP-D7) ukládá objednateli projektové dokumentace jak ve stupni DÚR, tak DSP vypracování nezávislého expertního posouzení, které se stává po doplnění stanoviska zhotovitele projektové dokumentace a rozhodnutí objednatele o zapracování připomínek expertního posouzení nedílnou součástí čistopisu DÚR/DSP. Je však jen na objednateli, jaký rozsah expertního posouzení příslušného stupně projektové dokumentace zajistí a zda jeho součástí budou např. i nezávislé statické a geotechnické výpočty. Požadavky na kontrolu projektové dokumentace se pak obecně zabývá kapitola 7.8. tohoto předpisu. Požadavky na údržbu silničních a dálničních tunelů za provozu pak definují technické podmínky č. 154 MDČR, oboru silniční infrastruktury s názvem „Provoz, správa a údržba tunelů pozemních komunikací“. Obdobný předpis požadující nezávislou kontrolu projektové dokumentace železničních tunelů neexistuje a je pouze záležitostí objednatele, zda si takovou kontrolu vyžádá.

Požadavky na statické výpočty staveb spadajících do činnosti prováděné hornickým způsobem se dostaly i do posledního znění zákona č. 61/1988 Sb. ve znění pozdějších předpisů ze dne 15. 6. 2018, kde se v § 5b mimo jiné uvádí, že „Statické, popřípadě jiné výpočty musí být vypracovány tak, aby byly kontrolovatelné“. Vzhledem ke složitosti geotechnických výpočtů, používání mnohdy nelineárních materiálových modelů a složitých konstitutivních vztahů modelujících chování konstrukce i horninového prostředí je tento požadavek určitě na místě. Zkušenosti z projekční praxe a kontroly projektové dokumentace ukazují, že kontrolovatelnost takových výpočtů není vždy samozřejmostí. Dalším kontrolním mechanismem je požadavek vyhlášky 55/1996 Sb. v platném znění, která v § 28 u podzemních staveb ražených observační metodou vyžaduje posouzení projektové dokumentace odborným znalcem ustanoveným podle § 5c zákona 61/1988 Sb. Českým báňským úřadem.

Na tiskové konferenci byl vyjádřen názor jednotlivých přednášejících z řad zástupců ČKAIT i odborné veřejnosti, byla konstatována fakta o situaci v oblasti zpracovávání statických výpočtů a stavu nosných konstrukcí i o příčinách a možných následcích stávající situace. Byly nastíněny možnosti řešení, jednoznačný postup nebo návrh ČKAIT pro řešení stávajícího stavu však přítomným z řad novinářů předložen nebyl. Vzhledem ke složitosti problému a množství příčin vzniklé situace je nutno celou věc řešit na státní úrovni vytvořením zákonných opatření a nastavením celého systému tak, aby k obdobným situacím nemohlo dojít. Pozitivním přínosem tiskové konference byla zcela jistě otevřenost, s jakou byly přednášky prezentovány a s jakou byla následná diskuse vedena, i sám fakt, že si je komora vzniklé situace vědoma a danou problematikou se intenzivně zabývá.

Ing. LIBOR MAŘÍK, HOCHTIEF CZ, a. s.

AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLICE CURRENT NEWS FROM THE CZECH AND SLOVAK UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

ČESKÁ REPUBLIKA

MODERNIZACE TRATI ROKYCANY – PLZEŇ

Modernizace železniční trati Rokycany – Plzeň v délce cca 15 km zahrnující ejpovické tunely délky 2x4150 metrů se stavebně blíží nezadržitelně ke svému závěru.

V jižním tunelu jsou kompletně osazeny všechny kabelovody, požární suchovod a ze 2/3 je položena i pevná jízdní dráha. Jsou nataženy všechny kabelové trasy pro slabo- a silnoproud, zabezpečovací, sdělovací zařízení a vyzařovací kabel. Dále je montováno osvětlení tunelu a trakční vedení. V severním tunelu jsou kabelovody již také dokončeny a probíhá zde montáž kabelových tras.

Propojky jsou dokonce již plně technologicky vybaveny a bude zde docházet k postupnému oživování technologických celků. Ve střední části tunelu je na povrchu vybudováno energocentrum s plně vybavenou technologií.

Portál na rokycanské straně je již definitivně obložen gabiony a v zářezu probíhá obklad pilotových stěn pomocí desek. Na plzeňské straně jsou vybetonovány již oba tunelové portály.

Takto nově zmodernizovaná trať zkrátí tu původní ve své délce přibližně o 6100 metrů.

Ing. BORIS ŠEBESTA, boris.sebesta@metrostav.cz

SLOVENSKÁ REPUBLIKA TUNELY NA DIAĽNIČNEJ SIETI

Tunely Ovčiarisko a Žilina

Na úseku D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka s dĺžkou 13,2 km sa nachádzajú dva diaľničné dvojručové tunely: Ovčiarisko a Žilina.

Tunel Ovčiarisko (obr. 1) s dĺžkou 2367 m sa začal raziť 12. 9. 2014. Betonáž sekundárneho ostenia STR bola ukončená v októbri 2017 a betonáž sekundárneho ostenia JTR bola ukončená v decembri 2017.

Kompletne zrealizované je aj sekundárne ostenie na všetkých 8 priečných prepojeniach medzi STR a JTR.

Momentálne prebiehajú práce na konštrukciách vozovky – sypanie štrkodry a pokládka cementovej stabilizácie. Realizuje sa tiež pokládka zákrytových dosiek na káblové



Obr. 1 Tunel Ovčiarisko – podklad pod vozovku STR
Fig. 1 Ovčiarisko tunnel – NTT roadway subgrade

THE CZECH REPUBLIC

MODERNISATION OF ROKYCANY – PLZEŇ RAILWAY TRACK SECTION

The modernisation of the ca 15km long Rokycany – Plzeň railway track section comprising the 2x4150m long Ejpovice tunnels is inevitably approaching the conclusion of the civil-engineering part.

In the southern tunnel tube, all cable ducts and the fire main have been completely installed and laying of 2/3 of the slab track has been finished. The installation of all cableways for weak-current and heavy-current lines, security signalling equipment, communications and a radiating cable has been finished. The installation of tunnel lighting and electric traction equipment is underway. In the northern tunnel tube, cableways have also been finished and the installation of cable routes proceeds.

The technology equipment of cross passages has been fully completed and equipment complexes will be gradually debugged. An energy centre fully equipped with technology is on the surface in the central part of the tunnel.

The cladding of the portal on the Rokycany side with gabions has been finally finished and the cladding of pile walls in the cutting with slabs is under construction. On the Plzeň side, casting of concrete at both tunnel portals has been finished.

The railway track newly modernised in this way will reduce the length of the original track approximately by 6100 metres.

Ing. BORIS ŠEBESTA, boris.sebesta@metrostav.cz

THE SLOVAK REPUBLIC TUNNELS ON MOTORWAY NETWORK

Ovčiarisko and Žilina tunnels

There are two double-tube motorway tunnels in the 13.2km long section of the Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway: Ovčiarisko and Žilina.

The excavation of the 2367m long Ovčiarisko tunnel (see Fig. 1) started on the 12th September 2014. Casting of the secondary concrete lining of the NTT was finished in October 2017, whilst the casting of the secondary concrete lining in the STT was finished in December 2017.

The realisation of the secondary lining in all 8 cross passages between the NTT and STT has also been completed.



Obr. 2 Tunel Žilina – cementobetónová vozovka
Fig. 2 Žilina tunnel – concrete roadway

kanály a šachty. Predpokladaný začiatok položenia cementobetónového krytu vozovky je 7/2018. Po jej položení a dostatočnom vytvrdnutí sa naplno rozbehnú práce na montáži technologických rozvodov a technologického vybavenia tunela. Taktiež prebiehajú dokončovacie práce na definitívnych úpravách tunelových portálov.

Tunel Žilina je 687 m dlhý dvojrúrový tunel na stavbe D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka. Slávnostné prerazenie JTR bolo 5. 12. 2016 a STR 9. 2. 2017.

Tunel Žilina je 687 m dlhý dvojrúrový tunel na stavbe D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka. Na oboch tunelových rúrach je už ukončené aj sekundárne ostenie tunela na razenej aj hlbenej časti, taktiež aj na priečnych prepojeniach.

Na oboch tunelových rúrach je už ukončené sekundárne ostenie tunela na razenej aj hlbenej časti, taktiež aj na priečnych prepojeniach.

V 26. týždni 2018 bola urobená pokládka cementobetónovej vozovky (obr. 2) v oboch tunelových rúrach. Po dostatočnom vytvrdnutí betónovej vozovky budú pokračovať práce na osádzaní zákrytových dosiek v chodníkoch a realizácii technologického vybavenia tunela. Pokračujú tiež práce na definitívnych úpravách tunelových portálov – betonáž obkladových múrov.

Priamym zhotoviteľom tunela je Združenie spoločností Doprastav, a.s. Bratislava a Metrostav a.s.

Tunel Čebrať

Súčasťou diaľničného úseku D1 Hubová – Ivachnová je dvojrúrový tunel Čebrať (1994 m).

V uplynulých mesiacoch boli diagnostikované rozsiahle problémy so stabilitou územia na západnom portáli tunela Čebrať a nadväzujúcom úseku diaľnice, ktoré si vyžadujú rozsiahle zmeny v technickom riešení. Z tohto dôvodu sú aj 15. 7. 2018 ešte stále práce na tomto tuneli pozastavené.

Zhotoviteľom stavby je združenie spoločností OHL ŽS, a.s., a Váhostav – SK, a.s.

Tunel Višňové

Najdlhší slovenský tunel Višňové s dĺžkou 7,5 km je súčasťou úseku diaľnice D1 Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala, ktorý je vedený južne od krajského mesta Žilina. Zhotoviteľom diaľničného úseku je združenie firiem Salini Impregilo S.p.A a Dúha, a.s. Tunel s dvomi rúrami v porovnaní s ostatnými tunelmi vo výstavbe, je stavebne náročnejší na systém vetrania s vetracou šachtou a odsávaním dymu v prípade požiaru v dvoch oblastiach, cez šachtu a cez vetrací kanál v tuneli nad medzistropom v úseku pri východnom portáli.

Razenie tunela Višňové sa začalo v apríli v roku 2015 razením severnej tunelovej rúry od západného portálu. Po 38 mesiacoch razenia je od západného portálu začiatkom júla 2018 vyrazených 3054 m severnej tunelovej rúry a 2980 m južnej tunelovej rúry. Od východného portálu je v priaznivejších geologických podmienkach vyrazených 4070 m severnej tunelovej rúry a 4179 m južnej tunelovej rúry. Spolu je teda vyrazených 14284 m. Do ukončenia razenia tunelových rúr už zostáva preraziť len 602 m, pričom prerážka sa očakáva koncom augusta 2018. V súbehu s razením prebieha tiež betonáž sekundárneho ostenia od oboch portálov, pričom je začiatkom júla 2018 ukončených celkom 7352 m hornej klenby, čo je takmer 50 % dĺžky tunelových rúr.

Paralelne s razením tunelových rúr prebieha aj razenie priečnych prepojení. V tuneli je navrhnutých celkom 29 prepojení troch rôznych typov. Najmenší profil je určený pre unikajúce osoby, stredný umožňuje príjazd zásahových jednotiek a zároveň umiestnenie miestnosti s technologickým vybavením a v najväčšom profile je, okrem toho, navrhnuté umiestnenie trafostaníc. Na konci februára 2018 bolo prerazených alebo v štádiu razenia celkom 26 priečnych prepojení.

Currently the work is proceeding on the roadway structure – pouring crushed gravel and placing cement stabilisation. In addition, covering slabs are being laid on cable ducts and shafts. The placement of the concrete roadway cover is planned to start in July 2018. After the placement and sufficient hardening of the concrete road cover, the installation of the technology distribution lines and tunnel equipment will fully begin to run. The finishing work on the final structures of the tunnel portals is also in progress.

The 687m long Žilina tunnel is a twin-tube tunnel in the Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway construction. The ceremonial breakthrough of the STT and NTT took place on the 5th December 2016 and the 9th February 2017, respectively. The secondary lining has been finished in both tunnel tubes, both in the mined and cut-and-cover parts, as well as the cross passages.

Laying of the cement roadway cover (see Fig. 2) in both tunnel tubes was finished in the 26th week of 2018. The work on the installation of concrete covers on walkways and the realisation of the tunnel equipment will continue after sufficient hardening of the roadway concrete. The finishing work at the portals – casting of concrete cladding walls – also proceeds.

The direct contractor for the tunnel construction is the Consortium consisting of Doprastav, a. s. Bratislava and Metrostav a. s. Praha.

Čebrať tunnel

The Čebrať tunnel (1994m) is part of the Hubová – Ivachnová section of the D1 motorway.

Extensive problems were diagnosed during the past months regarding the stability of the area at the western portal of the Čebrať tunnel and the following motorway section; they require extensive changes in the technical solution. This is the reason why the work on this tunnel is still (as of the 15th July 2018) suspended.

The contractor for the construction is a consortium consisting of OHL ŽS, a. s., and Váhostav – SK, a. s.

Višňové tunnel

The 7.5km long Višňové tunnel, the longest Slovakian tunnel, is part of the Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala section of the D1 motorway. It runs south of the regional town of Žilina. The contractor for the motorway section is a consortium formed by Salini Impregilo S. p. A and Dúha, a. s. The twin-tube tunnel is more complicated in comparison with the other tunnels under construction as far as the construction of the ventilation system is concerned. It comprises a ventilation shaft and smoke extraction in the case of a fire through a shaft and ventilation duct in the tunnel, above the intermediate deck in the section at the eastern portal.

The excavation of the Višňové tunnel commenced from the western portal of the northern tunnel tube in April 2015. As of July 2018, after 38 months of the excavation from the western portal, the excavation of 3054m and 2980m of the northern and southern tunnel tubes, respectively, were finished. The lengths of 4070m and 4179m of the northern and southern tunnel tubes, respectively, were excavated. Altogether, the length of the excavated tubes amounts to 14,284m. Only 602m of the excavation remain until the completion of the excavation of the tunnel tubes, with the breakthrough expected by the end of August 2018. The casting of the concrete secondary lining proceeds concurrently from both portals. As of the beginning of July 2018, the aggregate length of the upper vault of 7352m, representing nearly 50% of the length of the tunnel tubes, has been finished.

The excavation of cross passages proceeds in parallel with the excavation of the tunnel tubes. The total of 29 cross passages of three different types has been designed for the tunnel. The smallest profile is designed for escaping persons, the medium-size profile allows for the access of intervention units and, at the same time, for



Obr. 3 Tunel Prešov
Fig. 3 Prešov tunnel

Tunel Prešov

Tunel Prešov (obr. 3) je diaľničný tunel vo výstavbe a nachádza sa na úseku diaľnice D1 Prešov západ – Prešov juh. Tunel Prešov prechádza vrchom Malkovská hôrka, ktorý je tvorený flyšovými sedimentmi s rôzne zloženými subhorizontálne uloženými ílovcovými a pieskovcovými vrstvami.

Trasa tunelovej časti obchvatu Prešova bude tvorená dvoma nezávislými tunelovými rúrami. Severná tunelová rúra bude mať dĺžku 2230,50 m a južná tunelová rúra bude dlhá 2244 m. Medzi tunelovými rúrami je navrhnutých 8 priečných prepojení na vytvorenie únikových ciest a prístupových ciest pre záchranné zložky.

Smerovo je trasa vedená v tvare predĺženého písmena „S“, zloženého z kruhových oblúkov, prechodníc a s priamou časťou v strednej časti tunela. Tvar trasy umožňuje vhodné situovanie portálov vo vzťahu k morfológii terénu a taktiež zaisťuje vhodné svetelné pomery pri vjazde a výjazde z tunela.

Vzájomná vzdialenosť osí tunelových rúr je premenlivá, pričom minimálna hodnota (osovo) je 29 m, resp. 30 m na oboch portáloch a maximálne 40 m v strednej časti trasy tunela. Výška nadložia dosahuje v strednej časti trasy až 100 m.

Výškové vedenie oboch tunelových rúr je definované rovnomerným pozdĺžnym sklonom od západného portálu smerom k východnému portálu v sklone 2,80 %.

Nosná konštrukcia tunela je tvorená primárnym ostením s dočasnou statickou funkciou a následným sekundárnym ostením ako definitívnou nosnou konštrukciou.

Razenie tunela bude realizované metódou NRTM s rozdelením do vystrojovacích tried. Výrub bude delený horizontálne a v menej priaznivom prostredí aj so spodnou klenbou. Plocha výrubu sa podľa vystrojovacích tried bude pohybovať od cca 80 m² do 105 m².

Ochrana tunela pred podzemnou vodou je zaistená tzv. systémom dáždňikov (t.j. kombinácia plošnej hydroizolácie – fólia hrúbky min. 2 mm, uložená medzi primárne a sekundárne ostenie hornej klenby, chránená geotextíliou s drenážnou funkciou) a pozdĺžnou drenážou za sekundárnym ostením. Hydroizolačná fólia bude zároveň plniť funkciu sekundárnej ochrany pred účinkami bludných prúdov.

Slovenská tunelárska asociácia

TUNELY NA MODERNIZOVANEJ ŽELEZNIČNEJ TRATI

Tunel Diel

Tunel Diel prechádza masívom vrchu Diel, ktorý tvorí centrálnu časť meandru Váhu v oblasti Nosickej priehrady. Tunel je

lokalizovaný v priestore obsahujúcom technickú výbavu; okrem tejto výbavy, inštalácia transformátorových staníc je navrhnutá pre najväčší profil prechodu. K koncu februára 2018, výstavba celkom 26 priečných prechodov bola dokončená alebo je v programe.

Prešov tunnel

The Prešov tunnel (see Fig. 3) is a motorway tunnel under construction. It is located in the Prešov West – Prešov South section of the D1 motorway. The Prešov tunnel passes under the Malkovská Hôrka hill, which is formed by flysch sediments consisting of differently composed sub-horizontally deposited claystone and sandstone layers.

The route of the tunnelled part of the Prešov by-pass will be formed by two separate tunnel tubes. The northern tube will be 2230.50m long, whilst the length of the southern tunnel tube will amount to 2244m. There will be 8 cross passages designed to be between the tunnel tubes. They will create escape routes and access routes for rescue units.

In terms of the horizontal alignment, the route runs on an extended letter “S” consisting of circular curves, transition curves and a straight part in the middle part of the tunnel. The geometry of the route allows for suitable locating of portals in relation to the terrain morphology and, in addition, ensures suitable lighting conditions at the entrance and the exit from the tunnel.

The distance between centre lines of the tunnel tubes is variable, with the minimums of 29m and 30m at both portals and the maximum of 40m in the central part of the tunnel. The height of the overburden reaches up to 100m in the middle part of the route.

The vertical alignment of the two tunnel tubes is defined by a uniform gradient of 2.80% rising from the western portal toward the eastern portal.

The load-bearing structure of the tunnel is formed by the primary lining with a temporary static function and the following secondary lining as the final load-bearing structure.

The tunnel will be driven using the NATM, with the excavation categorised into excavation support classes. The excavation face will be divided horizontally and will even contain an invert in a less favourable environment. The excavated area will range from ca 80m² to 105m², depending on the excavation support classes.

The tunnel protection against ground water is provided by a system of the so-called umbrellas (i.e. a combination of aerial waterproofing – the waterproofing membrane with the minimum thickness of 2mm installed between the primary and secondary linings of the upper vault, protected by a geotextile with a drainage function) and by longitudinal drainage behind the secondary lining. The waterproofing membrane will at the same time fulfil the function of the secondary protection against the effects of stray currents.

Slovak Tunnelling Association

TUNNELS ON THE MODERNISED RAILWAY LINE

Diel and Milochovo tunnels

The Diel tunnel passes under the massif of Diel hill forming the central part of the Váh river meander in the area of the Nosice dam. The tunnel design length amounts to 1082 metres. The tunnel is being driven through the massif under the Nimnica spa. The western portal is located at the edge of the village of Nimnica; the eastern portal will be located in an area of a forest above the secondary road class II/507 running from Púchov to Považská Bystrica along the right bank of the dam reservoir. The Diel tunnel will have an escape gallery having its mouth in the area of the eastern portal of the tunnel.

The work inside the tunnel is proceeding by gradual excavation of the excavation face divided into the top heading, bench and

navrhnutý s dĺžkou 1082 metrov. Razenie tunela prebieha v masíve popod kúpele Nimnica. Západný portál je situovaný na okraji obce Nimnica, východný portál bude situovaný v území lesa nad cestou druhej triedy II/507, ktorá vedie z Púchova do Považskej Bystrice po pravom brehu priehrady. Tunel Diel bude mať únikovú štôľňu vyúsťujúcu do priestoru východného portálu tunela.

Práce vo vnútri tunela prebiehajú postupným razením v delenej čelbe na kalotu, stupeň a dno a zhotovovaním primárneho ostenia. Podmienky razenia sa od poslednej aktualizácie článku zhoršili. Došlo k zväčšeným konvergenciám, pričom sa následne prešlo z tretej vystrojovacej triedy do štvrtej. Z trhavínového razenia sa prešlo na strojné – tunelbagrom. Geologická skladba je tvorená ílovcami rôzneho typu, ktoré sú zvetrané, tektonicky porušené, a len výnimočne zdravé. Pieskovce, ktoré sa mali v trase tunela na základe geologických predpokladov nachádzať, sa zatiaľ neobjavili. K dátumu 20. 6. 2018 bolo v kalote vyrazených 765 m, čo sú $\frac{3}{4}$ z celkovej dĺžky tunela.

Na východnom portáli prebieha postupné odťažovanie masívu a realizácia stien portálovej jamy. Steny sú vytvorené z mikropilót, na vrchu sú zmonolitnené do múrika z pohľadového betónu, a s postupným odťažovaním masívu sú spevňované roznášacími železobetónovými prahmi, ktoré sú kotvené lanovými kotvami. Postupne sa otvára čelba tunelovej rúry a čelba únikovej štôľne, ktorá vyúsťuje na východnom portáli tunela.

Tunel Milochov

Na preklenutie úpätia vrchu Stavná, južne od miestnej časti Horný Milochov – mestskej časti Milochov mesta Považská Bystrica, je navrhnutý nový tunel Milochov. Projektovaná dĺžka tunela je 1861 metrov. Tunel bude mať jednu únikovú štôľňu, ktorá bude vyúsťovať v obci Milochov.

Raziace práce zo západného portálu sú momentálne zastavené a to z toho dôvodu, že projekt uvažoval s razením tunela z východného portálu. Pôvodne sa neuvažovalo s razením z oboch strán a to pre problémový vývoz rúbaniny cez obec Milochov. Preto sa po 115 metroch vyrazených v kalote zo západu čelba zastavila a tunel sa zabezpečil proti vstupu.

Spustili sa však konečne práce na razení tunela z východného portálu. Po otvorení a stabilizácii portálovej jamy sa pod ochrannou dvojitého mikropilótového dáždnika začalo z razením v delenej čelbe. Čelba sa rozdelila v kalote na dve časti zvislou stenou tvorenou priehradovým nosníkom, striekaným betónom a oceľovými sieťami. Razí sa postupne v ľavej, objemovo menšej časti na dĺžku 10 metrov. Následne sa doberie pravá, väčšia časť. Po zrovaní čelieb sa zdemontuje zvislá stena a následne sa čelba zabezpečí sklolaminátovými kotvami a vŕta sa nový mikropilótový dáždnik pre ďalšiu etapu. K 27. 6. 2018 je týmto spôsobom vyrazených cca 26 metrov v kalote tunela. Dôvod takéhoto postupu spočíva v tom, že geologickú skladbu tvorí deluviálna kamenito-ílovitá suť s úlomkami silno zvetraných prieskocov, ďalej piesčitý íl, strednej až vysokej plasticity, tuhej konzistencie, stredne uľahnutý ílovitý piesok a polygenetická suť.

Celú stavbu realizuje združenie Nimnica zložené zo spoločností Doprastav – TSS Grade – SUBTERRA – EŽ Praha. Tunel Diel realizuje spoločnosť TUBAU, a.s. a tunel Milochov spoločnosť Subterra a.s. Generálnym projektantom pre investora Železnice Slovenskej republiky je spoločnosť REMING CONSULT a.s.

Ing. JÁN KUŠNÍR, REMING CONSULT a.s.

bottom sequences and the installation of the primary lining. The excavation conditions have deteriorated since the last updating of the paper. The convergences increased and the third excavation class was subsequently replaced by the fourth class. The excavation method using explosives was replaced by mechanical excavation using a tunnel excavator. The geological composition is formed by various types of claystone, which are weathered, tectonically faulted and only exceptionally sound. The sandstone which was to be encountered on the basis of geological assumptions has not appeared yet. As of the 20th June 2018, 765m of the top heading excavation have been finished, i.e. $\frac{3}{4}$ of the tunnel total length.

At the eastern portal, the massif is being gradually excavated and the portal pit walls are being realised. The walls are formed by micropiles and are made monolithic at the top into an architectural concrete finish wall. The excavation walls are supported with reinforced concrete walers anchored with cable anchors. The excavation face of the tunnel tube and the excavation face of the escape gallery ending at the eastern portal of the tunnel are gradually being exposed.

Milochov tunnel

The new tunnel, Milochov, is designed to cross the bottom of Stavná hill south of the local part named Horný Milochov – the Milochov municipal district of the town of Považská Bystrica. The design length of the tunnel amounts to 1861 metres. The tunnel will have one escape gallery ending in the municipality of Milochov.

The realisation of the tunnel excavation from the western portal has currently been suspended because of the fact that the design required that the excavation commenced from the eastern portal. The excavation from both sides was originally not taken into consideration because of the problematic transport of the muck via the municipality of Milochov. For that reason the heading stopped after completing 115m of the top heading excavation and the tunnel was secured against entry.

On the other hand, the work on the excavation of the tunnel from the eastern portal has commenced. After the completion of the excavation and stabilisation of the portal pit, the sequential excavation of the tunnel started, under the protection of a double canopy tube pre-support. The top heading excavation was divided into two parts by a vertical wall formed by a lattice girder, shotcrete and welded mesh. The sequential excavation starts in the left-hand part with a smaller volume, ending at the distance of 10 metres from the start. Subsequently, the larger, right-hand part is excavated. After completing the excavation, the excavation face is stabilised with fibreglass reinforced plastic anchors and the drilling for the new stage of the canopy tube pre-support starts. As of the 27th June 2018, ca 26 metres of the top heading excavation using this procedure has been finished. The reason for this procedure lies in the fact that the geological composition comprises deluvial stony rubble with fragments of heavily weathered sandstone, sandy clay with medium to high plasticity and stiff consistency and medium compacted clayey sand and polygenetic debris.

The entire project is being realised by the Nimnica consortium consisting of Doprastav – TSS Grade – SUBTERRA – EŽ Praha. The Diel tunnel construction is being realised by TUBAU, a. s. and the contractor for the Milochov tunnel construction is Subterra a.s. The general designer for the project owner, Železnice Slovenskej Republiky (Slovak Railways) is REMING CONSULT a. s.

Ing. JÁN KUŠNÍR, REMING CONSULT a.s.

Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

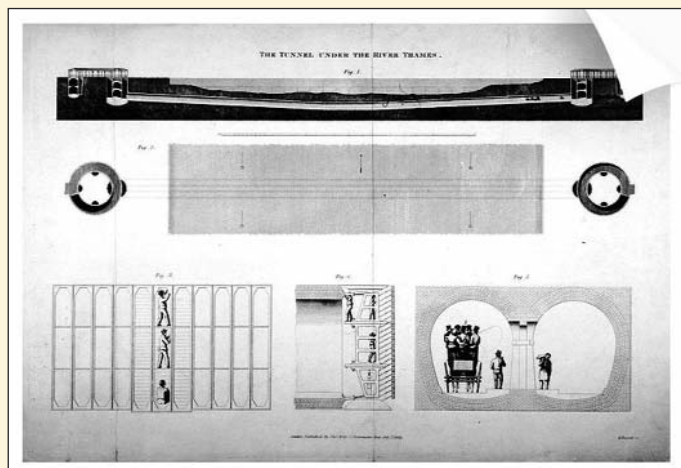
175 LET OD OTEVŘENÍ TUNELU POD TEMŽÍ REALIZOVANÉHO POMOCÍ TUNELOVACÍHO ŠTÍTU 175 YEARS FROM INAUGURATION OF THE TUNNEL DRIVEN UNDER THE THAMES USING A TUNNELLING SHIELD

The paper contributes to the 150th anniversary of the inauguration of the tunnel under the river Thames.

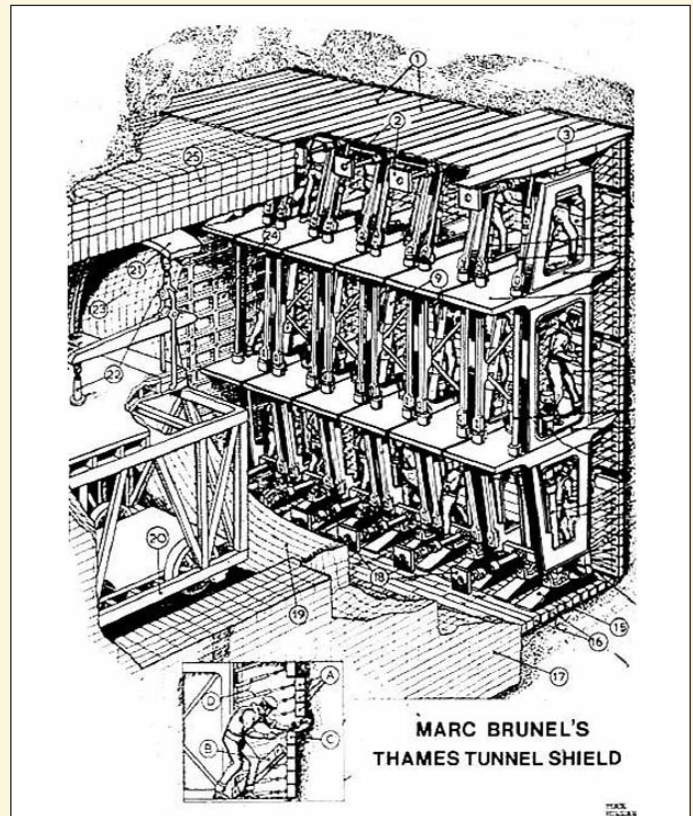
První pokus o podtunelování Temže v Londýně je datován do roku 1799. Snaha inženýra Ralpha Dodda propojit tunelem severní a jižní břeh Temže nebyl úspěšný. Neúspěchem skončil i druhý pokus, tzv. projekt Archway z let 1805 až 1809, a to již při ražbě pilotní štol minimálních rozměrů 1x1,5 m v prostředí bahnotopísčitých říčních náplavů. Konsorcium odborníků tehdy vyslovilo názor, že ražba tunelu pod Temží je neproveditelná.

Tento výrok však byl nepřijatelný pro anglického inženýra francouzského původu Marca Isambarda Brunela, velmi schopného technického vizionáře, který si nechal v roce 1818 patentovat zcela novou tunelovací metodu – ražbu a vyztužování vyrubaného prostoru pomocí na světě prvního tunelovacího štítu, který se stal základem mnohem pozdějších skvělých technologií ražby tunelů plnoprofilovými tunelovacími stroji ve všech typech hornin a zemín.

Brunelův štít byl navržen jako ocelová konstrukce obdélníkového průřezu s výškou 7 m a šířkou 12 m, do obvodového pláště s břitem bylo vsazeno jedenáct mohutných vertikálních přepážek a dvě přepážky horizontální ve třetinách výšky štítu, taktéž opatřené břity. Ve štítu tak bylo vymezeno 36 oddělených buněk a v každé z nich prováděl jeden dělník postupnou těžbu zeminy s průběžným sestupným přepažováním zeminy v čele buňky fošnami vodorovného příložného pažení (obr. 1). Zatlačování břitů štítu do zeminy zajišťovaly mechanické šroubové lis v horní a spodní části štítu, jejichž zdvih byl necelých 12 cm (šířka používaných cihel), který umožňoval pod ochrannou štítového pláště po stažení lisů vyzdění dalšího prstence cihelné obezdívky dvojice tunelů s klenutým vnitřním lícem a klenbovými prostupy ve střední stěně. O stejných cca 12 cm byla v jednotlivých buňkách odtěžena zemina, štítové břity se obnažily a postup zatlačení štítu do zeminy, stažení lisů a vyzdění dalšího prstence ostění se opakoval. Předpokládaný postup byl pomalý, cca pouhé 3 m týdně.



Obr. 2 Původní Brunelovo schéma tunelu a štítu
Fig. 2 Original Brunel's chart of the tunnel and the shield

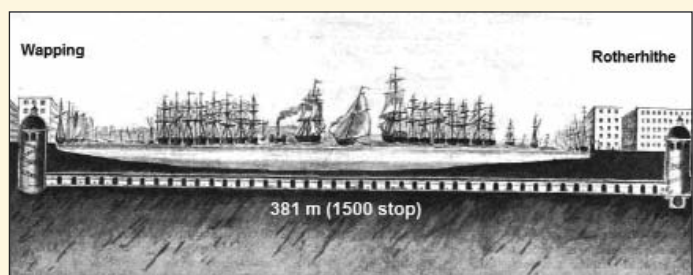


Obr. 1 Schéma levé poloviny Brunelova štítu – řez je veden rovinou souměrnosti štítu

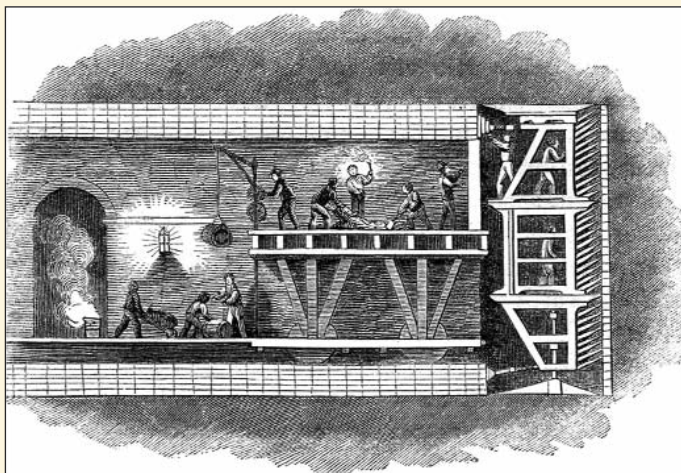
Fig. 1 Chart of the left half of Brunel's shield – the cut is led in the plane of the shield symmetry

Pro tuto zcela původní technologii vypracoval v roce 1823 Marc Brunel projekt pro Thames tunnel (obr. 2) mezi nábřežími Rotherhithe a Wapping, získal důvěru a peníze soukromých investorů a v roce 1825 byla společností Thames Tunnel Company stavba zahájena. Nejprve byla na jižním břehu Rotherhithe vybudována technologií spouštěné studně mohutná šachta o průměru 15 m s hloubkou 20 m, v níž byla instalována parní čerpací stanice a přístupové schodiště.

Ze dna této šachty tunelovací štít začal ražbu 381 m (1500 stop) dlouhého tunelu v přímém směru do později budované šachty Wapping na severním břehu Temže (obr. 3). Ražba v místních nepříznivých geologických podmínkách říčních bahnotopísčitých náplavů, s nadloží tunelu ke dnu Temže



Obr. 3 Tunnel mezi šachtami Rotherhithe a Wapping
Fig. 3 Tunnel between Rotherhithe and Wapping shafts



Obr. 4 Nejznámější vyobrazení ražby Brunelovým štítem

Fig. 4 The most famous depiction of excavation using Brunel's shield

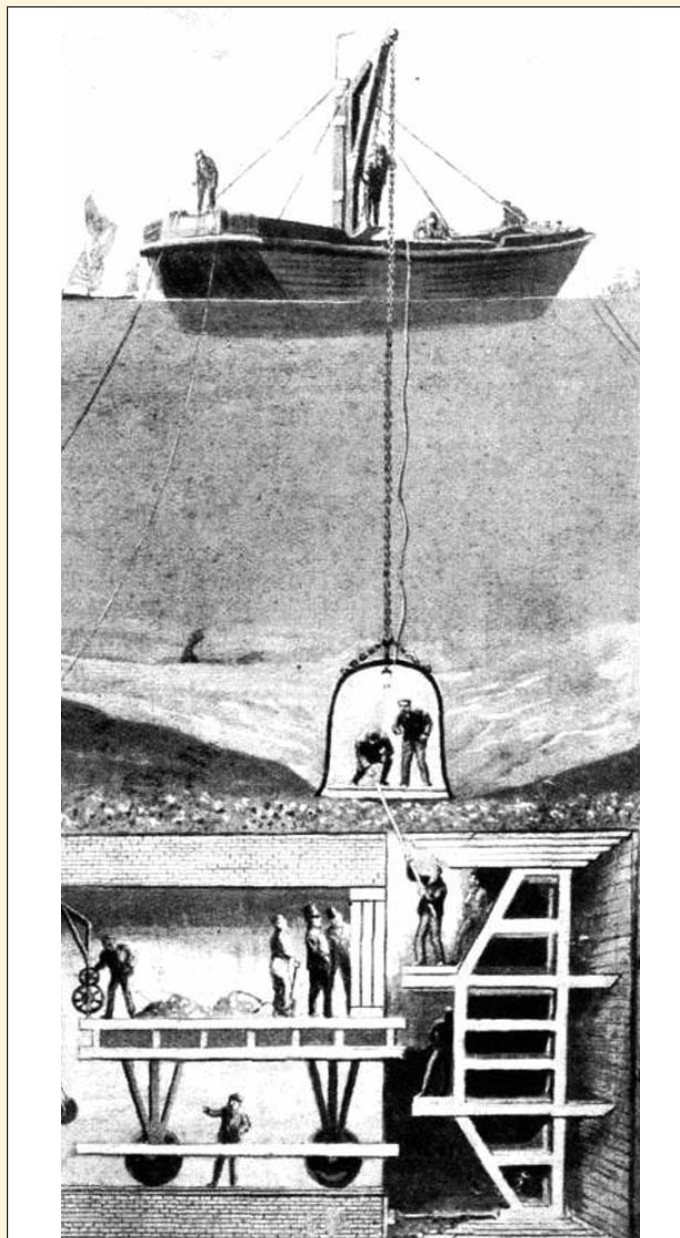
pouhých 4 až 8 m, probíhala v prvních desítkách metrů poměrně úspěšně (obr. 4) a ředitelství společnosti umožnilo denně za vstupné stovkám návštěvníků sledovat štít za provozu, což zřejmě nezanedbatelně vylepšovalo platební bilanci společnosti.

Práce pod ochranou štítu byla z hlediska stability výrubu relativně bezpečná, nicméně pro dělníky ve štítu byly pracovní podmínky mimořádně náročné – zápachu z prosakující temžské vody, sirovodíku z tlejících organogenních náplavů a občasnému zahořování metanu nemohla pouhá samovolná difuze vzduchu mezi vstupní šachtou a tunelem zabránit. Vedle mnoha dělníků posléze onemocněl i výkonný inženýr projektu a jeho funkci v polovině roku 1826 převzal Isambard Kingdom Brunel, technicky mimořádně zdatný dvacetiletý syn Marca Isambarda Brunela.

V květnu roku 1827 došlo k první mimořádné události z hlediska stability zemního prostředí, a to k vykomínování nadloží do koryta Temže a zatopení tunelu, zřejmě spárou mezi horní částí pláště štítu a cihelnou definitivní obezdívkou. Ke ztrátám na životech nedošlo, početná osádka stačila tunel spěšně opustit vstupní šachtou Rotherhithe. Při likvidaci této havárie osvědčil Brunel junior svoje technické schopnosti – trychtýřový propad ve dně Temže ucpal v jeho zužující se části těžkým ocelovým potápěčským zvonem spuštěným jeřábem z lodi (obr. 5). Horní rozšiřující se trychtýř propadu byl ucpán stovkami pytlů naplněných jílovitou zemínou. Po úspěšném dokončení těchto nákladných prací v řece byla vyčerpána voda z tunelu, tunel byl vyčištěn a obezdívka opravena. Oslavný banket přímo v tunelu dokumentoval vybraným významným hostům obnovenou těsnost a stabilitu již hotových 170 m tunelu i připravenost tunelovacího štítu k další ražbě.

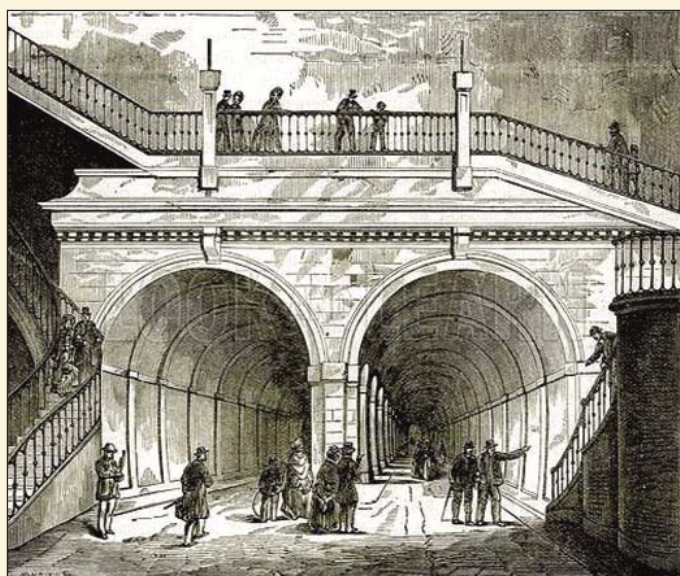
Za necelý rok poté, v lednu 1828, však došlo k dalšímu průvalu vod do tunelu, tentokrát se ztrátami na lidských životech. Šest dělníků havárii nepřežilo a sám Brunel junior havárii přežil s těžce podlomeným zdravím a tunel natrvalo opustil. Společnost Thames Tunnel Company po této druhé havárii další ražbu tunelu zastavila vzhledem k zásadním problémům s dalším financováním výstavby. Prerušeni trvalo dlouhých sedm let.

Marc Isambard Brunel však svou ideu podtunelování Temže tunelovacím štítem neopustil. V roce 1834 se mu podařilo sehnat dostatek finančních prostředků, včetně podstatné státní půjčky, a v roce 1835 byla výstavba obnovena.



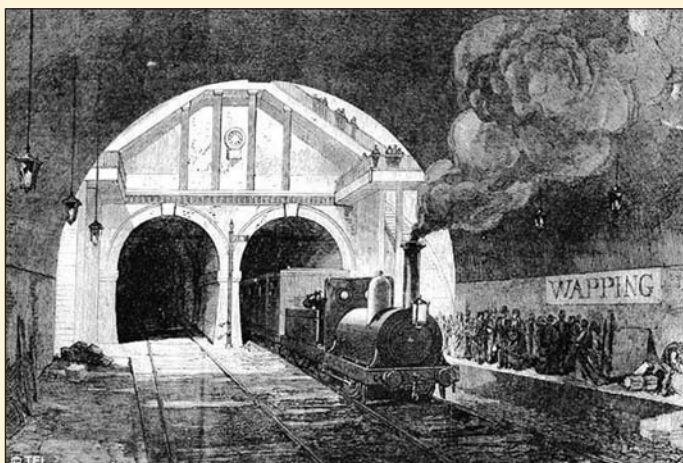
Obr. 5 Likvidace průvalu Temže do tunelu pomocí potápěčského zvonu

Fig. 5 Liquidation of Thames water breakout into the tunnel using a diving bell



Obr. 6 Po dokončení v roce 1843 se tunel stal na 22 let turistickou atrakcí pro pěší

Fig. 6 After the completion in 1843, the tunnel became for 22 years a tourist attraction for pedestrians



Obr. 7 První parní vlak linky East London projel tunelem v roce 1869

Fig. 7 The first steam train of the East London Line passed through the tunnel in 1869

Starý zrezivělý štít byl demontován a nahrazen novou vylepšenou verzí. Ani obnovená ražba však nepokračovala bez problémů. Při čtyřech povodních v letech 1837 až 1840 byl tunel opakovaně zaplaven, trvaly také problémy se sirovočím a zahořováním metanu při jeho koncentraci v ovzduší nad 5 %. Nicméně v roce 1841 byla ražba celého tunelu po pěti letech dokončena.

Tunel byl následně vybaven plynovým osvětlením, vozovkou s chodníky, obě šachty přístupovými točitými schodišti a v březnu roku 1843 byl slavnostně otevřen za přítomnosti královny Viktorie a prince Alberta. Pro přetrvávající finanční problémy společnosti Thames Tunnel Company nebyly vybudovány přístupové tunelové rampy, které by umožnily původně předpokládaný provoz kočárů a nákladních povozů. Dalších 22 let proto sloužil pouze jako tunel pro pěší (obr. 6) a stal se světově vyhledávanou placenou turistickou atrakcí.

V roce 1865 byl tunel zakoupen společností East London Railway Company, která od roku 1869 začala po dobudování



Obr. 8 Po rekonstrukci je tunel od roku 2010 součástí příměstského železničního systému London Overground

Fig. 8 After reconstruction in 2010, the tunnel is part of the suburban train system, the London Overground

obou ramp tunel využívat pro vedení trati East London Line (obr. 7), začleněné později do systému londýnského metra. V roce 1995 byla East London Line dlouhodobě uzavřena, Temžský tunel, který získal statut technické památky, byl citlivě rekonstruován a od roku 2010 je provozovanou součástí londýnské železniční sítě London Overground (obr. 8), což je rozsáhlý systém příměstské železnice obsluhující svými 112 stanicemi značnou část okolí Londýna a přilehlou část hrabství Hertfordshire.

prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.

LITERATURA / REFERENCES

<https://www.gracesguide.co.uk>
<https://alchetron.com/thamestunnel>
<https://en.wikipedia.org/wiki/Thames-tunnel>

POHLEDNICE S TUNELY V RAKOUSKU II PICTURE POSTCARDS WITH TUNNELS IN AUSTRIA II

In this part of the series, we bring seven new picture postcards showing tunnels or, more generally, underground spaces created by people in Austria, the closest neighbour of the Czech Republic. It is not only because people in this friendly country “love tunnels”, but they even did not and still do not hesitate to present them in picture postcards and to use these postcards in common postal services. In the contribution presented this time, there are five picture postcards showing railway tunnels, one picture postcard with a short road tunnel and, finally, one picture postcard showing a large space which originated by underground excavation of a raw mineral material.

V dnešním dílu seriálu přinášíme dalších sedm pohlednic přibližujících tunely, resp. obecněji podzemní prostory vytvořené člověkem u nejbližších sousedů ČR – v Rakousku. Nejenže v této přátelské zemi „mají tunely rádi“, ale neváhali a stále neváhají je prezentovat i na pohlednicích a tyto

pohlednice využívat v běžném poštovním styku. V předkládaném příspěvku je nově prezentováno pět pohlednic s železničními tunely, jedna pohlednice s krátkým tunelem silničním a konečně jedna pohlednice s rozsáhlou prostorou vzniklou podzemní těžbou nerostné suroviny.

ŽELEZNIČNÍ TUNEL KARAWANKY

Karawanský tunel (slovensky Predor Karavanke) byl v tomto seriálu představen již v časopisu Tunel č. 1/2016. Pouze pro stručné zopakování: tunel, překonávající stejnojmenný krasový masiv Alp, se nachází na železniční trati Villach Süd (Korutany, Rakousko) – Jesenice (Slovensko), s dalším směřováním dráhy na přístav Terst v Itálii. Dnes dvoukolejný (v počátku provozu jen s jednou kolejí) a od samého počátku elektrifikovaný tunel byl otevřený 30. 9. 1906 v délce 7976,50 m – obr. 1. Během jeho stavby zahynulo při výronu metanu 14 tunelářů. V současnosti je připravovaná rekonstrukce tohoto objektu. [1, 2]



Obr. 1 Železniční stavby Karawanky XXIII. Severní strana tunelu. Verlag von Joh. Leon sen., Klagenfurt. No. 1002/2. 1905. [sbírka autorů]
Zobrazený (a zde zatím nedokončený) severní portál tunelu se nachází asi 800 metrů jižně od železniční stanice Rosenbach. Tuneláři v dobových pracovních oděvech jsou vybaveni olejovými (tzv. sicilskými neboli tunelářskými) kahanci. Typické je hierarchické seskupení pracovníků – ve středu skupiny stojí vedení stavby s techniky a geology, po obou stranách potom řadoví raziči.

Fig. 1 Karawanky XXIII railway structures. Northern side of the tunnel. Verlag von Joh. Leon sen., Klagenfurt. No. 1002/2. 1905. [authors' collection]
The northern portal of the tunnel (until now unfinished) shown in the picture is located about 800 metres south of the Rosenbach railway station. The tunnellers clad in period workwear are equipped with miner's oil lamps (the so-called Sicilian or tunnelling lamps). The hierarchical arrangement of workers is typical – construction management with technicians and geologists in the centre of the group, ordinary miners on both sides.

Mezi lety 1986–1991 byl v předmětné stopě vystavěn jednorurový dálniční tunel, když po roce 2023 je u něj plánováno otevření dalšího (tj. druhého) tubusu.

TUNEL SCHLOSSBACH

Tunel Schloßbach, délky 721,52 m, se nachází na Karwendelské dráze (nazývané též Mittenwaldská). O ní se v tomto seriálu psalo již v č. 4/2014, 1/2016 a 1/2018 Tunelu. Opět pro stručné zopakování: dráha spojuje Innsbruck



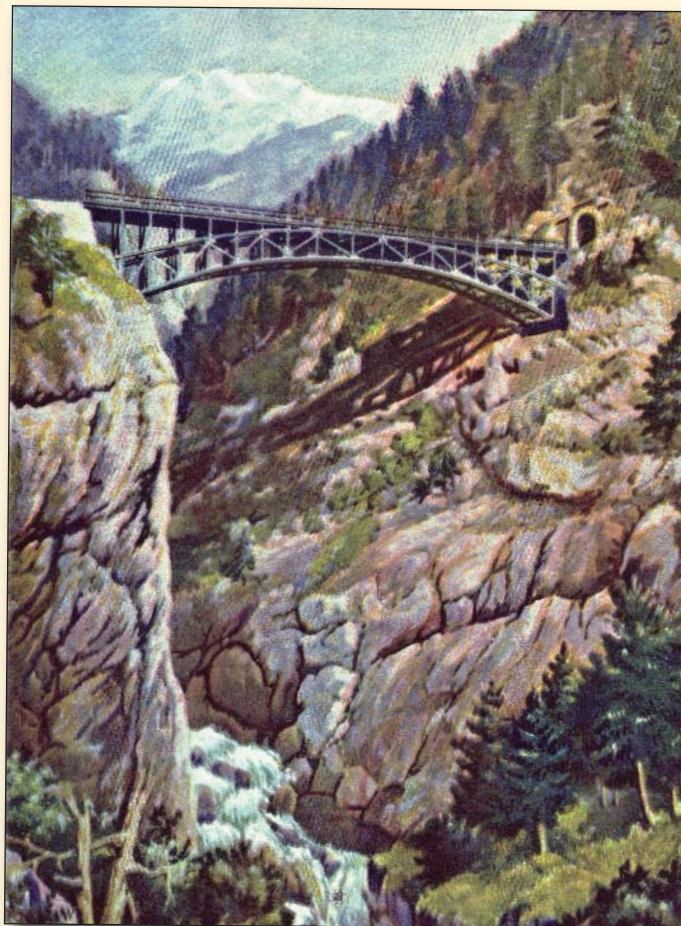
Obr. 3 Vídeň. Park na Tureckých šancích s Komerční nemocnicí. B.K.W.I.724N. Kolorovaná fotografie. 1916. [sbírka autorů]

Na pohlednici je jihozápadní portál Velkého tunelu Turecké šance. Zobrazené objekty dřívější Komerční nemocnice dnes využívá Universität für Bodenkultur. Pohlednice byla v r. 1916 prostřednictvím poštovní 94 adresována c. k. četaři Pěšího pluku 75.

Fig. 3 Vienna. Türkenschanz Park with Commercial Hospital. B.K.W.I.724N. Coloured photo. 1916. [authors' collection]

The picture postcard shows the south-western portal of the Large Türkenschanz tunnel. The buildings of the former Commercial Hospital presented in the postcard are currently used by the Universität für Bodenkultur.

The picture postcard was addressed in 1916 through field mail 94 to an imperial and royal sergeant of infantry regiment No. 75.



Obr. 2 Karwendelská dráha, most přes potok Schloßbach. A 1054. K. Redlich, Innsbruck. Reprodukce barevné kresby. Okolo 1910. [sbírka autorů]

Na pohlednici je zdálí, vpravo nahoře, vidět západní portál tunelu Schloßbach, navazující na často zobrazovaný odvážný oblouk stejnojmenného ocelového přehradového mostu.

Fig. 2 Karwendel railway line; bridge over the Schloßbach brook. A 1054. K. Redlich, Innsbruck. Reproduction of a colour drawing. Around 1910. [authors' collection]

The western portal of the Schloßbach tunnel viewed from the distance is shown in the top right corner of the picture postcard; it links to the frequently pictured bold arch of the steel truss bridge of the same name.

(Tirol, Rakousko) s Mittenwaldem a Ga-Pa (v Bavorsku, Německo). Byla postavena v letech 1910 až 1912 jako elektrifikovaná jednokolejná lokální trať a od samého počátku měla zásadní vliv na standardy provozu elektrických vlaků ve střední Evropě.

Dráha sleduje řeku Inn a jedním z jejích levých přítoků je prudký potok Schloßbach. Jeho úzké a hluboce zaříznuté koryto překonává železnice mezi stanicemi Hochzirl a Reith ocelovým obloukovým mostem 66 m dlouhým, pojmenovaným podle předmětného potoka – Schloßbach. Na most pak bezprostředně navazuje (nepřekvapivě opět stejnojmenný) tunel – obr. 2. [1, 3]

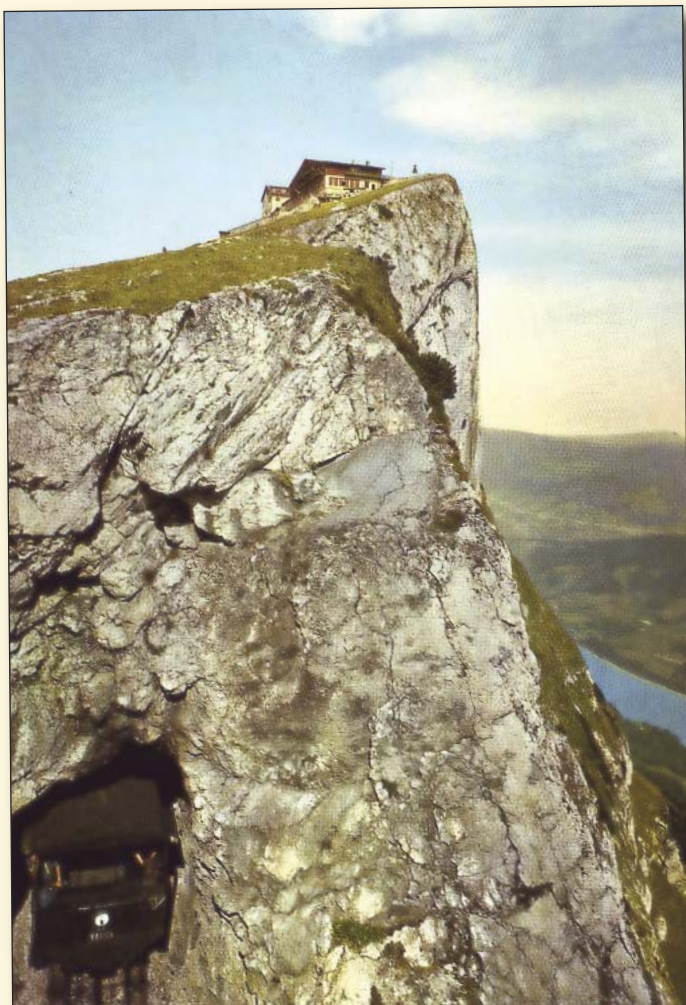
TUNELY TURECKÉ ŠANCE VE VÍDNĚ

Velký a Malý tunel Turecké šance (Türkenschanz) leží na tzv. Předměstské dráze (Vorortelinie), mezi stanicemi Wien Brigitenau a Wien Hütteldorf (trať ÖBB 120 01). Ta byla otevřena 1. 6. 1898 jako spojovací, napříč západní částí Vídně, zpočátku jako jednokolejná, 1899 byla položena i druhá kolej. Trať je od roku 1987 elektrifikovaná a již bez nákladního provozu slouží jako tzv. S-Bahn, ve všední dny s 10minutovými jízdními intervaly.

Na 10,9 km dlouhém úseku se nacházejí čtyři tunely, z toho dva – Velký a Malý tunel Turecké šance vedou pod městským parkem, otevřeným roku 1888 a pojmenovaným podle opevněného tureckého tábora z 2. obléhání Vídně v roce 1683. Velký tunel Turecké šance (na severu) je dl. 704,56 m, Malý tunel (na jihu) potom 244,68 m. Oba tunely jsou odděleny cca 90 m dlouhým zářezem – obr. 3. [1, 4]

TUNEL MUTTERER

Tunel Mutterer (obr. 4), dl. 148 m, je jedním ze dvou krátkých tunelů na dráze v údolí Stubai (Stubaiabahn) v Tyrolsku. Jde o elektrickou tramvaj úzkého rozchodu 1000 mm, parametrů horské železnice. Stavba dráhy byla realizovaná 1903–1904 a spojuje, v délce přes 18 km, Innsbruck s Fulpmes. Za 1. světové války byla hojně využívána k dopravě raněných do významné vojenské nemocnice právě ve Fulpmes. Mezi válkami a po 2. z nich se stala významným činitelem rozvoje turistického ruchu v údolí Stubai.

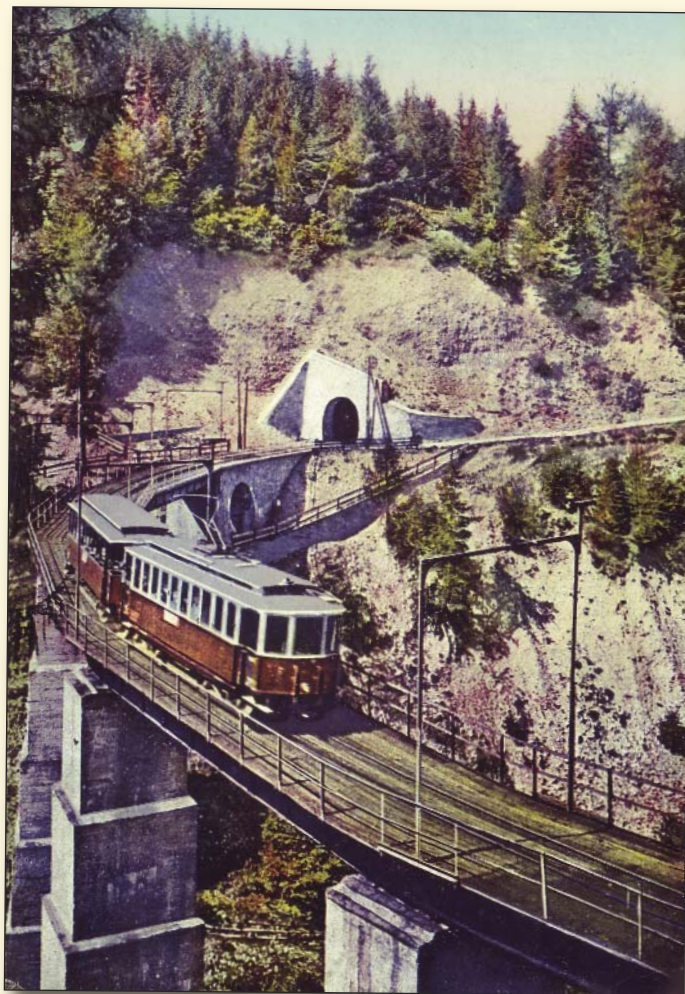


Obr. 5 Vrcholek Schafbergu (Ovčí hory), 1780 m. Nejkrásnější vyhlídková hora. Pohled ze Salzkammergut, s horským železničním tunelem. Cosy Verlag. Alfred Gröndler, A-5013 Salzburg, Münchner Bundesstr. 156. Cca 1980. [sbírka autorů]

V levém dolním rohu pohlednice je neobezděný jižní portál tunelu Schafbergspitze 2, nacházejícího se pod vrcholem hory, těsně před konečnou stanicí železnice. Vpravo je vidět hladina jezera Wolfgangsee.

Fig. 5 Top of Schafenberg (Sheep Mountain), 1780m a.s.l. The most beautiful sightseeing mountain. A view from Salzkammergut, with a mountain railway tunnel. Cosy Verlag. Alfred Gröndler, A-5013 Salzburg, Münchner Bundesstr. 156. Ca 1980. [authors' collection]

The unlined southern portal of the Schafbergspitze 2 tunnel located under the top of the mountain, just before the end station, is shown in the bottom left corner. The surface of Wolfgangsee lake can be seen on the right.



Obr. 4 Stubaiská dráha – Most u Mutters. 839 K. Redlich, Innsbruck, Landhausstrasse 8. Kolorovaná fotografie. 1917. [sbírka autorů]

Ústředním motivem obrázku je významný Muttererský viadukt. Uprostřed je zobrazený jižní portál stejnojmenného (dnes opuštěného) tunelu od železniční zastávky Raitis.

Pohlednice byla v r. 1917 zaslaná prosřednictvím tzv. „vojenské péče“ do Prahy. Odesílatel na ní píše svému synkovi z vojenské nemocnice Fulpmes.

Fig. 4 Stubai railway – Bridge at Mutters. 839 K. Redlich, Innsbruck, Landhausstrasse 8. Coloured photo. 1917. [authors' collection]

The central theme of the picture is the important Mutterer viaduct. The southern portal of the tunnel of the same name (today abandoned) viewed from the Raitis intermediate railway station is shown in the centre.

The picture postcard was sent in 1917 through the so-called “military care” to Prague. The sender writes in it to his son from the military hospital in Fulpmes.

V 80. a 90. letech 20. stol. proběhla na této železnici-tramvaji řada zásadních modernizací. Po dokončení nového viaduktu Muhlgaben byl starý tunel Mutterer opuštěn. [1, 5]

TUNEL NA SCHAFBERGSPITZE 2

Schafberská ozubnicová dráha je nejstrmější tratí v Rakousku. Je provozovaná v Solné komoře (Salzkammergut), a to od jezera Wolfgangsee na Schafberg (Ovčí horu – 1785 m n. m.). Její délka činí 5,85 km a s max. sklonem 25,5 % překonává výškový rozdíl 1190 m. Železnice byla otevřená v roce 1893 a dnes (s motorovým vybočením) je na ní zachována parní trakce s lokomotivami vytápěnými olejem. Železnice jezdí od května do září a doba jízdy až těsně pod vrchol hory činí 30 minut.

Na trati se nacházejí dva krátké tunely. První (tunel Schafbergspitze 1, dl. 87 m) zhruba v polovině trasy, těsně před stanicí Schafbergalpe, druhý potom (tunel Schafbergspitze 2, dl. 26 m – obr. 5) před konečnou stanicí pod vrcholem hory. [6]



Obr. 6 Pozdrav ze silnice Gerlos. Salzburg – Tirolsko. Krimmelské vodopády (Krimmler Wasserfälle), nejvyšší v Evropě, nositel evropského Diplomu ochrany přírody.

Monopol Kunst- und Ansichtskarten-Verlag Schöllhorn & Co. Innsbruck, Colingasse 6. Okénková pohlednice. 1980. [sbírka autorů]

V okraji levého okénka jsou vidět věhlasné vodopády a v jeho spodní části se nalézá, v pořadí ve druhé serpentíně stoupání do průsmyku Gerlos, severozápadní portál předmětného krátkého tunelu. Další serpentiny horské silnice jsou vyobrazeny v pravém dolním okénku pohlednice.

Fig. 6 Greetings from Gerlos road. Salzburg – Tirol. Krimmler waterfalls (Krimmler Wasserfälle), the highest in Europe, holder of the European Natural Protection Diploma.

Monopol Kunst- und Ansichtskarten-Verlag Schöllhorn & Co. Innsbruck, Colingasse 6. Multi-window postcard. 1980. [authors' collection]

The famous waterfalls can be seen at the edge of the left window, whilst the north-western portal of the short tunnel in question is found at the postcard bottom, in the second hairpin bend of the road climbing to Gerlos pass.

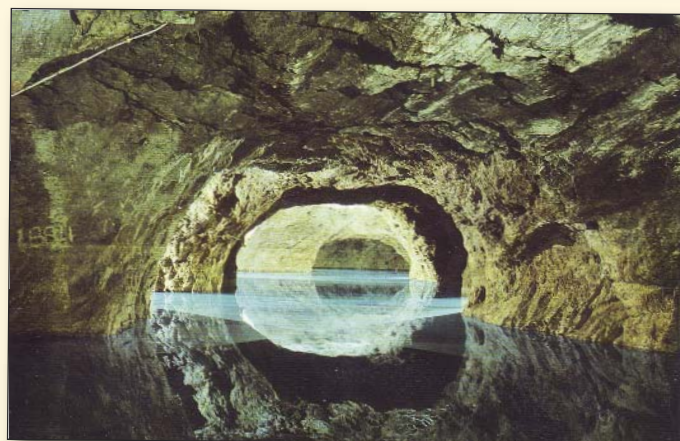
TUNEL NA SILNICI GERLOS U KRIMMELSKÝCH VODOPÁDŮ

Silnice B165 Gerlos vede v délce 61 km údolím řeky Salzach ze Salzburka přes průsmyk Gerlos do Zillertalu v Tyrolsku. Bezprostředně za obcí Krimml opouští údolí řeky a počíná serpentínami strmě stoupat do stejnojmenného průsmyku. [7] A právě zde – na druhé straně řeky – lze spatřit Krimmelské vodopády (Krimmler Wasserfälle), s 385 m nejvyšší v Evropě a 5. nejvyšší na světě. [8] Počáteční smyčka komunikace využívá k získání výšky i bezejmenný (?) krátký (cca 25 m) přesýpaný tunel – obr. 6.

Pozn.: podle hodnocení z roku 2015 je silnice Gerlos ve špatném technickém stavu a např. cyklistům se nedoporučuje.

JEZERNÍ JESKYNĚ (SEEGROTTE) HINTERBRÜHL

Jeskyň s největším podzemním jezerem v Evropě vznikla činností člověka. Nachází se v bývalém sádrovcovém dole, exploatovaném od roku 1848 u obce Hinterbrühl v Dolních Rakousích. K zaplavení spodního patra došlo náhle během



Obr. 7 Jezerní jeskyň, Hinterbrühl u Mödlingu/NÖ. Největší evropské podzemní jezero. Plavba na motorových člunech. RAU-COLOR Hans. H. Rau, Wien III, Weissgerberlande 60. Cca 1980. [sbírka autorů]

Fig. 7 Lake cave, Hinterbrühl at Mödling/NÖ. Europ's largest underground lake. Cruising on motorboats. RAU-COLOR Hans. H. Rau, Wien III, Weissgerberlande 60. Ca 1980. [authors' collection]

odštělu v roce 1912. Naražený pramen zaplavil cca 20 tis. m³ vody vnitřní prostory o ploše 6200 m². Důsledkem této události bylo opuštění dolu.

Během druhé světové války byla v podzemí umístěna továrna, ve které vězni z koncentračního tábora Mauthausen vyráběli proudové stíhačky Heinkel a snad i komponenty pro rakety V2. Po osvobození sovětskou armádou byla podzemní továrna zničena.

Dnes je důl přístupný veřejnosti. Lze zde vidět odpočinkovou místnost pro horníky, stáje pro koně, modrou tůň – obr. 7, kapli sv. Barbory s pomníkem umučených vězňů z let 1944–1945, velký sál využívaný jako koncertní místnost a výklenek se zbytky letounu He 162. Hlavním lákadlem je lodní plavba po podzemním jezeře. V roce 1993 zde byly natáčeny scény amerického filmu Tři mušketýři. [9]

doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.,
Ing. RICHARD SVOBODA, Ph.D.,
Ing. MARTIN ZÁVACKÝ

Poděkování: Příspěvek byl vypracován s finanční pomocí EU „OP Výzkum a vývoj pro inovace“, projekt reg. č. CZ.1.05/2.1.00/03.0097, v rámci činnosti regionálního centra AdMaS „Pokročilé stavební materiály, konstrukce a technologie“ a programu Centra kompetence Technologické agentury České republiky (TAČR) v rámci projektu Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI), číslo projektu TE01020168.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Eisenbahn-Tunnel in Österreich [online]. [cit. 2018-06-08]. Dostupné na internetu <<http://www.eisenbahntunnel.at>>
- [2] Karawankentunnel (Eisenbahn) [online]. [cit. 2018-06-08]. Dostupné na internetu <[https://de.wikipedia.org/wiki/Karawankentunnel_\(Eisenbahn\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Karawankentunnel_(Eisenbahn))>
- [3] Mittenwaldbahn [online]. [cit. 2018-06-08]. Dostupné na internetu <<https://de.wikipedia.org/wiki/Mittenwaldbahn>>
- [4] Vorortelinie [online]. [cit. 2018-06-08]. Dostupné na internetu <<https://de.wikipedia.org/wiki/Vorortelinie>>
- [5] StubaitalBahn [online]. [cit. 2018-06-08]. Dostupné na internetu <<https://de.wikipedia.org/wiki/StubaitalBahn>>
- [6] SchafbergBahn [online]. [cit. 2018-06-08]. Dostupné na internetu <http://www.schafbergbahn.at/en_uk/railway/aboutrail.html>
- [7] Gerlos Straße [online]. [cit. 2018-06-08]. Dostupné na internetu <https://de.wikipedia.org/wiki/Gerlos_Stra%C3%9Fe>
- [8] Krimmelské vodopády [online]. [cit. 2018-06-08]. Dostupné na internetu <https://cs.wikipedia.org/wiki/Krimmelské_vodopády>
- [9] Seegrotte [online]. [cit. 2018-06-08]. Dostupné na internetu <<https://cs.wikipedia.org/wiki/Seegrotte>>

VÝROČÍ / ANNIVERSARIES

PROF. ING. JOSEF ALDORF, DRSC. OSMDESÁTILETÝ
PROF. ING. JOSEF ALDORF, DRSC. OCTOGENARIAN

Čas velmi rychle běží a ani se nám nechce věřit, že 29. října 2018 oslaví již osmdesáté narozeniny uznávaný odborník v oblasti podzemního stavitelství, vysokoškolský profesor působící na VŠB-TUO v Ostravě, dlouholetý aktivní člen České tunelářské asociace a redakční rady časopisu Tunel pan prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc.



Profesní zaměření prof. Aldorfa započalo již jeho středoškolskými studii na hornické průmyslovce, po jejichž úspěšném zakončení se pak dále rozvíjelo na Hornicko-geologické fakultě VŠB (dnes VŠB-TUO) v Ostravě v rámci studia zaměřeného na hornickou geotechniku a výstavbu dolů. S Vysokou školou báňskou-Technickou univerzitou v Ostravě je pak dále spojen celý profesní život pana profesora, od roku 1962 působí na této univerzitě jako pedagogický a vědecko-výzkumný pracovník. Během svého působení na této vysoké škole získal titul docenta, doktora věd a profesora. Byl iniciátorem a realizátorem transformace oboru výstavba dolů do oboru geotechnika a podzemní stavitelství, jehož byl dlouholetým odborným garantem. Zasloužil se značnou měrou o vznik nové Fakulty stavební na VŠB-TUO v roce 1997. Především jeho zásluhou je VŠB-TUO Ostrava v současné době jedinou vysokou školou v rámci České i Slovenské republiky, kde lze studovat samostatný obor geotechnika, zahrnující rovněž podzemní stavitelství, a to ve všech stupních vysokoškolského studia (bakalářské, navazující magisterské a doktorské studium). Oblastí odborného pedagogického i vědecko-výzkumného zájmu prof. Aldorfa je především podzemní a hornické stavitelství, navrhování a posuzování podzemních konstrukcí s využitím metod matematického modelování a vývoj a aplikace nových technologií a materiálů využívaných v geotechnice a podzemním stavitelství. Je zakladatelem vědní oblasti mechanika podzemních konstrukcí.

Jak již bylo řečeno, odborné zaměření prof. Aldorfa se postupně vyvíjelo od hornické geotechniky a výstavby dolů, uplatňované při řešení mnoha komplikovaných problémů jak v ostravsko-karvinském revíru, tak i v oblasti povrchových hnědouhelných dolů v severozápadních Čechách, k problematice podzemního stavitelství. Prof. Aldorf se významně podílel na projektování i procesu realizace mnoha významných tunelových staveb v ČR, mezi nejvýznamnější z nich patří tunel Valík, Klimkovice, Dobrovského tunely v Brně a tunel Jablunkov.

I v současné době je prof. Aldorf vyhledávaným odborníkem v oblasti geotechniky, podzemního a hornického stavitelství, nejen kolegové na katedře, ale i pracovníci firem a odborných institucí se na něj s důvěrou obracují s žádostí o radu či odborný názor. Vychoval řadu odborníků, kteří dosáhli významného postavení ve firmách se zaměřením do oblasti geotechniky či podzemního stavitelství, řada z nich vede či se podílí na realizaci významných tunelářských staveb jak v ČR, tak i v zahraničí.

Time runs very fast and we do not want to believe that Prof. Josef Aldorf, DrSc., a renowned expert in the field of underground structural engineering, a university professor working at the VŠB – Technical University of Ostrava (VŠB-TUO), a long-time an active member of the Czech Tunnelling Association and the Editorial Board of TUNEL journal, will celebrate his eightieth birthday on the 29th October 2018.

The professional focus of Prof. Aldorf commenced already by his studies at a secondary vocational school of mining and was further developed after successful completion of studies at the Faculty of mining and geology of the VŠB university (currently VŠB-TUO) in Ostrava within the framework of studies focused on mining geotechnics and development of mines. The entire professional life of Prof. Aldorf has been associated with the VŠB – Technical University of Ostrava. Since 1962, he has been working at this university in the position of a pedagogical and scientific research worker. During the course of his work at this university he won the title of docent, doctor of sciences and professor. He was an initiator and implementer of the transformation of the study branch of development of mines into the branch of geotechnics and underground structural engineering, the professional guarantor of which he was for many years. He significantly contributed to the origination of the new Faculty of civil engineering at the VŠB-TUO in 1997. First of all thanks to him the VŠB TUO in Ostrava is currently the only university within the framework of the Czech and Slovak Republics where it is possible to study geotechnics as an independent branch comprising also building, at all degrees of university studies (bachelor, master and doctoral studies). The field of the professional teaching and scientific-research interest of Prof. Aldorf is, first of all, the underground and mine construction engineering, designing and assessing underground structures using mathematical modelling methods and the development and application of new technologies and materials used in geotechnics and underground construction engineering. He is a founder of the scientific branch of mechanics of underground structures.

As already mentioned above, the professional focus of Prof. Aldorf has developed gradually from mining geotechnics and mine construction, which were applied to the solutions to many complicated problems of the underground construction industry both in the Ostrava-Karviná district and the area of brown-coal opencast mines in Northern Bohemia. Prof. Aldorf significantly participated in designing and realisation of many important tunnel construction projects in the Czech Republic, with the Valík and Klimkovice tunnels, the Dobrovského tunnels in Brno and the Jablunkov tunnel among them.

Prof. Aldorf is even today a sought expert in the field of geotechnics, underground and mine construction engineering, not only at the faculty department. Not only his colleagues at the department, but also workers of companies and professional institutions, turn to him for advice or professional opinion. He has educated numerous professionals who achieved important positions in companies focused on the field of geotechnics or underground construction engineering; many of them are heads or participate in the realisation of important tunnelling projects both in the Czech Republic and abroad.

Jsem velmi ráda, že mám tu vzácnou možnost pracovat s panem prof. Aldorfem již přes 30 let, velmi si vážím jeho odborných i lidských vlastností a jeho stále neutuchajícího zájmu o rozvoj oboru, řešení komplikovaných problémů geotechnické praxe i dění na katedře. Na Fakultě stavební VŠB-TUO působí prof. Aldorf v současné době na pozici emeritního profesora, v letošním roce univerzita ocenila zásluhy prof. Aldorfa v oblasti pedagogické, vědecko-výzkumné i v oblasti spolupráce s praxí prestižním oceněním Stopa absolventa. Jméno prof. Aldorfa a jeho stopa se tak staly součástí tzv. chodníku slávy na VŠB-TUO.

Za celou redakční radu časopisu TUNEL si dovoluji popřát našemu panu profesorovi hlavně hodně zdraví, sil, spokojenosti a elánu.

*doc. RNDr. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D.,
eva.hrubesova@vsb.cz,
Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava*

SEDMDESÁTNIK ING. KAREL SCHARF ING. KAREL SCHARF SEPTUAGENARIAN

Ing. Karel Scharf 31. října 2018 oslaví v plné svěžesti a životní aktivitě významné životní jubileum – ten den se dožije sedmdesáti let. Možná někteří čtenáři časopisu TUNEL si položí otázku, kdo je Ing. Karel Scharf a jak jeho činnost souvisí s naším časopisem. Těchto čtenářů nebude asi mnoho, ale přesto je vhodné uvést, že Ing. Karel Scharf již dlouhou řadu let dobře a spolehlivě překládá české a slovenské články i vybrané texty z rubrik časopisu do angličtiny. TUNEL sice vychází ve třech jazycích, tj. v češtině, slovenštině a angličtině od konce roku 1998, ale Ing. Karel Scharf naskočil, jak se říká, do jedoucího vlaku s malým zpožděním.

A jeho překlady měly od začátku vysokou profesionální i jazykovou úroveň, což se s přibývajícím lety ještě zlepšovalo. Za chvíli si řekneme, jak systematicky Karel Scharf na své angličtině a hlavně na tunelářské anglické terminologii pracoval. Nyní jen chci coby bývalý sekretář České tunelářské asociace ITA-AITES potvrdit, že řada zahraničních tunelářských odborníků i českých kolegů, kteří dost let pracovali v zahraničí, hovořili o výborné úrovni anglických překladů v TUNELU s tím, že předčí i některé významné zahraniční dvoj- a troj- jazyčné tunelářské časopisy. Zajímavostí je, že na světovém tunelářském kongresu v Číně v roce 1996 byl náš časopis vyhodnocen jako nejlepší, asi i díky kvalitě překladů.

Když se tedy ohlídneme za kořeny Karlovy znalosti angličtiny i jeho lásky k tomuto jazyku, můžeme na začátku připomenout jeho studium na střední všeobecně vzdělávací škole (SVVŠ) v Benešově v době, kdy celý svět zaujal fenomén skupiny Beatles, což v Karlovi probudilo zájem o angličtinu. Její znalost pak soustavně zvyšoval zároveň se svojí profesní kariérou.

Ta po ukončení studia na Stavební fakultě ČVUT, obor konstrukce a doprava, v roce 1971 začala jen krátce na závodě 04 Vodních staveb, odkud plynule přešel do nově vzniklého podniku



I am very glad that I have had the rare opportunity to work with Prof. Aldorf already for 30 years; I greatly appreciate his professional and human qualities and his abiding interest in the development of the industrial branch and solving complicated problems of the geotechnical practice and in the events at the faculty department. Prof. Aldorf currently works at the Faculty of Civil Engineering in the position of an emeritus professor; this year, the University appreciated Prof. Aldorf's merits in the field of teaching, scientific-research and the field of the collaboration with the practice by a prestigious award – Graduate's Footprint. Thus Prof. Aldorf's name and his footprint have become parts of the so-called Walk of Fame at the VŠB-TUO.

I would like to wish our dear professor on behalf of the whole Editorial Board of TUNEL journal first of all good health, strengths, contentment and vitality.

*doc. RNDr. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D.,
eva.hrubesova@vsb.cz,
Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava*

Ing. Karel Scharf will celebrate an important anniversary in full freshness and vigour on 31st October 2018 – that day he will live to see seventy. Some readers of TUNEL journal may ask themselves a question: Who is Ing. Karel Scharf and how are his activities related to our journal? These readers probably will not be many, but still it is reasonable to say that Ing. Karel Scharf has well and reliably translated Czech and Slovak papers and texts selected from columns of TUNEL journal into English for many years. The trilingual TUNEL journal (Czech, Slovak and English) has been published since the end of 1998, but Ing. Karel Scharf, as they say “jumped on the moving train” with a small delay.

The level of his professional and language qualifications in translating was high from the beginning and was improving with the passing years. In a moment we will tell you how Ing. Karel Scharf worked systematically on his English and, first of all, his knowledge of English tunnel construction vocabulary. Now I only want, as a former secretary of the ITA-AITES Czech Tunnelling Association, to confirm that many foreign tunnel construction professionals, as well as Czech colleagues who worked abroad for some years, spoke about the excellent level of English translations in TUNEL, saying that they are better than some distinguished bilingual tunnel construction journals. The fact that our journal was assessed as the best one at the World Tunnel Congress in China in 1996, probably also thanks to the quality of translation, is also interesting.

When we look back at the roots of Charles's knowledge of English and his love to this language, we can in the beginning remember his study at the secondary general-education school in Benešov at the time when the whole world was captivated by the phenomenon of the Beatles. It was the source of his interest in English. Subsequently he deepened his knowledge simultaneously with his professional career.

After graduating from the Czech Technical University in Prague with a degree in civil engineering from the Department of Civil Engineering and Traffic Structures in 1971, he was shortly employed by plant 04 of Vodní Stavby company, from which he was fluently transferred to the newly founded company, Metrostav. At the beginning he worked in the position of site manager's assistant on the Želivka waterworks and, in 1975, was appointed as a site manager for the green field construction of Budovatelů (today Chodov) station of Prague metro Line C, where, without telephone, transmitter or car, he

Metrostav. Pracoval nejprve jako asistent stavbyvedoucího na VD Želivka a v roce 1975 byl jmenován stavbyvedoucím stanice Budovatelů (dnes Chodov) na trase C pražského metra, kde si bez telefonu i vysílačky a auta způsobil zánět chodidel při několika denních cestách k telefonu na stanici Roztyly. Po dobudování hrubé stavby přešel na stavbu největšího pražského vodojemu Jesenice a následně byl v roce 1981 jmenován vedoucím oddělení technické kontroly a posléze vedoucím odboru technicko-hospodářské kontroly. V té době po letech samostudia navštěvoval jazykovou školu, kterou ukončil státní jazykovou zkouškou z anglického jazyka.

Pak byl jmenován vedoucím oddělení zahraničního podnikání a zajišťoval přípravu smlouvy na stavbu tunelu Selatin u Izmiru v Turecku. Po jejím uzavření zajišťoval na úřadech v Izmiru její přípravu a složil zkoušku z turečtiny. Následně na stavbě působil jako tlumočník a plnil různé úkoly s potřebou znalosti jazyků. Od roku 1991 pracoval opět v oddělení zahraničního podnikání a v roce 1994 odjel do Indie, kde ve státě Radžastan působil na stavbě produktovodu.

Po návratu z Indie pracoval jako vedoucí interního auditu Metrostav a.s., a to až do odchodu do důchodu. Souběžně s touto prací složil zkoušku z angličtiny na British Council.

Mnoho z nás, kteří jsme s ním kolem časopisu Tunel spolupracovali, jsme netušili, jak mnohotvárná a závažná byla jeho profesní kariéra.

Při zvyšování znalosti anglické tunelářské terminologie sehrál překvapivou roli vlak, kterým Karel každý den dojížděl do práce v Praze z Benešova. Za jízdy si v časopise Tunnels and Tunnelling ztrhl tunelářské termíny, které si pak zpracovával do tabulek v excelu.

Před závěrem bych chtěl uvést to nejdůležitější. Vedle kvality překladů to byla úroveň spolupráce s Ing. Karlem Scharfem, která se vyznačovala jeho obětavostí a spolehlivostí, se kterou dokázal pracovat i v časovém stresu, protože je jasné, že vedoucí redaktoři nemohli při nejlepší vůli dodávat podklady pro překlad včas a museli často po korekturách vyžadovat provedení i rozsáhlých změn.

Abych Ti, Karle, touto cestou poděkoval za Tvou obětavou práci pro časopis Tunel, jsem byl vyzván jeho redakční radou. Takže dovolu, abych Ti jménem všech čtenářů časopisu, jeho redakční rady i předsednictev České a Slovenské tunelářské asociace (a i za sebe) popřál do dalších let pevné zdraví, pohodu v rodině i stálou radost ze čtyř vnoučat a požádal Tě, abys ještě dlouho pro Tunel překládal.

*Ing. MILOSLAV NOVOTNÝ,
bývalý sekretář CzTA ITA-AITES*

developed inflammation of soles after multiple everyday walks to Roztyly construction site to order supplies for the next day. Subsequently, after completing the carcass of the station, he was transferred to the construction of Jesenice water reservoir, the largest one for Prague. In 1981, he was appointed to manage the department of technical inspection and subsequently the manager of technical and economic inspection. At that time, after years of self-studies, he attended the State Language School, finishing it by a general state exam from English.

Later he was appointed into the position of the head of the foreign business department and collaborated on the preparation of the contract for the Selatin tunnel near Izmir, Turkey. After its conclusion, he secured its preparation at authorities in Izmir, passing even an official exam from Turkish. Subsequently he worked on the construction site in the position of an interpreter and fulfilled various tasks requiring the knowledge of the languages. From 1991, he again worked in the foreign business department. In 1994, he left for India, Rajasthan, where he worked for 2 years in the position of the superintendent on a 100km long section of a product pipeline.

After returning from India, until retirement, he worked in the position of the manager of internal audit of the company of Metrostav. Concurrently with this work he further studied English and passed the British Council exam.

Many of us who collaborated with him around TUNEL journal were not aware of how varied his career was.

A surprising role in the process of increasing his knowledge of English tunnelling terminology was played by his commuting from Benešov to work in Prague. While travelling, he read Tunnels&Tunnelling journals and underlined tunnel construction terms in them to transfer them later into Excel spreadsheets.

Before the conclusion, I would like to mention the most important thing. Apart from the quality of his translations, it was always the level of the collaboration with Ing. Karel Scharf, which was characterised by his unselfishness and reliability with which he managed to work even under time stress, because it is obvious that chief editors could not at the best will submit papers for translation on time and even had to require extensive changes to be made even after proofreading.

To thank you in this way for your devoted work for TUNEL journal was the idea of the editorial board, which asked me to prepare it. So allow me to wish you, on behalf of all journal readers, its editorial board and the Board of the Czech and Slovak Tunnelling Associations (and also me), all the best for good health, family comfort and continuing joy of four grandchildren in the years to come and to ask you to continue to translate TUNEL journal for a long time.

*Ing. MILOSLAV NOVOTNÝ,
former secretary of ITA-AITES CzTA*

PADESÁT LET GEOTESTU V PODZEMNÍM STAVITELSTVÍ

FIFTY YEARS OF GEOTEST IN UNDERGROUND CONSTRUCTION INDUSTRY

This year, the company of GEOtest celebrates the 50th anniversary of its entry to the market. It is, according to the opinion of the authors, an opportunity to remind us of its history and activities in the field of underground construction projects were and still are one of its most interesting activities. A reader who would seek more detailed information on GEOtest activities in the underground construction industry from 1968 to 2008 is referred by the authors to the paper commemorating the fortieth anniversary of the company published in TUNEL journal issue No. 4/2008.

Společnost GEOtest slaví v tomto roce 50 let na trhu, a to je podle názoru autorů příležitost připomenout si její historii a aktivity v podzemním stavitelství. Za padesát let existence firmy podzemní stavby

vždy byly, a stále jsou, jednou z jejích nejzajímavějších činností. Čtenáře, který by hledal podrobnější informace o činnostech GEOtestu v podzemním stavitelství v letech 1968 až 2008, autoři odkazují na článek připomínající čtyřicáté výročí společnosti v časopise Tunel č. 4/2008.

1. STŘÍPKY Z HISTORIE GEOTESTU

Úplné počátky dnešní akciové společnosti GEOtest lze vystopovat už v počátku 50. let minulého století, kdy v Brně vznikl subjekt, nabízející geologické služby na komerční bázi – Ústav pro průzkum a těžbu keramických surovin (jednalo se o pobočný závod stejnojmenného podniku se sídlem v Prešově).



Obr. 1 Původní logo národního podniku GEOTest Brno
Fig. 1 Original logo of GEOTest Brno, national enterprise

Závod prošel během padesátých let, podobně jako celá společnost, bouřlivým vývojem a v roce 1958 byl, spolu s několika dalšími podniky (např. Moravskými zeměvrtnými závody, Uhelným průzkumem Rosice), sloučen do národního podniku Geologický průzkum Brno. Jeho náplní byl původně především ložiskový geologický průzkum, ale záběr se rychle rozšiřoval i do inženýrské geologie a hydrogeologie. V roce 1960 byl proto v rámci Geologického průzkumu Brno, n. p., zřízen závod Stavební geologie, jako administrativně i výrobně samostatná jednotka.

Geologický průzkum Brno byl v roce 1965 podroben další reorganizaci a jeho závod Stavební geologie byl začleněn do národního podni-

ku Inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum (IGHP) Žilina (brněnský závod Stavební geologie byl ve struktuře IGHP veden jako závod č. 2, závod č. 1 byla Stavební geologie Praha, závod č. 3 byl v Bratislavě, závod č. 4 v Žilině).

V květnu 1968 byl brněnský závod Stavební geologie vyčleněn z koncernu IGHP a vznikl samostatný národní podnik GEOTest Brno. Perličkou je, že název podniku vyplynul z veřejné soutěže mezi zaměstnanci a stejný nápad měli dva z nich. První logo firmy (obr. 1) rovněž vymyslel a navrhl zaměstnanec firmy, člen zeměměřické skupiny.

Během privatizace v roce 1992 byla firma transformována do akciové společnosti a na trhu tak působí po padesáti letech dodnes, jako GEOTest, a.s.

2. GEOTEST V PODZEMNÍM STAVITELSTVÍ

Jedním z prvních nejvýznamnějších podzemních děl, na kterých GEOTest pracoval, byla stavba podzemní elektrárny Přecherčpávací vodní elektrárny (PVE) Dlouhé stráně. Firma se účastnila od poloviny 60. let minulého století po dobu 30 let všech fází výstavby tohoto krásného inženýrského díla – tzn. byla na stavbě přítomna v různých rolích od úvodních etap inženýrskogeologického průzkumu až po uvedení díla do provozu v roce 1996.

Od těchto prvních studií a průzkumů pro PVE Dlouhé stráně se GEOTest různým způsobem podílel na výstavbě desítek podzemních děl, jejichž výčet shrnuje tabulka 1.

Tab. 1 Činnost GEOTestu v podzemním stavitelství v České republice a na Slovensku

Table 1 GEOTest activities in underground construction industry in the Czech Republic and in Slovakia

Železniční tunely			
název	železniční trať	druh činnosti	dobu činnosti
Velkomeziříčský	Studenec–Křižanov	IG/GT průzkum pro zaklnutí zájezu	1966–1978
Tunel č. 6	Brno–Česká Třebová	IG/GT průzkum pro rekonstrukci, GT dozor a monitoring	1975–1986
Tunel č. 7	Brno–Česká Třebová	GT dozor rekonstrukce	1977–1980
Tunel č. 8	Brno–Česká Třebová	IG/GT průzkum, GT dozor rekonstrukce	1978–2006
Tunel č. 1	Brno–Česká Třebová	IG/GT průzkum, GT dozor rekonstrukce	1985–2015
Tunel č. 2	Brno–Česká Třebová	GT průzkum, GT dozor	1986–2008
Novohamerský	Karlovy Vary–Potůčky	GT průzkum, dozor rekonstrukce	1989–1990
Tunel č. 8a	Brno–Česká Třebová	IG/GT průzkum pro novostavbu, GT dozor	1989–2004
Lučanský	Liberec–Tanvald	GT průzkum pro rekonstrukci	1989
Jarovský	Praha–Vrané nad Vltavou	GT průzkum pro rekonstrukci	1990–1992
Třebovický	Česká Třebová–Přerov	IG/GT průzkum pro rekonstrukci	1996–1997
Tatenický	Česká Třebová–Přerov	IG/GT průzkum pro rekonstrukci	1997–1997
Tunel č. 4	Brno–Česká Třebová	GT dozor rekonstrukce po havárii	2004
Prštický	Střelice–Hrušovany nad Jevišovkou	GT průzkum pro rekonstrukci	2007–2008
Mosty u Jablunkova	Bohumín–Žilina	posudek havárie, GT dozor rekonstrukce	2009–2013
Podhradský	Čerčany–Světlá nad Sázavou	GT průzkum pro rekonstrukci	2015
Ejpovický	Rokycany–Plzeň	GT monitoring a IG/GT průzkum	od 2015 dosud
Silniční tunely			
název	stavba	druh činnosti	dobu činnosti
Červený kopec	VMO Brno	řešeršní IG/GT průzkum	1972
Cacovice–Lesná	VMO Brno	IG/GT průzkum	1974–1975
Husovický	VMO Brno	IG/GT průzkum, GT monitoring	1994–1997
Pisárecký	Dálniční přivaděč k VMO Brno	IG/GT průzkum, GT monitoring	1994–1998
Klimkovický	D47	IG/GT průzkum, GT monitoring	1995–2008
Červenohorské sedlo	R44	IG průzkum	1996–1998
6 tunelů	R44–alt. vedení trasy	řešeršní IG/GT průzkum	1996
Horní Lipová–Vápenná	I/60	řešeršní IG/GT průzkum	1996
Královopolský	VMO Brno	IG/GT průzkum, GT monitoring	1998–2014
Obchvat Jihlavy	I/38	IG/GT průzkum, GT monitoring	2002–2003
Liberec	I/35	diagnostika a provozní monitoring	2014
Hřebeč	I/35	diagnostika a provozní monitoring	2014
Povážský Chlmec	D18	GT dozor	2015–2016
TKB Blanka	Městský okruh	hydrogeologický průzkum a monitoring	2016–2017
Energetické a vodohospodářské stavby (kaverny, štolý a přivaděče)			
název	stavba	druh činnosti	dobu činnosti
Kružberk–Domoradovice	Kružberk–skupinový vodovod	IG průzkum, sanace	1961–1966
Slavič	PVE	IG/GT průzkum	1964–1966
Obtoková štola	VD Dalešice	IG/GT průzkum, GT dozor	1964–1978
Dlouhé Stráně	Přecherčpávací vodní elektrárna (PVE)	IG/GT průzkum	1964–1986
Čierny Váh	PVE	IG/GT průzkum	1971–1973
Hrhov	PVE	IG/GT průzkum	1973–1975

Štola Kamenomlýnská	Stoka Kamenomlýnská–Hlinky	GT dozor	1973–1974
Kunova Teplice	PVE	rešeršní IG průzkum	1973
Malá Vieska	PVE	IG/GT průzkum	1975–1977
Štola Malá Lhota	II. Březovský vodovod	IG/GT průzkum, GT dozor	1980–1992
Bystrc–Bosonohy	Brněnský oblastní vodovod	IG průzkum	1980–2013
Červený Kámen	PVE	IG/GT průzkum	1981–1982
Korouzné	Brněnský oblastní vodovod	IG/GT průzkum	1981–1983
Cacovice–Kr. Pole	Stoka C	IG průzkum, dozor sanace	1981–2001
Švařec–Štěpánovice	Brněnský oblastní vodovod	IG/GT průzkum, GT dozor	1983–2005
Sl. Harta–Dolejší Kunčice	VD Slezská Harta I. stavba	IG/GT průzkum, GT dozor	1996–1998
Komín–Bystrc	Brněnský oblastní vodovod	IG/GT průzkum, GT dozor	2004–2014
Tábor	Náprava kanalizační soustavy	GT dozor	2009–2010
Tábor	Obnova rybníka Jordán	GT dozor	2012–2013

Tunely pro městskou hromadnou dopravu

název	stavba	druh činnosti	dobu činnosti
Brno, Tábořská–Líšeň (tramvajový)		rešeršní IG/GT průzkum	1973
Tunel Kamenomlýnská	VMO Brno (tramvajový)	IG průzkum	1973
4 podzemní trasy	Brno, tramvajové podzemní trasy	rešeršní IG/GT průzkum	1974
Veveří–Cejl	Brno, Veveří–Cejl	IG/GT průzkum	1975–1988
Tunel Špilberk	Brno, tramvajové podzemní trasy	GT průzkum a monitoring	1978–1979
Tunel Žabovřeská	VMO Brno (tramvajový)	IG/GT průzkum a GT monitoring	2007–současnost
Metro V.A	Praha	GT supervize	2011–2014
Stanice metra Karlovo náměstí	Praha, bezbariérové zpřístupnění stanice	IG/GT průzkum a pasportizace	2014
Stanice metra Anděl	Praha, bezbariérové zpřístupnění stanice	GT monitoring	2014–2015
Kamechy	Brno–Bystrc prodloužení trasy	IG průzkum	2015–2016
Severojižní tunelový diametr	Brno, tramvajový/železniční	rešeršní IG/GT průzkum	2018

Kolektory

název	stavba	druh činnosti	dobu činnosti
Kolektory I. řádu	Brno	GT průzkum a monitoring	1973–2010
Kolektory I. řádu	Jihlava	GT průzkum a monitoring	1983–1984
Kolektory II. řádu	Brno	GT průzkum a monitoring	1993–2009

Ostatní podzemní díla a prostory

dílo/prostor	místo	druh činnosti	dobu činnosti
Historické podzemí	Jihlava	posuzování stavu výztuže, HG průzkum	1964–1966
Historické podzemí	Znojmo	posuzování stavu výztuže, HG průzkum	1965–1969
Historické podzemí	Brno	posuzování stavu výztuže, HG průzkum	1973–2010
Historické podzemí	Nové Město na Moravě	posuzování stavu výztuže	1995
Důl Rožínka	Rožínka	výzkumné úkoly – geofyzikální průzkum	2010–současnost

3. VYBRANÉ ZAJÍMAVOSTI Z PODZEMNÍCH STAVEB, NA KTERÝCH SE GEOTEST PODÍLEL

Práce na **PVE Dlouhé stráně** (průzkumné práce 1964–1986) začaly ještě za existence Geologického průzkumu Brno, kdy byly zahájeny první etapy geotechnického průzkumu. V rámci průzkumů bylo kromě vrtných prací provedeno i šest průzkumných štol, ve kterých se realizoval rozsáhlý program polních geotechnických zkoušek. Na základě jejich výsledků byla upřesněna poloha kaverny podzemní elektrárny, která se posunula o cca 50 m oproti původně plánované poloze. Na obr. 2 je dokumentováno provádění smykové zkoušky v jedné z rozrážek průzkumné štoly.

Zajímavostí inženýrskogeologického průzkumu pro tlakové přiváděče **PVE Hrhov** (průzkumné práce 1973–1975) byla ražba štol takřka dokonalého kruhového profilu pomocí trhacích prací. Na obr. 3 je jeden z tenzometrických profilů v průzkumné štolě Viola II.

Při průzkumu a projektovém řešení rekonstrukce tunelu č. 1 na trati **Brno – Česká Třebová** (90. léta 20. století), vedeném v úbočí svahu, nebylo možno provést rekonstrukci tunelu tím, že bude jeho profil zvětšen a proveden v zářezu. V neprospěch tunelové varianty, tj. přeražby tunelu na větší profil, zase hrála minimální mocnost nadloží a s tím spojená geotechnická rizika při ražbě. GEOTest proto navrhl na tehdejší dobu odvážné řešení, spočívající v příčném sepnutí masivu soustavou lanových předpjatých kotev dl. 30 m. Ty vnesly do horninového prostředí předpětí, které podpořilo vznik horninové klenby a umožnilo provést ražbu bez větších potíží. Na obr. 4 jsou zachyceny kotvy sepnávající masiv (kotva v popředí je osazena tenzometrem).

Tramvajový tunel pod brněnským Špilberkem je jednou ze staveb, které nebyly realizovány, ačkoliv na jejich přípravu bylo vynaloženo spousta úsilí a peněz. Pod Špilberkem byla v letech 1978–1979 vyražena průzkumná štola v délce 500 m. Ve štolě byl proveden komplex polních geotechnických zkoušek a rozsáhlý geotechnický monitoring. Výsledky průzkumu a monitoringu ukázaly na příznivé

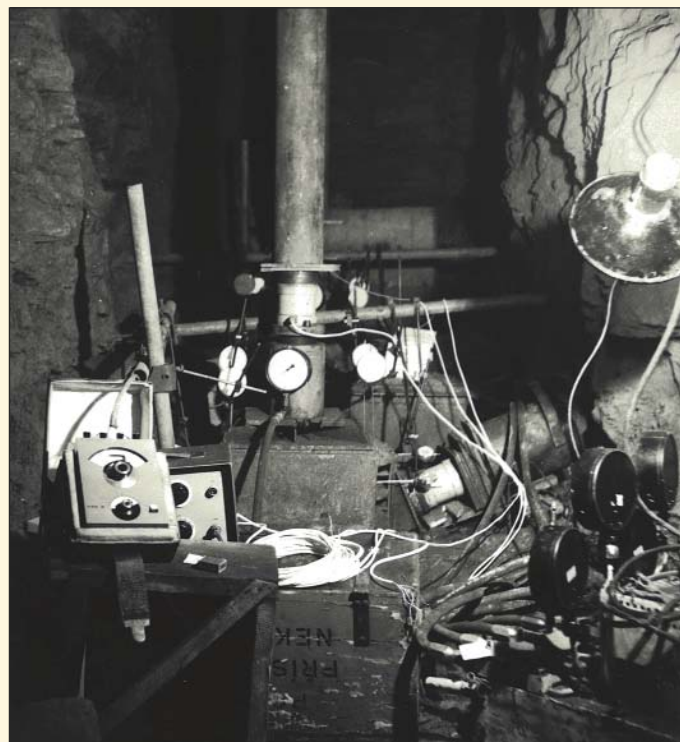
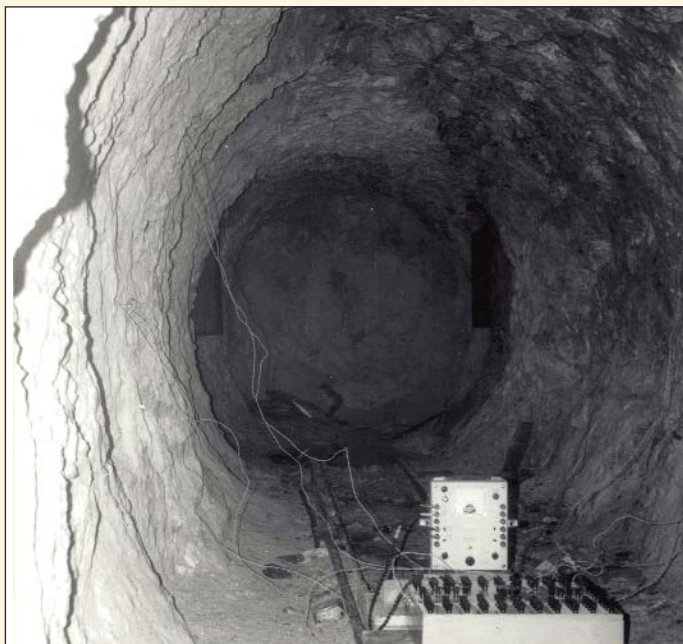


foto GEOTest photo GEOTest

Obr. 2 Smykové zkoušky v rozrážce R-4, celkové uspořádání smykové zkoušky v rámu

Fig. 2 Shear tests in tunnel stub R-4, general arrangement of the shear test in the frame



Obr. 3 Tenzometrický profil v průzkumné štolě Viola II
Fig. 3 Strain-gauge profile in Viola II exploration gallery

geotechnické podmínky a realizovatelnost tunelu. Průzkumná štola je dodnes, s trochou úsilí, přístupná a je hmatatelným důkazem toho, jak lze dobře rozeběhnutou přípravu stavby úspěšně zastavit. Na obr. 5 je momentka ze štoly, zachycující její stav přibližně v roce 2007.

O dálničním tunelu Klimkovice (výstavba v letech 2005–2008) toho bylo napsáno hodně a stavba je čtenářům známa. Za zmínku stojí provedení kabelové šachty z tunelové propojky na povrch za použití technologie Raise boring. Na začátku realizace šachty byl proveden technologický vrt o hloubce cca 30 m z povrchu do stropu tunelové propojky. Vrt se vlivem nepříznivě ukloněných vrstev horninového masivu odklonil a strop tunelové propojky minul. Umístění vrtu v propojce bylo nalezeno až s pomocí zkušeného proutkaře, který pozici vrtu v boku propojky stanovil s přesností na 10 cm. Podrobnější informace o provádění kabelové šachty čtenář najde např. v časopise Tunel č. 1/2007.

Stavba Královopolského tunelu (stavba tunelu 2007–2012) je čtenářům rovněž dostatečně známá z mnoha článků a publikací a její unikátnost, spočívající mimo jiné v rozsáhlém geotechnickém průzkumu



Obr. 5 Dnešní stav štoly
Fig. 5 Current condition of the gallery



Obr. 4 Část kotvě sepínajících masiv (kotva v popředí je osazena tenzometrem)
Fig. 4 Part of anchors tying the massifs together (a strain gauge is installed on the anchor at the forefront)

včetně provedení třech průzkumných štol, rovněž. Možná není tak úplně známo, že geologický sled ražeb nebyl tak fádňní, jak by se při ražbě v brněnských téglech mohlo zdát. V úvodním úseku ražeb tunelu II ve staničení cca 1,433 byla v kalotě nafárána stará studna (zasypaná, ale ještě s původním dřevěným potrubím), původně zásobující jeden z královopolských domů (obr. 6 a 7).

Ražby tunelu Ejpvovice (2015–2017) jsou rovněž známy z mnoha příspěvků a publikací, kromě své technické výlučnosti i tím, že jsou v tuto chvíli jediným velkým tuzemským tunelovým projektem ve výstavbě. Geologická dokumentace ražeb ani zde nebyla prosta překvapení. Nečekané bylo například zastížení vyšších koncentrací magnetického minerálu pyrrhotin ve spilitech během ražeb pod vrchem Chlum. Pyrrhotin v rubanině úspěšně mátl magnetická čidla na pasovém dopravníku razicího stroje Viktorie a zastavoval ho. V některých úsecích se z těchto důvodů zpomaloval postup ražby. Problém



Obr. 6, 7 Studna nafáraná v kalotě jižního tunelu
Fig. 6, 7 A well stricken at the southern tunnel tube top heading



Obr. 8 Spilit nabohacený pyrrhotinem
Fig. 8 Spilit enriched in pyrrhotin

byl částečně vyřešen snížením citlivosti čidel a zvýšením četnosti prohlídek řezné hlavy stroje, zda nedochází k jejímu poškození (magnetická čidla primárně detekují ocelové úlomky, zda nedochází k vylovování ocelových řezných částí stroje). Na obr. 8, 9 je spilit nabohačený pyrhotinem a příklad čelby ve spilittech.

4. ZÁVĚR

Ohlédnutí za padesáti lety GEOtestu končí. Co se za tu dobu změnilo? Měřicí aparatury a postupy, logaritmická pravítka a tabulky nahradily počítače. Nejdůležitější však vždy byli, jsou a dále budou lidé a jejich pokora, poctivost a profesionální přístup. Na nich GEOtest vždy budoval a dále buduje důvěru svých obchodních partnerů, která zavazuje i do let příštích.

RNDr. JIŘÍ PAVLÍK, Ing. JAN STACH, Ing. DAVID RUPP,
Mgr. PAVEL VIŽDA, Ing. TOMÁŠ EBERMANN, Ph.D.,
GEOtest, a.s.



foto photo: <https://www.kafelanka.cz/mista/trstola.php>

Obr. 9 Příklad čelby ve spilittech

Fig. 9 Example of excavation face in spilitte

ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉ A SLOVENSKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES CZECH AND SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORT

www.ita-aites.cz

www.sta-ita-aites.sk

VALNÉ SHROMÁŽDĚNÍ CZTA ITA-AITES GENERAL ASSEMBLY OF ITA-AITES CZTA

The General Assembly of the ITA-AITES Czech Tunnelling Association was held on Wednesday the 30th May 2018. The CzTA medal for the work in the field of underground construction was awarded to Ing. Milan Majer. Further on, Ing. Ivan Hrdina, chairman of the CzTA, informed about the activities of the association in the past year, when it continued to publish TUNEL journal, organise Tunnel Afternoons and commenced the preparation of the Underground Construction 2019 conference. The annual technical tour was again organised, this time to Austria, concretely the Semmering Base Tunnel construction site and the Leoben research centre. The report on the economy of the Association and discussion about the proposal on the Association budget for 2018 were the next points of the Assembly. The present attendees were informed about the plan of Association's activities for 2018, where common activities will continue (publishing TUNEL journal, holding Tunnel Afternoons and organising a technical tour) and the preparation of the conference Underground Construction 2018. Another very important point lied in approving the new wording of the Articles of Association. The results of the student competition for the best master thesis from the field of underground construction for 2017 were announced subsequently. Appreciations were received by Ing. Jan Škeřík (Problems of technical seismism in underground construction); Ing. Tomáš Urbánek (Comparison of the influence of injecting grout into ground for the excavation of a metro station); Ing. Gabriela Hůlková (Assessment of excavation face stability during shield tunnelling through soils at the transition between drained and non-drained behaviour) and Ing. Josef Haba (Tunnelling under high overburden and through faulted rock mass). In the General Assembly part focused on technical problems, prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. delivered an interesting lecture on the 175th anniversary of the tunnel under the Thames.

Valné shromáždění České tunelářské asociace ITA-AITES se konalo ve středu 30. května 2018 v hotelu Olšanka v Praze 3. Jednání zahájil a řídil předseda CzTA Ing. Ivan Hrdina.

Na začátku programu jednání byla předána medaile CzTA Ing. Milanu Majerovi za dlouholetý přínos podzemnímu stavitelství. Tato medaile byla udělena již jako dvacátá osmá v pořadí. V tomto roce nebylo dopředu známé jméno nového držitele medaile, proto to bylo zvláště pro Ing. Majera velké překvapení.

Předseda CzTA Ing. Ivan Hrdina informoval přítomné o činnosti asociace v minulém roce, kdy pokračovalo vydávání časopisu Tunel, pořádání Tunelářských odpolední (do začátku roku 2018 jich asociace uspořádala již 32). Nově se začalo s přípravou konference Podzemní stavby

Praha 2019, jejíž 14. ročník se uskuteční v červnu příštího roku. Také se konal odborný zájezd, tentokrát do Rakouska, kde účastníci navštívili stavbu bázevého tunelu Semmering a výzkumné centrum v Leobenu.

Dalším bodem jednání byla zpráva o hospodaření asociace, kterou přednesl člen předsednictva Ing. Václav Soukup. V roce 2017 stejně jako v tom předchozím se ještě podařilo dosáhnout příznivého výsledku, kdy její hospodaření skončilo opět se ziskem, a to díky úsporám v jednotlivých položkách rozpočtu. Tento trend ale pro další roky již vzhledem k situaci v oboru nebude pokrčovat. Dále byli přítomní seznámeni s návrhem rozpočtu asociace na rok 2018, kdy je plánována ztráta ve výši 234 tisíc Kč, kterou lze předpokládat zejména kvůli pokračujícímu poklesu členů asociace. Tato ztráta bude čerpána z rezervy vytvořené díky minulým konferencím.

Ing. Markéta Prušková obeznámila přítomné s plánem činnosti asociace na rok 2018, kdy se bude pokračovat v běžných aktivitách – vydávání časopisu Tunel, pořádání Tunelářských odpolední i odborného zájezdu a již naplno poběží i příprava konference PS 2019. Uvedla rovněž společnost, kterým jsou věnována následující čísla časopisu Tunel až po číslo 2/2019, které bude konferenčním číslem pro PS 2019.

Dále přítomní zástupci jednotlivých pracovních skupin CzTA informovali o jejich činnosti. V současnosti jsou aktivní pracovní skupiny pro konvenční tunelování, mechanické tunelování, odbornou výchovu a pro legislativní pomoc.



foto photo Ing. Libor Mařík

Obr. 1 Předávání medaile CzTA Ing. Milanu Majerovi

Fig. 1 Passing the CzTA medal to Milan Majer



Obr. 2 Oceněná studentka Ing. Gabriela Hůlková
Fig. 2 Appreciated student Ing. Gabriela Hůlková

Dalším velmi významným bodem bylo schválení nových stanov CzTA. Všichni členové CzTA obdrželi spolu s pozvánkou v zákonném termínu návrh stanov, na místě byly tyto stanovy po krátké diskuzi jednomyslně přijaty.

Poté již doc. Dr. Ing. Jan Pruška seznámil účastníky s výsledkem studentské soutěže o nejlepší diplomovou práci z oblasti podzemních staveb za rok 2017. Letos stejně jako v soutěži za rok 2016 byli oceněni čtyři studenti. Na prvním místě se umístil bývalý student FSv ČVUT Ing. Jan Škeřák s diplomovou prací na téma *Problematika*

technické seizmicity při budování podzemních děl. Druhé místo obsadil Ing. Tomáš Urbánek z VŠB TU-Ostrava s tématem *Porovnání vlivu horninových injektáží na rážbu stanice metra*. Třetí místo patřilo shodně Ing. Gabriele Hůlkové, která zpracovala téma *Posouzení stability čelby při rážbě pomocí štítu v zeminách na přechodu mezi odvodněným a neodvodněným chováním*, studovala také na FSv ČVUT a Ing. Josefu Habovi s prací s názvem *Rážba pod vysokým nadložím a v porušeném horninovém masivu*, rovněž z FSv ČVUT. Všem oceněným poblahopřál a předal odměnu předseda CzTA Ing. Ivan Hrdina.

Prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc. vystoupil s informací o činnosti společnosti PIARC a Ing. Jiří Smolík sdělil krátce delegátům a hostům valného shromáždění údaje o činnosti sekce Silniční tunely České silniční společnosti.

Prof. Ing. Matouš Hilar, M.Sc., Ph.D. informoval o stavu přípravy konference Podzemní stavby Praha 2019. Veškeré údaje lze nalézt na webových stránkách konference www.psp Praha.cz. Upozornil, že termín pro zaslání abstraktů je 30. září 2018.

Ing. Markéta Prušková oznámila místa a termíny konání dalších světových tunelářských kongresů. WTC 2018 se uskutečnilo v SAE v Dubaji ve dnech 20. – 26. dubna 2018, WTC 2019 je plánováno v Itálii v Neapoli 3. – 9. května, WTC 2020 se uskuteční v Malajsii v Kuala Lumpur 15. – 21. května a v letošním roce získalo pořadatelsví WTC pro rok 2021 Dánsko, jediným kandidátem byla Kodaň, termín je stanoven na 14. – 21. května.

V části zasedání zaměřené na odbornou tematiku vystoupil prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. s velmi poutavou přednáškou o 175letém výročí tunelu pod Temží.

Ing. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,
pruskova@ita-aites.cz, sekretář CzTA

VALNÉ ZHROMAŽDENIE SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE GENERAL ASSEMBLY OF SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION

The General Assembly of the Slovak Tunnelling Association was held on the occasion of the conference Tunnels and Underground Construction 2018 in Žilina. The election of the new STA Board for the period of years 2018–2022 took place during the Assembly. Ing. Tibor Bielikostolský, Ing. Miloslav Frankovský, Ing. Viktória Chomová, RNDr. Michal Kubiš, PhD, Ing. Ján Kušnir, Ing. Soňa Masarovičová, PhD, Ing. Ivan Michale, Ing. František Očkaják, Ing. Peter Schmidt, Ing. Peter Štefko, PhD and Ing. Robert Zwillling became the newly elected members of the STA Board. In the subsequent programme point, Ing. Miloslav Frankovský, Chairman of the STA Board, presented the Activity Report, in which he informed about the activities of the association during the previous term of office 2014–2018. The Financial and Management Report was presented by Ing. Ivan Michale, a member of the STA Review Committee. He confirmed that the economic results of the association in the previous year as well as the whole 2014–2018 period were favourable. Ing. Viktória Chomová, chairman of the Preparatory Committee, summarised the initial pieces of knowledge from the just finished lecturing part of the conference. The newly elected STA Board gathered for the first time at a meeting on the 21st June 2018 at Terraprojekt a. s. Functionaries of the Association were elected at the meeting in compliance with the Statutes. Ing. Miroslav Frankovský and Ing. František Očkaják were elected the Chairman and Vice-Chairman, respectively, and Ing. Viktória Chomová was appointed the Secretary.

Pri príležitosti konania konferencie Tunely a podzemné stavby 2018 v Žiline sa uskutočnilo aj valné zhromaždenie Slovenskej tunelárskej asociácie. Konalo sa po skončení prednáškovej časti konferencie vo štvrtok 24. 6. 2018 v priestoroch hotela Holiday Inn.

Ako prvý bod valného zhromaždenia sa uskutočnili voľby nového výboru STA na obdobie rokov 2018–2022. Valné zhromaždenie z predloženej kandidátky z celkového počtu 13 kandidátov zvolilo 11členný výbor STA na obdobie nasledujúcich štyroch rokov, ako aj dvojčlennú revíziu komisiu STA. Novozvoleními členmi výboru STA sa stali Ing. Tibor Bielikostolský, Ing. Miloslav Frankovský, Ing. Viktória Chomová, RNDr. Michal Kubiš, PhD, Ing. Ján Kušnir, Ing. Soňa Masarovičová, PhD, Ing. Ivan Michale, Ing. František Očkaják, Ing. Peter Schmidt, Ing. Peter Štefko, PhD a Ing. Robert Zwillling.

V ďalšom bode programu predniesol predseda STA Ing. Miloslav Frankovský správu o činnosti, v ktorej informoval o aktivitách asociácie

za predošlé funkčné obdobie 2014–2018. Kľúčovými aktivitami, na ktoré sa sústredila činnosť výboru, boli najmä nasledovné:

- konferencie Tunely a podzemné stavby konané v rokoch 2015 a 2018 v Žiline;
- odborné semináre zamerané na prebiehajúce stavby tunelov – tunely Poľana a Svrčinovec v roku 2014, tunel Považský Chlmec v roku 2017;
- podiel na vydávaní časopisu Tunel spoločne s CzTA;
- aktívna účasť na konferencii Podzemní stavby Praha 2016;
- spolupráca s univerzitami a vysokými školami, podpora účasti vysokoškolských študentov na tunelárskych odborných podujatiach, finančná a organizačná podpora exkurzií na tunelové stavby.

Správu o financovaní a hospodárení uviedol člen revíznej komisie STA Ing. Ivan Michale, ktorý potvrdil priaznivé hospodárske výsledky asociácie v období predošlého roku, ako aj v celom období 2014–2018.

Predsedačka prípravného výboru konferencie Ing. Viktória Chomová zhrnula prvé poznatky z práve ukončenej prednáškovej časti konferencie a zároveň poďakovala celému prípravnému výboru ako aj všetkým, ktorí sa podieľali na zorganizovaní TPS 2018.

V nasledovnej diskusii vystúpilo desať účastníkov valného zhromaždenia, pričom závery diskusie boli formulované nasledovne:

1. Je potrebné zodpovednejšie pristupovať k aktualizácii informácií na webovej stránke STA.
2. Je potrebné nadviazať spoluprácu s ďalšími profesnými organizáciami – SKSI, FIB, SCS a zväziť spoločný postup pri získavaní študentov na technické odbory.
3. V spolupráci s vysokými školami je potrebné hľadať a realizovať projekty za účelom zvýšenia záujmu zo strany študentov o štúdium technických predmetov – orientovať sa na základné a stredné školy.
4. V spolupráci s vysokými školami je potrebné hľadať možnosti zahraničných exkurzií/praxe pre vybraných študentov s podporou STA.

Novozvolený výbor STA sa prvýkrát stretol na rokovaní dňa 21. 6. 2018 na Terraprojekte a.s. V súlade so znením stanov sa na ňom uskutočnila voľba funkcionárov asociácie. Za predsedu bol navrhnutý Ing. Miloslav Frankovský, za podpredsedu Ing. František Očkaják a za sekretára bola vymenovaná Ing. Viktória Chomová. Prítomní členovia výboru jednohlasne potvrdili všetky tri nominácie.

Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ

Výstavba kolektoru Hlávkův most, Praha

Construction of Hlávkův most underground utility tunnel, Prague



Výstavba dálničního tunelu Spitzenberg, Německo

Construction of Spitzenberg motorway tunnel, Germany



Výstavba městského tunelu Skärholmen, Švédsko

Construction of Skärholmen city tunnel, Sweden



SUBTERRA 

www.subterra.cz

Nedržíme se při zemi

Never stuck on the ground



Foto: © Martin Smetana

Prodloužení metra V.A (Dejvická–Motol), Praha
stanice Nemocnice Motol

Tunel Považský Chlmec
Žilina, dálnice D3 Žilina, Strážov – Žilina, Brodno



Dopravní infrastruktura

Specializace na dopravní stavby je naší nosnou technologií. Disponujeme týmem zkušených techniků a máme potřebné výrobní kapacity umožňující optimalizaci projektů podle posledních technologických poznatků. Do realizovaných projektů přinášíme kvalifikaci, odbornost a zkušenosti z celého světa, které nám skýtá naše mateřská společnost HOCHTIEF AG. Právě sdílení zkušeností a technologických možností koncernu je jednou z našich hlavních konkurenčních výhod.

HOCHTIEF CZ a. s.
Plzeňská 16/3217
150 00 Praha 5
tel.: +420 257 406 000
www.hochtief.cz

Stavíme svět zítřka

