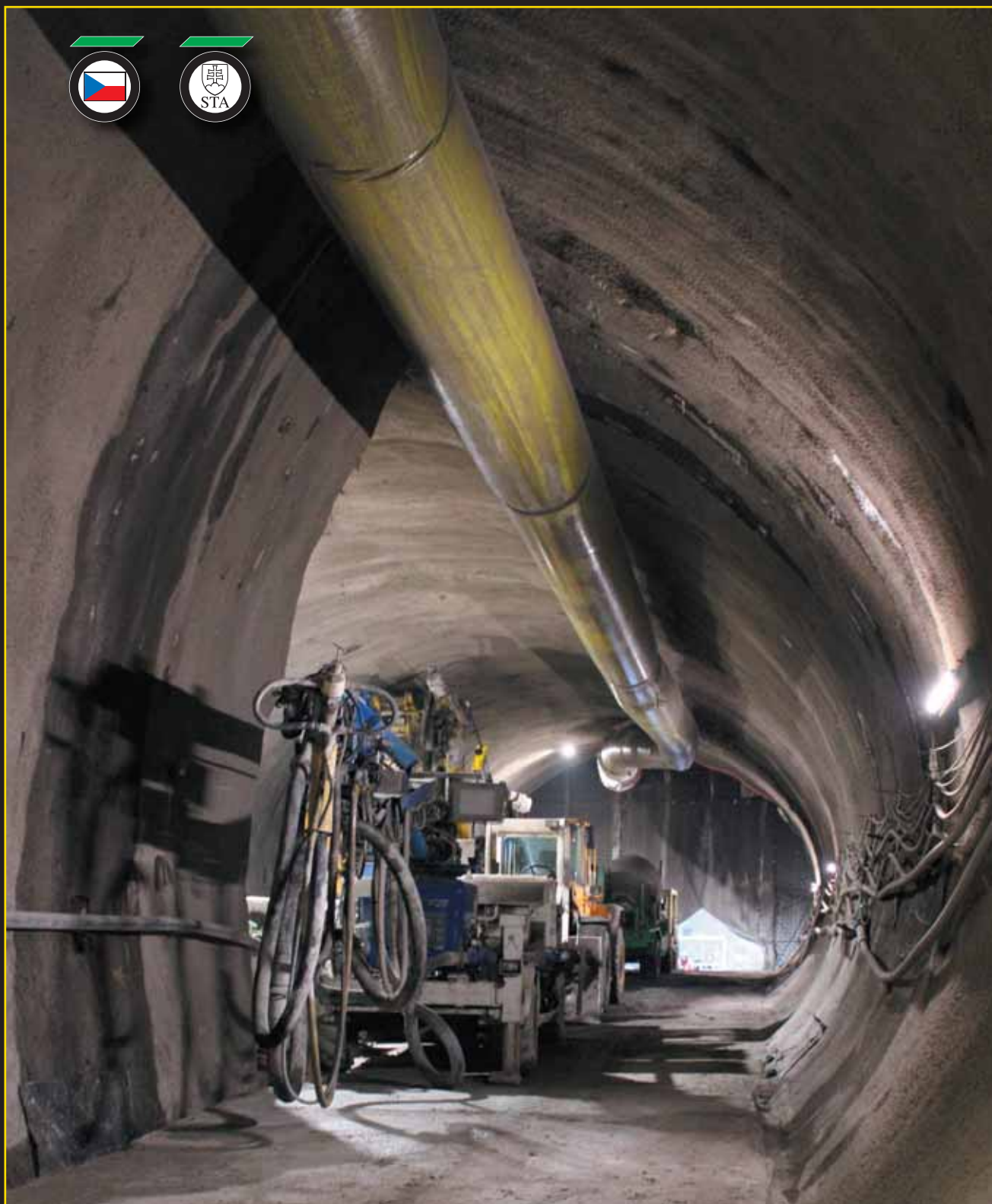


TuDi

č. 1
2021

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





LET S VÁMI



OBSAH

Editorial:	
prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., předseda redakční rady	1
Úvodníky:	
Ing. David Krása, generální ředitel METROPROJEKT Praha a. s.	2
Ing. Vlastimil Horák, člen představenstva a ředitel AMBERG Engineering Brno, a.s.	3
Železnice na letiště – Střešovice tunely	
Dr.-Ing. Zdeněk Žižka, Ing. Bc. Kamil Bednařík, METROPROJEKT Praha a. s., Bc. MSc. Michal Froněk, CEng MICE DIC, Správa železnic, s.o.	4
Aplikace metodiky BIM na projektu pražského metra D	
Ing. Jiří Platil, Petr Ženíšek, METROPROJEKT Praha a. s.	18
Projekt bezbariérového zpřístupnění stanice metra Karlovo náměstí	
Ing. Jan Korejčík, Ing. Martina Urbánková, Michal Kolevski, METROPROJEKT Praha a. s.	28
Mezistropy v Královopolském tunelu	
Ing. Vlastimil Horák, AMBERG Engineering Brno, a.s.	39
Tramvajový tunel při velkém městském okruhu Žabovřeská v Brně	
Ing. Jan Rožek, AMBERG Engineering Brno, a.s.	46
Sanace tunelu Reicholzheim	
Ing. Jan Rožek, AMBERG Engineering Brno, a.s.	54
Fotoreportáž z výstavby dvoukolejného železničního tunelu Deboreč na IV. železničním koridoru	59
Ze světa podzemních staveb	60
Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice	65
Z historie podzemních staveb	73
Výročí	78
Rozloučení	80
Bibliografie	82

REDAKČNÍ RADA / EDITORIAL BOARD

Čeští a slovenští členové / Czech and Slovak members

Předseda / Chairman: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. – Stavební fakulta ČVUT v Praze
Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D. – GEOTest, a.s.
Ing. Miloslav Frankovský – STA
Ing. Jan Frantl – Subterra a.s.
Bc. MSc. Michal Froněk CEng., MICE, DIC – SŽDC s.o.
prof. Ing. Matouš Hilar, MSc., Ph.D., CEng., MICE – 3G Consulting Engineers s.r.o.
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc. – Fakulta stavební VUT v Brně
Ing. Vlastimil Horák – Amberg Engineering Brno, a.s.
doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D. – VŠB-TU Ostrava
RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D. – PUDIS a.s.
Ing. Viktória Chomová – STA
Ing. Otakar Krásný – GeoTec-GS, a.s.
Ing. Ján Kušnír – REMING CONSULT a.s.
Ing. Libor Mařík – SAGASTA s.r.o.
Ing. Soňa Masarovičová – ŽU, Stavební fakulta
Ing. Miroslav Novák – METROPROJEKT Praha a. s.
doc. Dr. Ing. Jan Pruška – Stavební fakulta ČVUT v Praze
Ing. Boris Šebesta
Ing. Michal Šerák – Inženýring dopravních staveb a.s.

YDAVATEL

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 knihovnam a dalším organizacím

REDAKCE

Koželužská 2450/4, 180 00 Praha 8 – Libeň, tel.: +420 702 062 610
e-mail: pruskova@ita-aites.cz
web: http://www.ita-aites.cz
Vedoucí redaktor: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.
Odborní redaktori: doc. Dr. Ing. Jan Pruška, Ing. Pavel Šourek,
RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D., Ing. Jozef Frankovský
Grafické zpracování: Ing. Jiří Šilar DTP, Na Záměšli 502/3, 150 00 Praha 5
Tisk: SERIFA, s.r.o., Jinonická 804/80, 158 00 Praha 5
Foto na obálce: Inženýrsko-geologický průzkum, lokalita VO-OL – pohled
na kombinaci dvou ražených profilů se strojní sestavou
(foto archiv HOCHTIEF CZ a. s.)

CONTENTS

Editorials:	
prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., the Chairman of the Editorial	1
Ing. David Krása, General Manager of METROPROJEKT Praha a. s.	2
Ing. Vlastimil Horák, Board Member and Director of AMBERG Engineering Brno, a.s.	3
Railway Track to Airport – Střešovice Tunnels	
Dr.-Ing. Zdeněk Žižka, Ing. Bc. Kamil Bednařík, METROPROJEKT Praha a. s., Bc. MSc. Michal Froněk, CEng MICE DIC, Správa železnic, s.o.	4
Application of BIM Methodology to Prague Metro Line D Project	
Ing. Jiří Platil, Petr Ženíšek, METROPROJEKT Praha a. s.	18
Barrier-Free Access to Karlovo Náměstí Station	
Ing. Jan Korejčík, Ing. Martina Urbánková, Michal Kolevski, METROPROJEKT Praha a. s.	28
Intermediate Decks in Královo Pole Tunnel	
Ing. Vlastimil Horák, AMBERG Engineering Brno, a.s.	39
Tram Tunnel at Large City Circle Road Žabovřeská in Brno	
Ing. Jan Rožek, AMBERG Engineering Brno, a.s.	46
Rehabilitation of Reicholzheim Tunnel	
Ing. Jan Rožek, AMBERG Engineering Brno, a.s.	54
Picture Report from Construction of Deboreč Rail Tunnel on Railway Corridor No. IV	59
The World of Underground Constructions	60
Current News from the Czech and Slovak Underground Constructions	65
From the History of Underground Constructions	73
Anniversaries	78
Last Farewell	80
Bibliography	82

doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc. – Ústav geoniky AV ČR, v.v.i.
Ing. Jiří Šach – Metrostav a.s.
Ing. Pavel Šourek – SATRA, spol. s r.o.
Ing. Václav Veselý – SG Geotechnika a.s.
Ing. Linda Vydrová Černá, Ph.D. – HOCHTIEF CZ a. s.
Ing. Jaromír Zlámal – POHL cz, a.s.
CzTA ITA-AITES: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.

Zahranční 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. 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. 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
obligatory issues for 35 libraries and other subjects

OFFICE

Koželužská 2450/4, 180 00 Praha 8 – Libeň, phone: +420 702 062 610
e-mail: pruskova@ita-aites.cz
web: http://www.ita-aites.cz
Editor-in-chief: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.
Technical editors: doc. Dr. Ing. Jan Pruška, Ing. Pavel Šourek,
RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D., Ing. Jozef Frankovský
Graphic designs: Ing. Jiří Šilar DTP, Na Záměšli 502/3, 150 00 Praha 5
Printed: SERIFA, s.r.o., Jinonická 804/80, 158 00 Praha 5
Cover photo: Engineering geological survey, VO-OL locality – a view of
the combination of two mined tunnels with the set of mecha-
nical (photo archiv HOCHTIEF CZ a. s.)

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

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

ČZTA:

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

AFRY CZ, s.r.o.
Magistrů 1275/13
140 00 Praha 4 – Michle

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 331/9
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.
Jirskova 538/5
186 00 Praha 8

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

Inženýring dopravních staveb a.s.
Branická 514/140
Praha 4 – Braník

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

METROPROJEKT Praha a. s.
Argentinská 1621/36
170 00 Praha 7

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

Mínova 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 Rostoky 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. taky změna!
Podbabská 1014/20
160 00 Praha 6

Rocktech, s.r.o.
Tovární 435
267 01 Králův Dvůr

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR
Čerčanská 12
140 00 Praha 4

SAGASTA s.r.o.
Novodvorská 1010/14
142 00, Praha 4 – Lhotka

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

SATRA, spol. s r.o.
Pod pekárny 878/2
190 00 Praha 9 – Vysočany

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

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

Správa železnic, státní organizace
Dlážděná 1003/7
110 00 Praha 1

STRABAG a.s.
Kačírkova 982/4
158 00 Praha 5

Subterra a.s.
Koželužská 2246/5
180 00 Praha 8 – Libeň

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

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
Ing. Štefan Choma
prof. Ing. František Klepsatel, CSc. (†)
Ing. Juraj Keleši
Ing. Pavol Kusý, CSc.

Členské organizácie:

Alfa 04 a.s.
Jašíkova 6
821 07 Bratislava

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

BANSKÉ PROJEKTY, s.r.o.
Miletičova 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 27
826 56 Bratislava

DOPRAVOPROJEKT, a.s.
Kominárska 141/2,4
832 03 Bratislava

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

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

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

GEOstatik a.s.
Kragujevská 11
010 01 Žilina

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

HYDROSANING spol.s.r.o.
Poľnohospodárov 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 Turzovka s.r.o.
Vysoká nad Kysucou 1279
023 55 Vysoká nad Kysucou

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

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

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

Reming Consult a.s.
Trnavská 27
831 04 Bratislava

Renesco a.s.
Panenská 13
811 03 Bratislava

Sika Slovensko, spol. s r.o.
Rybničná 38/e
831 07 Bratislava

SKANSKA SK, a.s. závod tunely
Košovská cesta 16
971 74 Prievidza

Slovenská správa ciest
Miletičova 19
826 19 Bratislava

SLOVENSKE 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.
Madáchova 33
821 06 Bratislava

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

TUBAU, a.s.
Pribylinská 12
831 04 Bratislava

TuCon, a.s.
K Cantorinu 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
Watsonova 45
043 53 Košice

VÁHOSTAV – SK, a.s.
Priemyselná 6
821 09 Bratislava

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

Železnice SR
Klemensova 8
813 61 Bratislava

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

Milí čtenáři,

do nového roku je žádoucí vstupovat s jistým optimismem. Pro celou společnost se s velkou pravděpodobností z hlediska virové epidemie již blýská na lepší časy. Soustředěným úsilím mnoha vědců, jejich spolupracovníků a nasazením tisíců zkušebních dobrovolníků jsou již k dispozici účinné vakcíny, které nepochybně umožní zvrátit stav dlouhodobě v mnoha oblastech ochromující společnost. I v naší tunelářské profesi dojde v důležitém dopravním segmentu České republiky k oživení výstavby dlouhodobě stagnující. Dosud jsme mohli jen s obdivem sledovat prakticky nepřetržitou výstavbu dopravních tunelů u našich přátel na Slovensku a velmi úspěšné aktivity našich stavebních firem v zahraničí. Několik následujících příkladů signalizuje zmíněný příznivý vývoj v ČR.

Na čtvrtém železničním koridoru, kde jsou v modernizovaném úseku Votice – Sudoměřice před dokončením tunely Mezno a Debořec, ukončila Správa železnic vyhodnocování nabídek v tendru na úsek Ševětín – Nemanice. Jeho součástí budou i dva dlouhé tunely – Chotýčanský (4810 m) a Hosínský (3120 m).

V souvislosti s blížícím se zahájením výstavby trasy D pražského metra byl na začátku minulého roku zahájen doplňkový geotechnický průzkum. Po vyhloubení přístupových šachet je realizován ražbami průzkumných štol na čtyřech pracovištích v úseku I.D1, tj. od stanice Pankrác D do stanice Olbrachtova (1300 m). Ražby, pokusné injektáže, monitoring, geofyzikální měření úspěšně probíhají a získané poznatky, spolu s výsledky laboratorních i polních zkoušek, budou mít pro vlastní výstavbu metra v daném úseku význam zcela zásadní.

Velký městský okruh v Brně dozná v dosud velmi problematickém úseku komunikace Žabovřeská zásadních prostorových úprav, které odstraní každodenní dopravní zácpy. Podstatnou součástí prováděných úprav bude tramvajový tunel, jehož výstavba byla v současnosti zahájena. Podrobnosti lze najít v jednom z článků tohoto čísla.

Na dálnici D3, v rámci obchvatu Českých Budějovic, je navržen hloubený tunel Pohúrka (995 m). Po více než ročním zdržení, v důsledku změny technologie výstavby v obtížných geologických poměrech třetihorních pánevních sedimentů s vysokou hladinou podzemní vody, bude letos nepochybně výstavba zahájena. Na dálnici D35 byl dokončen geologický průzkum pro tunel Dětrichov (3983 m) situovaný pod Mladějovským vrchem, který bude nejdelším dálničním tunelem v ČR. Jeho výstavba by měla být zahájena v roce 2023.

Vzhledem k omezením plynoucím z nouzového stavu bylo jednání redakční rady znovu organizováno korespondenčním způsobem. Přípomínky k jednotlivým článkům, kromě připomínek recenzentů, zaslala polovina členů redakční rady z organizací CzTA a STA. Díky aktivitě těchto členů se korespondenční průběh redakční rady opět osvědčil, takže všechny články byly včas připraveny k dalšímu zpracování a publikaci v TUNELU.

Náplň čísla 1/2021 tvoří šest článků, které rovným dílem zajistili autoři z firem METROPROJEKT Praha a.s. a AMBERG Engineering Brno a.s. Různorodá a současně zajímavá témata jednotlivých článků – *vybrané aspekty návrhu ražených jednokolejných tunelů na dílčím úseku plánovaného železničního spojení mezi Prahou, letištěm Václava Havla a Kladnem (Žižka, Bednařík, Froněk), využití metody BIM při tvorbě informačních modelů na projektu dvou stanic pražského metra D (Platil, Ženíšek), projekt a realizace bezbariérového zpřístupnění stanice Karlovo náměstí (Korejčík, Urbánková, Kolečki), problematika různých konstrukcí mezistropů v systému polo-příčného větrání u Královopolských tunelů (Horák), projektové řešení tramvajového tunelu na Velkém městském okruhu v Brně (Rožek) a sanace 150 let starého železničního tunelu Reicholzheim v SRN (Rožek)* – si nepochybně najdou své čtenáře, kterým mohou poskytnout zábavu i poučení.

Za celou redakční radu všem odběratelům a čtenářům TUNELU, který letošním ročníkem dospěl ke svým třicátinám, přeji do začínajícího roku a blížících se lepších časů zdraví, osobní pohodu a pracovní úspěchy.

**prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.,
předseda redakční rady**

Dear readers,

It is desirable to enter the new year with some optimism. It is with high probability that flashing for better times from the point of view of the viral epidemic is already coming for the entire society. Owing to the concentrated efforts of many scientists, their collaborators and hard work of thousands of testing volunteers, effective vaccines are already available, which will undoubtedly reverse the state in the long run in many areas of the crippling society. The long time stagnating development will be recovered even in our tunnel construction profession in the transportation segment so important for the Czech Republic. So far, we could only follow with admiration the virtually uninterrupted construction of transportation tunnels at our friends in Slovakia and the very successful activities of our construction companies abroad. The following several examples signal the above-mentioned favourable development in the CR.

On the fourth railway corridor, where there are the Mezno and Debořec tunnels before completion in the Votice – Sudoměřice section being modernised, Správa Železnic (Railway Administration) has finished the evaluation of bids in the tender for the Ševětín – Nemanice section. Two long tunnels, the 4810m long Chotýčany and 3120m long Hosín, will also be parts of the section.

In connection with the upcoming start of the construction of the Prague metro line D, complementary geotechnical investigation commenced at the beginning of 2020. It is being carried out after the excavation of access shafts at four working places in the I.D1 section, i.e. from Pankrác D station to Olbrachtova station (1300m). The underground excavation, trial grouting, monitoring and geophysical measurements proceed successfully and the obtained knowledge, together with results of laboratory and in-situ tests, will be of fundamental importance for the actual construction of the metro in the given section.

The Large City Circle Road in Brno will undergo fundamental spatial modifications in the still very problematic section of the Žabovřeská road, which will eliminate daily traffic jams. The tram tunnel, the construction of which has just commenced, will be a substantial part of the modifications. Details can be found in the papers published in this journal issue.

The Pohúrka cut-and-cover tunnel (995m) is proposed for the D3 motorway within the framework of the České Budějovice by-pass road. The construction will undoubtedly begin after a more than a year long delay caused by a change in the construction method in difficult geological conditions formed by Tertiary basin sediments with a high level of the water table. On the D35 motorway, a geological survey was completed for the Dětrichov tunnel (3983m) located under Mladějovský Vrch hill. It will be the longest motorway tunnel in the Czech Republic. Its construction should begin in 2023.

With respect to the limitations following from the state of emergency, the meetings of the Editorial Board were again organised by the way of correspondence. Comments on individual papers, apart from the comments by reviewers, were sent by half of editorial board members from the CzTA and STA. Owing to the activity of these members, the correspondence system of the editorial board work proved itself again, and all papers were prepared in time for further processing and publication in TUNEL journal.

The content of issue 1/2021 consists of six papers, which were provided in equal parts by authors from the companies of METROPROJEKT Praha a.s. and AMBERG Engineering Brno a.s. The following diverse and, at the same time, interesting topics of individual papers – *selected aspects of the design of single-track cut-and-cover tunnels on a partial section of the planned railway link between Prague Václav Havel Airport and Kladno (Žižka, Bednařík, Froněk), the use of the BIM method in developing information models for the design of two Prague metro D line stations (Platil, Ženíšek), construction of barrier-free access to Karlovo Náměstí metro station (Korejčík, Urbánková, Kolečki), problems of various structures of intermediate deck slabs in the system of semi-transverse ventilation in the Královo Pole tunnels (Horák), the design solution to a tram tunnel on the Large City Circle Road in Brno (Rožek) and rehabilitation of the 150-year-old Reicholzheim railway tunnel in the BRG (Rožek)* – will undoubtedly find their readers to whom they can provide amusement and enlightenment.

On behalf of the entire editorial board, I wish all the subscribers and readers of TUNEL journal, which has just reached the age of thirty years, good health, personal well-being and work success to the beginning of the year and the upcoming better times.

**prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.,
Chairman of Editorial Board**



VÁŽENÉ KOLEGYNĚ A KOLEGOVÉ, ČTENÁŘI ČASOPISU TUNEL,

Jsem velice rad, že vás mohu pozdravit jménem společnosti METROPROJEKT Praha u příležitosti našeho 50. výročí a krátce připomenout naši historii z pohledu navrhování a výstavby tunelů.

Vznik společnosti úzce souvisí s rozhodnutím o výstavbě metra v hlavním městě tehdejší ČSSR. V květnu 1971 byl založen náš přímý předchůdce, projektový ústav DP Metroprojekt. Byl pověřen funkcí generálního projektanta metra s cílem co nejrychleji zpracovat projektovou dokumentaci pro zahájení realizace moderní městské podzemní rychlodráhy. Původně státní firma prošla po roce 1989 úspěšně privatizací i řadou organizačních změn až do současné podoby samostatné akciové společnosti, tvořící součást skupiny SUDOP Group.

Již tři roky po vzniku Metroprojektu se veřejnosti představuje první provozní úsek metra Sokolovská – Kačerov na trase C. Uplatnily se zde moderní technologie výstavby, jako ražba tunelu na plný profil (prstencová metoda s použitím nemechanizovaných štítů), výstavba stanic v hlubokých stavebních jamách, zajištěných pilotovými nebo milánskými stěnami, nebo výstavba stanice I. P. Pavlova v úzkém uličním profilu technologií „cut and cover“.

Další pokrok v uplatnění moderních tunelovacích metod, včetně náročných úseků pod Vltavou, ražených trojlodních stanic apod., následuje na trasách A (1978) a B (1985). První úseky všech tří tras jsou dodnes ceněny i pro kvalitní a nadčasový architektonický návrh.

Období po roce 1989 přináší do společnosti nezbytné přizpůsobení podmínkám tržní ekonomiky. Veřejné investice včetně metra jsou dočasně utlumeny, Metroprojekt reaguje zeštíhlením kolektivu a rozšířením spektra svých služeb do všech sfér dopravního stavitelství a do pozemních a průmyslových staveb.

Významným oborem činnosti se stávají železniční projekty, zejména modernizace koridorů (tunely v úsecích Česka Třebová – Zábřeh, Benešov – Tábor a další). Jsou zpracovány i projekty řady dálničních a městských tunelů a Metroprojekt se specializuje i na navrhování čím dál složitějšího technologického vybavení těchto podzemních děl.

Při navrhování dalších úseků pražského metra přišli tuneláři z Metroprojektu s dalšími významnými inovacemi v podzemním stavitelství. Nová rakouská tunelovací metoda (NRTM), dnes již řazená mezi konvenční způsoby tunelování, byla v ČR poprvé realizována v tunelech úseku trasy B Kolbenova – Hloubětín – Rajska zahrada (otevření 1998). V roce 2004 byl do provozu uveden úsek trasy C s originálním řešením naplavovaných tunelů pod Vltavou, který dosáhl i na mezinárodní ocenění. Na prodloužení trasy A do Motola byla poprvé v ČR navržena ražba traťových tunelů moderním zeminovým štítem (EPBS). Po otevření úseku Dejvická – Motol v roce 2015 však nastala zatím nejdelší stavební pomlka v rozvoji sítě pražského metra.

Za zmínku jistě stojí i náš projekt třetího diametru metra v Sofii, jehož část pod centrem města byla uvedena do provozu v srpnu 2020.

Tolik z padesátileté historie. A co připravujeme pod zemí pro budoucnost? Na prahu realizace jsou dva naše aktuálně největší projekty.

Čtvrtá linka pražského metra, úsek I.D. Náměstí Míru – Depo Písnice bude nová zejména svým technologickým vybavením. Vlaky zde budou jezdit automaticky, bez řidiče, a pokud jde o výstavbu tunelů, navrhujeme i zde jako hlavní technologii strojní ražbu TBM. Druhým je projekt železničního spojení Praha – Letiště – Kladno, který zahrnuje více než 3 km dlouhý ražený tunel Dejvice – Veleslavín a podzemní železniční stanice Praha Dejvice a Praha Letiště s navazujícími hloubenými úseky.

Pro vzdálenější výhled se konečně rozběhla i příprava poslední části pražského městského okruhu Pelc-Tyrolka – Štěrboholy, na které se rovněž podílíme.

Tolik můj úvodník za firmu Metroprojekt. Budu rád, když se nyní začnete do odborných příspěvků mých kolegů i dalších odborníků. Chci ujistit všechny naše obchodní partnery a partnery, že právě se závazkem padesátileté úspěšné historie společnosti si velmi vážím dosavadního i budoucího zájmu o spolupráci.



DEAR COLLEAGUES, TUNEL JOURNAL READERS,

I am very glad that I am allowed to greet you on behalf of METROPROJEKT Praha, a.s., on the occasion of our 50th anniversary and briefly recall our history from the tunnel design and construction point of view.

The foundation of the company is closely related to the decision to build a metro in the capital of the then Czechoslovak Socialist Republic. Our direct predecessor, the DP Metroprojekt designing institute, was founded in May 1971. It was entrusted with the function of the general designer for the Prague Metro with the aim of preparing the design documents as fast as possible for the start of the construction of a modern urban rapid underground transit system. After 1989, the originally state-owned company successfully underwent privatization and a number of organizational changes and was transformed into the current form of an independent joint-stock company, forming part of the SUDOP Group a.s.

Already three years after the foundation of the company of Metroprojekt, the first operating section of the Sokolovská – Kačerov Metro Line C was introduced to the public. Modern construction techniques were used here, such as full-face tunnelling (the ring method using non-mechanised shields), construction of stations in deep construction pits braced by pile walls or diaphragm (Milan) walls, or construction of the IP Pavlova station in a narrow street profile using the cut-and cover method.

Further progress in the application of modern tunnelling methods, including demanding sections under the Vltava, mined three-vault stations, etc., followed on Lines A (1978) and B (1985). The first sections of all three lines are still appreciated for quality and timeless architectural design.

The period after 1989 brings to the society the necessary adaptation to the conditions of a market economy. Public investment, including the metro, is temporarily checked. Metroprojekt responded by streamlining the team and expanding the range of its services to all spheres of transportation projects and building and industrial structures.

Railway projects, especially the modernisation of corridors (tunnels in the Česká Třebová – Zábřeh, Benešov – Tábor and other sections) became an important field of our activity. Designs for a number of motorway and urban tunnels were also prepared. In addition, Metroprojekt also specialises in designing more complex equipment of tunnels and underground workings.

When designing other sections of the Prague metro, tunnellers from Metroprojekt came up with other significant innovations in underground construction. The New Austrian Tunnelling Method (NATM), now categorised as a conventional tunnelling method, was implemented in the Czech Republic for the first time in the tunnels of the Kolbenova B – Hloubětín – Rajska zahrada section (brought into service in 1998). In 2004, a section of Line C was brought into service with an original solution of immersing tunnel segments floated into the Vltava River from riverside cofferdams, which even achieved an international appreciation. For the first time in the Czech Republic, driving of linear tunnels with a modern Earth Pressure Balance tunnel boring machine (EPBM TBM) was proposed to extend Line A to Motol. However, after the inauguration of the Dejvická – Motol section in 2015, so far the longest construction break occurred in the development of the Prague metro network.

Our design for the Third Diameter of the metro in Sofia, a part of which runs below the city centre was brought into service in August 2020, is certainly also worth mentioning.

So much from the 50 years of history. And what are we preparing underground for the future? Two of our currently largest designs are on the threshold of implementation.

The fourth line of the Prague metro, section I.D. Náměstí Míru – Depot Písnice will be new mainly due to its equipment. Trains will run here automatically, without a driver. Regarding the tunnel excavation, we are also proposing TBM mechanical driving here as the main tunnelling method. The second is the design for the Prague – Airport – Kladno railway connection, which includes the more than 3 km long mined tunnel Dejvice – Veleslavín and the Prague Dejvice and Prague Airport underground railway stations with adjacent cut-and-cover sections.

For a more distant outlook, the preparation of the last part of the Prague City Circle Road, the Pelc-Tyrolka – Štěrboholy, in which we also participate, has finally got underway.

So much for my leading article on behalf of the company of Metroprojekt. I will be happy if you now start reading the professional contributions of my colleagues and other experts.

I want to assure all our business friends and partners that it is with the commitment of a fifty-year successful history of the company that I highly appreciate the current and future interest in collaboration.

Ing. DAVID KRÁSA,

generální ředitel METROPROJEKT Praha a.s.
General Manager of METROPROJEKT Praha a.s.

VÁŽENÍ ČTENÁŘI!

Po třech letech se mi dostalo opět cti podílet se na úvodníku našeho časopisu. Podobně jako všichni ostatní vstupujeme do roku 2021 s velkým očekáváním, ale i s jistými obavami. Právě začínající rok bude z hlediska fungování trhu nejen podzemních staveb velmi významný, může však být i zlomový. Pokles globální ekonomiky, způsobený celosvětovou pandemií, opakovaný lock down, nutný home office a další omezující opatření v minulém roce nás, tedy projektční a inženýrské kanceláře, zatím nijak významně nepostihly. Ukázalo se, že v našem oboru je možné pracovat efektivně i tzv. na dálku, bez přímých osobních kontaktů. I naši obchodní partneři a zejména státní správa jako největší a v podstatě jediný investor tunelových staveb se tomuto trendu přizpůsobili. Počáteční obavy nás projektantů, jak to bude fungovat, se tak ukázaly našťástí jako liché. Pandemie v tomto případě výrazně posílila a urychlila postup globální digitalizace prakticky ve všech oborech, tedy fenoménu posledních několika let. Ale ruku na srdce, osobní kontakty jsou nenahraditelné a úplné odosobnění našich standardních projektčních činností má rovněž svoje úskalí, rizika a záporny, a ačkoliv může být tento styl práce jakkoliv efektivní, neměl by být podle mého názoru cílem a tím „pravým ořechovým“, ke kterému bychom měli směřovat. Jistě to pocítujete i vy, čtenáři.

Společnost AMBERG Engineering Brno, a.s., stejně jako ostatní firmy skupiny AMBERG Group, prochází určitou restrukuralizací právě z důvodu probíhající digitalizace prakticky všech procesů nejen v přípravě staveb, ale i v celé společnosti. S tím souvisí samozřejmě používání nových a sofistikovanějších SW, úplně jiný styl práce s daty projektů, změna myšlení projektanta apod. Modelování ve 3D jako základ pro tvorbu následných standardních výkresů a koordinaci všech specializací se stalo již běžným nástrojem projektování. Pomalu ale jistě tím směřujeme ke globální metodě projektování BIM. Počáteční nadšení, dá-li se to tak nazvat, a optimistické prohlášení před několika lety, že v roce 2023 již budou nejen legislativně pouze BIM-projekty, již poněkud opadlo a vrátili jsme se našťástí více do reality. Inženýrské stavby a tunely zvláště jsou pro metodu BIM zatím velkým oříškem, na rozdíl od pozemních staveb, kde je tato metoda projektování nesrovnatelně dál a výrazně použitelnější. 3D modelování se všemi výhodami a aspekty využitelnosti tedy jednoznačně ANO, ale úplné a čistě BIM-projekty v našem oboru zatím ještě NE.

Ve spolupráci s kolegy z AMBERG Engineering AG ve Švýcarsku se naše brněnská pobočka i nadále podílí na projektech podzemních staveb v celé Evropě, zde zmiňuji úspěšně pokračující stavbu Brennerského bárového tunelu, projekty ve Švédsku a Norsku (Hamnabanan a Förbifahrt ve Stockholmu, Göteborg Haga a Körswagen, Bybana Bergen), projekty rekonstrukcí německých tunelů Cornberg a Rudersdorf, metro U5 v Mnichově nebo novou ražbu tunelu Riedberg ve Švýcarsku, situovaného do obrovského skalního sesuvu.

Z domácích významných regionálních zakázek společnosti AMBERG Engineering Brno, a.s. chci zmínit první ražený tramvajový tunel v ČR na stavbě VMO Žabovřeská, který se letos začne konečně ražít, rekonstrukci železničního Podhradského tunelu a ve spolupráci se SUDOP a.s. právě začínající projekt rekonstrukce Vinohradských tunelů v Praze. Po několika letech byl rovněž oživen projekt pokračování VMO v Brně – Vinohradský tunel pod sídlištěm Vinohrady, kde společně s firmou PK Ossendorf zpracováváme aktuálně další studii proveditelnosti, snad již finální verzi. V letošním roce by měl být rovněž odstartován projekt pro územní řízení dalšího tramvajového tunelu v Brně v sídlišti Bystrc. Velkým plusem regionálních tunelových projektových zakázek, a to nejen našich, je skutečnost, že vůbec jsou a že investiční příprava liniových staveb nebyla zbrzděna či pozastavena jako při minulé finanční krizi. Následky tehdejšího pozastavení přípravy staveb pocítuje celá republika do dnešního dne. Na druhé straně však administrativní zátěž a neustále se měnící legislativní džungle, vážící se k projektové činnosti, znamená ve srovnání s ostatními zeměmi nejen v Evropě neúměrně dlouhou dobu přípravy. Nezbývá nám tedy než doufat, že nový „liniový zákon“ a připravovaná novela stavebního zákona tyto lhůty přípravy zkrátí a proces projektování snad i zjednoduší. Jsem nebo nejsem přehnaný optimista?

Zdař Bůh.

**DEAR READERS,**

After three years, I have again the honour of writing a leading article of our journal. Like everyone else, we are entering 2021 with great anticipation, but also with some apprehension. The just beginning year will be very important not only in terms of the functioning of the underground construction market. It can also become a turning point. The decline in the global economy, caused by the global pandemic, the repeated lock down, the home office working system required and other restriction measures, experienced last year in our designing and engineering offices, have not affected us significantly yet. It turned out that in our field it is possible to work effectively even remotely, without direct personal contacts. Even our business partners and especially the state administration, as the largest and essentially the only client in the field of tunnel construction, have adapted to this trend. Fortunately, the initial concerns of us designers about how it would work turned out to be odd. In this case, the pandemic significantly strengthened and accelerated the process of global digitisation in virtually all fields, which is a phenomenon of the last several years. But hand on heart, personal contacts are irreplaceable and complete depersonalisation of our standard designing activities has also its pitfalls, risks and weak points and, even though this style of work may be as effective as it is, it should not be, in my opinion, the goal to which we should be directed. I am sure that you, the readers, feel it too.

AMBERG Engineering Brno, a.s., as well as the other companies of AMBERG Group, is undergoing certain restructuring just for the reason of the ongoing digitization of practically all processes not only in the preparation of construction projects, but also in the whole company. Of course, the use of new and more sophisticated software, the completely different style of working with project data, the changes in thinking of designers etc. are related to it. 3D modelling as a base for creation of following standard drawings and coordination of all specialised work has already become a common designing tool. In this way, we are, slowly but surely, moving towards the global BIM designing method. The initial enthusiasm, if we can call it that, and the optimistic proclamation made a few years ago that in 2023 there will be only BIM-projects, not only legislatively, has already somewhat waned and, fortunately, we have returned more to the reality. Civil engineering construction, especially tunnels, poses big problems for the time being in contrast to building construction, where this designing method is incomparably further and significantly more applicable. It means unambiguous YES for 3D modelling with all advantages and aspects of usability, but NO, for the time being, for complete purely BIM designs in our engineering field.

In collaboration with colleagues from Amberg Engineering AG in Switzerland, our Brno branch continues to participate in designing for underground construction projects all over Europe; here I mention the successfully continuing construction of the Brenner Base Tunnel, projects in Sweden and Norway (Hamnabanan and Förbifahrt in Stockholm, Göteborg Haga and Körswagen, Bybana Bergen), designs for reconstruction of the Cornberg and Rudersdorf tunnels in Germany, the U5 underground line in Munich or the new excavation of the Riedberg tunnel in Switzerland, which is located in a huge rock slide.

From AMBERG Engineering Brno, a.s., significant domestic regional orders, I want to mention the first mined tramway tunnel in the CR located on the Žabovřeská Large Ring Road, the excavation of which fill finally start this year, the reconstruction of the Podhradský rail tunnel and, in collaboration with SUDOP a.s., the just beginning Vinohrady tunnels in Prague reconstruction project. After several years, even the project on the continuation of the Large City Ring Road in Brno, the Vinohrady tunnel under Vinohrady housing estate, where we are currently working jointly with PK Ossendorf on another, hopefully already last, feasibility study. The zoning process for another tramway tunnel in Brno, in the Bystrc housing estate, should in addition be launched this year. The fact that the investment planning for linear construction projects has not been hampered or suspended as it had been during the previous financial crisis is a significant plus of regional tunnel design orders, not only our own. The consequences of the then suspension of construction planning processes are felt by the whole republic to this day. On the other hand, in comparison

with the other countries not only in Europe, the administrative burden and permanently changing legislative jungle relating to engineering activities mean disproportionately long duration of planning. We can but hope that the new "Linear Law" and the amendment to the Building Code being under preparation will reduce the planning terms and will, possibly, make the designing process even simpler. Am I or I am not an exaggerating optimist? God speed you.

Ing. VLASTIMIL HORÁK,

**člen představenstva a ředitel AMBERG Engineering Brno, a.s.
Board Member and Director of AMBERG Engineering Brno, a.s.**

ŽELEZNICE NA LETIŠTĚ – STŘEŠOVICKÉ TUNELY

RAILWAY TRACK TO AIRPORT – STŘEŠOVICE TUNNELS

ZDENĚK ŽIŽKA, KAMIL BEDNAŘÍK, MICHAL FRONĚK

ABSTRAKT

Príspevek sa zaoberá návrhom dvoch ražených jednokolejných tunelů pod Střešovicemi na novém železničním spojení mezi Prahou, letištěm Václava Havla a Kladnem. Tunely měří přibližně 3,2 km a jsou součástí 5,7 km dlouhého tunelového komplexu mezi zastávkou Praha-Výstaviště a železniční stanicí Praha-Veleslavín. Vzhledem k vedení trasy v intravilánu byla navržena trasa tunelů s co nejvyšším nadložitím, aby bylo možné efektivně eliminovat vliv stavby i pozdějšího provozu na okolí a obyvatele. Článek nejprve pojednává o historii přípravy projektu, která se datuje již k roku 1999, a diskutuje jednotlivé návrhové varianty vytvořené v minulých letech. Následně se článek zaměřuje na problematiku šíření vibrací z provozu železničního tunelu do okolí, kterou analyzuje na základě měření provedených na Ejpovických tunelech. V posledních částech se článek věnuje technickému řešení tunelů a návrhu podchodu plnoprofilovými tunelovacími stroji pod vjezdovou rampou do tunelu Brusnice (součást tunelového komplexu Blanka) v ulici Svatovítská. Pro umožnění podchodu tunelovacích strojů je navrženo zajištění rampy metodou tzv. pipe-roofingu.

ABSTRACT

This paper discusses the design of two mined single-track tunnels under Střešovice on the new railway link between Prague city centre, Prague Václav Havel Airport and the city of Kladno. Střešovice tunnels are approximately 3.2km long and form a part of a 5.7km long tunnel complex between Praha-Výstaviště railway station and Praha-Veleslavín railway station. Due to the route alignment passing underneath an urban area, the alignment was selected with the overburden as high as possible to effectively eliminate the impact of the construction and later operation of the tunnel on the surroundings and the residents. The paper first discusses the history of the design preparation, which dates back to 1999, and discusses various design variants developed in the previous years. Subsequently, the paper is focused on problems of propagation of vibrations induced by the operation of a rail tunnel to its surroundings, which it analyses based on measurements conducted in the Ejpovice tunnels. In the last parts, the paper is dedicated to a technical solution of crossing underneath the entrance ramp of the Brusnice tunnel (part of Blanka complex of tunnels) in Svatovítská Street using full-face tunnelling machines, TBMs. The so-called pipe-roofing method is designed for the support of the excavation so that the construction of the crossing structure is possible.

1 ÚVOD

Základním cílem projektu železničního spojení Praha – Letiště – Kladno (dále „PLK“) je rychlé kapacitní spojení města Kladna s Prahou a přímé železniční spojení letiště Václava Havla s centrem Prahy. Za jednoznačnou výhodu železničního napojení letiště oproti alternativním řešením (metro, tramvaj, vlakotramvaj apod.) je považován synergický efekt spojení centra Prahy s Kladnem, s odbočkou na letiště.

Projekt byl v různých modifikacích a s různou podrobností již několikrát zpracováván, aby byl vzápětí zastaven, obvykle z důvodu vysokých finančních nákladů. Projekt se vyznačuje vysokou náročností na přípravu, a to především z hlediska možnosti projednání jak v rámci orgánů samosprávy a státní správy, tak s veřejností. Jeho aktuální podoba, stadium přípravy a očekávané termíny výstavby jsou znázorněny v obr. 1. Celkové investiční náklady projektu PLK jsou odhadovány na 36 mld. Kč. V rámci projektu budou zhotoveny následující tunelové stavby:

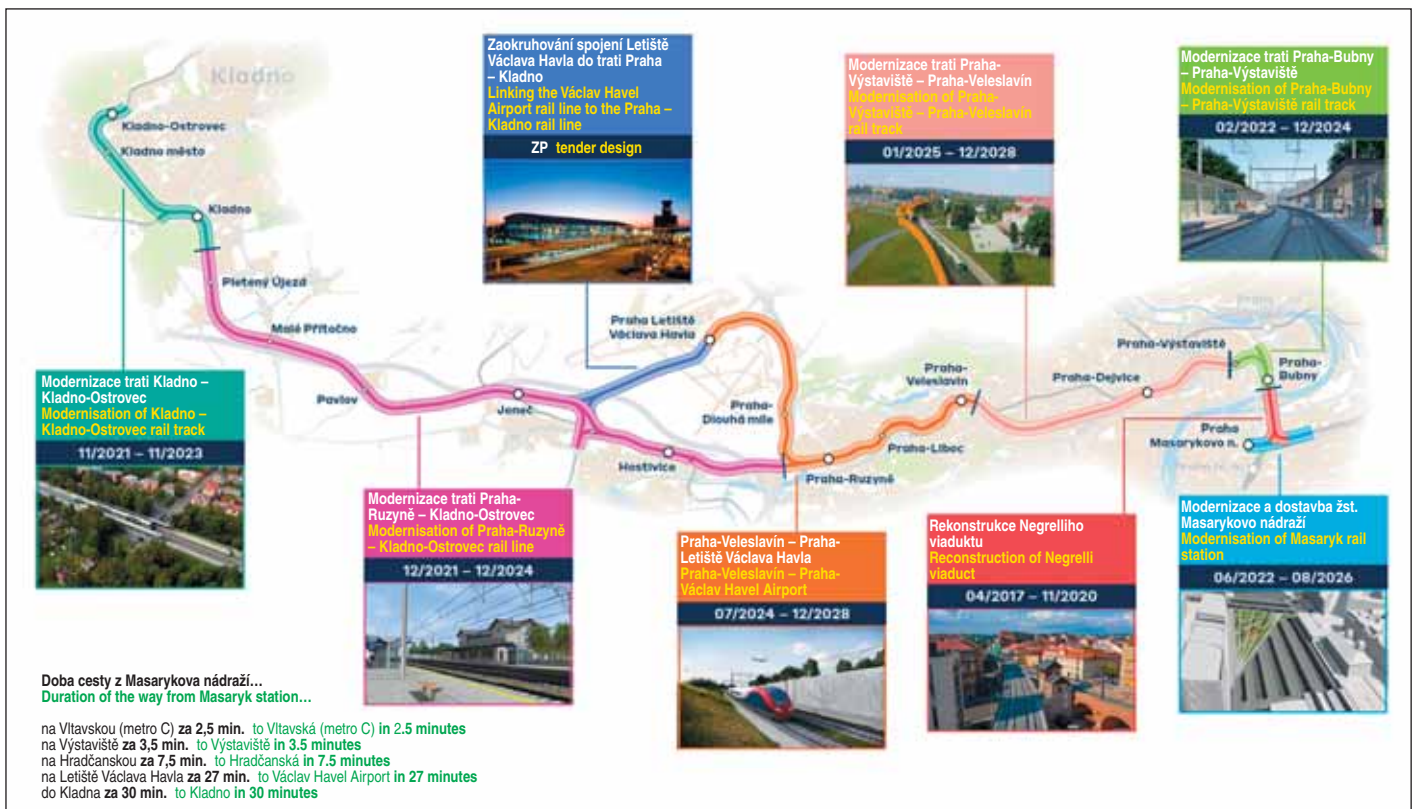
- 1,7 km dlouhý hloubený dvoukolejný tunel v úseku Praha-Výstaviště – Praha-Dejvice;
- hloubená stanice Praha-Dejvice s napojením na vestibul stanice metra Hradčanská;
- 3,8 km dlouhé tunely mezi stanicemi Praha-Dejvice a Praha-Veleslavín (z toho 3,2 km dlouhá dvojice jednokolejných tunelů ražených metodou TBM);
- hloubené stanice Praha-Veleslavín, Praha-Dlouhá Míle a Praha-Letiště Václava Havla;
- 3,5 km dlouhý hloubený dvoukolejný tunel v úseku Letiště Václava Havla – odbočka Jeneček (tzv. projekt zaokružování).

1 INTRODUCTION

The basic objective of the project for the Prague – Airport – Kladno rail connection (hereinafter referred to as the PAK) is to provide a rapid high-capacity connection between Kladno and Prague and direct connection of the Václav Havel Airport with the Prague downtown. The unambiguous advantage of the railway connection to the airport, in contrast to alternative solutions (metro, tram, tram-train etc.), is considered to lie in the synergy effect of the interconnection between the Prague downtown and Kladno, with the branch to the airport.

The project has already been prepared several times in various modifications and with various degrees of detail, to be regularly cancelled, usually due to high investment costs. The project is characterised by a high level of preparation effort, especially in terms of achieving acceptance, both by the local government and the state administration bodies, as well as by the public. Its current appearance, preparation stage and expected construction deadlines are presented in Fig. 1. The total investment costs of the PAK project are estimated at CZK 36 billion. The following tunnel structures will be constructed within the framework of the project:

- a 1.7km long cut-and-cover double-track tunnel in the Praha-Výstaviště – Praha-Dejvice section;
- the Praha-Dejvice cut-and-cover station linking to the Hradčanská metro station concourse;
- 3.8km long tunnels between Praha-Dejvice and Praha-Veleslavín stations (of this length, a 3.2km long pair of single-track tunnels to be driven using the TBM method);
- the Praha-Veleslavín, Praha-Dlouhá Míle and Praha-Václav Havel Airport cut-and-cover stations;



Obř. 1 Situace znázorňující jednotlivé úseky projektu železničního spojení Praha - Letiště - Kladno, aktuální stadium přípravy a očekávané termíny výstavby k listopadu 2020

Fig. 1 Layout showing individual sections of the Prague - Airport - Kladno rail link, the current stage of preparation and expected construction deadlines as of September 2020

2 NOVODOBÁ HISTORIE PŘÍPRAVY PROJEKTU

V dokumentacích zpracovávaných v letech 1999–2005 byla sledována investičně méně náročná varianta povrchová. V následujících letech, s ohledem na reálnost projednání návrhu zejména na MČ Praha 6, bylo hledáno nadstandardní řešení v podobě zahloubené trasy. V rámci „Aktualizace přípravné dokumentace 03/2009 Modernizace trati Praha - Kladno s připojením na letiště Ruzyně, I. Etapa“ byla vypracována tzv. HLOUBENÁ varianta. Příprava byla pozastavena ve fázi nedokončeného projednání. Práce na projektu byly obnoveny studií proveditelnosti v letech 2012–2015, která měla nalézt variantu pro podstatné zkvalitnění železniční dopravy mezi Prahou a Kladnem a s napojením Letiště. Po projednání studie proveditelnosti byla zpracována aktualizace této studie, která byla 7. 7. 2015 na centrální komisi Ministerstva dopravy (dále CK MD) schválena a k další přípravě byla vybrána plně dvojkolejná elektrifikovaná varianta označována jako R1spš. Na základě rozhodnutí CK MD přistoupila Správa železnic k rozdělení celého projektu do šesti dílčích staveb. V navazujícím textu je popisována příprava dílčího úseku stavby „Modernizace trati Praha-Výstaviště (mimo) - Praha-Veleslavín (mimo)“.

2.1 Úsek Dejvice - Veleslavín

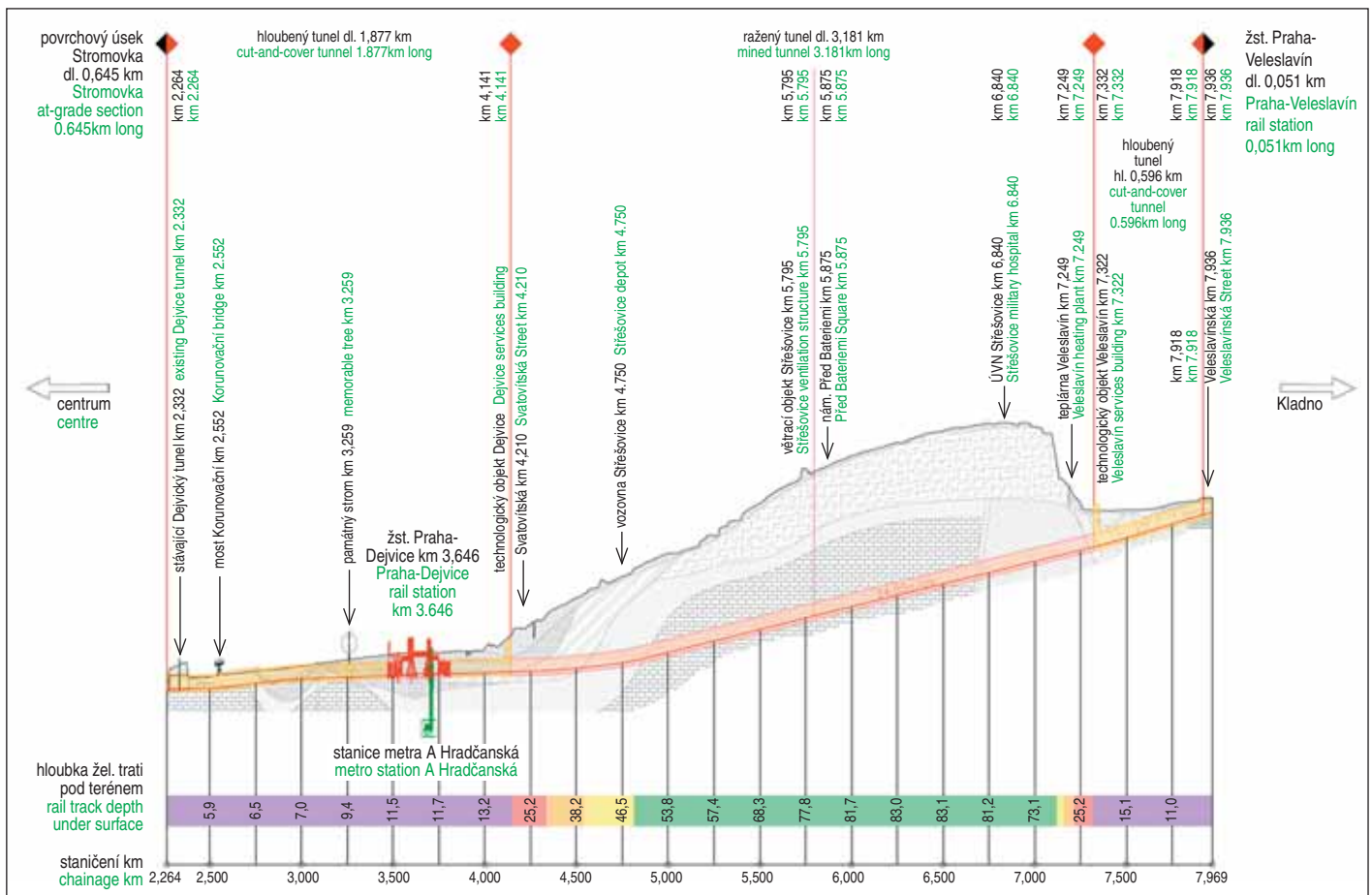
V roce 2015–2016 byla zpracována technicko-ekonomická studie. Studie hledala nejvhodnější vedení trasy, zejména s ohledem na výšku nadloží ve vazbě na geologickou stavbu území a na zástavbu nad trasou. Studií byla vybrána k další projekční přípravě varianta V3 - s dlouhými tunely raženými pod Střešovicemi plnoprofilovým tunelovacím strojem.

V období 07/2018–01/2021 probíhaly práce na zpracování dokumentace pro územní řízení. V okolí Fyzikálního ústavu AV ČR byl proveden geotechnický průzkum, na jehož základě byl namodelován a posouzen vliv vibrací od podzemního vedení varianty

- a 3.5km long double-track cut-and-cover tunnel in the Václav Havel Airport - Jeneček branch (the so-called “circle closing” project)

2 MODERN HISTORY OF PROJECT PREPARATION

In the design developed in the years 1999–2005, a cheaper, at-grade variant was followed. In the subsequent years, in order to secure acceptance, especially by the Prague 6 district, an above-standard solution in a form of a subsurface route was sought. The so-called CUT-AND-COVER variant was developed within the framework of the work on “Updating the 03/2009 preparatory documents for the Modernisation of the Prague - Kladno rail line with connection to the Ruzyně airport, Stage I”. The preparation was suspended without finishing the acceptance process of the project by the authorities. The work on the project was renewed through the feasibility study in 2012–2015, which was done to find a variant for a substantial increase in the quality of rail transport between Prague and Kladno, with a link to the airport. After completion of the acceptance of the feasibility study by the authorities, update of the previous study was carried out. It was approved by the Central Committee of the Ministry of Transport (hereinafter referred to as the CC MT) on the 7 July 2015 and the fully double-track electrified variant marked as R1expr was chosen for further preparation. Based on the CC MT decision, the Railway Administration proceeded and divided the whole project into six partial construction projects. In the following text, there is a description of one partial section of the project which is referred to as „Modernisation of the Praha-Výstaviště (excluding) - Praha-Veleslavín (excluding) rail line“.



Obr. 2 Podélný převýšený řez se zobrazením výšky nadloží nad temenem kolejnice – varianta JIH
 Fig. 2 Exaggerated longitudinal section showing the overburden height above the top of rail – SOUTH variant

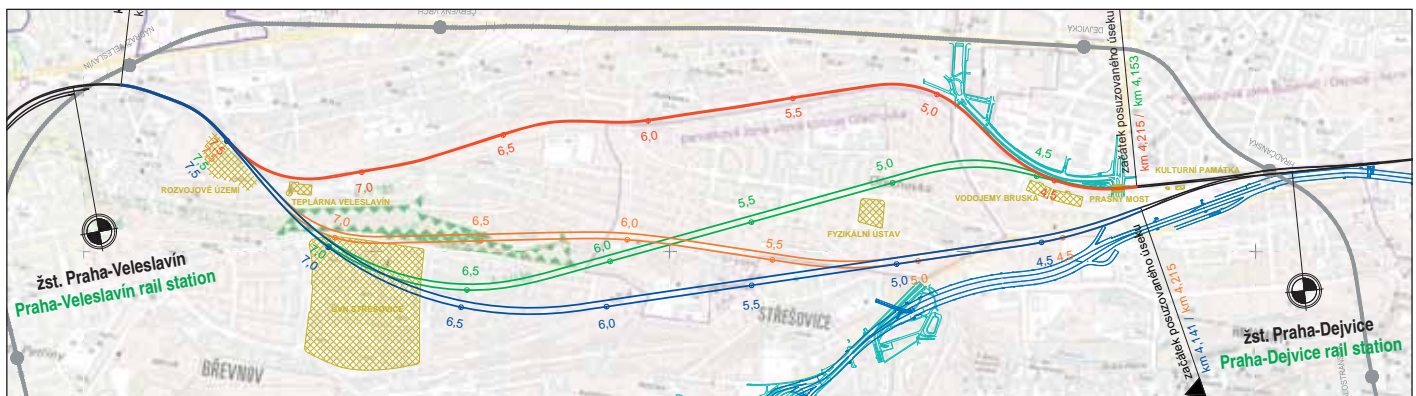
V3 na objekty Fyzikálního ústavu. Vzhledem k předem daným limitům úrovně vibračního rušení byla navržena opatření spočívající v zajištění tlumení vibrací a v odsunu trasy o cca 110 m severním směrem. Předložená varianta je dále označována jako varianta ražená SEVER.

Na základě podnětů veřejnosti z počátku roku 2019 a následného usnesení zastupitelstva MČ Praha 6 byla prověřena úprava trasy ražené části tunelů. Ta měla za úkol eliminovat dopady do geologicky složité oblasti v blízkosti areálu vodojemu Bruska a měla minimalizovat vliv na stávající zástavbu. Projektant navrhl a na úrovni studie prověřil novou variantu, dále označovanou jako varianta ražená JIH, v blízkosti tunelů MO Blanka a ulice

2.1 Dejvice – Velešlavín section

The technical-economy study was carried out in 2015-2016. It sought the most suitable route, especially concerning the height of the overburden in relation to the geological structure of the area and the development of the above-mentioned route. The V3 variant was selected for further design preparation by the study – with long tunnels driven under Střešovice using a full-face tunnel boring machine

In the 07/2018–01/2021 period, the work proceeded on preparation of the design documents for the preliminary design stage. Geotechnical investigation was carried out in the surroundings of the Physical Institute of the Czech Academy



Obr. 3 Situace znázorňující jednotlivé varianty řešení tunelového úseku Praha-Dejvice – Praha-Veleslavín (červená – varianta POVRCHOVÁ a HLOUBENÁ, zelená – varianta SEVER, modrá – varianta JIH, oranžová – varianta STŘED)
 Fig. 3 Layout showing individual variants of the solution for the tunnel section Praha-Dejvice – Praha-Veleslavín (red – AT-GRADE and CUT-AND-COVER variants; green – NORTH variant, blue – SOUTH variant, orange – CENTRE variant)

Milady Horákové. Podélný řez varianty JIH je znázorněn na obr. 2. Na podnět zástupců občanů Střešovic byla na podzim roku 2019 zpracována ještě modifikovaná varianta JIH, dále označována jako varianta ražená STŘED. Výše uvedené tunelové varianty byly předmětem dalšího posouzení a jsou znázorněny v situaci na obr. 3. Na jaře 2020 předložil projektant investorovi porovnání těchto variant (Bednařík et al., 2020). Následně byly zpracovány tři nezávislé posudky s cílem potvrdit výběr varianty vedení tunelu. První posudek byl věnován porovnání variant z hlediska provádění tunelů a vlivu na okolí během výstavby (Thewes et al., 2020). Druhý posudek se zaměřil na vyhodnocení vlivu vibrací na zástavbu nad tunelem a na komparativní in-situ měření v Ejpovickém tunelu (Brož et al., 2020). Poslední posudek, který se zabýval zhodnocením variant z geologického pohledu a reinterpretací geologických průzkumů, provedl tým České geologické služby – ČGS (Aue et al., 2020).

Variantu HLOUBENOU vyhodnotily posudky shodně jako nejméně vhodnou zejména z důvodů vlivu výstavby a provozu tunelů na obyvatele, technické náročnosti a rizikovitosti některých hloubených a konvenčně ražených úseků. Po variantě HLOUBENÉ následovala v hodnocení s odstupem ražená varianta SEVER, a to zejména kvůli delšímu úseku mělkého vedení trasy v kvartérních sedimentech oproti ostatním raženým variantám a souvisejícím vyšším rizikem vlivu na zástavbu. Varianty STŘED a JIH vyšly z posudků obdobně, nicméně s preferencí pro variantu JIH, a to z důvodů očekávaných lepších geologických podmínek za predikovanou severo-jihní tektonickou poruchou v západní části díla. Na základě posudků vybrala Správa železnic variantu JIH pro další sledování, zpracování EIA a dokumentace pro územní rozhodnutí.

3 POSOUZENÍ VIBRACÍ ZPŮSOBENÝCH PROVOZEM TUNELŮ

Jednou z častých obav veřejnosti u novostaveb železničních tunelů ve městech jsou vibrace způsobené provozem drážní dopravy v podzemí a jejich případný vliv na život na povrchu. Úskalím pro projektanta je tento fenomén kvantifikovat, srozumitelně vysvětlit a rozptýlit obavy veřejnosti, kde nejsou opodstatněné. V odůvodněných případech je třeba navrhnout taková antivibrační opatření, aby byl vliv na existující objekty nad tunelem minimalizován. Problém kvantifikace vibrací je umocněn velkým množstvím neznámých faktorů, které mají vliv na šíření a útlum vibrací v prostoru. Z tohoto důvodu je vhodné počáteční předpoklady z projektové fáze ověřit měřeními v terénu po dostavbě tunelu.

Pro Střešovické tunely lze v této fázi přípravy na základě zkušeností z jiných projektů předpokládat, že riziko vnímání vibrací na povrchu v obydlých zónách bude nízké, a to z následujících důvodů:

- Vzdálenost tunelu od obytných objektů je i v nejtěsnějším místě poměrně velká – 13 m, a velmi rychle tato vzdálenost stoupá. V těchto mělkých částech tunelu je nadloží tvořeno soudržnými zeminami. Toto „měkké“ horninové prostředí velmi dobře tlumí přenos vibrací.
- Poté, co se tunel dostane do skalního horninového prostředí, je již dostatečně hluboko (30–80 m) na to, aby došlo k výraznému útlumu vibrací i v tomto „tvrdším“ horninovém prostředí.

Pro modelové ověření vlivu provozu v tunelech na povrch území a zástavbu z hlediska vibrací bylo provedeno měření vibrací (Brož et al., 2020) na již existujícím a provozovaném tunelu.

Jako ideální modelový případ byl zvolen tunel Ejpovice z následujících důvodů:

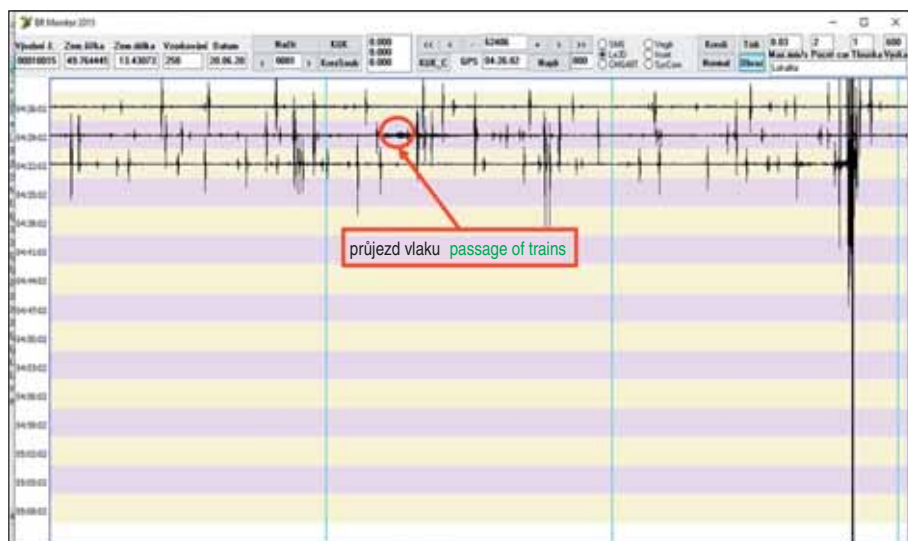
of Sciences. The impact of vibrations on the Physical Institute structures due to the underground route of the variant V3 was modelled and assessed based on the investigation. With respect to the predetermined limits of the level of vibration disturbance, measures lying in securing vibration attenuation and setting the route off north by approx. 110m were proposed. The submitted variant is further denoted as the mined variant NORTH.

Based on the suggestion from the public from the beginning of 2019 and the following resolution of the Municipal Council of Prague 6, a modification of the mined part of the route was examined. Its task was to eliminate the impacts on the geologically complex area in the vicinity of the grounds of the Bruska water reservoir and minimising the impact on the existing buildings. The designer proposed and verified at the level of the study a new variant, further denoted as the mined variant SOUTH, running in the vicinity of the Blanka tunnels on the City Circle Road and Milady Horákové Street. The longitudinal section for variant SOUTH is presented in Fig. 2. At the initiative of representatives of the Střešovice citizens, a modified variant SOUTH, further denoted as the mined variant CENTRE, was submitted in the autumn of 2019. The above-mentioned tunnel variants were assessed further; they are depicted in the layout in Fig. 3. The designer submitted the comparison of the variants to the project owner in the spring of 2020 (Bednařík et al., 2020). Three independent assessments were conducted subsequently, with the objective to confirm the selection of the tunnel route variant. The first assessment was dedicated to the comparison of the variants in terms of tunnelling and the impact on the surroundings during the course of the construction (Thewes et al., 2020). The second assessment was focused on assessing the influence of vibrations on buildings and facilities above the tunnel and comparative in-situ measurements in the Ejpovice tunnel (Brož et al., 2020). The last assessment, which dealt with assessing the variants in terms of geology and reinterpretation of geological surveys, was conducted by a team of Česká Geologická Služba – ČGS (Czech Geological Survey) (Aue et al., 2020).

The CUT-AND-COVER variant was assessed by the teams identically as the least suitable mainly due the reasons of the impact of the construction and operation of the tunnels on residents, technical demands and risks associated with some cut-and-cover and conventionally driven tunnel sections. The mined NORTH variant followed the CUT-AND-COVER variant with a large margin, first of all because of the greater length of the shallow section of the route running through the Quaternary sediments in comparison with the other mined variants and the related higher risk of the impact on the buildings and facilities. The CENTRE and SOUTH variants were assessed similarly, nevertheless with a preference for the SOUTH variant, because the expected better geological conditions behind the north-south tectonic fault predicted in the western part of the construction. Based on the assessments, the Railway Administration chose the SOUTH variant for further design process, preparation of the EIA and the documents for the issuance of the zoning and planning decision.

3 ASSESSMENT OF VIBRATIONS DUE TO OPERATION OF TUNNELS

Vibrations caused by the operation of the rail transport in the underground assets and its possible impact on the life on the surface is one of the frequent concerns of public in the cases of new construction of rail tunnels in cities. The quantification, intelligibility of explanations and dispelling the unsubstantiated



Obr. 4 Časový snímek seismických účinků průjezdu vlaku v Ejpvovickém tunelu a účinků automobilové dopravy ve vzdálenosti cca 450 m od osy tunelu

Fig. 4 Time-lapse diagram of the effects of trains passing through the Ejpvovice tunnel and effects of vehicular traffic at the distance of ca 450m from the tunnel centre line

- Stejně jako u Střešovických tunelů se jednalo o dva jednokolejné tunely vyražené plnoprofilovým tunelovacím strojem se segmentovým ostěním.
- Pro přenos vibrací se horninové prostředí Ejpvovického tunelu jeví jako obdobné nebo mírně nevýhodnější (skládá se zejména z břidlic a tvrdších spilitů).
- Hloubka tunelu je obdobná.
- V tunelu je pevná jízdní dráha, stejně jako u budoucího Střešovického tunelu. Pevná jízdní dráha bez dodatečných opatření šíří vibrace výrazněji než standardní kolejový svršek.
- V Ejpvovickém tunelu je provozována nákladní a osobní doprava rychlostí až 160 km/h. Ve Střešovickém tunelu je předpokládána pouze doprava osobní, a to v rychlosti 120 km/h, což samo předpokládá nižší šíření vibrací.
- Ejpvovický tunel je veden z velké části ve volné krajině. Jiné zdroje vibrací tak nebudou rušit tato měření. To by mělo umožnit jednoduše identifikovat i malé vibrace na povrchu způsobené průjezdy vlaků.

Měření byla provedena na několika lokalitách uvnitř tunelu a na povrchu v létě 2020. Zde je vhodné poznamenat, že naměřené hodnoty amplitudy rychlosti kmitání na povrchu byly vždy velmi malé a nebylo tedy nutné, a prakticky možné, najít nějaký vztah mezi

Tab. 1 Výčet lokalit u tunelu Ejpvovice pro měření a naměřené maximální hodnoty amplitudy rychlosti kmitání (dle Brož, 2020)

Typ měření	Lokalita	Výška a typ nadloží	Naměřená maximální hodnota amplitudy rychlosti kmitání
v tunelu	portál tunelu – Rokycany		0,493 mm/s
v tunelu	propojka číslo 1		0,112 mm/s
na povrchu	vrch Chlum – rozhledna	80 m, spilit	0,007 mm/s
na povrchu	Vrch Chlum – úpatí	80 m, spilit	0,004 mm/s
na povrchu	nad propojkou č. 1	60 m, břidlice	0,005 mm/s
na povrchu	nad propojkou č. 4	25 m, břidlice	0,002 mm/s

fears of the public represent pitfalls for the designer. In justified cases, anti-vibration measures should be designed to minimise the impact on structures existing above the tunnel. The problem of the quantification of vibration is enhanced by a large number of unknown factors that affect the propagation and attenuation of vibrations in space. For this reason, it is appropriate to verify the initial assumptions from the design phase by in-situ measurements after the completion of the tunnel.

At this stage of preparation, it can be assumed for the Střešovice tunnels on the basis of the experience from other projects that the risk of perception of vibrations on the surface in populated zones will be low for the following reasons:

- The distance of the tunnel from residential buildings is relatively large even in the tightest place – 13m, and this distance increases very quickly.

The overburden depth in these shallower parts of the tunnel is formed by cohesive soils. This “soft” ground environment dampens the transmission of vibration very well.

- After the tunnel enters the rock environment, it is already deep enough (30–80 m) for significant dampening of vibrations even in this “harder” ground environment.

For the purpose of verification of the influence of traffic in tunnels on the surface and buildings, vibration measurements were conducted (Brož et al., 2020) on an existing operating tunnel.

The Ejpvovice tunnel was chosen as an ideal model case for the following reasons:

- As in the case of the Střešovice tunnels, these tunnels are two single-track tunnel tubes with segmental lining, driven using a full-face tunnelling machine.
- The rock environment of the Ejpvovice tunnel appeared to be similar or slightly less favourable for the transmission of vibrations (it consists mainly of shale and harder spilit).
- The tunnel depth is similar.
- There is a slab track in the tunnel, identical with the track in the future Střešovice tunnel. Without additional measures, the slab track propagates vibrations more noticeably compared to a standard ballast track.

Table 1 List of locations for measurement and measured values of the maximum amplitude of vibration velocity (according to Brož, 2020)

Measurement type	Location	Overburden height and type	Measured maximum value of vibration velocity amplitude
in tunnel	tunnel portal – Rokycany		0.493mm/s
in tunnel	cross passage No. 1		0.112mm/s
on surface	Chlum hill – viewing tower	80m, spilit	0.007mm/s
on surface	Chlum hill – hillside	80m, spilit	0.004mm/s
on surface	above cross passage No. 1	60m, shale	0.005mm/s
on surface	above cross passage No. 4	25m, shale	0.002mm/s

velikostí naměřených vibrací a typem nebo rychlostí jednotlivých souprav v tunelu (například rozdíl mezi nákladní a osobní dopravou nebyly patrné). V tab. 1 jsou uvedeny lokality, kde byla provedena měření a příslušná maximální amplituda kmitání naměřená při průjezdu vlaků.

Výsledky měření nad Ejpvickým tunelem jsou ukázány na obr. 4. Na obrázku je však možné vidět zejména naměřený vliv automobilové dopravy ve vzdálenosti cca 450 m od místa měření. Je patrné, že vibrace způsobené průjezdem vlaků tunelem v podzemí jsou zanedbatelné v porovnání s velmi vzdálenou povrchovou automobilovou dopravou. Z měření je patrné, že při nadloží několik desítek metrů se mohou očekávat maximální hodnoty amplitudy rychlosti kmitání na povrchu Střešovického tunelu v řádu $v = 0,005$ mm/s ve frekvenčním pásmu 40–60 Hz. Po přepočtu je odpovídající hodnota amplitudy zrychlení v řádu $A = 0,15$ mm/s² a hodnota zrychlení vibrací $L_{aw,T} = 44$ dB.

ČSN 73 0040 uvádí limity mezních hodnot amplitudy rychlosti kmitání, při kterých vzniknou první známky poškození stavebních konstrukcí. Pro bytové cihlové domy norma uvádí hodnotu 2,8 mm/s. Očekávané maximální hodnoty amplitudy rychlosti kmitání na povrchu Střešovického tunelu jsou tedy řádově nižší než limity stanovené normou ČSN EN 73 0040 a jakékoliv poškození budov v důsledku vibrací je krajně nepravděpodobné. Na zahraničních tunelových projektech se pro limity vibrací a jejich vliv na obyvatele během stavby běžně používá norma BS 5228-2:2009, která uvádí jako práh lidského vnímání vibrace v rozmezí 0,14–0,30 mm/s. Tato norma se sice používá zejména pro posouzení vlivu stavebních činností na okolí, nicméně v absenci jiných norem je zde použita pro jednoduché a přímé porovnání výsledků měření z Ejpvického tunelu a prahu lidského vnímání dané touto normou. Limit lidského vnímání daný touto normou je mnohem vyšší než očekávané vibrace nad Střešovickým tunelem ($v = 0,005$ mm/s), a tudíž je vnímání provozu tunelu obyvatelstvem nepravděpodobné. Obdobně dopadá toto porovnání, pokud se použije britská norma BS 6472-1:2008, která se na problematiku vibrací a jejich vlivu na obyvatele dívá z dlouhodobého pohledu a z pohledu amplitudy zrychlení. Tato norma udává jako práh lidského vnímání amplitudu zrychlení $A = 10–20$ mm/s², což je mnohem vyšší hodnota než přepočtená amplituda rychlosti zrychlení u Ejpvického tunelu ($A = 0,15$ mm/s²).

Vliv vibrací na obyvatele je v České republice řešen v hygienických normách pomocí limitů hladiny zrychlení vibrací anebo limity zrychlení vibrací dle nařízení vlády č. 272/2011 Sb. v platném znění. Naměřené hodnoty hladiny zrychlení vibrací ($L_{aw,T} = 44$ dB) a amplitudy zrychlení ($a_{ew,T} = 0,15$ mm/s²) vyhovují uvedenému předpisu. Pro obytné místnosti je hygienický limit vibrací v denní době $L_{aw,T} = 81$ dB ($a_{ew,T} = 11,2$ mm/s²), v noci 78 dB ($a_{ew,T} = 8,0$ mm/s²).

Provedená měření v Ejpvickém tunelu potvrdila předpoklady a poskytla faktické ujištění, že utlumení vibrací při šíření horninovým prostředím bude s největší mírou pravděpodobnosti dostatečné a vibrace na povrchu nebudou pozorovatelné lidskými smysly. Pro finální ověření předpokladů je navrženo před pokládkou pevné jízdní dráhy provedení místního měření, kdy se definovaným budícím signálem vytvoří vibrace ve zhotoveném tunelu a na povrchu budou provedena měření. Na základě těchto měření budou provedena finální upřesnění nutných antivibračních opatření uvnitř tunelu.

4 NÁVRH TUNELOVÉHO ŘEŠENÍ VARIANTY JIH

4.1 Geotechnické podmínky

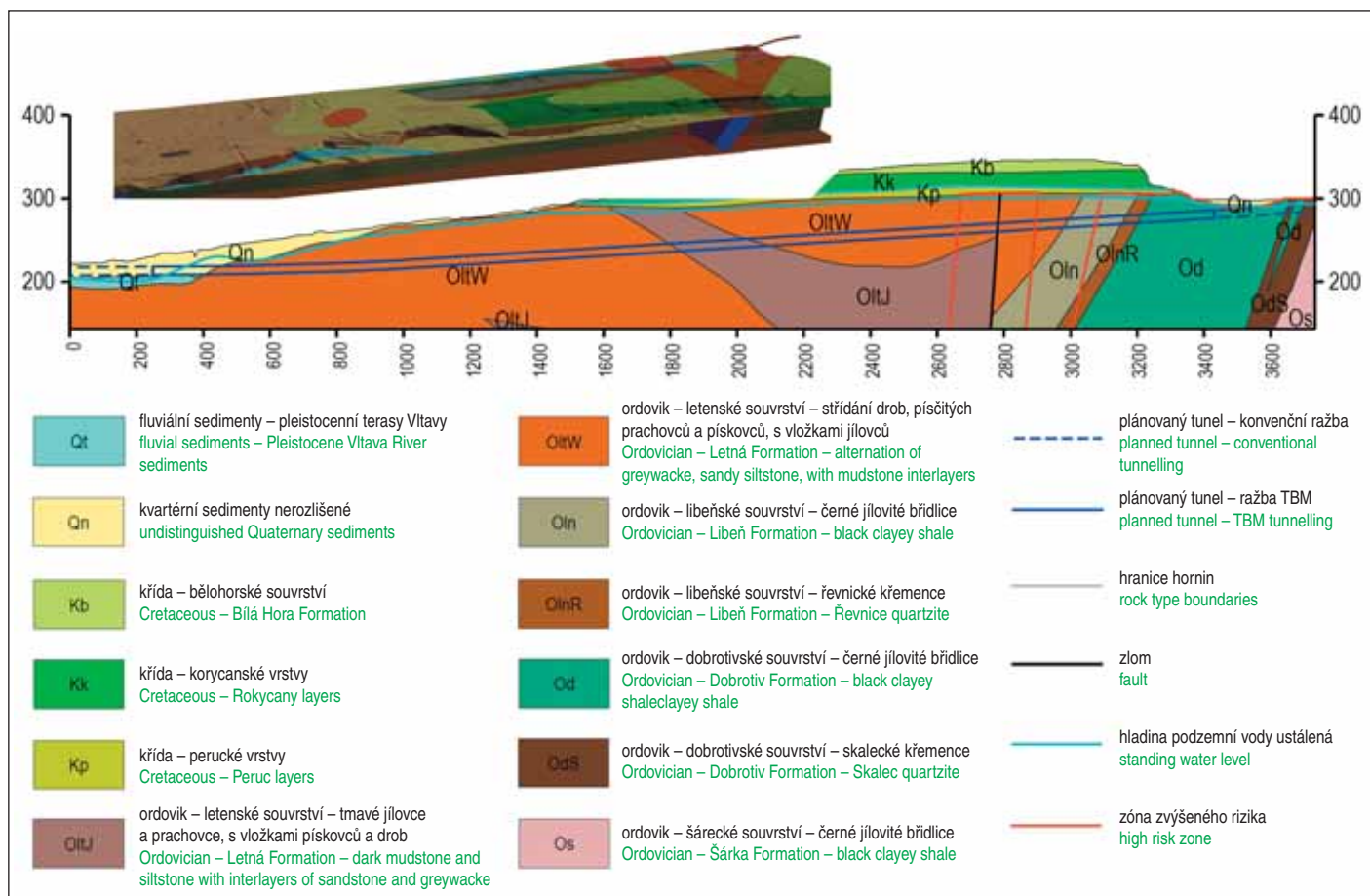
V roce 2018 a 2019 probíhal předběžný geotechnický průzkum pro různé varianty Střešovických tunelů. Zpracovatelem průzkumů

- In the Ejpvovice tunnel, freight and passenger transport is operated at speeds of up to 160km/h. In the Střešovice tunnel, only passenger transport at a speed of 120km/h is expected, which in itself assumes lower propagation of vibrations.
- The Ejpvovice tunnel largely runs in open countryside. Other sources of vibration will not interfere with the measurements. This should make it possible to easily identify even small vibrations on the surface caused by passing of trains.

The measurements were conducted in several locations in the tunnel and on the surface in the summer of 2020. It should be noted here that the measured values of the amplitude of the vibration velocity at the surface were always very small and therefore it was not necessary, and practically possible, to find some relationship between the magnitude of measured vibrations and the type or speed of individual train sets in the tunnel (for instance differences between freight transport and passenger transport were not obvious). The locations where the measurements were conducted and the corresponding maximum vibration amplitudes measured during the passage of trains are presented in Table 1.

The results of measurements conducted above the Ejpvovice tunnel are presented in Fig. 4. It is, however, possible to see mainly the vibrations caused by surface vehicular traffic at the distance of ca 450m from the measurement location in the picture. It is obvious that the vibrations caused by the passage of trains through the tunnel in the underground are negligible in comparison to the very distant vehicular traffic on the surface. It is obvious from the measurements that when the overburden is several tens of metres high, maximum values of the amplitudes of the vibration velocity on the surface above the Střešovice tunnel can be expected to be in the order $v = 0.005$ mm/s, in the frequency zone of 40–60Hz. After recalculation, the corresponding value of the acceleration amplitude is in the order $A = 0.15$ mm/s² and the value of the vibration acceleration $L_{aw,T} = 44$ dB.

The ČSN 73 0040 standard specifies the limits of the ultimate values of the vibration velocity amplitude at which initial signs of damages to civil engineering structures appear. For residential brick buildings the standard states a value of 2.8mm/s. It means that the expected maximum values of vibration velocity amplitude on the surface above the Střešovice tunnel are lower in the order of magnitude than the limits set by the ČSN EN 73 0040 standard and any damage to buildings induced by vibration is extremely unlikely. In foreign tunnel construction projects, the BS 5228-2:2009 standard is commonly used for determination of vibration limits and their impact on the residents during construction, which quotes vibration in the range of 0.14–0.30mm/s as the threshold for human perception. Although this standard is mainly used to assess the impact of construction activities, in the absence of other standards it is used for a simple and direct comparison with measurement results from the Ejpvovice tunnel and the threshold of human perception given by this standard. The limit of human perception given by this standard is much higher than the anticipated vibrations above the Střešovice tunnel ($v = 0.005$ mm/s), therefore the perception of the tunnel operation by residents is unlikely. This comparison is similar if the British standard BS 6472-1:2008 is used, which views the issue of vibrations and their effect on the residents from a long-term perspective and from the point of view of the acceleration amplitude. This standard states as the threshold of human perception the acceleration amplitude $A = 10–20$ mm/s², which is a much higher value than the recalculated



Obr. 5 Geologický řez variantou JIH generovaný z 3D geologického modelu ČGS

Fig. 5 Geological longitudinal section through SOUTH variant generated from 3D geological model, Czech Geological Survey

byl SUDOP PRAHA a.s. (Dragoun et al., 2019) a PUDIS a.s. (Chmelař et al., 2019). Ve východní části trasy tunelu (portál Dejvice) byla nalezena mocná vrstva kvartérního pokryvu, která bude zasahovat až pod dno tunelů. Kvartérní pokryvy se zde skládají z eolických a deluviofluviálních sedimentů, které překrývají fluviální terasové sedimenty dejvické terasy. Souhrnná mocnost kvartérních sedimentů zde dosahuje až 36 m. U západního portálu (Veslavín) navržený tunel nezasahuje do kvartérních sedimentů, avšak skalní podloží je zde silně tektonicky porušené s očekávanými zvýšenými přítoky podzemní vody do výrubu. Skalní podloží zájmového území je tvořeno převážně paleozoickými horninami ordoviku zastoupenými dobrotivským, libeňským a letenským souvrstvím. V oblasti Střešovic jsou ordovické horniny subhorizontálně překryty reliktem mezozoických svrchnokřídových hornin, zastoupených od spodu peruckými jílovci, dále směrem do nadloží korycanskými pískovci následovanými opukami bělohorského souvrství. V rámci území je možné najít několik tektonických poruch, které se projevují především formou několika příčných zlomů, podél kterých jsou horniny značně podrcené a mají výrazně jiné mechanické vlastnosti než okolní nepostižený materiál. V rámci posudku Česká geologická služba vytvořila trojrozměrný inženýrskogeologický model zájmového území, který je zobrazen na obr. 5.

V zájmovém území lze najít tři základní zvodně podzemní vody. První hydrogeologický kolektor představují kvartérní sedimenty. Druhým jsou křídové horniny v oblasti Střešovické plošiny. Podzemní voda v křídovém kolektoru vytváří při bázi korycanských pískovců souvislou zvodně. Tato zvodně je již historicky jímána několika štolami hradního vodovodu. Bazální křídové jílovce vytvářejí prakticky nepropustný izolátor, oddělující křídové zvodně

amplitude of the acceleration velocity in the Ejpvovice tunnel ($A = 0.15 \text{ mm/s}^2$).

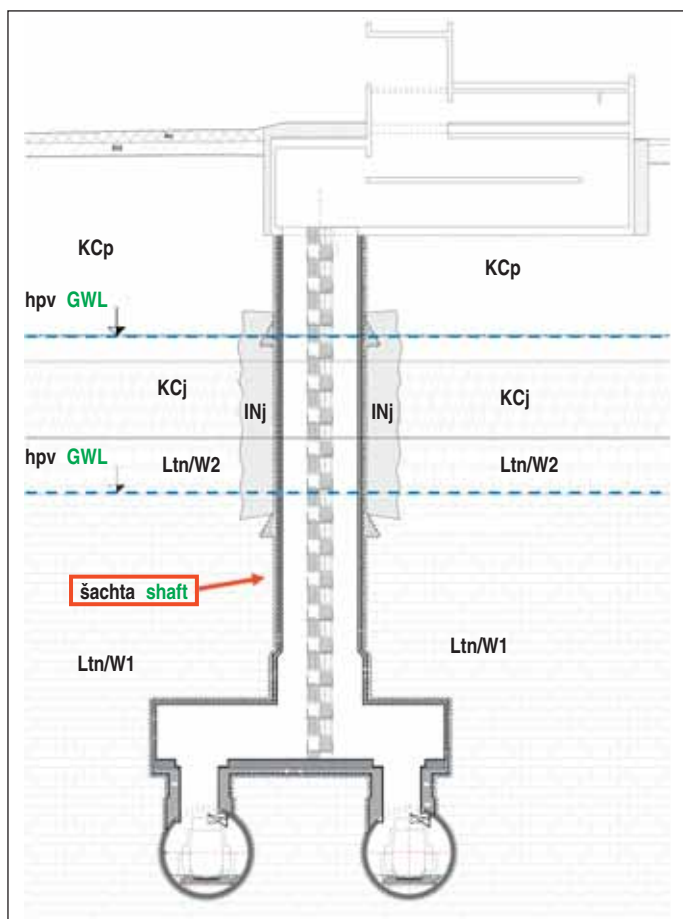
The influence of vibrations on humans is in the Czech Republic set in environmental standards by means of limits to the vibration acceleration level or vibration acceleration limits according to the Decree of the Government No. 272/2011 Coll. as amended. The measured values of the vibration acceleration level ($L_{aw,T} = 44 \text{ dB}$) and the acceleration amplitude ($a_{ew,T} = 0.15 \text{ mm/s}^2$) comply with the above regulation. For living rooms, there is a sanitary limit of vibration during the day $L_{aw,T} = 81 \text{ dB}$ ($a_{ew,T} = 11.2 \text{ mm/s}^2$), at night 78 dB ($a_{ew,T} = 8.0 \text{ mm/s}^2$).

The measurements performed in the Ejpvovice tunnel confirmed the assumptions and provided a factual assurance that the damping of vibrations during propagation through the ground environment will most likely be sufficient and the vibrations on the surface will not be observable by the human senses. For the final verification of the assumptions, it is proposed to perform a local measurement before laying the slab track, where a defined driving signal will induce vibrations in the completed tunnel and measurements will be performed on the surface. The final specification of the necessary anti-vibration measures inside the tunnel can be confirmed on the basis of these insitu measurements.

4. PROPOSAL FOR TUNNELLING SOLUTION TO VARIANT SOUTH

4.1 Geotechnical conditions

In 2018 and 2019, a preliminary geotechnical investigation was carried out for various variants of the Střešovice tunnels. The investigations were processed by SUDOP PRAHA a.s.



Obr. 6 Schéma vzduchotechnické šachty spolu se zaústěním do traťových tunelů (Ltn – letenské břidlice, KCj – jílovce písky, KCp – pískovce, INj – proinjektovaná oblast)

Fig. 6 Chart of ventilation shaft together with the connection to running tunnels (Ltn – Letná shale, KCj – mudstone, sand, KCp – sandstone, INj – grouted area)

od zvodnění ordovických hornin, ve kterých je třetí zvodněň. K dotaci ordovické zvodněň ze zvodněň křídové dochází pouze v omezené míře, a to především na okraji křídových hornin.

4.2 Navrhované objekty

Navrhovanými objekty jsou dva tubusy jednokolejných tunelů délky cca 3,2 km ražené plnoprofilovým tunelovacím strojem, propojky mezi hlavními tubusy a větrací objekt. Oba hlavní tubusy jednokolejných tunelů jsou kruhové o světlem průřezu 8,7 m, který vychází z technických listů SŽ pro rychlost vlaků do 160 km/h. Tento průměr již zahrnuje tolerance ražby pomocí tunelovacího stroje ± 10 cm (součást tzv. pojistného prostoru). Oštění je navrženo jako jednoplášťové, montované ze železobetonových dílců s polypropylenovými vlákny z důvodu zvýšení požární bezpečnosti. V harmonogramu stavby je v současnosti uvažováno nasazení jednoho tunelovacího stroje. Ražba je plánována dovrchně od dejvického portálu, kde je předpokládáno umístění hlavního zařízení staveniště. V tunelu je navržena pevná jízdní dráha spolu s antivibračními opatřeními.

Pro evakuaci osob a zásah záchranných jednotek jsou mezi tunely navrženy propojky. Propojky se budou razit až po vybudování traťových tunelů. V úseku je navrženo šest propojek s nadložím od 41 m až po 84 m nad temenem kolejnice. Posledním prvkem je pak vzduchotechnická šachta ve Střešovicích (obr. 6), která slouží pro větrání jednokolejných tunelů při požáru. Ražba vzduchotechnické šachty může být provedena před vyražením jednokolejných tunelů. Propojení s hlavními tubusy pak může být realizováno následně. Zásadním prvkem při ražbě vzduchotechnické šachty je zamezení dlouhodobého propojení křídové a ordovické zvodněň v tomto

(Dragoun et al., 2019) and PUDIS a.s. (Chmelař et al., 2019). In the eastern part of the tunnel route (the Dejvice portal), a thick layer of the Quaternary cover was found, which will extend under the bottom of the tunnels. The Quaternary cover here consists of aeolian and deluviofluvial sediments, which overlie the fluvial terrace sediments of the Dejvice Terrace. The thickness of the Quaternary sediments reaches up to 36m in this location. At the western (Veselavín) portal, the proposed tunnel does not extend to Quaternary sediments, but the bedrock is here heavily tectonically faulted, with the expectation of increased inflows of groundwater into the excavation. The bedrock in the area of operations is formed mainly by Palaeozoic Ordovician rock types represented by the Dobrotiv, Libeň and Letná Formations. In the area of Střešovice, the Ordovician rock is sub-horizontally overlain by a relic of Mesozoic Upper-Cretaceous rock types represented, from the bottom, by Peruc mudstone, further toward the cover by Korycany sandstone, followed by cretaceous marl of the Bílá Hora Formation. Within the area, it is possible to find several tectonic faults manifesting themselves mainly by the form of several cross faults, along which the rock is significantly crushed and which have markedly different properties than the unaffected material in the vicinity. Within the framework of the assessment, the Czech Geological Service developed a three-dimensional engineering geological model of the tunnel area, which is displayed in Fig. 5.

It is possible to find three basic underground aquifers in the area. The first hydrogeological collector is represented by Quaternary sediments. The second aquifer is formed by Cretaceous rock in the area of the Střešovice plateau. Groundwater creates a continuous aquifer in the Cretaceous collector at the base of the Korycany sandstone. This aquifer has already historically been collected by several galleries of the castle water distribution line. The basal Cretaceous mudstone forms an impervious isolator, separating the Cretaceous aquifer from the aquifer formed by the Ordovician rock types within which the third aquifer is located. Supplying the Ordovician aquifer with water from the Cretaceous aquifer occurs only to a limited extent, primarily at the edge of the Cretaceous rock area.

4.2 Designed objects

The designed objects comprise two ca 3.2km long single-track tunnel tubes driven by a full-face tunnelling machine (TBM), cross passages between the main tubes and a ventilation shaft. Both main tubes of the single-track tunnels are circular with the net cross-section diameter of 8.7m, which is based on technical sheets of the Railway Administration for the speed of trains up to 160km/h. This diameter already contains tolerances of the excavation using a TBM at ± 10 cm (part of the comfort margin). The lining is designed as a single-shell structure assembled from reinforced concrete segments containing polypropylene fibres to increase fire safety. The use of one tunnel boring machine is currently contained in the construction schedule. The uphill tunnel excavation is assumed from the Dejvice portal, where the location for the main construction facilities is assumed. The slab track together with anti-vibration measures is proposed to be in the tunnel.

Cross passages between the tunnel tubes are proposed for evacuation of persons and intervention of rescue units. The cross passages will be driven after the completion of the running tunnels. Six cross passages with the overburden depth ranging from 41 to 84m above the top of rails are proposed to be in the section. The last element is represented by shaft in Střešovice

místě. V okolí šachty při průchodu jílovci bude porušená oblast horniny v okolí výrubu (tzv. excavation damaged zone – EDZ) proinjektována těsnicí chemickou injektáží.

4.3 Návrh ražeb traťových tunelů

Geotechnické podmínky ražeb tunelu z pohledu jejich návrhu lze shrnout následovně:

- Prvních zhruba 200 m od dejvického portálu se předpokládá ražba nejprve v zeminách, avšak nad hladinou podzemní vody s požadavkem omezení deformací a dalších 400 m se předpokládá ražba v silně zvětralých břidlicích pod hladinou podzemní vody (HPV).
- Zhruba dalších 2500 m se ražba předpokládá ve zdravých ordovických horninách s mocným nadložím (s předpokladem několika poruchových pásem) a pod HPV. V nejvýznamnějším z těchto poruchových pásem však již úspěšně proběhla ražba nedaleké jednolodní stanice metra V.A – Bořislavka metodou NRTM (Pastrňák, 2013).
- Posledních zhruba 80 m se ražba předpokládá ve zdravých, avšak tektonicky porušených dobrotivských břidlicích, s očekávanými zvýšenými přítoky podzemní vody do výrubu.

Statický výpočet prokázal s ohledem na předpokládané geologické a geotechnické podmínky nutnost nasazení stroje s možností aktivní podpory čelby podpurným tlakem.

V rámci plnoprofilových tunelovacích strojů existují tři varianty s aktivní podporou čelby. Vedle zeminového štítu (Earth Pressure Ballance – EPB) je to bentonitový štít (Slurry Pressure Ballance – SPB) a štít s variabilní hustotou podpurného média (tzv. varia-

(see Fig. 6), which serves for ventilation of single-track tunnels during a fire. The excavation of the ventilation shaft can be carried out in advance of the excavation of the single-track tunnels. A basic element for the excavation of the ventilation shaft lies in the prevention of long-term interconnection between the Cretaceous and Ordovician aquifers at this location. When excavating through claystone in the vicinity of the shaft, the disturbed area of the rock in the vicinity of the excavation (so-called excavation damaged zone – EDZ) will be injected with chemical sealing grout.

4.3 Design for excavation of running tunnels

Geotechnical conditions relevant for the excavation design of the tunnels can be summarised as follows:

- In the initial section about 200m long from the Dejvice portal, the excavation is expected to pass first through soils, but above the groundwater level with a requirement for limitation of deformations; the excavation of the following 400 metres is assumed to run through heavily weathered shale, under water level (GWL).
- The excavation of the next ca 2500m is expected to pass through healthy Ordovician rock types with a high overburden (with an assumption of several fault zones) and under the GWL. In the most important of these fault zones, however, the excavation of the nearby Bořislavka one-vault metro station on the V.A line has already been successfully completed using the NATM method (Pastrňák, 2013).

Tab. 2 Vyhodnocení posouzení vhodnosti tunelovacího stroje dle doporučení DAUB

+	hlavní oblast nasazení	V této oblasti byl posuzovaný typ stroje úspěšně v minulosti nasazen bez nutných dodatečných úprav.
-	kritická oblast nasazení	Nasazení v této oblasti by pravděpodobně vyžadovalo speciální úpravy stroje. Bez dodatečných úprav jsou očekávány těžkosti během ražby. Postupy ražeb a finanční efektivita budou výrazně sníženy oproti hlavní oblasti nasazení.
o	nasazení stroje možné	Nasazení stroje v této oblasti může vyžadovat speciální úpravy, avšak technická proveditelnost byla v této oblasti v minulosti již prokázána. Dosahované postupy ražby a finanční efektivita mohou být nižší.

Pozn.: Symboly +, -, o jsou použity v tab. 3.

Tab. 3 Posuzovaná kritéria při volbě vhodné tunelovací metody (Dbr – dobrotivské břidlice, Let – letenské břidlice, tekt – tektonicky porušené, Eol – eolické sedimenty, Fl – fluvialní písky, Dl – deluviální sedimenty, U = uzavřený mód, P = polouzavřený mód, O = otevřený mód)

staničení – koleje č. 1 (km)	hlavní geotyp – čelba	předpokládaný mód ražby	Kritéria posouzení vhodnosti stroje EPB-TBM											
			obsah jemnozrných částic	propustnost masivu	konzistence	index relativního ztuhnutí	tlak na čelbě	bobtnání masivu	pevnost horniny v prostém tlaku	RQD	RMR	přítok vody v rámci 10 m tunelu	CAI	
(cca km 4+110)	Fl	U	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	0	+
	Eol	U	+	+	+		+	+	+	+	+	+	0	+
km 4+194	Eol, Dfl	U	+	+	+		+	+	+	+	+	+	0	+
km 4+283	Dfl	U	+	+	+		+	+	+	+	+	+	0	+
km 4+303	Let W5-4-3	U	?	+			o	+	o	o	o	o	o	+
km 4+600	Let W1	O	?	+			+	+	+	+	+	+	+	+/o
km 5+080	Let tekt	U	?	o			o	+	o	+	o	o	o	+
km 6+675	Dbr tekt	U	?	+			o	+	o	+	o	o	o	+
km 6+900	Dbr W1	O		+			+	+	o	+	+	+	+	+
km 7+132	Dbr W1	P		+			o	+	o	o	o	o	+	+
km 7+240	Dbr W1	P		+			+	+	o	o	o	o	o	+
km 7+262	Dbr tekt	U	?	+			o	+	o	+	o	o	o	+

ble density shield). Z důvodu nezastižení rozsáhlých oblastí jemnozrnných zemin v trase tunelu je navrhován zeminový štít EPB. Výhodou tohoto typu stroje oproti zbylým dvěma typům je jeho nižší pořizovací cena i provozní náklady. Štít EPB umožňuje ražbu ve třech módech v závislosti na aktuálně zastižených geologických podmínkách (uzavřený, otevřený a polouzavřený mód), jejichž využití je na trase tunelu plánováno.

Výběr metody ražby byl dále podpořen rizikovou analýzou, která ukázala, že nasazení štítu EPB je nejvhodnější vzhledem ke zvládnutí možných rizik. Posouzení vhodnosti stroje pro zastižené geologické podmínky je provedené podle doporučení DAUB (Deutsche Ausschuss für Unterirdische Bauen, 2010). Hodnoty z doporučení DAUB jsou srovnávány s parametry masivu určenými v geotechnickém průzkumu a následně je provedeno zařazení podle tab. 2 a 3, kde se uvádí uvažovaná hodnotící kritéria a výsledky posouzení v jednotlivých řezech staničení spolu s horninovým typem a předpokládaným módem ražby. Zde je třeba poznamenat, že tabulky uvažují hodnoty doporučení DAUB pro tři typy strojů: SM-V1 (bez podpory čelby pro otevřený mód – O), SM-V3 (podpora čelby stlačeným vzduchem pro polouzavřený mód – P) a SM-V5 (podpora čelby upravenou rubaninou pro uzavřený mód – U) v závislosti na navrženém módu ražby. Na základě tab. 3 je tedy možné vyčíst, zda posuzovaná metoda ražby již byla v minulosti nasazena při určité hodnotě parametru a zda je možné očekávat ražbu jako efektivní.

Tloušťka železobetonového segmentového ostění byla projektantem zvolena na 45 cm. Tloušťka byla odůvodněna statickým výpočtem v oblasti eolických sedimentů a v místě tektonicky po-

- In the last about 80m long section, the excavation is assumed to pass through fresh but tectonically disturbed Dobrotiv shale, with anticipated groundwater inflows into the excavation.

The structural calculation proved that, with respect to the assumed geological and geotechnical conditions, the use of a pressure balance TBM will be necessary. Within the framework of full-face tunnelling machines, there are three variants with active face support. In addition to the Earth Pressure Balance (EPB) TBM, there is a bentonite shield (Slurry Pressure Balance TBM (SPB TBM) and a shield with a variable density of the supporting medium (the so-called Variable Density TBM). The EPB TBM is proposed due to the fact that no large areas of fine-grained soils will be encountered by the tunnel route. The advantage of this type of machine compared to the other two types is that its purchase price and operating costs are lower. The EPB TBM allows excavation in three modes, depending on the currently encountered geological conditions (a closed, open and semi-open mode), the use of which is planned for the tunnel route.

The selection of this excavation method was further supported by a risk analysis, which showed that the use of an EPB TBM is the most appropriate to manage the possible risks. The assessment of the suitability of the machine for the encountered geological conditions is conducted according to the DAUB recommendations (Deutsche Ausschuss für Unterirdische Bauen, 2010). The values from the DAUB recommendations are compared with the parameters of the massif determined by the geotechnical investigation and then the classification is conducted

Table 2 Evaluation of the assessment of suitability of the tunnel boring machine according to the DAUB recommendations

+	main area of application	In this area the type of the machine being assessed had been used successfully, without necessary repairs.
-	critical area of application	The use in this area would probably require special modifications of the machine. Difficulties are expected during the excavation without additional modifications. The excavation advance rates and financial efficiency will be significantly diminished in comparison with the main area of application.
o	machine application is possible	The use of the machine in this area may require special modifications, but technical viability has already been proved in the past. The excavation advance rates and financial efficiency can be lower.

Note: Symbols +, -, o are used in Table 3.

Table 3 Criteria being assessed in the selection of the suitable tunnelling method (Dbr – Dobrotiv shale, Let – Letná shale, tekt – tectonically faulted, Eol – aeolian sediments, Fl – fluvial sand, Dl – deluvial sediments, U = closed mode, P = semi-closed mode, O = open mode)

Chainage – rail No. 1 (km)	Main geotype – face	Assumed excavation mode	Criteria for assessment of EPB TBM suitability											
			Content of fine particles	Massif permeability	Consistency	Relative compaction index	Pressure on face	Massif swelling	Unconfined compressive strength of ground	RQD	RMR	Water inflow within 10m of tunnel	CAI	
(ca km 4+110)	Fl	U	o	o	o	+	+	+	+	+	+	+	o	+
	Eol	U	+	+	+		+	+	+	+	+	+	o	+
km 4+194	Eol, Dfl	U	+	+	+		+	+	+	+	+	+	o	+
km 4+283	Dfl	U	+	+	+		+	+	+	+	+	+	o	+
km 4+303	Let W5-4-3	U	?	+			o	+	o	o	o	o	o	+
km 4+600	Let W1	O	?	+			+	+	+	+	+	+	+	+/o
km 5+080	Let tekt	U	?	o			o	+	o	+	o	o	o	+
km 6+675	Dbr tekt	U	?	+			o	+	o	+	o	o	o	+
km 6+900	Dbr W1	O		+			+	+	o	+	+	+	+	+
km 7+132	Dbr W1	P		+			o	+	o	o	o	o	+	+
km 7+240	Dbr W1	P		+			+	+	o	o	o	o	o	+
km 7+262	Dbr tekt	U	?	+			o	+	o	+	o	o	o	+

rušených oblastí mezi zdravými břidlicemi. Mimo to je v místě tektonicky porušených oblastí a v oblasti Veleslavína očekáváno značné zvodnění masivu. Z toho důvodu byla navržena větší tloušťka ostění poskytující dostatečný prostor pro uložení elastomerové izolace. Segmentové ostění je navrženo v třídě těsnosti 2, kterou uvažuje předpis RiL 853 jako smysluplný požadavek pro jednoplášťová segmentová ostění. Předpis popisuje těsnost třídy 2 tak, že vnitřní hrana ostění může vykazovat jen mírný průnik vlhkosti maximálně na 10 % povrchu jednotlivých bloků (rozpoznatelné v důsledku tmavého zabarvení povrchu betonu). Po dotyku slabě vlhkých oblastí suchou rukou by na ruce neměly být vidět žádné stopy vody. V případě přiložení savého papíru nesmí tento papír měnit barvu kvůli absorpci vlhkosti.

5 NÁVRH TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ RAŽBY POD RAMPOU SVATOVÍTSKÁ

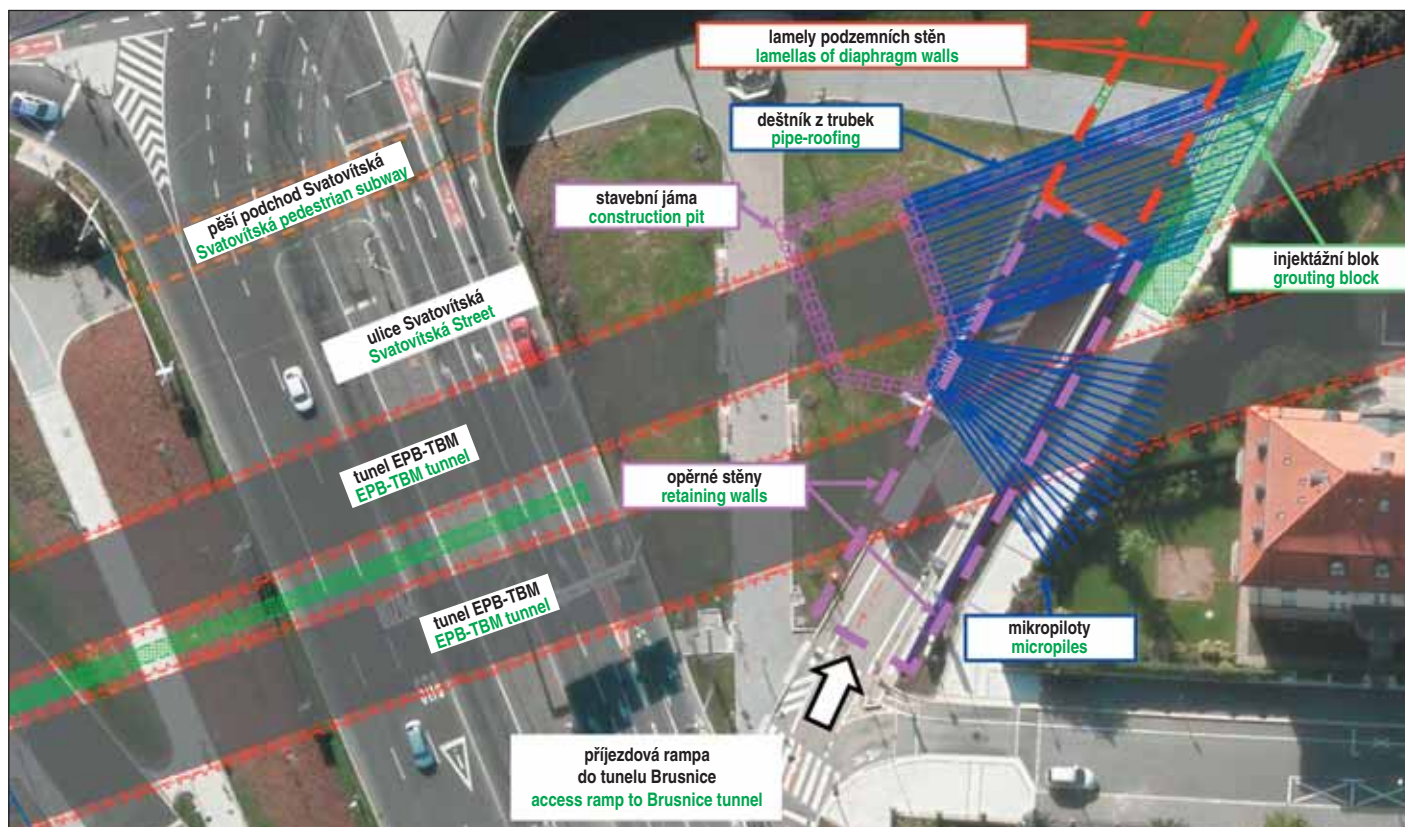
Z výsledků zmíněné analýzy rizik pak vychází i návrh dodatečných stabilizačních opatření pro zajištění ražby. Principem snížení rizik bylo vyloučení nepřijatelných rizik plynoucích z ražby. Tento postup je v souladu s metodikou doporučenou Mezinárodní tunelářskou asociací ITA z roku 2004 (Eskesen et al., 2004). Nepřijatelným rizikem bylo poškození vjezdové rampy Svatovítská do tunelu Brusnice v Dejvicích ve stejnojmenné ulici při podchodu plnoprofilovými tunelovacími stroji. Geotechnický průzkum v tomto místě predikuje ražbu plným profilem v kvartérních sedimentech.

5.1 Popis situace a navrhovaný postup výstavby

Navrhovaná ražba tubusů traťových tunelů začíná ve stavební jámě na Hradčanské a dále křížuje nejprve samotnou ulici Svatovítská s nadloží cca 17 m. Následně je ražbou podcházena zmíněná vjezdová rampa do tunelu Brusnice (obr. 7). Vjezdová rampa do tunelu Brusnice se skládá ze dvou konstrukcí. První konstrukcí jsou

according to Tables 2 and 3, where the evaluation criteria being considered and the assessment results in individual cross-sections of the chainage are presented together with the ground type and the expected excavation mode. It should be noted here that the tables take into consideration the values of the DAUB recommendations for three types of machines: SM-V1 (without face support for open mode – O), SM-V3 (face supported with compressed air for semi-closed mode – P) and SM-V5 (face support with treated muck for closed mode – U), depending on the proposed excavation mode. It is therefore possible on the basis of Table 3 to find whether the excavation method being assessed has already been applied in the past for the certain value of the parameter and whether it is possible to expect the excavation to be effective.

The thickness of the reinforced concrete segmental lining was chosen by the designer at 45cm. The thickness was justified by a structural analysis for the area of aeolian sediments and the location of tectonic faults between fresh shales. In addition, significant water saturation of the massif is expected in the areas of tectonic disturbances and in the Veleslavín area. For that reason, greater thickness of the lining was designed to provide sufficient space for the placement of the elastomeric waterproofing membrane. Sealing Class 2, which is considered by the regulation RiL 853 as a meaningful requirement for single-shell segmental liners, is designed for the segmental lining. The regulation describes the sealing capacity Class 2 as follows: the internal edge of the lining can exhibit only moderate leakage of moisture maximally on 10% of the surface of individual blocks (distinguishable due to the dark colouring of the concrete surface). After touching slightly damp areas with a dry hand, no traces of water should be visible on the hand. If absorbent newsprint is attached, it must not change colour due to moisture absorption.



Obr. 7 Situace navrhovaných dodatečných zajišťovacích opatření v oblasti ulice Svatovítská
Fig. 7 Diagram of additional stabilisation measures designed for the area of Svatovítská Street

úhlové opěrné stěny zajišťující stabilitu svahu po stranách vozovky v otevřeném zářezu. Druhou konstrukcí jsou konstrukční podzemní stěny představující stěny hloubeného tunelu. Na zhlavích podzemních stěn je uložena stropní deska hloubeného tunelu, která je ještě přitížena nadloží dosahujícím v místě podchodu až 5 m. Spodní deska tunelu je k podzemní stěně napojena přes ozub reprezentující velmi citlivý detail konstrukce, který není schopen přenášet významnější síly při poklesu podzemních stěn. Souborně je možné označit konstrukci hloubeného tunelu jako modifikovanou Milánskou metodu (metoda čelního odtěžování).

Z hlediska ražeb tunelovacími stroji je největší nevýhodou konstrukčního uspořádání hloubeného tunelu předpokládané vysoké napětí pod patami podzemních stěn spolu s vysokou citlivostí podzemních stěn na posun při ražbě pod nimi. Po projektantovi bylo správcem této konstrukce požadováno její co nejmenší ovlivnění ražbou stroji. Na základě získaných informací by však měla být vzdálenost mezi patou podzemní stěny a hranou výrubu pouze 2,1 m (obr. 8). Projektantem proto bylo zvažováno několik řešení včetně injektáže pod paty podzemních stěn. Hlavní nevýhodou realizace injektáže byly komplikace při provádění injektážního bloku pod patami stěn spolu s pravděpodobně nedostatečnou tuhostí/únosností při ražbách tunelovacími stroji. Projektantem tedy bylo zvoleno řešení instalace ocelových trubek pod paty podzemních stěn okolo budoucího výrubu (tzv. pipe-roofing). Pro pipe-roofing (obr. 9) jsou navrženy ocelové trubky většího průměru zhruba 1300 mm proměnné délky. Ocelové trubky jsou mezi sebou sřazeny vodicími zámkami a budou následně vybetonovány. Jiná metoda zajištění pak byla zvolena pro úhlové opěrné stěny stabilizující stěny zářezu. Pod úhlovými stěnami je navržen dvourstvý mikropilotový deštník. Tento mikropilotový deštník má zajistit roznesení přítlaku štítu EPB. Maximální podpůrný tlak na čelbě tak může být navržen s ohledem na výšku terénu vedle zářezu s úhlovými stěnami a při ražbě pod úhlovými stěnami nemusí být z důvodu nižšího nadloží výrazněji redukován.

Postup výstavby je tedy následující: Současně s jámou pro sestavení štítu EPB bude prováděna jáma před rampou tunelu Brusnice v ulici Svatovítská. Tato jáma bude rozpírána a bude mít hloubku cca 32 m. Na opačné straně rampy bude proveden blok zeminy zpevněné tryskovou injektáží. Z vyhloubené jámy bude následně proveden pipe-roofing pod rampou Svatovítská. Následně bude pod ochranou ocelových trubek vyražen výrub, který bude zajištěn primárním ostěním ze stříkaného betonu. Výrub bude po vyražení

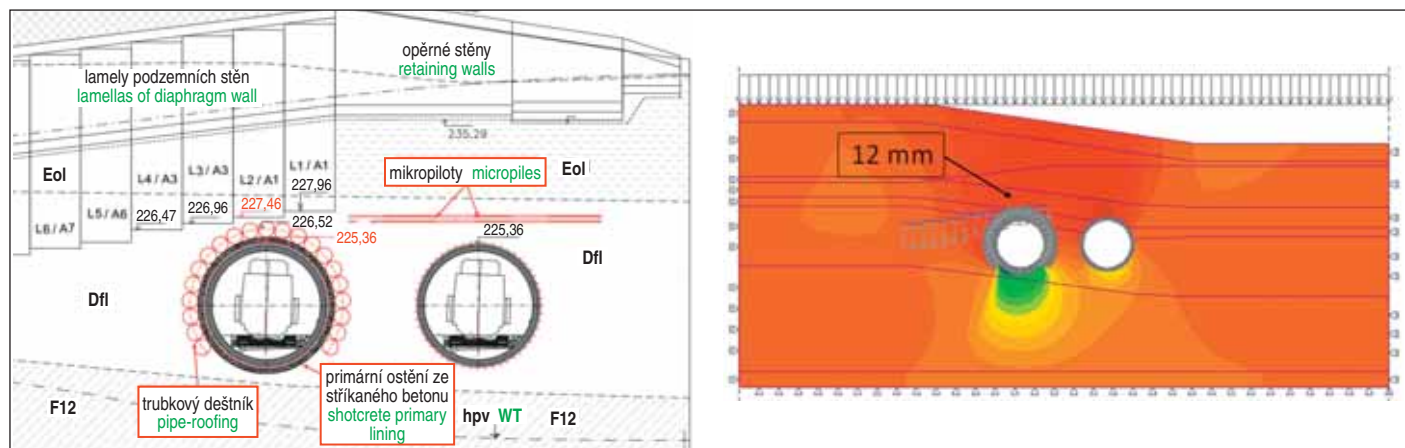
5 PROPOSAL FOR TECHNICAL SOLUTION TO EXCAVATION UNDER SVATOVÍTSKÁ RAMP

The proposal for additional stabilization measures to support the excavation is also based on the results of the above-mentioned risk analysis. The principle of lowering the risks lies in exclusion of unacceptable risks arising from the excavation. This procedure is in line with the methodology recommended by the International Tunnelling Association ITA in 2004 (Eskesen et al., 2004). The unacceptable risk was represented by the damage to the Svatovítská entrance ramp of the Brusnice motorway tunnel in Dejvice during the passage with EPB-TBMs. The geotechnical investigation conducted at this location predicts full-profile excavation through Quaternary sediments.

5.1 Description of the layout and the proposed construction procedure

The proposed excavation of the tubes of the running tunnels begins in the construction pit at Hradčanská Street and further crosses, first Svatovítská Street with the overburden about 17m thick. Subsequently, the tunnel excavation passes under the above-mentioned entrance ramp to the Blanka tunnel (see Fig. 7). The entrance ramp to the Blanka tunnel consists of two structures. The first one is the structure of an angular retaining wall ensuring the stability of the slopes on the sides of the roadway running in an open cutting. The second one is the structure of diaphragm walls representing the cut-and-cover tunnel walls. The roof deck of the cut-and-cover tunnel is placed on the tops of the diaphragm walls. The roof deck is in addition loaded by the overburden with the depth reaching up to 5m at the pedestrian subway. The tunnel bottom slab is connected to the diaphragm wall by a shear key, representing a very sensitive detail of the structure. It is not able to transfer more significant forces in case of settlement of the diaphragm walls. Collectively, it is possible to denote the construction of the cut-and-cover tunnel as the modified Milan method (top-down excavation process).

From the point of view of excavation by tunnel boring machines, the biggest disadvantage of the structural arrangement of the cut-and-cover tunnel is the assumed high stress under the toes of the diaphragm walls together with the high sensitivity of the diaphragm walls to displacement during excavation below them. The owner of the structure required that the design ensured that the impact of the mechanical excavation was as small as possible.



Obr. 8 Příčný řez dodatečných opatření v oblasti ulice Svatovítská spolu s výsledky deformací určených numerickým modelem (Eol – eolické sedimenty, Dfl – deluviofluviální sedimenty, F12 – fluviální sedimenty)

Fig. 8 Cross-section through additional measures in the area of Svatovítská Street together with results of deformations determined from FE simulation (Eol – aeolian sediments, Dfl – deluviofluvial sediments, F12 – fluvial sediments)



archiv Herrenknecht AG Herrenknecht AG archive

Obr. 9 Realizace pipe-roofingu pomocí AVN 1200 na silničním tunelu Gongbei v Číně

Fig. 9 AVN 1200 used for pipe roofing, Gongbei Road Tunnel in China

vyplněn popílkobetonem. Stejným popílkobetonem bude zaplněna i jáma před samotným průjezdem štítu EPB. Vlastní ražba EPB štítem bude následně probíhat pod rampou Svatovítská v otevřeném módu pro levý tubus a v uzavřeném módu pro pravý tubus.

5.2 Provedení pipe-roofingu

Pro provedení pipe-roofingu (instalace ocelových trubek) přicházejí v úvahu dvě metody: metoda protlačování a metoda mikrotunelování. V případě mikrotunelování je nejčastěji nasazován mikrotunelovací bentonitový štít (M-SPB). Volba řešení byla dána následujícími faktory:

- přísné tolerance pro uložení ocelových trubek;
- možný výskyt jak zemin, tak eventuálně tvrdších hornin (toto však nebylo průzkumem prozatím potvrzeno);
- požadavek malých deformací okolního masivu při instalaci;
- možné založení lamel hlouběji než podle dokumentace a riziko kolize pipe-roofingu s patami lamel;
- na opačné straně rampy Svatovítská není možné zřídit stavební jámu pro příjem mikrotunelovacího stroje.

Zmíněné podmínky splňuje výše zmíněná metoda mikrotunelování M-SPB s aktivní podporou čelby pomocí bentonitové suspenze. Z důvodu nemožnosti provedení stavební jámy na opačné straně rampy Svatovítská je navrhováno použít tzv. zatahovací mikrotu-



archiv Herrenknecht AG Herrenknecht AG archive

Obr. 10 a) První možnost zatahovacího mechanismu stroje M-SPB se skloupnou řeznou hlavou b) Druhá možnost zpětného vytahování stroje M-SPB se ztracenou vnější obručí hlavy

Fig. 10 a) Retractable AVN 800 with foldable mixed ground cutterhead b) the second option for retraction by using the lost outer ring of the cutting wheel

However, based on the information obtained, the distance between the bottom of the diaphragm wall and the edge of the excavation should be only 2.1m (see Fig. 8). For that reason, the designer considered several solutions, including injection of grout under the toes of the diaphragm walls. The main disadvantage of the grouting lay in the complications of carrying out the grouting block under the toes of the walls, together with the probably insufficient rigidity/load-bearing capacity during excavation by tunnelling machines. For that reason, the designer chose the solution lying in the installation of steel pipes under the toes of the diaphragm walls, around the future excavation cross-section (the so-called Pipe-Roofing). Steel pipes with the outer diameter of about 1300mm and a variable length are designed for the Pipe-Roofing structure (see Fig. 9). The steel pipes are interlocked with each other by guide locks and will be subsequently filled with concrete. A different support method was chosen for the angular revetment walls stabilising the walls of the cutting. A double-layer canopy tube pre-support is designed under the angular walls. This canopy tube pre-support is designed to ensure the distribution of the EPB TBM support pressure. Thus the maximum support pressure on the face can be designed with respect to the height of the terrain along the cutting stabilised with the angular walls and does not have to be more significantly reduced during the excavation under the angular walls due to the lower overburden.

The following construction procedure is therefore proposed: Concurrently with the pit for the assembly of the EPB TBM, the pit will be carried out in front of the ramp to the Brusnice tunnel in Svatovítská Street. This pit will be braced and will be ca 32m deep. A block of soil reinforced by jet grouting will be carried out on the opposite side of the ramp. The pipe-roofing under the Svatovítská ramp will be subsequently carried out from the completed pit. The excavation will be subsequently carried out under the protection of steel pipes and will be supported by a shotcrete primary lining. After the completion, the excavation will be filled with fly-ash concrete. The pit will be filled with the same fly-ash concrete before the passage of the EPB TBM. The excavation itself will subsequently proceed under the Svatovítská ramp, in the open mode for the left-hand tube and in the closed mode for the right-hand tube.

5.2 Pipe-roofing installation

Two methods come into play for the pipe-roofing construction (installation of steel pipes): the pipe-jacking method and microtunnelling method. In the case of microtunnelling, the microtunnelling slurry shield (M-SPB TBM) is used most frequently. The choice of this solution was given by the following factors:

- strict tolerances for placing the steel pipes;
- possible occurrence of both soils and possibly harder ground (however, this fact has not been confirmed by the survey for the time being);
- the requirement for small deformations of the surrounding massif during installation;
- possible foundation of the lamellae deeper than required by the design documents and the risk of the pipe-roofing collision with the bottom concreted additionally under the lamellae;
- it is not possible to carry out the construction pit for the arrival of the M-SPB TBM on the opposite side of Svatovítská Street.

The above-mentioned conditions are fulfilled by the above-mentioned microtunnelling method M- TBM with active support of the excavation face by bentonite slurry. Because of the impossibility to carry out the construction pit on the opposite side

nelovací bentonitový štít (retractable M-SPB). Tato technologie umožňuje po dosažení požadované pozice v injektážním tělese zatáhnout mikrotunelovací stroj skrze instalovanou ocelovou trubku zpět do jámy, odkud byl vysouván. To je umožněno jedním ze dvou systémů řezné hlavy (obr. 10). V obou případech nechává M-SPB svůj vnější ocelový plášť v masivu.

6 ZÁVĚR

Projektantem vybraná varianta JIH byla i oponentními posudky (Thewes et al., 2020; Brož et al., 2020; Aue et al., 2020) potvrzena jako nejvhodnější trasa pro vedení tunelů pod Střešovicemi. Oponentní posudky poskytly investorovi doporučení do dalších fází přípravy. Výsledky posudků jsou použitelné i u jiných plánovaných dopravních staveb. Projektant nyní dokončuje návrh technického řešení Střešovických tunelů ve variantě JIH v detailu dokumentace pro územní rozhodnutí. V současnosti rovněž probíhá proces hodnocení vlivu stavby na životní prostředí (EIA), na který naváže žádost o územní rozhodnutí. Investor očekává, že nezávislé posudky zvýší akceptaci tunelového řešení mezi veřejností a urychlí proces EIA a územního rozhodnutí. V následné fázi proběhne soutěž na podrobný geotechnický průzkum a tvorbu dokumentace pro stavební povolení a provedení stavby, kde bude možné upřesnit dílčí části projektu. Realizace projektu se očekává v letech 2024–2028.

V článku je uvažován poměrně inovativní způsob provedení stabilizačních opatření pro podcházení rampy Svatovítská, kterému je třeba v další projektové fázi věnovat mimořádnou pozornost.

Autoři příspěvku děkují firmě Herrenknecht AG za poskytnutí fotografií k metodě pipe-roofing.

*Dr.-Ing. ZDENĚK ŽIŽKA, zdenek.zizka@metroprojekt.cz,
Ing. Bc. KAMIL BEDNAŘÍK kamil.bednarik@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT Praha, a. s.,
Bc. MSc. MICHAL FRONĚK, CEng
MICE DIC, Fronek@spravazeleznic.cz,
Správa železnic, s.o.*

Recenzoval Reviewed by: Ing. Michal Gramblička

of the Svatovítská ramp, the application of the retractable M-TBM is proposed. This technique allows for retracting the M-TBM through the installed pipe back to the pit, from which it was pushed out. This is made possible by one of the two cutterhead systems (see Fig. 10). In both cases the M-TBM leaves its external steel shell in the massif.

6 CONCLUSION

The SOUTH variant selected by the designer was confirmed as the most appropriate variant for leading the tunnels under Střešovice by the opponent assessments (Thewes et al., 2020; Brož et al., 2020; Aue et al., 2020). The opponent assessments provided recommendations for the project owner for the next phases of the design preparation. The results of the assessments are applicable even to other planned transportation projects. The designer is currently finishing the proposal for the technical solution for the Střešovické tunnels in the South variant in the detail of documents for the preliminary design stage. The environmental impact assessment (EIA) process is also currently underway, to be followed by the application for a zoning permission. The project owner expects that independent assessments will enhance the acceptance of the tunnelling solution among the public and will accelerate the EIA and zoning decision processes. In the subsequent phase, a competition for detailed geotechnical investigation and creation of the detailed design documents will take place, where it will be possible to specify particular components of the design. The implementation of the project is expected in 2024–2028.

A quite innovative way of application of stabilization measures for passing under the Svatovítská ramp is considered in the article. It is necessary to pay extra attention to it in the next design phase.

The authors of the paper thank the company of Herrenknecht AG for providing photos for the Pipe-Roofing Method.

*Dr.-Ing. ZDENĚK ŽIŽKA, zdenek.zizka@metroprojekt.cz,
Ing. Bc. KAMIL BEDNAŘÍK kamil.bednarik@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT Praha, a. s.,
Bc. MSc. MICHAL FRONĚK, CEng
MICE DIC, Fronek@spravazeleznic.cz,
Správa železnic, s.o.*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] AUE, M. et al. Zhodnocení navržených variant nového propojení železničních stanic Praha-Dejvice a Praha-Veleslavin ve vztahu ke geologické stavbě zájmového území reprezentované vytvořeným koncepčním 3D geologickým modelem. Česká geologická služba, 2020, volně dostupné na <https://www.zeleznice.net/cz/useky/modernizace-trati-praha-vystaviste-praha-veleslavin/>
- [2] BEDNAŘÍK, K. Porovnání variant. Metroprojekt Praha a.s. 2020, dostupné na: <https://www.zeleznice.net/cz/aktuality/prezentace-z-vystoupeni-spravy-zeleznic-na-jednani-zastupitelstva-mc-praha-6/>
- [3] BROŽ, M. Nezávislý posudek vlivu vibrací na zástavbu nad železničním tunelem Praha-Dejvice – Praha-Veleslavin. 2020, dostupné na <https://www.zeleznice.net/cz/useky/modernizace-trati-praha-vystaviste-praha-veleslavin/>
- [4] DOPORUČENÍ DAUB recommendations for selection of tunnelling machines (2010)
- [5] DRAGON, F. et al. Předběžný geotechnický průzkum pro „Modernizace trati Praha-Výstaviště (mimo) – Praha-Veleslavin (mimo)“ – část Geotechnický průzkum ražených tunelů Střešovice. SUDOP PRAHA a.s., srpen 2019
- [6] ESKESEN, S. D. et al. ITA/AITES Accredited Material Guidelines for tunnelling risk management: International Tunnelling Association, Working Group No. 2. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 19 (2004), pp 217–237
- [7] CHMELÁŘ, R. et al. Předběžný geotechnický průzkum pro „Modernizace trati Praha-Výstaviště (mimo) – Praha-Veleslavin (mimo)“ – část Geotechnický průzkum ražených tunelů Střešovice. PUDIS a.s., březen 2019
- [8] PASTRŇÁK, V. Výstavba stanice Bořislavka na prodloužení metra V.A. *Tunnel*, 2013, 22, č. 4, pp 8–18
- [9] Ril 853 DEUTSCHE BAHN AG: Richtlinie Eisenbahntunnel planen, bauen und instandhalten, 2018
- [10] THEWES, M. et al. Expert assessment – Assessment of Alignment Variants, 2020, dostupné na <https://www.zeleznice.net/cz/useky/modernizace-trati-praha-vystaviste-praha-veleslavin/>

APLIKACE METODIKY BIM NA PROJEKTU PRAŽSKÉHO METRA D APPLICATION OF BIM METHODOLOGY TO PRAGUE METRO LINE D PROJECT

JIŘÍ PLATIL, PETR ŽENÍŠEK

ABSTRAKT

Článek popisuje využití metody Building Information Modelling (dále jen BIM) při tvorbě informačních modelů aktuálně zpracovávaných stanic na projektu pražského metra D – hluboké ražené stanice Nové Dvory a hloubené stanice Nemocnice Krč. Zaměřuje se na popis aktuálně řešeného úseku připravované linky D, především konstrukčního řešení obou stanic. Uvádí zvolenou projekční platformu pro tvorbu jednotlivých informačních modelů a strukturu modelu jako celku. Poté se zaměřuje na podrobnější popis obou stavebních modelů, modelů profesních a modelu koordinačního. Druhá polovina článku se soustředí především na standardizaci a datovou náplň modelů. Nastiňuje možnosti využití informačního modelu, zpracování projektové dokumentace a práci s informacemi v modelech – tvorba soupisů prací, výkazů prvků a rozpočtů.

ABSTRACT

The paper describes the use of the Building Information Modelling (hereinafter referred to as BIM) method in the development of information models for the stations of the Prague metro D line currently under design – Nové Dvory deep mined station and Nemocnice Krč cut-and-cover station. It is focused on the description of the section of the Line D which is currently being prepared, mainly the construction design for both stations. It introduces the designing platform selected for the development of individual information models and the structure of the model as a whole. It then focuses on a more detailed description of both construction models, i.e. models for finishing works and the coordination model. The second half of the paper is first of all concentrated on standardisation and the data content of models. It outlines the possibilities of the use of the information model, processing of design documents and the work with information in the models – the development of lists of works, schedules of elements and budgets.

ÚVOD

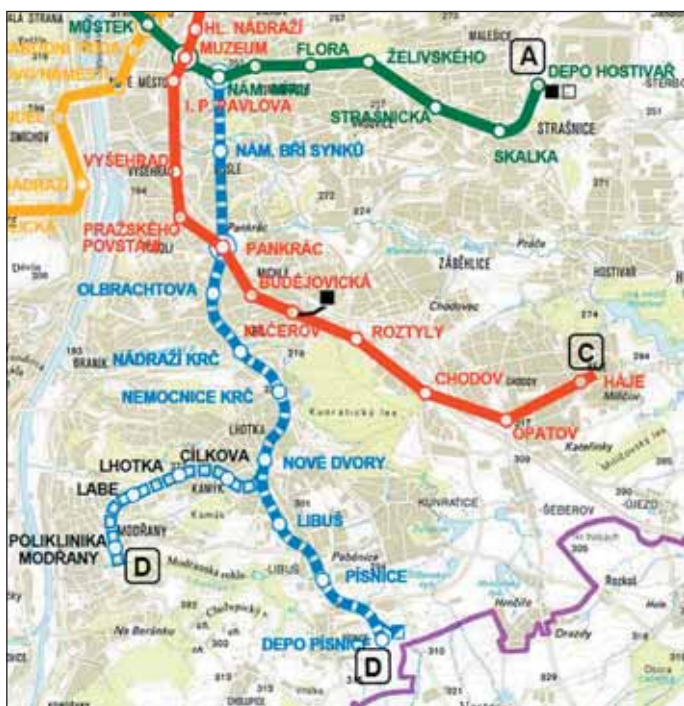
Počátkem roku 2018 došlo k zahájení projektových prací ve stupni PDPS (projektová dokumentace pro provedení stavby) na provozním úseku I.D1 trasy D pražského metra (obr. 1). Investorem stavby je Dopravní podnik hl. m. Prahy a autorem návrhu trasy a zpracovatelem projektové dokumentace METROPROJEKT Praha a.s. Tento první provozní úsek I.D1 trasy D, který obsahuje

INTRODUCTION

The work on the detailed design for the operating section I.D1 of the Prague metro Line D (see Fig. 1) commenced at the beginning of 2018. Dopravní podnik hl. m. Prahy (the Prague Public Transit Company Inc.) is the project owner and METROPROJEKT Praha a.s. is the author of the design for the route alignment and author of the design documents. The first operating section containing five stations, including the rail link to the existing Prague metro Line C at Pankrác station, is the basic phase of the development of the new Prague metro line. In 2018, the designing work was focused on the first two stations of this section – Pankrác D station and Olbrachtova station – the so-called I.D1a section. The work on the I.D1b section, comprising Nádraží Krč, Nemocnice Krč and Nové Dvory stations, commenced in 2019 and continued even year 2020. The BIM method has been used in the development of design documents for all stations since the beginning. The current designing work activities on Nové Dvory and Nemocnice Krč stations are dealt with in more detail in other parts of this paper.

Structural solution for Nové Dvory station

The Nové Dvory station is located in the space of the intersection between Libušská and Durychova Streets (see Fig. 2). It is a mined, single-span structure with an 11.9m wide and 100m long intermediate platform. The station cross-sections are designed for excavation using the NATM technique. The station is accessible from three concourses, the northern, southern and the lift concourse, which is located directly above the middle of the station. At the northern end of the station, the platform is connected to the escalator tunnel housing a bank of three escalators, exiting in the northern concourse. In the middle of the station, there is the lift shaft with a pair of evacuation lifts,



Obr. 1 Celkové schéma trasy D
Fig. 1 General layout of the Line D



Obr. 2 Situace stanice Nové Dvory
Fig. 2 Plan of Nové Dvory station

pět stanic včetně kolejového napojení na stávající linku pražského metra C ve stanici Pankrác C, je základní fází výstavby nové linky pražského metra. V roce 2018 byly projektové práce zaměřeny na první dvě stanice tohoto úseku – stanici Pankrác D a stanici Olbrachtova – tzv. úsek I.D1a. V roce 2019 byly započaty práce na části I.D1b, zahrnující stanice Nádraží Krč, Nemocnice Krč a Nové Dvory, které pokračovaly i v roce 2020. Při tvorbě projektové dokumentace je od počátku na všech stanicích využívána metoda BIM. V dalších částech tohoto příspěvku je podrobněji sledována aktuálně probíhající projektová činnost na stanicích Nové Dvory a Nemocnice Krč.

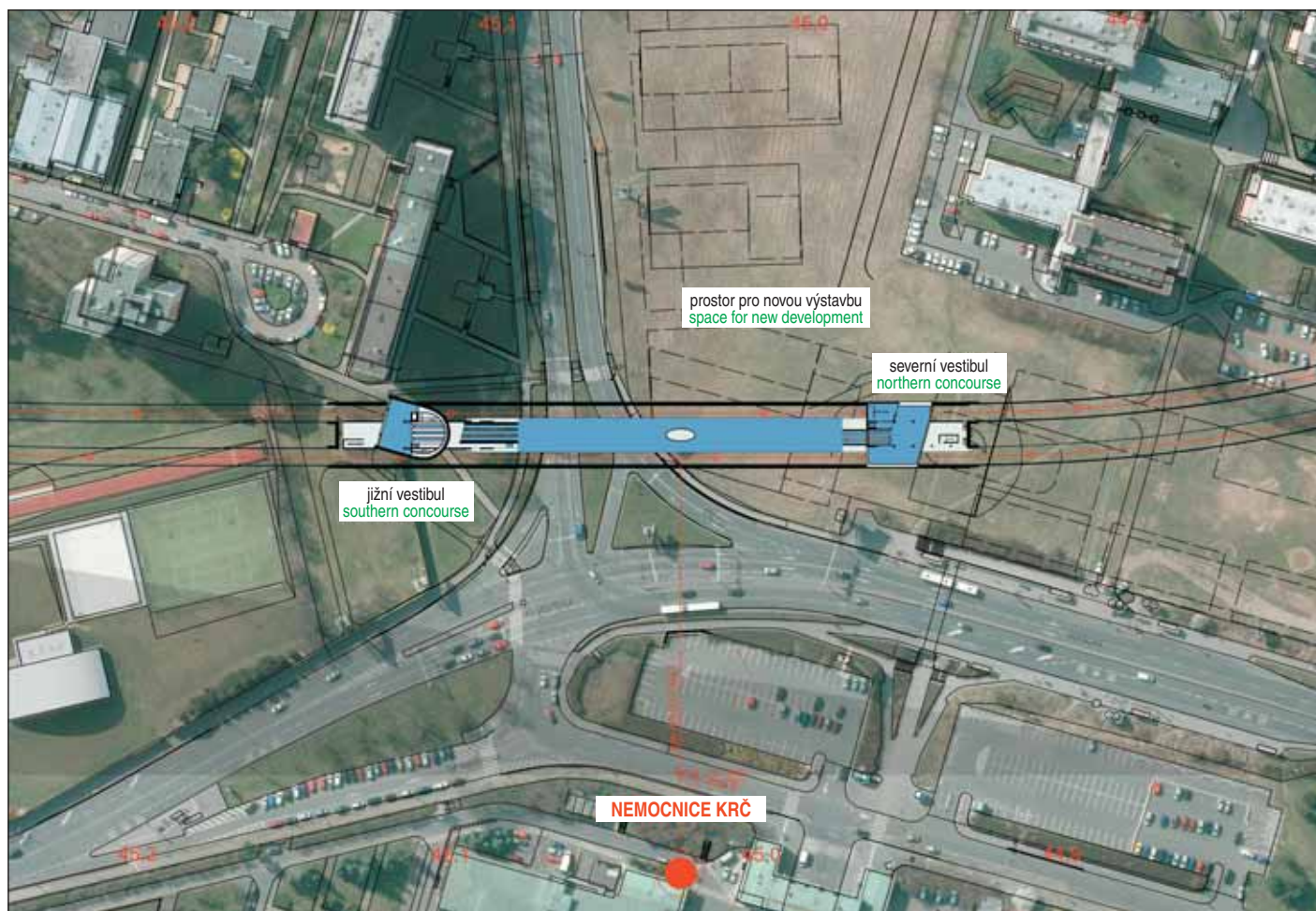
Stavební řešení stanice Nové Dvory

V prostoru křížení ulic Libušská a Durychova je umístěna stanice Nové Dvory (obr. 2). Stanice je ražená, jednolodní s ostrovním nástupištěm šířky 11,9 m a délky 100 m. Profily stanice jsou navrženy pro realizaci ražeb technologií NRTM. Stanice je přístupná ze tří vestibulů, severního, jižního a výtahového vestibulu, který se nachází přímo nad středem stanice. Na severním konci stanice je nástupiště napojeno na eskalátorový tunel s trojicí eskalátorů, vedoucí do severního vestibulu. Ve středu stanice je výtahová šachta s dvojicí evakuačních výtahů, zpřístupňující výtahový vestibul. Na jižním konci nástupiště přechází jednolodní ražená stanice do neveřejné technologické části. V tomto místě je napojen do profilu stanice jižní eskalátorový tunel, ústící na povrch do jižního vestibulu. Celý objekt stanice včetně vestibulů je umístěn do sedmi úrovní.

providing access to the lift concourse. At the southern end of the platform, the one-vault mined station passes to non-public service part. In this location, the southern escalator tunnel, exiting on the surface to the southern concourse, links to the station profile.

Structural solution for Nemocnice Krč station

The Nemocnice Krč station is located in the space of the intersection between Vídeňská and Zálesí Streets (see Fig. 3). It is designed as a cut-and-cover structure with an 11.0m wide and 100m long intermediate platform, from which vertical routes lead from both to the southern concourse and the northern concourse. The space over the station is used for installations of the technical hinterland. The northern concourse is designed as a structure sunk down to the level of the future subsurface arcade for future developers. The vertical way from the station is provided by a combination of a bank of three escalators and a lift. Developers' partner with an arcade connecting the hospital and the exit from metro via a subway under Vídeňská Street is linked to the northern concourse. The southern concourse is located in a relatively constricted space behind Zálesí Street. The concourse is designed as a surface structure with technical background in the basement underneath. It is also connected with the station by a bank of three escalators and an inclined lift. The station is designed as a cut-and-cover "hall" with no pillars in the platform space. The station has seven levels in total.



Obr. 3 Situace stanice Nemocnice Krč

Fig. 3 Plan of Nemocnice Krč station

Stavební řešení stanice Nemocnice Krč

Stanice Nemocnice Krč je umístěna v prostoru křížení ulic Vídeňská a Zálesí (obr. 3). Je navržena jako hloubená s ostrovním nástupištěm šířky 11,0 m a délky 100 m, ze kterého vedou vertikální komunikace na obou koncích, jak do jižního vestibulu, tak i do severního vestibulu. Nadloží stanice je využito pro umístění technologického zázemí. Severní vestibul je navržen jako zahlušený na úroveň pasáže budoucí developerské výstavby. Vertikální cestu ze stanice zajišťuje kombinace trojice eskalátorů a výtahu. Na severní vestibul navazuje parter zástavby developera s obchodní pasáží, spojující nemocnici a výstup z metra přes podchod pod ulicí Vídeňská. Jižní vestibul se nachází v poměrně sevřeném prostoru za ulicí Zálesí. Vestibul je navržen jako povrchový s technologickým zázemím v suterénu pod ním a se stanicí je taktéž propojen prostřednictvím trojice eskalátorů a šikmého výtahu. Stanice je řešena jako hloubená „hala“ bez sloupů v prostoru nástupiště. Stanice má celkem sedm úrovní.

INFORMAČNÍ MODEL

Použitý software

Při tvorbě projektové dokumentace je od počátku využíváno metody BIM. Je tedy tvořen 3D model reprezentující stavbu, který je zároveň v průběhu projektování plněn informacemi a následně je z něho generována výkresová dokumentace a podklady pro další návazné činnosti. Jako základní platforma pro tvorbu informačních modelů, práci s nimi a tvorbu projektové dokumentace byly zvoleny nástroje platformy Autodesk. Primárním nástrojem pro tvorbu informačních modelů se tak stal program Autodesk Revit, Civil

INFORMATION MODEL

Software used

The BIM method has been used in the creation of design documents from the beginning. It means that a 3D model representing the construction is being developed. It is at the same time filled with information during the designing process and drawings and source documents for other associated activities are generated from it. The Autodesk tools were chosen as the basic platform for developing information models, working with them and creating design documents. The Autodesk Revit platform became the primary tool for developing information models, whilst the Civil 3D program became the basis for the creation of surfaces and geometry rails, including trackbed concrete and other elements. For example, the Naviswork or Dynamo programs were also used. The classic AutoCAD proved to be suitable for the preparation of data and various 3D control lines and curves for further use in the Autodesk Revit program. With respect to atypical requirements during the development of information models which cannot be solved by standard tools of the above-mentioned programs, several own aids were added to the programs in several cases. These are mainly the aids facilitating the creation of lists of works and schedules, or for example the robust aid for designers for ventilation, which can join and work with all ventilation elements, regardless of their categories, and create schedules from them directly in the Revit environment, which are, in addition, editable directly in the program environment.

3D pak pro tvorbu povrchů a geometrie kolejí včetně kolejových betonů a dalších prvků. Dále byly použity například programy Navisworks nebo Dynamo. Pro přípravu podkladů a různých 3D řídicích linií a křivek pro další využití v Revitu se osvědčil klasický AutoCad. Vzhledem k atypickým požadavkům během vytváření informačních modelů, které není možné řešit standardními nástroji výše uvedených programů, bylo v několika případech doprogramováno několik vlastních pomůcek. Jedná se především o pomůcky, které usnadňují tvorbu soupisů prací a výkazů, nebo například robustní pomůcka pro zpracovatele vzduchotechniky (VZT), která dokáže sdružit a pracovat se všemi VZT prvky, neohledně na jejich kategorie, a vytvářet z nich výkazy přímo v prostředí Revitu, které jsou navíc živě editovatelné přímo v prostředí programu.

Struktura informačního modelu

Struktura informačního modelu vychází ze zažitých postupů z již hotových stanic předcházející etapy, stanic Pankrác D a Olbrachtova. Jednotlivé stanice se skládají z dílčích modelů, které jsou děleny po profesních částech. Na projektu jsou využívány takzvané centrální modely, které umožňují práci několika uživatelů najednou a mezi kterými jsou sjednoceny souřadnicové a výškové systémy (S-JTSK, Bpv). Stavební modely a modely profesní jsou mezi sebou živě propojeny. Pro zajištění vnitřních koordinací byly vytvořeny koordinační modely, do kterých byly načteny jednotlivé modely stavby a jednotlivé profesní modely. Tyto modely byly mezi sebou propojeny, čímž se vytvořil celkový koordinační model stavby.

Informační model stanice Nové Dvory

Stanice Nové Dvory je geometricky velice složitá. Stanice je ražená, což vytváří profil složený z oblých tvarů podél celé osy stanice, který zároveň není konstantní, ale po ose stanice značně proměnný. Nástupiště má 0,3% spád a celý profil stanice tento spád kopíruje. Do hlavní hmoty stanice dále vstupují šikmé ražené eskalátorové tunely. Dva ze tří vestibulů jsou eliptické, přičemž třetí je lichoběžníkového tvaru (obr. 4). Všechny tyto okolnosti způsobují řadu problémů, které je potřeba v průběhu modelování řešit. Větší-

Information model structure

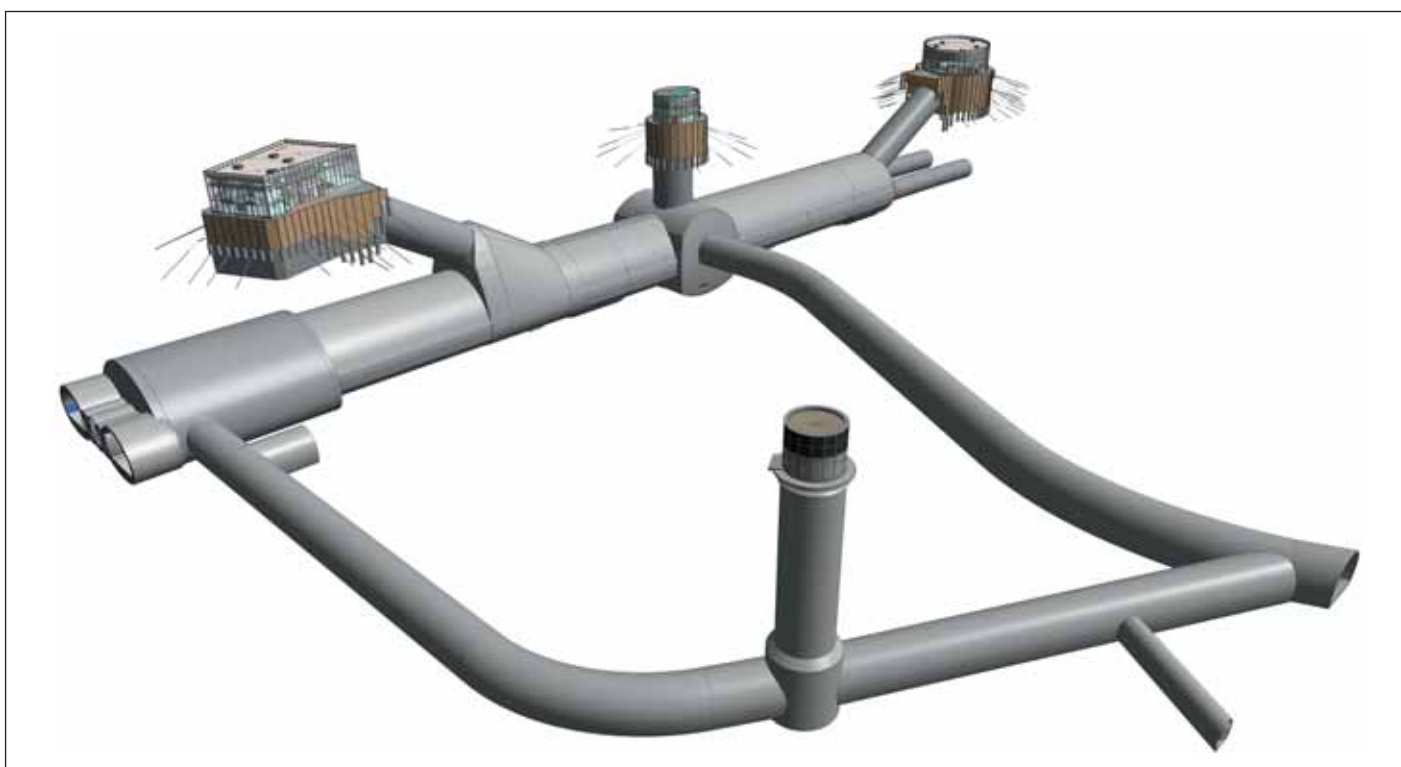
The structure of the information model is based on established practices gained from the already finished stations of the previous stage, the Pankrác D and Olbrachtova stations. Individual stations consist of partial models, which are divided into profession-based parts. The so-called central models allowing for concurrent work of several users, amongst whom the coordinate and vertical reference systems (Uniform Trigonometric Cadastral, Bpv) are united. There are live connections between the construction models and profession-based models. Coordination models were developed for securing internal coordination; individual construction models and profession-based models were read in them. The models were interconnected, thus a general co-ordination model was created.

Information model of Nové Dvory station

The Nové Dvory station is very complex in terms of the geometry. The station is a mined structure, which fact creates a profile, which at the same time is not constant, consisting of round shapes along the station centre line; it is significantly variable along the centre line. The platform is at 0.3% gradient and the whole station profile copies it. Inclined mined escalator tunnels also enter the main mass of the station. Two of the three concourses are elliptic, whilst the shape of the third one is trapezoidal (see Fig. 4). All of the circumstances cause numerous problems which have to be solved during the modelling process. The majority of load-bearing structures are therefore modelled in a non-standard way using general modelling tools; pre-set categories of the Revit elements are not used. These categories are exported either to the AutoCad or Civil 3D and subsequently are incorporated into the Revit. In terms of modelling, they are mostly general drawn elements for the 3D trajectory.

Information model of Nemocnice Krč station

Taking into consideration the fact that it is a cut-and-cover station, the manner of modelling individual structures is more "amiable" for users and closer to the Revit modelling tools. It is essential here to position the station along the 3D curves of the



Obr. 4 Informační model stanice Nové Dvory

Fig. 4 Information model of Nové Dvory station

na nosných konstrukciách je tak modelovaná nestandardne obecnými modelovacími nástrojmi a není tak využíváno přednastavených kategorií prvků Revitu. Tyto trajektorie jsou exportovány buď z AutoCadu, nebo Civilu 3D a následně vloženy do Revitu. Modelářsky se tak jedná převážně o tažené obecné prvky pro 3D trajektorii.

Informační model stanice Nemocnice Krč

Vzhledem k tomu, že se jedná o hloubenou stanici, je způsob modelování jednotlivých konstrukcí uživatelsky „přívětivější“ a modelovacím nástrojům Revitu bližší. Zde je zásadní usazení stanice podle 3D křivek kolejí, vytvoření základové desky a desky nástupiště, které jsou ve spádu kopírujícího geometrii kolejí a které jsou v severozápadní části stanice v oblouku (obr. 5). Po vymodelování těchto konstrukcí, které určují geometrii modelu stanice, je převážná většina navazujících konstrukcí geometricky jednodušší a je z převážné většiny tvořena standardními modelovacími nástroji Revitu.

Pro obě stanice je zde třeba poznamenat, že program Revit není příliš vhodným nástrojem pro vytváření takto složitých geometrií v projektu požadované podrobnosti. Revit je primárně určen k modelování pozemních staveb. Stavby podzemních stanic kombinují vybavenost a značnou podobnost se stavbami pozemními. Zde je možné Revit naplno využít. Geometricky jsou však značně složitější. V obou modelech tak bylo nutné řešit řadu problémů. Největším problémem z hlediska modelování je značné množství konstrukcí, které jsou ve spádu a v oblouku (vlastní tunelové konstrukce, stropní desky, nástupiště a prvky na něm, podlahy, podhledy, atd.). Na toto navazuje tvorba podlaží (na která jsou všechny prvky vázány), která jsou v Revitu možná tvořit pouze vodorovná, i přestože podlahy a stropy vodorovné nejsou. Dále pak navazuje na podlaží umístované místnosti a profesní objemy prostorů, které Revit dokáže tvořit geometricky pouze jako kvádry. Toto je v oblém řezu tunelu značně omezující, kdy nastává buď situace, že prostor z tunelu vystupuje, nebo nedosahuje až do stropu. Toto je nastínění jen několika málo problémů vznikajících ze složité geometrie obou stanic.

Tvorba profesních modelů

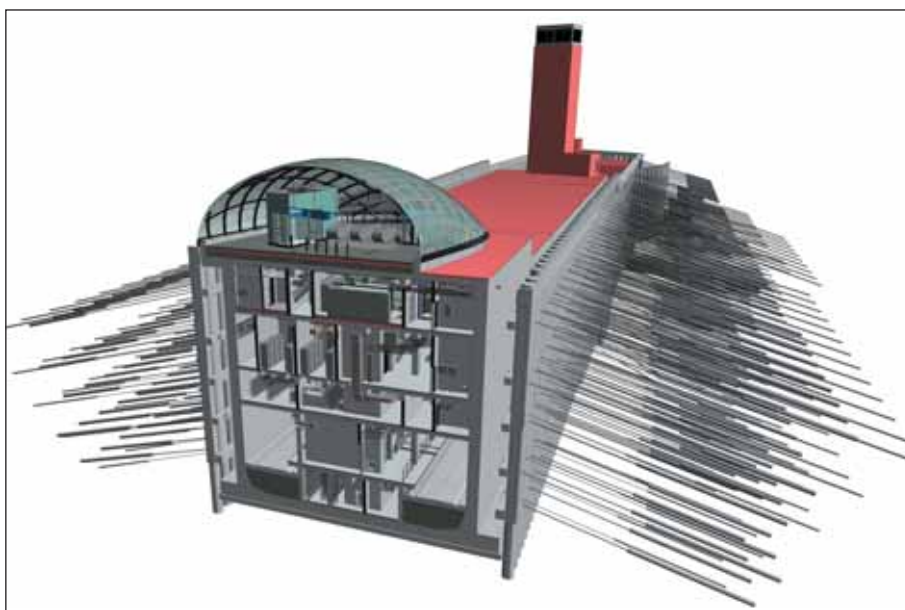
Z hlediska struktury celého modelu jsou jednotlivé profese tvořeny v samostatných modelech. Profesní prvky jsou vytvářeny standardními modelovacími nástroji za použití osvědčených postupů modelování. Vzhledem ke zkušenostem s tvorbou BIM modelů profesí na předchozích stanicích a obdobných projektech je možné říci, že při tvorbě profesních modelů nevznikají větší problémy. Během projektových

tracks and create the base slab and platform slab, which are on a gradient copying the track geometry and are on a curve in the north-western part of the station (see Fig. 5). After the completion of modelling these structures determining the geometry of the station model, the majority of the linking structures are geometrically simpler and are mostly created using standard Revit modelling tools.

It should be noted for both stations that Revit is not a very suitable tool for creating such complex geometries in the detail required by the design. Revit is primarily designed for modelling ground structures. Construction projects for underground stations combine amenities and the significant similarity with underground structures. Here it is possible to fully use the Revit. However, they are much more complex in terms of geometry. It was therefore necessary to solve numerous problems in both models. The biggest problem in terms of modelling is the great number of structures which are on a gradient and on a curve (tunnel structures themselves, roof slabs, platforms, suspended ceilings etc.). There are also problems regarding the following creation of levels (to which all elements are bound), which can be created in Revit only as horizontal structures, despite the fact that the floors and ceilings are not horizontal. Problems are also connected with the rooms placed on the floor and the profession-based volumes of the spaces, which can be created, in terms of geometry, only as blocks. This is a highly limiting problem of the tunnel cross-section, where a situation occurs that the space either exits from the tunnel or does not reach up to the ceiling. This outlines only a few problems arising from the complex geometry of both stations.

Development of profession-related models

In terms of the structure of the whole model, individual professions are formed in separate models. Profession-based elements are formed using standard modelling tools, keeping to best modelling procedures. With respect to the experience with the development of profession-based BIM models at previous stations and similar projects, it is possible to say that there are no major problems in developing profession-based models. During the course of designing, the work is aimed mainly at increasing the efficiency of the work and currently also at the interconnection of individual professions with each other as far as the transfer of data and source documents is concerned. One of the problems being solved was the transfer of documents to the electrical profession from the other professions which need their equipment to be electrically powered. The assignment of shared parameters for facilities in professional models proved to be useful. Using these parameters, it is possible to enter a request for each facility whether it is or is not to be powered. It is possible to work further with the information directly in the profession-based model of heavy current electricity on the basis of filters, where only the elements requiring powering are displayed. Using your own programmed tools, it is possible to report these elements from the connected models, search according to their ID and further work with them. The creation of a direct connection between the elements in the connected models and monitoring of its



Obr. 5 Informační model stanice Nemocnice Krč
Fig. 5 Information model of Nemocnice Krč station

prací je tedy cíleno převážně na zefektivnění práce a aktuálně také na propojení jednotlivých profesí mezi sebou, co se předávání dat a podkladů týče. Jedním z řešených problémů bylo předávání podkladů směrem k profesi elektro od ostatních profesí, které potřebují, aby byla jejich zařízení elektricky napájena. Jako využitelné se osvědčilo přiřazení sdílených parametrů pro zařízení v profesních modelech. Těmito parametry je možné u každého zařízení zadat požadavek, zda zařízení napájet, či ne. Přímou v profesním modelu silnoproudé elektro s těmito informacemi je možno dále pracovat, a to na základě filtrů, kdy se v modelu zobrazují jen prvky, které mají být napájeny. Pomocí vlastní naprogramované pomůcky je možné tyto prvky z připojených modelů vykazovat, vyhledávat podle jejich ID (identifikace prvku) a dále s nimi pracovat. Dalším zamýšleným krokem v budoucnu je vytvoření přímé vazby mezi prvky v připojených modelech a hlídání její změny tak, aby byly modely obousměrně živě propojeny.

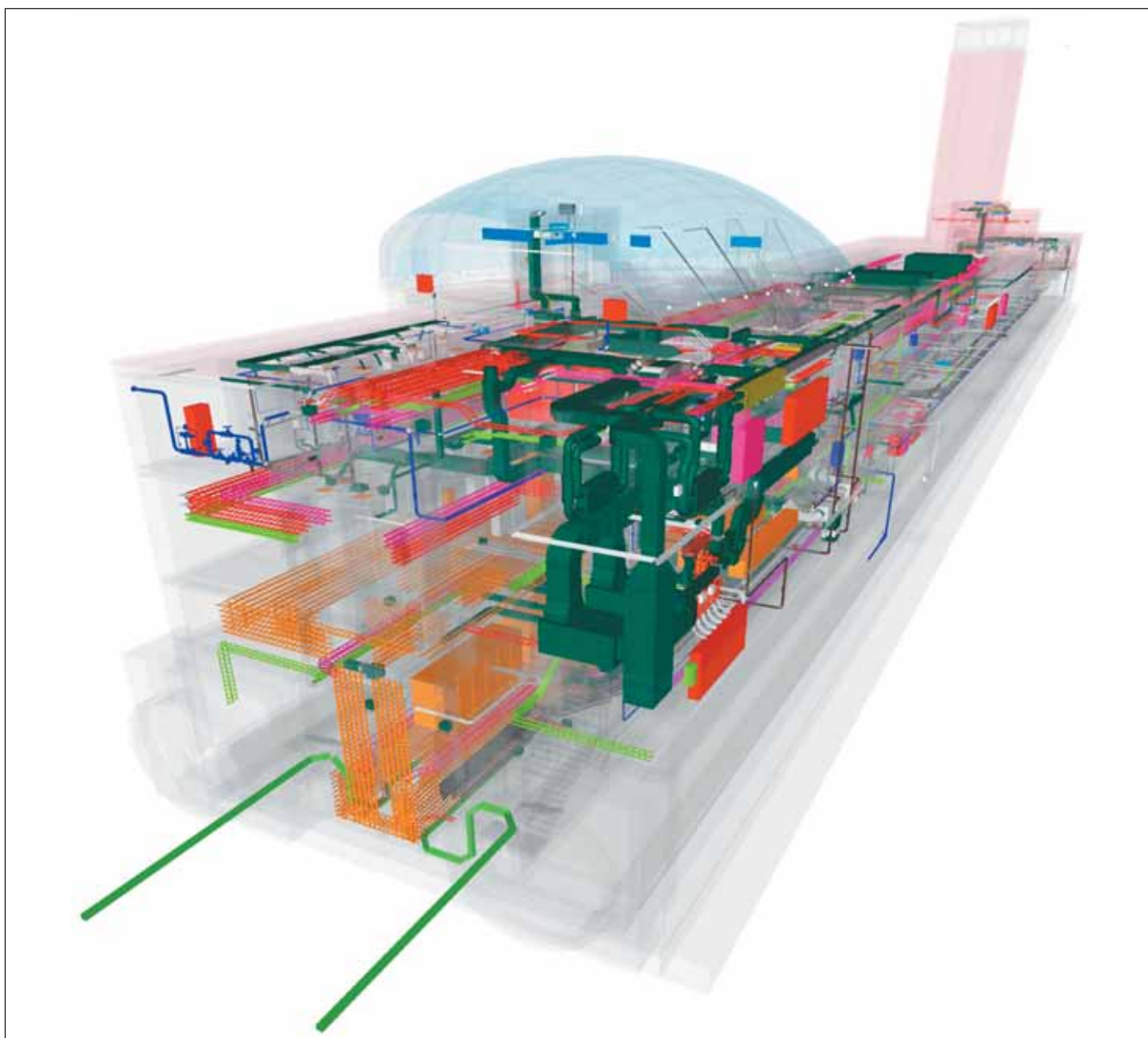
Koordinace stavby

K vlastní koordinaci stavby jsou využívány programy Revit a Navisworks. Každá ze stanic má vlastní koordinační model, jehož základním kamenem je model stavby, ve kterém jsou připojené vnitřní

changes so that the models are live-connected in both directions. Another intended step in the future is to create direct link between elements in the connected models and to monitor its changes so that the models are live-connected in both directions.

Construction coordination

The construction is coordinated using the Revit and Navisworks programs. Each of the stations has its own coordination model, the cornerstone of which is the construction model, where internal professions and the possible linking objects are connected (a construction pit, terrain, ...). In the first phases of the design, in which there are not many internal networks in the model, the main routes are determined and complex coordination nodes are tipped, the Revit program is fully satisfactory for coordination. The indisputable advantage of developing a coordination model in Revit is also the fact that it is possible to easily create "classic" 2D outputs in the later stages of the design, adding the 3D views of complex coordination nodes to the coordination drawings. A demand for resolution of collisions more effective than the very



Obr. 6 Koordinační model stanice Nemocnice Krč
Fig. 6 Coordination model of Nemocnice Krč station

profese, případně navazující objekty (stavební jáma, terén, ...). V prvních fázích projektu, ve kterých není v modelu mnoho vnitřních sítí a jsou určeny hlavní trasy a vytipovávány složité koordinační uzly, je program Revit pro koordinaci plně dostačující. Nespornou výhodou vytvoření koordinačního modelu v Revitu je také to, že je v něm možné v pozdějších fázích projektu jednoduše vytvářet „klasické“ 2D výstupy, kterými jsou koordinační výkresy doplněné o 3D náhledy na složité koordinační uzly. S přibývajícím návrhy dalších sítí, zařízení a instalací pak vzniká požadavek na efektivnější řešení kolizí, než je značně omezená koordinace základními nástroji Revitu. V této fázi projektu je vytvořen koordinační model v programu Navisworks (obr. 6). Modely jsou se svým nastavením převzaty do programu Navisworks, kde je z nich složen celkový koordinační model. Modely z Revitu jsou zde připojeny „živě“ a jsou tedy stále aktuální. V Navisworks jsou nastaveny filtry a podmínky, které řeší zobrazení a viditelnost připojených modelů. Dále jsou zde připraveny kolizní testy, které v první fázi řeší kolize v rámci jednotlivých připojených modelů. V první fázi jsou tedy zjišťovány kolize uvnitř každého modelu a tyto kolize jsou dále řešeny, aby byl každý samostatný profesní model zbaven zásadních kolizí. Následně jsou vytvořeny kolizní testy všech modelů mezi sebou a hledají se kolize mezi profesemi. Testy jsou exportovány a odeslány příslušným profesím k řešení. Po vyřešení se postup opakuje. Nespornou výhodou je to, že je možné všechna nastavení včetně připravených kolizních testů z Navisworks exportovat a využít je napříč jednotlivými stanicemi. Je pouze nutné dodržet stejnou strukturu vstupních dat.

Standardizace, datová náplň modelů

Standardizace na tomto projektu má dvě úrovně. Tou první je nutnost zefektivnění tvorby projektové dokumentace a sjednocení její podoby napříč všemi stanicemi, kdy každou ze stanic zpracovává jiný projekční tým. Již před započatím tvorby jednotlivých modelů a navazující projektové dokumentace byly připraveny interní manuály, které popisují strukturu jednotlivých modelů, postup jejich tvorby, používané nástroje pro modelování daných typů konstrukcí atd. Dále byly připraveny vzorové projekty, které obsahují všechny 2D komponenty, které jsou umístěné na výkresech. Jedná se o legendy, popisy materiálů, popisové bubliny, texty, atd., které se opakují na všech výkresech na všech stanicích. Všechny tyto prvky jsou tedy dostupné centrálně z jednoho zdroje a jednotlivé výkresy dokumentace jsou napříč celým projektem totožné (obdobu interních firemních knihoven a nastavení v CAD softwarech). Druhou úrovní standardizace, která s první úzce souvisí, je standardizace datové náplně prvků v modelu. Jedná se o v dnešních dnech stále více zmiňovaný datový standard. Tak aby bylo možné s jednotlivými prvky (stěny, podlahy, zařizovací předměty, ...) v modelu datově pracovat, je nutné, aby tyto prvky měly jasně dané označení a informační náplň. Toto bylo na projektu vyřešeno tak, že byla vytvořena společná knihovna prvků, která obsahuje všechny použité prvky ve všech modelech. Pokud tedy projektant pracuje ve svém modelu, nevytváří nové druhy prvků (např. zábradlí, stěny, podlahy atd. daných parametrů), ale tyto prvky si stahuje z knihovny. Pokud prvek v knihovně není, tak je vznesen požadavek na jeho vytvoření, a tedy i zařazení do databáze. Tomuto prvku je přidělen jednoznačný kód označení a jsou mu předvyplněny jeho vlastnosti s ohledem na požadavky výkazů prvků a kubatur. Zde je třeba podotknout, že pro další strojovou práci s prvky je jednoznačné databázové značení prvků zcela zásadní. Umožňuje daný prvek modelu vyhledat na základě jeho označení a data v něm použít pro další práci. Je tak možné obejít značnou nevýhodu Revitu, kterou je třídění prvků po kategoriích. To neumožňuje jednoduché vykazování prvků v jedné tabulce, pokud jsou vytvořeny napříč více kategoriemi. Ve vazbě na výše zmíněný model stanice Nové Dvory, který je z velké části tvořen nestandardními nástroji, zde dochází k jasnému zařazení i nesystémově vytvořených prvků.

limited coordination using the basic Revit tools originates with the increasing quantity of designs for other networks, facilities, installation devices and installations. In this designing phase, the coordination model is being developed in the Navisworks program (see Fig. 6). The models, together with their settings, are transferred to Navisworks program, where the overall co-ordination model is assembled from them. Here the models from Revit are connected “live”, therefore they are permanently updated. Filters and conditions solving the displaying and visibility of the connected models are set in Naviswork. Furthermore, collision tests are prepared here, which in the first phase resolve collisions existing within the framework of individual connected models. In the first phase, collisions within each model are identified and are further resolved so that each separate profession-based model is free from major collisions. Subsequently, tests of collisions of all models with each other are created and collisions between professions are sought. The tests are exported and sent to the relevant professions to be resolved. When they are resolved, the procedure is repeated. The undeniable advantage is that it is possible to export all settings from Navisworks, including prepared collision tests, and use them across individual stations. It is only necessary to adhere to the same structure of the input data.

Standardisation, data content of models

Standardisation on this project has two levels. The first is the necessity for streamlining the process of development of design documents and unification of its form across all stations, where each station is worked on by a different designing team. Even before the start of the process of creation of individual models and subsequent design documents, internal manuals describing the structure of individual models, the procedure of their creation, the tools used for modelling the particular types of structures, etc. were prepared. Furthermore, sample designs containing all 2D components found in drawings were prepared. These are legends, descriptions of materials, description bubbles, texts etc. repeated in all drawings at all stations. All these elements are therefore accessible centrally from one source and individual drawings of documents are identical across the whole design (analogy with internal company libraries and the setting in CAD software programs). The second standardisation level closely related to the first one is the standardisation of the data content of elements in the model. This is so-called data standard which is more and more frequently mentioned these days. In order to allow for working with the data of individual elements (walls, floors, sanitary appliances etc.), it is necessary that these elements have a clearly defined designation and information content. This was solved in the design by creating a common library of elements, which contains all the elements used in all models. Therefore, if the designer works within his model, he does not create new types of elements (e.g. railings, walls, floors etc. with the given parameters). He downloads these elements from the library. If the element is not in the library, a request is made for its creation, thus also for its incorporation into the database. The element is assigned a unique designation code and its properties are pre-filled with regard to the requirements for element registers and volumes. Here it should be noted that the unambiguous database marking of elements is absolutely essential for further machine work with elements. It allows for searching for the particular element in the model on the basis of its denomination and using the data contained in it for further work. In this way it is possible to bypass a significant disadvantage of the Revit program, which

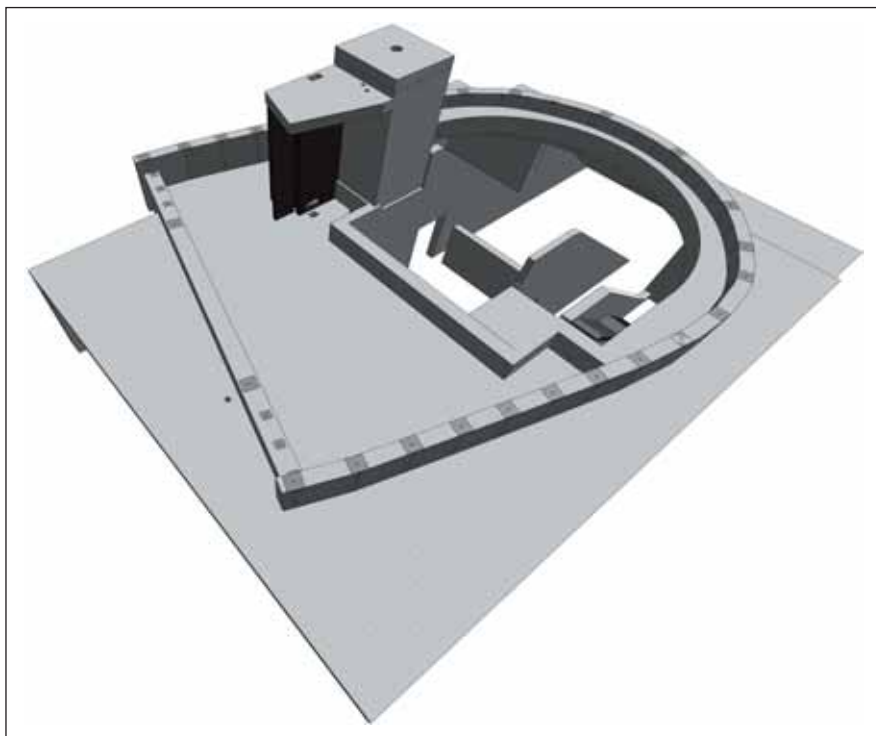
Využití informačního modelu

Kvalitně zpracovaný informační model má mnoho využití. Co se projekčních prací týče, je model maximálně využíván jak po stránce geometrické, tak po stránce informační. Model je dále možné vyexportovat do několika formátů. Ať už se jedná o IFC formát, který je využitelný napříč pracovními nástroji, nebo například formát fbx, který je využíván grafickými editory pro tvorbu

is the categorisation of the elements. It does not allow for simple recording of elements in one table in case they are not created across more categories. In connection with the above-mentioned model of the Nové Dvory station, which is largely developed using non-standard tools, there are non-systematically created elements clearly categorised there.

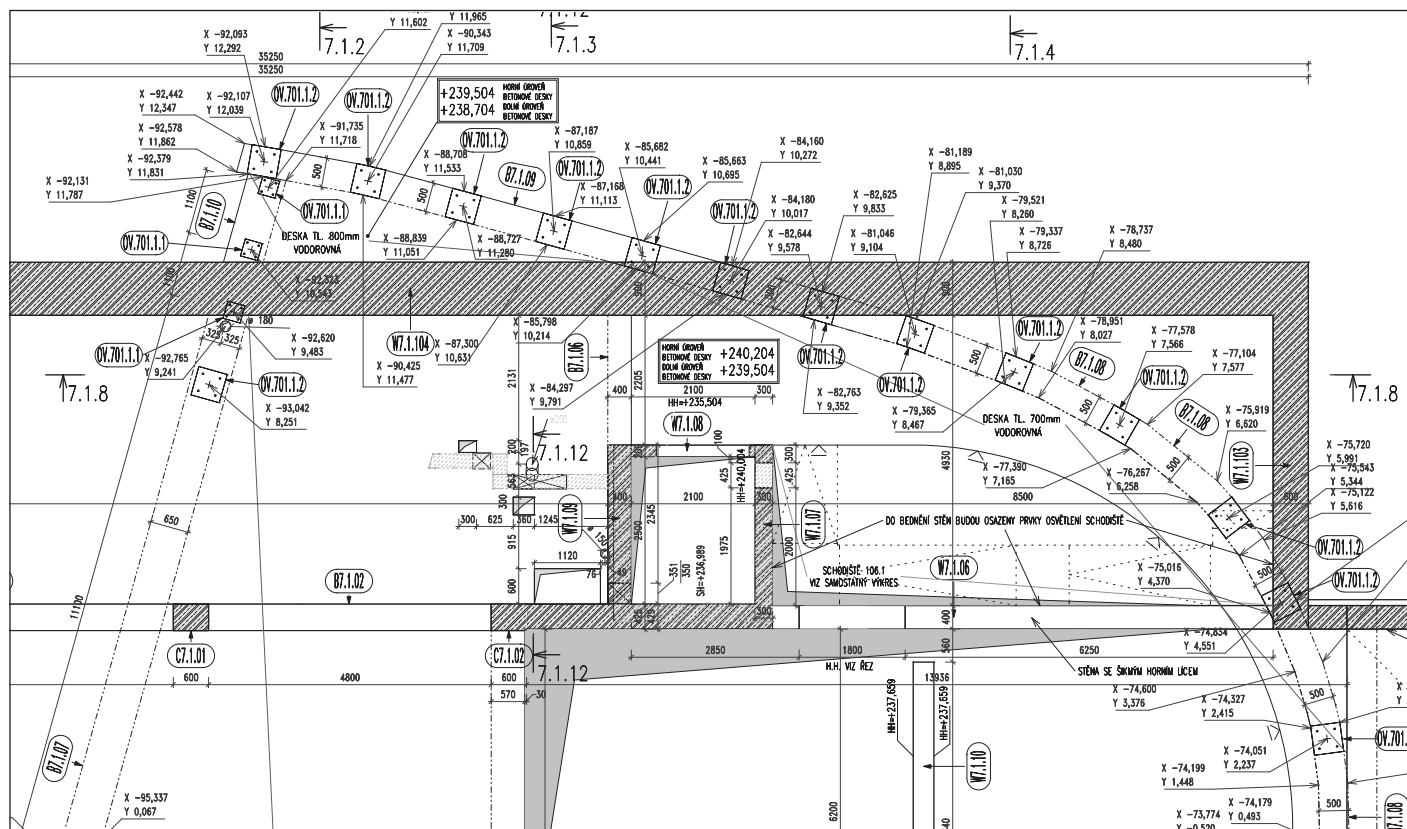
Information model use

A well-developed information model has many uses. As far as design work is concerned, the model is maximally used both in terms of geometry and in terms of information. The model can, in addition, be exported into several formats, no matter whether it is an IFC format which can be used across work tools, or for example, the fbx format, which is used by graphic editors for the creation of visualizations. The author of the visualization is therefore not forced to create a 3D model for visualizations repeatedly only for himself, but uses the geometry already created. Another example is the use of a 3D model in solving the acoustics and lighting. The model is used in the same way in the case of an art competition, where it serves as grounds for artists. After creating artistic models, these elements are read back into the model. Here it is even possible to work with various file formats (ifc, 3dm, sat). Last but not least, the model is successfully used in regular meetings with the participation of the project owner. The work with the model during the meeting is very illustrative and agile.



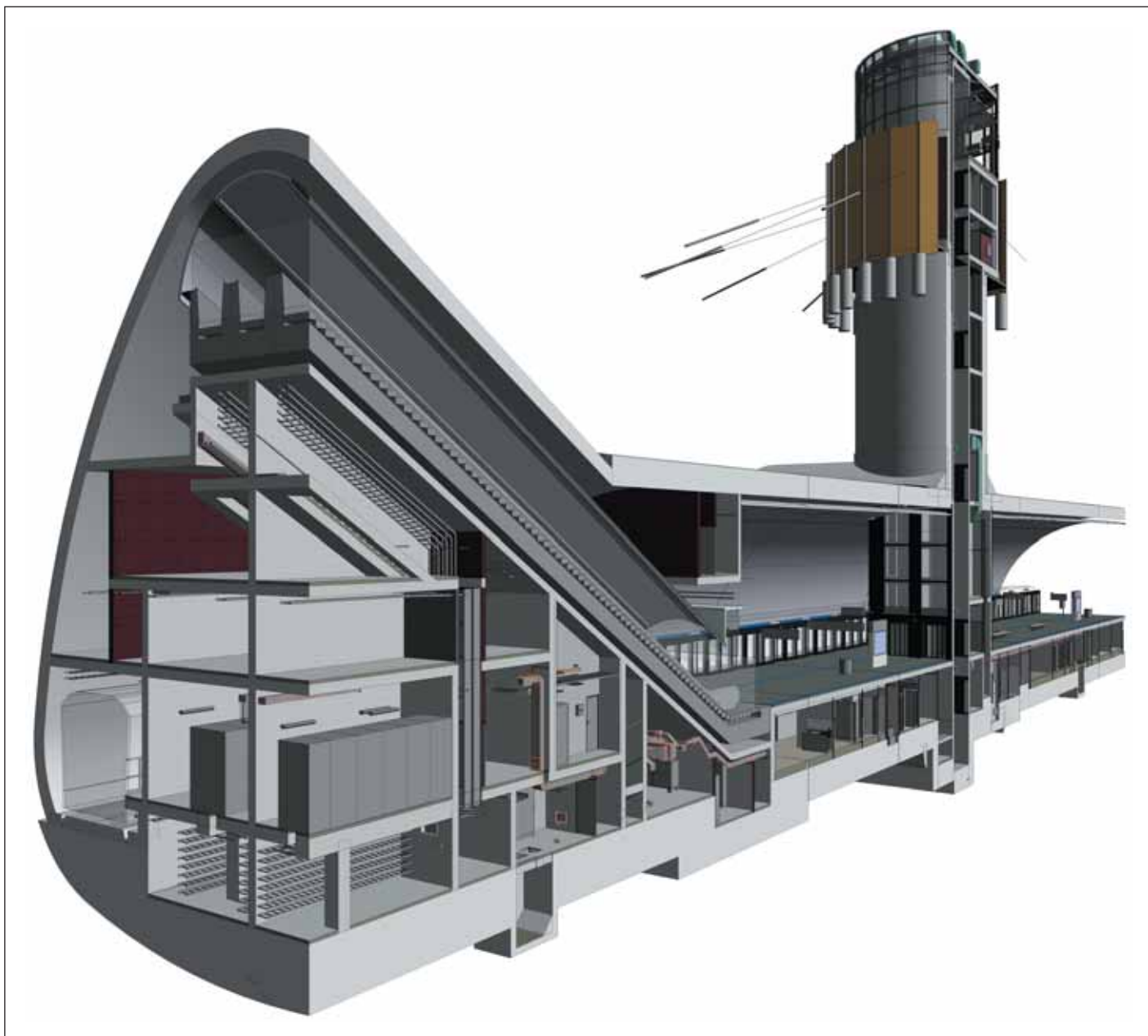
Obr. 7 Část informačního modelu nosných konstrukcí

Fig. 7 Part of information model of load-bearing structures



Obr. 8 Část výkresu tvaru generovaná z informačního modelu

Fig. 8 Part of a formwork drawing generated from the information model



*Obr. 9 Řez rozpracovaným modelem stanice Nové Dvory
Fig. 9 Cross-section through the incomplete model of Nové Dvory station*

vizualizací. Zpracovatel vizualizací tak není nucen tvořit 3D model pro vizualizace znovu pouze pro sebe, ale využívá geometrii již jednou vytvořenou. Dalším příkladem je využití 3D modelu při řešení akustiky a osvětlení. Stejně tak je model využíván v případě výtvarné soutěže, kdy slouží jako podklad pro výtvarníky. Po vytvoření modelů výtvarných děl jsou tyto prvky zpětně načteny do modelu. Zde je možné též pracovat s rozličnými souborovými formáty (ifc, 3dm, sat). V neposlední řadě je model s úspěchem využíván při pravidelných pracovních poradách za účasti investora. Práce s modelem je během jednání velice názorná a svižná.

Tvorba projektové dokumentace

Projektová dokumentace stavby a profesí je generována přímo z informačního modelu. Stavební modely jsou tak využity ke generování „klasické“ 2D dokumentace stavby a také architektonické části dokumentace. S velkým úspěchem je model využíván k tvorbě dokumentace konstrukční – výkresů tvarů, které jsou výhradně tvořeny přímo v prostředí Revitu. Je zde využíváno filtrů zobrazení a šablon pohledů, které jsou schopné zobrazovat stavební model

Development of design documents

Design documents for construction and professions are generated directly from the information model. In this way, construction models are used for generation of “classical” 2D construction documents as well as documents for the architectural part. The model is used with great success for the development of construction documents – drawings of shapes, which are created exclusively in the Revit program environment. Display filters and view templates, which are able to display the construction model as a model of the shape of reinforced concrete structures, are used there. Thanks to the automatic generation of elevations, sections and tags of elements from the already created geometry, the work requiring a large number of drawings (see Figures 7, 8, 9) is significantly streamlined. Subsequently, the formwork drawings are used to produce reinforcement drawings. The formwork can be automatically exported in bulk and, at the same time, be modified to meet the requirements of authors of reinforcement drawings. Of course, it should be noted that in the case of load-bearing

jako model tvaru železobetonových konstrukcí. Díky automatickému generování pohledů, řezů a popisů prvků z již vytvořené geometrie tak dochází ke značnému zefektivnění práce, které vyžaduje značné množství výkresů (obr. 7, 8, 9). Následně jsou výkresy tvarů využity pro tvorbu výkresů výztuže. Tvary je možné hromadně automaticky exportovat a zároveň upravit tak, aby odpovídaly požadavkům zpracovatele výkresů výztuže. Je zde samozřejmě nutné podotknout, že v případě nosných konstrukcí, které jsou obsaženy ve společném modelu stavby a z nichž jsou následně generovány výkresy tvarů, je nutné přistupovat ke správě a práci na společném modelu statiků a stavařů velice disciplinovaně. Profesionální modely, stejně tak jako modely stavební, slouží ke generování dokumentace jednotlivých profesních částí. Tvorba „klasické“ 2D výkresové dokumentace má v prostředí programu Revit svá specifika, ale lze zde docílit stejně kvalitní dokumentace jako ze zažitých CAD systémů.

Tvorba soupisu prací a rozpočtu

Od počátečního vykazování pomocí standardních nástrojů Revitu – tabulek výkazů po kategoriích bylo postupem času odstoupeno. Tyto tabulky jsou využívány především pro tvorbu tabulek prvků (dveří, zámečnických výrobků, atd.), které jsou odevzdávány jako součást dokumentace stavby. Využití standardních výkazů Revitu pro vykazování kubatur konstrukcí bylo velice těžkopádné, především z toho důvodu, že prvky byly častokrát modelovány více nástroji – jeden typ podhledu je modelován stěnou, stropem a komponentou na místě. Vzhledem k tomu, že výkazy v Revitu jsou omezeny kategoriemi prvků, není možné výkazy kubatur prvků, které jsou tvořeny více kategoriemi, funkčně vykázat ve společné tabulce. Je možné vytvořit výkazových tabulek více, ale při objemu prvků, které jsou v modelu obsaženy, je toto velice těžko proveditelné. Je zde tedy využíváno vlastního naprogramovaného softwarového rozhraní, se kterým je možné vytvářet tabulky kubatur materiálů ve formátu xls přímo generované z vnitřní struktury modelu Revitu. Toto funguje pouze ve spojení s využitím výše uvedeného datového standardu, kdy je software schopen každý prvek modelu rozpoznat na základě jeho kódového označení, extrahovat z něho požadovanou kubaturu a vlastnosti a ty setřídít do jedné tabulky. Za zmínku stojí také to, že software je schopen daný prvek nejen rozpoznat, ale na základě informací o něm je schopen ho rozdělit do více položek v soupisu prací. Toho je využíváno například u konstrukcí, které jsou modelovány jako sendvič (např. podlahy), kdy je jeden prvek z informačního modelu rozdělen na více prvků soupisu prací (izolace v m², roznášecí potěr v m³, finální vrstva v m²). Tyto tabulky jsou následně párovány s položkami v rozpočtu a je tak docíleno automatizace tvorby rozpočtu a soupisu prací.

ZÁVĚR

Z hlediska projektových prací je možné využití informačního modelu hodnotit pozitivně. Je nutné říci, že s využitím metody BIM k tvorbě projektové dokumentace jdou ruku v ruce vyšší požadavky na technické znalosti a zkušenosti celého týmu. Především co se týče znalostí využívaného softwaru, schopností spolupracovat a dodržovat zásady modelování a práce s daty. Pokud se vytvoří logicky strukturovaný a datově naplněný model, jeho využití je mnohostranné a není omezeno pouze na vytvoření projektové dokumentace. Z informačního modelu se pak můžou získávat data a podklady pro značné množství subjektů, které se podílejí na takto rozsáhlém projektu, kterým nová linka pražského metra D bezesporu je.

*Ing. JIŘÍ PLATIL, Jiri.Platil@metroprojekt.cz,
PETR ŽENÍŠEK, Petr.Zenisek@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT Praha a. s.*

Recenzoval Reviewed: Ing. Jiří Šindelář

structures, which are contained in the common construction model and from which the formwork drawings are subsequently generated, it is necessary to adopt very disciplined approach to the administration and the work of structural engineers and builders on the common model. Profession-based models as well as construction models are used for the generation of documents for individual professions. The creation of “classic” 2D design documents in the Revit program environment has its own specifics, but it is possible to achieve as good quality documents as the documents from ingrained CAD systems have.

Development of works register and budget

The initial reporting using standard Revit tools – tables with the category-based schedules was abandoned over time. The tables are used mainly for the creation of tables of elements (doors, ironmongery products, etc.), which are provided as parts of the construction documents. The use of standard Revit schedules for reporting the volumes of structures has been very cumbersome, mainly because the elements have often been modelled using multiple tools – one type of soffit is modelled by a wall, ceiling and a component on site. With respect to the fact that schedules in the Revit program are limited by the categories of elements, it is not possible to functionally put in a common table the reports of volumes of elements, which are formed by multiple categories. It is possible to create more report tables, but with the volume of elements contained in the model it is very difficult to be done. For that reason its own programmed software interface is used here, with which it is possible to create tables of material volumes in the xls format directly generated from the internal structure of the Revit model. This works only in connection with the use of the above-mentioned data standard, where the software is able to recognize each element of the model on the basis of its code designation, to extract the required volume and properties from it and sort them into one table. Also worth mentioning is the fact that the software is not only able to recognise the particular element, but also divide it into multiple items in the list of works on the basis of information about it. This is used, for example, for structures that are modelled as a sandwich (e.g. floors), where one element of the information model is divided into several elements of the list of works (insulation in m², load-spreading screed in m³, a finish layer in m²). The tables are subsequently paired with budget items, thus the automation of the creation of the budget and list of works is achieved.

CONCLUSION

In terms of designing work, it is possible to evaluate the use of the information model positively. It must be said that higher requirements for technical knowledge and experience of the entire team go hand in hand with the application of the BIM method to the creation of design documents. First of all as far as the knowledge of the software used and the ability to collaborate and adhere to the principles of modelling and working with data is concerned. If a logically structured model filled with data is created, its use is versatile and is not limited only to the creation of design documents. It is then possible to obtain data and source documents for a large number of subjects participating in such a large project, which the new line of the Prague metro D undoubtedly is.

*Ing. JIŘÍ PLATIL, Jiri.Platil@metroprojekt.cz,
PETR ŽENÍŠEK, Petr.Zenisek@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT Praha a. s.*

PROJEKT BEZBARIÉROVÉHO ZPŘÍSTUPNĚNÍ STANICE METRA KARLOVO NÁMĚSTÍ

BARRIER-FREE ACCESS TO KARLOVO NÁMĚSTÍ STATION

JAN KOREJČÍK, MARTINA URBÁNKOVÁ, MICHAL KOLEVSKÍ

ABSTRAKT

Stanice Karlovo náměstí by se měla stát od poloviny roku 2021 další bezbariérovou stanicí pražského metra. Bezbariérový přístup je realizován jako samostatný nový ražený přístup do stanice, obdobně jako tomu je u již zprovozněných ražených bezbariérových přístupů stanic metra v širším centru města: Muzeum A (2005), Florenc B (2006), Národní třída (2011), I. P. Pavlova (2015), Anděl (2015) a Můstek A (2016). Článek popisuje tento náročný projekt z pohledu projektanta během projekční fáze a následné výstavby.

ABSTRACT

Karlovo Náměstí station should become another barrier-free station of the Prague metro from the middle of 2021. The barrier-free access is being carried out as a separate new mined access to the station, similarly to the already operating barrier-free accesses to metro stations in the wider city centre: Muzeum A (2005), Florenc B (2006), Národní Třída (2011), I. P. Pavlova (2015), Anděl (2015) and Můstek A (2016). The paper describes this complex project from the point of view of the designer during the designing phase and subsequent construction.

ÚVOD

Dlouhodobou prioritou Dopravního podniku hlavního města Prahy je bezbariérová městská hromadná doprava. Proto je nedílnou součástí všech nově navrhovaných stanic metra i bezbariérový přístup do těchto stanic. Kromě toho jsou pravidelně vynakládány nemalé částky na postupné bezbariérové zpřístupňování stávajících stanic.

Až do roku 1990 byly stanice metra v souladu s tehdejší koncepcí budovány bez možnosti bezbariérového přístupu. Jejich následné zpřístupňování je technicky i finančně náročné, protože se s jejich bezbariérovostí od začátku nepočítalo. V případě hloubených stanic lze umístit svislý či šikmý výtah, případně šikmou schodišťovou plošinu, přímo ve stávajícím prostoru stanice. Z nástupiště nebo z technických prostor stanice lze vyjet do úrovně vestibulu, někdy až na povrch. Další typy výtahů zajišťují přepravu mezi úrovní vestibulu a povrchem.

Daleko složitější a finančně náročnější je zajistit bezbariérový přístup ražených stanic, které jsou navíc často umístěny pod hustou městskou zástavbou. Při zachování provozu stanice je nutno realizovat nový samostatný přístup pomocí kombinace ražených tunelů a šachet. Prvním krokem při návrhu je projednání a odsouhlasení lokace povrchového objektu, a to v souladu se stávajícími budovami a komunikacemi v blízkosti stanice. Následuje umístění prostupu do stanice, které musí respektovat konstrukční řešení stanice, co nejméně omezovat její provoz a zároveň umožnit co nejjednodušší přístup cestujících. Tato dvě místa je následně nutné spojit pomocí výtahů a přestupní chodby, do které je třeba ještě umístit robustní tlakový uzávěr ochranného systému metra pro zachování funkčnosti stanice jako krytu civilní ochrany. Pro návrh a vedení bezbariérového přístupu mají kromě dispozice samotné stanice významný vliv i inženýrskogeologické poměry, stávající inženýrské sítě, povrchová zástavba a místo pro zařízení staveňišť včetně zajištění přístupu pro stavební mechanizaci. Projekt bezbariérového zpřístupnění stanice metra Karlovo náměstí náleží do náročnější skupiny ražených bezbariérových přístupů a už od počáteční projekční fáze je svázán s firmou METROPROJEKT Praha a. s.

INTRODUCTION

Barrier-free urban mass transit is a long-term priority for the Prague Public Transit Company. For that reason, barrier-free access to all newly designed metro stations is an integral part of their design. In addition, considerable sums are regularly spent on gradual providing barrier-free accesses to existing metro stations.

Until 1990, metro stations were built in line with the then valid concept without the possibility of designing a barrier-free access. Providing accesses subsequently is technically and financially demanding, because their barrier-free accessibility was not taken into account from the beginning. In the case of mined stations, it is possible to install a vertical or inclined lift, or an inclined stair lift, directly in the existing space of the station. From the station platform or from the service spaces of the station it is possible to be lifted to the level of the concourse, sometimes up to the surface. Other types of lifts provide transportation between the level of the concourse and the surface level.

A much more complicated and financially demanding task is to ensure barrier-free access to mined stations, which are, in addition, often located under dense urban development. While maintaining the operation of the station, it is necessary to carry out a new separate approach using a combination of mined tunnels and shafts. The first step in the design is to discuss and agree on the location of the surface building complying with requirements of the existing buildings and roads in the station vicinity. The design for the location of the opening to the station follows. It must respect the design of the station, minimise its operation and at the same time allow for a corridor for the simplest possible access for passengers. These two places must then be interconnected by lifts and a transfer corridor, in which a robust pressure resistant gate of the metro protection system must be installed to maintain the function of the station as a civil defence shelter. In addition to the layout of the station itself, the engineering geological conditions, the existing engineering networks, the surface development and the place for the construction site, including the provision of access for construction machinery, also have a significant influence on the design and layout of the barrier-free access. The design for the barrier-free access to Karlovo Náměstí metro station belongs

ZÁKLADNÍ POPIS PROJEKTU

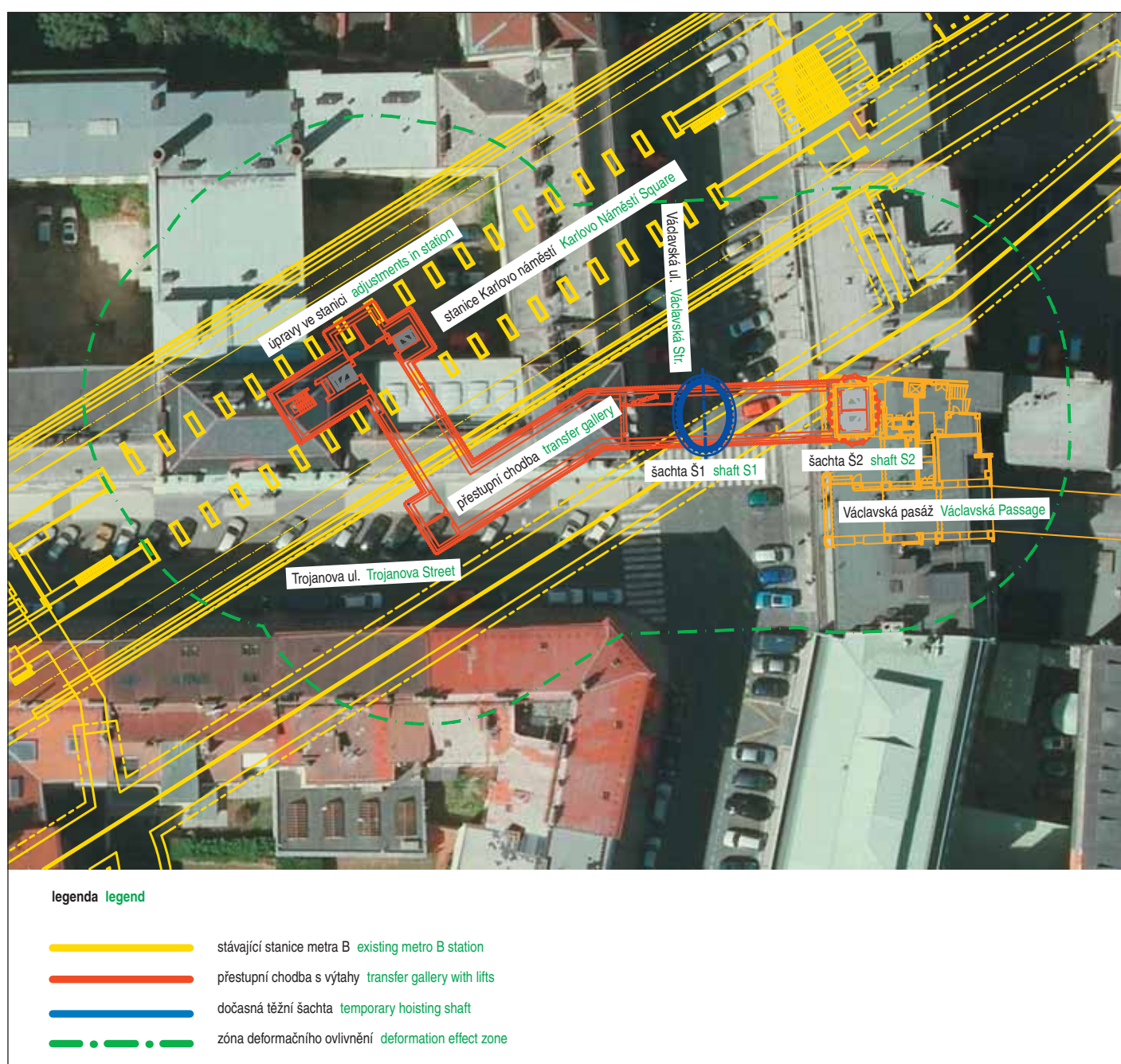
Stanice Karlovo náměstí je situována zhruba mezi ulice Trojanova a Václavská, s eskalátory na obou stranách a dvěma vestibuly vyvedenými do oblasti Karlova a Palackého náměstí. Obsluhuje nejen kapacitní povrchovou návaznou dopravu, ale i hustou okolní zástavbu. Jedná se o raženou trojlodní piliřovou stanicí unifikovaného typu s osovou vzdáleností kolejí 21 m a nadložíem cca 35 m. Konstrukce stanice a prostupů je stejná jako ve stanicích Anděl, Národní třída a Náměstí Republiky. Piliře a průvlaky jsou ocelové, ostění stanice je montováno z železobetonových dílců kruhového profilu 7,8/8,8 m. Technologický tunel je situován mezi traťové tunely směrem ke stanici Národní třída.

Jak již bylo zmíněno, stanice Karlovo náměstí je v současné době bezbariérově nepřístupná. Ve studii proveditelnosti pro její zpřístupnění z roku 2008 byl navržen vstup a výstup samostatným povrchovým kioskem umístěným v ulici Václavská. Během

among more demanding mined barrier-free accesses. It is connected with the company of METROPROJEKT Praha a. s. from the initial design phase.

BASIC DESCRIPTION OF DESIGN

Karlovo Náměstí Station is located roughly between Trojanova and Václavská Streets, with escalators on both sides and concourses leading into the area of Karlovo Náměstí and Palackého Náměstí Squares. It serves not only the high-capacity linking transit, but also the dense surrounding development. The station is of the unified-type mined 3-vault structure with pylons, with the track centre distance of 21m and the overburden ca 35m high. The structure of the station and openings to the central nave is the same as in the Anděl, Národní třída and Náměstí Republiky stations. The pylons and head beams are made of steel; the circular profile tunnel lining is assembled from 7.8/8.8m reinforced concrete segments. The



Obr. 1 Situace stavby

Fig. 1 Construction ground plan

zpracovávání dokumentace pro územní rozhodnutí v roce 2015 proběhla na toto téma jednání projektanta se zástupci města. Jejich výsledkem bylo přesunutí vstupu do přízemí blízkého obytného domu č. p. 2068, který je ve svěřeném vlastnictví MČ Praha 2. Tím zůstal prostor ulice Václavská bez omezení.

Samotné bezbariérové zpřístupnění bylo navrženo obdobně jako pro stanici Anděl [1], s ohledem na téměř stejné okrajové podmínky i konstrukci stanice. Z uliční úrovně se cestující dostanou přes vstupní objekt dvojicí výtahů do lomené podzemní přístupní chodby, umístěné výškově těsně nad stanicí, a další dvojicí výtahů z přístupní chodby na nástupiště přibližně ve středu stanice (obr. 1). Poloha výtahů ve stanici vychází z konstrukční skladby nosného ostění stanice a je umístěna tak, aby minimalizovala nutné zásahy do dispozičního řešení technologických prostor pod nástupištěm. Z uvedených důvodů nejsou výtahy na nástupišti v ose stanice, ale jsou v příčném směru o 290 mm odsunuty. Přístupní chodba je s nástupištěm stanice navíc propojena pomocí bezpečnostního únikového schodiště podél jednoho z výtahů.

Protože je výtahová šachta z uliční úrovně do podzemí hloubena ze stísněného prostoru v suterénu obývaného domu, byla pro výstavbu podzemních děl navíc navržena dočasná těžní šachta ve Václavské ulici, která je dole zaústěná přímo do přístupní chodby. Tato větší a přístupnější šachta umožňuje nasazení dostatečně výkonných mechanismů pro výstavbu celé přístupní chodby i postupů do stanice. Navíc přes ni může být dopravována rubanina, veškeré stavební materiály i technologické vybavení, což zajišťuje minimalizaci omezení provozu ve stanici.

Investorem stavby je Dopravní podnik hlavního města Prahy, a. s., zhotovitelem stavebních prací je sdružení „Hochtief – Energie – výtah KN“, geotechnický monitoring zajišťuje sdružení „GeoTec + MP + Pudis – Karlovo nám“, technickým dozorem stavebníka je Infram a. s. a projektantem METROPROJEKT Praha a. s. Stavba byla zahájena na přelomu dubna a května 2019, uvedení do provozu je plánováno v polovině roku 2021.

GEOLOGICKÉ A HYDROLOGICKÉ POMĚRY

Z geologického hlediska je zájmové území tvořeno ordovic-kým skalním podložím překrytým kvartérmími sedimenty. Skalní podloží je budováno sedimentárními uloženinami dobrotivského souvrství (prachovitými až jílovitoprachovitými, jemně slídnatými břidlicemi). Kvartérmí pokryv je tvořen fluvialními sedimenty terasy Karlova náměstí (písčítými štěrky a písky s příměsí jemnozrnné frakce) pleistocenního stáří. Povrchová vrstva navážek koresponduje s původní zástavbou oblasti a je velmi nepravidelná. Podzemní voda není vázána na kvartérmí terasové sedimenty, ale na svrchní rozpukanou a zvětralou zónu horninového masivu.

Pro stanovení geotechnických podmínek pro zpracování projektu byl firmou GEOTest, a.s. realizován v roce 2015 doplňkový geotechnický průzkum. V rámci něj byl proveden nový průzkumný jádrový vrt PJ1 délky 36 m v místě budoucí těžní šachty. V tomto vrtu byly provedeny presiometrické zkoušky v pěti hloubkových úrovních a odběry pro laboratorní zkoušky vzorků hornin, zemín a podzemní vody. K celkovému dokreslení geologické stavby území byla provedena rešerše archivních podkladů, včetně informací z ražby stanice a navazujících úseků.

Geotechnický průzkum rozdělil horninový masiv skalního podloží podle míry zvětrání na čtyři hlavní zóny, od zvětralých sil-

service tunnel is located between running tunnels in the direction of Národní Třída station.

As mentioned above, Karlovo Náměstí station is currently not barrier-free-accessible. In the feasibility study for providing the access dated 2008, the entrance and exit were proposed to pass through a separate surface kiosk located in Václavská Street. In 2015, during the course of the work on documents for issuance of the zoning and planning decision, discussions were held between the designer and representatives of the city. The result was the transfer of the entrance to the ground floor of the nearby residential building No. 2068, which is entrusted to the Municipal District Prague 2. In this way the space of Václavská Street remained unrestricted.

The barrier-free access itself was designed similarly to the design for Anděl station [1] with regard to the fact that the boundary conditions and the station structure are almost the same. From the street level, passengers can get through the entrance building by a pair of lifts leading to the angled underground transfer corridor, located just above the station, and by another pair of lifts leading from the transfer corridor to the station platform located approximately in the middle of the station (see Fig. 1). The position of the lifts in the station is based on the structural composition of the supporting lining of the station and is located so as to minimise the necessary interventions into the layout of the service spaces under the platform. For these reasons, the lifts on the platform are not on the station centre line but are offset in the transverse direction by 290mm. In addition, the transfer corridor is connected to the station platform by a safety escape staircase along one of the lifts.

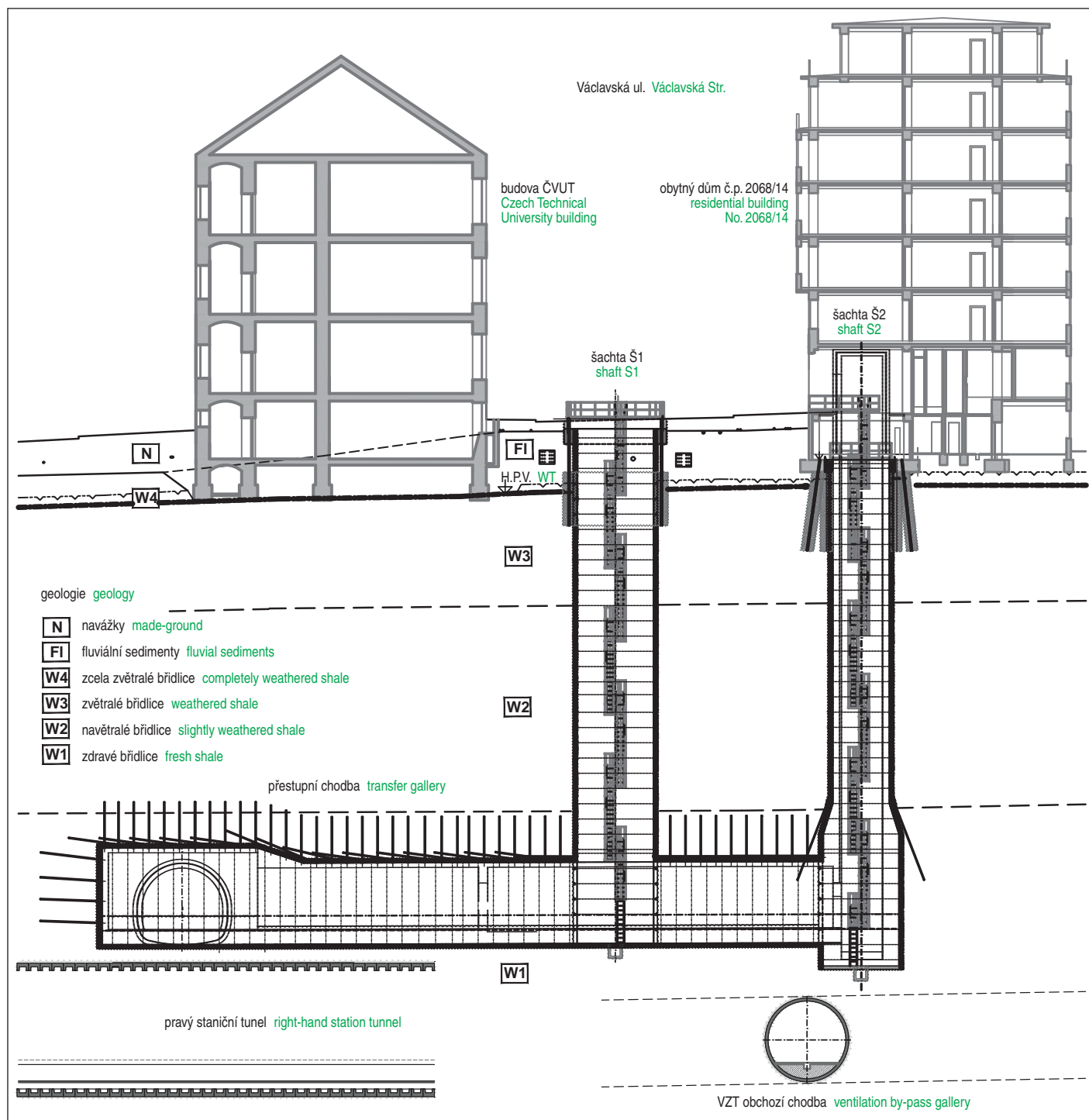
Since the lift shaft is sunk to the underground from the street level, from a constricted space in the basement of an inhabited building, a temporary hoisting shaft was in addition designed to be carried out from Václavská Street. It is connected at the bottom directly to the transfer gallery. This larger and better accessible shaft allows for using sufficiently powerful mechanisms for the construction of the whole transfer gallery and openings to the central nave of the station. In addition, muck, all building materials and technical equipment can be transported through it, which allows for minimisation of operation restrictions in the station.

The Dopravní podnik hlavního města Prahy, a. s. (the Prague Public Transit Company Inc.) is the project owner, “Hochtief – Energie – výtah KN” consortium is the civil engineering contractor, “GeoTec + MP + Pudis – Karlovo nám.” consortium provides geotechnical monitoring, Infram a. s. is the technical supervisor for the builder and Metroprojekt Praha a. s. is the designer. The construction commenced at the end of April 2019 and the start of May 2019 and putting it into service is planned for the middle of 2021.

GEOLOGICAL AND HYDROLOGICAL CONDITIONS

From the geological point of view, the area of interest is formed by Ordovician bedrock overlaid by Quaternary sediments. The bedrock is built up by sedimentary deposits of the Dobrotiv Formation (silty to clayey-silty, finely micaceous shale). The Quaternary cover is formed by fluvial sediments of the Karlovo Náměstí terrace (sandy gravel and sand with admixture of fine-grained fraction) of the Pleistocene age. The surface layer of made-ground corresponds to the original development of the area and is very irregular. Groundwater is bound to the upper, fractured and weathered rock mass zone, not to the Quaternary sediments.

A supplementary geotechnical investigation was conducted by the company of GEOTest, a.s., in 2015 to determine geotechnical



Obr. 2 Podélný řez s geologií
Fig. 2 Geological longitudinal section

ně rozpukavých, přes navětralé a slabě navětralé, až po zdravé prachovité břidlice. Pro tyto jednotlivé geotechnické typy byly stanoveny geotechnické parametry zemin a hornin. Geologický profil je znázorněn v podélném řezu (obr. 2). Průzkum dále konstatoval, že výstavba objektů bude probíhat ve složitých geotechnických podmínkách, ovlivněných zejména přítomností podzemní vody vázané na skalní horninový masiv, lokálními tektonickými zónami a vysokou puklinatostí horninového prostředí v oblasti stanice Karlovo náměstí.

Analyzovaná podzemní voda má z hlediska chemického působení na betonové konstrukce pouze nízký stupeň agresivity XA1, ale z hlediska působení na ocel vysoký stupeň agresivity (IV).

conditions for preparation of the design. The new 36m long P1 exploratory cored borehole was carried out at the location of the future shaft within the framework of the investigation. Pressuremeter tests were conducted at five levels of this borehole and specimens of ground, soil and groundwater were collected in it. In order to complete the description of the overall geological structure of the area, a search of archival documents was carried out, including information from the excavation of the station and the linking sections.

The geotechnical investigation divided the bedrock massif according to the degree of weathering into four main zones, ranging from weathered, heavily broken, through slightly weathered and moderately weathered to fresh silty shale. The

Vytěžené materiály jsou pouze omezeně využitelné pro zásypy a násypy, tzn. jen pro nenáročné použití.

Skutečně zastížené geologické a hydrogeologické poměry během výstavby jsou podrobně popsány v článku [2]. Obecně lze říci, že kvalita horninového masivu byla lepší, než předpokládal projekt. To přispělo k bezpečnějším ražbám a menšímu ovlivnění povrchu, na druhé straně byl postup ražeb pomalejší, protože použití mechanizované ražby, na rozdíl od plánovaných trhacích prací, bylo v daných geologických podmínkách méně efektivní.

DOČASNÁ TĚŽNÍ ŠACHTA Š1

Těžní šachta Š1 je situována v ulici Václavská poblíž křižovatky s ulicí Trojanova. Šachta je hluboká 34,7 m, půdorysně oválného tvaru cca $7,5 \times 5,5$ m a je umístěna mezi dva kabelovody CETIN vedenými po obou stranách ulice. Po přeložení inženýrských sítí v kolizi byly stabilizovány kabelovody a stěny šachty v kvartéru pomocí mikropilot $\varnothing 108/16$ mm, délky 7 m, s roztečí 600 mm po celém obvodu šachty. Pro zatěsnění výrubu šachty proti pronikání podzemní vody z kvartéru jsou ve spodní části mikropiloty doplněny tryskovou injektáží. Nahoře jsou hlavy mikropilot zavázány do železobetonového ohlubňového věnce šachty se zábradlím.

Hloubení bylo navrženo s využitím NRTM po záběrech 1 m, se zajištěním primárním ostěním tloušťky 250 mm ze stříkaného betonu SB20/25, s ocelovými výztužnými sítěmi $8/150 \times 150$ mm a ocelovými příhradovými rámy. V dolní části šachty byly pro zajištění klenby obou rozrážek přestupní chodby navrženy ochranné deštníky z injektovaných samozávrtných ocelových svorníků délky 6 m.

Šachta je otevřena po celou dobu výstavby a po vybudování posledního bloku definitivního ostění přestupní chodby, včetně hydroizolačního souvrství, bude následně po vrstvách vyplněna popilkovým stabilizátem. Přípovrchová část bude po zpětném přeložení sítí a ubourání horní části stěn jámy vyplněna zhutněným zásypem. Nakonec se upraví povrch ulice do původního stavu a bude vybudována nová autobusová zastávka.

geotechnical parameters of soils and rock mass were determined for those individual geotechnical types. The geological profile is displayed in the longitudinal section (see Fig. 2). The investigation further stated that the construction will proceed in complicated geotechnical conditions, affected mainly by the presence of groundwater bound to the rock massif, local tectonic zones and high degree of fracturing of the rock environment in the area of Karlovo Náměstí station.

In terms of chemical action on concrete structures, the groundwater which was analysed exhibits only a low degree of aggression XA1, but in terms of the effect on steel, the aggression degree is high (IV). The use of the excavated materials for backfills and embankments is limited, only for undemanding purposes.

The geological and hydrogeological conditions actually encountered during the course of the excavation are described in more detail in paper [2]. In general, it can be said that the quality of the rock mass was better than assumed by the design. On the one hand, this fact contributed to safer excavation and smaller affection of the surface; on the other hand, the excavation advance rate was lower because the use of mechanised excavation in comparison with the planned blasting was less effective in the particular geological conditions.

TEMPORARY HOISTING SHAFT S1

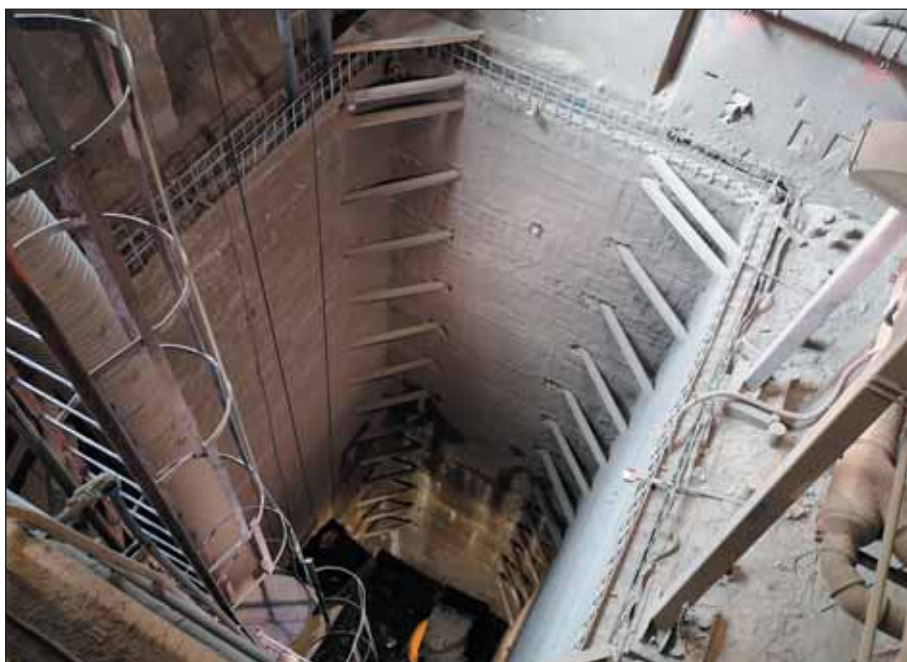
The hoisting shaft S1 is located in Václavská Street, near the crossing with Trojanova Street. The shaft is 34.7m deep, its ground plan is oval ca 7.5×5.5 m and is located between two CETIN cableways running along both sides of the street. After the relocation of colliding engineering networks, the cable ways and the shaft walls in the Quaternary ground were stabilised using micropiles $\varnothing 108/16$ mm, 7m long, spaced at 600mm around the whole circumference of the shaft. The micropiles are complemented in the lower part by jet grouting designed to seal the shaft excavation against intrusion of groundwater from the Quaternary ground. At the top, the micropile heads are bound into a reinforced concrete pit bank collar with railing.

The NATM was designed for the excavation, with the rounds 1m deep, 250mm thick SC20/25 shotcrete primary lining reinforced with $8/150 \times 150$ mm steel mesh and steel lattice frames. Protective umbrellas from 6m long grouted self-drilling steel rock bolts were designed at the bottom part of the shaft for supporting the vaults of both side stubs for the transfer gallery.

The shaft is open throughout the time of construction and will be subsequently filled in layers with cinder-based stabilising material after completion of the last block of the final lining of the transfer gallery, including the waterproofing layers. After relaying the networks back and breaking the upper part of the pit walls, the part near the surface will be backfilled with compacted ground. Eventually, the street surface will be restored to its original condition and a new bus stop will be built.

LIFT SHAFT S2

Lift shaft S2 leading from the street level to the transfer gallery is located in the north-western part of the seven-storey building No.



Obr. 3 Hloubení výtahové šachty Š2 ze suterénu
Fig. 3 Lift shaft S2 excavation from basement

VÝTAHOVÁ ŠACHTA Š2

Výtahová šachta Š2 z uliční úrovně do přestupní chodby je situována do severozápadní části sedmipodlažního domu č. p. 2068, kde se původně nacházela v přízemí prodejna s potravinami a v úrovni suterénu sklep. Šachta je navržena z úrovně suterénu, takže bylo třeba vybourat otvor v obvodové zdi domu a dále strop a podlahu suterénu. Předtím bylo nutné uvolnit prostor od sklepních kójí a všech vnitřních technických rozvodů, které musely být přeloženy podél stěn.

Šachta pro výtah (obr. 3) je navržena v minimálních rozměrech nutných pro montáž výtahů. Je umístěna mezi stávající základy nosné konstrukce domu a vnitřní líc ostění má obdélníkový tvar. Před zahájením hloubení bylo nutné podchytit základy domu pomocí svislých a ukloněných pilířů tryskové injektáže a mikropilot \varnothing 108/16 mm délky 6 m. Vytyčovací schéma bylo možné navrhnout až po vybourání suterénu a zaměření skutečné polohy základů, stěn, sloupů a průvlaků. V místech, kde je šachta v těsné blízkosti stěn, zasahovalo podchycení do profilu šachty a muselo být následně po záběrech ubouráváno. S ohledem na provádění prací ve velmi stísněných poměrech byla z tohoto pracoviště realizována pouze samotná výtahová šachta.

Šachta Š2 má dva základní příčné profily a je hluboká 33,8 m. Horní část v délce 22,9 m je obdélníkového profilu s výrubem cca $5,8 \times 4,3$ m. Spodní část šachty v délce 8,9 m je elipsovitého tvaru, který je stejný jako u šachty Š1. Mezi oběma profily je dvoumetrovy přechodový úsek. Hloubení bylo navrženo s využitím NRTM po záběrech 1 m. Důvodem pro spodní elipsovité profil je eliminace dočasných rozpěr pro zajištění rozrážky přestupní chodby, které by následně omezovaly provádění hydroizolací a definitivního ostění šachty.

Horní obdélníková část šachty je zajištěna primárním ostěním tloušťky 250 mm ze stříkaného betonu SB20/25 s ocelovými vztužnými sítěmi 8/150 \times 150 mm a ocelovými rámy z válcovaných profilů HEB 160, se ztužením rohů šikmými ocelovými trubkami TR 114/8 a TR 140/10. Zajištění spodní elipsovité části je stejné jako u šachty Š1. Stejným způsobem je zajištěn i přechodový profil, rozdíl je pouze v použití atypického příhradového rámu. Před zahájením hloubení přechodové části musel být instalován subvertikální roznášecí deštník z injektovaných samozávrtných ocelových svorníků délky 6 m. Pro zajištění klenby rozrážky přestupní chodby byl navržen stejný ochranný deštník jako u šachty Š1.

PŘESTUPNÍ CHODBA

Půdorysně je přestupní chodba vedena od výtahové šachty Š2 skrz těžní šachtu Š1 směrem k místu přestupu do stanice. Z důvodu minimálního deformačního ovlivnění stanice při ražbách je dále směrově zalomená a probíhá paralelně s pravým staničním tunelem. Nakonec odbočuje kolmo na osu stanice nad střední staniční tunel. V tomto místě dochází v příčném směru k odbočení dvou protilehlých rozrážek do míst výtahových šachet a únikového schodiště na nástupiště.

Ražená přestupní chodba má v příčném řezu podkovovitý tvar se spodní klenbou a z důvodů směrového vedení a množství rozrážek je navržena v pěti různých profilech velikosti od 27,4 do 44,7 m². Před rozrážkou je aktuální profil vždy navýšen a je ukončen minimálně 2 m za ní. Celková délka všech profilů přestupní chodby je 80,4 m, délka přestupu mezi výtahy činí cca 63 m. Nadloží dosahuje 27 až 29 m. Přestupní chodba klesá ve sklonu 0,3 % směrem ke stanici, nad ní je ve vodorovné poloze. Vzdálenosti

2068, where there were originally a grocery shop in the ground floor and a cellar in the basement. The shaft was designed to be carried out from the basement level, so it was necessary to break an opening through the external wall and through the basement floor. It was necessary in advance to free the space, remove the cellar cages and relocate all technical services from it (they had to be installed along the walls).

The lift shaft (see Fig. 3) is designed with minimum dimensions necessary for the assembly of the lifts. It is located between existing foundations of the load-bearing structure of the building and the shape of the internal face of the lining is rectangular. Before starting to excavate, it was necessary to underpin the foundations of the house using vertical and inclined jet grouting pillars and 6m long micropiles \varnothing 108/16mm. The setting out scheme could be designed only after breaking the basement out and surveying the actual position of the foundations, walls and pillars. In the locations where the shaft is in close proximity to walls, the underpinning interfered with the shaft profile and had to be subsequently broken away round by round. With respect to working in highly constricted conditions, only the lift shaft was carried out from this working place.

Shaft S2 has two basic cross-sections and is 33.8m deep. The cross-section of the 22.9m long upper part is rectangular with the excavated profile ca 5.8×4.3 m. The shape of the 8.9m long bottom part is elliptic, identical with that of shaft S1. There is a 2m long transition section between the two profiles. The NATM has been designed for the excavation, with 1m deep excavation rounds. The reason for the elliptic profile of the bottom part is the elimination of temporary braces for the support of the side stub excavation for the transfer gallery, which would subsequently hamper the installation the waterproofing and final lining of the shaft.

The upper rectangular part of the shaft is stabilised by a primary lining – 250mm thick, SC20/25 shotcrete, steel reinforcing mesh 8/150 \times 150mm and HEB 160 rolled-steel frames with corners stiffened with skewed TR 114/8 and TR 140/10 steel tubes. The support of the elliptic bottom part is identical with that of shaft S1. The transition part is stabilised in the same way, only with the difference in the use of the atypical lattice frame. A sub-vertical distribution umbrella from 6m long, grouted self-drilling steel rock bolts had to be installed before excavating the transition section. The same protective umbrella as that at shaft S1 was designed for supporting the vault of the side stub excavation.

TRANSFER GALLERY

In the ground plan, the transfer gallery leads from S2 shaft through S1 hoisting shaft in the direction of the location of the transfer to the station. For the reason of minimising the deformation effect on the station during the course of the excavation, the gallery is further horizontally bent and runs in parallel with the right-hand station tunnel. In the end, it swerves perpendicularly to the centre line of the central station tunnel. At this point the two opposing gallery stubs swerve to the locations of the lift shafts and the escape staircase to the platform.

The mined transfer gallery has a horseshoe shaped cross-section with an invert. Five different cross-sections with the areas ranging from 27.4 to 44.7m² are designed for the gallery with respect to the horizontal alignment and quantity of side stubs. The profile height is always increased before a side stub and is ended at a minimum distance of 2m beyond it. The total length of all profiles of the transfer gallery amounts to ca 63m. The overburden height reaches 27 to 29m. The transfer gallery descends on a 0.3% slope in the direction of the station; above the station it is horizontal. The

dna chodby od klenby stanice jsou minimální, a to 67 až 108 cm, což je o něco málo více než na stanici metra Anděl.

Ražba byla navržena s využitím NRTM s horizontálním členěním čela výrubu. S ohledem na krátkou délku a množství různých profilů přestupní chodby byla navržena pouze jedna technologická třída 5a, s možností modifikace v závislosti na skutečně zastížených geotechnických podmínkách a výsledcích geomonitoringu. Třída 5a byla zvolena s ohledem na náročnou ražbu v exponovaném prostoru nad provozovanou stanicí a pod vysokou povrchovou zástavbou, se snahou minimalizovat deformace na povrchu.

Primární ostění tloušťky 250 mm je ze stříkaného betonu SB20/25 s ocelovými výztužnými sítěmi 8/150×150 mm a ocelovými příhradovými rámy. V místě rozrážek pro výtahy do stanice je ostění dvojité, celkové tloušťky 500 mm. Zajištění výrubu doplňují radiální samozávrtné ocelové svorníky délky 3 m a samozávrtné ocelové jehly délky 4 m. Délka záběru v kalotě je 1 m, ve dně je to dvojnásobek.

S ohledem na příznivé chování horninového masivu (respektive primárního ostění) při ražbě přestupních chodeb, a potřebu provést co nejdříve zásobovací vrt pro litý beton z přestupní chodby do stanice, byla téměř celá přestupní chodba vyražena v první fázi pouze v kalotě (obr. 4). Po provedení vrtu, který byl nutný pro betonáž monolitických konstrukcí ve stanici, byla uzavřena spodní klenba a provedeno zdvojené ostění příčného úseku přestupní chodby nad stanicí. Následně mohla být zahájena ražba obou protilehlých rozrážek pro výtahy do stanice a ražba dna zbylé části přestupní chodby zpátky k oběma šachtám.

STAVEBNÍ ÚPRAVY VE STANICI METRA

Souběžně s ražbami probíhaly během provozu metra a v nočních výlukách stavební úpravy ve stanici metra Karlovo náměstí. Nejdříve byla provedena ochranná konstrukce kolem staveniště



Obr. 4 Ražba kaloty přestupní chodby
Fig. 4 Excavation of transfer gallery top heading

distance of the gallery bottom from the station vault is minimal, 67 to 108cm, which is slightly more than at Anděl metro station.

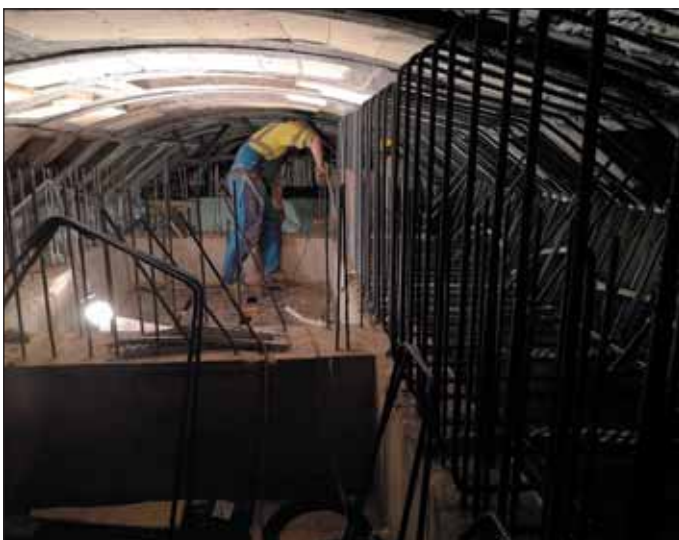
The NATM was designed for the excavation, using the so-called “horizontal excavation sequence” (top heading, bench and invert). Taking into consideration the short length and quantity of various cross-sections of the transfer gallery, only one excavation support class 5a was designed, with the possibility of modification depending on the actually encountered geotechnical conditions and results of geomonitoring. Class 5a was chosen with respect to the demanding excavation in the exposed space above the operating station and under high surface buildings, in an effort to minimise deformations on the surface.

The 250mm thick primary lining is made of SC20/25 shotcrete reinforced with 8/150×150mm steel mesh and steel lattice frames. At the locations of side stubs for lifts leading to the station, the lining is doubled with the total thickness of 500mm. The excavation support is supplemented by 3m long self-drilling steel rockbolts and 4m long self-drilling steel spiles. The excavation advance length in the top heading amounts to 1m, in the bottom it is double.

With respect to the favourable behaviour of the rock mass (respectively the primary lining) during the course of the excavation of the transfer galleries, and the need for carrying out a poured concrete supply borehole from the transfer gallery to the station as soon as possible, almost the entire transfer corridor was excavated only in the top heading in the first phase (see Fig. 4). After completion of the borehole, which was necessary for mass concrete structures in the station, the invert was closed and the doubled lining of the transverse section of the transverse gallery above the station was carried out. The excavation of both opposite side stubs for lifts to the station and the excavation of the remaining part of the transfer gallery bottom back to the two shafts could commence.

CONSTRUCTION WORK IN METRO STATION

Construction work in Karlovo Náměstí station proceeded during the course of the metro operation and overnight closures, in parallel with the operation of metro. First, a protective structure around the



Obr. 5 Armování průvlaků ve stanici
Fig. 5 Placement of reinforcement of beams in the station

budoucích výtahů ve střední lodi stanice. V nezbytném rozsahu byly demontovány konstrukce zontů, podhledů a osvětlení. Pod nástupištěm se uvolnily technické prostory a provedly se přeložky všech technických vedení. Následně bylo v místě výtahů vybudováno nástupiště a v úrovni pod nástupištěm nosné konstrukce a výplňové betony dna až na líc stávajících tubingů stanice. Na nich mohly být po provedení zásobovacího vrtu vybetonovány nové nosné konstrukce.

Na základových pasech z železobetonu C25/30 jsou založeny dva oddělené pravoúhlé boxy (šachty) procházející až po klenbu středního staničního tunelu, kde jsou zakončeny masivními a hustě vyztuženými podélnými průvlakly. Větší šachta je pro výtah a únikové schodiště, menší pro druhý výtah. Všechny tyto konstrukce jsou z monolitického železobetonu C30/37. Po betonáži stěn šachet v úrovni pod nástupištěm byla vybudována nová deska nástupiště, na kterou navázala betonáž stěn a průvlaků v úrovni nástupiště (obr. 5). Nakonec byly zainjektovány vrchlíky průvlaků, aby se aktivovalo nové podepření středního staničního tunelu.

PROSTUPY DO STANICE

Ražba dna obou protilehlých rozrážek pro výtahy do stanice byla v projektu podmíněna dokončeným a únosným systémem podpěrných železobetonových konstrukcí ve stanici. Vzhledem k příznivému vývoji konvergencí ve stanici metra i ražené přestupní chodbě mohly být nakonec pro úsporu času spodní klenby těchto profilů uzavřeny dřívě.

Následovalo hloubení obou obdélníkových šibíků až na rub tubingů středního staničního tunelu. Během těchto prací byly nad stanicí objeveny volné prostory, včetně částečně vyplněného nadvylomu z původní ražby stanice, které musely být zainjektovány. Šibíky byly zajištěny primárním ostěním ze stříkaného betonu C20/25 tloušťky 300 mm s vyztužnými sítěmi 8/150×150 mm. V úrovni spodní klenby větší rozrážky byly navíc osazeny dočasné příčné ocelové rozpěry s roztečí 2 m, které mohly být odstraněny až po betonáži definitivního ostění prostupu (obr. 6).

Pro oba výtahy, únikové schodiště a vnitřní instalace bylo nutné do klenby středního tunelu stanice provést dva otvory s rozměry 9,8 × 3,9 m a 4,3 × 3,9 m, navazující na železobetonové konstrukce ve stanici. Otvory respektují stávající skladbu železobetonových tubingů stanice. Tubingy byly po odstranění spojujících šroubů postupně vybourány. Tyto práce mohly být zahájeny až po ověření konečné pevnosti nových železobetonových průvlaků ve stanici.

HYDROIZOLACE A DEFINITIVNÍ OSTĚNÍ

Pro všechny konstrukce je zvolen uzavřený systém mezilehlé hydroizolace. Hydroizolační souvrství je tvořeno fólií z měkčeného PVC tloušťky 3 mm osazenou na ochrannou geotextilii. V rozsahu dna je fólie shora chráněna dvěma vrstvami tuhé geotextilie 1000 g/m² místo ochranného betonu. Do všech pracovních i dilatačních spár jsou vloženy vnější těsnící spárové pásy s pojistným systémem z injektážních hadiček, svedených do krabic na lici definitivního ostění. Nová hydroizolace je kolem obou prostupů do stanice vodotěsně fixována přímo na železobetonové tubingy stanice. Hydroizolační fólie je kolem otvorů ukončena přivařením na Sikaplan® WP Tape 200, což je 20 cm široký fóliový pás přilepený epoxidovým lepidlem na očištěný, vyrovnaný a podtmelený povrch stávajících tubingů. Tento systém je doplněn injektážními hadičkami a bobtnavými pásy.



Obr. 6 Prostup do stanice s dočasnými rozpěrami
Fig. 6 Opening to the station with temporary bracing

construction site for the future lifts in the central nave of the station was carried out. The structures of leak diversion troughs, suspended ceilings and lighting were dismantled to the extent necessary. Service spaces under the platform were vacated and all technical lines were relocated. Subsequently, the platform was broken out in the location of the lifts, as well as load-bearing structures under the level of the platform and the mass fill concrete at the bottom up to the internal surface of the existing tubing segments of the station tunnel. The new load-bearing concrete structures could be carried out on them after completion of the concrete supply borehole.

Two separate rectangular boxes (shafts) running up to the vault of the central station tunnel are founded on the C25/20 reinforced concrete strip footings. They are terminated by massive and densely reinforced longitudinal beams. The larger shaft is for one lift and the escape staircase, the smaller is for the second lift. All those structures are made of cast-in-situ C30/37 reinforced concrete. After completion of the concrete walls at the level under the platform, a new platform slab was carried out and concreting of walls and beams at the platform level followed (see Fig. 5). Finally, grout was injected above the beams so that the new support for the central station tunnel was activated.

CROSS PASSAGE OPENINGS TO STATION

In the design, the excavation of the bottoms of the opposite side stubs for lifts to the station was conditioned by the completed and good-bearing system of supporting reinforced concrete structures in the station. Owing to the favourable development of convergences both in the metro station and the mined transfer gallery, the inverts of those profiles could be closed sooner so that time was saved.

Definitivní (sekundární) ostění přestupní chodby i výtahových šachet je z monolitického železobetonu C30/37, prováděné do posuvného bednění. Bednění přestupní chodby musí být variabilní, kvůli množství různých profilů a křížení. Rozmístění pracovních spár bylo v realizačním projektu upraveno podle uvažované formy a pracovního postupu zhotovitele. Silně vyztužená stěna pro ruční tlakový uzávěr, který musí být při betonáži podepřen pomocnými ocelovými profily, tvoří samostatný blok. Ve výtahových šachtách do stanice byly navrženy šroubové spojky výztuže pro propojení svislé výztuže navazujících konstrukcí betonovaných před a po vybourání otvoru do klenby stanice.

Vyztužení definitivních konstrukcí ve stanici, stejně jako spodních klenb a stěn v přestupní chodbě a také i ostění výtahových šachet, je navrženo z vázané prutové ocelové výztuže. Klenby a boky přestupní chodby jsou vyztuženy pomocí ocelových sítí, fixovaných na čtyřprutové příhradové rámy (obr. 7). V některých místech jsou doplněny příložky z prutové výztuže.

Vzhledem k umístění výstupního objektu výtahů do přízemí obytného domu Václavská č. p. 2068 byly obavy o přenos vibrací z metra do konstrukce domu. Z tohoto důvodu byly dilatační spáry výtahové šachty Š2 vyplněny vibroizolací Sylodyn®. Obdobně

The excavation of both rectangular staple shafts up to the external surface of the tubbing segments of the central station tunnel followed. Empty spaces, including a partially filled overbreak from the original excavation of the station, were discovered during the course of this work. They had to be filled with grout. The staple shafts were supported by a 300mm thick primary lining made of C20/25 sprayed concrete reinforced with 8/150×150mm steel mesh. At the invert level, larger side stubs were in addition provided with temporary transverse steel braces spaced at 2m, which could be removed only after completion of concreting the final lining of the opening (see Fig. 6).

It was necessary to make two openings 9.8 × 3.9m and 4.3 × 3.9m linking to the reinforced concrete structures in the vault of the central station tunnel for both elevators, the escape staircase and the internal installations. The openings respect the existing composition of the reinforced concrete segments of the station. The tubbing segments were gradually broken out after the removal of coupling bolts. This work could be started only after the final strength of the new reinforced concrete beams in the station had been verified.

WATERPROOFING AND FINAL LINING

A closed intermediate waterproofing system was chosen for all structures. The waterproofing layers comprise a 3mm thick, plasticised PVC membrane covered with protective geotextile. In the extent of the bottom, the membrane is protected from the top by 2 layers of rigid geotextile 1000g/m² instead of protective concrete. External waterbars with a securing system of grouting hoses starting in boxes embedded in the internal face of the final lining are incorporated into all day joints and expansion joints. The new waterproofing system is fixed directly to the reinforced concrete segments of the station lining, watertight around both openings into the station. The waterproofing membrane is terminated around the openings by welding to Sikaplan® WP Tape 200, which is a 20cm wide strip of membrane glued by epoxy adhesive to the cleaned and levelled surface of existing segments, covered with putty. This system is supplemented by grouting hoses and swelling gaskets.

The final (secondary) lining of the transfer gallery and lift shafts is made of C30/37 cast-in-situ reinforced concrete poured behind mowing formwork. The formwork for the transfer gallery has to be variable with respect to the quantity of different profiles and crossings. The positions of day joints were adjusted in the detailed design according to the formwork being planned and contractor's method statement. The heavily reinforced wall for the manually operated pressure-resisting gate, which has to be supported with auxiliary steel sections during the course of concreting, forms an independent block. Conically threaded coupling sleeves were designed to be used in the lift shafts to



Obr. 7 Armování definitivního ostění křížení přestupní chodby
Fig. 7 Placement of reinforcement of transfer gallery final lining crossing

byla oddělena horní část šachty od základů a stropní desky suterénu domu.

FINÁLNÍ ÚPRAVY

Vstupní objekt výtahů na uliční úrovni bude zabudován do stávajícího obytného domu Václavská č. p. 2068 tak, že nahradí jednu z výloh prodejny. Bude realizován tak, aby co nejméně narušil současný vzhled objektu. Stěny této vstupní niky budou obloženy stejným keramickým obkladem, jako stávající fasáda domu. Vstup bude uzavíratelný rolovací mříží.

Přestupní chodba bude opatřena velkorozměrovým keramickým běžovým obkladem, lepeným na předsazenou montovanou svislou konstrukci z cementovláknitých desek fermacell Powerpanel H₂O. Za nimi vedou odvodňovací žlábků v podlaze přístupné dvířky, které budou využity i pro možnost dodatečné injektáže a korozní měření bludných proudů. Dále jsou v chodbě navrženy akustické podhledy a dlažba ze žulových desek.

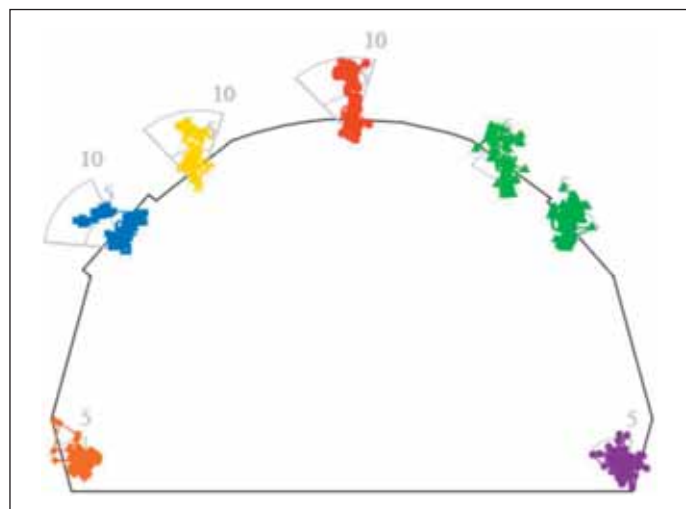
Na nástupišti bude realizována dvojice kiosků pro výtahy a evakuační schodiště s prosklenou konstrukcí z neprůhledného bezpečnostního skla s vysokou odrazivostí. Po dokončení přetěsnění dotčených železobetonových tubingů stanice metra bude provedena konečná úprava nástupiště, včetně zpětné montáže zontů, obkladů a dlažby.

GEOTECHNICKÝ MONITORING

Geotechnický monitoring stavby je podrobně popsán v samostatném článku [2]. Byl navržen v návaznosti na statický výpočet a předchozí pasportizaci ovlivněných objektů. Zahrnuje sledování nadzemní zástavby, povrchu, stávající stanice metra, hladiny podzemní vody a nových ražených a hloubených objektů. Všechny výsledky jsou prezentovány v databázovém systému SIISEL, který je pro účastníky výstavby přístupný online přes webové rozhraní. Kromě toho jsou výsledky diskutovány za účasti všech zainteresovaných stran na pravidelných schůzkách rady monitoringu (RAMO).

ZKUŠENOSTI Z PROJEKTU

Zajištění ražených objektů bylo navrženo tak, aby ovlivnění povrchové zástavby i stávající stanice bylo co nejmenší. Statický výpočet uvažoval poměrně nízké deformace horninového masivu a terénu, čemuž odpovídaly i varovné stavy. Svislé konvergence



Obr. 8 Vektorový diagram deformací středního staničního tunelu (informační systém SIISEL)

Fig. 8 Vector diagram of the central station tunnel deformations (SIISEL information system)

the station for splicing vertical reinforcement bars of the linking structures concreted before and after breaking out the opening to the station vault.

Tie-up reinforcement bars are designed for the final structures in the station and the invert and walls in the transfer gallery. The vaults and sides of the transfer gallery are reinforced with steel mesh fixed to four-strand lattice frames (see Fig. 7). Strap pieces made from reinforcement bars are added in some places.

With respect to the location of the structure for the exit of lifts in the basement of the Václavská No. 2068 residential building, there were concerns regarding the transmission of vibrations from metro to the building structure. For that reason the expansion joints in the lift shaft S2 structure were filled with Sylodyn® vibroinsulation. The upper part of the shaft was separated from the foundations and the roof slab above the basement of the building similarly.

FINAL WORK

The structure for the entrance to the lifts at the street level will be incorporated into the existing building No. 2068 in Václavská Street by replacing one of the shop windows. It will be carried out in a way ensuring that the current appearance of the building will not be disturbed. Walls of this entrance niche will be clad in the same ceramic tiles as the current facade of the building. The entrance will be closable by a rolling grille.

The transfer gallery will be provided with large ceramic cladding glued on a hanging fabricated vertical structure made from fermacell Powerpanel H₂O fibre reinforced cement boards. There are drainage channels in the gap behind them. They are accessible through doors, which will be used also for the possibility of additional grouting and corrosion measurements of stray currents. In addition, acoustic suspended ceilings and granite floor tiles are designed for the gallery.

A pair of kiosks for the lifts and an evacuation staircase with a structure glazed with high reflectivity, opaque safety glass will be installed on the platform. The final work on the platform including installation of leak diversion troughs, cladding and floor tiles back will be carried out after completion of re-sealing of the affected reinforced concrete segments of the metro station.

GEOTECHNICAL MONITORING

Geotechnical monitoring of the construction is described in detail in a separate paper [2]. It was designed as a follow up to a structural analysis and previous condition survey of the affected buildings. It comprises monitoring of above-surface buildings, the surface, the existing metro station, the water table level and new mined and cut-and-cover structures. All results are presented in the SIISEL database system, which is accessible for the participants online, via a web interface. In addition, the results are discussed with the participation of all stakeholders in regular meetings of the Monitoring Board.

EXPERIENCE FROM DESIGN

The design for the excavation support for mined structures was prepared with the objective to minimise the impact on the surface development and the existing station. The structural analysis assumed relatively low deformations of the ground mass and terrain and the warning states corresponded to it. Vertical convergences of the transfer gallery up to 10 and 15mm and settlement of terrain and buildings up to 10 respectively 20mm were considered, depending on the particular location. The maximum measured values of the gallery convergences slightly exceeded 10mm, the maximum

přestupní chodby byly uvažovány do 10 a 15 mm, poklesy terénu a budov do 10 a 20 mm, v závislosti na konkrétním místě. Maximální naměřené hodnoty konvergencí chodby mírně přesahovaly 10 mm, maximální sedání terénu bylo do 10 mm a sedání budov do 5 mm.

Varovné stavy pro konvergence přestupní chodby byly mírně překračovány ve vodorovném směru, v důsledku ražby kaloty bez uzavírání protiklenby z důvodu co nejrychlejší realizace zásobovacího vrtu do stanice. Uvažovaná maximální hodnota 2. varovného stavu 5 mm byla během výstavby navýšena na 8 mm s tím, že kolem této hodnoty již docházelo k ustalování maximálních vodorovných konvergencí a zároveň nebyl ovlivňován povrch v nadloží.

Pro staniční tunely byl u konvergenčního měření stanoven 2. varovný stav deformací 10 mm. V měřicím profilu středního staničního tunelu, přímo pod příčnou přestupní chodbou, bylo zaznamenáno maximální zvedání klenby zhruba o tuto hodnotu (obr. 8). V ostatních staničních profilech bylo naměřeno maximálně 5 mm. Důležité bylo i sledování vzájemného směru deformací jednotlivých bodů měřicího profilu, aby nedocházelo k rozvíření tubingů stanice.

Podstatnou změnou oproti předchozím projektům ražených bezbariérových zpřístupnění stanic byla nemožnost provedení plánovaných trhacích prací, s výjimkou několika záběrů ve spodní části šachty Š2. Neefektivní mechanizované rozpojování horniny výrazně prodloužilo dobu ražeb, a tudíž i celkovou lhůtu výstavby. Navíc místo jednoho odpalu na záběr museli obyvatelé okolních budov poslouchat a vnímat kontinuální práci impaktoru tunelbagru, jehož velikost byla limitována rozměry přestupní chodby.

Vzniká problém, jak se k tomuto riziku optimálně postavit v projekční fázi příštích podobných projektů. Navrhování ražeb s mechanizovaným rozpojováním pro celou délku díla i v podmínkách vhodných pro trhací práce nezanedbatelně prodlužuje harmonogram výstavby a tím navyšuje cenu díla.

ZÁVĚR

Pražské metro má v současné době celkem 58 stanic, včetně 3 přestupních (dvojítych). Bezbariérových je z nich 42, tedy přibližně 72 %. Z tohoto počtu má 38 stanic bezbariérový přístup pro všechny cestující, zbylé 4 stanice pouze pro osoby na invalidním vozíku. Zprovoznění projektu bezbariérového zpřístupnění stanice Karlovo náměstí bude dalším přínosem ke snaze Dopravního podniku hlavního města Prahy mít do roku 2028 všechny stanice metra bezbariérově přístupné [3]. K tomuto cíli nezbývá než popřát hodně štěstí při získávání politické podpory, financování a v neposlední řadě také pro stále obtížnější projednávání infrastrukturních projektů v intravilánu města.

Ing. JAN KOREJČÍK, jan.korejcik@metroprojekt.cz,

Ing. MARTINA URBÁNKOVÁ,

martina.urbankova@metroprojekt.cz,

MICHAL KOLEVSKI, michal.kolevski@metroprojekt.cz,

METROPROJEKT Praha a. s.

Recenzoval: RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D.

settlement of terrain was less than 10mm and the settlement of buildings did not exceed 5mm.

The warning states for the transfer gallery convergences were slightly exceeded horizontally as a result of the top heading excavation without closing the invert for the reason of the as-fast-as-possible completion of the supply borehole to the station. The maximum value of 2nd warning state considered to be 5mm was increased during the course of the construction to 8mm. The maximum horizontal convergences already started to stabilise around this value and, at the same time, the surface above the excavation was not affected.

The 2nd warning state of 10mm was determined for the convergence measurements in station tunnels. Maximum heaving of the vault up roughly by this value was registered in the measurement profile in the central station tunnel, directly under the transverse transfer gallery (see Fig. 8). The maximum value of 5mm was measured in the other station profiles. Monitoring of the mutual direction of deformations of individual points in the measurement profile was also important so that the joints between station segments did not open.

The fact that it was not possible to carry out the planned blasting operations (with the exception of several excavation rounds in the bottom part of shaft S2) meant a significant change compared to previous projects requiring to provide mined barrier-free accesses. The inefficient mechanical disintegration of rock significantly extended the duration of excavation, thus also the overall duration of the construction. In addition, instead of one blast, the residents of neighbouring buildings had to listen to and sense the continual work of the impactor mounted on the tunnel excavator, the size of which was limited by dimensions of the transfer gallery profiles.

A problem arises how this risk is to be faced in the designing phase of similar projects in the future. Designing underground excavation using mechanical disintegration for the whole length of the working even in the conditions suitable for blasting significantly extends the works schedule, thus increases the cost of works.

CONCLUSION

The Prague Metro system has currently 58 stations in total, including 3 transfer (double) stations. Of them, 42 stations, i.e. approximately 72%, are barrier-free. Of this number, 38 stations have barrier-free access for all passengers and 4 remaining stations only for persons in wheelchairs. Putting the barrier-free access to Karlovo Náměstí station into service will be another contribution to the effort of the Prague Public Transit Company to have barrier-free accesses to all metro stations by 2028 [3]. We will be left with no alternative but to wish good luck in gaining political support, financing and, at last but not least, in more and more difficult negotiations over infrastructural projects in the urban area of the city.

Ing. JAN KOREJČÍK, jan.korejcik@metroprojekt.cz,

Ing. MARTINA URBÁNKOVÁ,

martina.urbankova@metroprojekt.cz,

MICHAL KOLEVSKI, michal.kolevski@metroprojekt.cz,

METROPROJEKT Praha a. s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] BURIAN, P., KOCHÁNEK, M. Bezbariérové zpřístupnění stanice metra Anděl. *Tunel*, 2015, roč. 24, č. 4, s. 11–23
- [2] CHMELAŘ, R., TŮMA, P., MIKOLÁŠEK, T., GUBÁNIOVÁ, M. Geotechnický monitoring na stavbě bezbariérového zpřístupnění stanice metra Karlovo náměstí. *Tunel*, 2020, roč. 29, č. 1, s. 17–27
- [3] www.dpp.cz

MEZISTROPY V KRÁLOVOPOLSKÉM TUNELU INTERMEDIATE DECKS IN KRÁLOVO POLE TUNNEL

VLASTIMIL HORÁK

ABSTRAKT

Královopolský tunel je jako jeden z mála tunelů v České republice stavebně vystrojen mezistropem, přičemž prostor nad ním je využíván k odsávání kouře a zplodin z výfukových plynů. Jde o tzv. polopříčné větrání tunelu, kdy je čerstvý vzduch nasáván profilem dopravního prostoru a znečištěný vzduch, případně kouř při požáru, jsou odsávány požárními klapkami v mezistropu a následně vyfukovány odvětrávacími komíny. Jde o jedno z nejbezpečnějších řešení při požáru, zajišťující velmi vysokou bezpečnost osob v tunelu i při požáru a současném obousměrném provozu. Existence mezistropů v tunelech má však i svá úskalí. Kromě vyšších investičních nákladů a vyšších provozních nákladů jsou to i technické problémy osazení stropních desek, netěsnosti a problematika zavěšení mezistropu, pokud je zavěšení instalováno. Královopolský tunel je specifický tím, že v jedné tunelové trubě jsou mezistropy uloženy na konzolách v ostění jako prosté desky a v druhé tunelové trubě jsou tyto stropní desky ještě zavěšeny na nerezových táhlech uprostřed rozpětí.

ABSTRACT

The Královo Pole tunnel, as one of the few tunnels in the Czech Republic, is equipped with a suspended slab the space above which is used for extraction of smoke and exhaust pollutants. This is the so-called semi-transverse tunnel ventilation system, where fresh air is sucked in from the profile of the roadway space and polluted air, or smoke in case of fire, is extracted through suction outlets in the intermediate deck slab and subsequently expelled through ventilation chimneys. This is one of the safest fire solutions, ensuring a very high level of safety for persons and simultaneous bi-directional traffic in the tunnel in the event of a fire. However, the existence of intermediate decks in tunnels has also its pitfalls. In addition to higher investment costs and higher operating costs, there are also technical problems with the installation of the suspended decks, leaks and problems with suspending the intermediate deck slabs in case that the suspension is to be installed. The Královo Pole tunnel is specific in the fact that, in one tunnel tube, the suspended deck slabs are placed on brackets in the lining as simple slabs and, in the other tunnel tube, these slabs are in addition suspended on stainless steel ties in the middle of the span.

ÚVOD

Základní údaje o Královopolském tunelu lze shrnout v několika následujících větách. První projektová dokumentace tohoto tunelu je z roku 1993, obsahovala pouze jednu obousměrnou tunelovou troubu budovanou stylem „cut and cover“ a součástí byla již větrací centrála zhruba v poloze dnešního technologického centra. Na tento projekt bylo již v roce 1994 vydáno územní rozhodnutí. Postupem času a dalším projektováním nakonec vzniklo konečné technické řešení dvou ražených tunelů, princip větrání s odsáváním a následným výdechem komíny technologického centra u křižení ulic Dobrovského a Slovinská však zůstal zachován. Tunel byl uveden do zkušebního provozu 31. 8. 2012 a ve zkušebním provozu je provozován do dnešního dne. Důvodem je překračování hlukových limitů na fasádě některých pater výškových domů v Žabovřeskách v řádu prvních jednotek dB. Tedy fakt, který byl znám již ve stavebním řízení, ale tehdejší legislativa umožňovala řešit překročení limitů ve venkovním prostředí dodržením příslušně nižších limitů ve vnitřním prostředí. Dnešní legislativa tento postup ke škodě věci neumožňuje.

Z hlediska fungování systému větrání, a tedy i mezistropů, lze po osmi letech provozu konstatovat, že instalovaná technologie odsávání je připravena zcela určitě a bezpečně řešit mimořádné události (požár) a extrémní během mimořádného obousměrného provozu v kterékoliv tunelové trubě. Pro běžný jednosměrný provoz i při špičkových intenzitách postačuje podélné odvětrání tunelu proudovými ventilátory, osazenými v portálových úsecích, aniž by se měřitelně zhoršila emisní situace v obydlených oblastech kolem portálů.

INTRODUCTION

The basic data on the Královo Pole tunnel can be summarized in the following sentences. The first design documentation for this tunnel is dated 1993. It contained only one bi-directional tunnel tube constructed using the “Cut and Cover” method. The ventilation centre approximately in the location of today’s technology centre was already part of the tunnel. The zoning and planning approval for this project was issued in 1994. Over time and by further designing, the final technical solution consisting of two mined tunnels finally originated, but the ventilation principle with extraction and subsequent exhaustion through chimneys of the technology centre at the intersection between Dobrovského and Slovinská streets was maintained. The tunnel was brought into trial operation on the 31 August, 2012 and is operated in this system to this day. The reason is the fact that the noise limits have been exceeded in the order of initial dB units on facades of some storeys of high-rise buildings in Žabovřesky. This fact had been known already during the building permission proceedings, but the legislation of that time made it possible to deal with exceeding the limits for external environment by complying with correspondingly lower limits in the internal environment. To the detriment of the case, today’s legislation does not allow this procedure.

From the point of view of the functioning of the ventilation system, and thus also of the intermediate decks after eight years of operation, it can be stated that the installed extraction system is prepared safely for dealing with emergencies (a fire) and extremes during the emergency bi-directional operation in each of the tunnel tubes. The longitudinal system of tunnel ventilation by jet fans installed in portal sections is sufficient for common unidirectional

TECHNICKÉ ŘEŠENÍ MEZISTROPŮ

Jak bylo již výše zmíněno, jsou mezistropy v obou tunelových troubách provedeny odlišně, s výjimkou zálivů a rozšíření tunelu, kde jsou pro obě tunelové trouby identické.

Tunelová trouba I(A) má monolitické desky mezistropu osazené na konzolách sekundárního ostění, a navíc jsou tyto desky ještě zavěšeny na nerezových táhlech à 2,0 m uprostřed jejich rozpětí. Staticky pak tyto desky fungují jako spojitý nosník o dvou polích. Desky mezistropu mají spodní líc mírně zaklenutý s poloměrem cca 80 m, vzepětí uprostřed rozpětí desek pak činí cca 110 mm, na délce cca 8,5 m. Horní líc mezistropu je vodorovný. Takto byly mezistropy původně navrženy pro obě tunelové trouby.

V tunelu II(B) jsou standardní mezistropy provedeny ze statického hlediska jako prosté nosníky, tedy bez zavěšení uprostřed. Odlišnému statickému působení pak logicky odpovídá i dimenzování, tedy jiný způsob vyztužení a mírně jiný tvar desek mezistropu (mírně zvětšená tloušťka a zaklenutí horního líce desek). Spodní líc mezistropu je tvarově zaklenutý identicky jako u zavěšených mezistropů v tunelu I(A). Tato „anomálie“ vznikla během výstavby, kdy každá tunelová trouba měla jiného zhotovitele (obr. 1).

Desky mezistropů v obou tunelových troubách jsou uloženy identicky na šikmých ložných plochách konzol s kluznými plastovými ložisky MAGEBA LASTO-STRIP LS 130 (40/300) X6 (obr. 2). Toto uložení umožňuje dilataci desek vlivem měnících se teplot, tzn. posuny a pootočení na konzolách. Táhla v tunelu I(A) zajišťují tvarovou stabilitu (konstantní výškovou polohu středu desek vůči klenbě sekundárního ostění).

MONITORING

Součástí monitoringu během výstavby i po dokončení stavby bylo rovněž sledování přetvoření sekundárního ostění a zejména

traffic operation without measurable worsening the emission situation in the populated areas around the portals even during traffic peak periods.

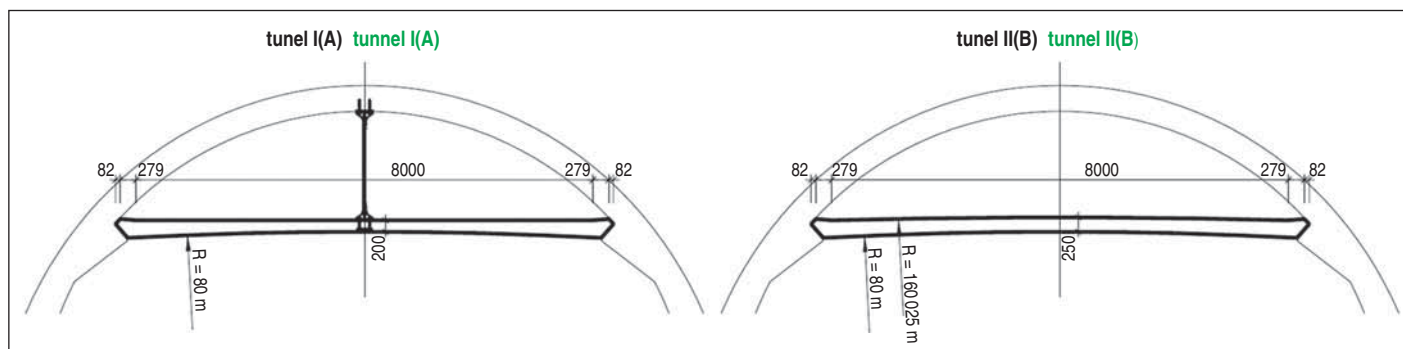
TECHNICAL SOLUTION TO INTERMEDIATE DECKS

As mentioned above, designs for the intermediate decks in both tunnel tubes differ, with the exception of lay-bys and expanded tunnel width locations, where both tunnel tubes are identical.

The cast-in-situ intermediate deck slabs in the tunnel tube I(A) are installed on brackets of the secondary lining and, in addition, the slabs are suspended from stainless-steel ties installed in the middle of their span at the spacing of 2.0m. Statically, the slabs act as continuous double-span beams. The underside of the intermediate deck slabs is slightly vaulted with the radius of ca 80m; the rise of the arch in the middle of the span of the slabs amounts to ca 110mm along the length of ca 8.5m. The upper surface of the intermediate deck slab is horizontal. The intermediate deck slabs were originally designed in this way for both tunnel tubes.

From the statics point of view, the standard intermediate deck slabs in the tunnel tube II(B) are designed as simply supported beams, without suspension in the middle of the span. The different dimensioning system and the slightly different shape of the intermediate deck slabs (slightly increased thickness and arching of the underside of the slabs) logically corresponds to the different static action. The shape of the underside of the intermediate deck slab is arched identically to the suspended intermediate decks in the tunnel tube I(A). This “anomaly” originated during the course of the construction, where each tunnel tube was carried out by another contractor (see Fig. 1).

The intermediate deck slabs in both tunnel tubes are supported identically by sloping loading surfaces of the brackets with



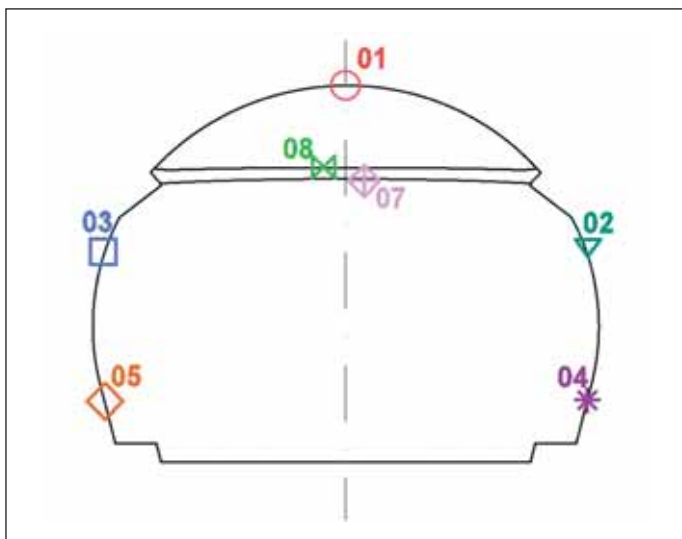
Obr. 1 Tvary mezistropů v tunelu I(A) a II(B)

Fig. 1 Shapes of intermediate deck slabs in tunnels I(A) and II(B)



Obr. 2 Vyztuž a uložení desek mezistropů na ložiscích MAGEBA

Fig. 2 Reinforcement and bearing of intermediate deck slabs on MAGEBA bearings



Obr. 3 Měřené body konvergenčních profilů Královopolského tunelu
Fig. 3 Measured convergence points in the measurement sections in Královo Pole tunnel

pak desek mezistropů. Mezistropy jsou tedy sledovány a geodeticky měřeny již od roku 2010, kdy byly vybetonovány první z nich. Geodetická měření byla prováděna jako standardní konvergenční měření profilů sekundárního ostění ze strany dopravního prostoru na osazených „zrcátkách“. Před vybetonováním mezistropu byl měřen konvergenční bod ve vrcholu klenby (bod 01), po betonáži mezistropu byl pak měřen již jen spodní líc mezistropu uprostřed rozpětí (bod 07) (obr. 3). Horní líc mezistropu byl měřen lokálně a ručně distometrem od bodu 01 ve vrchlíku klenby, který byl brán jako pevný fixní bod. Desky mezistropů nebyly měřeny v místech uložení. Desky mezistropů v tunelu I(A) nevykázaly díky táhlům prakticky žádné deformace, dále se proto bude článek věnovat pouze mezistropům v tunelu II(B).

Tento způsob měření deformací mezistropů byl praktikován až do roku 2014. Poté bylo od tohoto způsobu měření upuštěno pro nevysvětlené zjevné měřičské chyby:

- měření distometrem shora a geodetická měření zdola se rozcházel až o hodnotu 33 mm (!);

MAGEBA LASTO-STRIP LS 130 (40/300) X6 plastic sliding bearings (see Fig. 2). This bearing design allows for expansion of the slabs due to changing conditions, i.e. shifting and rotation on the brackets. The ties in the tunnel I(A) ensure the dimensional stability (constant distance between the centres of the slabs from the secondary lining vault).

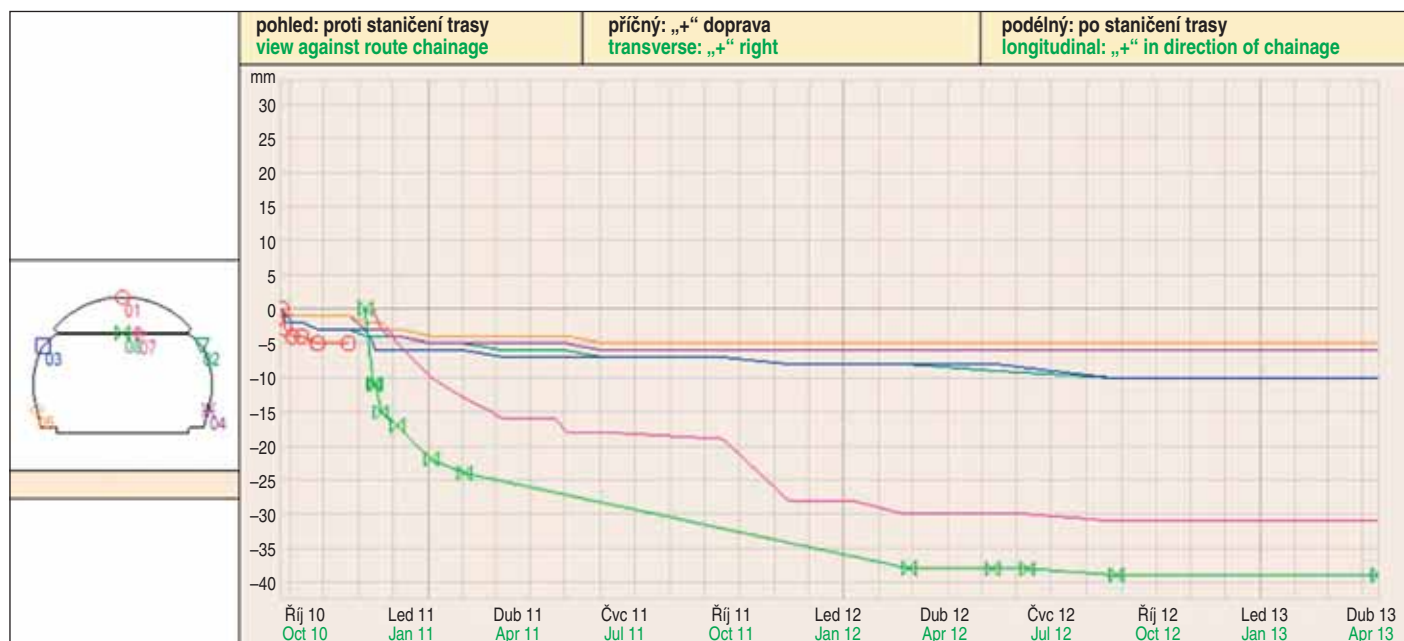
MONITORING

Part of the monitoring during the construction and after the completion of the construction was also the monitoring of the deformation of the secondary lining and, first of all, of the intermediate decks. It means that the intermediate decks have been monitored and surveyed since 2010, when the first of them were concreted. The survey was carried out in the form of standard convergence measurements of the secondary lining profiles from the side of the roadway space on the “reflection targets” installed. Before concreting the intermediate deck slab, the convergence point at the top of the vault (point 01) was measured, whilst the underside of the intermediate deck slab in the middle of the deck span (point 07) (see Fig. 3) was measured after concreting. The upper surface of the intermediate deck slab was measured locally and manually with a dilatometer from point 01 at the top of the vault, which was considered to be a fix point. The intermediate deck slabs were not measured at the bearing points. Owing to the ties, the intermediate deck slabs in the tunnel I(A) exhibited practically no deformation, therefore this paper will further dedicate itself only to the intermediate deck slabs in tunnel II(B).

This system of measuring deformations of intermediate deck slabs was practiced until 2014. This measurement method was then abandoned for unexplained apparent measurement errors:

- the results of measurements from the top using a dilatometer and the results of surveying diverged from each other by up to 33mm (!);
- according to the measurement results, the locations of the points measured in the tunnel bench (the couples of points 03-05 and 02-04, spaced at ca 3.0m) diverged by up to 6mm (!).

In the Fig. 4 there is the expansion block No. 27, there are obvious measurement errors – deformations of points 07 and 08 diverge in this expansion block “only” by ca 8mm, whilst the points in the



Obr. 4 Konvergenční profil v pasu č. 27

Fig. 4 Convergence measurement cross section in expansion block No. 27

- polohy měřených bodů v opěři (dvojice bodů 03–05 a 02–04 vzdálených od sebe cca 3,0 m) se podle výsledků měření rozcházejí až o 6 mm (!).

Na obr. 4 je typický pas č. 27 a zjevné měřičské chyby – deformace bodů 07 a 08 se rozcházejí u tohoto pasu „jen“ o cca 8 mm, body v opěři se rozcházejí o cca 6 mm. Přesto je možné z grafu dobře vidět zjevné ustálení deformací bodů uprostřed rozpětí desky mezistropu (body 07 a 08). Zjevné uklidnění nastalo podle těchto měření cca od dubna 2012.

Na základě diskutabilních výsledků konvergenčních měření byly zvažovány jiné způsoby měření – hydronivelace, tenzometry, inklinometrická měření apod. Vzhledem ke specifickým podmínkám v tunelu a potřebným přesnostem měření na desetiny milimetru (deformace v uložení desek mohou vyvolat řádově vyšší deformace středu desky) byla nakonec zvolena metoda velmi přesné nivelace s přesností prvních desetín milimetru.

Od roku 2014 se tedy vybrané desky mezistropů (16 desek) měří až do doby psaní článku velmi přesnou nivelací shora, a to na šesti bodech. Tři body jsou osazeny v klenbě tunelu a tři body jsou osazeny na horním líci desky mezistropu – viz schéma na obr. 5. Výchozím předpokladem těchto relativních lokálních měření je, že klenba tunelu (body 4, 5, 6) se nijak nedeformuje, resp. tyto deformace jsou zanedbatelné.

Výsledek velmi přesné nivelace v půlročních intervalech lze demonstrovat na typickém mezistropu v pase č. 27, včetně matematické prognózy dalšího vývoje.

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

Jak je vidět z grafu na obr. 5, nový způsob měření mezistropů zcela popřel závěry vyvozené na základě konvergenčních měření, tedy uklidnění a zastavení deformací mezistropu již v roce 2012. Naopak, od začátku měření velmi přesnou nivelací až do roku 2018 bylo možné označit nárůst deformací středu desek mezistropů za prakticky lineární s přírůstkem 1 mm až 2 mm ročně, což vyvolávalo logické obavy správce tunelu o bezpečnost provozu. Zejména proto, že v té době (2012) došlo v Japonsku v tunelu Sasago ke zřícení prefabrikovaných zavěšených mezistropů s oběťmi na životech. Problematiku deformací mezistropů v Královopolském tunelu a jejich vyhodnocování lze charakterizovat následovně:

- Nelze přesně stanovit celkový skutečný průhyb desek – konvergenční měření byla zatížena zjevně chybami a měření velmi přesné nivelace od roku 2014 zase nezachycuje deformace z období 2010 až 2014 včetně případných poklesů v uložení desek. Pravděpodobný průhyb mezistropu tak dosahuje hodnoty zřejmě kolem 40 mm(?). Při rozpětí cca 8,3 m je to nicméně hodnota ještě přípustná pro prostě uloženou železobetonovou desku (cca 1/200).
- Desky mezistropů nevykazují od 2010–2011 (dokončení stavební části tunelu) žádné zjevné poruchy, nevytvářely se žádné nové trhliny na spodním líci a síť smršťovacích trhlin, vytvořená prakticky ihned po betonáži, se nijak nerozšiřovala a nerozsiruje.
- Deformace v uložení desek (ložiska MAGEBA) nebyly nikdy měřeny a jsou prakticky neměřitelné. Zejména dnes, kdy již většina plastických deformací zřejmě proběhla.

MOŽNÉ PŘÍČINY DEFORMACÍ NEZAVĚŠENÝCH DESEK MEZISTROPŮ

Smršťování betonu je fyzikální jev při tvrdnutí betonu a jeho velikost závisí na objemu vody a cementu v čerstvém betonu a způsobu a rychlosti ztráty vody v čerstvém betonu v důsledku chemické

bench diverge by ca 6mm. Despite this fact, it is possible to see well from the graph the apparent stabilization of the deformations of the points in the middle of the span of the intermediate deck slab (points 07 and 08). According to the measurements, obvious stabilisation took place approximately in April 2012.

Other measurement methods (hydrolevelling, strain gauges, inclinometer measurements etc.) were taken into consideration with respect to the disputable results of convergence measurements. Because of the specific conditions in the tunnel and the required accuracies to tenths of millimetre (deformations in the bearing of the deck slab may induce higher-order deformations in the middle of the slab), the very high precision levelling with an accuracy of initial tenths of millimetre was finally chosen.

Since 2014 until writing this paper, selected intermediate decks (16 decks) have been therefore measured on six points by very high precision levelling from above. Three points are fixed in the tunnel vault and three points will be fixed on the upper surface of the intermediate deck slab – see the chart in Fig. 5. The initial assumption of these relative local measurements is that the tunnel vault (points 4, 5, 6) does not deform, respectively the deformations are negligible.

The very high precision levelling results at six-month intervals can be demonstrated on a typical intermediate deck slab in the expansion block No. 27, including a mathematical prognosis for further development.

ASSESSMENT OF MEASUREMENT RESULTS

As can be seen from the graph in Fig. 5, the new method of measuring the intermediate decks completely refuted the conclusions drawn on the basis of convergence measurements, i.e. settling and stabilisation of deformations of the intermediate deck already in 2012. On the contrary, it was possible from the beginning of the measurements by very high precision levelling until 2018 to mark the increase in deformations of the centres of the intermediate deck slabs as practically linear with annual increments ranging from 1mm to 2mm. This fact raised logical concerns of the tunnel administrator about the tunnel operation safety. Especially because at that time (2012) a collapse of prefabricated suspended intermediate decks with casualties occurred in the Sasago tunnel, Japan. The issue of deformations of intermediate decks in the Královo Pole tunnel and their assessment can be characterized as follows:

- It is impossible to determine the real aggregate course of deflection of the decks – the convergence measurements were obviously affected by errors and the very high precision levelling measurement conducted from 2014 does not cover deformations from the 2010 to 2014 period, including possible subsidence at the bearings of the deck slabs. The value of the probable deflection of the intermediate deck slab thus reaches about 40mm(?). However, with a span of approx. 8.3m, this value is still permissible for a simply supported reinforced concrete deck slab (ca 1/200).
- From 2010 to 2011 (completion of the civil engineering part of the tunnel), the intermediate deck slabs exhibited no obvious defects, no new cracks developed on the underside and the network of contraction cracks which developed practically immediately after concreting did not expand and is not expanding.
- Deformations in the bearing of the deck slabs (MAGEBA bearings) have never been measured and are practically immeasurable. Especially today, when the majority of plastic deformations have probably passed.

reakce s cementem a v důsledku vysychání zrajícího betonu. Čím více vody je v čerstvé betonové směsi (tzn. čím vyšší je vodní součinitel c/v) a čím rychleji beton následně vysychá (čím méně se ošetřuje), tím je smrštění větší. Dalšími faktory ovlivňujícími smršťování jsou např. modul pružnosti kameniva, jemnost mletí cementu, použití přísad pro urychlení tvrdnutí, množství a chemismus plastifikačních přísad do betonu atd. Hodnota součinitele objemového smrštění se pohybuje od 0,0001 do 0,001. Dotvarování betonu je následný proces, kdy se do objemových změn zrajícího betonu promítá ještě jeho zatížení – přímý vliv na velikost objemových změn a deformace výsledného tvaru betonového „výrobku“ má začátek zatížení a okamžitá pevnost, resp. okamžitý modul pružnosti/přetvárnosti zrajícího betonu a doba trvání zatížení. Vlivem smrštění a dotvarování mladého betonu po odbednění došlo u všech desek k prakticky okamžitému průhybu v rozmezí 15 mm až 20 mm uprostřed rozpětí a v období cca do čtyř měsíců od odbednění pak k deformaci cca 30 mm až 35 mm (viz graf obr. 4). V tomto období bohužel nebyly měřeny jakékoliv pohyby či deformace v místech uložení desek.

Plastová ložiska MAGEBA LASTO STRIP LS 130 (profil 40×6 mm) nejsou ideálně tuhá, jde o plast. Výrobce udává pro použitá ložiska přípustné normálové napětí max. 3,2 MPa, normálové napětí v ložiscích od vlastní tíhy desky mezistropu (bez uvažování vlivu změny teploty) je cca 0,65 MPa (tzn. cca 20 % povolené zatížitelnosti). Vlivem teplotní roztažnosti betonu a tuhosti desky v příčném směru však může toto normálové napětí vzrůst až řádově. Modul pružnosti ani přetvárnosti výrobce neudává, takže není možné exaktně výpočtem určit pružnou a plastickou deformaci ložiska v závislosti na napětí. Výrobce neudává u tohoto typu ložiska ani tzv. vratnou sílu, tedy garantovanou pružnou reakci ložiska. U plastů se pružná deformace obvykle pohybuje v řádu prvních jednotek procent dovoleného zatížení, lze tedy reálně předpokládat, že v případě použitých ložisek budou úměrně aktuálnímu kolísavému zatížení (teplotní změny) převládat plastické (nevrátne) deformace.

Exaktně naměřené poklesy v podporách (ložiska MAGEBA) od roku 2014 činící 1 mm až 2 mm (viz graf na obr. 5) mohly nastat kombinací dvou možných příčin:

POSSIBLE CAUSES OF DEFORMATIONS ON UNSUSPENDED INTERMEDIATE DECKS

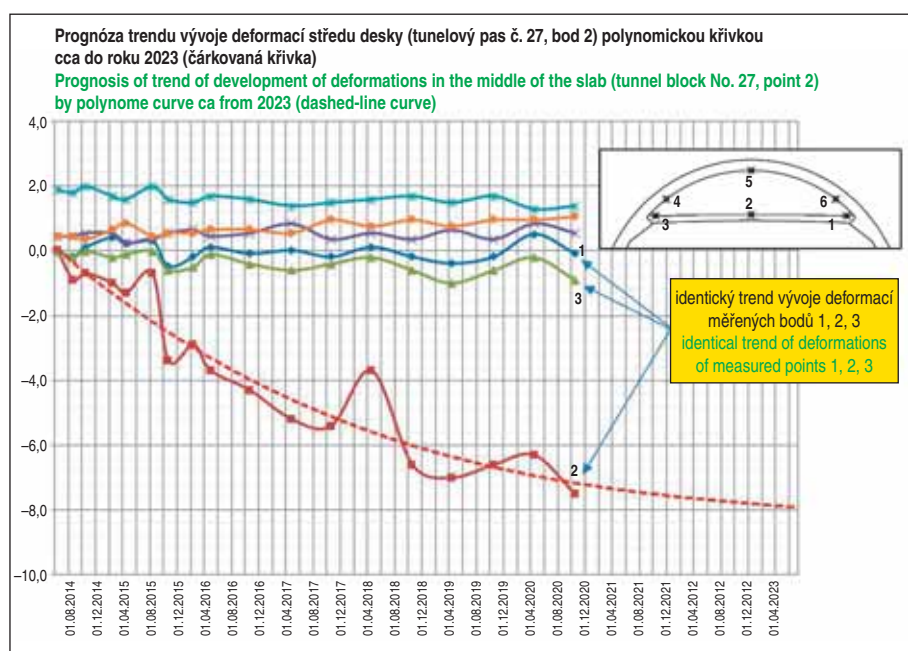
The shrinkage of concrete is a physical phenomenon during the course of concrete hardening period and its magnitude depends of the volume of water and cement in green concrete and the manner and rate of water loss in green concrete due to a chemical reaction with cement and due to drying of the curing concrete. The more water there is in the fresh concrete mix (i.e. the higher the cement-water ratio) and the faster the concrete subsequently dries out (the less it is being cured), the greater the shrinkage. Other factors affecting the shrinkage are, for example, the modulus of elasticity of aggregates, fineness of cement grinding, application of the shrinkage affecting additives, the amount and chemistry of plasticising additives etc. The value of the volumetric shrinkage factor ranges from 0.0001 to 0.001. Concrete creep is a following process, where the load acting on curing concrete is reflected into volumetric changes of the concrete – the magnitude of volumetric changes and deformations of the resultant shape of the concrete “product” is directly influenced by the beginning of loading and the instantaneous strength, respectively the instantaneous modulus of elasticity/deformation of curing concrete and the duration of loading. Due to shrinkage and creep of young concrete after stripping of formwork, practically immediate deflection of all deck slabs ranging from 15mm to 20mm took place in the middle of all slabs and, in the period of about four months after stripping, the deformation reached ca 30mm to 35mm (see graph in Fig. 4). Unfortunately, no movements or deformations in the locations of the deck slab bearings were measured during this period.

Plastic bearings MAGEBA LASTO STRIP LS 130 (profile 40×6 mm) are not ideally stiff, they are from plastic material. The manufacturer indicates the maximum permissible normal stress of 3.2MPa; the normal stress in the bearings induced by the own weight of the intermediate deck slab (without the change in temperature taken into consideration) amounts to ca 0.65MPa (i.e. ca 20% of the permissible load capacity). However, this normal stress may increase by an order of magnitude due to thermal expansion of concrete and stiffness of the deck slab in the transverse direction. Neither a modulus of elasticity nor

modulus of deformation is indicated by the manufacturer, therefore it is not possible to exactly determine by calculation the elastic and plastic deformation of the bearing depending of stress. The manufacturer does not indicate even the so-called return force, i.e. the guaranteed elastic reaction of the bearing. The elastic deformation of plastic materials usually ranges within the order of initial units of percents of the permissible loading; it is therefore possible to realistically assume that, in the case of the used bearings, plastic (non-reversible) deformations will prevail, proportionally to the current fluctuating loading (thermal changes).

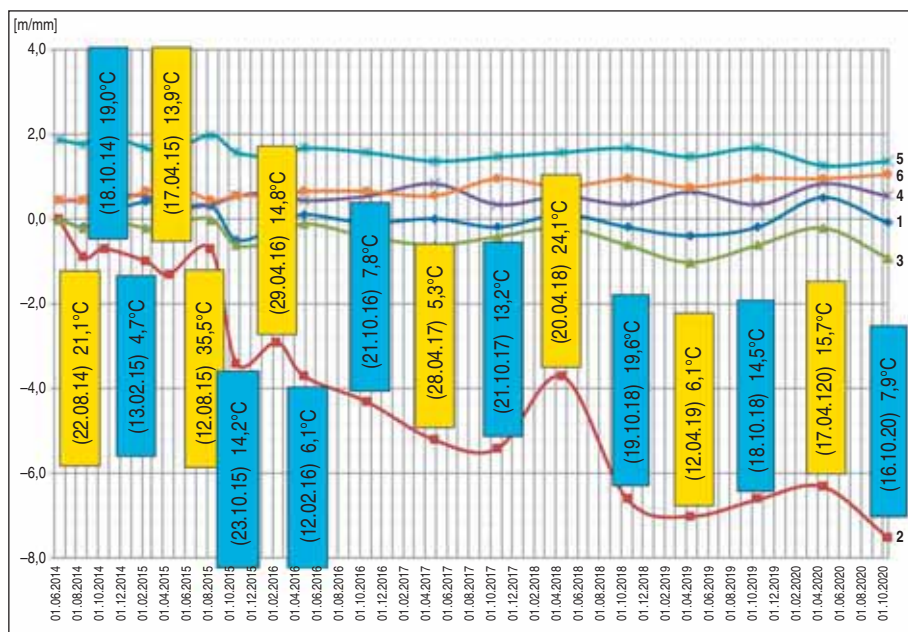
The values of subsidence at the supports (MAGEBA bearings), exactly measured from 2014, amounting to 1mm to 2mm (see graph in Fig. 5), could take place due to combination of two possible causes:

- elastic and plastic deformation – compression and/or shear strain of the bearings;



Obr. 5 Výsledky měření velmi přesné nivelace v pase č. 27

Fig. 5 Results of very high precision levelling in expansion block No. 27



Obr. 6 Výsledky měření velmi přesné nivelace v pase č. 27 a průměrné denní teploty
 Fig. 6 Results of very high precision levelling in expansion block No. 27 and average daily temperatures

- pružné a plastické přetvoření – stlačení a/nebo smykové přetvoření ložisek;
- posun na šikmé rovině ložiska.

Reálně lze na naměřených deformacích v uložení desky mezistropu očekávat výrazně vyšší podíl stlačování a částečně i smykového přetváření a posun v uložení teprve jako následek plastické deformace ložiska. Deformace a posuny v podporách desky mezistropu (přetvoření ložisek) v důsledku teplotních změn i bez uvažování vlivu smršťování a dotvarování (lze předpokládat, že toto již z velké části nebo již zcela proběhlo) mohou vyvolávat deseti až dvacetinásobné svislé deformace uprostřed rozpětí. Svislé pohyby/poklesy středů desek tak mohou vlivem kolísání teplot a souvisejících deformací ložisek MAGEBA dosahovat hodnot 10 mm až 20 mm, aniž by se jednalo o klasický průhyb nebo deformaci desky vlivem zatížení.

Vliv teploty a teplotní roztažnost jsou zřejmě jedním z rozhodujících faktorů.

- Součinitel teplotní roztažnosti betonu je $\alpha_b = 10 \times 10^{-6} (1/^\circ\text{K})$.
- Při konkrétním rozpětí desek $l = 8,303 \text{ m}$ a teplotním rozpětí $+5 \text{ }^\circ\text{C}$ až $+35 \text{ }^\circ\text{C}$ (vychází se z teplot naměřených na čidlech Fire Guard v tunelu) lze odvodit exaktně stanovenou hodnotu $\Delta_t = 30^\circ\text{K}$.
- Délkové protažení desky mezistropu tak může činit $\Delta_l = l \times \Delta_t \times \alpha_b = 8\,303 \times 30 \times 10 \times 10^{-6} = 2,5 \text{ mm}$.

Při absolutně tuhém kloubovém podepření desek mezistropu a nulové tuhosti ideálně pružné desky v příčném směru by tak uvedené roztahování a smršťování betonu desek vlivem teploty znamenalo pohyb středu desky ve svislém směru v intervalu cca 44 mm (tzn. $\pm 22 \text{ mm}$). Ani jeden z uvedených předpokladů (s výjimkou exaktní hodnoty Δ_t) však není v praxi reálně zcela dosažitelný.

Pro posouzení možného vlivu změny teplot byly vzaty do úvahy i reálně naměřené teploty vzduchu nejbližší meteorologickou stanicí v Brně Židenicích. Přiřazení průměrných denních teplot k naměřeným hodnotám deformací na pasu č. 27 je na obr. 6. Žlutě jsou podsvíceny teploty naměřené na jaře a modře pak teploty podzimní. Vzhledem k teplotní setrvačnosti betonu by bylo korektnější vzít v úvahu rovněž vývoj teploty vzduchu v předchozích několika dnech před vlastním měřením. Teplota betonu desky mezistropu

- displacement on the sloping surface of the bearing.

In reality, a significantly higher proportion of compression and partly also shear strain and displacement on the bearing can be expected at the measured deformations at the intermediate deck slab bearing only as a result of plastic deformation of the bearing as a consequence of the plastic deformation of the bearing. Deformations and displacements at the supports of the intermediate deck slab (creep of bearings) due to thermal changes and without the influence of shrinkage and creep taken into consideration (it is possible to assume that it has already largely or completely passed) can induce ten to twenty times the vertical deformations in the middle of the span. Thus the vertical movements/subsidence of the deck slabs in the middle of the span due to fluctuation of temperatures and related deformations of MAGEBA bearings can reach the values of 10mm to 20mm, without it being classic deflection or deformation of the deck slab due to loading.

The influence of temperature and thermal expansion, probably one of the deciding factors.

- Thermal expansion factor for concrete $\alpha_b = 10 \times 10^{-6} (1/^\circ\text{K})$.
- For specific span of deck slabs $l = 8.303\text{m}$ and thermal range $+5^\circ\text{C}$ to $+35^\circ\text{C}$ (resulting from temperatures measured on Fire Guard sensors in the tunnel), it is possible to deduce the exactly determined temperature $\Delta_t = 30^\circ\text{K}$.
- Longitudinal elongation of an intermediate deck slab can therefore amount to $\Delta_l = l \times \Delta_t \times \alpha_b = 8303 \times 30 \times 10 \times 10^{-6} = 2.5\text{mm}$.

With absolutely tough hinged support of the intermediate deck slabs and zero toughness of the slab ideally elastic in the transverse direction, the above-mentioned expansion and contraction of concrete slabs due to temperature would mean development of vertical movement of the middle of the slab within the interval of 44mm (i.e. $\pm 22\text{mm}$). However, neither of the above-mentioned assumptions (with the exception of the exact value Δ_t) is realistically completely achievable in practice.

Air temperatures really measured by the closest weather station in Brno Židenice were also taken into account to assess the possible effect of temperature changes. The assignment of the average daily temperatures to the measured values of deformations in the expansion block No. 27 is presented in Fig. 6. The temperatures measured in spring are highlighted in yellow and the autumn temperatures in blue. With respect to the thermal inertia of concrete, it would be more correct to take also the development of the atmosphere temperature in several previous days before the measurement itself into consideration. However, the temperature of the intermediate deck slab concrete was not and is not being measured, therefore the real thermal condition of the concrete slab during previous years can be estimated only according to meteorological data. In general, however, the influence of thermal expansion of concrete on deformations can be read quite unambiguously from the graph in Fig. 6. If the heat was above average on the day of measurement, there was usually no subsidence there, respectively no heaving of the middle of the slab. On the contrary, if it was significantly colder than usual on the day of the measurement, there was always more significant subsidence in the middle of the slab.

však nebyla a není měřena, takže skutečný teplotní stav betonu desky v předchozích letech lze jen odhadovat podle meteorologických údajů. Obecně lze ale vliv teplotní roztažnosti betonu na deformace z grafu na obr. 6 celkem jednoznačně vyčíst. Bylo-li v den měření nadprůměrné teplo, většinou nedošlo k poklesu, resp. došlo ke zdvihu středu desky. Naopak, bylo-li v den měření výrazně chladněji, než bývá obvyklé, došlo vždy k výraznějším poklesům středu desky.

ZÁVĚR

Výše uvedené úvahy a teorie o možných příčinách deformací desek mezistropů bez stabilizujících závěsů obsahují společně s výsledky měření příliš mnoho neznámých, než aby bylo možné přesně definovat a zdůvodnit naměřené deformace, resp. naměřené hodnoty, a vyvodit z nich aktuální stav napětí v betonu a výztuži desek. Zcela jednoznačný je tak pouze prokázaný stabilizující efekt táhel instalovaných v tunelu I(A), ve kterém nebyly naměřeny prakticky žádné deformace mezistropů. To byl i původní záměr projektu – táhla nejsou nosným, ale tvarově stabilizujícím prvkem uložení desek mezistropů. Na základě tohoto faktu a na základě požadavku správce tunelu byl zpracován projekt dodatečného zavěšení mezistropů tunelu II(B) na táhla. Dodatečná táhla nejsou navržena pro případ jejich instalace logicky do středu desek kvůli výztuži desek, která není na podepření ve středu rozpětí navržena. Jejich instalací by totiž došlo k výrazné redistribuci momentů, což by deskám spíše uškodilo, než pomohlo. Proto jsou dodatečná táhla navržena do cca čtvrtin rozpětí desek. Aktuální vývoj naměřených deformací k říjnu 2020 ukazuje, že dodatečná instalace nebude zřejmě nutná – viz tabelární statistické vyhodnocení. V tabulce jsou uvedeny přírůstky celkových naměřených deformací (změna) za poslední dva roky (říjen 2018 až říjen 2020), celkový přírůstek od roku 2014 a procentuální podíl přírůstků za poslední dva roky vzhledem k celkové naměřené deformaci.

Tab. 1 Přírůstky celkových naměřených deformací

Pas. č.	Přírůstek 2018–2020 (mm)	Celkem od roku 2014 (mm)	%	Pas. č.	Přírůstek 2018–2020 (mm)	Celkem od roku 2014 (mm)	%
27	1,0	7,6	13	91	0,3	9,1	3
37	1,0	11,2	9	94	1,6	10,0	16
50	0,2	8,0	3	100	0,6	9,0	7
57	1,2	12,4	10	103	1,0	11,2	9
64	0,6	10,0	6	105	0,8	11,5	7
72	1,5	11,5	13	107	1,0	10,2	10
81	0,2	8,8	2	110	0,5	10,1	5
87	1,0	10,8	9	116	0,5	10,4	5

Prostý aritmetický průměr procentuálních přírůstků všech měřených desek za poslední dva roky, tedy za jednu třetinu sledovaného období, činí 7,9 %. Globálně (statisticky) lze tedy vývoj naměřených deformací u všech desek považovat za pozitivní se zjevnou tendencí k ustálení deformací v posledních dvou letech. Kontrolní měření mezistropů však budou probíhat i nadále. Autorovi článku není známo, že by se v některém tunelu takto přesně a dlouhodobě měřily deformace mezistropů a bude proto vděčný čtenářům časopisu Tunel za jakékoliv informace k této problematice.

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

Recenzoval Reviewed: Ing. Alexandr Butovič, Ph.D.

CONCLUSION

The above mentioned considerations and theories about the possible causes of deformations of intermediate deck slabs without stabilising suspension ties contain, jointly with results of measurements, too many unknowns to precisely define and give reasons for the measured deformations, respectively the measured values, and to derive the current state of stress in concrete and reinforcement of the slabs. Only the proven stabilizing effect of the suspension ties installed in the tunnel I(A), where virtually no deformations of the intermediate deck slabs were measured, is therefore completely unambiguous. It was also the original intention of the design – the ties were designed as an element stabilising the shape of bearings of the intermediate deck slabs. Based on this fact and at the request of the tunnel administrator, a design was prepared for the additional suspension of the intermediate deck slabs in tunnel II (B) on tie rods. The additional tie rods are not designed for the case of their installation logically into the middle of the slabs to improve the reinforcement of the slabs. The reinforcement is not designed for the support in the middle of the span. The reason is the fact that the installation of the tie rods would cause significant redistribution of moments, which would harm the slabs rather than help them. For that reason the additional suspension tie rods are designed for the case of their installation to be approximately in the middle of the span of the slabs. As of October 2020, the current development of the measured deformations shows that the additional installation will probably be unnecessary – see the tabular statistical assessment. The table shows the increments to aggregate deformations (changes) measured during the last two years (October 2018 to October 2020), the total increase from 2014 and the percentage share of increments for the past two years relative to the aggregate measured deformation.

Table 1 Increments to aggregate measured deformations

Expansion block No.	Increment for 2018–2020 (mm)	Total from 2014 (mm)	%	Expansion block No.	Increment for 2018 – 2020 (mm)	Total from 2014 (mm)	%
27	1.0	7.6	13	91	0.3	9.1	3
37	1.0	11.2	9	94	1.6	10.0	16
50	0.2	8.0	3	100	0.6	9.0	7
57	1.2	12.4	10	103	1.0	11.2	9
64	0.6	10.0	6	105	0.8	11.5	7
72	1.5	11.5	13	107	1.0	10.2	10
81	0.2	8.8	2	110	0.5	10.1	5
87	1.0	10.8	9	116	0.5	10.4	5

The simple arithmetic average of increments to all measured slabs for last two years in percents, i.e. for one third of slabs measured during the period being monitored, amounts to 7.9%. Globally (statistically), the development of the measured deformations is to be considered as positive, with an obvious tendency to stabilisation of deformations during the course of the last two years. Nevertheless, check measurements of the intermediate deck slabs will continue. The author of the article does not know that the deformations of the intermediate deck slabs would be measured in some tunnels in such a precise and long-term manner, and he will therefore be grateful to the readers of TUNEL journal for any information on this issue.

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

TRAMVAJOVÝ TUNEL PŘI VELKÉM MĚSTSKÉM OKRUHU ŽABOVŘESKÁ V BRNĚ

TRAM TUNNEL AT LARGE CITY CIRCLE ROAD ŽABOVŘESKÁ IN BRNO

JAN ROŽEK

ABSTRAKT

V Brně započala realizace posledního úseku severozápadní části velkého městského okruhu – stavba I/42 Brno VMO Žabovřeská I – etapa II, jejíž součástí jsou podzemní stavby tramvajového tunelu a silničních galerií. Dvoukolejný tramvajový tunel o celkové délce 500 m se skládá z raženého úseku o délce 333 m a přesypaných příportálových úseků o délce 5 m a 162 m. Článek shrnuje základní informace o stavbě a parametry tramvajového tunelu.

ABSTRACT

Implementation of the last section of the north-western part of the Large City Circle Road project – construction lot I/42, LCCR Žabovřeská I – stage II, the part of which are underground structures of a tram tunnel and road galleries, commenced in Brno. The long double-track tram tunnel with the total length of 500m comprises a 333m long cut-and-cover section and 5m and 162m long portal sections of a false-tunnel. The paper summarises basic information about the project and parameters of the tram tunnel.

1 ÚVOD

Velký městský okruh (VMO) je součástí dopravního systému města Brna. Cílem je po jeho dobudování přesunout maximum dopravy z přetížených městských ulic na směrově rozdělenou čtyřpruhovou komunikaci s výhradně mimoúrovňovými křižovkami. V uplynulých dvaceti letech byly v severozápadním segmentu VMO vybudovány jednak stavby v městské části Královo Pole a Žabovřesky od tř. Generála Píky přes mimoúrovňovou křižovku (MÚK) se Svitavskou radiálou přes Královopolské tunely až po MÚK s Kníničskou radiálou, a jednak MÚK Hlinky s krátkým tunelem Hlinky v městské části Pisárky (obr. 1). V oblasti mezi těmito stavbami v současnosti vznikají každodenní dopravní potíže, a proto je dokončení předmětného úseku VMO veřejností toužebně očekáváno.

2 CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ A HISTORIE PROJEKTOVÉ PŘÍPRAVY

Zájmová oblast celé stavby se nachází v západní části města Brna na území městských částí Žabovřesky a Brno-střed, podél stávajícího vedení městského okruhu ulicí Žabovřeská. V celé délce je zde komunikace vedena v souběhu s tramvajovou tratí na samostatném tělese. Od MÚK Hlinky komunikace prochází úzkým hrdlem mezi korytem řeky Svatky a prudkými, převážně skalními, svahy Wilsonova lesa. Koryto řeky je zde regulováno prostřednictvím nábrežních zdí. Výraznou dominantu v území tvoří Wilsonův les se skalními stěnami bývalých lomů. V jihozápadní části území, v sevření toku řeky Svatky a komunikací ulic Žabovřeské a Pisárecké, je situován bývalý areál Brněnských vodáren, dříve využívaný pro potřeby záložního vodního zdroje s úpravnou vody. Areál je připojen na nátokové místo při jezu na řece Svatce. V území se nachází množství podzemních vedení sítí technické infrastruktury, mj. dvě kmenové stoky. Povrchová zástavba v zájmovém území je reprezentována vilami Masarykovy čtvrti nad Wilsonovým lesem. Před budoucím jižním portálem tramvajového tunelu se nacházejí pozemní objekty, které musí být zachovány. Jedná se o větrací objekt na kmenové stoce, která je vedena směrem do masivu Wilsonova lesa a neogotickou kapličku sv. Antonína Paduánského, která byla v roce 2015 prohlášena za kulturní památku. V těsné blízkosti staveniště se nacházejí

1 INTRODUCTION

The Large City Circle Road (LCCR) is part of the transportation system of the city of Brno.

The objective is to shift maximum transportation from congested urban streets to a dual carriageway, four-lane road with exclusively grade-separated intersections. In the past twenty years, structures have been completed within the north-western segment of the LCCR, not only in the Žabovřesky and Královo Pole municipal districts (starting from Generála Píky Street across the grade separated intersection with the Svitavy Radial Road, across the Královo Pole tunnels up to the GSI with the Knínice Radial Road), but also in the Pisárky municipal district (the Hlinky grade-separated intersection with the short Hlinky tunnel – see Fig. 1). Everyday traffic difficulties currently arise in the area between these structures. For that reason the completion of the LCCR section in question is eagerly awaited by the public.

2 CHARACTERISTICS OF THE AREA AND HISTORY OF DESIGN PREPARATION

The area of interest of the whole project is located in the western part of Brno, in the municipal districts of Žabovřesky and Brno-Centre, alongside the existing route of the city circle road and along Žabovřeská Street. The whole length of the road runs in parallel with a tram track on an independent trackbed. From the Hlinky grade-separated intersection (hereinafter referred to as GSI), the road passes through the narrow neck between the Svatka River channel and steep, mostly rocky slopes of Wilson's forest-park. The river valley is here regulated by means of embankment walls. Wilson's forest-park with rock walls of former quarries forms a significant dominant feature in the area. In the south-western part of the area, in the grip of the Svatka river and the roads in Žabovřeská and Pisárecká Streets, there are former grounds of the Brno Waterworks, which were used in the past for the needs of a standby water source with a water treatment plant. The area is connected to the plant inlet place upstream of a weir on the Svatka River. There are numerous underground networks of the technical infrastructure, e.g. two



Obr. 1 Umístění a rozsah stavby

Fig. 1 Location and extent of the construction

přírodní prvky, na které je nutno brát při výstavbě zvláštní zřetel a respektovat podmínky jejich ochrany. Jedná se o registrovaný významný krajinný prvek Wilsonův les, tok řeky Svatky vymezený jako regionální biokoridor a chráněnou lipovou alej podél ulice Bráfovy. Prakticky celé území stavby podél Žabovřeských luk se nachází v oblasti rozlivu hladiny stoletého průtoku Q_{100} , která je definována v Generelu odvodnění města Brna.

Již v roce 2005 byla vypracována variantní studie EIA, která ve 14 variantách řešila umístění čtyřpruhové komunikace a tramvajové trati v daném území na levém břehu řeky Svatky. Zvažovalo se vedení rozdělených směrů VMO i tramvajové trati v hloubeném i raženém tunelu, na estakádě, ve hře byl i odsun koryta řeky. Jako nejvýhodnější byla vyhodnocena varianta vedení tramvaje v raženém tunelu a vedení VMO po uvolněním tramvajovém tělese, z části v přesýpaných galeriích pro jeden i oba směry VMO, kdy cílem přesýpaní je propojení území Wilsonova lesa a území Žabovřeských luk společně s tokem řeky Svatky. Pro tuto variantu bylo vydáno v roce 2010 územní rozhodnutí, byla pro ni vypracována dokumentace pro stavební povolení (DSP) a v roce 2017 nová dokumentace EIA. Projektová dokumentace pro provádění stavby PDPS z roku 2019 tvoří součást zadávacích podmínek veřejné soutěže, na jejímž základě byl v roce 2020 vybrán zhotovitel stavby. Soutěžilo se komplikovaně dvakrát, když poprvé byla soutěž na základě (nesmyslné) námítky zrušena.

trunk sewers. Surface buildings in the area of interest are represented by villas in Masaryk district above Wilson's forest-park. In front of the future southern portal of the tram tunnel, there are underground structures which have to be preserved – a ventilation structure on the trunk sewer running in the direction of Wilson's forest massif and a neo-gothic chapel of St. Anthony of Padua, which was declared a cultural monument in 2015. There are natural elements in the immediate vicinity of the construction site which must be taken into special account during construction and the conditions of their protection have to be respected. They are represented by Wilson's forest, the listed significant landscape element, the Svatka River flow, which is defined as a regional biocorridor, and a protected lime alley along Bráfova Street. Virtually the entire construction area along the Žabovřeský meadows is located in the 100-year storm flow level (Q_{100}) area, which is defined in the Brno City General Master Plan of Urban Drainage.

A variant EIA study which solved the location of a four-lane road and a tram track in the given area on the left bank of the Svatka River in 14 variants was prepared already in 2005. Leading the divided directions of the LCCR and the tram track in a cut-and-cover and mined tunnel, as well as on a viaduct was under consideration; setting the river bed off was also analysed. As the most advantageous was evaluated the variant of leading the tram track in a cut-and-cover tunnel and the LCCR on the vacated tram trackbed, partially in earth-covered galleries for one or both directions of the LCCR, where the objective of the covering is to link the Wilson's forest with the area of

the Žabovřeský meadows and the Svatka River. The detailed design from 2019 is part of the conditions for public tendering on the basis of which the contractor was selected in 2020. The complicated competition was repeated, when the first attempt for tendering was cancelled on the basis of a (nonsensical) objection.

3 SOLUTION TO THE IMPLEMENTED VARIANT

The enlarged width and moderate offset of the LCCR from the river for the purpose of developing a waterfront promenade resulted into relocation of the tram track to a new tram tunnel under Wilson's forest, where the tunnel portals are located in former queries. The tunnel is designed from the southern side as a 333m long mined structure, whilst in the northern part, in the area of a former school, it is designed as a 162m long false tunnel. According to the results of a risk analysis, construction of a 55m long independent mined escape gallery will be part of the tunnel. It is located approximately in the middle of the tunnel length and will allow for safe evacuation of people to the space of the emergency lay-by in the adjacent road gallery. The services building at the northern portal of the tunnel will join services for the tram and road part. The LCCR road in the proposed four-lane design is led in the beginning along the tram track and, subsequently, it partially bites into the slopes of Wilson's forest and it is necessary to stabilise it first by a revetment wall and, subsequently, by a gallery above the B branch (direction



Obr. 2 Vizualizace jižního portálu tramvajového tunelu
Fig. 2 Visualisation of southern portal of the tram tunnel



Obr. 3 Vizualizace severního portálu tramvajového tunelu a galerie s portálovým technologickým objektem
Fig. 3 Visualisation of northern portal of the tram tunnel with the services building at the portal

3 ŘEŠENÍ REALIZOVANÉ VARIANTY

Rozšíření a mírné odsunutí silniční komunikace VMO od řeky pro vytvoření nábřežní promenády má za následek přeložení tramvajové trati do nového tramvajového tunelu pod Wilsonovým lesem, přičemž portály tunelu jsou situovány v místech bývalých lomů. Tunel je z jižní strany navržen v délce 333 m jako ražený a v severní části, v prostoru bývalého učiliště, v délce 162 m jako přesýpaný. Součástí tunelu bude dle výsledků provedené analýzy rizik vybudování samostatné ražené únikové štoly o délce 55 m, která je situována zhruba v polovině délky tunelu a umožňuje bezpečnou evakuaci osob do prostoru nouzového zálivu přilehlé silniční galerie. Provozně-technologický objekt u severního portálu tunelu bude sdružovat technologické zázemí pro tramvajovou i silniční část. Komunikace VMO v navrženém čtyřpruhovém uspořádání je vedena zpočátku podél tramvajové trati a nato se částečně zakusuje do svahů Wilsonova

of Žabovřesky). The single-sided gallery then continues on to a double-sided gallery above the whole LCCR profile, which is terminated in the area of the northern portal of the tram tunnel. The visualisation of the views of the final portals is presented in Figures 2 and 3.

In terms of the cross-sectional arrangement, the clearance profile of the double-track tram tunnel is in line with the ČSN 2803 18 standard. The track centre distance of 3.100m is constant. The horizontal alignment of the tunnel is designed to follow the tracks converted into several reverse curves with the minimum radius of 161.550m. In the curves, there will be the maximum superelevation of the outer stretch of rails of 110mm. The vertical alignment proceeds from both portals with the longitudinal slopes of the vertical polygon of 0,5%, with the crest curve at chainage km 1.765 00 T1, roughly in the middle of the tunnel length. Cleaning niches are provided along the mined as well as false tunnel sections. They are designed for cleaning the outer drainage and serve at the same time as fire niches, NN R1 and NN R2 LW substations and connections to the escape gallery. [1, 2, 3]

4 ENGINEERING GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

The proposed tunnel route is located into a massif formed by quartzose diorite. The intensity of the rock mass jointing is variable, the scatter of directional and vertical parameters of the joints is significant. The course of the fault zones, i.e. heavily up to very heavily disturbed zones of the massif, was traced by geophysical survey. It is assumed that the tunnel route will be affected by three 1st order fault zones with the height of 2–3m and two 2nd order fault zones with the height of 1–2m. The rock massif in the area where the whole tunnel structure will be located was divided into sections characterised by individual geotechnical types (G-types). The basic characteristics are presented in the table 1.

G-types R3 and R2 with subordinate sections of fault zones will predominate in the area of the mined tunnel.

5 STABILISATION OF ROCK SLOPES

Stabilisation of slopes was solved for the entire over 400m long section of the LCCR within the framework of this project. The design comprises not only stabilisation of existing quarry faces (first of all in the area of the southern portal of the tram tunnel), but also stabilisation of new cuttings and side-hill cuttings up to 21m high for the access to the northern temporary portal, cuttings in the area of the gallery and retaining walls at the LCCR level and for shaping of the Wilson's forest slope.

Anchoring of slopes by a combination of rod-type bolts and stranded anchors in the permanent design is proposed at the level

lesa a je nutné ji zajistit nejdříve zárubní zdí a následně galerií nad větví B (směr Žabovřesky). Jednostranná galerie poté navazuje na galerii oboustrannou nad celým profilem VMO, která je ukončena v prostoru severního portálu tramvajového tunelu. Vizualizace pohledů na definitivní portály je znázorněna na obr. 2 a 3.

Z hlediska příčného uspořádání odpovídá průjezdný profil dvoukolejného tramvajového tunelu normě ČSN 28 0318. Osová vzdálenost kolejí je konstantní, činí 3,100 m. Směrově je tunel navržen podle trasy převáděných kolejí do několika protisměrných oblouků s minimálním poloměrem 161,550 m. V obloucích bude zřízeno převýšení vnějšího kolejnicového pásu v hodnotě nejvýše 110 mm. Výškově je tunel navržen do střechovitěho sklonu s podélným sklonem výškového polygonu 0,5 %, s vrcholovým obloukem zhruba v polovině délky tunelu v km 1,765 00 T1. V trase raženého i přesypaného tunelu jsou umístěny čistící výklenky pro rubovou drenáž, sloužící současně jako požární výklenky, rozvodna NN (nízkého napětí) R1, NN R2 a napojení únikové štoly. [1, 2, 3]

4 INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Navržená tunelová trasa je situována do masivu tvořeného převážícím křemenným dioritem. Rozpukání masivu má proměnlivou intenzitu s poměrně značným rozptylem směrových i sklonových parametrů puklin. Průběh poruchových pásem, tj. silně až velmi silně rozrušených zón masivu, byl vysledován geofyzikálním průzkumem. Předpokládá se, že do tunelové trasy zasáhnou tři poruchová pásma I. řádu o mocnosti 2–3 m a dvě poruchové zóny II. řádu o mocnosti 1–2 m. Horninový masiv v oblasti, ve které bude situováno tunelové dílo, byl rozčleněn na úseky charakterizované jednotlivými geotechnickými typy (G-typy). Základní charakteristika jednotlivých úseků je uvedena v tabulce 1.

V oblasti raženého tunelu budou převládat G-typy R3 a R2 s podřízenými úseky poruchových pásem.

5 ZAJIŠTĚNÍ SKALNÍCH SVAHŮ

V rámci této stavby bylo řešeno zajištění svahů pro celý úsek VMO v délce přes 400 m. Jedná se jak o zajištění stávajících lomových stěn, zejména v oblasti jižního portálu tramvajového tunelu, tak o zajištění nových zářezů a odřezů výšky až 21 m pro přístup k severnímu provizornímu portálu, v prostoru galerie a opěrných zdí v úrovni VMO a pro terénní úpravy ve svahu Wilsonova lesa.

Nad úroveň definitivních terénních úprav (zásypů nových konstrukcí) je navrženo kotvení svahů kombinací tyčových svorníků

of the final terrain ground shaping (backfilling of new structures). Glassfibre reinforced plastic permanent rock bolts are designed with respect to the occurrence of stray currents from the tram traction. Classical self-drilling steel rock bolts are designed for the parts where only a temporary function of anchors is required. Apart from anchoring, stabilisation with corrosion protected mesh preventing fractions from falling into the space of construction and, after completion of the construction, to pavements and paths on the slopes in the Wilson's forest-park. Dynamic barriers above the pavement in the area above the southern portal of the tunnel represent another stabilisation element. The dynamic barrier will at the same time provide protection for the reconstructed historic chapel standing in front of the southern portal of the tunnel. The last element of the permanent stabilisation system is formed by heavy catching fences reinforced with longitudinal cables. The structure of the catching fences consists of 2m high posts anchored 1m deep in the rock slope and high-strength double-thread steel net with double anti-corrosion protection. Their task is to catch fractures of rock from scree fields and surface weathering so that more extensive deforestation and areal stabilisation of slopes above pedestrian paths is not necessary. The position of the fence is always selected taking into consideration the requirement for maintaining the minimum clearance profile height above the path for service vehicles and possible 4m high IRS vehicles (for an example of the structures see Fig. 4).

The design for the stabilisation structures is based on detailed 3D models of individual parts of the slopes (see Fig. 5) carried out with respect to the fact that these are complex figures of side-hill cuttings for creation of spaces for ramps, walkways and staircases on the slope (see Fig. 5).

6 MINED TUNNEL

The tunnel will be excavated using the New Austrian Tunnelling Method. Blasting and mechanical peripheral excavation is considered to be applied to the disintegration of rock according to the assumed EG conditions (excavation classes mostly 5 and 6, exceptionally 4 according to the no more valid but still used ČSN 73 3050 standard). The tunnel excavation cross-section area will amount to ca 71m², the area of the escape gallery cross-section will amount to 15m². Two mined substations with the excavation area of ca 31m² are designed to be in the tunnel. The tunnel excavation profile will be divided horizontally into top

Tab. 1 Základní inženýrskogeologická charakteristika jednotlivých úseků

Označení G-typu	Pevnost horniny	Zvětrání	Rozpukání	Poznámka
R6	velmi nízká až extrémně nízká	hornina rozložená	–	eluvium křemenného dioritu, výskyt mimo raženou trasu
R5	velmi nízká	silné zvětrání	střední až silné	výskyt v nadloží trasy
R4	nízká	slabé zvětrání	střední až silné	možnost výskytu v poruchách I. řádu
R3	střední	navětrání až slabé zvětrání	střední, místy silné	v úsecích poruchových pásem rozpukání silné až velmi silné, u poruch I. řádu možnost výskytu tektonického jílu
R2	vysoká	slabé zvětrání	slabé	

Table 1 Basic engineering geological characteristics of individual sections

G-type denotation	Rock strength	Weathering	Jointing	Note
R6	very low to extremely low	decomposed rock	–	quartzose diorite eluvium, occurrence beyond mined route
R5	very low	heavy weathering	middle to closely spaced	occurrence in route overhead
R4	low	weak weathering	moderate to closely spaced	possibility of occurrence in 1 st order faults
R3	middle	slight to moderate weathering	middle, locally heavy	in sections of fault zones heavy to very heavy jointing, in 1 st order faults possible occurrence of tectonic clay
R2	high	moderate weathering	moderate	

a pramencových kotev v trvalém provedení. Z důvodu výskytu bludných proudů z tramvajové tracie jsou trvalé svorníky navrženy sklolaminátové. V částech, kde je vyžadována pouze dočasná funkce kotev, jsou navrženy klasické samozávrtné ocelové svorníky. Kromě kotvení je v povrchových partiích svahu a v oblastech geologických poruch navrženo zajištění sítí s protikorozní ochranou proti padání úlomků do prostoru výstavby a po dokončení výstavby na chodníky a cesty v parkové úpravě prostoru svahů Wilsonova lesa. Dalším prvkem zajištění jsou dynamické bariéry nad chodníkem v oblasti nad jižním portálem tunelu. Dynamická bariéra bude zároveň tvořit ochranu rekonstruované historické kaple před jižním portálem tunelu. Posledním prvkem trvalého zajištění jsou těžké ochranné záchytné ploty vyztužené podélnými lany. Konstrukce záchytných plotů se skládá ze sloupků výšky 2 m, zakotvených 1 m ve skalním svahu, a vysokopevnostního ocelového dvouzávrtového pletiva s dvojitou protikorozní ochranou. Mají za úkol zachytávat úlomky horniny ze suťových polí a povrchového zvětrávání tak, aby nebylo nutno provádět rozsáhlejší odlesnění a plošné zajištění svahu nad cestami pro pěší. Poloha plotu je vždy volena tak, aby byla zachována minimální výška průjezdného profilu na chodníku pro obslužná vozidla a případně vozidla IZS výšky 4,0 m (příklad konstrukce obr. 4).

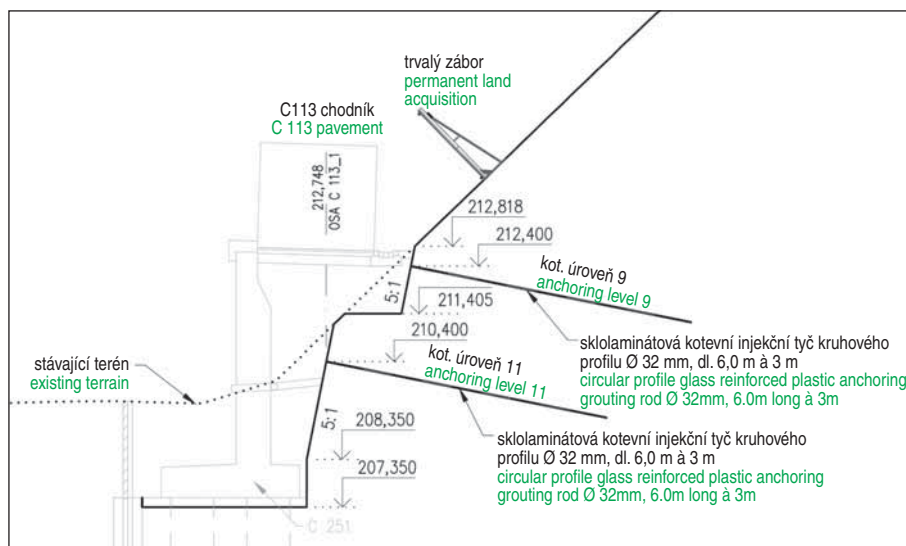
Návrh konstrukcí zajištění vychází z podrobných 3D modelů jednotlivých částí svahů (obr. 5), neboť se jedná o složité figury odřezů pro vytvoření prostoru pro rampy, chodníky a schodiště ve svahu.

6 RAŽENÝ TUNEL

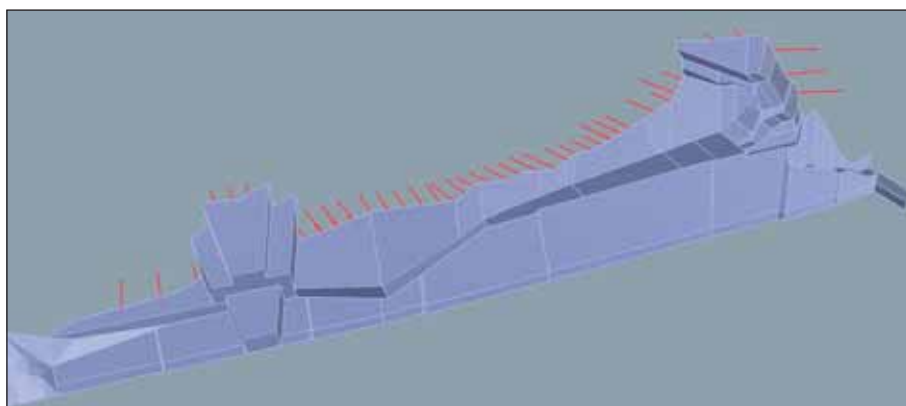
Tunel bude ražen Novou rakouskou tunelovací metodou. Rozpouštění hornin je podle předpokládaných IG poměrů (třída těžitelnosti dle již neplatné, ale stále používané ČSN 73 3050 převážně 5, 6, výjimečně 4) uvažováno s použitím trhacích prací a mechanickým dočištěním líce výrubu. Plocha výrubu tunelu bude činit cca 71 m², plocha výrubu únikové štoly pak cca 15 m². V tunelu jsou navrženy dvě ražené rozvodny NN s plochou výrubu cca 31 m². Profil tunelu bude horizontálně členěn na kalotu a opěří (lávkou), úniková štola bude ražena plným profilem. Primární ostění bude tvořeno stříkaným betonem se sítěmi, příhradovými nosníky, svorníky a v případě potřeby jehlováním. Délka záběru bude závislá na zastížených geologických podmínkách a bude určena technologickou třídou výrubu. Pro tunel jsou stanoveny tři technologické třídy, pro únikovou štolu dvě technologické třídy výrubu. Ražba bude probíhat od severního provizorního portálu nejprve dovrchně, následně v cca dvou třetinách délky raženého tunelu úpadně. Při ražbě kaloty bude tunel odvodňován pomocí stavebního rigolu, v úseku úpadní ražby budou zřizovány podle potřeby jímky a podzemní voda přečerpávána a odváděna k severnímu portálu, kde bude jímána a po usazení pevných částic a úpravě pH odvedena do kanalizace. Při výlomu opěří bude ve dně podle potřeby zřizována provizorní stavební drenáž.

7 DEFINITIVNÍ OSTĚNÍ

V raženém úseku bude klenbové definitivní ostění na základových pasech převážně navrženo z prostého betonu C30/37. Pouze



Obr. 4 Návrh trvalého zajištění prostoru nad chodníkem těžkým ochranným plotem v km 2,220 VMO
Fig. 4 Design for permanent stabilisation of the space above a walkway with a heavy protection fence at km 2.220 of the LCCR

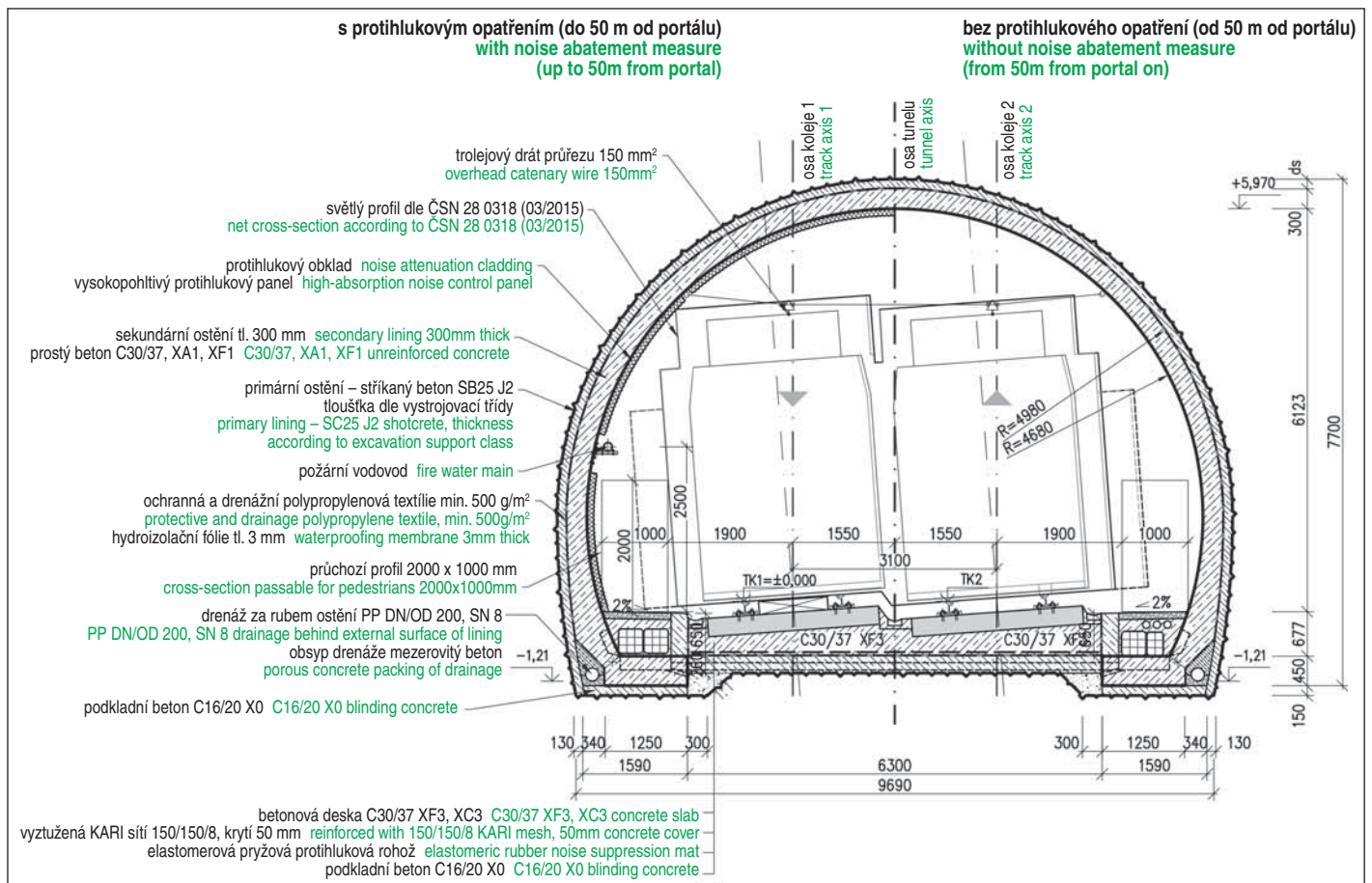


Obr. 5 3D model zajištění svahu v úseku km 2,146–2,221 VMO
Fig. 5 3D model of stabilisation of the slope in the km 2.146–2.221 section of the LCCR

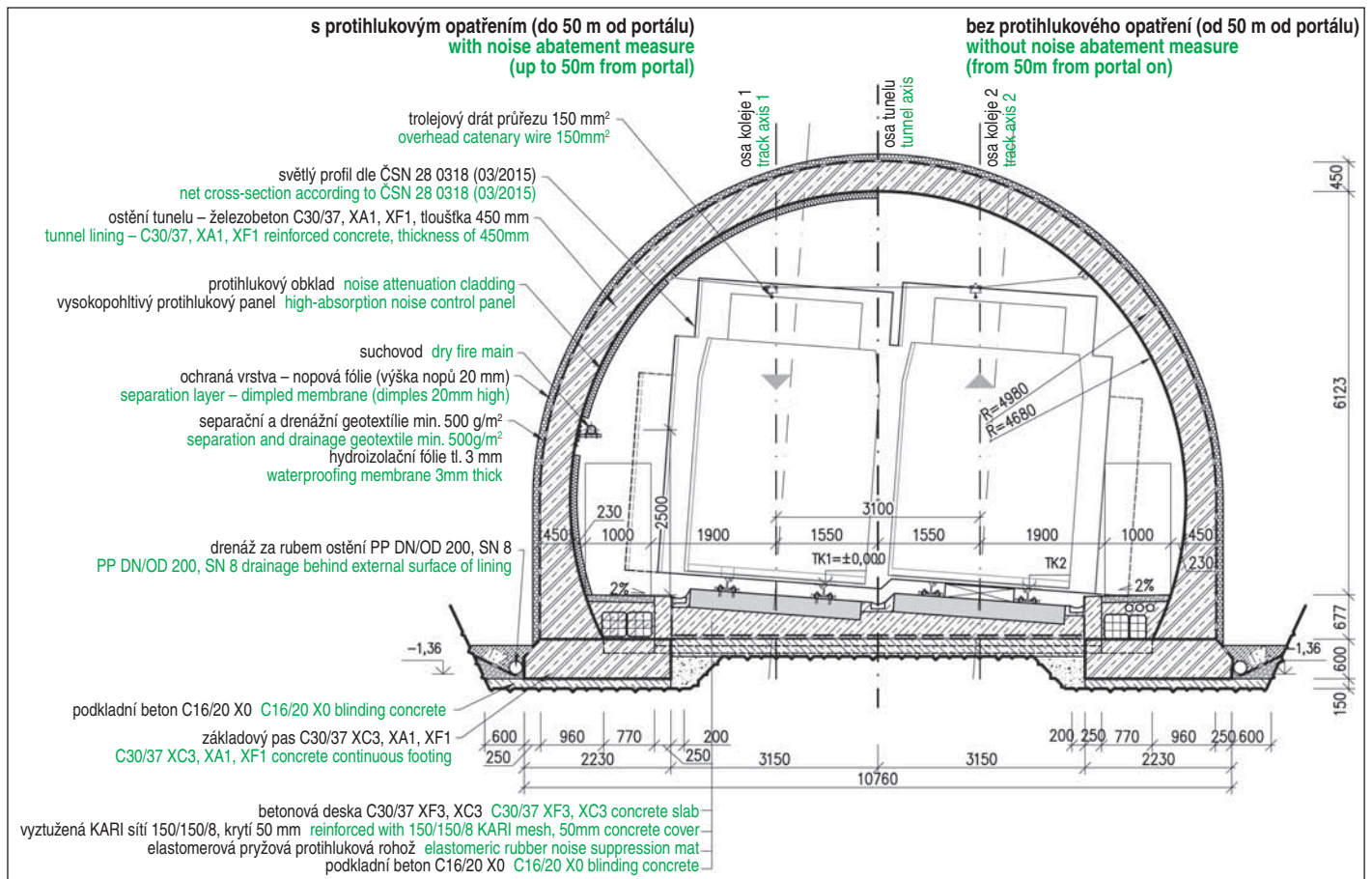
heading and bench; the escape gallery will be excavated full-face. The primary lining will be formed by shotcrete with welded mesh, lattice girders, rock bolts and, if necessary, forepoling. The excavation advance length will depend on the geological conditions encountered and will be determined by the excavation support class. Three excavation support classes are determined for the tunnel, whilst two excavation support classes are for the escape gallery. The excavation will proceed from the temporary northern portal, first uphill, subsequently, ca in two thirds of the mined tunnel length, downhill. During the course of the top heading excavation, the tunnel will be drained by a construction gutter; in the downhill excavation, pits will be provided as needed and groundwater will be pumped and directed to the northern portal, where it will be collected and, after solid particles have settled and pH has been treated, will be directed to sewerage. Temporary construction drainage will be provided during the bench excavation.

7 FINAL LINING

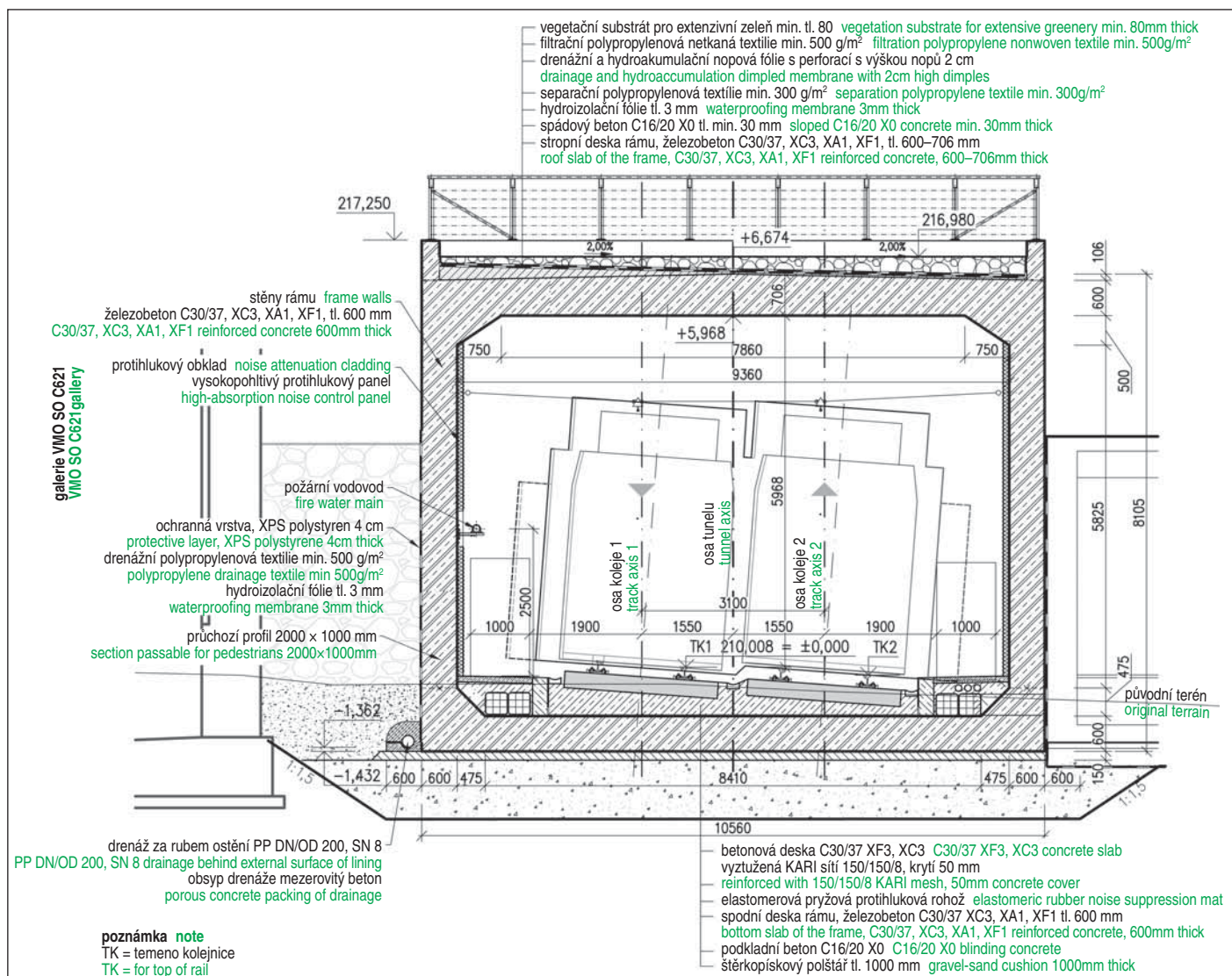
In the mined section, C30/37 mass concrete will be mostly designed for the vaulted final lining founded on strip footings. Only the tunnel blocks in the location of changed geometry and in the locations of crossings will be from reinforced concrete, with the reinforcement consisting of auxiliary lattice girders and welded mesh. The lining at the top of the vault will be 300mm



Obr. 6 Příčný řez raženým tunelem
Fig. 6 Cross-section through mined tunnel



Obr. 7 Řez přesýpaným klenbovým pasem
Fig. 7 Cross-section through the vaulted false tunnel block



Obr. 8 Řez rámovým pasem

Fig. 8 Cross-section through the frame-shaped tunnel block

tunelové pasy v místě změny geometrie a v místech křížení budou železobetonové, s výztuží tvořenou pomocnými příhradovými nosníky a svařovanými sítěmi. Tloušťka ostění ve vrcholu klenby bude 300 mm. Spára mezi základovým pasem a klenbou je od vodorovné ukloněná. Tunel bude opatřen mezilehlou deštníkovou hydroizolací a patními rubovými drenážemi (obr. 6).

8 HLOUBENÉ ČÁSTI TUNELU

Přesypávaný tunel při severním portálu má dvě konstrukčně rozdílné části, 138 m dlouhý klenbový úsek a 24 m dlouhý úsek tvořený uzavřeným pravoúhlým rámem v sousedství galerie a portálového technologického objektu (PTO).

Nosná klenbová konstrukce bude železobetonová z betonu C30/37 a bude vyztužena příhradovými nosníky a svařovanými sítěmi. Tvar vnitřního líce klenby bude totožný s raženým tunelem, avšak tloušťka ostění ve vrcholu klenby bude 450 mm (obr. 7).

Rámové pasy na severním portále a na jižním portále (obr. 8) budou tvarově obdobné a budou přesypány pouze z části. Konstrukce rámu je navržena ze železobetonu C30/37. Tloušťka stěn a spodní desky bude 600 mm. Horní deska bude provedena ve střechovitém spádu při min. tloušťce 600 mm. V rozích rámu budou vytvořeny náběhové klíny. Stěny tunelu do vzdálenosti 50 m od portálu budou opatřeny protihlukovým pohltivým obkladem. Tímto opatřením, navrženým na základě akustické studie, se eliminuje bodový zdroj hluku v místě tunelového portálu.

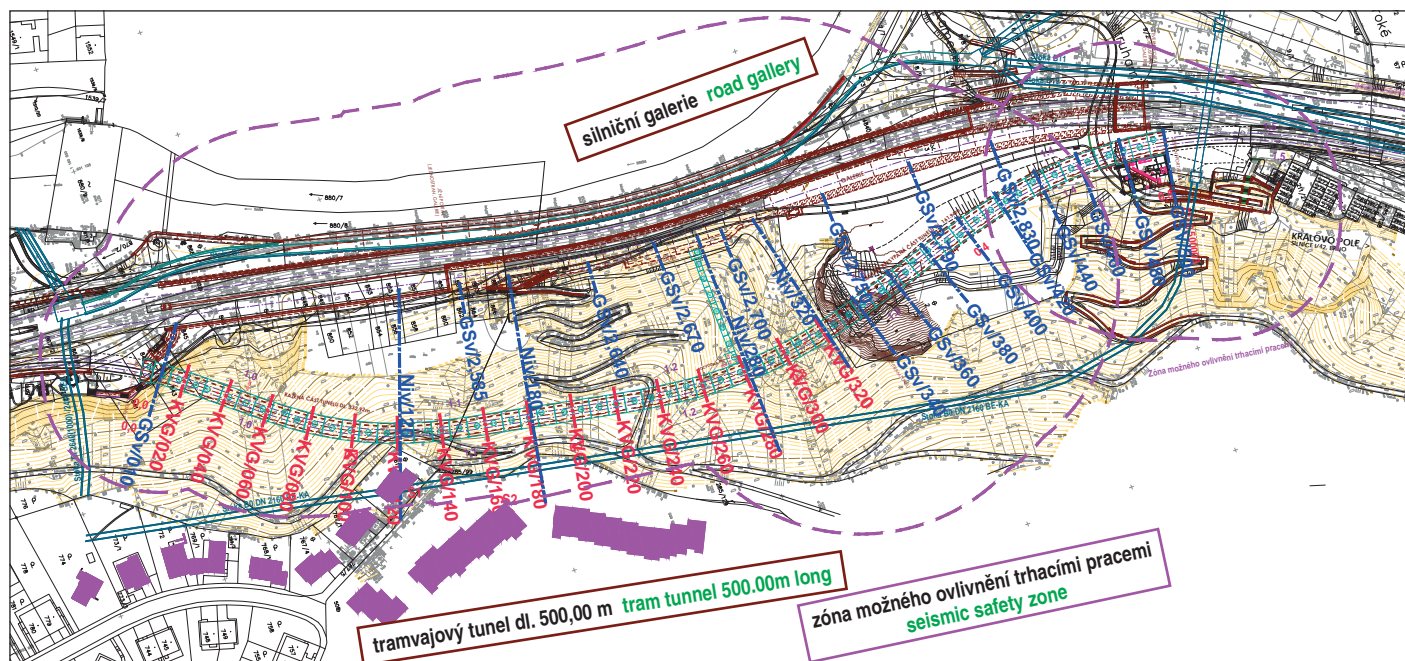
thick. The joint between the strip footings and the vault is inclined from horizontal. The tunnel will be provided with intermediate umbrella-type waterproofing and external toe drains (see Fig. 6).

8 CUT-AND-COVER TUNNEL PARTS

The false tunnel at the northern portal has two structurally different parts – a 138m long vaulted section and a 24m long section formed by a closed rectangular frame neighbouring with the gallery and services building at the portal.

The load-bearing vaulted section will be made from C30/37 reinforced concrete and will be reinforced with lattice girders and welded mesh. The shape of the internal contour of the vault will be identical with that of the mined tunnel, but the lining at the top of the vault will be 450mm thick (see Fig. 7).

The frame-shaped tunnel blocks at the northern and southern portal (see Fig. 8) will be similar in terms of geometry and will be backfilled only partially. C30/37 reinforced concrete is designed for the frame structure. The walls and bottom slab will be 600mm thick. The upper slab will be cambered with the minimum thickness of 600mm. Haunches will be created at the frame corners. The tunnel walls will be provided with noise absorbent cladding up to the distance of 50m from the portal. By this measure which was designed on the basis of an acoustic study, the point source of noise is eliminated at the tunnel portal.



Obr. 9 Situace monitoringu
Fig. 9 Monitoring layout

9 MONITORING

Monitoring stavby bude sestávat z následujících měření a sledování:

- geologické a geotechnické sledování;
- hydromonitoring;
- konvergenční měření (primární i definitivní ostění nových podzemních děl);
- geodetická měření v podzemí;
- měření napjatosti na definitivním ostění tunelu;
- nivelační měření bodů na povrchu;
- geodetická měření portálů a svahů stavebních jam;
- měření napětí na kotvách;
- seismická měření;
- hluková měření;
- sledování vývoje poruch na ohrožených nadzemních objektech (včetně deformetrů);
- sledování vývoje poruch na ohrožených podzemních objektech.

Poloha jednotlivých měřicích profilů je znázorněna na obr. 9. [4]

10 AKTUÁLNÍ STAV A VÝHLED

Začátkem listopadu 2020 investor podepsal smlouvu na realizaci stavby se sdružením firem HOCHTIEF CZ a. s., EUROVIA CS, a. s. a Subterra a. s. Od ledna 2021 budou probíhat stavební práce. Oproti zadání stavby bude stavba urychlena úplnou výlukou tramvajové trati. Podle aktuálního harmonogramu výstavby by měly být ražba tunelu a sekundární ostění dokončeny v roce 2021 a celá stavba pak v létě roku 2024.

Ing. JAN ROŽEK, AMBERG Engineering Brno, a.s.

Recenzoval Reviewed: Ing. Pavel Polák

9 MONITORING

The construction monitoring will consist of the following measurements and observations:

- geological and geotechnical monitoring;
- hydromonitoring;
- convergence measurements (primary and secondary linings of new underground workings);
- survey measurements in the underground;
- measurements of the state of stress on the final lining of the tunnel;
- levelling survey on points on the surface;
- survey measurements on portals and slopes of construction pits;
- measurements of stress on anchors;
- seismic measurements;
- noise measurements;
- monitoring of development of defects on the threatened surface buildings (including deformeters).

The position of individual measurement profiles is depicted in Fig. 9. [4]

10 CURRENT CONDITION AND OUTLOOK

At the beginning of November 2020, the project owner signed the contract for construction with a consortium of companies consisting of HOCHTIEF CZ a. s., EUROVIA CS, a. s. and Subterra a. s. The construction work operations will start in January 2021. Compared to the tender conditions, the construction will be accelerated by the complete closing of the tram line to traffic. According to the current construction schedule, the excavation of the tunnel and the secondary lining should be finished in 2021 and the entire construction should be completed in the summer of 2024.

Ing. JAN ROŽEK, AMBERG Engineering Brno, a.s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Dokumentace PDPS „Silnice I/42 Brno VMO Žabovřeská I, Etapa II“. Sdružení „I/42 Brno VMO Žabovřeská“, 07/2019
- [2] <http://www.mestsky-okruh-brno.cz/> (online)
- [3] Vizualizace stavby Silnice I/42 Brno VMO Žabovřeská, PK Ossendorf a Vawe Studio
- [4] Koncept realizačního projektu geotechnického monitoringu stavby I/42 Brno VMO Žabovřeská I, etapa II. Sdružení Geotest-Inset, 01/2021

SANACE TUNELU REICHOLZHEIM

REHABILITATION OF REICHOLZHEIM TUNNEL

JAN ROŽEK

ABSTRAKT

Sanace tunelu Reicholzheim v SRN je příkladem důkladné sanace sto padesát let starého železničního tunelu s kamennou klenbou, při které je tunelový profil opatřen novým monolitickým železobetonovým ostěním. Článek stručně shrnuje obsah realizačního projektu a upozorňuje na některá specifika návrhu a stavebního postupu.

ABSTRACT

Rehabilitation of the Reicholzheim tunnel in the Federal Republic of Germany is an example of the thorough rehabilitation of a 150-year-old railway tunnel with a stone masonry vault, during which a new cast-in-place reinforced concrete lining is carried out in the tunnel profile. The paper briefly summarises the content of the detailed design and draws attention to some specifics of the design and the construction procedure.

1 ÚVOD

Tunel Reicholzheim se nachází na trati č. 4920 Lauda – Wertheim v okrese Main-Tauber ve spolkové zemi Bádensko-Württembersko. Jedná se o stavbu z roku 1868, která je součástí památkově chráněného úseku tratě „Badische Taubertalbahn“. Pohled na historický portál je znázorněn na obr. 1. Ačkoliv se jedná o trať regionální, má svou funkci i pro dálkovou dopravu, neboť slouží přepravě spěšnými vlaky do regionálních center Mannheimu, Würzburgu a Stuttgartu. Investorem sanace je společnost DB RegioNetz Infrastruktur GmbH. Předmětem projektu sanace tunelu o délce 542 m je vybudování nového monolitického ostění včetně mezilehlé fóliové hydroizolace, obnova odvodnění a kabelových vedení. Požadavkem investora byly rovněž stavební úpravy nového ostění pro ochranu stávající populace netopýrů, neboť tunel se nachází v chráněné krajinné oblasti. Mimo rozsah projektu zpracovávaného firmou Amberg Engineering je také rekonstruováno odvodnění a svršek trati před a za tunelem, jsou kotveny a sanovány zděné portálové stěny a tunel je vybaven požárním vodovodem, osvětlením únikové cesty, spojovacím zařízením a nástupními plochami pro záchranné složky na portálech.



©Birger-Daniel Grein ©Birger-Daniel Grein

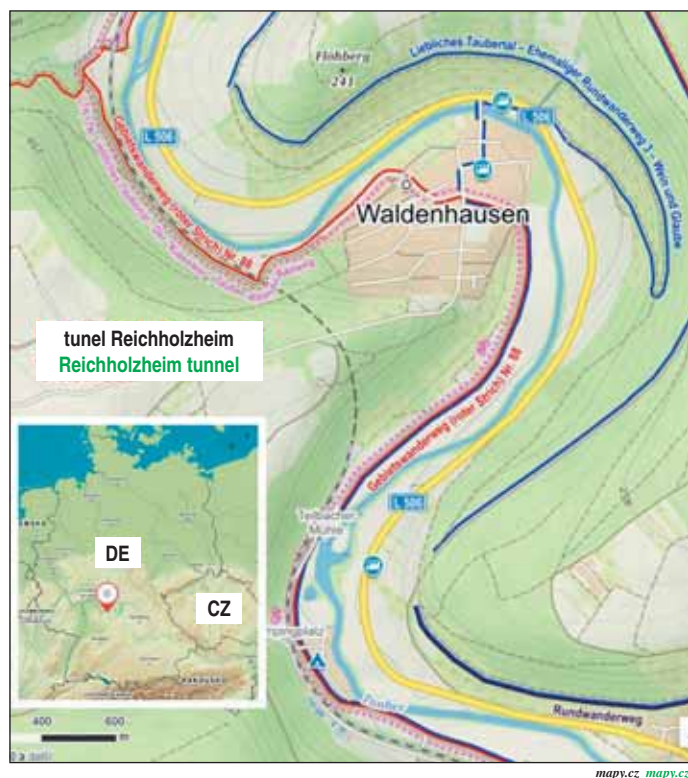
Obr. 1 Pohled na jižní portál
Fig. 1 View of southern portal

2 POPIS TUNELU

Tunel prochází pod vyvýšeninou na levobřežní vnitřní straně obloku údolí řeky Tauber u obce Waldenhausen (obr. 2) s nejvyšším nadloží necelých devadesát metrů. Tunel byl vyražen od jižního portálu v jednostranném spádu směrem k severnímu portálu ve směrovém oblouku s poloměrem cca 390 m. Výjezdový portál se nachází v přechodnici. Tunel byl postaven jako dvoukolejný, ale provozován byl od počátku jako jednokolejný. Jednotlivé pásy stávající kamenné klenby mají nestejnou délku od 3,40 m do 15,30 m, krátké pásy byly vytvořeny při kompletní obnově ostění v úseku délky 30 m z důvodu doplnění rubové izolace v roce 1930. Sanace z roku 1957 a 1989 se vztahovaly převážně k odvodnění tunelu.

1 INTRODUCTION

The Reicholzheim tunnel is located on the Lauda – Wertheim railway line No. 4920 in the Main-Tauber district in the Baden-Württemberg Federal State. It is a tunnel structure from 1868, which is a part of the heritage designated section of the Badische Taubertalbahn railway line. A view of the historic portal is presented in Fig. 1. Although it is a regional line, it also has a function for long-distance transport, as it is used by express trains to regional centres of Mannheim, Würzburg and Stuttgart. DB RegioNetz Infrastruktur GmbH is the rehabilitation project owner. The subject of the 542m long tunnel rehabilitation project is the construction of a new cast-in-placed lining, including intermediate membrane waterproofing,



Obr. 2 Situace tunelu
Fig. 2 Tunnel layout

V současné době kamenná klenba vykazuje značné poškození a deformace, proto bylo rozhodnuto o kompletní rekonstrukci vestavbou nového ostění, což prostorové poměry umožňují.

3 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Nové průběžné monolitické ostění je založeno na železobetonových pásech tloušťky 80 cm. Klenba má minimální tloušťku 35 cm (obr. 3). Mezilehlá deštníková hydroizolace tloušťky 2 mm se signální vrstvou, doplněná pruhy popové fólie v místech soustředěných přítoků vody, svádí podzemní vodu za rubem ostění k patám profilu, kde je v pravidelných rozstupech zajištěno bodové odvedení vody přes základové pásy do oboustranně vedených podélných drenáží. Levostranná drenáž PP DN/OD 280 je uložena ve šterkovém loži, zatímco pravostranná drenáž PP DN/OD 160 je zabetonována spolu s kabelovými chráničkami v tělese únikové stezky šířky 1,20 m. Stávající výklenky v ostění jsou zrušeny.

4 REALIZAČNÍ PROJEKT

4.1 Postup výstavby

Omezující podmínkou pro návrh sanace tunelu bylo zachování denního provozu tunelu po většinu doby sanace. Celková výluka nebyla možná, proto jsou armovací a bednicí práce na nové klenbě prováděny z vozu, který pojíždí po stávajícím železničním svršku. Teprve po betonáži klenby bude svršek snesen a nová kolej uložena do definitivní polohy. Stavební práce směřjí probíhat pouze v době od 19:30 do 6:00.

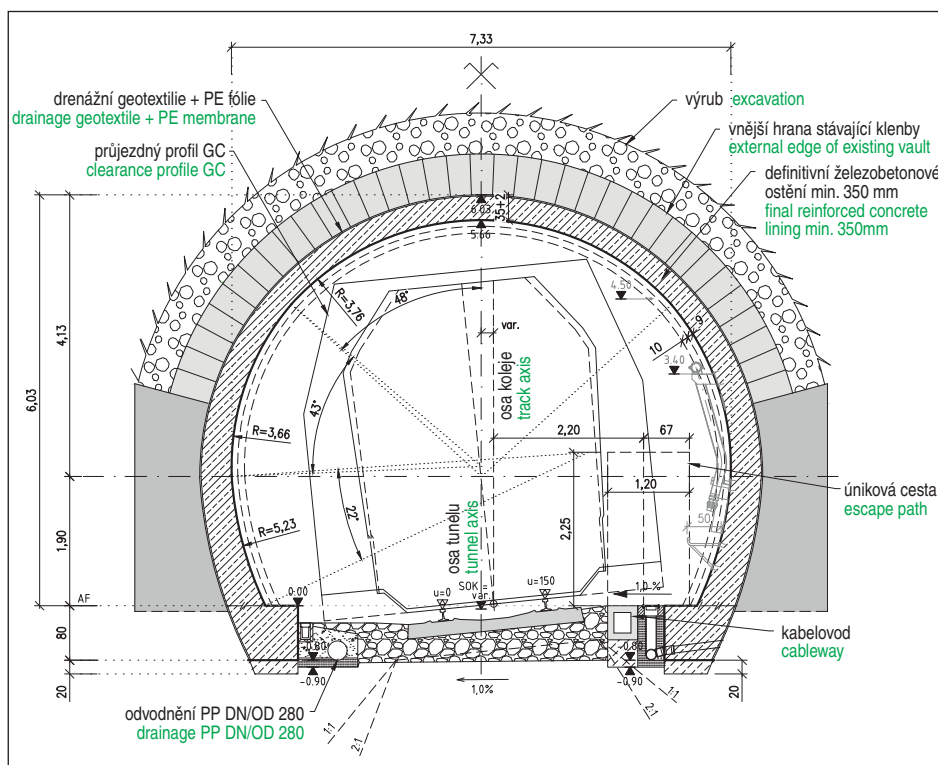
renovation of drainage and cable lines. The project owner also requested structural modifications to the new lining to protect the existing bat population, as the tunnel is located in a protected landscape area. Outside the scope of the design being carried out by Amberg Engineering, the drainage and trackwork in front of and behind the tunnel, masonry portal walls are also being reconstructed and rehabilitated, and the tunnel is being equipped with a hydrant connecting pipeline, the escape path lighting, communications system and a mustering area for rescue units at portals.

2 TUNNEL DESCRIPTION

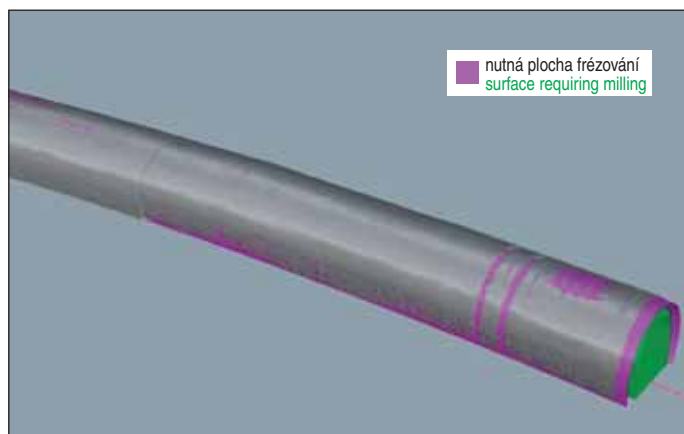
The tunnel passes under an upland area on the left-bank side of the Tauber River curve near the village of Waldenhausen (see Fig. 2), with the highest overburden nearly ninety metres thick. The tunnel was driven from the southern portal on a one-way slope toward the northern portal, on a ca 39m radius curve. The exit portal is located on a transition curve. The tunnel was constructed as a double-track structure, but was operated from the beginning as a single-track tunnel. The lengths of the individual blocks of the existing stone masonry vault are unequal, ranging from 3.40m to 15.30m; the short blocks were constructed during the course of a comprehensive renovation of the lining carried out within a 30m long section in 1930, designed to add external waterproofing. The rehabilitation conducted from 1957 and 1989 related mostly to the tunnel drainage. At present, the stone masonry vault exhibited considerable damage and deformation. For that reason, the decision was made to carry out complete reconstruction by providing a new lining in the tunnel, which the spatial conditions will allow.

3 TECHNICAL SOLUTION

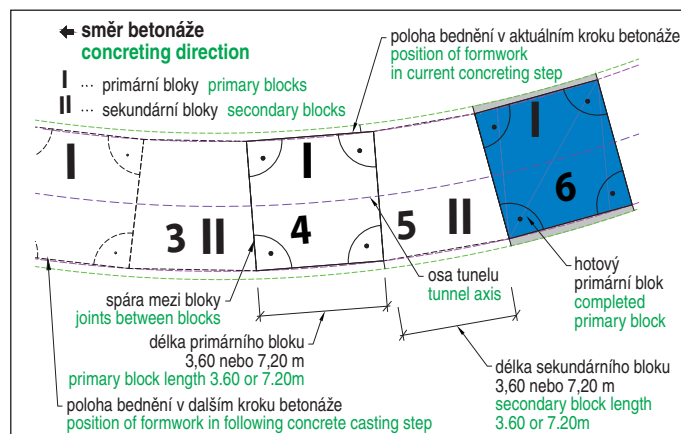
The new continuous cast-in-place lining is founded on 80cm thick reinforced concrete strip footings. The vault is minimally 35cm thick (see Fig. 3). The intermediate umbrella-type waterproofing is 2mm thick, comprising a signal layer. It is complemented by



Obr. 3 Vzorový příčný řez
Fig. 3 Typical cross-section



Obr. 4 3D vyhodnocení nutných ploch frézování
Fig. 4 3D assessment of surfaces requiring milling



Obr. 5 Schéma postupu betonáže
Fig. 5 Chart of concrete casting procedure

Ve dne je tunel provozován s rychlostí sníženou na 50 km/h.

4.2 Optimalizace polohy nového ostění

Vzhledem k postupu výstavby byla prvním krokem návrhu optimalizace směrové i výškové definice osy nového tunelového ostění. Jejím cílem bylo minimalizovat frézování stávajícího ostění pro dodržení minimální nutné tloušťky ostění v celé délce tunelu a zároveň dodržet požadovaný průřezný profil pro kolej ve stávající i definitivní poloze. Výchozím podkladem bylo zaměření stávajícího ostění 3D skenerem a z toho plynoucí odvození vytyčovacíh údajů stávající a nové osy koleje. Rozsah frézování při různých variantách polohy osy tunelu byl vizualizován za pomoci softwaru Rhinoceros (obr. 4).

4.3 Postup betonáže a rozdělení ostění na pásy

Betonáž probíhá od severního k jižnímu portálu. Ostění je rozděleno na pásy o délce 7,20 m a 3,60 m na vnější straně oblouku. Betonáž klenby probíhá nejprve v primárních pravoúhlých blocích a následně jsou mezi ně betonovány lichoběžníkové sekundární bloky (obr. 5). Postupu betonáže je na míru přizpůsobena bednicí forma (obr. 6).

4.4 Logistika výstavby

Přístup pro přísun materiálu je pouze z jižního portálu. Po lokálním odfrézování stávající klenby, prohloubení a očištění základové spáry, byla provedena hydroizolace opěří, vyarmovány a vybetonovány základové pásy. Armatura základových pásů byla zhotovena před tunelem a zavážena do tunelu v celé délce pásu. Následně se provádí hydroizolace klenby. Armatura klenby je rovněž sestavována vně tunelu na zařízení staveniště a zavážena do tunelu na bednicím voze jako celek. V tunelu se doarmují pouze vynechané pruhy šířky 60 cm v sekundárních blocích pro bednění čel primárních bloků.

4.5 Samonosná výztuž

Výztuž klenby je navržena jako samonosná. Nosný prvek tvoří svařované příhradové nosníky spojované šroubovými spoji s patními deskami. Vzhledem k tomu, že v tunelu je za denního provozu vždy připravena výztuž klenby pro nejméně dva nezabetonované



Obr. 6 Montáž bednicí formy
Fig. 6 Assembly of formwork

foto Baresel photo courtesy of Baresel

dimpled sheet membrane strips at the locations of concentrated water inflows. It directs groundwater behind the external surface of the lining to the toes of the profile, where point-type evacuation of water to longitudinal drains running on both sides is ensured through the strip footings at regular intervals. The left side PP DN/OD 280 drainage is laid in gravel, whilst the right side PP DN/OD 160 drainage is incorporated together with cable protection pipes into the concrete bed of the 1.20m wide escape path. The existing recesses in the lining have been cancelled.

4 DETAILED DESIGN

4.1 Construction procedure

There was a restricting condition for the tunnel rehabilitation design. The day-time operation of the tunnel had to be maintained for most of the rehabilitation period. The total closing the tunnel to traffic was not possible, so the reinforcement and formwork for the new vault have been installed from a carriage travelling along the existing rail track. The trackwork will be removed and the new track will be laid to the final position only after completion of

pásky, byla zvýšená pozornost věnována návrhu tuhosti a stability samonosné výztuže.

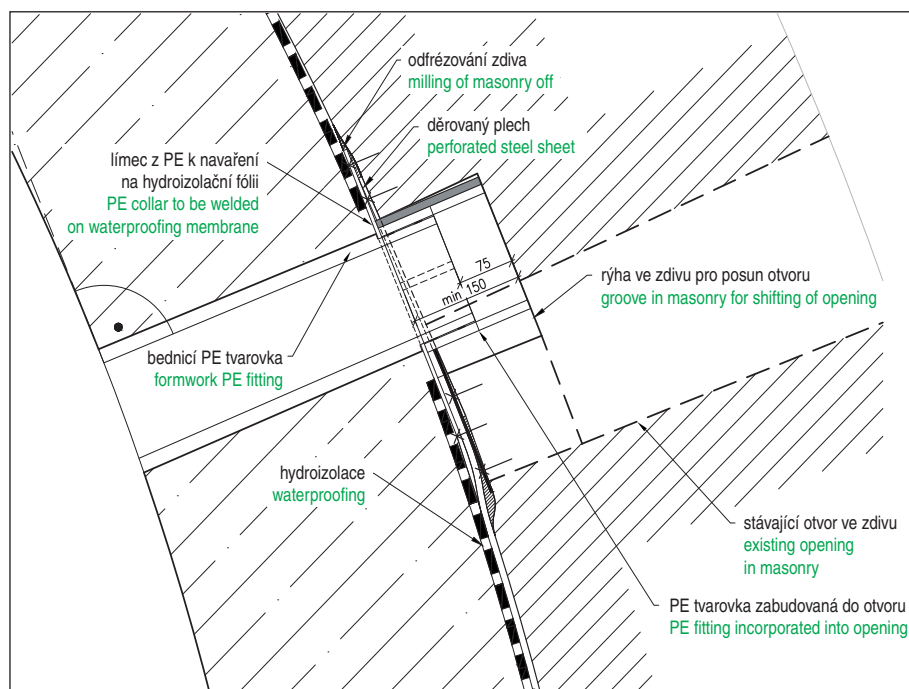
4.6 Požadavek na zvýšený počet prostupů ostěním

Zatímco v předchozím stupni projektové dokumentace se počítalo se zřízením velmi redukovaného počtu šestnácti vletových otvorů do prostoru zazděných tunelových výklenků pro hnízdicí netopyry, během zpracování realizačního projektu vznikl požadavek na zachování všech stávajících hnízdicích otvorů v kamenné obezdívce. Za tímto účelem byly všechny otvory zaměřeny a jejich geometrická poloha byla definována vytyčovacími parametry vůči novému ostění. Celkový počet otvorů se tak podstatně zvýšil – nyní jich je 268. Ve spolupráci s dodavatelem izolace byl navržen detail prostupu za použití dvojdílné plastové tvarovky sloužící jako ztracené bednění. Detail umožňuje komunikaci s původním otvorem, ale zabraňuje zatékání vody na líc nového ostění (obr. 7, 8). Musely

the vault concreting operations. The construction work may only proceed between 7.30 p.m. to 6.00 a.m. In the day time, the tunnel is operated with the speed reduced to 50km/h.

4.2 Optimisation of new lining position

With respect to the construction process, the first step in designing the optimization was the definition of the horizontal and vertical axis of the new tunnel lining. Its objective was to minimise milling of the existing lining required for maintaining the minimum required thickness of the lining throughout the tunnel length and, at the same time, to maintain the clearance profile required for the track in the current and final positions. The starting basis was the survey of the existing lining with a 3D scanner and the derivation of the setting out data of the existing and new track axes following from the survey. The extent of the milling at various variants of the tunnel axis position was visualised by means of the Rhinoceros software (see Fig. 4).



Obr. 7 Detail prostupu ostěním
Fig. 7 Detail of the hole in the lining



Obr. 8 Úprava otvoru před položením hydroizolace
Fig. 8 Adjustment of the hole before installation of waterproofing membranes

4.3 Concrete casting procedure and division of lining into blocks

Concrete casting proceeded from the northern portal to the southern. The lining is divided into blocks 7.20m long, respectively 3.60m long on the outer side of the curve. Concreting of the vault proceeds first in the primary rectangular blocks and, subsequently, the trapezoidal secondary blocks are concreted between them (see Fig. 5). The formwork is tailored to the concrete casting procedure (see Fig. 6).

4.4 Construction logistics

The access for material supplies is possible only from the southern portal. After local milling of the existing vault away and deepening and cleaning of the foundation base, the bench was provided with waterproofing; reinforcement was installed and concrete cast in the strip footings. The reinforcement of the strip footings was fabricated in front of the tunnel and was carried into the tunnel at the whole block length. The waterproofing of the vault is installed subsequently. The reinforcement of

the vault is also fabricated outside the tunnel, on the construction site facility, and is transported to the tunnel on a formwork carriage as a whole. In the tunnel, the reinforcement is added only in 60cm wide strips left in the secondary blocks for the formwork stopends for the primary blocks.

4.5 Self-supporting reinforcement

The vault reinforcement is designed as a self-supporting system. The load-bearing element is formed by welded lattice girders joined with nuts with base plates. Due to the fact that the vault reinforcement for at least two non-concreted blocks is always prepared in the tunnel during the day-time tunnel operation, increased attention was paid to the design of the rigidity and stability of the self-supporting reinforcement.

4.6 Requirement for increased number of openings in the lining

Whilst establishing a significantly reduced number of sixteen openings into the space of the bricked-over tunnel recesses used by bats for roosting, a requirement originated during the work



foto Baresel photo courtesy of Baresel

Obr. 9 Detail rýhy pro posun otvoru

Fig. 9 Detail of the groove for shifting the hole

být prověřeny a vyřešeny konflikty se spárami mezi bloky a příhradovými nosníky samonosné výztuže. Pro instalaci tvarovky bylo třeba v plášti bednicího vozu zřídit otvory. Ty nemohly být kvůli konstrukci bednění rozmístěny libovolně, a proto byl počet otvorů na formě zredukován, což mělo za následek posun stávajících otvorů vybouráním krátké rýhy v kamenné klenbě (obr. 9) s opětovným prověřením možných konfliktů s výztuží.

5 REALIZACE

V době předání článku do tisku jsou hotové základové pásy a probíhá betonáž klenby. Stavbu provádí firma Baresel GmbH. Předpoklad dokončení prací je v roce 2021.

6 ZKUŠENOSTI

Pro tým zpracovatelů byl projekt sanace tunelu Reicholzheim přínosem v získání přehledu o používaných stavebních normách a předpisech pro železniční tunely v SRN. Projektování s užitím nových digitálních technologií, které je u Ambergu zavedeno, umožnilo optimalizaci vedení trasy s ohledem na rozsah frézování stávající obehádky při zachování nutné tloušťky vestavby. To v důsledku vede ke zkrácení doby výstavby, a tím k úspoře nákladů. Návrh systému samonosné výztuže ve spolupráci s firmou Baresel umožnil přizpůsobit pracovní postup k optimálnímu využití výluk.

Ing. JAN ROŽEK, AMBERG Engineering Brno, a.s.

Recenzoval Reviewed: Ing. Vladimír Prajzler

on the detailed design that all existing but entrance holes in the stone masonry lining were maintained. For this purpose, all openings were surveyed and their geometrical positions were defined by survey parameters relative to the new lining. Thus the total number of the openings significantly increased – now it amounts to 268. A detail of the hole, which was designed in collaboration with the contractor for waterproofing, uses a two-part plastic fitting serving as sacrificial formwork. The detail allows for communication with the original opening, but prevents flowing of water on the internal surface of the new lining (see Figures 7 and 8). It was necessary to check and solve the conflicts with joints between the blocks and lattice girders forming the self-supporting reinforcement. The installation of the fitting required holes in the skin of the travelling form. The openings could not be placed arbitrarily due to the formwork structure.

For that reason the number of the openings in the formwork was reduced. It resulted into shifting the existing openings by cutting a short groove in the stone masonry vault (see Fig. 9). The possibility of conflicts with the reinforcement was again checked on.

5 CONSTRUCTION PROGRESS

As of the moment of submitting the paper for printing, the strip footings have been finished and concreting of the vault is in progress. The construction is carried out by Baresel GmbH. The assumed completion of the works is in 2021.

6 EXPERIENCE

For the designing team, working on the design for the rehabilitation of the Reicholzheim tunnel was a contribution to obtaining an overview of the construction standards and regulations for railway tunnels used in the FRG. Designing using new digital technologies, which is introduced in Amberg, allowed for the optimisation of the tunnel route taking into consideration the extent of milling of the existing lining with respect to maintaining the necessary thickness of the built-in structure. This in turn leads to a reduction in construction time, and thus to cost savings. The proposal for the self-supporting reinforcement system implemented jointly with the Baresel company allowed for adaptation of the work procedure to the optimal use of the overnight tunnel closures.

Ing. JAN ROŽEK, AMBERG Engineering Brno, a.s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Instandsetzung des Reicholzheimer Tunnel. Ausführungsprojekt, Amberg Engineering AG, 2019–2020
- [2] FRITSCH, G. Reicholzheimer Bahntunnel wird für 18,5 Millionen Euro bis 2020 erneuert. In: //www.Main-Echo.de [online], 04.04.2019. Dostupné z <https://www.main-echo.de/regional/kreis-main-tauber/reicholzheimer-bahntunnel-wird-fuer-18-5-millionen-euro-bis-2020-erneuert-art-6666118>
- [3] GREIN, B.-D. Bahntunnel soll nach Sanierung 100 Jahre halten. In: Fränkische Nachrichten [online], 19.04.2018. Dostupné z https://www.fnweb.de/fraenkische-nachrichten_artikel,-wertheim-bahntunnel-sollnach-sanierung-100-jahre-halten-_arid,1235343.html
- [4] GREIN, B.-D. Tunnelarbeiten liegen im Zeitplan. In: Fränkische Nachrichten [online], 29.03.2019. Dostupné z https://www.fnweb.de/fraenkische-nachrichten_artikel,-wertheim-tunnelarbeitenliegen-im-zeitplan-_arid,1425802.html

FOTOREPORTÁŽ Z VÝSTAVBY DVOUKOLEJNÉHO ŽELEZNIČNÍHO TUNELU DEBOREČ NA IV. ŽELEZNIČNÍM KORIDORU

PICTURE REPORT FROM CONSTRUCTION OF DEBOREČ RAIL TUNNEL ON RAILWAY CORRIDOR NO. IV

FOTO ING. TOMÁŠ JUST / PHOTO ING. TOMÁŠ JUST



Obr. 1 Příprava hloubení stavební jámy výjezdového portálu
Fig. 1 Preparation of excavation of construction pit at entrance portal



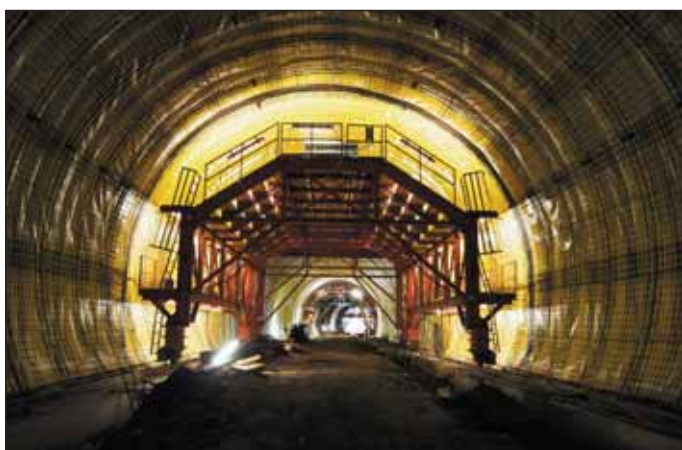
Obr. 2 Zahájení ražby ze stavební jámy výjezdového portálu
Fig. 2 Beginning of tunnel excavation from construction pit at entrance portal



Obr. 3 Ražba tunelu ve vstrojovací třídě 5a a 4
Fig. 3 Tunnel excavation in support classes 5a and 4



Obr. 4 Prorážka do stavební jámy vjezdového portálu
Fig. 4 Breakthrough to construction pit at entrance portal



Obr. 5 Montáž hydroizolace, armatury v klenbě tunelu
Fig. 5 Installation of waterproofing and reinforcement in the tunnel vault



Obr. 6 Betonáž sekundárního ostění a dna tunelu
Fig. 6 Concreting of secondary lining and tunnel bottom

ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

MOZAIKA ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB

■ **BBT SE ukončil smlouvu s ARGE H51 na úsek Pfans – Brenner**

Nehledě na intenzivní jednání nebyla dosažena dohoda s dodavatelem 15 km dlouhého úseku H51 Pfans – Brenner. Důvodem jsou rozdílné názory na stavební práce na tomto úseku. V říjnu zaslal investor dopis dodavateli ARGE H51 (Porr Bau GMBH, G. Hinteregger Bau GMBH, Condotte S.p.A. a Itinera S.p.A.), kterým ukončil smluvní vztah s dodavatelem. Porr AG prohlásil, že investorovo ukončení smlouvy je nezákonné, proto smlouva zůstává v platnosti a Porr AG učiní všechny potřebné kroky, aby ochránil svá práva.

Oba generální ředitelé BBT SE, Martin Granitzer a Gilberto Cardola, však společně prohlásili, že s ohledem na situaci na stavbě a nedohodu v podstatných záležitostech nevidí jiné řešení, než je vypsání nového tendru.

■ **Ražba bentonitovým štítem pod Hirošimou**

Bentonitový štít o průměru 13,7 m dodaný firmou Robbins úspěšně razí 1,8 km dlouhý tunel pod hustě zastavěnou částí japonského města Hirošima. Řezná hlava byla na staveništi montována z deseti z výroby dodaných segmentů.

Ražba probíhá ve vysoce abrazivním žulovém masivu pod tlakem podzemní vody vysokým až 13 atm. Tyto podmínky vyžadovaly speciální konstrukci štítu. Jedná se o první nasazení v zahraničí navrženého a vyrobeného bentonitového štítu tak velkého průměru v Japonsku.

■ **Rakouské spolkové železnice (ÖBB) modernizují tunel Karawanken**

Dvojkolejný železniční tunel délky 8 km pod pohořím Karawanken mezi Rakouskem a dnešním Slovinskem byl uveden do provozu v roce 1906. Protože již nevyhovuje současným bezpečnostním a provozním požadavkům, přistoupily ÖBB k jeho modernizaci. Práce byly zahájeny v září 2020 a s jejich ukončením se počítá v září 2021. V důsledku prováděných prací bude úplná výluka železničního provozu trvat od 5. října 2020 do 10. července 2021.

V rámci modernizace bude zvětšen příčný profil tunelu a dvojkolejný provoz bude změněn na jednokolejný. Ten ovšem v návaznosti na instalaci moderních zabezpečovacích zařízení umožní při uvažované rychlosti jízdy vlaků až 120 km/hod a při zkrácení intervalu mezi vlaky zvýšit dopravní kapacitu tunelu.

Při celkové opravě původní obehdivky z kamenného zdiva budou odstraněny její zkorodované či jinak narušené části, které nahradí stříkaný beton. Původní dno tunelu se kompletně odstraní a vybudováno bude dno nové včetně instalace bočních drenáží. Po celé délce bude proveden únikový chodník, instalováno protipožární zařízení apod.

■ **Ražba tunelů BBT pod řekou Eisack**

Po měsících přípravných prací byla 5. října 2020 zahájena ražba tunelů BBT pod řekou Eisack severně od italského Brixenu. Protože pod dnem této řeky v místě křížení se nacházejí mohutné vrstvy nesoudržných zvodnělých sedimentů, muselo být použito zmrazování pro vytvoření obálky ze zmražené hor-

niny po obvodě budoucích tunelů. Práce probíhaly ze čtyř šachet vyhloubených na dně údolí. Nejprve byly nesoudržné horniny zmrazeny na $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ pomocí kapalného dusíku o teplotě $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po vytvoření zmražené obálky byl kapalný dusík nahrazen solankou, která po dobu ražby zajišťuje stabilitu zmražené horniny.

Vlastní ražba tunelů od října 2020 úspěšně pokračuje.

■ **Velká intenzifikace energetické soustavy v Tyrolsku**

Společnost Tyrolské vodní elektrárny (Tiroler Wasserkraft AB – Tiwag) podepsala v říjnu 2020 smlouvu s dodavatelem na velkou intenzifikaci elektrárenské soustavy Sellrain – Silz, která se nachází asi 30 km západně od Innsbrucku. V rámci této stavby, která je jejich největší současnou investicí, se zvýší kapacita vodních nádrží o 50 %, což zajistí zvýšení roční výroby elektřiny o 216 mil. kWh/rok.

Hlavní součástí stavby budou:

- Nová přehradní nádrž Kühtai s objemem 30 mil. m³ budovaná v nadmořské výšce 2000 m n. m. Přehradní hráz výšky 113 m o objemu 6,7 mil. m³ a s korunou hráze délky 510 m. Pro odběr vody se konvenčně vyrazí dvoukilometrový tunel částečně ve spádu 80 %.
- Podzemní přečerpací elektrárna Kühtai 2, pro kterou bude vylámána kaverna o objemu 80 tis. m³. Součástí bude také konvenčně ražený čtyřkilometrový tunel.
- 25 km mechanizovaně a 2 km konvenčně ražených tunelů, které do nádrže přivedou vodu z některých potoků v údolích Ötztal a Stubaital.

Přípravné práce a budování zařízení stavenišť již probíhají a na jaře roku 2021 budou zahájeny hlavní stavební práce.

Dodavatelem stavby je konsorcium společností Swietelsky – Jäger – Bodner.

Pozn.: Je to poprvé, kdy tak velká stavba je v Rakousku realizovaná na základě tzv. modelu spojení (alliance model). Podstatou je společenství investora a dodavatele, které se zavazuje jednat podle základního principu: „To nejlepší pro stavbu!“ Z tohoto hlediska by měla být společně přijímána hlavní rozhodnutí, společně sdílěna rizika stavby i řešeny spory.

Podrobnější zásady pro fungování takové aliance nebyly bohužel dohledány.

■ **Že by se již blížil konec grandiózní stavby Stuttgart 21?**

Projekt Stuttgart 21 je ve fázi budování jízdních drah, trakčních vedení a zabezpečovacích systémů. Investor Deutsche Bahn zadal několika dodavatelům provedení všech zbývajících pevných jízdních drah v celkové hodnotě 278 milionů eur. Práce by měly být zahájeny začátkem roku 2021.

Na nové trati mezi Wendlingenem a Ulmem byla již polovina z celkového rozsahu jízdní dráhy provedena. Práce na budování pevné jízdní dráhy dále pokračují a na celé stavbě je budováno trakční vedení.

Zkušební provoz by měl být zahájen postupně koncem roku 2021 a první testy vysokorychlostního provozu jsou plánovány na rok 2022.

Ing. MILOSLAV NOVOTNÝ,
mila_novotny@volny.cz

FEHMARNBELT TUNNEL – NEJDELŠÍ PODMOŘSKÝ NAPLAVOVANÝ TUNEL NA SVĚTĚ FEHMARNBELT TUNNEL – LONGEST SUBSEA IMMERSED TUNNEL IN THE WORLD

In January 2021, the construction of the subsea tunnel in the English Channel between German Fehmarn Island and Danish Lolland Island is to begin. The design comprising the subsea immersed tunnel has undergone several years of development and replaced the original proposal for the construction of a bridge. The Fehmarnbelt tunnel under preparation is by far unbeatably the longest of the subsea immersed tunnels sunk into trenches (18.1km); as far as the depth is concerned, it is the second in the world (foundation base in the deepest part of the channel is 45m under the sea surface). The assumed cost amounts to 7.7 billion euros i.e. ca CZK 200 billion. Double-track high-speed railway will lead through the tunnel. Each track will be in a separate space with an intermediate concrete partition between them. The same system with a concrete partition separates both carriageways with the two traffic lanes + emergency lane roadway configuration. An independent 3m wide escape space and space for back-up facilities is created between the railway and motorway section. Ventilation by means of jet fans is assumed for all tunnels. The longitudinal dimension of individual tunnel blocks (89 in total) is exceptionally large, amounting to 217m; the weight of one blocks of 73,000t corresponds to it. Huge trenches in the seabed for placing the tunnel blocks will be excavated in postglacial gravel at smaller depths by means of a bucket-ladder dredge; at greater depths by means of rope grabs and suction excavators equipped, if necessary, with cutter dredgers. The most demanding operation will lie in precise placement of tunnel blocks loaded by water pumped into them on the adjusted bottom of the foundation trench and the subsequent watertight joining of individual blocks. Stabilisation backfill, the upper part of which will be made from a stony/bouldery material, will be carried out subsequently. It will form a protective overburden at least 1m thick.

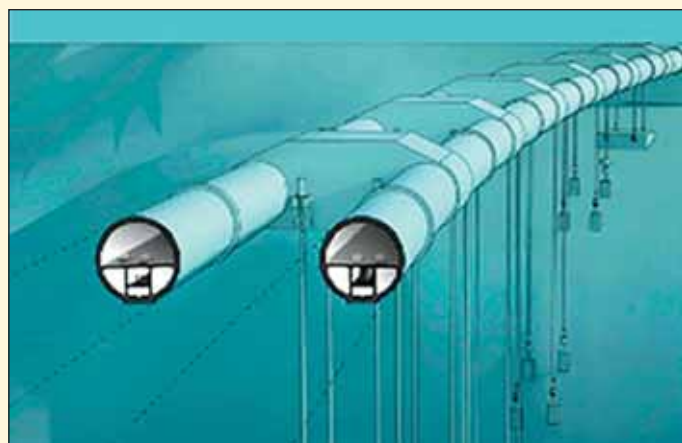
V lednu roku 2021 byla zahájena po více než deseti letech přípravných jednání a kompromisů výstavba podmořského tunelu v průlivu mezi německým ostrovem Fehmarn a dánským ostrovem Lolland. Samozřejmě nejde jen o železniční a dálniční spojení mezi těmito dvěma ostrovy, nýbrž o nejkratší a nejrychlejší propojení severoněmeckého Hamburgu, přes ostrovy Fehmarn a Lolland, s dánskou metropolí Kodaní na ostrově Zealand a s přístavem Malmö na západním pobřeží Švédska (obr. 1).



Obr. 1 Přípravovaný tunel Fehmarnbelt
Fig. 1 Fehmarnbelt tunnel under preparation

<https://en.wikipedia.org> – upraveno modified

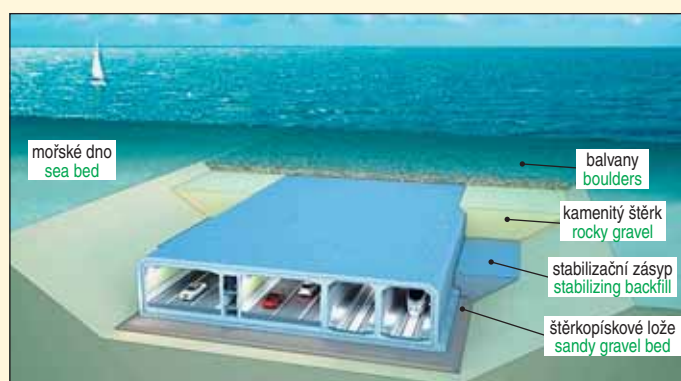
Stávající trasa pozemní komunikace E47 i železnice vedená ve stejné stopě vyžadují v současnosti pro překonání Fehmarnského průlivu širokého 18 km použít trajekt, což představuje nezanedbatelné časové ztráty. I tak je tato trasa časově o dvě hodiny kratší, než existující spojení Hamburg – Jutský poloostrov – ostrov Fyn – průliv Storebælt (kombinace mostu a podmořského tunelu) – ostrov Zealand (s metropolí Kodaní) – průliv Øresund (kombinace mostu a podmořského tunelu) – švédský přístav Malmö.



Obr. 2a Tunel kotvený do dna
Fig. 2a Tunnel anchored to seabed

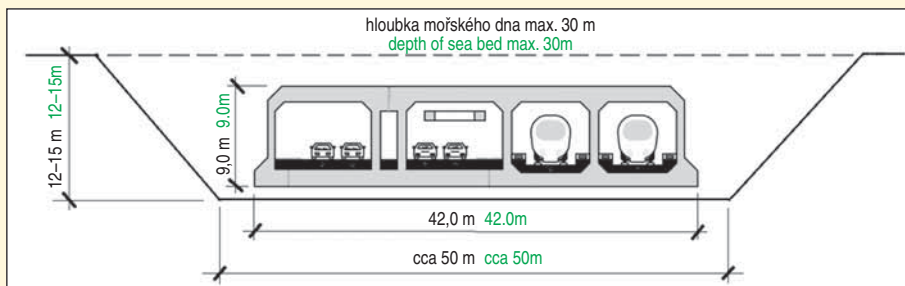


Obr. 2b Plovoucí tunel
Fig. 2b Floating tunnel



Obr. 2c Naplavovaný tunel uložený v rýze
Fig. 2c Float-in tunnel embedded in a trench

<https://constructionreviewonline.com> – upraveno modified



<https://enn.com> – upraveno modified

Obr. 3 Příčný řez tunelem Fehmarnbelt

Fig. 3 Cross-section through the Fehmarnbelt tunnel

Nové řešení s podmořským naplavovaným tunelem prodělalo několikaletý vývoj a nahradilo původní návrh na realizaci mostu, neboť byly prokázány přednosti dopravní, environmentální, prováděcí i údržbové. Nicméně protesty ekologických aktivistů ohledně ohrožení mořské fauny, zásahů do přírodního prostředí na pobřeží průlivu a nárůstu zatížení hlukem u tunelových portálů přetrvávají i do současnosti, stejně tak jako kritika ztráty pracovních míst způsobené útlumem lodní přepravy přes průliv (<https://euronews.com>).

Podmořských tunelů existuje více typů, ty základní jsou zachyceny na obr. 2a, b, c. Naplavovaný tunel z dílců uložených do rýhy vyhloubené do dna moře (nebo řeky) je typem výrazně nejrozšířenějším. Celkově bylo těchto tunelů vybudováno od začátku 20. století do současnosti více než sto. Tunel San Francisco Bay z roku 1969 byl s délkou 5,8 km čtyřicet let nejdelším podmořským tunelem na světě, a to až do roku 2010, kdy byl dokončen v systému most-tunel podmořský tunel Hongkong – Macao s délkou 6,7 km. Tunel Marmaray pod Bosporským průlivem s celkovou délkou 13,5 km má podmořskou naplavovanou část délky 1,4 km v největší dosud dosažené hloubce (60 m).

Připravovaný Fehmarnbelt tunel je z naplavovaných podmořských tunelů ukládaných do rýhy bezkonkurenčně nejdelší (18,1 km), co do hloubky je druhý na světě (základová spára je v nejhlubší části průlivu 45 m pod hladinou moře. Předpokládaná cena je 7,7 mld. eur, tj. cca 200 mld. Kč, doba výstavby bude 8,5 roku – 2021 až 2029.

Z příčného řezu tunelem o ploše 378 m² (obr. 3) je zřejmé, že tunelem povede dvoukolejná vysokorychlostní železnice (rychlostní limit 200 km/hod), každá kolej bude v samostatném prostoru s mezilehlou betonovou přepážkou. Stejná úprava s betonovou přepážkou odděluje oba dálniční proudy v šířkovém uspořádání dva jízdní pruhy + nouzový pruh (rychlostní limit 110 km/hod). Mezi železniční a dálniční sekcí je vytvořen samostatný 3 m široký únikový prostor a technologické zázemí. Větrání ve všech tunelech se předpokládá pomocí proudových ventilátorů.

Podélný rozměr jednotlivých tunelových dílců, kterých je celkem 89, je mimořádně velký oproti existujícím tunelem podobného typu a činí 217 m, čemuž odpovídá i váha jednoho dílce – 73 000 t. Nicméně z porovnání objemu a váhy jednoho dílce je zřejmé, že jednotlivé dílce při přepravě z výrobního doku (obr. 4) budou při osmimetrovém ponoru způsobilé k plavbě za vlečnými lodmi.

Mohutné rýhy do mořského dna pro uložení tunelových dílců budou provedeny v postglaciálních štěrcích v menších hloubkách pomocí korečkových rypadel, ve větších hloubkách pomocí lanových drapáků a sacích bagrů, opatřených v případě potřeby rozpojovacími zařízeními.

Nejnáročnější operací bude přesné uložení tunelových dílců, přitížených začerpanou vodou, na upravené dno základové rýhy a následné vodotěsné spojení jednotlivých dílců. K tomuto spo-

jení se využívá vodního tlaku na zaslepené vnější čelo posledního připojovaného dílce. Po vyčerpání vody z úzkého prostoru mezi zaslepeným čelem předposledního dílce a zaslepeným čelem dílce posledního začne působit značně velký hydrostatický tlak na vnější zaslepené čelo posledního dílce, čímž dojde k masivnímu stlačení speciálních pryžových těsnění v dosedací ploše spojovaných tunelových dílců. Po vodotěsném propojení tunelových dílců bude proveden stabilizační zásyp, jehož horní část z kamennito-balvanitého materiálu tvoří ochranné nadloží tunelu minimálně 1 m silné.

Vizualizace poloviny dálnice v budoucím tunelu je na obr. 5. Běžný utilitární vzhled tunelového interiéru nic podstatného nesdílí budoucím uživatelům o problémech přípravy a obtížích vlastní výstavby osmnáctikilometrového podmořského tunelu Fehmarnbelt. Nicméně není od věci poznamenat, že toto konstatování je možno vztáhnout k převážně většině staveb podzemní dopravní infrastruktury.

Z průběhu výstavby pozoruhodného projektu podmořského tunelu Fehmarnbelt budou v příštích letech na stránkách Tunelu nepochybně publikovány další zajímavé informace.

*S využitím uvedených pramenů zpracoval
prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.*



<https://femern.com/en> – upraveno modified

Obr. 4 Výrobní dok tunelových dílců v dánském Rodbyhavn 1 – výroba tunelových dílců 2 – nappuštění doku vodou 3 – vypuštění plovoucího dílce z doku 4 – doprava

Fig. 4 Fabrication dock for tunnel segments in Danish Rodbyhavn 1 – fabrication of tunnel blocks 2 – filling the dock with water 3 – launching of flowing blocks from the dock 4 – transportation



<https://femern.com/en> – upraveno modified

Obr. 5 Část dálnice v tunelu Fehmarnbelt

Fig. 5 Part of motorway in the Fehmarnbelt tunnel

JAK NEBEZPEČNÉ JSOU HOŘÍCÍ ELEKTROMOBILY? HOW DANGEROUS ARE BURNING ELECTRIC CARS?

In the underground area of testing galleries in Hagerbach (Versuchstollen Hagerbach AG), a realistic research into the behaviour of batteries used in electric cars during a fire has been underway in the last two years. The results of the experiment were published at the beginning of August 2020 in the form of a final report. The following points belong among the main ones. From a thermal standpoint of view, a burning electric car is not more dangerous than a burning car with conventional drive, but emissions generated by a burning car have always been dangerous and, under certain conditions, they can be easily deadly, no matter which car is in fire. Extinguishing with water can cause a short circuit and an unexpected expansion of the electric car fire even during extinguishing. Highly corrosive toxic hydrofluoric acid is often discussed as a special danger with burning batteries. However, in three experiments in the Hagerbach galleries, these concentrations remained below the critical level. In the event of burning Li-on batteries, heavy carcinogenic metals (cobalt, manganese, nickel) are released in the form of aerosols, which settle on all surfaces with which the smoke comes into contact or are flushed out with extinguishing water. Functional ventilation in tunnels designed in a standard way in compliance with current legislation will cope not only with burning petrol powered cars, but also with burning electric cars.

V podzemním areálu pokusných štol v Hagerbachu (Versuchstollen Hagerbach AG) probíhaly v posledních dvou letech reálné výzkumy chování baterií používaných v elektromobilech při požáru. Výsledky tohoto výzkumu byly publikovány v srpnu 2020 a vzbudily poměrně velký rozruch a širší odborné diskuze na toto téma.

Často se diskutuje otázka, co nastane, jestliže elektromobil zasáhne v silničním tunelu nebo podzemní garáži požár? V pokusné štolě Hagerbach zapálili výzkumníci společnosti Empa spolu s expertem pro bezpečnost v tunelu panem Larsem Derekem Mellertem články baterie elektromobilů, analyzovali alokaci sazí a kouřových plynů a chemické zbytky v hasební vodě.

Vícero provedených pokusů mělo obdobný scénář. Video z pokusu (viz odkaz na konci článku) působivě ukazuje, jaká energie se v bateriích skrývá: Až metr dlouhé ostré plameny produkují velké množství hustého, černého dýmu. Viditelnost v předtím osvětleném úseku tunelu je rychle nulová. Po několika minutách modul baterie vyhoří a saze se rozptýlí po celém prostoru.

Pokusy, které financoval švýcarský Silniční spolkový úřad (Asstra) a na němž se spolupodílelo několik výzkumníků společnosti Empa, se uskutečnil v prosinci roku 2019.

„Při našem experimentu jsme mysleli především na soukromé nebo veřejné provozovatele malých a velkých podzemních garáží nebo parkovacích domů,“ říká vedoucí projektu pan Lars Derek Mellert ze společnosti Amstein + Walthert Progress AG. Tyto podzemní stavby stále více používají také elektromobily. A provozovatele logicky zajímá, co dělat, když auto zachvátí požár, jaká zdravotní nebezpečí vzniknou pro zaměstnance garáží a jaké účinky má požár na provoz všech zařízení. Pro tyto případy doposud neexistuje téměř žádná náležitá odborná literatura, legislativa ani praktická zkušenost.

Lark Derek Mellert připravil za podpory Marcela Helda, výzkumníka v oblasti baterií, a Martina Tuchschruda, specialisty na koroze z výzkumné společnosti Empa, tři experimentální scé-

náře, na nichž se podíleli i experti pokusné štolý Hagerbach AG a francouzského „Centre d'études des tunnels“ (CETU/Centra pro studium tunelů) v Bron. V místě požáru byly namontovány testovací povrchy, na nichž se usazovaly saze. Povrchy byly po pokusu chemicky analyzovány a několik měsíců uloženy ve speciálních prostorách, aby se objasnila a odhalila možná poškození způsobená korozi.

Scénář 1: Požár v uzavřeném prostoru

U prvního scénáře se jedná o požár v uzavřené garáži bez mechanické ventilace. Pokus se prováděl na ploše o rozměru 28 × 28 metrů a konstrukční výšce 2,5 metrů. Toto parkovací místo má standardní objem vzduchu 2000 metrů krychlových. Předpokládá se požár malého vozidla s plně nabitou baterií o výkonu 32 kWh. Pro hospodárnost pokusu bylo vše zmenšeno na 1/8. V prostoru o objemu vzduchu 250 metrů krychlových byl zapálen plně nabitý modul baterie s kapacitou 4 kWh. Zkoumalo se, jak se na stěnách tunelu, površích a ochranných oděvech přítomných hasičů usazují saze, do jaké míry jsou usazeniny jedovaté a jakým způsobem lze místo požáru po události vyčistit.

Scénář 2: Požár v prostoru se sprinklery

U scénáře 2 jde o chemické sloučeniny v použité hasební vodě. Postup byl stejný jako u scénáře 1. Avšak tentokrát byl kouř z baterie pomocí plechu sveden pod vodní sprchu, která se imitovala činností sprinkleru. Voda se sazami padající dolů byla zachycena v záhytné nádrži. Baterie se přitom neuhaslila, nýbrž rovněž zcela vyhořela.

Scénář 3: Požár v tunelu s ventilací

V tomto scénáři šlo o účinek požáru na ventilační zařízení. Sledováno a měřeno bylo, jak daleko se saze roznesou do odsávacích kanálů a zda se zde usadí látky, které vedou ke korozním poškozením. V pokusu byl opět zapálen modul baterie 4 kWh, ale nyní ventilátor vhněl kouř konstantní rychlostí (cca 1,5 m/s) do pokusného tunelu délky 160 metrů. Výzkumníci namontovali do pokusného tunelu ve vzdálenosti 50, 100 a 150 metrů od požáru plechy, na kterých se saze usazovaly. Chemické složení sazí a možný korozní účinek byl analyzován v laboratořích výzkumné společnosti Empa.

Výsledky pokusu byly publikovány začátkem měsíce srpna roku 2020 formou závěrečné zprávy:

- Hořící elektromobil není z termického hlediska nebezpečnější než hořící auto s konvenčním pohonem, ale emise škodlivin požáru vozidla byly vždy nebezpečné a za jistých okolností mohou být snadno smrtelné, ať jde o jakýkoliv automobil.
- Požáry klasických automobilů a elektromobilů jsou výkonově srovnatelné.
- Hašení vodou může způsobit zkrat a neočekávanou expanzi požáru elektromobilu i v průběhu hašení.
- U hořících baterií se často jako zvláštní nebezpečí diskutuje silně leptavá toxická kyselina fluorovodíková. Avšak ve třech pokusech ve štolách v Hagerbachu zůstaly tyto koncentrace pod kritickou hranicí.
- Při požáru baterií Li-on se uvolňují těžké karcinogenní kovy (kobalt, mangan, nikl) ve formě aerosolů, které se usazují na všech površích, se kterými přijde kouř do styku, anebo jsou spláchnuty hasební vodou. Analýzy prokázaly, že chemická zátěž hasební vody přesahuje švýcarské mezní hodnoty pro

průmyslové odpadní vody 70x, chladicí voda se ocitá dokonce až 100x nad limitem. Aby se vysoce kontaminovaná voda nedostala do kanalizace, je důležité provést vždy odbornou profesionální dekontaminaci.

- Stejný nebo obdobný problém může vzniknout i u všech fotovoltaických systémů, bateriových záložních zdrojů, nabíjecích stanic v podzemních garážích.
- Standardně navržená a instalovaná funkční ventilace v tunelech podle stávající legislativy se vypořádá nejen s hořícími benzinovými auty, nýbrž i s hořícími elektromobily. Na základě dosažených výsledků není tedy třeba očekávat zvýšené množství škod způsobených korozí instalované vzduchotechniky.
- Rovněž hasičské sbory se na základě pokusů nemusí učit nic relativně nového. Hasiči vědí (měli by již dnes vědět), že baterie elektromobilu není možné zcela uhasit, ale je nutné je vždy chladit velkým množstvím vody. Oheň může zůstat omezen na několik článků baterie, část baterie nevyhoří často vůbec. Takový částečně vyhořelý vrak se musí vždy uložit do vodní nádrže nebo speciálního kontejneru, aby se nemohl nově vznítit.

- Závěrečná zpráva rovněž varuje především soukromé majitele podzemních garáží, aby se nepokoušeli po požáru saze nebo nečistoty sami jakkoliv odstraňovat. Saze obsahují velké množství oxidu kobaltu, niklu a manganu. Tyto těžké kovy vyvolávají na nechráněné pokožce silné alergické reakce. Sanaci a dekontaminaci jakýchkoliv prostor po požáru elektromobilu tedy v každém případě musí provést profesionální a patřičně vybavená firma.

Na základě provedených pokusů a výsledků se zpracovává SIA 2060 „Infrastruktur für Elektrofahrzeuge in Gebäuden“.

Použité zdroje a užitečné odkazy:

<https://www.empa.ch/web/s604/brandversuch-elektroauto>

<https://www.youtube.com/watch?v=7ZfDEZPODj8&feature=youtu.be>

<https://www.youtube.com/watch?v=NWfyHyC-rg0>

<https://www.youtube.com/watch?v=hA5ZmZLq9YQ>

*Ing. VLASTIMIL HORÁK, AMBERG Engineering Brno, a.s.
MICHAEL KOMPATSCHER, Versuchstollen Hagerbach AG*



Obr. 1, 2 Hořící modul baterie Li-on
Fig. 1, 2 Burning Li-on battery module



ŠVÝCARSKÁ PŘÍLEŽITOSTNÁ MINCE K PROJEKTU NEAT CENERI SWISS OCCASIONAL COIN ON NEAT CENERI PROJECT

The Ceneri base tunnel with its length of 15.4km is the third largest civil engineering construction project on the New Alpine Transversal (NEAT) after the Lötschberg and Gotthard base tunnels. Its portals are located in Camorino near Bellinzona in the north and Vezia near Lugano in the south. The tunnel consists of two single-track tubes spaced at ca 40m, with 48 cross passages carried out at 325m intervals. The construction lasted 12 years and was put into full service in December 2020. As is often the case with similar projects in the Swiss Confederation, the Swiss Mint welcomed the completion of the Ceneri base tunnel with the issuance of a commemorative coin on 3 September 2020. In doing so, it also expressed its appreciation for the NEAT transportation structure. The coin is named NEAT Ceneri, its nominal value is CHF 201, is made of 835 sterling silver. It weighs 20g, the diameter is 33mm; 7500 pieces were produced in Proof quality. Remo Mascherini is the medallist.

Bázový tunel Ceneri je se svými 15,4 km, po bázových tunelech Lötschberg a Gotthard, třetím největším stavebním projektem Nové alpské transverzály (NEAT). Jeho portály se nacházejí na severu v Camorinu u Bellinzony a na jihu ve Vezii u Lugana. Obdobně jako u zmíněných bázových tunelů Gotthard a Lötschberg se tunel skládá ze dvou jednokolejných tubusů vzdálených od sebe cca 40 m, s 48 tunelovými spojkami po každých 325 m. Stavba trvala 12 let, uvedení do plného provozu připadlo na prosinec 2020.

Součástí projektu je i podzemní křižovatka tratí Sarè, nacházející se 2,5 km před jižním portálem ve Vezii. Ta by měla především umožnit budoucí pokračování na jih, z technických a ekonomických důvodů plánované až po roce 2030. Pro připojení nového bázového tunelu ke stávající železniční trati byly na uzlu Camorino na severním portálu postaveny na objednávku kantonu Ticino i další stavby. Vzniklo tak nové přímé železniční spojení mezi Lo-



Obr. Švýcarská příležitostná mince k projektu NEAT Ceneri
Fig. Swiss occasional coin on NEAT Ceneri project

carnem a Luganem. Pro Ticino tak umožňuje bazový tunel Ceneri kvantitativní skok veřejné dopravy, a to především díky výrazně kratším dobám jízdy. Tunel má denní kapacitu 170 nákladních a 180 osobních vlaků. Osobní vlaky dosahují (podle jízdního řádu) rychlosti 200 km/hod.

Stavební náklady na projekt činily přibližně 3,6 mld. švýcarských franků.

Jak je ve Švýcarské konfederaci u obdobných projektů časté, uvítala Švýcarská mincovna (Swissmint) dne 3. září 2020 dokončení bazového tunelu Ceneri vydáním příležitostné mince. S tím vyjádřila také uznání uskutečněné dopravní struktury NEAT. Charakteristiky mince jsou:

Pojmenování	NEAT Ceneri
Medailér	Remo Mascherini
Nominální hodnota	20 Fr
Kov	Ag 835
Hmotnost	20 g
Ø	33 mm
Ve kvalitě proof vyraženo	7 500 kusů

Mince se dodává v praktickém boxu, s vloženým číslovaným certifikátem. Podoba aversu a reversu je zřejmá z příloženého obrázku.

Zdroj: https://www.swissmint.ch/d/downloads/dokumentation/flyer/2020-NEAT-Ceneri_Flyer-d.pdf

doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.

AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLICĚ CURRENT NEWS FROM THE CZECH AND SLOVAK UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

ČESKÁ REPUBLIKA

METRO D – NOVÁ LINKA PRAŽSKÉHO METRA

Tzv. nultá etapa projektu Metra D ve formě inženýrsko-geologického průzkumu v oblasti pražské městské části Pankrác vstoupila s rokem 2021 do závěrečného roku své realizace (za předpokladu dodržení termínu podle aktuálně platných uzavřených smluv).

Aktuální termíny pro dokončení všech plánovaných činností jsou totiž pro lokalitu VO-OL (HOCHTIEF CZ a. s.) srpen 2021 a pro lokalitu PAD4 (Metrostav a.s.) září 2021, přičemž činnosti na lokalitách PAD1b (Metrostav a.s.) a OL1 (STRABAG a.s.) byly již dokončeny v srpnu roku 2020, jak jsme již informovali v předchozích aktualitách (obr. 1).

Po dokončení všech činností na všech lokalitách budou také do konce roku 2021 dokončeny a ukončeny všechny doposud plánované aktivity spojené s dnes prováděným monitoringem a pasportizací (INSET s.r.o. a GeoTec-GS, a.s.).

V posledním kvartále loňského roku byla reálně provedena aktualizace pasportu některých sledovaných objektů a pro dokončené lokality PAD1b a OL1 již byly také vypracovány a předány závěrečné zprávy komplexního monitoringu.

Pro stále aktivní lokalitu PAD4 a VO-OL je zajímavé, že se zde aktuálně prováděné ražby a injektáže pohybují v přímém kontaktu s provozovanou trasou metra C, kterou při velmi nízkém nadloží spolu podcházejí. Další zajímavostí je, že stejně tak jako trasu metra podchází ražbou štola VO-OL v dané části i raženou stolu PAD4. Měření konstrukcí a kolejí trasy linky C se provádí nepřetržitě a jejich výsledky jsou ve stejném režimu konzultovány s pracovníky provozu metra a stejně tak monitorovány a sledovány v rámci odborného dohledu expertní skupiny RAMO.

THE CZECH REPUBLIC

METRO D – NEW LINE OF PRAGUE METRO

The so-called zero stage of the Metro D project in the form of engineering geological survey in the area of the Pankrác municipal district of Prague has entered the final year of its implementation in 2021 (under the assumption that the deadline according to the currently valid agreements is remains unchanged).

The currently valid deadlines for completion of all planned activities are August 2021 for the VO-OL locality (HOCHTIEF CZ a. s.) and September 2021 for the PAD4 locality (Metrostav a.s.), whereas activities at PAD1b (Metrostav a.s.) and OL1 (STRABAG a.s.) were already completed in August 2020, as we have already informed in the previous Current News (see Fig. 1).

After completion of all activities at all localities, all activities associated with the currently conducted monitoring and condition survey (INSET s.r.o. and GeoTec-GS, a.s.) planned so far will also be completed by the end of 2021.

In the last quarter of 2020, updating of the condition survey for some buildings being monitored was factually conducted and final reports of the comprehensive monitoring for the completed localities PAD1b and OL1 were also processed and submitted.

Regarding the still active localities PAD4 and VO-OL, it is interesting that the currently carried out underground excavation and grouting operations proceed in a direct contact with the operated metro Line C route, crossing it under with very low overhead. Another interesting fact is that, in the particular part, the VO-OL gallery excavation passes not only under the metro route, but also under the mined gallery PAD4. Measurements of structures and rails of the Line C is conducted continuously and the results are consulted in the same regime with employees of



Obr. 1 Lokalita OLI, zde plánované činnosti jsou již dokončeny
Fig. 1 Locality OLI, where the planned activities have been concluded

Na lokalitě VO-OL bylo k 31. 12. 2020 z plánovaných 322 m štoly vyraženo v daných profilech celkem 264 m (obr. 2). Na lokalitě PAD4, kde bylo vyraženo cca 120 m štoly, byly prováděny zejména tlakové injektáže vedené pod stávající provozovanou trasou C a stejně tak pokusné injektáže chemické, které již byly také dokončeny (obr. 3). Vedle těchto základních činností prováděných v podzemí zde také z povrchu bylo vyměněno ražbou dotčené vodovodní potrubí DN400 provozované správcem PVK.

Pro vlastní realizaci trasy Metra D je provedení geologického průzkumu ovšem pouze nutným předpokladem, protože konečným řešením je úspěšné zprovoznění celé trasy. Pro dosažení tohoto výsledku probíhají další nezbytně nutné úkony a bohužel nutno říci, že s menšími nebo většími obtížemi. Výběr zhotovitele pro první navazující realizační etapu v úseku Pankrác – Olbrachtova ještě bohužel stále z důvodu trvajících námitek podaných k ÚOHS nemůže být uzavřen a cesta legislativní přípravy směrem k získání hlavního stavebního povolení je v tuto chvíli stále zdržována námítkami stěžovatelů, pravda s možným optimistickým výhledem pozitivního řešení.

Současný předpoklad zahájení stavby metra I.D v úseku Pankrác – Olbrachtova je s ohledem na probíhající procesní a legislativní potíže plánován na druhé pololetí roku 2021. Věřme tedy,



Obr. 2 Lokalita VO-OL, pohled na vyraženou štolu
Fig. 2 Locality VO-OL, a view down the excavated gallery

the metro operator's unit and monitored and observed within the framework of the professional supervision by an expert group of the Monitoring Board.

At the VO-OL locality, as of 31st December 2020, 246m of the planned 322m of the gallery excavation have been finished (see Fig. 2). At the PAD4 locality, where ca 120m of the gallery excavation had been finished, pressure grouting as well as chemical grouting was carried out under the existing operating route of Line C. It has been finished (see Fig. 3). In addition to these basic activities carried out underground, a DN400 water pipeline affected by the excavation, operated by the PVK (Prague water lines and sewers) administrator, was replaced from the surface.

However, the completion of the geological survey is only a necessary precondition for the development of the Metro Line D route because the final solution is the successful bringing of the entire line into service. Other activities necessary for achieving this result are in progress, unfortunately with smaller or greater difficulties. Unfortunately, the selection of the contractor for the first following implementation stage in the Pankrác – Olbrachtova section cannot be closed yet due to persistent objections submitted to the Office for the Protection of Competition. The path of legislative preparation towards obtaining the main construction permit is still delayed by objections of complainants, with a possible optimistic outlook for a positive solution.

The current assumption is that, with respect to the continuing procedural and legislative difficulties, the Metro I.D construction in the Pankrác – Olbrachtova section will commence in the second half of 2021. Let us therefore believe that with the New Year 2021, the Metro D project will be more successful, and we will be able to get acquainted with this new positive information when reading the Current News.

Ing. BORIS ŠEBESTA, borissebesta61@gmail.com
Ing. MICHAL ŠERÁK, serak@idspraha.cz

NEW RAILWAY TUNNELS ON RAILWAY CORRIDOR IV

Two new railway tunnels are under construction within the framework of the “Modernisation of the Sodoměřice – Votice track” project. Správa železnic, státní organizace (Railway infrastructure administration, state organisation), is the project owner and OHL ŽS, a.s., is the contractor for construction.



Obr. 3 Lokalita PAD4, pohled na ražbu a členění čelby štoly
Fig. 3 Locality PAD4, a view of the excavation and the gallery excavation sequences

že s novým rokem 2021 se bude projektu Metro D více dařit, a že se pak budeme moci s těmito novými pozitivními informacemi při čtení dalších aktualit rádi seznámit.

Ing. **BORIS ŠEBESTA**, borissebesta61@gmail.com
Ing. **MICHAL ŠERÁK**, serak@idspraha.cz

NOVÉ ŽELEZNIČNÍ TUNELY NA IV. ŽELEZNIČNÍM KORIDORU

V rámci stavby „Modernizace trati Sudoměřice – Votice“ se budují dva nové železniční tunely. Investorem stavby je Správa železnic, státní organizace a zhotovitelem stavby společnost OHL ŽS, a.s.

Tunel Mezno

Tunel Mezno je ražený železniční dvoukolejný tunel celkové délky 840 m, z toho ražená část tvoří 768 m, navazující hloubená část u vjezdového portálu má délku 48 m a u výjezdového portálu 24 m.

K 31. 1. 2021 je tunel kompletně vyražen a z jedné poloviny vybetonován včetně hloubeného tunelu na výjezdovém portálu. V úseku délky 288 m od vjezdového portálu je tunel profilu s protiklebou (obr. 4), který je opatřen celoplošnou izolací za účelem ochrany zdrojů pitné vody v blízkosti tunelu. Všechny tunelové pásy jsou navrženy jako vyztužené. Pro mezilehlou deštníkovou hydroizolace byla použita PVC fólie Mapeplan TU WL 2,2 mm, v úseku s celoplošnou izolací byla použita fólie tl. 3,2 mm. Minimální tloušťka ostění z betonu C 30/37 XF1 XA1 v raženém tunelu je 400 mm a v hloubených úsecích 600 mm z betonu C 30/37 XA2 XF3. Tunel je vybaven podélným systémem střední drenáže DN 315 a bočních drenáží DN 200. Chodníky jsou umístěny po obou

Mezno tunnel

The Mezno tunnel is an 840m long mined double-track railway tunnel; 768m of its length are being mined; the following cut-and-cover sections at the entrance and exit portals are 48m and 24m long, respectively.

As of 31st January 2021, the tunnel excavation has been finished. Concreting has been completed in one half, including the cut-and-cover tunnel at the exit portal. In the section 288m long from the exit portal, the tunnel profile contains an inverted vault (see Fig. 4). It is provided with a waterproofing system around the full circumference of the tunnel so that the drinking water sources in the tunnel vicinity are protected. All tunnel blocks are designed to be made from reinforced concrete. The 2.2mm thick Mapeplan TU WL PVC membrane is used for the intermediate umbrella-type waterproofing; in the section with the waterproofing around the full circumference, the membrane is 3.2mm thick. The C 30/37 XF1 XA1 concrete lining in the mined tunnel is at least 400mm thick, whilst it is 600mm thick in the cut-and-cover tunnel made from C 30/37 XA2 XF3 concrete. The tunnel is equipped with a longitudinal system of DN 315 central drainage and DN 200 side drains. The walkways are located along both tunnel sides and cableways and the dry fire main are placed in them.

Deboreč tunnel

The Deboreč tunnel is a 660m long mined double-track railway tunnel; 562m of its length are being mined; the linking sections at both portals are 49m long each.

As of 30 January 2021, the tunnel excavation has been finished throughout the tunnel length and, in the mined section, concreting



Obr. 4 Tunel Mezno, betonáž sekundárního ostění v profilu s protiklebou
Fig. 4 Mezno tunnel, concreting of the secondary lining in the profile with the invert

stranách tunelu a jsou v nich umístěny kabelovody a požární sušovody.

Tunel Deboreč

Tunel Deboreč je ražený železniční dvoukolejný tunel celkové délky 660 m, z toho ražená část tvoří 562 m a navazující hloubené části u obou portálů mají délku 49 m.

K 30. 1. 2021 je tunel v celé délce vyražen a v raženém úseku je vybetonováno sekundární ostění (obr. 5). Aktuálně probíhají práce na realizaci sekundárního ostění hloubených tunelů. Jako mezilehlá deštníková hydroizolace je použita PVC fólie Sikaplan WP 1100-22HL2 tloušťky 2,2 mm. Minimální tloušťka ostění z betonu C 30/37 XC1 XF1 XA2 v raženém tunelu je 320, resp. 420 mm v úseku se spodní klenbou. V úseku průchodu tektonickou poruchou je použit beton C 50/60 XC1 XF1 XA2. V hloubených úsecích je tl. ostění 600 mm z betonu C 30/37 XC1 XA2 XF3. Vybavení tunelu je shodné s tunelem Mezno.

Ing. TOMÁŠ JUST,
tjust@ohlzs.cz, OHL ŽS, a.s.



Obr. 5 Tunel Deboreč, čištění a betonáž dna tunelu
Fig. 5 Deboreč tunnel, cleaning and concreting of the tunnel bottom

ŽELEZNIČNÍ TUNEL ZVĚROTICE

Dvoukolejný železniční tunel Zvěrotice délky 370 m na traťovém úseku Soběslav – Doubí je součástí IV. železničního koridoru spojujícího po dokončení Prahu s Českými Budějovicemi a dále s rakouským Lincem. Stavba se nachází v těsné blízkosti města Soběslav a trasy dálnice D3. Od situace popsané v minu-

of the secondary lining has been completed (see Fig. 5). At the moment, the work on the secondary lining of the cut-and-cover tunnels has been underway. Sikaplan WP 1100-22HL2 2.2mm thick PVC membrane is used for the umbrella-type waterproofing. The minimum thickness of the C 30/37 XC1 XF1 XA2 concrete lining in the mined tunnel amounts to 320mm, respectively 420mm in the section with the inverted vault. Concrete C 50/60 XC1 XF1



Obr. 6 Montáž výztuže spodní klenby tunelu Zvěrotice
Fig. 6 Assembly of reinforcement of the inverted vault in the Zvěrotice tunnel

lém čísle časopisu Tunel došlo k přesunu bednění ostění tunelu směrem k vjezdovému portálu a vybetonování atypického portálového bloku betonáže. Betonáž již nyní bude probíhat kontinuálně směrem k výjezdovému portálu. Současně s betonáží horní klenby ostění probíhá hloubení stavební jámy mezi pilotovými stěnami a úprava jejího dna do tvaru spodní klenby tunelu se stabilizací podkladním betonem. V 5. týdnu roku 2021 probíhala montáž výztuže prvního bloku spodní klenby. Vzhledem k nepříznivým klimatickým podmínkám a nízké kvalitě masivu charakteru zemin je nutné při tvarování základové spáry spodní klenby postupovat s mimořádnou pečlivostí, což se zhotoviteli daří. Obr. 6 ukazuje montáž výztuže spodní klenby prvního bloku betonáže tohoto typu mezi pilotovými stěnami. Stavební jáma je vyhloubena v celé délce tunelu a jsou vybetonovány základové pásy tunelového ostění. Směrem od vjezdového portálu budou následně probíhat izolování tunelu, montáž vnějších tunelových drenáží a zásyp tunelu tak, aby bylo možné staveništní komunikaci propojit oba boky stavební jámy.

Stavbu tunelu provádí subdodávkou firma HOCHTIEF CZ a. s. pro „Sdružení Soběslav – Doubí“ tvořené firmami STRABAG a.s., EUROVIA CS, a.s. a Metrostav a.s. Autorem realizační dokumentace tunelu je firma SAGASTA s.r.o.

Ing. LIBOR MAŘÍK, SAGASTA s.r.o.

SLOVENSKÁ REPUBLIKA

TUNELY NA DIAĽNIČNEJ SIETI

Tunely Ovčiarско a Žilina

Úsek diaľnice D1 tvorí južný obchvat Žiliny v celkovej dĺžke 11,320 km. Úsek sa začína v Hričovskom Podhradí v križovatke diaľnic D1 a D3. Úsek sa končí v mieste napojenia na plánovanú križovatku Lietavská Lúčka a v nej na privádzač Lietavská Lúčka – Žilina. Diaľničný úsek D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka je jeden z najťažších, ktorý bude z veľkej časti vedený nadzemnými estakádami a v dvoch tuneloch (Ovčiarско – 2 367 m, Žilina – 687 m).

Stavebníkom a zároveň budúcim správcom diaľničného úseku a oboch tunelov je Národná diaľničná spoločnosť, a. s. Dobudovaním diaľnice D1 pri Žiline sa vytvoria podmienky k odľahčeniu dopravy na cestách I/18 a I/64, čo výrazne prispeje k zníženiu negatívnych vplyvov dopravy na životné prostredie v meste Žilina a obci Lietavská Lúčka.

Výstavba oboch tunelov je vo finálnej fáze. V decembri 2020 bolo na tuneli Ovčiarско vykonané taktické cvičenie záchranných zložiek pri simulovanej dopravnej nehode. Počas cvičenia si zložky integrovaného záchranného systému (zdravotníci, hasičský a záchranný zbor, polícia) a NDS preverili súčinnosť pri záchrane ľudí a uhasení požiaru v tunelovej rúre. Koncom roka 2020 bola vykonaná hlavná tunelová prehliadka tunelov Ovčiarско a Žilina, ktorej výsledkom je, že tunely môžu byť uvedené do predčasného užívania a skúšobnej prevádzky.

Zhotoviteľom diaľničného úseku D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka je Združenie Ovčiarско (Doprastav, a.s. – líder Združenia, Váhostav-SK, a.s. – člen Združenia, Strabag, s.r.o. – člen Združenia, Metrostav a.s. – člen Združenia).

Pre verejnosť je celý úsek diaľnice D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka vrátane oboch tunelov k dispozícii od 29. 01. 2021.

XA2 has been used in the section passing across the tectonic fault. In the cut-and-cover sections, the C 30/37 XC1 XA2 XF3 concrete lining is 600mm thick. The tunnel equipment is the same as that in the Mezno tunnel.

Ing. TOMÁŠ JUST, tjjust@ohlzs.cz, OHL ŽS, a.s.

ZVĚROTICE RAIL TUNNEL

The 370m long double-track rail tunnel in the Soběslav – Doubí track section is part of Railway Corridor No. 4, which will, after completion, link Prague with České Budějovice and further with Linz, Austria. The construction is located near the town of Soběslav and the D3 motorway route.

From the situation described in the previous TUNEL journal issue, the formwork for the tunnel lining has been moved in the direction of the entrance portal and concreting of the atypical portal block has been finished. Concreting operations will now proceed continually in the direction of the exit portal. Simultaneously with the concreting of the upper lining vault, the construction pit is being excavated between the pile walls. The bottom of the pit is being accommodated to the tunnel invert shape with the stabilisation by blinding concrete. The reinforcement of the first block of the invert was installed in the 5th week of 2021. Due to unfavourable climatic conditions and low quality of the massif with the character of soils, it is necessary to proceed with extreme care when shaping the foundation base of the invert, which the contractor succeeds in. Figure 6 shows the assembly of the reinforcement of the invert in the first concreting block of this type between the pile walls. The excavation of the construction pit has been finished throughout the tunnel length and concreting of the strip foundations of the tunnel lining has been completed. In the direction from the entrance portal, the tunnel waterproofing will be installed, the external tunnel drains will be placed and the tunnel will be backfilled so that it is possible to link the construction trench sides by a construction site road.

The tunnel construction is being carried out by HOCHTIEF CZ as a sub-contractor for the consortium „Sdružení Soběslav – Doubí“, consisting of the companies of STRABAG a.s., EUROVIA CS, a.s. and Metrostav a.s. The company of SAGASTA s.r.o. is the author of the design of means and methods for the tunnel (the so-called execution design).

Ing. LIBOR MAŘÍK, SAGASTA s.r.o.

SLOVAK REPUBLIC

TUNNELS ON MOTORWAY NETWORK

Ovčiarско and Žilina tunnels

The D1 motorway section is formed by the southern by-pass of the town of Žilina with the total length of 11,320km. The section begins in the village of Hričovské Podhradie, in the intersection between the D1 and D3 motorways, and ends in the location of the connection to the planned Lietavská Lúčka intersection and, in this intersection, to the Lietavská Lúčka – Žilina link road. The Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka motorway section is one of technically most complicated sections, a major part of which will be led along above-ground viaducts and through two tunnels (the Ovčiarско – 2367m, the Žilina – 687m).

Národná diaľničná spoločnosť, a. s., (National Highway Company) is the developer and, at the same time, the future

Tunel Prešov

Tunel Prešov sa nachádza na úseku diaľnice D1 Prešov západ – Prešov juh. Trasa tunelovej časti juhozápadného obchvatu Prešova bude tvorená dvoma nezávislými tunelovými rúrami, severná tunelová rúra bude dĺžky 2 230,5 m a južná tunelová rúra bude dĺžky 2 244,0 m.

V priebehu druhej polovice roku 2020, keď sa uvoľnili opatrenia vyhlásené vládou SR v súvislosti s rizikom šírenia nákazy koronavírusu, sa práce na tuneli Prešov znovu rozbehli tak, aby zhotoviteľia čo najviac dobehli zmeškanie z dôvodu nemožnosti nasadiť na pracovisku zahraničných pracovníkov počas obmedzení cezhraničného styku. Žiaľ, po novom roku sú opatrenia späť a práce na dokončení tunela sú opäť obmedzené.

Do konca roku 2020 sa napriek tomu podarilo v oboch tunelových rúrach položiť kompletný cementobetónový kryt vozovky, dokončiť nátery tunelových rúr a chodníky. Z technologických prác boli na 100 % dokončené závesné rošty a lávky pre inštalácie káblových vedení, ďalej sa pracovalo na inštalácii technológií do SOS výklenkov vrátane nerezových dverí. K sledovanému obdobiu prebieha kompletizácia technológie v centrálnych technologických objektoch tunela na oboch portáloch tunela Prešov.

V prípade priaznivých klimatických podmienok bude začiatok roka 2021 venovaný začatiu prác na obsype hĺbených častí tunelových rúr po oboch stranách portálov. Definitívna úprava portálov pozostáva z betónových oporných múrov a gabiónových portálových múrov. Priestor za portálovými múrmi bude postupne vyplnený hutným zásypom z upravenej rúbaniny získanej z razenia tunela. Súčasne so spätným zásypom portálových častí bude postupne na jednej a následne aj na druhej strane portálu prebiehať úprava predportálových úsekov pri postupnom budovaní kábelovodov pre rozvody technológií. V oboch tunelových rúrach zostáva ešte dokončiť tesnenie škár v konštrukciách chodníka a vozovky, osadenie poklopov na káblové trasy a vozovka v prejazdnych priečných prepojeniach.

Celú stavbu juhovýchodného obchvatu mesta Prešova realizuje Združenie D1 Prešov (EUROVIA SK a. s., EUROVIA CS a. s., Doprastav a. s., Metrostav a. s., Metrostav Slovakia a. s.), tunel Prešov realizuje spoločnosť Metrostav a. s.

Tunel Bikoš

Tunel Bikoš s dvomi tunelovými rúrami a dĺžkou 1155 m je súčasťou 4,3 km dlhého úseku rýchlostnej cesty R4 Prešov, severný obchvat, I. etapa, budovaného v plnom profile.

Razenie oboch tunelových rúr od severného portálu tunela sa začalo v máji 2020. Na začiatku roku 2021 raziace práce pokračujú v oboch tunelových rúrach. Dňa 28. januára 2021 je v západnej tunelovej rúre vyrazených 963 m kaloty a 827 m stupňa a vo východnej tunelovej rúre 865 m kaloty a 731 m stupňa tunela. Obe tunelové rúry budú takmer v celej dĺžke vyrazené od severného portálu. Pokračujú aj práce na južnom portáli, kde už sú pripravené mikropilotové dáždniky nad tunelovými rúrami pre začiatok ich razenia. Prerazené sú už aj dve z troch priečných prepojení.

Začali sa aj práce na definitívnych konštrukciách, keď sú už vybetónované prvé tri protiklenby v západnej tunelovej rúre. Betonáže horných klenieb sekundárneho ostenia by sa mali začať v priebehu apríla 2021.

administrator of the motorway section and both tunnels. By completing the D1 motorway construction, conditions will be created for relieving traffic congestions on I/18 and I/64 roads. It will significantly contribute to reducing negative effects of traffic on the environment in the town of Žilina and in the village of Lietavská Lúčka.

The construction of the two tunnels is in the final phase. A tactical exercise of rescue units during a traffic accident was conducted on the Ovčiarisko tunnel in December 2020. During the course of the exercise, the components of the Integrated Rescue System (health service, the Fire and Rescue Service and the Police), and the National Highway Company examined the collaboration in rescuing people and extinguishing a fire in a tunnel tube. The main tunnel inspection of the Ovčiarisko and Žilina tunnels was conducted at the end of 2020, with the conclusion that the tunnels can be brought into preliminary service and trial operation.

The contractor for the construction of the Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway is the Ovčiarisko Consortium (Doprastav, a. s. – consortium leader, Váhostav-SK, a. s. – consortium member, Strabag, s.r.o. – consortium member, Metrostav, a. s. – consortium member).

The entire section of the D1 highway Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka, including both tunnels, is available to the public from 29 January 2021.

Prešov tunnel

The Prešov tunnel is located in the Prešov West – Prešov South section of the D1 motorway. The route of the tunnelled part of the southwest by-pass of Prešov will be formed by two independent tunnel tubes – the 2230.5m long northern tunnel tube and 2244.0m long southern tunnel tube.

In the second half of 2020, when the measures declared by the Government of the Slovak Republic in relation to the risk of spreading the coronavirus infection were released, the work on the Prešov tunnel resumed with enormous efforts so that the Contractors caught up on the delayed work resulting from the impossibility of using foreign workers during the restrictions on cross-border relations. Unfortunately, the measures are back after the new year and the work on both tunnel tubes is again restricted. Despite this fact, the complete concrete roadway cover was placed, painting of the tunnel tubes and walkways were successfully finished by the end of the year. Of the work on the services, 100 per cent of suspension grids and cable brackets have been finished. Further on, the work on the installation of equipment into emergency call niches including stainless steel doors continued.

As of the period being monitored, completion of the equipment in management centres of service buildings in front of both portals of the Prešov tunnel has been in progress.

In the event of favourable climatic conditions, the beginning of 2021 will be dedicated to the commencement of the work on backfilling of the cut-and-cover sections at both sides of the portals. The final shaping of the portals consists of concrete retaining walls and gabion portal walls. The space behind the portal walls will be gradually filled with compacted muck obtained from the mined part of the tunnel. Simultaneously with backfilling of the portal parts, the pre-portal sections will be gradually treated on one and subsequently also on the other side of the portal during the process of building cable ducts for distribution of services. Sealing of joints in the roadway and walkways, installation of covers on

Zhotoviteľom stavby je združenie spoločností VÁHOSTAV – SK, a.s. a TuCon, a.s. Predpokladané ukončenie rýchlostnej cesty a jej uvedenie do prevádzky sa očakáva na jar 2023.

Tunel Čebrať

Súčasťou diaľničného úseku D1 Hubová – Ivachnová bude dvoj-rúrový tunel Čebrať s dĺžkou 3 680 m. V predošlých rokoch boli diagnostikované rozsiahle problémy so stabilitou územia na západnom portáli tunela Čebrať a nadväzujúcom úseku diaľnice, ktoré si vyžiadali značné zmeny smerového vedenia diaľnice. Tieto museli byť nanovo posúdené v procese EIA a povolené v územnom konaní v zmysle stavebného zákona.

Začiatkom roku 2021 stále prebieha razenie tunelových rúr od východného portálu v rámci projektu geologickej úlohy. Dňa 28. januára 2021 je vyrazených 3 090 m v pravej a 3 067 m v ľavej tunelovej rúre. Prípravné práce pre razenie tunelových rúr od západného portálu budú môcť začať až po vydaní stavebného povolenia, ktoré sa očakáva v priebehu apríla 2021.

Zhotoviteľom stavby je združenie spoločností OHL ŽS, a.s., a VÁHOSTAV – SK, a.s.

Tunel Višňové

Najdlhším slovenským diaľničným tunelom má byť tunel Višňové s dĺžkou 7,5 km na úseku diaľnice D1 Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala. Obe rúry tunela Višňové boli prerazené v auguste 2018, po 40 mesiacoch razenia.

V polovici roku 2019 boli práce na diaľničnom úseku vrátane tunela predčasne ukončené na základe dohody medzi objednávateľom, Národnou diaľničnou spoločnosťou, a zhotoviteľom, združením Salini Impregilo – Dúha. Koncom januára 2020 bolo vyhlásené verejné obstarávanie prác súvisiacich s pokračovaním a dokončením stavby diaľnice, ktoré zahŕňajú dokončenie stavebnej časti tunela Višňové. Výber zhotoviteľa je realizovaný formou súťažného dialógu, pričom cenové ponuky odovzdali v decembri 2020 traja uchádzači.

Ukončenie výberového procesu a podpis zmluvy o dielo sa očakáva v prvých mesiacoch roku 2021. Pre uvedenie diaľnice do prevádzky bude okrem stavebnej časti potrebné dokončiť aj technologickú časť tunela, kde ale ešte verejné obstarávanie nebolo začaté.

Ing. VLADIMÍR ĎURŠA, Doprastav, a.s.

Ing. JIŘÍ BŘICHŇÁČ, Metrostav a.s.

Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,

Slovenská tunelárska asociácia

TUNELY NA ŽELEZNIČNEJ SIETI

Železničný tunel Milochovo

Na prekľutie úpätia vrchu Stavná, južne od miestnej časti Horný Milochovo mesta Považská Bystrica, je navrhnutý nový tunel Milochovo. Projektovaná dĺžka tunela je 1861 m. Tunel má jednu únikovú štôľňu, ktorá vyúsťuje v obci Horný Milochovo.

Práce na tuneli pokračujú realizáciou sekundárneho ostenia (obr. 7). V spodnej časti sa budujú spodné klenby, resp. základové pásy v závislosti na geologických vlastnostiach horninového masívu. Následne sa na primárne ostenie nafaňuje hydroizolácia a v závese prebiehajú armovacie práce na výstuži sekundárneho ostenia. Samotná betonáž sekundárneho ostenia sa ku dňu 25. 1. 2021 nachádza na bloku č. 117. Betónuje sa od východné-

cable routes and the roadway in cross passages for vehicles remain to be completed in both tunnel tubes.

The whole construction of the southeast by-pass of the town of Prešov has been carried out by the D1 Prešov consortium (EUROVIA SK a.s., EUROVIA CS a.s., Doprastav a.s., Metrostav a.s., Metrostav Slovakia a.s.); the Prešov tunnel is being carried out by the company of Metrostav a.s.

Bikoš tunnel

The 1155m long, twin-tube Bikoš tunnel is part of the 4.3km long section of the R4 Prešov, northern by-pass, stage I, driven using the full-face excavation system.

The excavation of both tunnel tubes from the northern portal started during May 2020.

At the beginning of 2021, the tunnel excavation operations continue in both tunnel tubes. As of 28 January 2021, the excavation of 963m of top heading and 827m of bench has been finished in the western tunnel tube and 865m of top heading and 731m of bench in the eastern tunnel tube. Both tunnel tubes will be nearly throughout their lengths driven from the northern portal. The work on the southern portal, where the canopy tube pre-support structures are already prepared above the tubes for the commencement of excavation, also continues. The excavation of two of the three cross passages has also been finished.

The work on the final structures, where concreting of first three invert structures in the western tunnel tube have already been finished. The concreting of upper vaults of the secondary lining should start during the course of April 2021.

The consortium of the companies of Váhostav-SK, a.s., and TuCon, a.s., is the contractor. The completion of the express highway and opening it to traffic is expected in spring 2023.

Čebrať tunnel

The 3680m long Čebrať double-tube tunnel will be part of the Hubová – Ivachnová section of the D1 motorway. Extensive problems were diagnosed in recent years with the stability of the area at the western portal of the Čebrať tunnel and the adjacent motorway section. They required extensive changes in the technical solution, which had to be reassessed in the EIA process and subsequently approved in the meaning of the Building Code.

At the beginning of 2021, the excavation of the tunnel tubes from the eastern portal within the framework of the geological task still continues. As of 28 January 2021, 3090m and 3067m of excavation have been finished in the right-hand and left-hand tunnel tube, respectively. Preparation operations for the excavation of the tunnel tubes from the western portal will be allowed to begin only after the issuance of the construction permit, which is expected in April 2021.

The consortium of the companies of OHL ŽS, a.s., and Váhostav-SK, a.s., is the contractor.

Višňové tunnel

The 7.5km long Višňové tunnel, which is part of the Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala section of the D1 motorway, leading south of the regional capital Žilina, is to be the longest motorway tunnel in Slovakia. Both tubes of the Višňové tunnel were broken through in August 2018, after 40 months of tunnel excavation.

The work on the motorway section including the tunnel was prematurely suspended on the basis of an agreement between the client, Národná Diaľničná Spoločnosť, and the contractor,



Obr. 7 Sekundárne ostenie tunela Milochovo
Fig. 7 Secondary lining of the Milochovo tunnel

ho portálu, kde sa začalo s blokom č. 177, smerom k západnému portálu, takže zrealizovaných je 60 blokov, čo činí 600 metrov z celkovej dĺžky tunela, takže máme 1/3 betonáže hotovú. Pre bloky 179 až 184 a záverečný portálový blok P2 sa na východnom portáli realizuje takzvané falošné primárne ostenie (obr. 8). Po jeho dokončení sa zvonku začne s rovnomerným obojstranným prisýpaním, zvnútra sa pripraví armatúra a debniaci vozeň, ktorý sa používa vo vnútri tunela, sa vysunie naspäť a využije sa pre túto časť. Následne debniaci vozeň bude pokračovať vo vnútri smerom na západný portál, kde sa betonárske práce na ostení ukončia.

V únikovej štólňi prebiehajú profilačné práce primárneho ostenia a pripravuje sa realizácia dna pre sekundárne ostenie.



Obr. 8 Falošný primár hĺbenej časti na východnom portáli tunela Milochovo
Fig. 8 False primary lining of the cut-and-cover part at the eastern portal of the Milochovo tunnel.

and Salini Impregilo – Dúha consortium. At the end of January 2020, the public procurement was published for the work associated with the continuation of the motorway construction, comprising also the completion of the civil and structural work on the Višňové tunnel. The selection of the contractor is being carried out in the form of a competitive dialogue, where the bids were submitted by three competitors in December 2020.

The end of the tendering process is expected in the first half of 2021. The completion of the equipment-related part of the tunnel, where the public procurement process has not commenced yet, is the condition for bringing the motorway into service.

Ing. VLADIMÍR ĎURŠA, *Doprastav, a.s.*
Ing. JIŘÍ BŘICHŇÁČ, *Metrostav a.s.*
Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
Slovenská tunelárska asociácia

TUNNELS ON RAILWAY NETWORK

Milochovo railway tunnel

The new Milochovo tunnel is designed to cope with the bottom of the Stavná hill, south of Horný Milochovo municipal district of the town of Považská Bystrica. The tunnel length designed amounts to 1861 metres. The tunnel has one escape gallery exiting to surface in the municipality of Horný Milochovo.

The work on the tunnel continues by the construction of the secondary lining (see Fig. 7). In the lower part, inverted structures are under construction, respectively strip footings, depending on geological properties of the ground massif. Subsequently, waterproofing layers are laid on the primary lining and placement of the reinforcement of the secondary lining follows. The concreting of the secondary lining is currently (25 January 2021) underway on block No. 177. The concrete casting operations proceed from the eastern portal, where they commenced on block No. 177, toward the western portal. In total, concreting of 60 blocks has been finished, representing the length of 600m of the total tunnel length, which means that we have finished 1/3 of the concreting. The so-called false primary lining (see Fig. 8) is being carried out at the eastern portal for blocks 179 through to 184 and the final portal block P2. After its completion, the even double-sided backfilling will start from the outside. The reinforcement is prepared from the inside and the traveller form used inside the tunnel is pushed back and used for this part. Subsequently, the traveller form will continue inside in the direction of the western portal, where concreting of the lining will end.

Profiling of the primary lining in the escape gallery is underway and the construction of the bottom for the secondary lining is being prepared.

At the eastern portal, the service road to Horný and Dolný Milochovo will be relocated above the tunnel after completion of the cut-and-cover backfilled part. A service house is being built next to the tunnel tube. It will be the larger of the two for the management of the Milochovo tunnel, where there will also be an automatic booster pump station for the fire water supply.

Na východnom portáli sa po realizácii hĺbenej presypanej časti bude ponad tunel prekladať obslužná komunikácia do Horného a Dolného Milochova. Vedľa tunelovej rúry sa stavia technologický domček, bude to väčší z dvoch pre riadenie tunela Milochov, kde bude aj automatická tlaková stanica pre požiarneho vodovodu.

Na západnom portáli vzhľadom na ročné obdobie utlmene prebiehajú práce na konečných terénnych úpravách, ktoré pozostávajú z gabiónových obkladov portálových stien a obloženia hĺbeneho tunela vystuženou zeminou a obkladovými prvkami z kamenných gabiónov. V horných častiach svahov sa inštaluje 3D systém Krismer ako ochrana povrchu, ktorý bol dočasne zabezpečený striekaným betónom.

Celú stavbu realizuje združenie Nimnica zložené zo spoločností Doprastav – TSS Grade – SUBTERRA – EŽ Praha. 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.

At the western portal, the work continues on the final terrain finishes comprising gabion cladding of the portal walls and cladding of the cut-and-cover tunnel with reinforced earth and cladding elements from stone gabions. The Krismer 3D system is being installed in the upper parts of the slopes as protection of the surface which was temporarily stabilised with shotcrete.

The whole construction is being carried out by the Nimnica consortium consisting of Doprastav – TSS Grade – SUBTERRA – EŽ Praha. The Diel tunnel has been carried out by the company of TUBAU, a.s. and the Milochov tunnel by the company of Subterra a.s. REMING CONSULT a.s. is the general designer for the project owner, Železnice Slovenskej republiky (Railways of the Slovak Republic).

The whole construction is being carried out by the Nimnica consortium consisting of Doprastav – TSS Grade – SUBTERRA – EŽ Praha. The Milochov tunnel is carried out by the company of Subterra a.s. REMING CONSULT a.s. is the general designer for the project owner, Železnice Slovenskej republiky (Railways of the Slovak Republic).

Ing. JÁN KUŠNÍR,
REMING CONSULT a.s.

Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

POHLEDNICE S KRÁTKÝMI TUNELY PICTURE POSTCARDS WITH SHORT TUNNELS

The Czech technical nomenclature (ČSN 73 7501 and the Register of underground construction nomenclature [1]) considers a tunnel to be “a linear underground structure with the profile larger than 16m², inclined up to 60° from horizontal plane”. It means that the length of the structure plays no role. Even a very short underground entity in question is thus considered to be a tunnel. The shortest three domestic road tunnels are the Pekařova Brána (4m), the Kokořínský tunnel (24m) and the Vyšehradský tunnel (34m). Similarly, the shortest Czech railway tunnels follow in the order: the Nelahozeves I (23.30m), the Žlutice (25m) and the Hornoledečský (30m); the shortest railway tunnel ever was the today already removed Jáchymov tunnel (18.3m). We also encounter short tunnels not only on interesting historical postcards, but also postcards from very near times. Their attractiveness follows from the fact that, in terms of aesthetics, especially short tunnels are very close to natural rock gates and ribs and often allow for interesting views through them. In this part of the series, a relatively wide range of short tunnels is presented on postcards from Germany, Austria, France, Italy and Bosnia. Six of them can be categorised as road tunnels, two belong to railway.

České technické názvosloví (ČSN 73 7501 a Přehled terminologie podzemního stavitelství [1]) považuje za tunel „liniovou podzemní stavbu s profilem větším než 16 m², se sklonem do 60° od vodorovné roviny“. Délka objektu tedy nehraje žádnou roli. Za tunel je tak považovaná i velmi krátká předmětná podzemní entita. Nejkratší tři tuzemské silniční tunely pak jsou: Pekařova brána (4 m), Kokořínský (24 m), Vyšehradský (34 m)... Obdobně tomu nejkratší české tunely železniční následují v pořadí: Nelahozeveský I (23,30 m), Žlutický (25 m), Hornoledečský (30 m), a vůbec nejkratším železničním byl, dnes již zrušený, Jáchymovský (18,3 m).

S krátkými tunely se také setkáváme na zajímavých pohlednicích historických, ale i ze zcela nedávné doby. Jejich poutavost vyplývá z toho, že právě krátké tunely jsou esteticky velmi blízké přírodním skalním bránám a žebřům a umožňují často zajímavé průhledy. V tomto dílu seriálu je tak prezentované poměrně široké spektrum krátkých tunelů na pohlednicích z Německa, Rakouska, Francie, Itálie a Bosny. Šest z nich lze zařadit k silničním, dva náležejí železnici.



Obr. 1 Tunel Schlucht. Vysoké Vogézy. Kolorovaná fotografie. Verlag von Emil Hartmann, Strassburg 1. E. Okolo 1910. [sbírka autorů]

Na pohlednici je východní vstup do tunelu. Jak je zřejmé, již tehdy komunikaci využívaly vedle kolejových vozidel i automobily...

Fig. 1 Schlucht tunnel. Higher Vosges. Colourer photograph. Verlag von Emil Hartmann, Strassburg 1. E. Around 1910. [authors' collection]

The eastern exit from the tunnel is presented in the picture postcard. As it is obvious, not only rail-bound vehicles but also cars were used for transport at that time ...



Obr. 2 Tunel Schlucht s elektrickou horskou dráhou. ?? 1912. [sbírka autorů] Tramvaj tentokrát vyjíždí ze západního portálu tunelu.

Fig. 2 Schlucht tunnel with an electrical mountain railway. ?? 1912. [authors' collection]

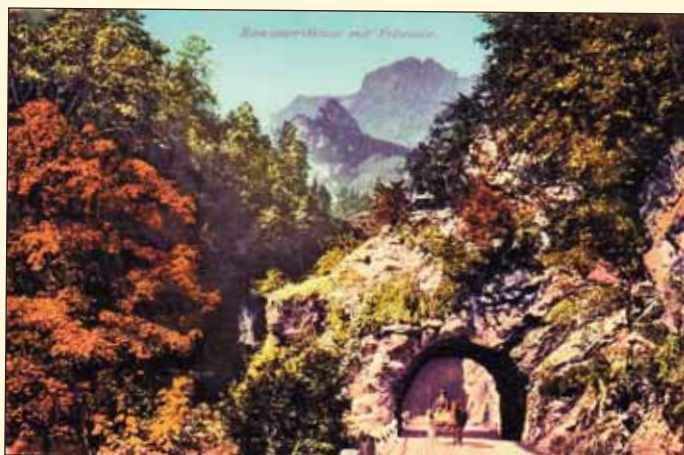
This time the tram exits from the western portal of the tunnel.

Tunel Schlucht

Hraniční průsmyk Schlucht (1 139 m n. m.) odděluje v pohoří Vysokých Vogéz Alsasko od Lotrinska. Do průsmyku vedla stará horská cesta z Munsteru v Alsasku, 1871–1918 a 1940–1945 se zde nacházel hraniční přechod mezi Německem a Francií. Ve stopě staré cesty byla mezi lety 1905 až 1907 postavena 10,8 km dlouhá ozubnicová elektrická železnice, či spíše tramvaj; těsně před vrcholem se na ní nacházel krátký (22 m) tunel – obr. 1 a 2. Dráha však byla v provozu jen nedlouho a zaniká s vypuknutím 1. světové války v roce 1914. Dnes tunelem prochází fungující horská silnice. [2 a 3]

Skalní brána v Ramsau

V cípu Bavorska při hranici s Rakouskem se nachází Ramsau u Berchtesgadenu. Procházela tudy historická silnice, která byla ve 30. letech 20. stol. přestavěná na Reichsstraße 305 (dnes značená jako Federální dálnice 305, či Berchtesgadenská silnice). Cca 3 km východně od centra městečka překonávala v údolí řeky



Obr. 3 Ramsauerská silnice se skalní bránou. Kolorovaná fotografie. Purger & Co., München, Photochromiekarte No. 5969. Okolo 1900. [sbírka autorů] Na pohlednici je severovýchodní portál Dolní skalní brány (Unteres Felsentor). Fig. 3 Ramsau road with a rock gate. Coloured photograph. Purger & Co., München, Photochromiekarte No. 5969. Around 1900. [authors' collection] There is the north eastern portal of the Lower Rock Gate (Unteres Felsentor) in the picture postcard.

Ramsauer Ache stará komunikace výrazný ostroh jen 35 m dlouhým nevyzděným tunelem – skalní bránou (obr. 3 a 4). Objekt byl při rekonstrukci silnice zachován a základně vyztužen, a tak také slouží dodnes. Je známý pod jménem Dolní skalní brána (Unteres Felsentor); téměř totožná Horní skalní brána (Oberes Felsentor) se pak nachází v serpentíně stoupající severně nad středem obce Ramsau. [4]

Tunely na silnici Gardesana

Státní silnice 45 bis Gardesana v severní Itálii obsluhuje západní stranu Gardského jezera. Její první pasáž (Cremona – Brescia) sleduje stopu staré římské silnice. Na ni navazující úsek Rezo – Trento byl vystavěn v letech 1929–1931. S ohledem na velmi složitou morfologii trasy se vyznačoval mimořádně vysokým počtem, převážně krátkých, tunelů. Těch se uvádí celkem až 70, o celkové délce 7 182 m. Při zásadních úpravách v 60. letech



Obr. 4 Skalní brána na Ramsauerské silnici. Fotogr. H. Gutjahr, Ramsau bayr. Alpen. 1922. [sbírka autorů]

Na pohlednici je, stejně jako na předchozím obr. 3, severovýchodní portál Dolní skalní brány (Unteres Felsentor), ale o 20 let později. Na rubu pohlednice se nachází otisk turistického razítka blízké přírodní zajímavosti – cca 200 m dlouhé skalní soutěsky s vodnatým potokem Wimbach (Wimbachklamm, 733 m n. m.).

Fig. 4 Rock gate on Ramsau road. Photogr. H. Gutjahr, Ramsau bayr. Alpen. 1922. [authors' collection]

There is the north-eastern portal of the Lower Rock Gate (Unteres Felsentor) in the picture postcard, as in the previous picture No. 3, but 20 years later. On the reverse of the postcard, there is an imprint of the tourist stamp of a nearby natural point of interest – ca 200m long rock pass with the water-abundant Wimbach creek (Wimbachklamm, 733m a.s.l.).



Obr. 5 Pozdravy od Gardesany. Gardské jezero – západní silnice Gardesana. Fotoediz. Rivetta souvenirs – via Vergnano, 97 Brescia. 1995. [sbírka autorů]
Na pohlednici je jižní portál některého z následujících (krátkých) tunelů: Afrodite, dei Coribanti, delle Furie, delle Limniadi, Driadi, Eolo, Esperidi nebo Grazie.

Fig. 5 Greetings from Gardesaa. Garde Lake – western Gardesana road. Fotoediz. Rivetta souvenirs – via Vergnano, 97 Brescia. 1995. [authors' collection]

There is a portal in the picture postcard of some of the following (short) tunnels: Afrodite, dei Coribanti, delle Furie, delle Limniadi, Driadi, Eolo, Esperidi or Grazie.



Obr. 6 Terst. Pobřeží – Přírodní tunel (Galleria Naturale). SAG Trieste. Cca 1980. [sbírka autorů]

Nevyzděný východní portál tunelu je vysoko nad hladinou Jaderského moře.

Fig. 6 Trieste. Sea shore – Natural Tunnel (Galleria Naturale). SAG Trieste. Ca 1980. [authors' collection]

The eastern tunnel portal (without masonry cladding) is high above Adriatic sea level

20. stol. (s doplněním o několik delších až dlouhých tunelů po roce 2000) byla trasa zkrácená a mnoho z původních tunelů tak opuštěno. Nicméně jen mezi Riva del Garda a Garganem dnes prochází 29 km dlouhá pobřežní silnice 32 tunely celkové délky 13 146 m (2 × 15 m, 2 × 20 m, 27 m, 31 m, 35 m, 38 m... až 1 041 m) – obr. 5.

Zajímavosti: Novou silnici pokřtil v roce 1931 nacionalistický básník G. d'Annunzio jménem „meandre“, a to podle její klikatosti a střídání temných tunelů s modrým jezerem. Během 2. světové války pak sloužily některé z delších tunelů zbrojní výrobě. [5 a 6]

Přírodní tunel v Terstu

Italská státní silnice SS14 je vedena převážně po severním pobřeží Jaderského moře. V průběhu let 1928–1954 propojila Rieku (Fiume, dnes HR) s Benátkami (Venezia), přes Terst (Trieste). V Terstském zálivu se komunikace, působící až panoramaticky, nachází vysoko (50 až 90 m) nad mořem. Jsou na ní celkem tři tu-



Obr. 7 Na silnici do Nauders. Alpiner Landschaftsverlag Josef Neumair Imst, Tirol. Okolo 1925(?) [sbírka autorů]

Na obrázku je průhled z tunelu do bezprostředně navazující „skalní brány“. Jde o některé, dnes již opuštěné, krátké tunely z roku 1856. Jejich bližší identifikace je, vzhledem k úpravám trasy, již obtížná.

Fig. 7 On the road to Nauders. Alpiner Landschaftsverlag Josef Neumair Imst, Tirol. Around 1925(?) [authors' collection]

There is a view from the tunnel to a directly connected “rock gate” in the picture. The tunnel is one of the today already abandoned short tunnels from 1856. Closer identification is already difficult with respect to modifications of the route.

nely – dva při areálu zámku Miramare, třetím je tzv. Přírodní tunel (Galleria Naturale) cca 10 km severozápadně od středu města – na obr. 6. Tunel byl vylámaný v letech 1927–1928 do krasového žebra a při délce cca 70 m zůstal nevyzděný; od toho je zřejmě i odvození jeho pojmenování.

Zajímavosti: Na stěnách tunelu jsou údajně pozůstatky vytesaných fašistických „liktorských prutů“. A zavedená místní tradice velí při průjezdu tunelem 3x krátce zatroubit. [7 a 8]

Tunely u Nauders

Státní silnice B180 v Tyrolsku, zvaná také Reschenská (Reschenstraße), je dlouhá 39,1 km a vede z Flieβ přes Nauders až do Reschenského průsmyku (Reschenpass, 1 507 m n. m.) na hranici s Itálií. Byla postavená 1850–1856 ve stopě jednoho z nejvýznamnějších historických přechodů Alp, římské silnice Via Claudia Augusta. Nad obcí Nauders procházela komunikace řadou navazujících tunelů a galerií – obr. 7. Od 80. let 20. stol. je silnice průběžně modernizovaná a při úpravách trasy byly některé ze starých tunelů nahrazeny novými. Aktuálně se na tomto silničním úseku nacházejí čtyři tunely a šest galerií. [9 a 10]

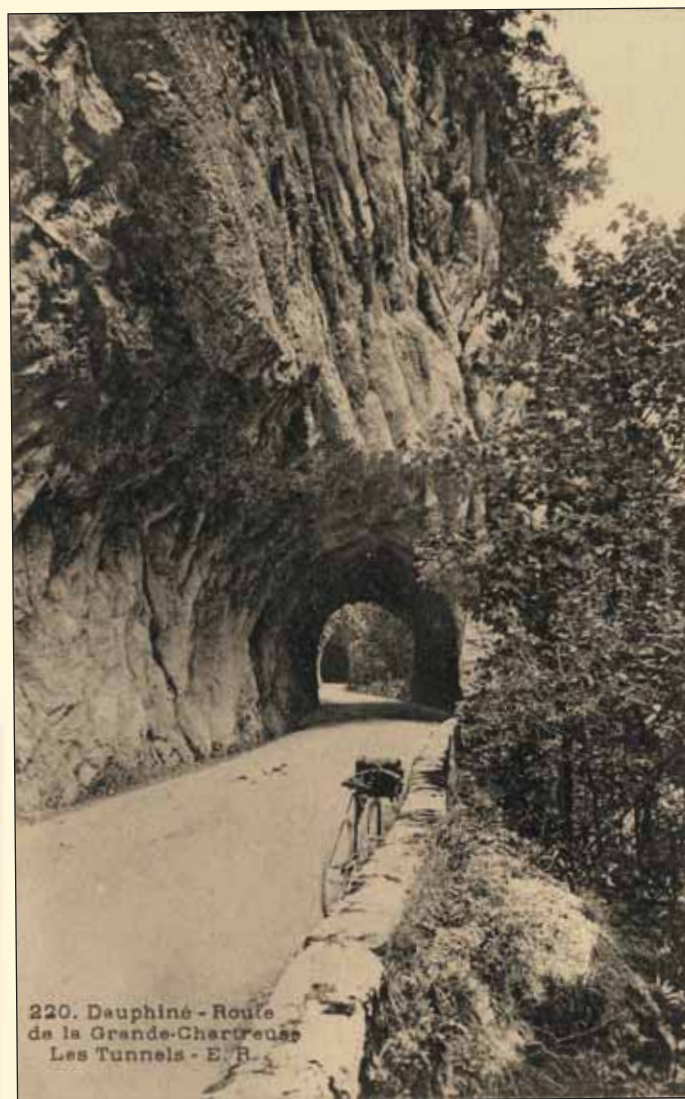


Obr. 8 Biarritz. Skála Panny Marie. Levy et Neurdein retnis, 44 rue Letellier, Paris. Okolo 1920. [sbírka autorů]

Dvojice chvátá do jižního vstupu tunelu.

Fig. 8 Biarritz. The Rock of the Virgin Mary. Levy et Neurdein retnis, 44 rue Letellier, Paris. Around 1920. [authors' collection]

A couple rushes into the southern entrance of the tunnel.



Obr. 9 220. Dauphiné – Silnice Velkých Kartuziánů. Tunely. ?? Okolo 1930(?) [sbírka autorů]

Západní vstup do prvního z trojice navazujících krátkých tunelů před odbočkou k Velké Kartouze (La Grande Chartreuse). Tunely zůstaly nevyzděné. Vpravo lze jen tušit malebný kaňon řeky Le Guiers Mort.

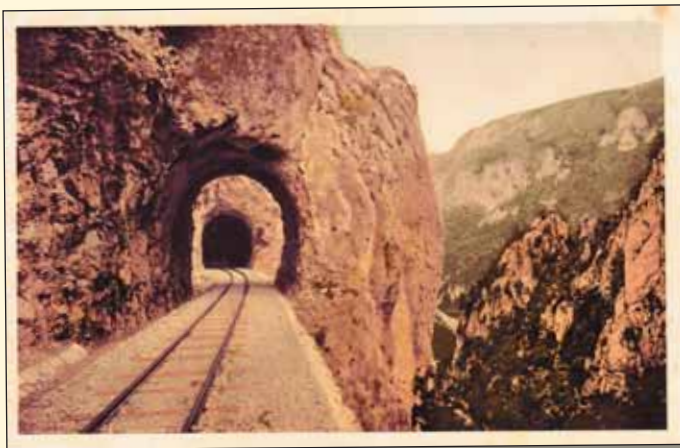
Fig. 9 220. Dauphiné – Great Cartesians road. Tunnels. ?? Around 1930(?) [authors' collection]

Western entrance to the first of the three short linking tunnels before the branch to the Great Charterhouse (La Grande Chartreuse). The tunnels remained unlined. To the right, it is possible only to guess the picturesque canyon of the river Le Guiers Mort.

Biarritz – tunel Skálou Panny Marie

V jihozápadní Francii-Baskicku leží na pobřeží Biskajského zálivu významné lázeňské město Biarritz. Mezi dvěma zdejšími přístavy – Port-Vieux a port des Pêche – vybíhá západně do moře velmi úzký ostroh, pojmenovaný Skála Panny Marie (Le Rocher de la Vierge). Vrchol skály sloužil původně k pozorování velryb, dnes je významnou vyhlídkou. Na podnět císaře Napoleona III. byl v roce 1864 ostrohem proražen 75 m dlouhý úzký tunel – obr. 8. Roku 1865 bylo na místě postaveno i několik křížů, a především socha Panny Marie.

Zajímavosti: V bezprostřední blízkosti se nachází Musée de la Mer a akvária Cité de l' Océan. A ze skály byl do moře rozptýlený popel herečky Marie Schneiderové (Poslední tango v Paříži, † 58). [11]



Obr. 10 Nová dráha Sarajevo – Východní hranice. Trať Sarajevo – Pale. Kolorovaná fotografie. J. Studnička & Co., Sarajevo. – Graph. Kunstanstalt M. Schulz, Prag. Cca 1910. [sbírka autorů]

Průhled krátkým Tunelem č. 7 od jihovýchodu. Bezprostředně za ním následuje cca 130 m dlouhý Tunel č. 6; oba tunely nejsou vyzděné. Železnice je vedena divokou krajinou nad řekou Poljanska Miljacka.

Fig. 10 New Sarajevo – Eastern Border railway. Sarajevo – Pale rail line. Coloured photograph. J. Studnička & Co., Sarajevo. – Graph. Kunstanstalt M. Schulz, Prag. Ca 1910. [authors' collection]

A View through the short Tunnel No. 7 from the southeast. The tunnel is immediately followed by the approximately 130m long Tunnel No. 6; both tunnels are unlined. The railway runs through the wild landscape over the river Poljanska Miljacka.

Tunely v Chartreuse

Pohoří Chartreuse se nachází v západních Alpách-Savojsku, ve francouzském historickém kraji Dauphiné. Značná část místní a tu-

ristické dopravy je zde obsluhovaná pouze 10 km dlouhou státní silnicí 520b. Ta byla ve stopě staré lesní cesty otevřena v roce 1933 pro spojení města Saint-Laurent du Pont s vesnicí Saint-Pierre-de-Chartreuse. Ze Saint-Pierre-de-Chartreuse vede jen krátká místní odbočka k mateřskému klášteru kartuziánského řádu – tzv. Velké Kartouze (La Grande Chartreuse). Počátky kláštera i řádu se sice kladou již do roku 1084, nicméně světoznámým se stal až od roku 1605 díky slavnému likéru.

Silnice prochází v úzkém kaňonu řeky Le Guiers Mort celkem čtyřmi tunely. Nejdelší z nich (cca 250 m) se nachází na jejím počátku, tři krátké (cca 50 m – obr. 9, 30 m a necelých 10 m) následují bezprostředně za sebou, asi 1 km před odbočkou ke Kartouze. [12]

Tunely na železnici mezi Sarajevem a Pale

Důvody zřízení tzv. Bosenské východní dráhy, stavěné 1902 až 1906, byly převážně vojenské. Jednalo se o úzkorozchodnou (760 mm) železnici, spojující v konečné délce 228 km Sarajevo s městy Priboj a Višegrad. Po více než 70 let provozu, bez ohledu na momentální politický režim, železnice neustále zápasila s nízkými ekonomickými výkony. A to byl také důvod, proč byl její provoz v roce 1978, již v tehdejší Jugoslávii, definitivně ukončený.

Ve složitých přírodních podmínkách bylo trasování dráhy mimořádně náročné. Jen na prvním traťovém úseku ze Sarajeva do Pale to znamenalo na pouhých 20 km vyrazit 11 tunelů. Ty nebyly jednotlivě pojmenované a nesly tak jen průběžné číslování. Zhruba v polovině předmětného úseku se z nich nacházel krátký Tunel č. 7 (cca 25 m) – obr. 10. [13]

doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.,
Ing. RICHARD SVOBODA, Ph.D., Ing. MARTIN ZÁVACKÝ

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Přehled terminologie podzemního stavitelství (Výklad a překlad základních pojmů). 80 str. ČTuA ITA-AITES. Praha. 2011. ISBN 978-80-254-8366-4
- [2] Tramway de Munster à la Schlucht [online]. [cit. 2020-12-03]. Dostupné na internetu <https://fr.wikipedia.org/wiki/Tramway_de_Munster_%C3%A0_la_Schlucht>
- [3] Schlucht Pass [online]. [cit. 2020-12-03]. Dostupné na internetu <https://translate.google.cz/translate?hl=cs&sl=fr&u=https://fr.wikipedia.org/wiki/Col_de_la_Schlucht&prev=search&pto=aue>
- [4] Ramsau bei Berchtesgaden [online]. [cit. 2020-12-03]. Dostupné na internetu <https://cs.wikipedia.org/wiki/Ramsau_bei_Berchtesgaden>
- [5] Strada statale 45 bis Gardesana Occidentale [online]. [cit. 2020-12-03]. Dostupné na internetu <https://it.wikipedia.org/wiki/Strada_statale_45_bis_Gardesana_Occidentale>
- [6] Gardesana Occidentale Riva del Garda – Gargnano #tunnels [online]. [cit. 2020-12-03]. Dostupné na internetu <<https://www.carthrottle.com/post/kgbvlvl/>>
- [7] Galleria Naturale, Trieste [online]. [cit. 2020-12-03]. Dostupné na internetu <<https://veitheinichen.com/luogo/galleria-naturale-trieste/>>
- [8] Costiera triestina [online]. [cit. 2020-12-03]. Dostupné na internetu <https://it.wikipedia.org/wiki/Costiera_triestina>
- [9] Reschenstraße [online]. [cit. 2020-12-03]. Dostupné na internetu <<https://de.wikipedia.org/wiki/Reschenstra%C3%9F>>
- [10] Road Tunnels in Austria (< 250 m) [online]. [cit. 2020-12-03]. Dostupné na internetu <<http://www.lotsberg.net/data/austria/li000.html>>
- [11] Rocher de la Vierge [online]. [cit. 2020-12-03]. Dostupné na internetu <https://fr.wikipedia.org/wiki/Rocher_de_la_Vierge>
- [12] Route nationale française 520b [online]. [cit. 2020-12-03]. Dostupné na internetu <https://routes.fandom.com/wiki/Route_nationale_fran%C3%A7aise_520b>
- [13] Bosenská východní dráha [online]. [cit. 2020-12-03]. Dostupné na internetu <https://cs.wikipedia.org/wiki/Bosensk%C3%A1_v%C3%BDchodn%C3%AD_dr%C3%A1ha>

VÝROČÍ ANNIVERSARIES

ŽIVOTNÍ JUBILEUM ING. JIŘÍHO RŮŽIČKY
LIFE ANNIVERSARY OF ING. JIŘÍ RŮŽIČKA

Ing. Jiří Růžička se narodil 20. 3. 1946. V roce 1960 začal studovat Střední průmyslovou školu stavební ve Zborovské ulici v Praze na Smíchově. Po maturitě v roce 1964 pokračoval ve studiu na Stavební fakultě ČVUT, obor dopravní stavby. Zajímal se o nové projekty inženýrských staveb, zejména o náročné mostní stavby.



V květnu roku 1970 nastoupil jako projektant do Vojenského projektového ústavu v Praze. Zde se zapojil do projektové přípravy ražené trasy I.A pražského metra, pracoval jako odpovědný projektant traťového úseku mezi stanicemi Malostranská a Hradčanská. Zároveň spolupracoval na realizaci ražené trojlodní stanice Hradčanská. Společně se stanicí Náměstí Míru to byly první dvě trojlodní stanice pražského metra s železobetonovým ostěním v prostupové části nástupiště.

V prosinci roku 1974 nastoupil do projektové organizace DP METROPROJEKT. Mezi první projekty patřily ražené tunely stanice Želivského II.A. Následovala projektová příprava prvního provozního úseku trasy B. Stal se odpovědným projektantem ražených objektů trojlodní sloupové stanice Florenc včetně přestupního uzlu na trasu C, kde bylo nutné řešit složité technické problémy s ostatními účastníky výstavby při likvidaci dvou závalů. Po stavbě trasy I.B následovaly projekty na trasách III.B, II.B. Na začátku devadesátých let to byly projekty na trase IV.B, kde prosazoval již použití technologie ražby Novou rakouskou tunelovací metodou (NRTM).

V roce 1995, kdy byl již METROPROJEKT Praha akciovou společností, se stal Ing. Růžička vedoucím střediska tunelových a inženýrských staveb. V té době zde byly zpracovávány projekty trasy IV.C1, která zahrnovala traťové tunely, stanici Kobylisy, první raženou jednolodní stanici v síti pražského metra, a hloubenou stanici Ládví. Kolektiv projektantů, vedený Ing. Růžičkou, zpracovával i unikátní projekt tunelů vysouvaných do koryta Vltavy, který byl po dokončení trasy IV.C1 oceněn nejen v České republice, ale i na světovém betonářském kongresu v Ósace v roce 2002 a na světovém tunelářském kongresu v Amsterdamu v roce 2003. Pro výstavbu ražených traťových tunelů (převážně dvoukolejných) a ražené jednolodní stanice Kobylisy byla již uvažována výlučně technologie NRTM. Po dokončení trasy IV.C1 navazovaly projekty trasy IV.C2 (Ládví – Letňany) a prodloužení trasy A z Dejvic do Motola (trasa V.A).

Kromě projektování pražského metra se Ing. Růžička zúčastnil i mnoha dalších tunelových staveb. Z dálničních staveb to byly například projekty tunelu Valík na dálnici D5, tunely Radejčín a Libouchec na dálnici D8 a na Slovensku projekt průzkumné štoly pro tunel Višňové. Ze železničních tunelů můžeme uvést na Moravě tunely Krasíkov a Tatenice, tunel Hněvkov II a rekonstrukce tunelů Jablůnkov, na Slovensku tunel Turecký vrch. Z dosud nerealizovaných staveb to byl například dvoukolejný

Ing. Jiří Růžička was born on 20th March 1946. In 1960 he started to study at the secondary vocational school of building and civil engineering in Zborovská Street in Prague Smíchov. After the leaving exams in 1964 he continued to study at the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical University in Prague and graduated with a degree in civil engineering from the Department of Civil Engineering and Traffic Structures. He was interested in new civil engineering construction projects, in the first place exacting bridge structures.

In 1970 he entered the Military Designing Institute in Prague, where he worked in the position of a designer. He engaged himself in the preparation of the Line I.A of the Prague Metro and soon became the designer responsible for the track section between Malostranská and Hradčanská stations. At the same time he collaborated on the construction of Hradčanská mined three-vault station. Together with Náměstí Míru station, these stations were the first two three-vault structures with reinforced concrete segments lining the cross passage openings.

In December 1974 he entered the designing organisation of DP METROPROJEKT. Among the first tasks of his were designs for mined tunnels of Želivského II.A station. The design preparation of the next Prague metro line, the first operating section of the Line B, followed. He became the designer responsible for mined structures of Florenc station, a three-vault station with pylons, including the interchange node to the Line C, where it was necessary to solve complicated technical problems with the other parties to the project lying in recovering two excavation collapses. In the position of the design engineer he was an active participant in designing for the subsequent procedure of the construction of the interchange node after two extraordinary events. After the Line I.B, designs for the Lines III.B and II.B followed. At the beginning of the 1990s, there were designs for the Line IV.B, where he already started to promote the use of the New Austrian Tunnelling Method (the NATM).

In 1995, when METROPROJEKT Praha was already a joint-stock company, Ing. Růžička became the chief of the department of tunnel and civil engineering structures. At that time this department was preparing designs for the Line IV.C1, which comprised, apart from running tunnels, Kobylisy station, the first mined one-vault station in the Prague metro network) and the cut-and-cover Ládví station. The team of consulting engineers headed by Ing. Růžička carried out even the unique design for the tunnels launched to the Vltava river bed, which was appreciated after the completion of the Line IV.C1 not only in the Czech Republic but even at the World Concrete Congress in Osaka and the World Tunnel Congress in Amsterdam. The NATM was already exclusively assumed for the construction of the mined running tunnels (mostly double-track ones) and Kobylisy mined one-vault station. After the completion of the Line C section IV.C1 (Ládví – Letňany) and the extension of the Line A from Dejvice to Motol (the Line V.A) followed.

Apart from designing for the Prague metro, Ing. Růžička even participated in many other designs and many other tunnel construction projects. Among the motorway structures there were, for example, the Valík tunnel on the D5 motorway, the Radejčín and Libouchec tunnels on the D8 motorway and, in Slovakia, the design for the exploratory gallery for the Višňové tunnel. Of the railway tunnels, it is possible to mention the Krasíkov and Tatenice tunnels, the Hněvkov II tunnel, the reconstruction of the Jablůnkov tunnels

železniční tunel Praha – Beroun dlouhý 25 km připravovaný pro budoucí vysokorychlostní železniční trať na max. rychlost 250 km/h.

Ing. Jiří Růžička pracoval v METROPROJEKTU Praha a. s. do konce roku 2008. Od té doby až do současnosti spolupracuje jako externí poradce a konzultant. Využívá své bohaté profesní zkušenosti, které získal při projektování a výstavbě pražského metra a ostatních tunelových staveb. Nyní je to zejména pokračující projektová příprava nové trasy D a projektová příprava druhého výstupu z ražené stanice Staroměstská na trase A. V průběhu svého profesního života Ing. Jiří Růžička publikoval desítky článků v odborných časopisech, zejména v časopisu Tunel. Rovněž se aktivně zúčastnil mnoha tunelářských konferencí a seminářů doma i v zahraničí.

Významné životní jubileum zastihuje Ing. Jiřího Růžičku v plné tvůrčí síle. Je mi potěšením, že mohu jménem všech spolupracovníků a vás čtenářů časopisu Tunel popřát našemu jubilantovi pevné zdraví a hodně energie do další práce.

*Ing. MIROSLAV NOVÁK,
METROPROJEKT Praha a. s.*

ŽIVOTNÍ JUBILEUM ING. MIROSLAVA NOVÁKA **LIFE ANNIVERSARY OF ING. MIROSLAV NOVÁK**

První jarní den letošního roku oslaví své životní jubileum náš milý spolupracovník a můj dlouholetý kamarád Ing. Miroslav Novák, který se narodil před sedmdesáti lety 21. 3. 1951 v Praze. V roce 1966 začal studovat Střední průmyslovou školu stavební v Dušňákové ulici v Praze 1, obor vodohospodářské stavby. Po maturitě v roce 1970 byl přijat na Strojní fakultu ČVUT v Praze, kde se později zaměřil na obor Technika prostředí staveb.



Po úspěšném dokončení vysokoškolského studia nastoupil v srpnu roku 1975 jako projektant do tehdejšího projektového ústavu DP METROPROJEKT Praha, na středisko inženýrských sítí. Zde začal pracovat na projektech pražského metra ve specializaci větrání tunelů a stanic metra. Při navrhování a realizaci hlavního větrání metra a staniční vzduchotechniky se jako odpovědný projektant postupně podílel na jednotlivých projektech pro trasy metra II.A, III.C, I.B, II.B, III.B, V.B, IV.C a V.A.

S výstavbou dálniční sítě na Slovensku a v Čechách se také začaly projektovat dálniční tunely. Od roku 1997 se Ing. Novák postupně věnoval projektům vzduchotechniky dálničních tunelů Branisko, Čebrať, Višňové a Žilina na dálnici D1 a Považský Chlmec na dálnici D3 ve Slovenské republice. V České republice zpracovával projekty větrání tunelů Panenská na dálnici D8, rekonstrukci městského tunelu Letná v Praze a v posledních letech projektům větrání tunelů Kamenný vrch na D11 a Děřichov na D35. V letech 2003 až 2011 byl členem mezinárodní silniční organizace PIARC, pracovní skupiny WG4 silniční tunely „Air Quality, Fires and Ventilation“.

V roce 2006 se stal Ing. Novák vedoucím střediska Technických

in Moravia and the Turecký Vrch tunnel in Slovakia. Among the yet not-realised structures, it was, for example, the 25km long Prague-Beroun twin-tube railway tunnel being prepared for the future high-speed railway for maximum speed of 250km/h.

Ing. Jiří Růžička worked with METROPROJEKT Praha a. s. until the end of 2008. Since that time he has collaborated in the position of an external adviser and consultant till now. He uses the large experience he gathered in designing and construction of Prague metro and other tunnel construction projects. Now it is first of all the continuing design preparation for the new Line D and design preparation for the second exit from Staroměstská mined station on the Line A. During his professional life, Ing. Jiří Růžička published tens of papers in technical journals, first of all TUNEL journal. In addition, he actively participated in many tunnel conferences and seminars, both domestic and foreign.

This important life anniversary meets Ing. Jiří Růžička at full creative power. It is a pleasure for me that I can wish our jubilarian on behalf of all collaborators and you, TUNEL journal readers, good health and a lot of energy into further work.

It is a pleasure for me that I can wish our jubilarian on behalf of all collaborators and you, TUNEL journal readers, good health and a lot of energy into further work.

Ing. MIROSLAV NOVÁK, METROPROJEKT Praha a. s.

On the first spring day of this year, our dear collaborator and my long-time friend Ing. Miroslav Novák, who was born seventy years ago on March 21, 1951 in Prague, will celebrate his life anniversary. In 1966 he began studying at the Secondary Industrial School of Civil Engineering in Dušňákové Street in Prague 1, majoring in water management construction. After passing maturity exams in 1970, he was accepted to the Faculty of Mechanical Engineering of the Czech Technical University in Prague, where he later focused on the field of Building Environmental Engineering.

After successfully completing his university studies, in August 1975, he joined the then DP METROPROJEKT Prague Design Institute in the position of designer at the department of engineering networks. Here he began working on Prague metro designs specializing in the ventilation of tunnels and metro stations. During the design and implementation of the main ventilation of the metro and station ventilation, in the position of a responsible designer, he gradually participated in individual designs for the metro lines II.A, III.C, I.B, II.B, III.B, V.B, IV.C and V.A.

Designing for motorway tunnels also began with the construction of the motorway network in Slovakia and the Czech Republic. Since 1997, Ing. Novák gradually started to work on ventilation designs for the Branisko, Čebrať, Višňové and Žilina motorway tunnels on the D1 motorway and the Považský Chlmec tunnel on the D3 motorway in the Slovak Republic. In the Czech Republic, he worked on ventilation designs for the Panenská tunnels on the D8 motorway, the reconstruction of the Letná urban tunnel in Prague and, in recent years, on ventilation designs for the Kamenný Vrch tunnels on the D11 motorway and Děřichov on the D35 motorway. From 2003 to 2011, he was a member of the international road organization PIARC, the WG4 working group on road tunnels „Air Quality, Fires and Ventilation“.

In 2006, Ing. Novák became the head of the Technical Equipment department of METROPROJEKT Praha a.s. Within the department, he professionally participated in the solution and processing of

zařízení METROPROJEKTU Praha a.s. V rámci střediska se odborně podílel na řešení a zpracování projektů vzduchotechniky na trasách metra IV.C1 a V.A. Mimo projekty pražského metra a silničních tunelů se v té době také realizovaly projekty rekonstrukce historické budovy Klementina, budovy Českého rozhlasu na Vinohradech, aquaparku v Čestlicích a mnoha dalších komerčních staveb. Při řešení dopravních a komerčních staveb Ing. Novák řešil také problematiku útlumu hluku z dopravy a technických zařízení budov.

V roce 2013 předal vedení střediska svému kolegovi a začal pracovat ve funkci technický specialista a hlavní inženýr projektů technologického zařízení silničních a železničních tunelů. Součástí náplně práce specialisty je také řešení problematiky ochranného systému metra (OSM).

Ing. Miroslav Novák v průběhu svého profesního života publikoval různé odborné články v odborných časopisech a také v časopisu Tunel. Zúčastňoval se rovněž mnoha tunelářských konferencí a seminářů doma i v zahraničí.

Kromě profese vzduchotechnika, která se mu postupně stala koníčkem, miluje poznávání cizích zemí, turistiku i náročnou vysokohorskou turistiku (např. výstup na Elbrus). Již několik let je předsedou Klubu českých turistů METROPROJEKTU Praha. Dalšími jeho zálibami je aktivní sport, především cyklistika, tenis a běžecké či sjezdové lyžování. Je pravidelným účastníkem letních i zimních sportovních her organizovaných pro zaměstnance naší firmy. Vzhledem k výborné fyzické zdatnosti se pravidelně zúčastňuje závodu „Jizerská 50“.

Ing. Miroslav Novák slaví významné životní jubileum v plné síle a svěžesti. Jsem velmi potěšen, že mohu jménem všech spolupracovníků a vás čtenářů časopisu Tunel popřát našemu jubilantovi pevné zdraví a hodně energie do další práce a sportovních aktivit.

*Ing. MIROSLAV KOCHÁNEK,
METROPROJEKT Praha a. s.*

ventilation designs for metro lines IV.C1 and V.A. In addition to the designs for the Prague metro and road tunnels, designs for the reconstruction of the historic Klementinum building, the Czech Radio building in Vinohrady, the water park in Čestlice and many other commercial buildings were also carried out at that time. When solving transport and commercial structures, Ing. Novák also addressed the issue of noise attenuation from traffic and technical equipment of buildings.

In 2013, he handed over the management of the department to his colleague and began working in the position of a technical specialist and chief engineer of designs for the technical equipment of road and railway tunnels. Part of the specialist's job is also to address the issue of the metro protection system.

During his professional life, Ing. Miroslav Novák published various professional articles in professional journals and also in the TUNEL journal. He has also participated in many tunnelling conferences and seminars at home and abroad.

In addition to the profession of ventilation designer, which has gradually become his hobby, he loves exploring foreign countries, hiking and challenging alpine tourism (such as climbing Elbrus). For several years he has been the chairman of the Club of Czech Tourists of METROPROJEKT Prague. His other hobbies are active sports, especially cycling, tennis and cross-country or downhill skiing. He is a regular participant in summer and winter sports games organised for employees of our company. Due to his excellent physical fitness, he regularly participates in the „Jizerská 50“ race.

Ing. Miroslav Novák is celebrating a significant life anniversary in full strength and freshness. I am very pleased to be able to wish our jubilarian good health and a lot of energy for further work and sports activities on behalf of all our colleagues and readers of TUNEL journal.

*Ing. MIROSLAV KOCHÁNEK,
METROPROJEKT Praha a. s.*

ROZLOUČENÍ LAST FAREWELL

SPOMIENKA NA ING. PETRA ČERTÍKA MEMORY OF ING. PETER ČERTÍK

Prvý novembrový týždeň minulého roka sa v krátkom čase už druhý krát rozozvučali telefóny širokej tunelárskej obce so smutnou správou. Odišiel nesmierne húževnatý, takmer nezlomný baník, tunelár a najmä srdečný človek Ing. Peter Čertík.

Ing. Peter Čertík bol bezpochyby jednou z najvýraznejších osobností medzi riaditeľmi „moderných“ tunelárskych firiem na Slovensku. Jeho nezlomnú chuť pracovať, podieľať sa spolu s firmou Banské projekty na projektovaní banských a tunelových stavieb si budú dobre pamätať všetci, s ktorými spolupracoval.

Narodil dňa 29. 6. 1933 v baníckom kraji na Hornej Nitre, v obci Cigeľ, okres Prievidza. Ako skromný chlapec, z jednoduchých pomerov, sa v ťažkých časoch svojou húževnatosťou a rozumom vypracoval postupne od baníckeho učňa, cez rôzne pozí-



In the first week of November 2020, phones of the wide tunnelling community rang for the second time in a short time with sad news. Ing. Peter Čertík, an extremely strong-willed man, nearly steadfast poet, tunneller and, in the first place, a hearty person, passed away.

Ing. Peter Čertík was undoubtedly one of the most noticeable personalities among directors of “modern” tunnel construction companies in Slovakia. His unwavering desire to work, to participate together with the Banské Projekty (Mine design) company in designing for development of mines and tunnel construction projects, will be well remembered by everyone with whom he had collaborated.

He was born on 29 June 1933 in the mining region around Horná Nitra, in the village of Cigeľ, the district of Prievidza. As a modest boy, born in simple conditions, he gradually developed in difficult times from a mining apprentice with tenacity and reason, through various positions, to a top conceptual expert with a broad horizon and interest in public affairs and technical development in geology, mining, gas industry, energy industry, special underground construction and other sectors.

cie, na špičkového koncepčného odborníka, so širokým obzorom a interesom o veci verejné a technický rozvoj v geológii, baníctve, plynárenstve, v energetike, špeciálnom podzemnom staviteľstve, ale aj v ďalších odvetviach.

Popri bežnom pracovnom zaradení zároveň dobrovoľne aktívne vykonával funkciu banského záchranára a zúčastnil sa mnohých životu nebezpečných zásahov. Čo si najviac sám cenil je to, že každý záchranársky zásah, ktorého bol účastníkom, bol úspešne zvládnutý.

V rokoch 1959–1965 diaľkovo vyštudoval Vysokú školu technickú, Banícku fakultu v Košiciach, neskôr v rokoch 1967–1969, rovnako, diaľkovo, postgraduálne štúdium na Vysoké škole Báňskej v Ostrave. V kariére pokračoval členstvom vo vrcholovom manažmente Bane Handlová.

S jeho účinkovaním na Bani Handlová bolo spojené zavádzanie technického pokroku do podzemia, od hydraulických spojok, až po komplexnú mechanizáciu dobývania a opatrenia na ochranu nerastného bohatstva SR, najmä uhlia, a jeho racionálne vydobytie.

Po odchode z Bane Handlová v novembri 1979 nastúpil na Banské projekty v Bratislave, vtedy koncernovú a účelovú organizáciu Uhoľných a lignitových baní v Prievidzi. Spočiatku ako projektant špecialista na organizáciu výstavby, riešenie banských koncepcií a projektovanie sanácie zosuvov. Po rôznych peripetiách spojených s transformáciou a privatizáciou Banských projektov sa stal v marci 1995 zakladateľom spoločnosti INCO – BANSKÉ PROJEKTY, s.r.o. (t. č. len Banské projekty, s.r.o.), ako nástupnícku spoločnosť v časti projektové, poradenské, konzultačné a inžinierske činnosti, do ktorej prešli všetci projektanti.

Prevzal za spoločnosť a zamestnancov plnú zodpovednosť, ktorú naplňal ako riaditeľ a konateľ spoločnosti s absolútnym nasadením až do svojich posledných dní, na úkor seba samého, rodiny a pohodlia, napriek vážnym zdravotným problémom a vysokému veku.

V období, v ktorom viedol spoločnosť Banské projekty, sa podieľal na projektovaní a výstavbe viacerých moderných tunelových stavieb na Slovensku, pričom najvýraznejší bol jeho prínos na výstavbe prvého slovenského diaľničného tunela Branisko.

Za svoju prácu bol mnoho krát ocenený a boli mu udelené mnohé čestné uznania a vyznamenania. Za všetko azda hovorí najvyššie štátne vyznamenanie za významné zásluhy a hospodársky rozvoj SR, „PRIBINOV KRÍŽ III. triedy“, udelené prezidentom SR v roku 2004.

Mal dve rodiny: pracovnú a tú svoju – osobnú, v ktorej viedol všetkých k súdržnosti, spolupatričnosti a vzájomnej úcte. Aj keď niekedy uprednostnil prácu, vedel, že jeho milovaní mu to odpustia. S radosťou organizoval rodinné stretnutia svojich 5 detí, 9 vnúčat a 7 pravnúčat na chalupe v Cígli a nesmierne sa z toho tešil.

Jeho pozdrav „Ó, no vitajte! Čo Vám ponúknem? Len nepovedzte nič, lebo to sa ťažko podáva! A nechváľte sa, že máte auto, aj ja mám auto“, sme počuli azda všetci, a mnohokrát bez ohľadu na to, či sme prišli diskutovať o problémoch alebo radoostiach projektov, na ktorých sme spolupracovali, alebo len ako priatelia.

Bol spoločenský, pohostinný, miloval ľudí, pre každého mal otvorené dvere a najvzácnejší dar – čas. Venujme mu aj my teraz chvíľu nášho času pri tejto spomienke.

Peter, Česť Tvojej pamiatke – Zdar Boh!

Ing. ŠTEFAN CHOMA

In addition to his regular job, he also volunteered to be a mining rescuer and took part in many life-threatening interventions. What he valued most was the fact that each rescue operation he was involved in was successfully coped with.

In the years 1959–1965 he graduated remotely from the Technical University in Košice, the Faculty of Mining, later in the years 1967–1969, also remotely, passed postgraduate studies at the Technical University of Ostrava, Faculty of Mining. He continued his career with the company of Bane Handlová (Handlová Coal Mines) in the position of a member of the top management.

Its effect on the Handlová Coal Mines was associated with the introduction of technical progress into the underground, from hydraulic couplings to comprehensive mechanisation of mining work and measures to protect the mineral wealth of the Slovak Republic, especially coal, and its rational extraction.

After leaving Handlová Coal Mines in November 1979, he joined the company of Mining Projects in Bratislava, then the group and special-purpose organization of the Uhoľné a Lignitové Bane (Coal and Lignite Mines) in Prievidza. In the beginning he was in the position of a designer, a specialist in organising development of mines, solving mining concepts and designing landslide remediation. After various ups and downs associated with the transformation and privatisation of Mining Projects, he became the founder of INCO – BANSKÉ PROJEKTY, s.r.o. (at that time only Banské Projekty, s.r.o.), in March 1995. It was a successor company in the part of design, consulting and engineering activities, to which all designers transferred.

He took full responsibility for the company and employees, which he fulfilled as a director and executive head of the company with absolute commitment until his last days, at the expense of himself, family and comfort, despite serious health problems and old age.

During the period in which he led the company Mining Projects, he participated in the design and construction of several modern tunnel construction projects in Slovakia, the most significant of which was his contribution to the construction of the first Slovak motorway tunnel, the Branisko.

He has been appreciated many times for his work and has been awarded many honourable mentions and honours. The Supreme State Award for significant merits and economic development of the Slovak Republic, “PRIBINA’S CROSS class III”, granted by the President of the Slovak Republic in 2004, certainly speaks for itself.

He had two families: his work and his own – personal family, in which he led everyone to cohesion, keeping together and mutual respect. Although he sometimes preferred work, he knew that his loved ones would forgive him. He was happy to organise family meetings for his 5 children, 9 grandchildren and 7 great-grandchildren at a cottage in Cígli, and he was extremely happy about it.

What can I offer you? Just don’t dare to say nothing, because nothing is hard to serve! And don’t brag that you have a car, I also have a car, we’ve all heard or used this excuse many times, without respect whether we came to discuss problems or joys of the projects we had worked on or just to chat as friends.

He was sociable, hospitable, loved people, had an open door for everyone and the most precious gift – time. Let us also dedicate a moment of our time to his memory now.

Peter, Honour to Your Memory – God speed you!

Ing. ŠTEFAN CHOMA

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ UVEŘEJNĚNÝCH V TUNELU, ČASOPISU ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE A SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA-AITES V ROCE 2020

BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED IN THE JOURNAL TUNEL OF THE CZECH TUNNELING ASSOCIATION AND THE SLOVAK TUNNELING ASSOCIATION ITA-AITES WITHIN THE YEAR 2020

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED	Číslo Issue	Strana Page	BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED	Číslo Issue	Strana Page
1. ÚVODNÍK EDITORIAL					
doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc., člen redakční rady	1/2020	1	■ Tunely na stavbách dopravní infrastruktury na Slovensku <i>Tunnels of Transport Infrastructure Projects in Slovakia</i>	2/2020	48
Ing. Martin Höfler, ředitel a předseda představenstva PUDIS a.s.	1/2020	2	Ing. Miloslav Frankovský, DOPRAVOPROJEKT, a.s., Ing. Ján Kušník, REMING CONSULT, a.s.		
JUDr. Jan Prachař, ředitel SÚRAO	1/2020	3	■ Nový železniční tunel Mezno budovaný v rámci modernizace trati v úseku Sudoměřice – Votice na 4. koridoru <i>Mezno – a New Railway Tunnel under Construction within the Framework of Modernisation of Sudoměřice – Votice Track Section on Corridor No. 4</i>	3/2020	40
Ing. Václav Veselý, Ph.D., člen redakční rady	2/2020	1	Ing. Tomáš Just, Ing. Peter Čulík, OHL ŽS, a.s.		
Ing. Ludvík Hegerlík, ředitel společnosti INSET s.r.o.	2/2020	2	■ Rekonstrukce tunelu Arosa, Švýcarsko <i>Arosa Tunnel Reconstruction, Switzerland</i>	3/2020	50
Ing. Viktória Chomová, členka redakční rady	3/2020	1	Ing. Lumír Kliš, Dipl.-Ing. Elisabeth Sattlegger, Ing. Mária Tarbajová, AMBERG Engineering Brno, a.s.		
Ing. Petr Kučera, jednatel společnosti Mínova Bohemia s.r.o.	3/2020	2	■ Maximální dovolená rychlost a její vliv na řešení tunelu <i>Maximum Permissible Speed and its Influence on Tunnel Design</i>	3/2020	60
Ing. Libor Mařík, člen redakční rady	4/2020	1	prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc., ČVUT v Praze, Fakulta dopravní		
Ing. Jaroslav Heran, generální ředitel Metrostav a.s.	4/2020	2	■ Realizace sekundárního ostění tunelu Prešov <i>Construction of Prešov Tunnel Secondary Lining</i>	4/2020	22
Mgr. Lucie Bohátková, členka představenstva společnosti SG Geotechnika a.s.	4/2020	3	Ing. Jiří Břichňáč, Ing. Petr Hybský, Metrostav a.s., divize 5		
2. PODZEMNÍ URBANISMUS, VÝHLEDOVÉ STAVBY, NORMY UNDERGROUND CITY PLANNING, PROSPECTIVE PROJECTS, STANDARDS					
■ Dokončení městského okruhu v Praze <i>Completion of City Circle Road in Prague</i>	1/2020	4	■ Zkušenosti z geotechnického monitoringu ražeb železničního tunelu Deboreč <i>Experience from Geotechnical Monitoring of Deboreč Rail Tunnel Excavation</i>	4/2020	31
Ing. Pavel Šourek, SATRA spol. s.r.o., Ing. Aleš Merta, PUDIS a.s., Ing. Lukáš Grünwald, SATRA spol. s. r.o.			Ing. Milan Kössler, Mgr. Aleš Videňský, SG Geotechnika a.s.		
■ Aktuální stav projektu hlubinného úložiště v České republice <i>Current Status of the Deep Geological Repository Project in the Czech Republic</i>	1/2020	38	4. METRO SUBWAY		
Ing. Markéta Dohnálková, Ing. Jaromír Augusta, Ph.D., SÚRAO			■ Geotechnický monitoring na stavbě bezbariérového zpřístupnění stanice metra Karlovo náměstí <i>Geotechnical Monitoring of Construction of Step-Free Access to Karlovo Náměstí Metro Station</i>	1/2020	17
■ Geofyzikální měření z vrtů a podzemních děl k posouzení stavu horninového masivu pro tunelové stavby na příkladu průzkumu Radlické radiály <i>Condition of Rock Massif for Tunnel Construction on the Example of Radlice Radial Road</i>	2/2020	16	RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D., Mgr. Pavel Tůma, PUDIS a.s., Ing. Tomáš Mikolášek, Ing. Michaela Gubaniová, GeoTec-GS, a.s.		
Mgr. Radek Zelený, Mgr. David Filipický, Mgr. Tomáš Chabr, INSET s.r.o.			■ Výstavba stanic metra metodou Pile-Beam-Arch (PBA) <i>Construction of Metro Stations Using Pile-Beam-Arch (PBA) Method</i>	1/2020	60
■ Tunely na stavbách dopravní infrastruktury na Slovensku <i>Tunnels of Transport Infrastructure Projects in Slovakia</i>	2/2020	48	doc. Ing. Karel Vojtasík, CSc., VŠB TU-Ostrava, Ing. Dongyang Geng, Hebei GEO University Shijiazhuang, ČLR		
Ing. Miloslav Frankovský, DOPRAVOPROJEKT, a.s., Ing. Ján Kušník, REMING CONSULT, a.s.			■ Tunel Dýrafjarðargöng – do třetíce <i>Dýrafjarðargöng Tunnel – for the Third Time</i>	4/2020	4
■ Maximální dovolená rychlost a její vliv na řešení tunelu <i>Maximum Permissible Speed and its Influence on Tunnel Design</i>	3/2020	60	Ing. Josef Malknecht, Metrostav a.s.		
prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc., ČVUT v Praze, Fakulta dopravní			■ Geologický průzkum trasy metra I.D v Praze, úsek PAD4 <i>Geological Survey of PAD4 Section of Metro ID Line in Prague</i>	4/2020	14
3. DOPRAVNÍ STAVBY TRANSPORT-RELATED PROJECTS					
■ Dokončení městského okruhu v Praze <i>Completion of City Circle Road in Prague</i>	1/2020	4	Ing. Václav Anděl, Ing. Miroslav Filip, Ing. Štefan Ivor, Metrostav a.s.		
Ing. Pavel Šourek, SATRA spol. s. r.o., Ing. Aleš Merta, PUDIS a.s., Ing. Lukáš Grünwald, SATRA spol. s. r.o.			■ Metro I.D – současný stav geologických průzkumných prací na úsecích VO-OL a OLI <i>Metro ID – Current Condition of Geological Survey for VO-OL and OLI Sections</i>	4/2020	44
■ Geofyzikální měření z vrtů a podzemních děl k posouzení stavu horninového masivu pro tunelové stavby na příkladu průzkumu Radlické radiály <i>Condition of Rock Massif for Tunnel Construction on the Example of Radlice Radial Road</i>	2/2020	16	Mgr. Jiří Tlamsa, Mgr. Radek Onysko, Bc. Jan Zemánek, SG Geotechnika a.s.		
Mgr. Radek Zelený, Mgr. David Filipický, Mgr. Tomáš Chabr, INSET s.r.o.			5. KANALIZACE, KOLEKTORY, MALÉ PROFILY SEWERAGE, UTILITY TUNNELS, SMALL PROFILE TUNNELS		
■ Tunel Kramer, obchvat Garmisch-Partenkirchen <i>Kramer Tunnel, B23 New Garmisch-Partenkirchen</i>	2/2020	37	■ Přeložka Radlického potoka v Praze – projekt, inženýrsko-geologický průzkum <i>Culverting of Radlický Brook in Prague – Design, Engineering Geological Survey</i>	1/2020	28
Ing. Jiří Patzák, Subterra a.s., Tobias Schramm, Dipl.-Ing., Ing. Daniel Josefík, ARGE Kramertunnel			Ing. Richard Kuk, Pavel Bačina, PUDIS a.s.		

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED

	Číslo Issue	Strana Page
■ Užití průzkumných prací a geotechnického monitoringu při zmáhání mimořádných událostí na stokové a vodovodní síti <i>Use of Surveys and Geotechnical Monitoring to Recovering Extraordinary Events on Sewerage and Water Supply Network</i> Ing. Barbora Pavelková, Ing. Zdenek Řehák, INSET s.r.o.	2/2020	3
■ Geotechnický monitoring při hloubení šachty a ražbě kabelového tunelu Invalidovna <i>Geotechnical Monitoring during Sinking of Shaft and Excavation of Invalidovna Cable Tunnel</i> Ing. Miroslav Mixa, INSET s.r.o., Ing. Jiří Košťál, Ph.D., INSET s.r.o., Fakulta stavební ČVUT v Praze	2/2020	28
■ Projektování a realizace kombinované výztuže při ražbě důlní chodby č. 400 042 v extrémních tlakových podmínkách v OKD, a.s. <i>Design and Implementation of Combined Support during the Excavation of the Mining Gate No. 400 042 in Extreme Pressure Conditions in OKD, Inc.</i> Ing. Petr Čada, Ph.D., Ing. a Ing. Pavel Dvořák, Ph.D., Mínova Bohemia s.r.o., Ing. Jiří Golasowski, Ph.D., Ing. Zdeněk Sembol, OKD, a.s.	3/2020	15
6. SANACE, REKONSTRUKCE, ÚDRŽBA, OPRAVY RECONSTRUCTION, REINSTATING, MAINTENANCE, REPAIRING		
■ Užití průzkumných prací a geotechnického monitoringu při zmáhání mimořádných událostí na stokové a vodovodní síti <i>Use of Surveys and Geotechnical Monitoring to Recovering Extraordinary Events on Sewerage and Water Supply Network</i> Ing. Barbora Pavelková, Ing. Zdenek Řehák, INSET s.r.o.	2/2020	3
■ Rekonstrukce tunelu Arosa, Švýcarsko <i>Arosa Tunnel Reconstruction, Switzerland</i> Ing. Lumír Kliší, Dipl.-Ing. Elisabeth Sattlegger, Ing. Mária Tarbajová, AMBERG Engineering Brno, a.s.	3/2020	50
7. TEORIE, VÝZKUM, SLEDOVÁNÍ THEORY, RESEARCH, MONITORING		
■ Geotechnický monitoring na stavbě bezbariérového zpřístupnění stanice metra Karlovo náměstí <i>Geotechnical Monitoring of Construction of Step-Free Access to Karlovo Náměstí Metro Station</i> RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D., Mgr. Pavel Tůma, PUDIS a.s., Ing. Tomáš Mikolášek, Ing. Michaela Gubaniová, GeoTec-GS, a.s.	1/2020	17
■ PVP Bukov – generická laboratoř pro podporu projektu hlubinného úložiště <i>Bukov URF – a Generic Laboratory for the Support of the Deep Geological Repository Project</i> Ing. Jan Smutek, Ph.D., RNDr. Lukáš Vondrovic, Ph.D., Ing. Jaromír Augusta, Ph.D., SÚRAO	1/2020	44
■ Beton se sníženým pH pro hlubinné úložiště radioaktivních odpadů <i>Low pH Concrete in the Deep Geological Repository for Radioactive Waste</i> Ing. Lucie Hausmannová, Ph.D., Ing. Markéta Dohnálková, SÚRAO, Ing. David Čítek, doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D., Kloknerův ústav, ČVUT v Praze	1/2020	54
■ Užití průzkumných prací a geotechnického monitoringu při zmáhání mimořádných událostí na stokové a vodovodní síti <i>Use of Surveys and Geotechnical Monitoring to Recovering Extraordinary Events on Sewerage and Water Supply Network</i> Ing. Barbora Pavelková, Ing. Zdenek Řehák, INSET s.r.o.	2/2020	3
■ Geofyzikální měření z vrtů a podzemních děl k posouzení stavu horninového masivu pro tunelové stavby na příkladu průzkumu Radlické radiály <i>Condition of Rock Massif for Tunnel Construction on the Example of Radlice Radial Road</i> Mgr. Radek Zelený, Mgr. David Filipický, Mgr. Tomáš Chabr, INSET s.r.o.	2/2020	16
■ Geotechnický monitoring při hloubení šachty a ražbě kabelového tunelu <i>Geotechnical Monitoring During Sinking of Shaft and Excavation of Invalidovna Cable Tunnel</i> Ing. Miroslav Mixa, INSET s.r.o., Ing. Jiří Košťál, Ph.D., INSET s.r.o., Fakulta stavební ČVUT v Praze	2/2020	28
■ Podobnost mezi modelem a reálnou konstrukcí zatíženou rázovou vlnou <i>Similarity between Model and Real Structure Impacted by Shockwaves</i> prof. RNDr. Ing. Petr Pavel Procházka, DrSc., Ing. Dagmar Jandeková, Ph.D., Fakulta stavební, ČVUT v Praze	2/2020	58

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED

	Číslo Issue	Strana Page
■ Dlouholeté poznatky z výzkumu a aplikace chemických injekčních hmot v podzemním stavitelství <i>Longterm Findings from Research and Application of Chemical Injection Materials in Underground Construction</i> Ing. Petr Kučera, Ing. Adam Janíček, Ing. Miroslav Frantes, Mínova Bohemia s.r.o.	3/2020	3
■ Projektování a realizace kombinované výztuže při ražbě důlní chodby č. 400 042 v extrémních tlakových podmínkách v OKD, a.s. <i>Design and Implementation of Combined Support during the Excavation of the Mining Gate No. 400 042 in Extreme Pressure Conditions in OKD, Inc.</i> Ing. Petr Čada, Ph.D., Ing. a Ing. Pavel Dvořák, Ph.D., Mínova Bohemia s.r.o., Ing. Jiří Golasowski, Ph.D., Ing. Zdeněk Sembol, OKD, a.s.	3/2020	15
■ Využití technologie umělé inteligence v reálném čase pro konstrukce podzemních staveb <i>Real-Time Artificial Intelligence Technology for Ground Support Construction</i> Benny Chen, GroundProbe, Louis-Philippe Gélinas, Agnico Eagle Mines Limited, Lasse Knaben, Mínova Nordics AB	3/2020	22
■ Maximální dovolená rychlost a její vliv na řešení tunelu <i>Maximum Permissible Speed and its Influence on Tunnel Design</i> prof. Ing. Pavel Přibyl, CSc., ČVUT v Praze, Fakulta dopravní	3/2020	60
■ Geologický průzkum trasy metra I.D v Praze, úsek PAD4 <i>Geological Survey of PAD4 Section of Metro ID Line in Prague</i> Václav Anděl, Ing. Miroslav Filip, Ing. Štefan Ivor, Metrostav a.s.	4/2020	14
■ Zkušenosti z geotechnického monitoringu ražeb železničního tunelu Deboreč <i>Experience from Geotechnical Monitoring of Deboreč Rail Tunnel Excavation</i> Ing. Milan Kössler, Mgr. Aleš Videňský, SG Geotechnika a.s.	4/2020	31
■ Metro I.D – současný stav geologických průzkumných prací na úsecích VO-OL a OL1 <i>Metro ID – Current Condition of Geological Survey for VO-OL and OL1 Sections</i> Mgr. Jiří Tlamsa, Mgr. Radek Onysko, Bc. Jan Zemánek, SG Geotechnika a.s.	4/2020	44
■ Vývoj optovláknových snímačů deformace pro geotechnický monitoring a příklady aplikací <i>Development of Optical Fibre Strain Sensors for Geotechnical Monitoring and Examples of Applications</i> Ing. Marek Záleský, Ph.D., SG Geotechnika a.s., doc. Ing. Jan Záleský, CSc., katedra geotechniky, FSV ČVUT v Praze, Ing. Ladislav Šašek, CSc., SAFIBRA, s.r.o.	4/2020	54
8. HISTORIE HISTORY		
■ Tunely na stavbách dopravní infrastruktury na Slovensku <i>Tunnels of Transport Infrastructure Projects in Slovakia</i> Ing. Miloslav Frankovský, DOPRAVOPROJEKT, a.s., Ing. Ján Kušník, REMING CONSULT, a.s.	2/2020	48
9. RŮZNÉ MISCELLANEOUS		
■ Aktuální stav projektu hlubinného úložiště v České republice <i>Current Status of the Deep Geological Repository Project in the Czech Republic</i> Ing. Markéta Dohnálková, Ing. Jaromír Augusta, Ph.D., SÚRAO	1/2020	38
■ PVP Bukov – generická laboratoř pro podporu projektu hlubinného úložiště <i>Bukov URF – a Generic Laboratory for the Support of the Deep Geological Repository Project</i> Ing. Jan Smutek, Ph.D., RNDr. Lukáš Vondrovic, Ph.D., Ing. Jaromír Augusta, Ph.D., SÚRAO	1/2020	44
■ Beton se sníženým pH pro hlubinné úložiště radioaktivních odpadů <i>Low pH Concrete in the Deep Geological Repository for Radioactive Waste</i> Ing. Lucie Hausmannová, Ph.D., Ing. Markéta Dohnálková, SÚRAO, Ing. David Čítek, doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D., Kloknerův ústav, ČVUT v Praze	1/2020	54

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED

 Číslo Strana
 Issue Page

- Dlouholeté poznatky z výzkumu a aplikace chemických injekčních hmot v podzemním stavitelství
Longterm Findings from Research and Application of Chemical Injection Materials in Underground Construction
Ing. Petr Kučera, Ing. Adam Janiček,
Ing. Miroslav Frantes, Minova Bohemia s.r.o. 3/2020 3
- Projektování a realizace kombinované výztuže při ražbě důlní chodby č. 400 042 v extrémních tlakových podmínkách v OKD, a.s.
Design and Implementation of Combined Support during the Excavation of the Mining Gate No. 400 042 in Extreme Pressure Conditions in OKD, Inc.
Ing. Petr Čada, Ph.D., Ing. a Ing. Pavel Dvořák, Ph.D.,
Minova Bohemia s.r.o.,
Ing. Jiří Golasowski, Ph.D., Ing. Zdeněk Sembol,
OKD, a.s. 3/2020 15
- Využití technologie umělé inteligence v reálném čase pro konstrukce podzemních staveb
Real-Time Artificial Intelligence Technology for Ground Support Construction
Benny Chen, GroundProbe, Louis-Philippe Gélinas,
Agnico Eagle Mines Limited,
Lasse Knaben, Minova Nordics AB 3/2020 22
- Unipass – nová éra ve svorníkování
Unipass – a New Era in Rock Bolting
Dipl. Ing. Michael Hosp, Minova International Limited 3/2020 32
- Maximální dovolená rychlost a její vliv na řešení tunelu
Maximum Permissible Speed and its Influence on Tunnel Design
prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc., ČVUT v Praze,
Fakulta dopravní 3/2020 60
- Vývoj optovláknových snímačů deformace pro geotechnický monitoring a příklady aplikací
Development of Optical Fibre Strain Sensors for Geotechnical Monitoring and Examples of Applications
Ing. Marek Záleský, Ph.D., SG Geotechnika a.s.,
doc. Ing. Jan Záleský, CSc.,
katedra geotechniky, FSv ČVUT v Praze,
Ing. Ladislav Šašek, CSc., SAFIBRA, s.r.o. 4/2020 54

10. STAVEBNÍ MATERIÁLY
BUILDING MATERIAL

- Beton se sníženým pH pro hlubinné úložiště radioaktivních odpadů
Low pH Concrete in the Deep Geological Repository for Radioactive Waste
Ing. Lucie Hausmannová, Ph.D., Ing. Markéta Dohnáková,
SÚRAO,
Ing. David Čítek, doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.,
Kloknerův ústav, ČVUT v Praze 1/2020 54
- Dlouholeté poznatky z výzkumu a aplikace chemických injekčních hmot v podzemním stavitelství
Longterm Findings from Research and Application of Chemical Injection Materials in Underground Construction
Ing. Petr Kučera, Ing. Adam Janiček, Ing. Miroslav Frantes,
Minova Bohemia s.r.o. 3/2020 3

11. TECHNOLOGIE
EQUIPMENT

- Využití technologie umělé inteligence v reálném čase pro konstrukce podzemních staveb
Real-Time Artificial Intelligence Technology for Ground Support Construction
Benny Chen, GroundProbe, Louis-Philippe Gélinas,
Agnico Eagle Mines Limited, Lasse Knaben,
Minova Nordics AB 3/2020 22
- Unipass – nová éra ve svorníkování
Unipass – a New Era in Rock Bolting
Dipl. Ing. Michael Hosp, Minova International Limited 3/2020 32

12. ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB
THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

- Mozaika ze světa podzemních staveb
Ing. Miloslav Novotný 1/2020 67
3/2020 75
4/2020 66
- Výstavba tunelů na rychlostní silnici M85 v Maďarsku
Construction of Tunnels of M85 Fast Highway in Hungary
Ing. Jan Frantl, Ing. Gerley Bölskei 3/2020 76

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED

 Číslo Strana
 Issue Page

13. AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLICE
CURRENT NEWS FROM THE CZECH AND SLOVAK UNDERGROUND CONSTRUCTION

- Metro D – nová linka pražského metra
Metro D – New Line of Prague Metro
Ing. Boris Šebesta, Ing. Michal Šerák 1/2020 73
- Nové železniční tunely na IV. železničním koridoru
New Railway Tunnels on Railway Corridor IV
Tunel Mezno
Mezno Tunnel
Tunel Deboreč
Deboreč Tunnel
Ing. Tomáš Just, OHL ŽS, a.s. 1/2020 74
- Tunely na diaľničnej sieti
Tunnels on Motorway Network
Tunely Ovčiarско a Žilina
Ovčiarско and Žilina Tunnels
Tunel Čerbať
Čerbať Tunnel
Tunel Višňové
Višňové Tunnel
Tunel Bikoš
Bikoš tunnel
Ing. Vladimír Ďurša 1/2020 75
- Tunel Prešov
Prešov Tunnel
Ing. Jiří Břichňáč 1/2020 76
- Tunely na železničnej sieti
Tunnels on Railway Network
Tunel Diel
Diel Tunnel
Tunel Miločov
Milochov Tunnel
Ing. Ján Kušnír 1/2020 77
- Metro D – nová linka pražského metra
Metro D – New Line of Prague Metro
Ing. Boris Šebesta, Ing. Michal Šerák 2/2020 68
- Nové železniční tunely na IV. železničním koridoru
New Railway Tunnels on Railway Corridor IV
Tunel Mezno
Mezno Tunnel
Tunel Deboreč
Deboreč Tunnel
Ing. Tomáš Just, OHL ŽS, a.s. 2/2020 69
- Tunely na diaľničnej sieti
Tunnels on Motorway Network
Tunely Ovčiarско a Žilina
Ovčiarско and Žilina Tunnels
Tunel Prešov
Prešov Tunnel
Tunel Čerbať
Čerbať Tunnel
Tunel Višňové
Višňové Tunnel
Tunel Bikoš
Bikoš tunnel
Ing. Vladimír Ďurša, Ing. Petr Hybský 2/2020 71
- Tunely na železničnej sieti
Tunnels on Railway Network
Tunel Diel
Diel Tunnel
Tunel Miločov
Milochov Tunnel
Ing. Ján Kušnír 2/2020 73
- Metro D – nová linka pražského metra
Metro D – New Line of Prague Metro
Ing. Boris Šebesta, Ing. Michal Šerák 3/2020 77
- Nové železniční tunely na IV. železničním koridoru
New Railway Tunnels on Railway Corridor IV
Tunel Mezno
Mezno Tunnel
Tunel Deboreč
Deboreč Tunnel
Ing. Tomáš Just, OHL ŽS, a.s. 3/2020 79

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED

	Číslo Issue	Strana Page
■ Tunely na diaľničnej sieti <i>Tunnels on Motorway Network</i> Tunely Ovčiarско a Žilina <i>Ovčiarско and Žilina Tunnels</i> Tunel Prešov <i>Prešov Tunnel</i> Tunel Bikoš <i>Bikoš Tunnel</i> Tunel Čerbať <i>Čerbať Tunnel</i> Tunel Višňové <i>Višňové Tunnel</i> Ing. Vladimír Ďurša, Ing. Jiří Břichňáč	3/2020	80
■ Tunely na železničnej sieti <i>Tunnels on Railway Network</i> Tunel Diel <i>Diel Tunnel</i> Tunel Milochov <i>Milochov Tunnel</i> Ing. Ján Kušnir	3/2020	83
■ Metro D – nová linka pražského metra <i>Metro D – New Line of Prague Metro</i> Ing. Boris Šebesta, Ing. Michal Šerák	4/2020	68
■ Nové železniční tunely na IV. železničním koridoru <i>New Railway Tunnels on Railway Corridor IV</i> Tunel Mezno <i>Mezno Tunnel</i> Tunel Deboreč <i>Deboreč Tunnel</i> Ing. Tomáš Just, OHL ŽS, a.s.	4/2020	70
■ Železniční tunel Zvěrotice <i>Zvěrotice Rail Tunnel</i> Ing. Libor Mařík	4/2020	71
■ Tunely na diaľničnej sieti <i>Tunnels on Motorway Network</i> Tunely Ovčiarско a Žilina <i>Ovčiarско and Žilina Tunnels</i> Tunel Prešov <i>Prešov Tunnel</i> Tunel Bikoš <i>Bikoš Tunnel</i> Tunel Čerbať <i>Čerbať Tunnel</i> Tunel Višňové <i>Višňové Tunnel</i> Ing. Vladimír Ďurša, Ing. Jiří Břichňáč, Ing. Miloslav Frankovský	4/2020	72
■ Tunely na železničnej sieti <i>Tunnels on Railway Network</i> Tunel Diel <i>Diel Tunnel</i> Tunel Milochov <i>Milochov Tunnel</i> Ing. Ján Kušnir	4/2020	75
14. ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCE		
■ 68. Geomechanické kolokvium v Salzburgu <i>68th Geomechanics Colloquium in Salzburg</i> Ing. Libor Mařík	1/2020	68
■ Tunelářské odpoledne 2/2019 <i>Tunnel Afternoon 2/2019</i> Ing. Markéta Prušková, Ph.D.	1/2020	70
■ Tisková konference ČKAIT – Kolektorový systém měst v ČR a na Slovensku <i>CCAET Press Conference – Utility Tunnel Systems in Cities and Towns in the CR and in Slovakia</i> Ing. Libor Mařík	1/2020	70
■ Krušnohorský básový tunel – předběžná tržní konzultace v Praze a konference ve Freibergu <i>Ore Mountains Base Tunnel – Preliminary Market Consultation in Prague and Conference in Freiberg</i> Ing. Libor Mařík	1/2020	71
■ Železniční mosty a tunely 2019 <i>Railway Bridges and Tunnels 2019</i> Ing. Tomáš Zítka, CEng MICE, EUR ING	1/2020	73
■ Jubilejní 25. ročník semináře zpevnování, těsnění a kotvení horninového masivu a stavebních konstrukcí Ostravě <i>25th International Colloquy Reinforcement, Sealing and Anchoring of Rock Mass and Engineering Construction in Ostrava</i> doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D.	2/2020	66

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED

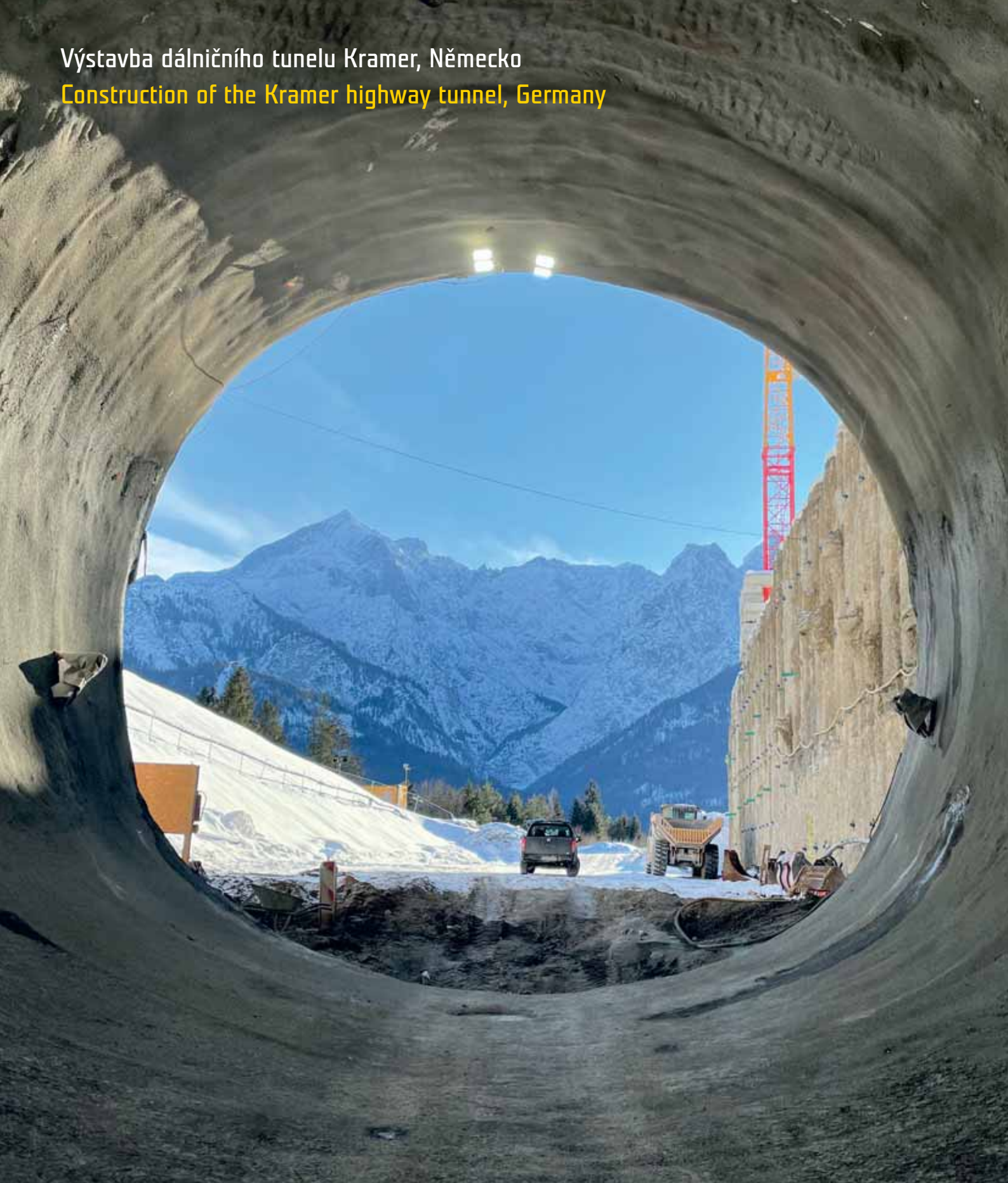
	Číslo Issue	Strana Page
■ Konference Geotechnika 2020 <i>Geotechnics 2020 Conference</i> doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D.	4/2020	67
15. ZPRÁVY ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES CZECH TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORTS		
■ Oznámení o konání valného shromáždění České tunelářské asociace ITA-AITES z. s. Ing. Markéta Prušková, Ph.D.	1/2020	85
■ Oznámení o změně termínu konání valného shromáždění České tunelářské asociace z. s. Ing. Markéta Prušková, Ph.D.	2/2020	82
■ Valné shromáždění CzTA ITA-AITES, z. s. <i>General Assembly of CzTA ITA AITES</i> Ing. Markéta Prušková, Ph.D.	4/2020	81
16. SPRÁVODAJSTVO SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA-AITES ITA-ITES SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION REPORT		
■ Valné shromáždzenie Slovenskej tunelárskej asociácie <i>General Assembly of Slovakia Tunnelling Association</i> Ing. Miloslav Frankovský	1/2020	84
17. VÝROČÍ ANNIVERSARIES		
■ Blahoželanie Ing. Jurajovi Kelešimu k osmdesiatinám <i>Congratulations Ing. Juraj Keleši's Eightieth Anniversary of Birth</i> Ing. Miloslav Frankovský	1/2020	82
■ Tři čtvrtě století doc. Ing. Alexandra Rozsypala, CSc. <i>Three Quarters of a Century of doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc.</i> Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D.	1/2020	83
■ Blahopřejeme Ing. Jindřichu Hessovi, Ph.D. k osmdesátinám <i>Congratulations to Ing. Jindřich Hess, Ph.D. to the Eightieth Birthday</i> Ing. Ivan Hrdina	2/2020	79
■ Životní jubileum Ing. Jiřího Pokorného <i>Anniversary of Ing. Jiří Pokorný's Life</i> Ing. Miroslav Novák	2/2020	80
■ Osmdesátiny zastihly Ing. Miloslava Novotného na zasluženém odpočinku <i>Eightieth Birthday Caught Ing. Miloslav Novotný on the Well-Deserved Rest</i> prof. Jiří Barták	3/2020	89
18. ROZLOUČENÍ LAST FAREWELL		
■ Vzpomínka na Ing. Miroslava Kolečkáře <i>Memory of Ing. Miroslav Kolečkář</i> Ing. Jaroslav Němeček	1/2020	83
■ Odešel Ing. Milan Krejcar <i>Ing. Milan Krejcar's Departure</i> prof. Ing. Jiří Barták	2/2020	81
■ Vzpomínka na Ing. Miloslava Drholce <i>Memory of Ing. Miloslav Drholec</i> Ing. Michal Šerák	4/2020	79
■ Spomienka na profesora Františka Klepsatela <i>Memory of Professor František Klepsatel</i> prof. Jana Frankovská	4/2020	80
19. Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS		
■ Pohlednice s tunely na Mittenwaldské dráze v Rakousku <i>Picture Postcards with Tunnels on Mittenwald Rail Line in Austria</i> doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., Ing. Richard Svoboda, Ph.D., Ing. Martin Závacký	1/2020	79
■ Pohlednice s tunely a s lokomotivami II <i>Picture Postcards with Tunnels and Locomotives II</i> doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., Ing. Richard Svoboda, Ph.D., Ing. Martin Závacký	2/2020	75
■ Pohlednice s tunely za oceánem II <i>Picture Postcards with Tunnels bering the Ocean II</i> doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., Ing. Richard Svoboda, Ph.D., Ing. Martin Závacký	3/2020	86
■ Pohlednice s tunelem pod průlivem La Manche <i>Picture Postcards with Channel Tunnel</i> doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., Ing. Richard Svoboda, Ph.D., Ing. Martin Závacký	4/2020	76
20. Z ČINNOSTI PRACOVNÍCH SKUPIN CzTA CZTA WORKING GROUPS		
■ Vznik pracovní skupiny „Mladých tunelářů (CZTA_YM)“ v rámci tunelářské asociace <i>Establishment of "Young Tunnellers (CZTA_YM)" Working Group in the Tunnelling Association</i> Veronika Pavelcová, Jiří Šach, Simona Zetková, Zdeněk Žižka	4/2020	81

JMENNÝ REJSTŘÍK AUTORŮ STATÍ ČASOPISU TUNEL ZA ROK 2020

NAME INDEX OF AUTORS OF ARTICLES PUBLISHED IN THE TUNEL JOURNAL IN THE YEAR 2020

Jméno: Name:	Číslo: Number:	Strana: Page:	Jméno: Name:	Číslo: Number:	Strana: Page:	Jméno: Name:	Číslo: Number:	Strana: Page:
A			Hrubešová, Eva	2/2020	66	Prachař, Jan	1/2020	3
Anděl, Václav	4/2020	14		4/2020	67	Prušková, Markéta	1/2020	70, 85
Augusta, Jaromír	1/2020	38, 44	Hybský, Petr	2/2020	71		2/2020	82
				4/2020	22		4/2020	81
B						Příbyl, Pavel	3/2020	60
Bačina, Pavel	1/2020	28	CH					
Barták, Jiří	2/2020	81	Chabr, Tomáš	2/2020	16	Ř		
	3/2020	89	Chen, Benny	3/2020	22	Řehák, Zdenek	2/2020	3
Bohátková, Lucie	4/2020	3	Chmelář, Radovan	1/2020	17			
Bölscke, Gerley	3/2020	76	Chómová, Viktória	3/2020	1	S		
Břichňáč, Jiří	1/2020	76				Sattlegger, Elisabeth	3/2020	50
	2/2020	22	I			Sembo, Zdeněk	3/2020	15
	3/2020	80	Ivor, Štefan	4/2020	14	Schramm, Tobias	2/2020	37
	4/2020	72				Smutek, Jan	1/2020	44
Č			J			Svoboda, Richard	1/2020	79
Čada, Petr	3/2020	15	Jandeková, Dagmar	2/2020	58		2/2020	75
Čítek, David	1/2020	54	Janiček, Adam	3/2020	3		3/2020	86
Čulík, Peter	3/2020	40	Josefík, Daniel	2/2020	37		4/2020	76
			Just, Tomáš	1/2020	74	Š		
D				2/2020	69	Šach, Jiří	4/2020	81
Dohnálková, Markéta	1/2020	38, 54		3/2020	40, 79	Šašek, Ladislav	4/2020	54
Dvořák, Pavel	3/2020	15	K	4/2020	70	Šebesta, Boris	1/2020	73
Đurša, Vladimír	1/2020	75	Kliš, Lumír	3/2020	50		2/2020	68
	2/2020	71	Knaben, Lasse	3/2020	22		3/2020	77
	3/2020	80	Kolíško, Jiří	1/2020	54	Šerák, Michal	4/2020	68
	4/2020	72	Kössler, Milan	4/2020	31		1/2020	73
E			Koštal, Jiří	2/2020	28		2/2020	68
Ebermann, Tomáš	1/2020	83	Kučera, Petr	3/2020	3		3/2020	77
			Kuk, Richard	1/2020	28		4/2020	68, 79
F			Kušnir, Ján	1/2020	77	Šňupárek, Richard	1/2020	1
Filip, Miroslav	4/2020	14		2/2020	48	Šourek, Pavel	1/2020	4
Filipický, David	2/2020	16		3/2020	83	T		
Frankovský, Miloslav	1/2020	82, 84	M	4/2020	75	Tarbajová, Mária	3/2020	50
	2/2020	48	Malknecht, Josef	4/2020	4	Tlamsa, Jiří	4/2020	44
Frantes, Miroslav	3/2020	3	Mařík, Libor	1/2020	68, 70, 71	Tůma, Pavel	1/2020	17
Frantl, Jan	3/2020	76		4/2020	1, 71	V		
G			Mikolášek, Tomáš	1/2020	17	Veselý, Václav	2/2020	1
Gélinas, Louis-Philippe	3/2020	22	Míxa, Miroslav	2/2020	28	Vídeňský, Aleš	4/2020	31
Geng, Dongyang	1/2020	60				Vojtasík, Karel	1/2020	60
Golasowski, Jiří	3/2020	15	N			Vondrovic, Lukáš	1/2020	44
Grünwald, Lukáš	1/2020	4	Němeček, Jaroslav	1/2020	83	Z		
Gubaniová, Michaela	1/2020	17	Novák, Miroslav	2/2020	80	Záleský Jan	4/2020	54
H			Novotný, Miloslav	1/2020	67	Záleský, Marek	4/2020	54
Hausmannová, Lucie	1/2020	54		3/2020	75	Závadský, Martin	1/2020	79
Hegerlík, Ludvík	2/2020	2		4/2020	66		2/2020	75
Heran, Jaroslav	4/2020	2	O				3/2020	86
Horák, Vladislav	1/2020	79	Onysko, Radek	4/2020	44		4/2019	76
	2/2020	75				Zelený, Radek	2/2020	16
	3/2020	86	P			Zemánek, Jan	4/2020	44
	4/2020	76	Patzák, Jiří	2/2020	37	Zetková, Simona	4/2020	81
Hosp, Michael	3/2020	32	Pavelcová, Veronika	4/2020	81	Zítko, Tomáš	1/2020	73
Höfler, Martin	1/2020	2	Pavelková, Barbora	2/2020	3	Ž		
Hrdina, Ivan	2/2020	7	Procházka, Petr Pavel	2/2020	58	Žižka, Zdeněk	4/2020	81

Výstavba dálničního tunelu Kramer, Německo
Construction of the Kramer highway tunnel, Germany



SUBTERRA 

www.subterra.cz

Nedržíme se při zemi
Never stuck on the ground



Pisárecký tunel, stavba roku 1998



Tunel Klimkovic, stavba roku Moravskoslezského kraje 2008

AMBERG Engineering Brno, a.s.



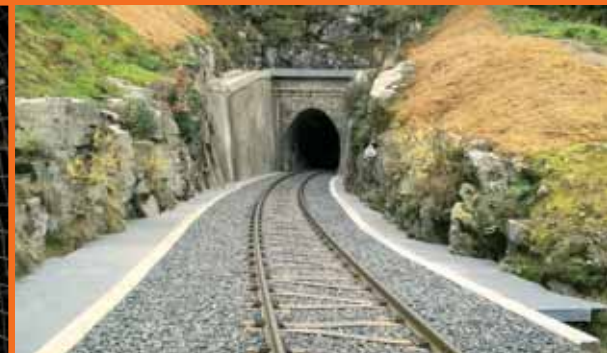
Královopolský tunel, stavba roku 2013



Rekonstrukce Domašovského tunelu, rok 2013



Odvodňovací štola VD Šance, stavba roku 2014 (ČKAIT)



Rekonstrukce Harrachovského tunelu, stavba roku 2015 (ČKAIT)



Cornberg tunel, rok 2020



Hornotanvaldský tunel, rok 2013



Rekonstrukce Podhradského tunelu, rok 2020