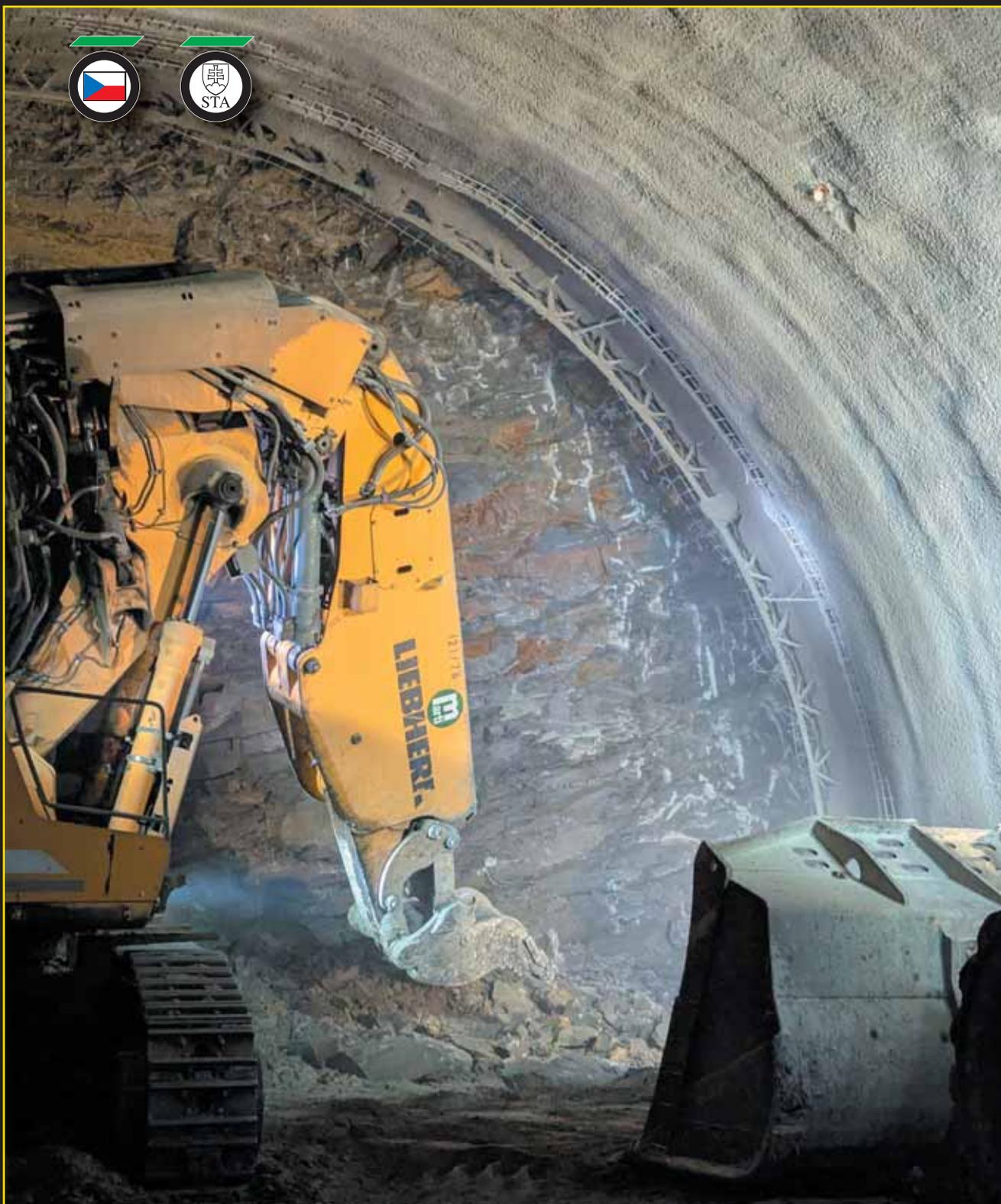


Tu ň e i

č. 4
2025

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





Spoločnosť Marti a.s. pôsobí v segmente podzemného staviteľstva (tunely, štôlne, podchody, podzemné sklady, garáže, zásobníky) a v oblasti budovania inžinierskych stavieb (vodovody, kanalizácie, ČOV, čerpace stanice a vodné zdroje, uzatváranie a rekultivácia skládok, verejné priestranstvá a námestia, protipovodňové ochranné opatrenia).



NAŠE STAVBY MENIA VÁŠ SVET...

www.martias.sk

Podzemní stavby (vývoj, výzkum, navrhování, realizace)
Časopis České tunelářské asociace a Slovenskej tunelárskej asociácie ITA-AITES
Založen Ing. Jaroslavem Gránem v roce 1992

OBSAH

Editorial:	
Ing. Jan Korejčík, člen redakční rady	1
Úvodník:	
Ing. Miroslav Žák, generální ředitel a předseda představenstva Marti a.s.	2
Tunel Dolní Radechová – významný prvek obchvatu Náchoda	
Ing. Michal Maričák, Marti a.s.	3
Tunel Homole	
Ing. Andrej Korba, Ing. Boris Čillik, Marti a.s.	13
Cementobetonové vozovky v tunelech – technické a prevádzkové aspekty návrhu	
doc. Ing. Andrea Zuzulová, PhD., STU v Bratislave, Stavebná fakulta	21
Návrh, konstrukce a provoz mobilního bednění pro hloubené tunely	
Ing. Petr Bortlík, Ph.D., OSTROJ a.s.	28
Ovlivnění konstrukce metra C ražbou průzkumných štol pro stavbu I.D metra	
Ing. Martin Vinter, Ing. Vojtěch Anderle, INSET s.r.o.	36
Fotoreportáž z výstavby kabelového kolektoru HG na Letišti Václava Havla v Praze	44
Fotoreportáž ze zahájení ražby průzkumné štoly pro tunel Kamenná Vrata na D3	46
Ze světa podzemních staveb	51
Zprávy z tunelářských konferencí	56
Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice	58
Z historie podzemních staveb	66

REDAKČNÍ RADA / EDITORIAL BOARD

Čeští a slovenští členové / Czech and Slovak members

Předseda / Chairman: doc. Dr. Ing. Jan Pruška – Fakulta stavební ČVUT v Praze
Místopředseda / Vice-Chairman: Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D. – PUDIS a.s.
prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. – Fakulta stavební ČVUT v Praze
Ing. Radek Bernard, Ph.D. – SG Geotechnika a.s.
Ing. Martin Čermák – INSET s.r.o.
Ing. Miloslav Frankovský – STA
Ing. Jan Frantl – Subterra a.s.
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 Hrušešová, Ph.D. – VŠB-TU Ostrava
RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D. – PUDIS a.s.
Ing. Viktória Chomová – DOPRAVOVÝ PROJEKT, a.s.
Ing. Filip Jiříčny – Metrostav TBR a.s.
Ing. Jan Korejčík – METROPROJEKT Praha a.s.
Ing. Otakar Krásný – GeoTec-GS, a.s.
Ing. Miroslav Lípka – HOCHTIEF CZ a. s.
Ing. Petr Makásek, Ph.D. – Mott MacDonald CZ, spol. s r.o.

VYDAVATEL

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

DISTRIBUCE

členské státy ITA-AITES
členové EC ITA-AITES
členské organizace a členové CzTA a STA
externí odběratelé
povinné výtisky 35 knihovnám a dalším organizacím

REDAKCE

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 redaktoři: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., doc. Ing. Dr. Jan Pruška, Ing. Pavel Šourek, RNDr., Radovan Chmelař, Ph.D., Ing. Miloslav Frankovský
Grafické zpracování: Ing. Jiří Šilar DTP, Dačického 1225/8, 140 00 Praha 4
Tisk: SERIFA, s.r.o., Jinonická 804/80, 158 00 Praha 5
Foto na obálce: Z průběhu ražby tunelu Homole v prostředí křídových slínovců (foto Ing. Otakar Krásný, GeoTec-GS, a.s.)

Underground Construction (Development, Research, Design, Realization)
Magazine of the Czech Tunnelling Association and the Slovak Tunnelling Association ITA-AITES
Established by Ing. Jaroslav Grán in 1992

CONTENTS

Editorials:	
Ing. Jan Korejčík, Member of the Editorial Board	1
Ing. Miroslav Žák, CEO and Chairman of the Board, Marti a.s.	2
Tunel Dolní Radechová – a Key Element of the Náchod Bypass	
Ing. Michal Maričák, Marti a.s.	3
Homole Tunnel	
Ing. Andrej Korba, Ing. Boris Čillik, Marti a.s.	13
Cement Concrete Pavements in Tunnels – Technical and Operational Design Aspects	
doc. Ing. Andrea Zuzulová, PhD., STU v Bratislave, Stavebná fakulta	21
Design, Structure, and Operation of Mobile Formwork for Cut-and-Cover Tunnels	
Ing. Petr Bortlík, Ph.D., OSTROJ a.s.	28
Impact of the Excavation of Exploratory Galleries for the Construction of Metro I.D on the Structure of Metro C	
Ing. Martin Vinter, Ing. Vojtěch Anderle, INSET s.r.o.	36
Picture Report from the Construction of the HG Utility Tunnel at the Václav Havel Airport in Prague	44
Picture Report from the Commencement of Excavations of the Exploratory Gallery for the Kamenná Vrata Tunnel on the D3	46
The World of Underground Constructions	51
News from Tunnelling Conferences	56
Current News from the Czech and Slovak Underground Constructions	58
From the History of Underground Constructions	66

Ing. Libor Mařík – SAGASTA s.r.o.
Ing. Soňa Masarovičová, Ph.D. – ŽU, Stavební fakulta
Ing. Boris Šebesta
Ing. Michal Šerák – Inženýring dopravních staveb a.s.
Ing. Pavel Šourek – SATRA, spol. s r.o.
Ing. Jaromír Zlámal – POHL cz, a.s.
CzTA ITA-AITES: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.

Zahraníční členové / International members

Prof. Georg Anagnostou – ETH Zürich, Switzerland
Dr. Nick Barton – NICK BARTON & ASSOCIATES, Norway
Prof. Adam Bezuijen – GHEENT 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 Witke – 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: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., doc. Dr. Ing. Jan Pruška, Ing. Pavel Šourek, RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D., Ing. Miloslav Frankovský
Graphic designs: Ing. Jiří Šilar DTP, Dačického 1225/8, 140 00 Praha 4
Printed: SERIFA, s.r.o., Jinonická 804/80, 158 00 Praha 5
Cover photo: From the progress of excavations of the Homole tunnel in an environment of Cretaceous marlstones (photo Ing. Otakar Krásný, GeoTec-GS, 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

ALMAPRO, s.r.o.
Průběžná 1108/77
100 00 Praha 10 – Strašnice

AMBERG Engineering Brno, a.s.
Ptašínského 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

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
Tháškova 7
166 29 Praha 6

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

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

FIRESTA – Fišer, rekonstrukce, stavby a.s.
Mlýnská 388/68
602 00 Brno

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

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

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

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

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

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

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

MBS CZ-SK s.r.o.
F.V.Veselého 2760/7
193 00 Praha 9 – Horní Počernice

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

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

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

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

OHLA ŽS, a.s.
Tuřanka 1554/115b
627 00 Brno

OSTROJ a.s.
Těšínská 1586/66
746 01 Opava

POHL cz, a.s.
Na Pomezí 2483
252 63 Rostoky

PORR a.s.
Dubečská 3238/36
100 00 Praha 10 – Strašnice

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

Promat s.r.o.
Evropská 2758/11
160 00 Praha 6

PUDIS a.s.
Podbabská 1014/20
160 00 Praha 6

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR
Čerčanská 12
140 00 Praha 4

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

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

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

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

UNIVERZITA PARDUBICE
Dopravní fakulta Jana Pernera
Studentská 95
532 10 Pardubice

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

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

V-CON, s.r.o.
Vaňurova 505/17
460 07 Liberec 3

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:

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

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

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.
Ružinovská 42
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

CHS-GEO Servis, a.s.
Vysoká 19
811 06 Bratislava

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

Marti a. s.
K Cintorínu 63
010 04 Žilina – Bánová

MBS CZ-SK s.r.o., org. zložka Slovensko
Mierová 32
821 05 Bratislava

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

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

REHAU s.r.o.
Kopčianska 82/A
850 00 Bratislava

REMIING CONSULT a.s.
Tomášikova 64/A
Lake Side Park II
831 04 Bratislava

Renesco a.s.
K cintorínu 63
010 04 Žilina

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

Skanska SK a.s.
Krajná 29
821 04 Bratislava

Slovenská správa ciest
Miletičova 19
826 19 Bratislava

SLOVENSKE TUNELY a.s.
Lamačská cesta 99
841 03 Bratislava

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.
Podunajská 28
821 06 Bratislava

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

Tungard 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, 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

Vážení kolegové a příznivci podzemního stavitelství,

nedávno jsem procházel digitální archiv časopisu Tunel na stránkách České tunelářské asociace ITA-AITES. Zaujalo mě, že v posledních letech byla jeho čísla slušně zásobena příspěvky ze zahraničních projektů, často realizovaných českými a slovenskými zhotoviteli. Pro srovnání jsem si prošel seznam letošních článků a k mému překvapení jsem žádný příspěvek o zahraniční stavbě nenašel.

Co z toho vyplývá? Tunelových projektů u nás přibývá, investice ožívají a obor podzemního stavitelství znovu nabírá na síle. Pokud se tento pozitivní trend udrží, může se stát atraktivní volbou pro studenty středních a vysokých škol. A právě to potřebujeme – nové odborníky, kteří přinesou svěží pohled, netradiční přístupy a díky jazykové vybavenosti i intenzivnější propojení se zahraničními trendy. Podpořme proto zájem mladé generace prezentací inspirativních projektů a jejich aktivním zapojením do praxe již během studia.

Poslední letošní číslo časopisu Tunel tradičně nabízí vyvážený mix odborných článků a aktuálních informací ze světa tunelů, okořeněný špetkou historie. V úvodu se podíváme na dva nové silniční tunely, které aktuálně realizuje slovenská firma Marti a.s., dříve známá jako TuCon a.s. Prvním z nich je krátký tunel Dolní Radechová na dlouho očekávaném obchvatu města Náchod. O něco delší tunel Homole je zajímavý mimo jiné prvním tuzemským využitím smluvních podmínek podle Smaragdové knihy FIDIC, která je nyní dostupná i v českém překladu. Téma silničních tunelů uzavírá podrobný článek doc. Zuzulové ze STU Bratislava, věnovaný návrhu cementobetonových vozovek v tunelech.

Opavská společnost OSTROJ a.s., zapojená také do výstavby pražského metra D, přináší inspirativní příklad úspěšného exportu. Speciálně vyvinuté bednění pro hloubené tunely našlo své uplatnění až v norském Oslu. Závěrečný článek společnosti INSET s.r.o. se věnuje jedné z nejnáročnějších částí monitoringu ražeb metra D v Praze – návrhu a realizaci automatického systému sledování tunelů trasy C, pod nimiž probíhaly ražby a injektáže horninového masivu za plného provozu.

Protože se blíží konec roku, rád bych vám popřál klidné a pohodové Vánoce plné odpočinku a příjemných chvil s vašimi nejbližšími. Do nového roku vám přeji pevné zdraví, dostatek energie a mnoho úspěchů – nejen v práci, ale i v osobním životě.

Ing. JAN KOREJČÍK,
člen redakční rady

Dear colleagues and supporters of underground construction,

recently I went through the digital archives of the Tunel journal on the website of the Czech Tunnelling Association ITA-AITES. It captured my attention that many of its editions in recent years were supplied fairly well with contributions from foreign projects, often realised by Czech and Slovakian contractors. For comparison, I looked through articles from this year, and to my surprise, I did not find any contributions about foreign constructions.

What does that entail? Tunnelling projects are on the increase here, investments are coming alive, and the field of underground construction is again gaining its momentum. If this positive trend remains, it can become an attractive choice for students in high schools and universities. And that is exactly what we need – new experts who bring a fresh view, unconventional approaches, and, thanks to their linguistic skills, even a more intensive connection with foreign trends. So let us support the interests of the young generation by a presentation of inspiring projects and by their active incorporation into practice already during studies.

The last edition of the Tunel journal of this year traditionally offers a balanced blend of expert articles and current information from the world of tunnels, seasoned with a pinch of history. In the beginning, we will have a look at two new road tunnels that are currently being realised by the Slovakian company Marti a.s., previously known as TuCon a.s. The first one is a short tunnel Dolní Radechová on a long-awaited bypass of the city of Náchod. The slightly longer Homole tunnel is interesting, besides other things, for the first domestic utilisation of the FIDIC Conditions of Contracts Emerald book, which is now also available in Czech translation. The topic of road tunnels is concluded with an in-depth article by doc. Zuzulová from STU Bratislava, dedicated to the design of cement concrete pavement in tunnels.

The company OSTROJ a.s. from Opava, which is also engaged in the construction of Metro D in Prague, brings an inspiring example of successful export. Specially developed formwork for cut-and-cover tunnels found its use in Oslo, Norway. The concluding article from the company INSET s.r.o. is dedicated to the most demanding part of monitoring of excavations for Metro D in Prague – the design and realisation of an automatic system for the monitoring of Metro C tunnels, during which excavations and grouting of the rock massif occurred during full operations.

Because the end of the year is getting closer, I would like to wish you a peaceful and relaxed Christmas full of rest and pleasant moments with your closest ones. I wish you good health, plenty of energy, and much success – not only at work, but also in your personal life.

Ing. JAN KOREJČÍK,
Member of the editorial board



VÁŽENÍ ČITATELIA ČASOPISU TUNEL,

s odstupom času sme dostali opäť príležitosť odpredzentovať aktuálne dianie a prácu našej spoločnosti.

V prechádzajúcom príspevku v časopise Tunel sme predstavili našu spoločnosť ako spoľahlivého dodávateľa stavebných prác a to najmä na slovenskom stavebnom trhu. Vďaka neúnavnej práci všetkých kolegov máme možnosť ukázať naše schopnosti a potvrdiť pozíciu spoľahlivého dodávateľa stavebných prác aj v Českej republike – kde v súčasnosti realizujeme výstavbu tunela Homole na úseku D35 s plánovaným termínom ukončenia prác v decembri 2026. Tunel pozostáva z dvoch jednosmerných tunelových rúr, obe tunelové rúry sú prepojené jedným priečnym prepojením. Tunel pod povrchom podchádza frekventovanú cestu I/17, pričom v mieste jej kríženia dosahuje nadložie výšku cca 13,5 m. Podrobnejšie informácie o projekte vám prinášame v samotnom článku.

K existujúcej stavbe tunela Homole sme v roku 2025 podpísali zmluvu o dielo a začali výstavbu tunelov Dolní Radechová a Kramolna na severozápadnom obchvate mesta Náchod. Samotné začatie výstavby tunela a vysvätenie sochy sv. Barbory sa uskutočnilo v októbri. Cieľom projektu je odkloniť tranzitnú dopravu z centra mesta, čím sa zlepši bezpečnosť cestnej premávky, zníži sa hluková a exhalačná záťaž pre obyvateľov a zvýši sa komfort cestovania.

Okrem toho je naša spoločnosť členom združenia, v ktorom bude zodpovedať za výstavbu tunela Kamechy v Brne ako súčasť predĺženia existujúcej električkovej trate z dnešnej konečnej stanice Ečerova – Bystrc na sídlisko Kamechy. Obe projekty, tunel Homole aj tunel Kamechy, majú byť ukončené v roku 2027.

Rastúci objem aktivít a ich zložitá koordinácia prostredníctvom organizačnej zložky v Českej republike vyvolala potrebu založenia dcérskej spoločnosti Marti CZ, s.r.o. Táto spoločnosť sa v budúcnosti bude prioritne uchádzať o zákazky v segmente podzemného staviteľstva na českom stavebnom trhu.

Na Slovensku aktuálne realizujeme výstavbu tunela Okruhliak s dĺžkou 1,8 km, ktorý je súčasťou severného obchvatu rýchlostnej cesty mesta Prešov. Výstavba tunela Okruhliak je nielen súčasťou strategickej infraštruktúry, ale aj ukážkou moderného podzemného staviteľstva v náročnom geologickom prostredí.

Okrem stavebnej činnosti sme v máji 2025 po úspešnom ukončení akreditačného procesu podľa požiadaviek EN ISO/IEC 17025:2017 získali Osvedčenie o akreditácii č. S-427 pre skúšobné laboratórium na výkon fyzikálnych skúšok betónu.

Pevne verím, že aj naďalej budeme môcť zúročiť naše skúsenosti a odborné znalosti pri realizácii ďalších významných projektov nielen na Slovensku, ale i v zahraničí.

Ďakujem všetkým partnerom, kolegom za ich dôveru a spoločne sa tešíme na nové výzvy, ktoré nás čakajú.


ING. MIROSLAV ŽÁK**Generálny riaditeľ a predseda
predstavenstva Marti a.s.****CEO and Chairman
of the Board Marti a.s.****DEAR READERS OF THE TUNEL JOURNAL,**

With the passage of time, we have once again been given the opportunity to present updates and the work of our company.

In our previous contribution to Tunel magazine, we introduced our company as a reliable provider of construction services, primarily on the Slovak construction market. Thanks to the tireless efforts of all our colleagues, we have been given the opportunity to demonstrate our capabilities and confirm our position as a reliable contractor also in the Czech Republic – where we are currently constructing the Homole Tunnel on the D35 section, with a planned completion date in December 2026. The tunnel consists of two one-way tunnel tubes, connected by a single cross passage. The tunnel runs beneath the busy I/17 road, with an overburden of approximately 13.5 meters at the crossing point. More detailed information about the project is provided in the article itself.

In addition to the existing Homole Tunnel project, in 2025 we signed a contract and began construction of the Dolní Radechová Tunnel on the northwestern bypass of the town of Náchod. The actual start of construction and the blessing of the statue of St. Barbara took place in October. The aim of the project is to divert transit traffic from the town center, thereby improving road safety, reducing noise and emissions for residents, and enhancing travel comfort.

Furthermore, our company is a member of a consortium responsible for the construction of the Kamechy Tunnel in Brno, as part of the extension of the existing tram line from the current terminal station Ečerova – Bystrc to the Kamechy housing estate. Both projects – the Homole Tunnel and the Kamechy Tunnel – are scheduled for completion in 2027.

The growing volume of activities and their complex coordination through our organizational branch in the Czech Republic led to the need to establish a subsidiary company, Marti CZ, s.r.o. This company will primarily pursue contracts in the underground construction segment on the Czech construction market in the future.

In Slovakia, we are currently constructing the Okruhliak Tunnel, which is 1.8km long and part of the northern bypass of the expressway around the city of Prešov. The construction of the Okruhliak Tunnel is not only part of strategic infrastructure but also a showcase of modern underground construction in a challenging geological environment.

In addition to construction activities, in May 2025, following the successful completion of the accreditation process according to EN ISO/IEC 17025:2017, we obtained Accreditation Certificate No. S-427 for our testing laboratory to perform physical tests on concrete.

I firmly believe that we will continue to leverage our experience and expertise in the realization of further significant projects not only in Slovakia but also abroad.

Thank you to all partners and colleagues for their trust. I look forward to the new challenges ahead.

TUNEL DOLNÍ RADECHOVÁ – VÝZNAMNÝ PRVOK OBCHVATU NÁCHODA

DOLNÍ RADECHOVÁ TUNNEL – A KEY ELEMENT OF THE NÁCHOD BYPASS

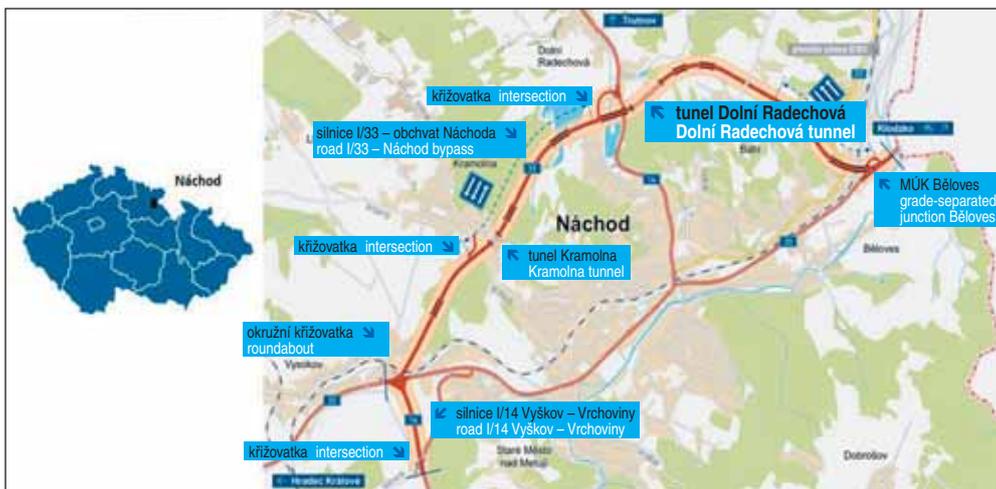
MICHAL MARIČÁK

ABSTRAKT

Tunel Dolní Radechová predstavuje významný stavebný objekt v rámci stavby I/33 Náchod – obchvat, ktorej cieľom je zlepšiť dopravnú situáciu v Náchode a jeho okolí. Tunel je navrhnutý ako jednorúrovňový obojsmerný tunel s celkovou dĺžkou 363 m. Článok približuje základné informácie o technickom riešení, geologických podmienkach, použitej technológii razenia a organizácii výstavby.

ABSTRACT

The Dolní Radechová Tunnel represents a significant construction element within the I/33 Náchod – bypass project, which aims to improve traffic conditions in Náchod and its surroundings. The tunnel is designed as a single-tube, bidirectional tunnel with a total length of 363 meters. This article presents basic information about the technical design, geological conditions, tunneling technology used, and construction organization.



Obr. 1 Prehľadná situácia stavby
Fig. 1 Plan view of the construction site

ÚVOD

Mesto Náchod, ktoré sa nachádza pri česko-poľskej hranici, dlhodobo zápasí s nadmernou dopravnou záťažou, ktorá negatívne ovplyvňuje kvalitu života obyvateľov i plynulosť dopravy. Medzinárodná cesta prvej triedy I/33, spájajúca Hradec Králové s poľským mestom Kudowa-Zdrój, je dôležitou dopravnou tepnou, avšak jej trasa cez centrum Náchoda spôsobuje dopravné zápchy, hlučnosť a zvýšenú emisnú záťaž.

Výstavba obchvatu Náchoda je strategickým riešením tejto situácie. Tunel Dolní Radechová [1] (obr. 1), ako jeden z významnejších objektov stavby, prekonáva výškový rozdiel a členitý terén severne od mesta a zároveň minimalizuje zásah do zastavaného územia. V tomto článku je podrobne predstavený návrh tunela, postup výstavby, ako aj prekážky, ktoré je potrebné počas realizácie prekonať.

Objednávateľom stavby je Ředitelství silnic a dálnic s. p. a zhotoviteľom je „Společnost obchvat Náchoda“, ktorá združuje firmy: EUROVIA CZ a.s., Stavby mostů a.s., Marti a.s. a EUROVIA SK, a.s. Spoločnosť Marti a.s. je zhotoviteľom stavebnej časti

INTRODUCTION

The town of Náchod, located near the Czech-Polish border, has long struggled with excessive traffic load, which negatively affects both the quality of life of its residents and the smooth flow of traffic. The international first-class road I/33, connecting Hradec Králové with the Polish town of Kudowa-Zdrój, is an important transport artery. However, its route through the center of Náchod causes traffic congestion, noise, and increased emissions.

The construction of the Náchod bypass is a strategic solution to this situation. The Dolní Radechová Tunnel [1] (Fig. 1), as one of the

major structures of the project, overcomes the elevation difference and rugged terrain north of the town while minimizing impact on the built-up area. This article provides a detailed overview of the tunnel design, construction process, and the challenges that must be overcome during construction.

The client of the project is the Directorate of Roads and Motorways (Ředitelství silnic a dálnic s. p.), and the contractor is the “Náchod Bypass Joint Venture,” which includes the companies: EUROVIA CZ a.s., Stavby mostů a.s., Marti a.s., and EUROVIA SK, a.s.

Marti a.s. is responsible for the structural part of the Dolní Radechová Tunnel, while EUROVIA CZ a.s. is responsible for the technological part of the tunnel.

The realization documentation (PDPS) was prepared by “ŘSD BIM MAX 2020 – SAS4RP” Joint Venture led by SATRA, spol. s r.o., in cooperation with AFRY CZ s.r.o., AF-Infrastructure AB, SAGASTA s.r.o., 4roads s.r.o., and Pontex spol. s r.o.

tunela Dolní Radechová, spoločnosť EUROVIA CZ, a.s. je zhotoviteľom technologickej časti tunela.

Dokumentáciu na vykonanie stavby (PDPS) vypracovala spoločnosť „Společnost ŘSD BIM MAX 2020 – SAS4RP“ s vedúcim spoločníkom SATRA, spol. s.r.o a spoločníkmi AFRY CZ s.r.o., AF-Infrastructure AB, SAGASTA s.r.o., 4roads s.r.o. a Pontex spol. s r.o. Zhotoviteľom realizačnej dokumentácie stavby (RDS) je spoločnosť „Sdružení I/33 4ROADS-SATRA-VALBEK-PONTEX“ s vedúcim spoločníkom 4roads s.r.o a spoločníkmi SATRA, spol. s.r.o, Valbek, spol. s.r.o. a Pontex spol. s r.o.

ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE O TUNELI

Hlavným dôvodom návrhu tunela Dolní Radechová na trase cesty I/33 je potreba prekonať geomorfologicky členité územie juhovýchodne od obce Dolní Radechová. Tunel prekonáva dva chrbty s nadmorskou výškou 391,1 a 394,0 m, pričom nadložie dosahuje miestami výšku až 25 metrov. Medzi týmito chrbtami, približne v strede tunela, sa nachádza priečne údolie, kde sa bude tunel vzhľadom na nízke nadložie a nepriaznivé geologické podmienky budovať v otvorenej stavebnej jame. Tunelová rúra tak bude rozdelená na dva razené a tri hĺbené úseky (obr. 2).

V zmysle ČSN 73 7507 Projektování tunelů pozemních komunikací je tunel Dolní Radechová zaradený medzi krátke tunely. Tunelová rúra je rozdelená na úseky budované razením a hĺbením a bude prevádzkovaná obojsmerne s navrhovanou rýchlosťou 70 km/h. Celková dĺžka tunelovej rúry je 363 m.

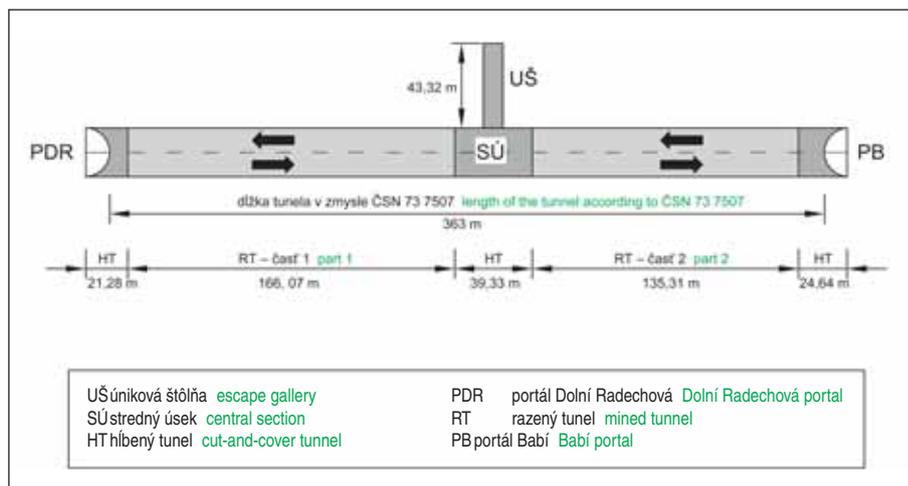
Súčasťou tunela je úniková štôľňa s dĺžkou približne 44 m, umiestnená zhruba uprostred dĺžky tunelovej rúry kolmo na tunelovú rúru. Monolitická konštrukcia štôľne (napojenie na hĺbený tunel) má dĺžku približne 4,4 m. Zvyšná časť je tvorená zo

“I/33 4ROADS-SATRA-VALBEK-PONTEX” Joint Venture led by 4roads s.r.o., with partners SATRA, spol. s r.o., Valbek, spol. s r.o., and Pontex spol. s r.o. is responsible for the detailed design documentation (RDS).

BASIC INFORMATION ABOUT THE TUNNEL

The main reason for designing the Dolní Radechová Tunnel along the I/33 road route is the need to overcome the geomorphologically rugged terrain southeast of the village of Dolní Radechová. The tunnel crosses two ridges with elevations of 391.1m and 394.0m, with the overburden reaching up to 25 meters in some places. Between these ridges, approximately in the middle of the tunnel, lies a transverse valley where, due to the low overburden and unfavorable geological conditions, the tunnel will be constructed in an open cut. The tunnel tube will thus be divided into two mined sections and three cut-and-cover sections (see Fig. 2).

According to ČSN 73 7507 – Design of Road Tunnels, the Dolní Radechová Tunnel is classified as a short tunnel. The tunnel tube is divided into sections constructed by mining and cut-and-cover



Obr. 2 Schematické znázornenie tunela Dolní Radechová
Fig. 2 Schematic representation of the Dolní Radechová tunnel

Tab. 1 Základné technické parametre tunela Dolní Radechová

Počet tunelových rúr	1
Vedenie premávky	obojsmerné
Kategória tunela podľa ČSN 73 7507	T – 9,5
Navrhovaná rýchlosť	70 km/h
Celková dĺžka tunela podľa ČSN 73 7507	363 m
Dĺžka razených úsekov tunela (časť 1 / časť 2)	166,07 m / 135,31 m
Dĺžka hĺbených úsekov tunela, portál Dolní Radechová / stredný úsek / portál Babí	21,28 m / 39,33 m / 24,64 m
Pozdĺžny sklon	premenlivý od 0,07 % do 3,95 %
Priečny sklon	s jednostranným klopením 2,5–3 % s obojstranným klopením 2,5 %
Úniková štôľňa	1 ks, kolmá na tunelovú rúru
Počet núdzových zálivov	0
Výška prejazdneho prierezu	4,8 m
Šírka chodníkov	1,0 m
Svetlá výška nad chodníkom	2,2 m

Table 1 Basic technical parameters of the Dolní Radechová tunnel

Number of tunnel tubes	1
Traffic flow	bidirectional
Tunnel category (ČSN 73 7507)	T – 9.5
Design speed	70km/h
Total tunnel length (ČSN 73 7507)	363m
Length of mined sections (part 1 / part 2)	166.07m / 135.31m
Length of cut-and-cover sections (Dolní Radechová portal / central section / Babí portal)	21.28m / 39.33m / 24.64m
Longitudinal gradient	variable from 0.07% to 3.95%
Cross slope	one-sided camber: 2.5–3%; two-sided camber: 2.5%
Escape gallery	1 piece, perpendicular to tunnel tube
Number of emergency bays	0
Clearance height	4.8m
Sidewalk width	1.0m
Headroom above sidewalk	2.2m

16 kusov systémových prefabrikátov. Na portál únikovej štólne nadväzuje približne 13,6 m dlhá úniková cesta v záreze. Steny zárezu budú z oboch strán zabezpečené opornou konštrukciou z gabiónov s premenlivou výškou 2,5–3,5 m. Na únikovú cestu nadväzuje zhromažďovacia plocha so šírkou 5,3 m a dĺžkou 13 m s prístupovou komunikáciou šírky 2,5 m a dĺžky 60,3 m. Tunelová rúra ďalej obsahuje osem výklenkov pre revízne šachty drenáže (štyri vpravo, štyri vľavo), štyri združené výklenky (dva vpravo, dva vľavo) pre osadenie SOS kabín, revízne šachty drenáže a taktiež vo výklenkoch na ľavej strane v smere staničenia budú umiestnené požiarné hydranty.

Základné technické parametre tunela Dolní Radechová sú uvedené v tab. 1.

GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ PODMIENKY TUNELA DOLNÍ RADECHOVÁ

Z geologického hľadiska je trasa tunela Dolní Radechová tvorená kvartérnym pokryvom a predkvartérnym podložím.

Kvartérny pokryv je najvýznamnejší v úseku strednej jamy (obr. 3), kde je zaznamenaná najväčšia mocnosť kvartérnych zemín, ktorá dosahuje až 5,2 m. Tento úsek je charakterizovaný morfologickým znížením terénu, tzn. menším údolím, ktoré umožnilo vznik hrubšej vrstvy kvartérnych sedimentov. Kvartér tvorí niekoľko vrstiev geologických formácií. Prvá vrstva – humózna pokrývka – je zložená predovšetkým z hnedých premenlivo piesočnatých hĺn, ktorých mocnosť sa pohybuje v rozmedzí 0,30 až 0,40 m. Ďalej nasleduje vrstva deluviofluviálnych zemín, ktoré sa vyznačujú variabilitou v granulometrii. Táto vrstva môže dosahovať mocnosť cez 2 m a je klasifikovaná ako geotyp Q2a alebo Q4.

V terénnych depresiách, kde sa miestne zvyšuje mocnosť kvartérnych zemín, je táto deluviofluviálna vrstva často pokrytá eolicko-deluviálnymi ílovito-prachovitými hlinami, ktoré majú eolický pôvod (spraše). Táto vrstva môže dosiahnuť až 2,8 m.

Pod kvartérnymi zeminami v trase tunela Dolní Radechová je spravidla prítomná eluviálna pokrývka skalného podložia, ktorá sa skladá z premenlivo hlinitých pieskov až piesčitých hĺn

metódami a budú operovať bidirekčne s dizajnovou rýchlosťou 70 km/h. Celková dĺžka tunelovej rúry je 363 metrov.

Tunel obsahuje únikovú galériu približne 44 metrov dlhú, nachádzajúcu sa približne v strede tunelovej rúry a orientovanú kolmo na ňu. Monolitická časť galérie (spojujúca galériu s tunelom) je približne 4,4 metrov dlhá. Zvyšok galérie sa skladá z 16 prefabrikovaných segmentov. Na portáli únikovej galérie je 13,6-metrov dlhá úniková trasa v zákopu. Steny zákopu budú zabezpečené z oboch strán gabiónovými ohradňovacími konštrukciami s výškou od 2,5 do 3,5 metrov.

Úniková trasa vedie do zostavovacieho priestoru s šírkou 5,3 metrov a dĺžkou 13 metrov, s prístupovou cestou širokou 2,5 metrov a dĺžkou 60,3 metrov.

Tunelová rúra tiež obsahuje osem výklenkov pre revízne šachty drenážneho systému (štyri na pravej strane, štyri na ľavej strane), štyri združené výklenky (dva na pravej strane, dva na ľavej strane) pre osadenie SOS kabín, revízne šachty drenáže, požiarné hydranty umiestnené vo výklenkoch na ľavej strane v smere staničenia.

GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF DOLNÍ RADECHOVÁ TUNNEL

From a geological perspective, the route of the Dolní Radechová Tunnel consists of Quaternary cover and pre-Quaternary bedrock.

The Quaternary cover is most prominent in the central cut-and-cover section (Fig. 3), where the greatest thickness of Quaternary soils is recorded up to 5.2 meters. This section is characterized by a morphological depression in the terrain, i.e., a small valley that allowed for the accumulation of a thicker layer of Quaternary sediments. The Quaternary deposits consist of several geological formations. The first layer, the humic cover is composed mainly of brown, variably sandy clays, with a thickness ranging from 0.30 to 0.40 meters. This is followed by a layer of deluvio-fluvial soils, which are notable for their granulometric variability. This layer can exceed 2 meters in thickness and is classified as geotype Q2a or Q4.

In terrain depressions where the thickness of Quaternary soils increases locally, the deluvio-fluvial layer is often overlain by eolian-deluvial clayey-silty clays of aeolian origin (loess). This layer can reach up to 2.8 meters.

Beneath the Quaternary soils along the tunnel route, there is typically an eluvial cover of the bedrock, composed of variably clayey sands to sandy clays with a thickness of up to 1.6 meters (geotypes P1a, P1b). In some locations, however, this soil layer is absent, resulting in a direct transition to bedrock composed of reddish-brown Permian sandstones and conglomerates (geotypes P2 and P3), which exhibit intense weathering and fracturing. This layer has a variable thickness, usually up to 2 meters, but in areas affected by tectonic fissures, it can reach up to 5 meters.

In deeper layers, a slightly weathered to moderately weathered bedrock massif



Obr. 3 Výkopové práce v oblasti strednej jamy – priamy prechod kvartérneho pokryvu na skalné podložie
Fig. 3 Excavation works in the central trench area – direct transition from Quaternary cover to bedrock

s mocnosťou do 1,6 m (geotypy P1a, P1b). V niektorých miestach však táto vrstva zemín chýba, čo vedie k prechodu priamo na skalné podložie, ktoré je tvorené červenohnedými permiskými pieskovecami a zlepenkami (geotypmi P2 a P3), ktoré vykazujú intenzívne zvetrávanie a rozpukanie. Táto vrstva má premenlivú mocnosť, ktorá sa pohybuje obvykle do 2 m, ale v oblastiach postihnutých tektonickými puklinami môže dosiahnuť až 5 m. V hlbších vrstvách je overený mierne zvetraný až navetraný skalný masív prevažne tvorený červenohnedými permiskými zlepenkami a pieskovecami (geotypy P4 a P3), kde rozpukanie dosahuje až decimetre a niekedy aj viac ako 0,5 m.

V rámci menej zvetraného skalného masívu boli tiež identifikované zóny a vrstvy s intenzívnejším tektonickým rozrušením a následným zvetraním, ktoré boli klasifikované ako geotechnicky menej priaznivé (geotypy P2 a P3). Tieto vrstvy, obvykle o mocnosti rádovo jednotiek metrov, vznikli v dôsledku tektonického postihnutia masívu a prítomnosti ciest pre podzemné vody, ktoré sú kľúčovým faktorom pre zvetrávanie. Výskyt týchto vrstiev bol potvrdený ako geologickými vrtmi, tak geofyzikálnym prieskumom, ktorý identifikoval subvertikálne zóny.

Tieto geotechnické podmienky predstavujú zhoršené podmienky pre razenie tunela, a preto boli tieto úseky vyčlenené ako samostatné kvázihomogénne celky, čo umožňuje optimalizáciu postupu razenia.

V oblasti tunela Dolní Radechová bola identifikovaná aj lokalizovaná prítomnosť podzemnej vody, najmä v miestach tektonických porúch a deluviofluviálnych zemín. Podzemné vody môžu spôsobiť oslabenie geotechnických vlastností materiálov, čo bude vyžadovať opatrenia na odvodnenie a stabilizáciu tunelovej čelby počas výstavby (napr. skrátenie dĺžky záberu, ponechanie oporného jadra, kotvenie predpolia čelby, odvodnenie masívu pred čelbou odvodňovacími vrtmi, vertikálne delenie čelby) (obr. 4).

RAZENIE TUNELA

Konstruktúra razeného tunela je tvorená dvojrstvovým ostením (primárnym a sekundárnym) s medziľahlou drenážnou a ochrannou vrstvou a plošnou hydroizoláciou. Razenie bude prebiehať

has been confirmed, predominantly composed of reddish-brown Permian conglomerates and sandstones (geotypes P4 and P3), where fracturing reaches dimensions of several decimeters and sometimes exceeds 0.5 meters.

Within the less weathered bedrock massif, zones and layers exhibiting more intense tectonic disruption and subsequent weathering were also identified. These were classified as geotechnically less favorable (geotypes P2 and P3). These layers, typically several meters thick, were formed as a result of tectonic deformation of the massif and the presence of pathways for groundwater, which is a key factor in the weathering process. The occurrence of these layers was confirmed both by geological boreholes and by geophysical surveys, which identified subvertical zones.

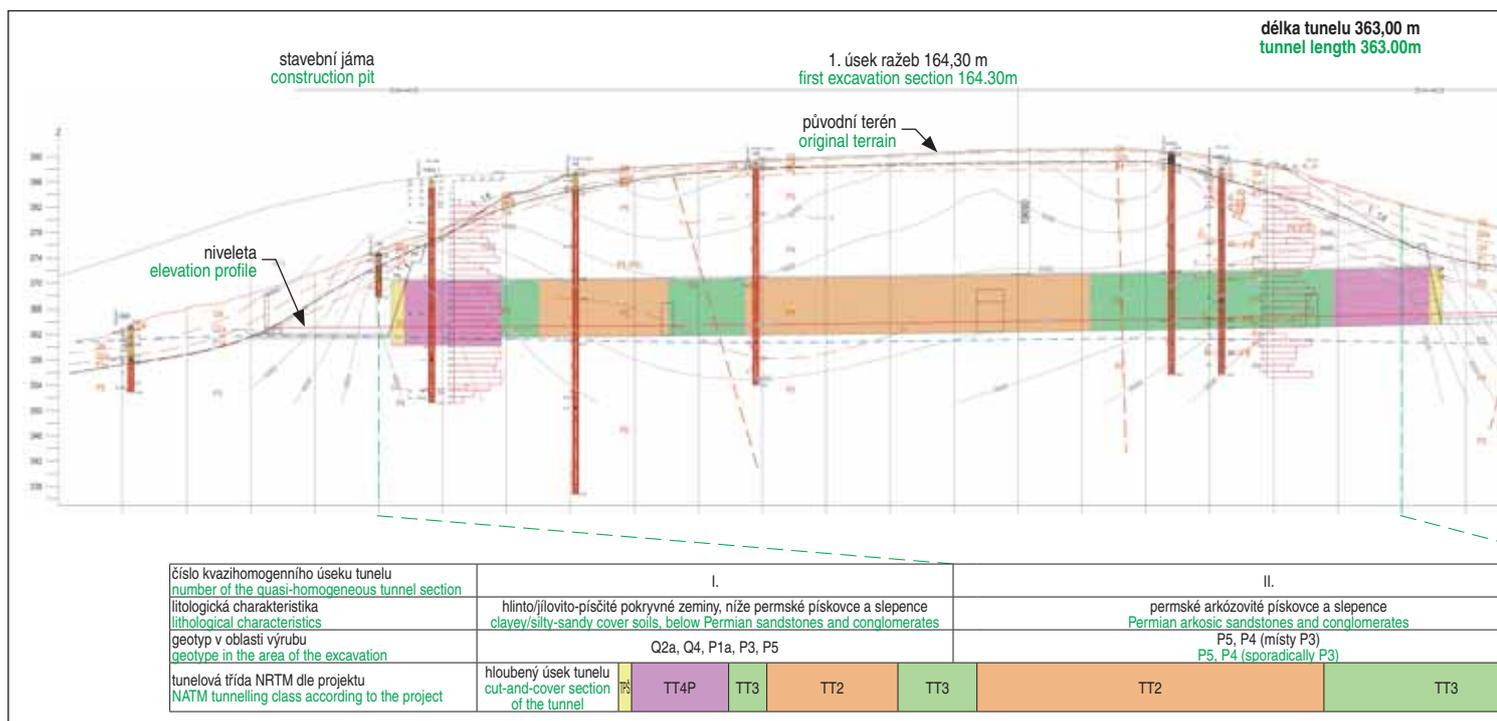
These geotechnical conditions represent more challenging circumstances for tunnel excavation. Therefore, these sections were designated as separate quasi-homogeneous units, allowing for optimization of the excavation process.

Localized presence of groundwater was also identified in the Dolní Radechová tunnel area, particularly in zones of tectonic disturbance and deluvio-fluvial soils. Groundwater can weaken the geotechnical properties of the materials, which will require drainage and stabilization measures during tunnel face excavation. These may include shortening the excavation advance length, maintaining a support core, anchoring the tunnel face, pre-drainage of the rock mass using drainage boreholes, and vertical division of the tunnel face (see Fig. 4).

TUNNEL EXCAVATION

The structure of the mined tunnel consists of a two-layer lining (primary and secondary), with an intermediate drainage and protective layer, and a sheet waterproofing membrane. Excavation will be carried out according to the principles of the New Austrian Tunneling Method (NATM). The proposed tunneling classes and their anticipated distribution along the mined sections of the Dolní Radechová Tunnel are shown in Table 2.

In all excavation classes, the tunnel face is divided into the calotte (upper part) and the bench (lower part). For excavation class



Obr. 4 Geologický pozdĺžny profil tunela
Fig. 4 Geological longitudinal profile of the tunnel

Tab. 2 Navrhnuté technologické triedy výrubu a ich predpokladané zastúpenie v trase razeného tunela Dolní Radechová

Technologická trieda	Časť 1 – úsek medzi portálom Dolní Radechová a stredným úsekom		Časť 2 – úsek medzi stredným úsekom a portálom Babí		Spolu časť 1 + časť 2	
	dĺžka [m]	zastúpenie [%]	dĺžka [m]	zastúpenie [%]	dĺžka [m]	zastúpenie [%]
TT 2	74,3	25	0	0	74,3	25
TT 3	56	19	50	17	106	35
TT 4	0	0	49	16	49	16
TT 4P	30	10	30	10	60	20
TPŠ – tunelový predštítok	5,77	2	6,31	2	12,08	4
Spolu	166,07	55	135,31	45	301,38	100

Table 2 Proposed tunneling classes and their anticipated distribution along the mined sections of the Dolní Radechová tunnel

Tunneling class	Section 1 – between Dolní Radechová portal and central section		Section 2 – between central section and Babí portal		Total Section 1 + Section 2	
	length [m]	share [%]	length [m]	share [%]	length [m]	share [%]
TT 2	74.3	25	0	0	74.3	25
TT 3	56	19	50	17	106	35
TT 4	0	0	49	16	49	16
TT 4P	30	10	30	10	60	20
TPŠ – tunnel forepoling	5.77	2	6.31	2	12.08	4
Total	166.07	55	135.31	45	301.38	100

podľa zásad Novej rakúskej tunelovej metódy. Navrhnuté technologické triedy výrubu, ako aj ich predpokladané zastúpenie v trase razeného tunela Dolní Radechová, sú uvedené v tab. 2.

Pri všetkých technologických triedach sa čelba delí na kalotu a stupeň (opěří). V rámci technologickej triedy TT 4P sa v prípade potreby zrealizuje taktiež spodná klenba. Na obr. 5 a 6 je znázornený postup razenia a vystrojenia v najviac zastúpenej vystrojovacej triede TT 3 (s dĺžkou záberu v kalote 1,5 až 1,9 m, bez obmedzenia dĺžky odstupeň od kaloty).

Konštrukcia primárneho ostenia pozostáva zo striekaného betónu, výstužných prvkov (zvárané ocelové siete, ocelové priehradové nosníky typu ARCUS), systémového radiálneho kotvenia a z opatrení pre stabilizáciu obrysu výrubu, nadložia a predpolia čelby (kotvenie, ihlovanie a mikropilótové dáždniky). Na základe geologických podmienok sa očakáva, že rozpojovanie hornín bude

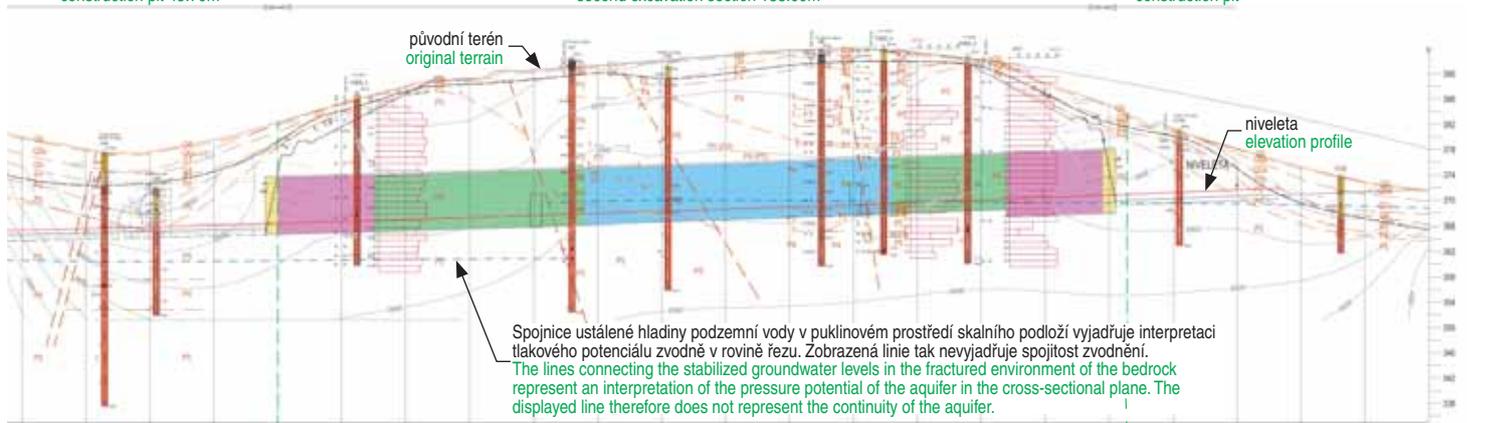
TT 4P, a lower invert arch may also be constructed if necessary. Figures 5 and 6 illustrate the excavation and support procedure for the most prevalent excavation class TT 3, with an advance length in the calotte ranging from 1.5 to 1.9 meters, and no restriction on the bench excavation offset distance from the calotte.

The primary lining of the mined tunnel consists of sprayed concrete, steel reinforcement (welded steel meshes and ARCUS-type steel lattice girders), systematic radial anchoring, and stabilization measures for the excavation walls, roof, and tunnel face (anchoring, spiling, and micropile umbrellas). Based on geological conditions, rock disintegration is expected to be carried out primarily using drilling and blasting techniques. In portal areas, especially in excavation class TT 4P, rock disintegration beneath the micropile umbrella will be performed mechanically.

stavební jáma 45,70 m
construction pit 45.70m

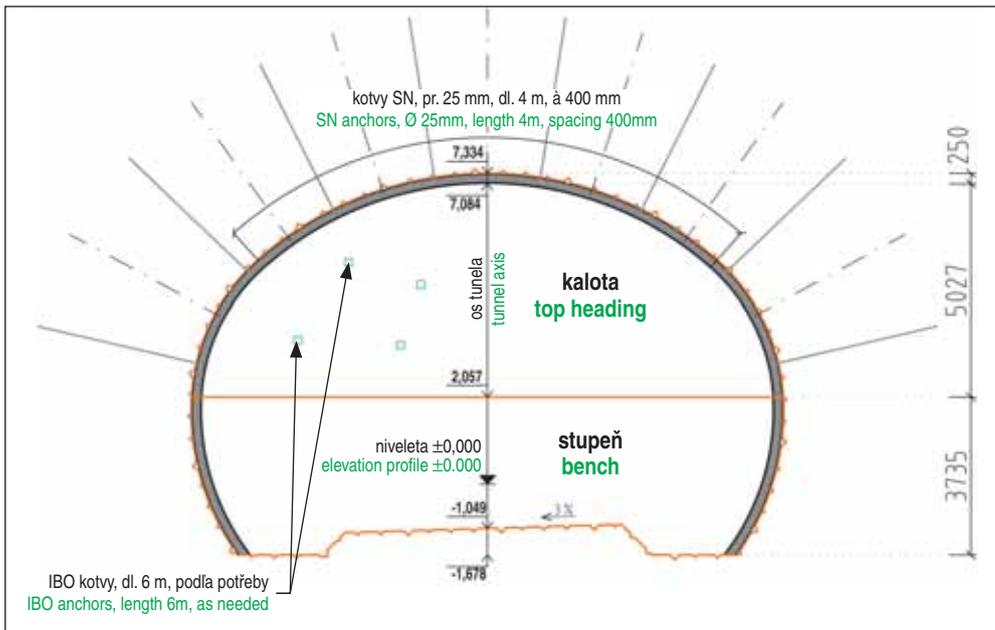
2. úsek ražeb 133,00 m
second excavation section 133.00m

stavební jáma
construction pit



Spojnice ustálené hladiny podzemní vody v puklinovém prostředí skalního podloží vyjadřuje interpretaci tlakového potenciálu zvodně v rovině řezu. Zobrazená linie tak nevjadřuje spojitost zvodnění.
The lines connecting the stabilized groundwater levels in the fractured environment of the bedrock represent an interpretation of the pressure potential of the aquifer in the cross-sectional plane. The displayed line therefore does not represent the continuity of the aquifer.

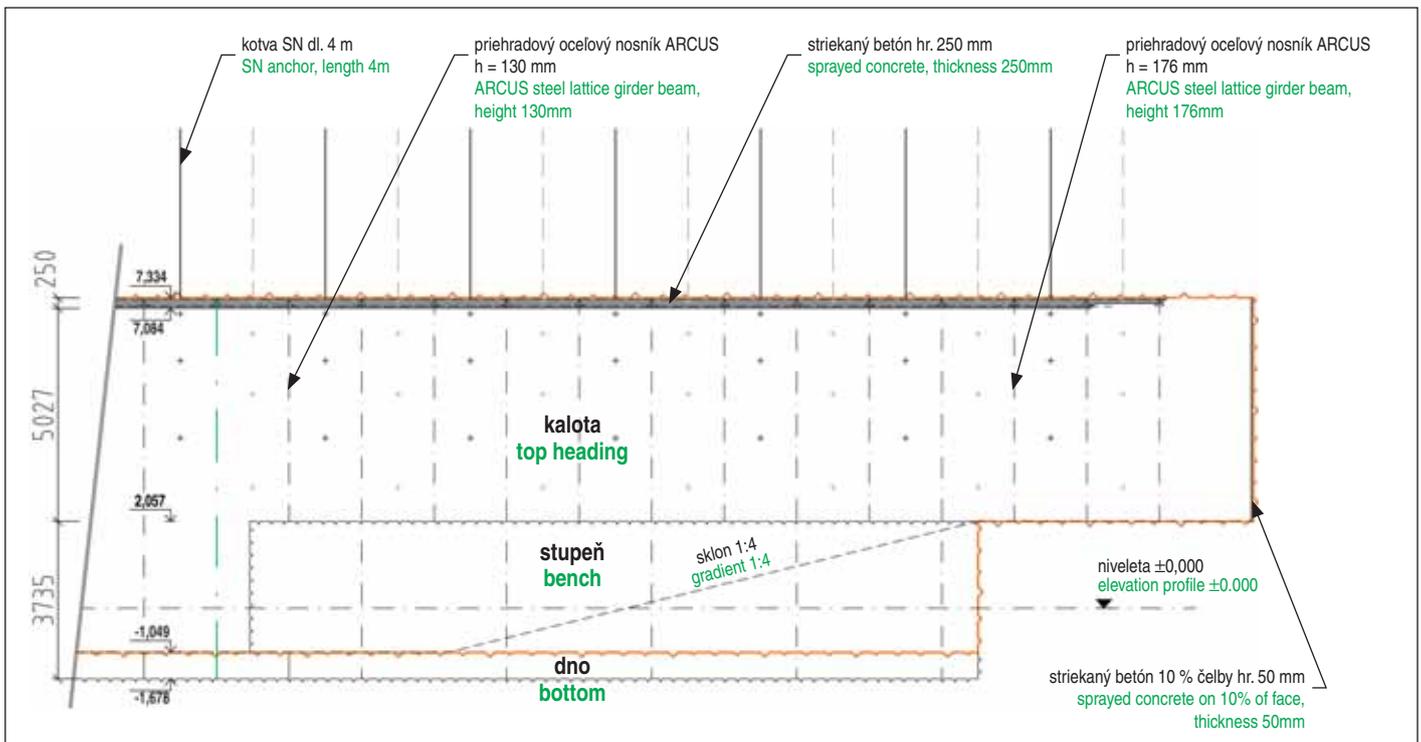
III.		IV.		V.	
pisčité zeminy, permské arkózovité pískovce a slepence sandy soils, Permian arkosic sandstones and conglomerates kalota místy Q4, P1a; jinak P2, P3 (počva P5) top heading sporadically Q4, P1a, otherwise P2, P3 (invert P5)		permské arkózovité pískovce a slepence Permian arkosic sandstones and conglomerates P2, P3, P4, P5		hlinito/jilovito-písčité pokrývnyé zeminy, níže permské pískovce a slepence clayey/silty-sandy cover soils, below Permian sandstones and conglomerates Q2a, P1b, Q6a, P2, P3, P4, P5	
TT4P	hloubený úsek tunelu cut-and-cover section of the tunnel	TT4P	TT3	TT4	TT3
				TT4P	hloubený úsek tunelu cut-and-cover section of the tunnel



Obr. 5 Postup razenia a návrh vystrojenia TT 3 (pričný rez)
 Fig. 5 Excavation procedure and support design for TT 3 (cross-section)

Drilling rigs Atlas Copco E2C will be deployed for drilling blast holes as well as for installing support elements (anchors, spiles, micropile umbrellas). Excavated rock will be removed using front-end wheel loaders and dumpers, which will transport the muck to designated disposal sites. After disintegration and removal, the reinforcement phase follows, i.e., construction of the primary lining. Sprayed concrete will be applied using MEYCO Potenza spraying equipment, with a theoretical output of 20m³ of sprayed concrete per hour.

An overview of the excavation equipment for tunnel construction is provided in Table 3.



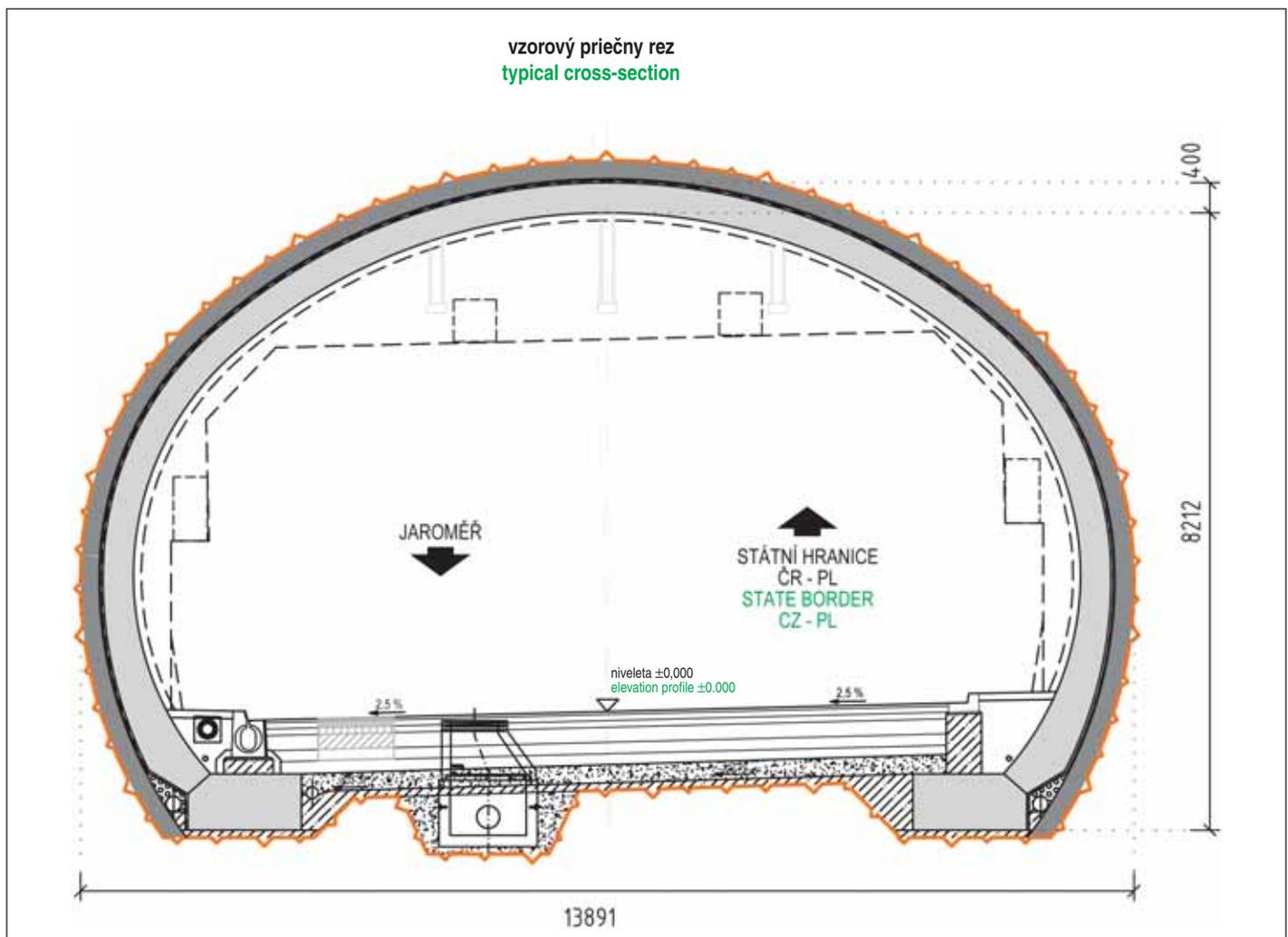
Obr. 6 Postup razenia a návrh vystrojenia TT3 (pozdĺžny rez)
 Fig. 6 Excavation procedure and support design for TT 3 (longitudinal section)

Tab. 3 Strojno-technické vybavenie na razenie tunela Dolní Radechová

Skupina	Názov mechanizmu	Počet nasadených kusov
Báger	tunnelbager Liebherr R950	1
	tunnelbager Liebherr R944	1
	minibager CAT 305	1
Striekací stroj	Meyco Potenza	2
Dumper	Volvo A25	3
Nakladač	Liebherr L566	2
Vrtný voz	Atlas Copco E2C	2
Plošina	GTA Normlifter 1600D	2
Manipulátor	Merlo TF30	1

Table 3 Machinery and equipment for excavation of the Dolní Radechová tunnel

Group	Equipment name	Number of units deployed
Excavator	tunnel excavator Liebherr R950	1
	tunnel excavator Liebherr R944	1
	mini excavator CAT 305	1
Spraying Unit	Meyco Potenza	2
Dumper	Volvo A25	3
Loader	Liebherr L566	2
Drill Rig	Atlas Copco E2C	2
Platform	GTA Normlifter 1600D	2
Telehandler	Merlo TF30	1



Obr. 7 Vzorový priečný rez – bežný profil v razenom tuneli
Fig. 7 Typical cross-section – standard profile in the mined tunnel

prebiehať najmä pomocou vrtno-trhacích prác. V priortálových úsekoch, najmä v TT 4P, bude rozpojovanie hornín pod mikropilóto-
tovým dáždnikom prebiehať mechanicky.

Na vírtanie vývrtov pre nálož trhavín, ale aj pre aplikáciu zabezpečovacích prvkov (kotiev, ihiel, mikropilóto-
tového dáždника) budú nasadené vrtné vozy Atlas Copco E2C. Odťažba rozpojenej horniny bude realizovaná čelnými kolesovými nakladačmi a dump-
rami, ktoré rúbaninu vyvezú na určené miesto. Po rozpojení a odťažení nasleduje fáza vystužovania, resp. budovania primárneho ostenia. Striekací betón bude aplikovaný pomocou striekacích zariadení MEYCO Potenza s teoretickým výkonom 20 m³ striekajúceho betó-
nu/h. Prehľad strojno-technického vybavenia pre razenie tunela je uvedený v tab. 3.

Vzhľadom na krátku dĺžku tunelovej rúry sa bude tunel raziť z jednej strany – z portálu Dolní Radechová. Razenie bude prebiehať v nepretržitej prevádzke 24 hodín denne sedem dní v týždni. V procese razenia tunela sa na príprave, organizácii a realizácii bude podieľať 14 technických pracovníkov, 26 tunelárov a pod-
porných pracovníkov, 11 pracovníkov strojnej a elektro údržby, subdodávateľia na geodetické merania a geotechnický monitoring (obstarávaný objednávatelom ŘSD s.p.).

SEKUNDÁRNE OSTENIE

Definitívnu nosnú konštrukciu razeného tunela tvorí sekundárne ostenie pozostávajúce z dvoch základných častí – zo základových konštrukcií a horných klenieb.

Due to the short length of the tunnel tube, excavation will proceed from a single side specifically from the Dolní Radechová portal. Excavation will be carried out in continuous operation, 24 hours a day, seven days a week.

The tunnel excavation process will involve 14 technical staff, 26 tunnel workers and support personnel, 11 mechanical and electrical maintenance workers, subcontractors for geodetic surveying and geotechnical monitoring (procured by the client ŘSD s.p.).

SECONDARY LINING

The final load-bearing structure of the mined tunnel consists of a secondary lining composed of two main components: the foundation structures and the upper vaults.

Given the expected geological conditions at the foundation level (weathered to sound Permian sandstones, conglomerates, and siltstones), reinforced concrete strip foundations made of C 30/37 XA2 are designed along the entire tunnel length. These strip foundations are 1500mm wide and 750mm high.

Together with the construction of the strip foundations, the tunnel drainage system will be implemented. The design includes lateral drains behind the lining and a central collector.

Before reinforcing the upper vaults, an intermediate sheet waterproofing membrane will be installed between the primary and secondary linings.

Tab. 4 Skladba konštrukcie vozovky v tuneli Dolní Radechová

Konštrukčná vrstva	Hrúbka vrstvy	Norma
Asfaltový koberec mastixový modifikovaný s posypom predobaleným kamenivom, SMA 11S PMB 45/80-65	40 mm	ČSN EN 13108-5 ČSN 73 6121
Spojovací postrek z polymérom modifikovanej kationaktívnej asfaltovej emulzie 0,35 kg/m ² , PS-CP	–	ČSN EN 13808 ČSN 73 6129
Asfaltový betón pre ložné vrstvy modifikovaný, ACL 22S PMB 25/55 – 60	80 mm	ČSN EN 13108-1 ČSN 73 6121
Spojovací postrek z polymérom modifikovanej kationaktívnej asfaltovej emulzie 0,35 kg/m ² , PS-CP	–	ČSN EN 13808 ČSN 73 6129
Asfaltová zmes s vysokým modulom tuhosti, VMT 22 TSA 20/30	90 mm	ČSN EN 13108-1 ČSN 73 6140
Postrek infiltračný z kationaktívnej asfaltovej emulzie 0,6 kg/m ² s posypom HDK fr. 2/4 (3,0 kg/m ²), PI-C	–	ČSN EN 13808 ČSN 73 6129
Mechanicky spevnené kamenivo, fr. 0/32 GA, MZK	200 mm	ČSN 73 6126-1, ČSN EN 13285, ČSN EN 3242+A1
Štrkodrava, fr. 0/32 GB, ŠDA	min. 150 mm	ČSN 73 6126-1, ČSN EN 13285, ČSN EN 3242+A1
Celkom	min. 560 mm	

Vzhľadom na očakávané geologické prostredie na úrovni základovej škáry (zvetrané až zdravé permské pieskovce, zlepenca a prachovce) sú v celej dĺžke tunela ako základové konštrukcie navrhnuté základové pásy zo železobetónu C 30/37 XA2. Základové pásy sú široké 1500 mm a vysoké 750 mm. Spolu s výstavbou základových pásov sa začne realizovať drenážny systém tunela, ktorého návrh pozostáva z postranných drenáží za rubom ostenia a stredového zberača.

Pred armovaním horných klenieb sa položí medziľahlá fóliová izolácia medzi primárnym a sekundárnym ostentím.

Horné klenby sekundárneho ostenia sú navrhnuté zo železobetónu triedy C35/45 XF4, XA2 XD3. Betón je vystužený betonárskou oceľou B500B a zváranými sieťami Ø 8/150/150 mm. Štandardná dĺžka bloku je 12,5 m. Minimálna hrúbka sekundárneho ostenia je 400 mm, u pätiiek sa zväčšuje až na 600 mm (obr. 7).

Sekundárne ostenie sa vzhľadom na to, že ide o krátky jednorúrovňový tunel, začne realizovať po prerazení druhej časti tunela. S prácami na betonáži sa začne, rovnako ako pri razení, od portálu Dolní Radechová smerom na stredný úsek. Tam sa vynechá hĺbený úsek a debniaci voz bude pokračovať až na portál Babí. Nosná konštrukcia ostenia v hĺbených úsekoch tunela (úseky na oboch portáloch a taktiež v strednej jame) má rovnaký svetlý profil ako pri razenom tuneli. Oproti razenej časti je však minimálna hrúbka ostenia 600 mm, pri základoch sa zväčšuje až na 1300 mm. Hĺbené úseky sa začnú realizovať po ukončení betonáže horných klenieb v razenej časti. Najprv sa zrealizuje úsek na portáli Babí, následne

Tab. 5 Uvažované množstvá nosných materiálov a vyťaženej horniny

Materiál	Merná jednotka	Množstvo
Vyrazená hornina z razenia	m ³	31 843
Hornina z výkopov portálov	m ³	55 059
Striekaný betón	m ³	5 275
Zaisťovacie prvky – kotvy, ihly	ks	3 626
Mikropilóty	m	2 805
Oceľ	t	1 317
Betón	m ³	7 105

Table 4 Pavement structure composition in the Dolní Radechová tunnel

Structural Layer	Layer Thickness	Standard
Stone mastic asphalt with pre-coated aggregate, SMA 11S PMB 45/80-65	40mm	ČSN EN 13108-5, ČSN 73 6121
Bonding spray of polymer-modified cationic asphalt emulsion, 0.35kg/m ² , PS-CP	–	ČSN EN 13808, ČSN 73 6129
Modified asphalt concrete for base layers, ACL 22S PMB 25/55–60	80mm	ČSN EN 13108-1, ČSN 73 6121
Bonding spray of polymer-modified cationic asphalt emulsion, 0.35kg/m ² , PS-CP	–	ČSN EN 13808, ČSN 73 6129
High-stiffness asphalt mix, VMT 22 TSA 20/30	90mm	ČSN EN 13108-1, ČSN 73 6140
Infiltration spray of cationic asphalt emulsion, 0.6kg/m ² with HDK aggregate 2/4mm (3.0kg/m ²), PI-C	–	ČSN EN 13808, ČSN 73 6129
Mechanically stabilized aggregate, 0/32mm GA, MZK	200mm	ČSN 73 6126-1, ČSN EN 13285, ČSN EN 3242+A1
Crushed stone base, 0/32mm GB, ŠDA	min. 150mm	ČSN 73 6126-1, ČSN EN 13285, ČSN EN 3242+A1
Total	min. 560mm	–

The upper vaults of the secondary lining are designed using reinforced concrete of class C35/45 XF4, XA2, XD3. The concrete is reinforced with B500B reinforcing steel and welded meshes Ø 8/150/150mm. The standard block length is 12.5 meters. The minimum thickness of the secondary lining is 400mm, increasing to 600mm at the springlines (see Fig. 7).

Since this is a short single-tube tunnel, the secondary lining will be constructed after breakthrough of the second tunnel section. Concrete works will begin just like the excavation from the Dolní Radechová portal heading toward the central section. The cut-and-cover section in the middle will be skipped, and the formwork carriage will continue toward the Babí portal.

The load-bearing structure of the lining in the cut-and-cover sections (at both portals and in the central trench) has the same clear profile as the mined tunnel. However, compared to the mined section, the minimum lining thickness is increased to 600mm, and at the foundations it reaches up to 1300mm.

The cut-and-cover sections will be constructed after completion of the upper vault concreting in the mined section. The sequence will begin at the Babí portal, followed by the central section, and finally the Dolní Radechová portal. The same formwork carriage used in the mined section will be employed, onto which reinforcement will be tied and then enclosed with counter-formwork.

For the construction of the concrete vaults, Marti a.s. will use a set of specialized carriages (repair, reinforcement, and formwork units), which the company owns.

Table 5 Estimated quantities of structural materials and excavated rock

Material	Unit	Quantity
Excavated rock from tunneling	m ³	31,843
Rock from portal excavations	m ³	55,059
Sprayed concrete	m ³	5,275
Support elements – anchors, spiles	pcs	3,626
Micropiles	m	2,805
Steel	t	1,317
Concrete	m ³	7,105

v strede tunela a nakoniec na portáli Dolní Radechová. Pre ich realizáciu bude použitý ten istý debniaci voz ako pri razenej časti, na ktorý sa vyviaže výstuž a následne sa zaklopí protidebnením.

Na zhotovenie betónových klenieb spoločnosť Marti a.s. použije zostavu špeciálnych vozov (vysprávkový, armovací, debniaci), ktoré má vo vlastníctve.

OSTATNÉ STAVEBNÉ OBJEKTY

Súčasne s postupom betonáže sekundárneho ostenia Zhotoviteľ začne s osádzaním obrubníkov a štrbinových žlabov. Tieto prvky sú súčasťou odvodnenia vozovky a samotnej vozovky. Vybudovanie týchto konštrukcií vytvorí priestor pre ukladanie a následnú betonáž káblových chráničiek a zároveň vznikne kanál pre potrubie požiarneho suchovodu. Požiarne suchovod zabezpečí vodu na hasenie a v prípade požiaru bude aktivovaný (naplnený) vodou z požiarnej nádrže na požadovaný pretlak do 240 s od obdržania signálu z požiarneho hlásiča. Na hasenie musí byť zabezpečená dodávka vody v množstve 30 l/s po dobu najmenej 60 minút. Požiarne nádrž s objemom 117 m³ je súčasťou suterénu prevádzkovo technologického objektu.

Vozovka v tuneli Dolní Radechová je totožná s príľahlou vozovkou hlavnej trasy obchvatu Náchoda (SO 102). Konštrukcia je navrhnutá v súlade s TP 170 v zložení podľa tab. 4.

Vyťažená hornina z razenia tunela Dolní Radechová bude vyvázaná na medzidepóniu v blízkosti portálu Dolní Radechová, kde sa predrví a použije do konštrukčných vrstiev násypových telies. Uvažované množstvá nosných materiálov na výstavbu tunela, ako aj objem vyťaženej horniny, sú uvedené v tab. 5.

ORGANIZÁCIA VÝSTAVBY

Tunel Dolní Radechová pozostáva zo stavebnej a technologickej časti. Stavebnú časť tvorí 23 stavebných objektov a technologickej časť 15 prevádzkových súborov. Razenie tunela sa bude realizovať dovrhne z portálu Dolní Radechová (obr. 8). Vzhľadom na to, že razená časť pozostáva z dvoch relatívne krátkych častí, a taktiež na technickú a časovú náročnosť výstavby jamy v strednom úseku

OTHER CONSTRUCTION STRUCTURES

Simultaneously with the progress of secondary lining concreting, the contractor will begin installing curbs and slot drains. These elements are part of the road drainage system and the pavement itself. The construction of these components will create space for the placement and subsequent concreting of cable ducts, and will also form a channel for the fire dry riser pipeline.

The fire dry riser will provide water for firefighting and, in the event of a fire, will be activated (filled) with water from the fire reservoir to the required pressure within 240 seconds of receiving a signal from the fire detector. For effective firefighting, a water supply of 30 liters per second must be ensured for at least 60 minutes. The fire reservoir, with a volume of 117m³, is located in the basement of the operations and technological facility.

The pavement in the Dolní Radechová Tunnel is identical to the adjacent pavement of the main bypass route of Náchod (SO 102). The structure is designed in accordance with TP 170 and consists of the layers listed in Table 4.

The excavated rock from the Dolní Radechová Tunnel will be transported to a temporary depot near the Dolní Radechová portal, where it will be crushed and reused in the structural layers of embankment bodies. The estimated quantities of structural materials for tunnel construction, as well as the volume of excavated rock, are listed in Table 5.

CONSTRUCTION ORGANIZATION

The Dolní Radechová Tunnel consists of a structural and a technological part. The structural part includes 23 construction objects, while the technological part comprises 15 operational systems. Tunnel excavation will be carried out uphill from the Dolní Radechová portal (see Fig. 8). Given that the mined section consists of two relatively short segments and considering the technical and time demands of constructing the central trench, the central excavation pit will be built first. This will be followed by the construction of the excavation pit at the Dolní Radechová



Obr. 8 Pohľad na trasu tunela (v popredí portál Dolní Radechová, následne stredný úsek v blízkosti cintorína)

Fig. 8 View of the tunnel route (foreground: Dolní Radechová portal, followed by the central section near the cemetery)

sa ako prvá začne budovať práve stavebná jama v strednom úseku. Následne sa bude pokračovať s výstavbou stavebnej jamy – portál Dolní Radechová a ako posledná sa vybuduje jama na portáli Babí. Všetky tri jamy sú naplánované tak, aby boli pripravené v dostatočnom časovom predstihu, aby nedošlo k obmedzeniu raziacich prác.

Po vybudovaní stavebnej jamy na portáli Dolní Radechová sa pristúpi k samotnému razeniu tunela. Počas razenia prvej časti tunela sa budú dokončovať práce na zaistení strednej jamy a budú prebiehať práce na výstavbe stavebnej jamy – portál Babí. Po prerazení prvej časti tunela sa demontuje vedenie lutňového ťahu a presunie sa ventilátor, ktorý je súčasťou separátneho vetrania, do strednej jamy. To umožní, aby sa v prvej prerazenej časti mohlo pristúpiť k prácam na profilácii primárneho ostenia a po ustálení konvergencií k realizácii základových pásov sekundárneho ostenia. Po prerazení druhej časti tunela tak bude v prvej časti tunela pripravené pracovisko pre realizáciu drenážneho odvodnenia a hydroizolačného súvrstvia, ktoré predchádzajú realizácii sekundárneho ostenia. Následne sa osadia štrbinové žľaby a obrubníky. Vznikne priestor pre uloženie požiarneho suchovodu a káblových chráničiek. Po ukončení uvedených prác bude možné realizovať samotné chodníky, vozovku, náter ostenia, budovu prevádzkovo technologického objektu, ako aj káblovody na oboch stranách tunela. Po výstavbe objektov stavebnej časti, ale aj v súbehu s ich výstavbou, sa začne s technologickou časťou tunela Dolní Radechová.

Prevádzkovo technologický objekt predstavuje pozemnú stavbu na združenú plochu pri portáli Dolní Radechová. Ide o jednopodlažný, železobetónový presypaný objekt s plochou strechou obdĺžnikového pôdorysu s rozmermi 14,7 x 5,8 m. V objekte bude umiestnené technologické vybavenie potrebné pre prevádzku tunela (napr. velín, slaboprúdová rozvodňa, rozvodňa nízkeho napätia, UPS, diesलगрегát, čerpacia stanica, GSM zariadenia). Pod objektom bude taktiež umiestnená požiarňa nádrž.

ZÁVER

Tunel Dolní Radechová síce patrí medzi kratšie tunely, no aj napriek tomu predstavuje pre Zhotoviteľa technicky náročnú stavbu. Technickým problémom je najmä skutočnosť, že nad všetkými stavebnými jamami sa nachádzajú vedenia vysokého a veľmi vysokého napätia, čo komplikuje nasadzovanie zdvíhacej techniky a mechanizácie s väčšou výškou.

Portál Dolní Radechová sa nachádza v tesnej blízkosti priemyselnej areálu, ktorý bude počas výstavby v plnej prevádzke. Trhacie práce preto bude nutné vykonávať tak, aby ich seizmické účinky boli minimálne a neovplyvnili okolité objekty. Stavebná jama v strednom úseku zase susedí s cintorínom, čo si vyžaduje citlivý prístup a prispôbenie pracovných postupov s dôrazom na rešpektovanie pietneho charakteru miesta.

V čase písania článku sa začalo s výstavbou stavebnej jamy na strednom úseku. Zhotoviteľ verí, že vďaka profesionálnemu prístupu všetkých zúčastnených strán sa podarí toto dielo zrealizovať v plánovanom termíne (03/2028) a v požadovanej kvalite.

*Ing. MICHAL MARIČÁK,
michal.maricak@martias.sk,
Marti a.s.*

Recenzoval Reviewed: Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D.

portal, and finally, the pit at the Babí portal. All three pits are scheduled to be completed well in advance to avoid any delays in tunneling operations.

Once the excavation pit at the Dolní Radechová portal is completed, tunneling will begin. During excavation of the first tunnel section, work will continue on securing the central pit and constructing the Babí portal pit. After breakthrough of the first tunnel section, the ducting system will be dismantled and the ventilation fan part of the separate ventilation system will be relocated to the central pit. This will allow profiling of the primary lining in the first section and, after convergence stabilizes, construction of the secondary lining's foundation strips.

Following breakthrough of the second tunnel section, the first section will be ready for installation of the drainage system and waterproofing layers, which precede the secondary lining. Slot drains and curbs will then be installed, creating space for the fire dry riser and cable ducts. Once these works are completed, sidewalks, pavement, tunnel lining coating, the operations and technical building, and cable routes on both sides of the tunnel can be constructed.

After completion of the structural components, and in parallel with their construction, the technology installation in the Dolní Radechová Tunnel will begin.

The operations and technological building are a surface structure located on a shared site near the Dolní Radechová portal. It is a single-storey, reinforced concrete, cut and cover structure with a flat roof and a rectangular footprint measuring 14.7 x 5.8 meters. The building will house the tunnel's operational technology (e.g., control room, low-voltage switchgear, UPS, diesel generator, pumping station, GSM equipment). A fire water reservoir will also be located beneath the building.

CONCLUSION

Although the Dolní Radechová Tunnel is classified as a short tunnel, it nonetheless presents a technically demanding challenge for the contractor. One of the main technical issues is the presence of high-voltage and very high-voltage power lines above all excavation pits, which complicates the deployment of lifting equipment and taller machinery.

The Dolní Radechová portal is located in close proximity to an industrial complex that will remain fully operational during construction. Blasting operations will therefore need to be carried out in such a way that seismic effects are minimized and do not impact surrounding structures. The central excavation pit borders a cemetery, requiring a sensitive approach and adaptation of work procedures with respect for the solemn nature of the site.

At the time of writing, construction of the central excavation pit has commenced. The contractor is confident that, thanks to the professional approach of all involved parties, the project will be completed within the planned timeframe (March 2028) and to the required quality standards.

*Ing. MICHAL MARIČÁK,
michal.maricak@martias.sk,
Marti a.s.*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Společnost ŘSD BIM MAX 2020 – SAS4RP *Dokumentace pro provedení Stavby (PDPS)*, Dostupné z <https://tenderarena.cz/dodavatel/seznam-profilu-zadavatelu/detail/Z0003026/zakazka/711131>.

TUNEL HOMOLE HOMOLE TUNNEL

ANDREJ KORBA, BORIS ČILLIK

ABSTRAKT

Tento článok informuje o základných technických a zmluvných podmienkach výstavby tunela Homole, ktorý je budovaný v nepriaznivých geologických podmienkach a s použitím zmluvných podmienok Smaragdovej knihy FIDIC. Keďže v čase prípravy článku raziace práce a samotná výstavba ešte nie sú ukončené, nebolo možné poskytnúť podrobnejšie informácie, ktoré sú predmetom riešenia hlavne vo vzťahu k zmluvným podmienkam medzi Investorom a Zhotoviteľom. Po ukončení výstavby, uzavretí všetkých zmluvných podmienok a odovzdaní tunela do používania bude možné presnejšie vyhodnotiť prvé použitie Smaragdovej knihy FIDIC pri výstavbe tunela v ČR.

ABSTRACT

This article provides information on the basic technical and contractual conditions for the construction of the Homole Tunnel, which is being built under unfavorable geological conditions and using the contractual terms of the FIDIC Emerald Book. Since the excavation work and the construction itself were not yet completed at the time of writing, it was not possible to provide more detailed information, which is mainly related to the contractual conditions between the Investor and the Contractor. After the completion of construction, the closure of all contractual matters, and the commissioning of the tunnel, it will be possible to more accurately evaluate the first use of the FIDIC Emerald Book in tunnel construction in the Czech Republic.

ÚVOD

Diaľnica D35 je súčasťou diaľničnej a cestnej siete Českej republiky. V rámci tejto siete plní D35 funkciu takzvanej druhej severnej spojnice medzi Čechami a Moravou, ktorá je paralelná s diaľnicou D1 a umožňuje prerozdelenie dopravy a prevzatie časti dopravy z diaľnice D1, v úseku medzi Olomoucom a Hradcom Králové. D35 je dôležitá aj pre zabezpečenie regionálnych vzťahov v Severných Čechách a na Morave a vo vzťahu k diaľnici D1 Lipník nad Bečvou – Ostrava – štátna hranica ČR/Poľsko a D11 Praha – Hradec Králové – štátna hranica ČR/Poľsko ako spojnice medzinárodného významu.

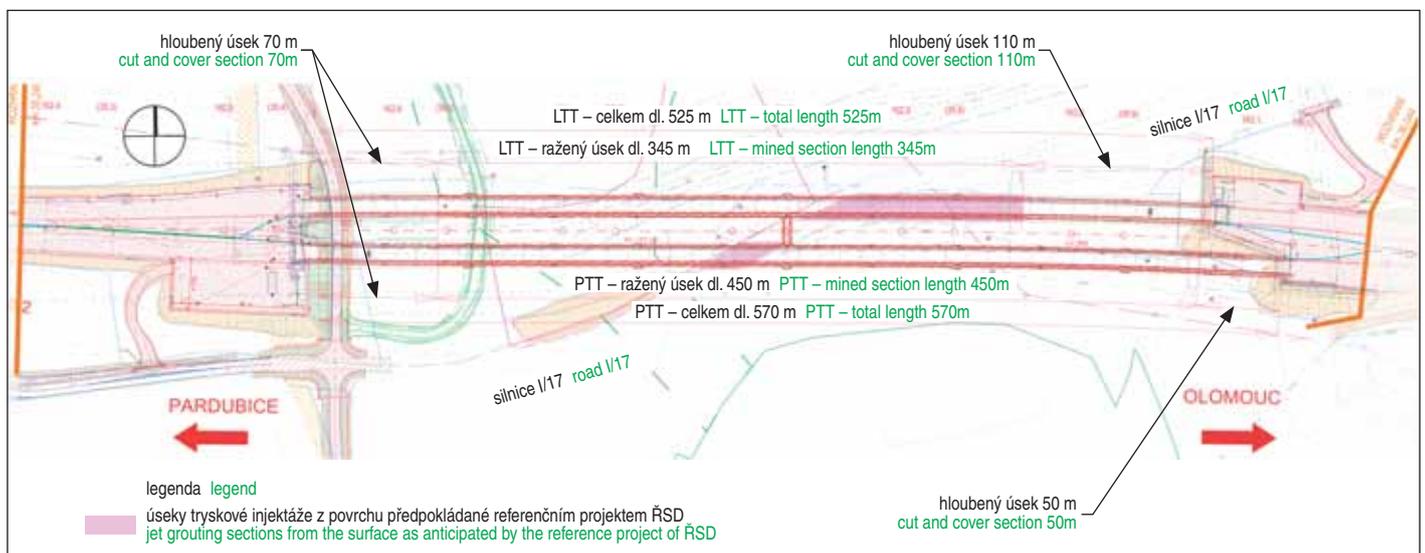
Výstavba tunela Homole je súčasťou budúceho 7 km úseku diaľnice „D35 Ostrov – Vysoké Mýto“. Jeho výstavba sa vzhľadom na technickú náročnosť realizuje samostatne. Tunel zabezpečí prepojenie oboch častí diaľničného úseku do jedného plne funkčného celku.

Tunel sa nachádza severovýchodne od obce Vraclav, kde diaľnica D35 prechádza pod hrebeňom Vraclavi s vrchom Homole. Diaľnica

INTRODUCTION

The D35 motorway is part of the highway and road network of the Czech Republic. Within this network, the D35 serves as the so-called second northern connection between Bohemia and Moravia, running parallel to the D1 motorway and enabling traffic redistribution and the transfer of part of the traffic from the D1, specifically in the section between Olomouc and Hradec Králové. The D35 is also important for ensuring regional connectivity in Northern Bohemia and Moravia, and in relation to the D1 motorway (Lipník nad Bečvou – Ostrava – Czech/Polish border) and the D11 motorway (Prague – Hradec Králové – Czech/Polish border), forming a link of international significance.

The construction of the Homole Tunnel is part of the future 7km section of the motorway “D35 Ostrov – Vysoké Mýto.” Due to its technical complexity, the tunnel is being constructed as a separate project. It will connect both parts of the motorway section into one fully functional unit.



Obr. 1 Situácia stavby

Fig. 1 Construction site layout

je navrhnutá v kategórii R 25,5/120 s rozšírením stredného deliaceho pruhu z 3,0 m na 3,5 m.

Objednávateľom stavby je Ředitelství silnic a dálnic s. p., (ŘSD), zhotoviteľom je združenie „Společnost pro realizaci D35 Ostrov – Vysoké Mýto, tunel Homole“ – EUROVIA CZ a.s.; Marti a.s.; EUROVIA SK, a.s., projektantom tunela je Amberg Engineering Slovakia, s.r.o., projektantom razenej časti je spoločnosť AMBERG Engineering Brno, a.s. Razenie tunela realizuje spoločnosť Marti a.s.

Tunel pozostáva z dvoch jednosmerných tunelových rúr s dĺžkou ľavej tunelovej rúry 525 m (z toho hĺbená časť 180 m a razená časť 345 m) a pravej tunelovej rúry 569 m (z toho hĺbená časť 120 m a razená časť 449 m) (obr. 1). Vráťane tunelových úsekov je celková dĺžka stavby 795 m. Oba tunely budú spojené jedným priečnym prepojením s dĺžkou 17,5 m. Výška nadložia v razenom úseku tunela sa pohybuje od 8,5 do 24 m nad ľavým tunelom a od 7 do 19 m nad pravým tunelom. Razenie tunela je navrhnuté metódou NRTM so strojným rozpojovaním. Projekt razenej časti tunela je realizovaný podľa zmluvných podmienok s použitím Žltej knihy FIDIC s vybranými prvkami zo Smaragdovej knihy.

ZMLUVNÉ PODMIENKY REALIZÁCIE TUNELA

Vzhľadom na geologickú náročnosť v mieste budovaného diela sa objednávatel stavby ŘSD rozhodol pre výstavbu v režime Design & Build, tj. naprojektuj a postav, kde všeobecné zmluvné podmienky tvorí Žltá kniha FIDIC, osobitné zmluvné podmienky sú Osobitné podmienky ŘSD k Žltej knihe rozšírené o ustanovenia týkajúce sa špecifik a rizík podzemných prác, vrátane rizík základovej pôdy, prevzaté zo Smaragdovej knihy FIDIC. Vybrané časti výstavby tunela (výkop stavebných jám, razenie tunela atď.) sa realizujú na základe konkrétneho režimu merania výkonu, zatiaľ čo ostatné časti (komunikácie, technológia atď.) sú definované paušálnou cenou.

Takýto režim sa v Českej republike využíva pri podzemných stavbách vôbec po prvýkrát!

Metóda Design-Build v zásade znamená, že Dielo je Objednávateľom špecifikované menej podrobne (najmä pokiaľ ide o spôsob jeho vykonania), je opísané najmä z hľadiska požiadaviek na účel, funkciu alebo výkon. Podrobnú špecifikáciu Diela vypracuje (navrhne) Zhotoviteľ. Objednávatel tak vytvára priestor pre inenciu, schopnosti a preukázanie relevantných skúseností Zhotoviteľa. V záujme čo najlepšieho využitia tejto možnosti sa od Zhotoviteľa očakáva aktívna účasť. Len tak bude Zhotoviteľ schopný nájsť najefektívnejší spôsob realizácie Diela.

Hlavným účelom Požiadaviek Objednávateľa vo vzťahu k Dielu je opísať:

- základné (ale dostatočne špecifikované) účelové, funkčné či výkonové požiadavky na Dielo,
- stavenisko tak, aby umožnili Zhotoviteľovi pripraviť Návrh Zhotoviteľa,
- ďalšie požiadavky, ktoré s Návrhom Zhotoviteľa alebo prácami na Dielu priamo alebo nepriamo súvisia.

Zhotoviteľ na základe Požiadaviek Objednávateľa vypracuje ponuku, návrh Zhotoviteľa a následne Dielo naprojektuje, zrealizuje a bude prevádzkovať v režime predčasného užívania po dobu jedného roka.

Hlavné požiadavky pre návrh alternatívneho riešenia ŘSD stanovilo nasledovne:

- zmena technického riešenia resp. projektu, ktorá by viedla k nesplneniu podmienok stanoviska „EIA“, alebo by bola v rozpore s územným rozhodnutím, nie je prípustná (napr. zmena polohy dočasných portálov, rozsahu razených a hĺbených tunelov apod.);

The tunnel is located northeast of the village of Vraclav, where the D35 motorway passes beneath the Vraclav ridge with the Homole peak. The motorway is designed in category R 25.5/120, with the central dividing strip widened from 3.0m to 3.5m.

The client for the project is Ředitelství silnic a dálnic s. p. (ŘSD), and the contractor is the Joint Venture “Společnost pro realizaci D35 Ostrov – Vysoké Mýto, tunel Homole” – EUROVIA CZ a.s.; Marti a.s.; EUROVIA SK, a.s. The tunnel designer is Amberg Engineering Slovakia, s.r.o., and the designer of the mined section is AMBERG Engineering Brno, a.s. The excavation of the tunnel is being carried out by Marti a.s.

The tunnel consists of two one-way tubes, with the left tunnel tube measuring 525m (including 180m cut-and-cover and 345m mined section), and the right tunnel tube measuring 569m (including 120m cut-and-cover and 449m mined section) (see Fig. 1). Including the tunnel sections, the total length of the construction is 795m. The two tunnels will be connected by a single cross passage with a length of 17.5m. The overburden in the mined section ranges from 8.5 to 24m above the left tunnel and from 7 to 19m above the right tunnel. The tunnel excavation is designed using the NATM method with mechanical disintegration of rock. The design of the mined section is carried out under contractual conditions using the FIDIC Yellow Book with selected elements from the FIDIC Emerald Book.

CONTRACTUAL CONDITIONS FOR TUNNEL CONSTRUCTION

Due to the geological complexity at the site of the structure, the client ŘSD decided to implement the project under the Design & Build regime, where the general contractual conditions are based on the FIDIC Yellow Book, and the special conditions are the ŘSD Special Conditions to the Yellow Book, extended with provisions addressing the specifics and risks of underground works, including subsoil risks, adopted from the FIDIC Emerald Book. Selected parts of the tunnel construction (e.g., excavation of construction pits, tunnel excavation, etc.) are carried out under a specific performance measurement regime, while other parts (e.g., roadways, technology, etc.) are defined by a lump-sum price.

This regime is being used for underground construction in the Czech Republic for the very first time!

The Design-Build method essentially means that the Work is specified by the Client in less detail (especially regarding the method of execution), and is described mainly in terms of its purpose, function, or performance requirements. The detailed specification of the Work is prepared (designed) by the Contractor. This gives the Contractor space for innovation, expertise, and demonstration of relevant experience. To make the most of this opportunity, active participation from the Contractor is expected. Only then will the Contractor be able to find the most efficient way to carry out the Work.

The main purpose of the Client's Requirements in relation to the Work is to describe:

- the basic (but sufficiently specified) purpose, functional, or performance requirements for the Work;
- the construction site in a way that enables the Contractor to prepare the Contractor's Proposal;
- other requirements directly or indirectly related to the Contractor's Proposal or the execution of the Work.

Based on the Client's Requirements, the Contractor prepares a bid, the Contractor's Proposal, and subsequently designs, constructs, and operates the Work under early use conditions for a period of one year.

ŘSD has defined the main requirements for the design of alternative solutions as follows:

- zmena smerového a výškového vedenia tunela a prilahlých povrchových úsekov diaľnice nie je prípustná;
- zmena kategórie tunela (T-8.0) nie je povolená:
 - vodiace pruhy 2 x 0,50 m;
 - jazdné pruhy 2 x 3,50 m;
 - svetlá výška tunela 4,8 m.

Zmluvné podmienky Samargdovej knihy FIDIC týkajúce sa špecifik a rizík podzemných prác tvoria nasledovné dokumenty:

- GDR – Geotechnical Data Report – súbor informácií zo všetkých fáz geologického prieskumu;
- GBR – Geotechnical Baseline Report – zmluvný technický dokument opisujúci podmienky základovej pôdy, s ktorými sa možno stretnúť počas vykonávania prác, GBR obsahuje popisy, údaje, informácie a varovania týkajúce sa očakávaných geotechnických podmienok a správania sa základovej pôdy a je jediným interpretačným dokumentom;
- smerné plány – predstavujú prehľad času stráveného dielčimi činnosťami počas realizácie predmetu Diela ako napr. denný výkon (postup razieb) v jednotlivých výrubových triedach a pod.;
- harmonogram dokončenia – predstavuje zoznam mílnikov vybraných Objednávateľom na realizáciu predmetu diela, ktoré Zhotoviteľ dokončil.

GBR nastavuje 7 kľúčových kritérií k_1 až k_7 pre všetky očakávané technologické triedy (TT). Tie boli stanovené od TT3 až po TT5b. Každé kritérium má svoj rozsah a prekročenie tohto rozsahu mimo predpokladané hodnoty vedie k potrebe implementovať určité opatrenia a umožňuje to považovať túto prácu za dodatočnú prácu v rámci zmluvy.

Ako príklad zo samotného razenia tunela je možné uviesť prekročenie kritéria k_1 (hodnotenie QTS), kde sa hodnoty pre toto kritérium pre všetky TT pohybovali od 32 do 64 bodov. V skutočnosti sa v niektorých úsekoch razby vyhodnotilo toto kritérium na viac ako 64 bodov (najvyššia stanovená hodnota bola 66 bodov). Zároveň sa v tých istých úsekoch vyhodnotilo aj kritérium k_6 (spôsob rozpojovania) na rozpojovanie pomocou trhačích prác. Oproti tomu sa v rámci stanoveného GBR predpokladalo len strojné rozpojovanie.

Tieto skutočnosti viedli k výskytu novej technologickej triedy TT2, ktorá je považovaná v zmysle zmluvných podmienok za navyše prácu a teda nárok.

- any change to the technical solution or design that would result in non-compliance with the “EIA” statement or conflict with the “Land Use Decision” is not permitted (e.g., changes in the location of temporary portals, extent of mined and cut-and-cover tunnel sections, etc.);
- changes to the horizontal and vertical alignment of the tunnel and adjacent surface sections of the motorway are not permitted;
- changes to the tunnel category (T-8.0) are not allowed:
 - guiding lanes: 2 x 0.50m;
 - driving lanes: 2 x 3.50m;
 - tunnel clearance height: 4.8m.

The contractual framework from the FIDIC Emerald Book addressing the specifics and risks of underground construction consists of the following documents:

- GDR – Geotechnical Data Report: A compilation of information from all phases of the geological investigation.
- GBR – Geotechnical Baseline Report: A contractual technical document describing the subsoil conditions that may be encountered during the execution of the works. The GBR includes descriptions, data, information, and warnings regarding expected geotechnical conditions and subsoil behavior, and serves as the sole interpretative document.
- Guidance Schedules: These provide an overview of time spent on partial activities during the execution of the Work, such as daily performance (excavation progress) in individual excavation classes, etc.
- Completion Schedule: A list of milestones selected by the Client for the execution of the Work, which the Contractor has completed.

The GBR sets out seven key criteria (k_1 to k_7) for all expected Technological Classes (TT), defined from TT3 to TT5b. Each criterion has a defined range, and exceeding this range beyond the expected values requires the implementation of specific measures and allows the work to be considered additional work under the contract.

An example from the tunnel excavation itself is the exceeding of criterion k_1 (QTS assessment), where the expected values for all TT ranged from 32 to 64 points. In reality, in some excavation sections, this criterion was assessed at more than 64 points (the highest recorded value was 66 points). At the same time, in those same sections, criterion k_6 (excavation method) was assessed as requiring

Tab. 1 Kritéria GBR

Kritérium	Popis
	počet bodov podľa klasifikácie QTS (Tesař O., 1990)
k_1	klasifikačný parameter A – pevnosť úlomkov horniny v prostom tlaku σ_d klasifikačný parameter B – priemerná rozteč diskontinuit klasifikačný parameter C – hĺbka skúmanej horniny pod bázou pokryvných útvarov D redukčný parameter α – orientácie diskontinuit voči ose podzemného diela redukčný parameter β – drsnosť, tvar a výplň diskontinuit redukčný parameter γ – prítoky podzemnej vody do diela redukčný parameter δ – hydrostatický tlak podzemnej vody
k_2	geotypy
k_3	sklon vrstiev
k_4	tektonická porucha
k_5	tvorba nadvýrubov
k_6	spôsob rozpojovania
k_7	deformácie primárneho ostenia

Table 1 GBR Criteria

Criterion	Description
	number of points according to QTS classification (Tesař O., 1990)
k_1	classification parameter A – compressive strength of rock fragments σ_d classification parameter B – average spacing of discontinuities classification parameter C – depth of investigated rock below the base of overburden formations reduction parameter α – orientation of discontinuities relative to the axis of the underground structure reduction parameter β – roughness, shape, and infill of discontinuities reduction parameter γ – groundwater inflows into the structure reduction parameter δ – hydrostatic pressure of groundwater
k_2	geotypes
k_3	layer inclination
k_4	tectonic fault
k_5	overbreak formation
k_6	excavation method
k_7	deformations of primary lining

Smerné plány definujú jasne stanovené rýchlosti postupu v jednotlivých technologických triedach razenia s danou dĺžkou záberu, technologickými prestávkami, ako aj časový dopad na jednotlivé operácie prekračujúce množstvo nad rámec projektu [1].

GEOLOGICKÉ A HYDROLOGICKÉ POMERY

Oblasť tunela Homole z geologického hľadiska spadá do záujmového územia nachádzajúceho sa na východnom okraji Českej kriedovej panvy, v tzv. orlicko-žďárskom faciálnom vývoji kriedy.

Podľa plánovaného smeru a výšky tunel prechádza cez hrebeň Vraclavský chrbát a narazí na geneticky rozmanité štvrtohorné pôdne vrstvy a predkvartérne podložie, ktoré v skúmanej oblasti pozostávajú z variabilných kriedových piesčitých slieňovcov a prachovcov s miestnym výskytom ílovitých vápencov. Stabilná hladina podzemnej vody (HPV) sa nachádza po celej dĺžke trasy nad tunelom a podzemná voda nemá agresívny vplyv na betón.

Územie je tvorené premenlivými kriedovými sedimentmi, premenlivo piesčitymi prachovcami, slieňovcami a vápnitými ílovcami sivej farby.

Tunel bol rozdelený z geologického hľadiska do tzv. kvázihomogénnych celkov s podobnou geológiou. Razenú časť ľavej tunelovej rúry tvoria dva kvázihomogénne celky (KHC) a razenú časť pravej tunelovej rúry tvoria tri kvázihomogénne celky.

Pred začiatkom raziacich prác bol Zhotoviteľom realizovaný dodatočný geologický prieskum v oblasti pravej tunelovej rúry, ktorým sa upresnil stav horniny v trase tunela. Jeho súčasťou bola realizácia štyroch prieskumných vrtoch, každý s dĺžkou 30 m, v miestach, kde nebolo možné predtým realizovať tieto vrty kvôli vedeniu vysokého napätia, ktoré bolo pred odovzdaním stavby Zhotoviteľovi preložené. Dodatočný geologický prieskum potvrdil nepriaznivé geologické pomery v oblasti pravej tunelovej rúry KHC I a II a priaznivejšie geologické podmienky v KHC III.

Hydrologické pomery v trase sa v ľavej aj pravej tunelovej rúre predpokladali ako nepriaznivé, s výdatnosťou puklinovej vody 20 až 22 l/s. Výdatnosť sa v skutočnosti pohybovala v rozmedzí do 4 l/s a v okolí tunela klesla hladina podzemnej vody od 4 do 8 metrov oproti stavu pred razením tunelov.

GEOTECHNICKÝ MONITORING (GTM) PRED RAZENÍM A POČAS RAZENIA

Časť geotechnického monitorovania zabezpečuje Objednávateľ (merania, ktoré ovplyvňujú stanovenie kľúčových kritérií GBR a životnosť tunela), zvyšnú časť zabezpečuje Zhotoviteľ.

Vzhľadom na zložitosť inžiniersko-geologických pomerov stavby sa GTM rozdelil na meranie pred razením a počas razenia. Pred razením bolo začaté meranie na existujúcich aj nových inklinometrických vrtoch, trigonometrické meranie stožiaru VN a jeho náklonu, geodetické sledovanie záhlavia inklinometrických vrtoch, trigonometrické meranie bodov na západnom a východnom portáli, meranie na dynamometroch osadených na kotvách stavebnej jamy západného portálu.

Pred začatím razenia a počas neho boli na povrchu v trase tunelov osadené štyri geodetické profily s meraním sadania bodov na povrchu a tri extenzometrické profily. Pre meranie poklesu na ceste I/17 bolo osadených šesť bodov pre trigonometrické meranie.

V tuneloch boli navrhnuté päť- a sedembodové konvergenčné profily na monitorovanie vývoja deformácií ostenia. Na meranie namáhania primárneho ostenia boli navrhnuté tri tenzometrické profily.

Od začiatku prác na západnom portáli prebieha meranie stavu hladín podzemnej vody v hydrovrtoch.

blasting, whereas the GBR had assumed mechanical excavation only.

These circumstances led to the emergence of a new technological class TT2, which is considered additional work under the contractual conditions and thus qualifies as a claim.

The guidance schedules clearly define the excavation progress rates in each technological class, including the length of excavation rounds, technological breaks, and the time impact of operations exceeding the quantities planned in the project [1].

GEOLOGICAL AND HYDROLOGICAL CONDITIONS

From a geological perspective, the area of the Homole Tunnel lies on the eastern edge of the Czech Cretaceous Basin, within the so-called Orlicko-Žďárské facies development of the Cretaceous.

According to the planned alignment and elevation, the tunnel crosses the Vraclav Ridge and encounters genetically diverse Quaternary soil layers and pre-Quaternary bedrock. In the studied area, the bedrock consists of variable Cretaceous sandy marlstones and siltstones, with local occurrences of clayey limestones. The stable groundwater level (GWL) is located above the tunnel along its entire length, and the groundwater does not have an aggressive effect on concrete.

The area is composed of variable Cretaceous sediments, including sandy siltstones, marlstones, and calcareous claystones of grey color.

Geologically, the tunnel was divided into so-called quasi-homogeneous units (QHU) with similar geological characteristics. The mined section of the left tunnel tube consists of two QHUs, while the mined section of the right tunnel tube consists of three QHUs.

Before the start of excavation works, the Contractor carried out an additional geological survey in the area of the right tunnel tube to refine the rock conditions along the tunnel route. This included four exploratory boreholes, each 30 meters long, drilled in locations where previous drilling was not possible due to high-voltage lines, which were relocated before the site was handed over to the Contractor. The additional geological survey confirmed unfavorable geological conditions in QHU I and II of the right tunnel tube and more favorable conditions in QHU III.

Hydrological conditions along the tunnel route were initially expected to be unfavorable in both the left and right tunnel tubes, with estimated fracture water yields of 20 to 22 liters per second. In reality, the yield ranged up to 4 liters per second, and the groundwater level around the tunnel dropped by 4 to 8 meters compared to the pre-excavation state.

GEOTECHNICAL MONITORING (GTM) BEFORE AND DURING EXCAVATION

Part of the geotechnical monitoring is provided by the Client (measurements affecting the determination of key GBR criteria and tunnel durability), while the remaining part is carried out by the Contractor.

Due to the complexity of the engineering-geological conditions of the project, GTM was divided into monitoring before excavation and during excavation. Prior to excavation, measurements were initiated on both existing and new inclinometer boreholes, trigonometric measurements of the high-voltage pole and its tilt, geodetic monitoring of the borehole heads, trigonometric measurements at the western and eastern portals, and measurements on dynamometers installed on anchors of the construction pit at the western portal.

Najväčšia obava bola z prechodu tunela popod dopravne vysoko zaťaženú cestu I/17, preto boli aj na ceste osadené trigonometrické body. Počas razenia tunela sa maximálne sadanie vozovky ustálilo na hodnote 48 mm, čo bolo v rámci povoleného rozsahu a neboli ani viditeľné zmeny na vozovke, takže doprava nebola žiadnym spôsobom obmedzená (okrem zníženia max. rýchlosti) aj napriek tomu, že ŘSD predpokladalo obmedzenia dopravy.

TECHNICKÉ RIEŠENIE RAZENIA

Razenie bolo plánované zo stavebnej jamy na západnom portáli. Lavá tunelová rúra dlhá 525 m je tvorená 70 m hĺbeným tunelom na západe, razenými úsekmi dvoch kvázihomogénnych celkov o dĺžkach I. KHC 190 m a II. KHC 155 m a hĺbeným úsekom na východnom portáli s dĺžkou 110 m hĺbeným pod korytnačkou (dodatočná zmena dodávateľa v rámci spracovania RDS). Pravý tunel s dĺžkou 570 m tvorí 70 m hĺbeného tunela na západe, razenými úsekmi troch kvázihomogénnych blokov o dĺžkach I. KHC 145 m, II. KHC 190 m a III. KHC 115 m s hĺbeným úsekom na východnom portáli s dĺžkou 50 m.

Razenie NRTM je v celej dĺžke členené horizontálne na kalotu a stupeň. V TT5 sa predpokladala razba s protiklenbou.

Oproti referenčnej dokumentácii sa zhotoviteľ rozhodol pre dve zásadné zmeny technického riešenia. Navrhol jedno priečne prepojenie medzi tunelovými rúrami (obr. 2), ktoré bolo situované priamo pod cestou I/17. Toto nové riešenie spĺňalo platné bezpečnostné normy. V referenčnej dokumentácii boli navrhnuté dve priečne prepojenia, ale len z dôvodu, aby prepojenie nebolo situované priamo pod cestou. Pri samotnej razbe priečného prepojenia sa vplyvom vhodne navrhutej technológie razenia tieto obavy nenaplnili a neboli prekročené stanovené konvergenzie v tomto úseku.



Obr. 2 Prerazenie priečného prepojenia tunelov
Fig. 2 Breakthrough of the tunnel cross passage

Before and during excavation, four geodetic profiles were installed on the surface along the tunnel route to measure surface settlement, along with three extensometer profiles. For monitoring settlement on road I/17, six points were installed for trigonometric measurement.

Inside the tunnels, five-point and seven-point convergence profiles were designed to monitor deformation of the tunnel lining. For measuring stress in the primary lining, three tensometric profiles were proposed.

Since the beginning of work at the western portal, groundwater level measurements have been conducted in hydrogeological boreholes.

The greatest concern was the tunnel's passage beneath the heavily trafficked road I/17, which is why trigonometric points were also installed on the road. During tunnel excavation, the maximum road settlement stabilized at 48mm, which was within the permitted range. No visible changes occurred on the road surface, and traffic was not restricted in any way (except for a reduction in maximum speed), despite initial expectations by ŘSD that traffic limitations would be necessary.

EXCAVATION DESIGN

Excavation was planned from the construction pit at the western portal. The left tunnel tube, 525m long, consists of a 70m cut-and-cover section at the west, mined sections through two quasi-homogeneous units with lengths of 190m (QHU I) and 155m (QHU II), and a 110m section at the eastern portal executed by "door frame" method (a later design change by the Contractor during the RDS phase). The right tunnel tube, 570m long, consists of a 70m cut-and-cover section at the west, mined sections through three QHUs with lengths of 145m (QHU I), 190m (QHU II), and 115m (QHU III), and a 50m cut-and-cover section at the eastern portal.

Excavation using the NATM method is horizontally divided into top heading and bench throughout its length. In Technological Class TT5, excavation with an invert arch was anticipated.

Compared to the reference documentation, the Contractor proposed two major changes to the technical solution. Contractor proposed a single cross passage between the tunnel tubes (see Fig. 2), located directly beneath road I/17. This new solution met all applicable safety standards. The reference documentation had proposed two cross passages, primarily to avoid placing one directly under the road. However, during the actual excavation of the cross passage, thanks to a well-designed excavation technology, these concerns were not realized, and the specified convergence limits were not exceeded in this section.

In the area above the tunnel beneath road I/17 and along the axis of the left tunnel tube from the road to the eastern portal, jet grouting consolidation of the tunnel overburden from the surface was originally planned due to anticipated unfavorable geology. The Contractor decided to replace this with support measures carried out from the tunnel face, including cement pressure injection using a micropile umbrella (MPD), cement or chemical pressure injection ahead of the top heading face, chemical pressure injections above the MPD, face stabilization using 16m long IBO anchors (Ø32mm).

Excavation began from the western portal in Technological Class TT4P, under a 15m long micropile umbrella with micropiles of 89mm diameter, 31 pieces, excavation round length of 1.25m, 200mm thick shotcrete with two layers of reinforcement mesh Ø6/150/150mm, and radial anchoring using IBO anchors Ø32mm, 4m long.

V mieste nad tunelom pod cestou I/17 a v osi ľavej tunelovej rúry od cesty po východný portál sa z dôvodu predpokladu veľmi nepriaznivej geológie plánovala konsolidácia nadložia tunela tryskovou injektážou z povrchu. Toto riešenie sa Zhotoviteľ rozhodol nahradiť sanačnými opatreniami realizovanými z čelby tunela, ktoré spočívali z použitia cementovej tlakovej injektáže mikropilotového dáždňika (MPD), tlakovej cementovej alebo chemickej injektáže predpolia čelby kaloty, chemických tlakových injektáží nad MPD a zaistenia čelby 16 m dlhými kotvami IBO 32 mm.

Začiatok razenia bol zo západného portálu v technologickej triede TT4P pod mikropilotovým dáždňikom dĺžky 15 m s priemerom mikropilot 89 mm, v počte 31 ks, dĺžka záberu 1,25 m, striekaný betón hrúbky 200 mm s dvoma vrstvami kari sieť $\text{Ø}6/150/150$ mm, radiálne kotvenie s IBO 32 mm dĺžky 4 m.

Po 10 m razenia sa pokračovalo v TT3 so zabezpečením výrubu ako v TT4 s dĺžkou záberu 1,5 m a vynechaním druhej vrstvy kari sieť. Ako už bolo vyššie spomenuté, pri razení boli zastihnuté priaznivejšie geologické podmienky v zmysle kritérií GBR a bola doplnená nová trieda TT2 s ponechaním vystrojovacích prvkov z TT3 so záberom dĺžky 1,75 m a s použitím trhacích prác. V KHC II v ľavej a pravej tunelovej rúre, kde sa predpokladali nepriaznivé geologické podmienky, ako vyššie prítoky podzemnej vody, výskyt nesúdržných zemín zároveň pri nízkom nadloží, boli navrhnuté TT5a, 5b, 5bTI s razením pod mikropilotovým dáždňikom $\text{Ø}139,7$ mm dĺžky 15m, v počte 35 ks realizovaných z kaplniek, vytvorených postupným nastúpaním dĺžky 10 m so záberom 1 m. Vystrojovacie prvky tvorí 350 mm striekaného betónu s dvoma vrstvami kari sieť $\text{Ø}6/150/150$ mm a doplnené o sanačné opatrenia spomenuté vyššie (obr. 3). V prípade potreby v päte kaloty bola navrhnutá „slonia noha“ s kotvením IBO 32 mm dĺžky 4 m pre zhoršené geologické podmienky. V TT5aTI je navrhnutá kari sieť $\text{Ø}8/150/150$ mm.

Zaistenie výrubu a čelby kaloty bolo realizované stabilizačným striekaným betónom hrúbky 10 cm s kari sieťou pre každý záber.

Všetky sanačné opatrenia boli navrhované pre nepriaznivé geologické a hydrogeologické pomery v nadväznosti na razenie pod komunikáciou I/17 a nízkym nadložím tunela. Z tohto hľadiska bol

After 10 meters of excavation, work continued in Technological Class TT3, using the same excavation support system as in TT4, with an excavation round length of 1.5m, but omitting the second layer of reinforcement mesh. As previously mentioned, more favorable geological conditions were encountered during excavation according to GBR criteria, leading to the introduction of a new class TT2, which retained the support elements from TT3, used 1.75m excavation rounds, and employed blasting methods.

In QHU II of both the left and right tunnel tubes, where unfavorable geological conditions were expected such as high groundwater inflows, occurrences of cohesionless soils, and low overburden TT5a, TT5b, and TT5bTI were proposed. Excavation was carried out under a micropile umbrella $\text{Ø}139.7\text{mm}$, 15m long, with 35 micropiles, installed from niches created by gradual ascent over 10m, with 1m excavation rounds. Support elements included 350mm of shotcrete with two layers of reinforcement mesh $\text{Ø}6/150/150\text{mm}$, supplemented by the previously mentioned support measures (see Fig. 3).

In cases of deteriorated geological conditions at the base of the top heading, an “elephant foot” support was proposed, anchored with IBO $\text{Ø}32\text{mm}$, 4m long. In TT5aTI, reinforcement mesh $\text{Ø}8/150/150\text{mm}$ was specified.

Excavation face and top heading stabilization was carried out using 10cm thick shotcrete with reinforcement mesh for each round.

All support measures were designed to address unfavorable geological and hydrogeological conditions, particularly in relation to excavation beneath road I/17 and the low overburden of the tunnel. Accordingly, the technological procedure was designed with a requirement for rapid closure of the top heading and tunnel invert, maintaining a distance between top heading and invert of 4 to 10m.

In the presence of less stable and weaker rock, a top heading invert arch was proposed, consisting of 200mm shotcrete and two layers of reinforcement mesh.

For the third quasi-homogeneous unit in the right tunnel tube, TT4J was proposed, with: 1.25m excavation rounds, 200mm shotcrete

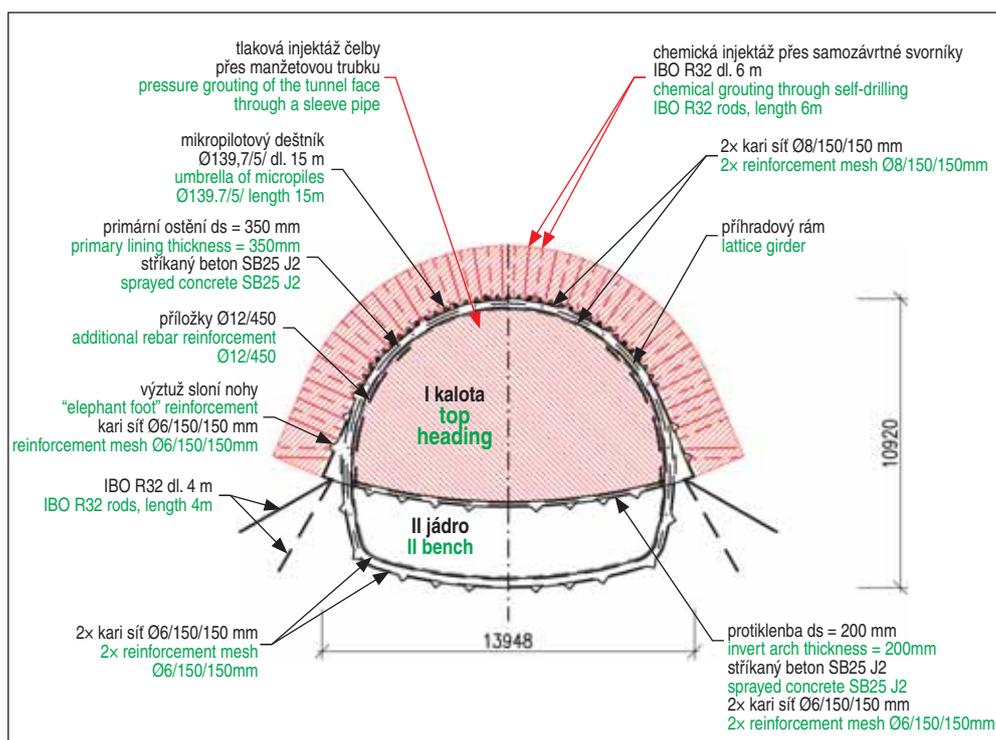
with two layers of reinforcement mesh $\text{Ø}6/150/150\text{mm}$, IBO bolts $\text{Ø}32\text{mm}$, 4m long, 10 pieces per round, IBO spiles $\text{Ø}32\text{mm}$, 8m long, 45 pieces every third round (see Fig. 4 and 5).

At both the western and eastern portals, construction pits are secured with piled walls and cable anchors. To reduce the depth of the portal pit and thereby reduce excavation work and reinforcement volume (e.g., fewer anchored walings) a “door frame” structure will be created in the left tunnel at the eastern portal, 105m long, beneath which the tunnel section will be excavated.

Operational and technological facilities will be constructed at both portals.

EXCAVATION PROGRESS

Excavation began on November 22, 2024, in the left tunnel tube, in accordance with the schedule. At the time of writing this article, the left



Obr. 3 Priečný rez v TT5bTI a pozdĺžny rez.

Fig. 3 Cross-section in TT5bTI and longitudinal section



Obr. 4 Injektáž kaloty v TT5a
Fig. 4 Top heading grouting in TT5a



Obr. 5 Razenie kaloty v TT5a
Fig. 5 Top heading excavation in TT5a

tvorený i technologický postup s požiadavkou na rýchle zatváranie kaloty a dna tunela s odstupom kaloty od dna 4 až 10 m.

Pri zastihnutí menej pevných a nestabilných hornín je navrhnutá protiklenba kaloty s 200 mm striekaného betónu a dvoma vrstvami kari sietí.

Pre tretí kvázihomogénny celok v pravej tunelovej rúre je navrhnutá TT4J s dĺžkou záberu 1,25 m, 200 mm striekaného betónu s dvoma kari sietami Ø6/150/150 mm, svorníkmi IBO Ø32 mm dĺžky 4 m v počte 10 ks na záber a ihly IBO Ø32 mm dĺžky 8 m v počte 45 ks každý tretí záber (obr. 4 a 5).

Na západnom a východnom portáli sú stavebné jamy zaistené pilóťovými stenami s lanovými kotvami. Za účelom zníženia hĺbky portálovej jamy a tým zníženia výkopových prác a zníženia objemu vystuženia stavebnej jamy (napr. zníženie počtu kotevných prahov) na východnom portáli sa v ľavom tuneli vytvorí tzv. korytnačka v dĺžke 105 m, pod ktorou sa daný úsek vyrazí. Na oboch portáloch budú vybudované prevádzkové technologické objekty.

PRIEBEH RAZENIA

Razenie bolo začaté 22. 11. 2024 v ľavej tunelovej rúre podľa harmonogramu. V čase prípravy tohto článku bola ľavá tunelová rúra vyrazená v celej dĺžke a v pravej tunelovej rúre bolo potrebné doraziť 120 m. Pribeh razenia potvrdil lepšie parametre horniny s vyšším zastúpením geotypov K4 a K5 (horniny pevnostnej triedy R3 až R2) v kalote a potrebu nasadenia trhacích prác (obr. 6). Doplnila sa nová trieda výrubu TT2. Hornina sa vyznačovala veľkou blokovitou a tvorbou nadvýlomov. Na túto skutočnosť sa zareagovalo skrátením záberov, osadzovaním väčšieho počtu ihliel v každom zábere a osadzovaním čelových kotiev. V zóne porúch bol výrazný prechod geotypov K2 (horniny pevnostnej triedy R5)

tunnel tube had been fully excavated, and 120 meters remained to be excavated in the right tunnel tube.

The excavation progress confirmed better rock parameters, with a higher presence of geotypes K4 and K5 (rock strength classes R3 to R2) in the top heading, and the need to use blasting methods (see Fig. 6). A new excavation class TT2 was added. The rock was characterized by high blockiness and overbreak formation. This was addressed by shortening excavation rounds, installing more IBO spiles per round, and using face anchors.

In fault zones, there was a significant transition between geotypes K2 (rock strength class R5) and K4, where the top heading roof was unstable, while solid rock was present at the tunnel invert level.



Obr. 6 Geológia TT3
Fig. 6 Geology of TT3

a K4, kde strop kaloty bol nestabilný a na úrovni dna sa nachádzali pevné horniny.

Pre razenie v TT5a, 5b, 5bTI bol nasadený vrtací stroj Soilmec ST 120. Tento dvojlafetový vrtací voz s dĺžkou lafety 24 m sa nasadil špeciálne na vrtanie mikropilót s kusovou dĺžkou mikropilóty 15 m bez spoja a na vrtanie a osadzovanie čelových kotiev v nesúdržných horninách (obr. 7). Priemer mikropilóty 139,7 mm sa volil v nadväznosti na geológiu a potrebný priestor pre výplach medzi stenou mikropilóty a ponorným kladivom. Vrtný stroj umožňuje vrtanie na vodný aj vzduchový výplach. Využíval sa hlavne vzduchový výplach s minimálnym množstvom vody, čo malo za následok, že sa zachovávali pevnostné vlastnosti hornín, čo malo pozitívny vplyv na stabilitu výrubu.

Razenie kaloty prebiehalo v slieňovcoch, ílovcoch a kvartérnych zeminách v strope tunela.

Pri razení sa zatiaľ nepotvrdili predpokladané prítoky podzemnej vody. Puklinová voda v horizontoch s výdatnosťou do 2,5 l/s postupne prechádzala zo stropu kaloty až do dna v druhom KHC oboch tunelových rúr.

Počas razenia neboli zaznamenané významnejšie konvergencie v tuneli, alebo sadanie na povrchu. Maximálne zaznamenané sadanie bolo na povrchu 86 mm v lesnom poraste a konvergencie v tuneli 62 mm.

ZÁVER

Práce na razení tunela Homole budú prebiehať do októbra 2025. Dokončenie a uvedenie celého diela do skúšobnej prevádzky je plánované na december 2026. Tunel Homole vrátane dokončenia celého úseku D35 Ostrov – Vysoké Mýto prispeje k zlepšeniu a odľahčeniu dopravnej situácie v regióne a celkovému dokončeniu diaľnice D35.

Výstavba s využitím podmienok výstavby podľa Smaragdovej knihy FIDIC sa v ČR a SR realizuje vôbec po prvýkrát a praktické skúsenosti s touto výstavbou budú neoceniteľné pre plánovanie budúcich tunelových projektov či už v cestnej alebo železničnej infraštruktúre v Čechách a možno aj na Slovensku.

*Ing. ANDREJ KORBA, andrej.korba @martias.sk,
Ing. BORIS ČILLIK, boris.cillik@martias.sk, Marti a.s.*

Recenzoval *Reviewed: Ing. Petr Makásek, Ph.D.*



*Obr. 7 Soilmec ST 120 – spevňovanie horninového prostredia
Fig. 7 Soilmec ST 120 – rock mass stabilization*

For excavation in TT5a, TT5b, and TT5bTI, the Soilmec ST 120 drilling rig was deployed. This dual-boom drill rig, with a boom length of 24m, was specifically used for drilling 15m long micropiles without joints, and for drilling and installing face anchors in cohesionless soils (see Fig. 7). The micropile diameter of 139.7mm was selected based on geological conditions and the required clearance for flushing between the micropile wall and the down-the-hole hammer. The drill rig supports both water and air flushing, with air flushing being primarily used, minimizing water usage and preserving the strength properties of the rock, which positively impacted excavation stability.

Excavation of the top heading was carried out in marlstones, claystones, and Quaternary soils at the tunnel crown.

So far, the anticipated groundwater inflows have not been confirmed. Fracture water with a yield of up to 2.5L/s gradually migrated from the top heading to the invert in the second QHU of both tunnel tubes.

During excavation, no significant tunnel convergence or surface settlement was recorded. The maximum surface settlement was 86mm in forested terrain, and tunnel convergence reached 62mm.

CONCLUSION

Excavation work on the Homole Tunnel is scheduled to continue until October 2025. Completion and commissioning of the entire structure for trial operation is planned for December 2026. The Homole Tunnel, along with the completion of the entire D35 Ostrov – Vysoké Mýto section, will contribute to improving and relieving traffic conditions in the region and to the overall completion of the D35 motorway.

Construction using the FIDIC Emerald Book contractual conditions is being implemented for the very first time in the Czech Republic. Practical experience gained from this project will be invaluable for planning future tunnel projects, whether in road or railway infrastructure, in the Czech Republic and possibly also in Slovakia.

*Ing. ANDREJ KORBA, andrej.korba @martias.sk,
Ing. BORIS ČILLIK, boris.cillik@martias.sk, Marti a.s.*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] UHRIN M., KLEE L. Smaragdová kniha a zlaté zásady FIDIC. [online]. Časopis stavebnictví., [cit. 2024-03-09]. Dostupné z <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-smaragdova-kniha-a-zlate-zasady-fidic.html>.

CEMENTOBETÓNOVÉ VOZOVKY V TUNELOCH – TECHNICKÉ A PREVÁDZKOVÉ ASPEKTY NÁVRHU

CEMENT CONCRETE PAVEMENTS IN TUNNELS – TECHNICAL AND OPERATIONAL DESIGN ASPECTS

ANDREA ZUZULOVÁ

ABSTRAKT

Cementobetónové vozovky predstavujú spoľahlivé a trvácne riešenie v náročných podmienkach tunelových stavieb. Návrh konštrukcie vozovky musí zohľadňovať mechanické, environmentálne a ekonomické požiadavky, zahrňujúce stavebné náklady (vrátane projekčnej činnosti), náklady na budúcu stavebnú údržbu a zabezpečenie prevádzky. Príspevok sa zameriava na špecifický návrh a požiadavky výstavby a prevádzky cementobetónových vozoviek v tunelových úsekoch cestnej infraštruktúry. Analyzované sú výhody ako dlhá životnosť, vysoká únosnosť, znížené náklady na údržbu a zároveň sú popísané možné riziká súvisiace s bezpečnostnými požiadavkami v tuneloch.

ABSTRACT

Cement concrete pavements represent a reliable and durable solution under the demanding conditions of tunnel construction. The pavement design must take into account mechanical, environmental, and economic requirements, including construction costs (including design activities), future maintenance costs, and operational safety. This paper focuses on the specific aspects of design, as well as the construction and operational requirements of cement concrete pavements in tunnel sections of road infrastructure. It analyzes advantages such as long service life, high load-bearing capacity, and reduced maintenance costs, while also describing potential risks related to safety requirements in tunnels.

POŽIADAVKY NA VOZOVKY V CESTNÝCH TUNELOCH

V tuneloch ako v špecifických dopravných objektoch sa kladú vysoké nároky na konštrukciu vozovky. Pri výbere vozovky sa často porovnávajú dva typy konštrukcií, a to asfaltobetónové a cementobetónové. Oba typy majú svoje výhody a nevýhody, ktoré je potrebné vždy zvážiť s ohľadom na okrajové podmienky. Výber medzi asfaltovou a betónovou vozovkou by mal byť založený na špecifických požiadavkách projektu, klimatických podmienkach, dopravnom zaťažení, plánovanej dobe životnosti, možnosti údržby a opráv a dostupnosti finančných zdrojov.

Na vozovku je potrebné sa pozeráť v kontexte celého jej životného cyklu. Preto je potrebné implementovať postupy s významným akcentom na trvalo udržateľnú výstavbu a najmä správu. Udržateľnosť je jedným z kľúčových kritérií pre konštrukciu vozoviek. Nenáročná údržba, vysoká spoľahlivosť, dobrá životnosť a aj nehorľavosť a netoxičita prispievajú k bezpečnosti v tuneloch ako aj k celkovej udržateľnosti cestnej siete. Optimálna voľba by mala byť založená na dôkladnej analýze prevádzkových podmienok a finančných možností počas celej životnosti vozovky. Tieto špecifické požiadavky na kvalitu a vlastnosti vozoviek v tuneloch určujú národné a európske normy a technické predpisy. Vo viacerých krajinách, vrátane Nemecka, Rakúska, Belgicka, Francúzska alebo Švédska, sú tieto požiadavky veľmi prísne nastavené, vzhľadom na možné vyššie riziká bezpečnosti v tuneloch.

Aby bola zaistená bezpečnosť a spoľahlivá dopravná dostupnosť, je pre vozovku v tuneli nutný dobrý návrh a vhodný výber materiálov. Návrh vozovky musí prihliadať na mechanické, environmentálne a ekonomické požiadavky, zahrňajúce stavebné náklady (vrátane projekčnej činnosti), náklady na budúcu stavebnú údržbu a zabezpečenie prevádzky (tab.1) [1].

Preto je potrebné pri návrhu vozovky v tuneloch jasne formulovať všetky požiadavky. Z hľadiska prevádzkovej spôsobilosti sú to najmä [2]:

- rovnosť v priečnom aj pozdĺžnom smere;
- drsnosť a odolnosť proti vyhladzovaniu povrchu.

REQUIREMENTS FOR PAVEMENTS IN ROAD TUNNELS

Tunnels, as specific types of transport structures, place high demands on pavement construction. When selecting the pavement type, two main construction types are often compared: asphalt concrete and cement concrete. Both have their advantages and disadvantages, which must always be considered in light of the boundary conditions. The choice between asphalt and concrete pavement should be based on the specific project requirements, climatic conditions, traffic load, planned service life, maintenance and repair options, and the availability of financial resources.

Pavement should be viewed in the context of its entire life cycle. Therefore, it is necessary to implement procedures with a strong emphasis on sustainable construction and especially on sustainable management. Sustainability is one of the key criteria for pavement construction. Low maintenance requirements, high reliability, good durability, as well as non-flammability and non-toxicity contribute to tunnel safety and the overall sustainability of the road network. The optimal choice should be based on a thorough analysis of operational conditions and financial possibilities throughout the pavement's life cycle.

These specific requirements for the quality and properties of tunnel pavements are defined by national and European standards and technical regulations. In several countries, including Germany, Austria, Belgium, France, and Sweden, these requirements are set very strictly due to the potentially higher safety risks in tunnels.

To ensure safety and reliable traffic accessibility, a good design and appropriate material selection are essential for tunnel pavements. The pavement design must consider mechanical, environmental, and economic requirements, including construction costs (including design activities), future maintenance costs, and operational safety (see Table 1) [1].

Tab.1 Porovnanie vlastností krytu vozovky

Vlastnosť	Kryt vozovky	
	cementobetónový	asfaltový
Životnosť	30–40 rokov	8–10 rokov
Odolnosť voči teplotám	vysoká	nízka
Požiarna odolnosť	vysoká	nízka
Údržba	minimálna	pravidelná
Komfort jazdy	tvrdší povrch	vyšší komfort

Z hľadiska prevádzkovej výkonnosti je to mechanická účinnosť (únosnosť). Ďalšie požiadavky na tunelové vozovky z hľadiska neštandardných podmienok sú:

- dlhá životnosť (návrhové obdobie);
- malé nároky na údržbu a dlhé cykly obnovy (tvarová stálosť);
- svetelná odrazivosť povrchu (menšia energetická náročnosť);
- kryt vozovky z nehorľavého a netoxického materiálu.

Tieto požiadavky vyplynuli najmä z dopravných nehôd s následnými požiarimi v stredne dlhých a dlhých tuneloch, pri ktorých sa prejavili negatívne vlastnosti asfaltových zmesí (prenos horenia po povrchu vozovky), energetická náročnosť na prevádzku tunela (osvetlenie a vetranie) a bilancie nákladov na obnovu vozoviek (opravy a obnova v stiesnených podmienkach). Výber typu konštrukcie vozovky je podmienený aj ďalšími faktormi a nielen protipožiarnymi:

- prítomnosť a podiel nákladnej dopravy;
- možnosť prepravy nebezpečných vecí;
- možnosti alternatívnej trasy pri odstavení tunela pri opravách.



Obr. 1 Tunel Považský Chlmec s CB krytom vozovky
Fig. 1 Považský Chlmec tunnel with cement concrete pavement

Table 1 Comparison of pavement cover properties

Property	Pavement cover	
	cement concrete	asphalt concrete
Service life	30–40 years	8–10 years
Temperature resistance	high	low
Fire resistance	high	low
Maintenance	minimal	regular
Driving comfort	harder surface	higher comfort

Therefore, it is necessary to clearly define all requirements when designing pavement in tunnels. From the perspective of operational suitability, the key aspects are [2]:

- roughness in both transverse and longitudinal directions;
- surface roughness and resistance to polishing.

From the perspective of operational performance, mechanical efficiency (load-bearing capacity) is essential. Additional requirements for tunnel pavements, considering non-standard conditions, include:

- long service life (design period);
- low maintenance needs and long renewal cycles (shape stability);
- surface light reflectivity (lower energy demand);
- pavement cover made of non-flammable and non-toxic material.

These requirements have mainly arisen from traffic accidents followed by fires in medium and long tunnels, where the negative properties of asphalt mixtures became apparent (e.g., fire propagation along the pavement cover), the high energy demands of tunnel operation (lighting and ventilation), and the cost balance of pavement renewal (repairs and reconstruction in confined conditions).

The choice of pavement structure type is also influenced by other factors beyond fire resistance, such as:

- the presence and proportion of heavy traffic;
- the possibility of transporting hazardous materials;
- the availability of alternative routes during tunnel closures for maintenance.

Based on these requirements, cement concrete pavement is preferred especially in cases of high-intensity heavy truck traffic due to its long service life, brightness, durability of skid-resistant surfaces, and minimal repair needs over its lifespan.

In many countries (e.g., Czech Republic, Austria, Germany, Belgium, Slovenia, etc.), for tunnels longer than 1km, only cement concrete pavement is permitted from a safety perspective.

Currently, all operational tunnels in Slovakia are equipped with cement concrete pavement (see Fig. 1, Fig. 2), with the exception of the oldest tunnel, Stratená (opened in 1972, 325m long), which has an asphalt pavement.

ADVANTAGES OF CEMENT CONCRETE PAVEMENT

Cement concrete pavements are one of the key types of pavement structures, particularly suitable for demanding operational conditions where minimal maintenance is required in environments with limited accessibility and operational risks especially where good evacuation and rescue options are needed in case of fire. This is a rigid pavement type, where the main load-bearing function is concentrated in the surface layer, which distributes the load to the underlying layers.

Na základe týchto požiadaviek je preferovaná vozovka s cementobetónovým krytom, najmä pri vysokej intenzite ťažkej nákladnej dopravy, z hľadiska životnosti, jej svetlosti a trvanlivosti protišmykovej úpravy a v neposlednom rade minimálnymi opravami počas životnosti. Taktiež v mnohých krajinách (Česko, Rakúsko, Nemecko, Belgicko, Slovinsko, atď.) pri dĺžke tunela nad 1 km je možné z hľadiska bezpečnosti navrhnúť iba cementobetónovú vozovku. V súčasnosti je na Slovensku vo všetkých prevádzkovaných tuneloch iba cementobetónová vozovka (obr. 1, obr. 2), s výnimkou najstaršieho tunela Stratená (rok uvedenia do prevádzky 1972, dĺžka 325 m, asfaltová vozovka).

VÝHODY CEMENTOBETÓNOVÉJ VOZOVKY

Cementobetónové vozovky predstavujú jeden z kľúčových typov konštrukcií vozoviek, ktoré majú uplatnenie najmä v náročných prevádzkových podmienkach, kde sa vyžaduje minimálna údržba v prostredí s obmedzenou prístupnosťou a prevádzkovým rizikom, najmä možnosťou dobrej evakuácie a záchrany v prípade vzniku požiaru. Je to tuhý typ konštrukcie vozovky, kde sa hlavná nosná funkcia sústreďuje do krytu, ktorý roznáša zataženie do podkladových vrstiev. Typickými vlastnosťami cementobetónového krytu sú:

- modul pružnosti betónu: 37 500 MPa;
- pevnosť v ťahu pri ohybe: $\geq 4,5$ MPa;
- hrúbka CB dosky v tuneloch: 24–30 cm.

Životný cyklus stavby bude mať zásadný vplyv na čerpanie kapitálových nákladov pre správcu komunikácie, ako aj na ekonomické a spoločenské nároky spojené s prevádzkou stavby. Každá oprava si vyžaduje obmedzenie dopravy. V súčasnosti je možné, ako na asfaltobetónových, tak aj na cementobetónových vozovkách, robiť opravy rýchlo, ale žiadna z nich nie je finančne nenáročná. Taktiež každá oprava je v metodike hodnotenia aktuálneho stavu vozovky zafinancovaná ako porucha. Preto čím menej opráv, tým lepšia prevádzkyschopnosť vozovky. Asfaltový kryt vozovky má životnosť iba 8–10 rokov. Životnosť 25 rokov je životnosť podkladu asfaltovej vozovky, nie krytu. Cementobetónový kryt vozovky má životnosť rovnakú ako je životnosť celej vozovky, teda 30 rokov.



Obr. 2 Tunel Šibenik s CB krytom vozovky
Fig. 2 Šibenik tunnel with cement concrete pavement

Typical properties of cement concrete pavement include:

- modulus of elasticity of concrete: 37,500MPa;
- flexural tensile strength: ≥ 4.5 MPa;
- thickness of concrete slab in tunnels: 24–30cm.

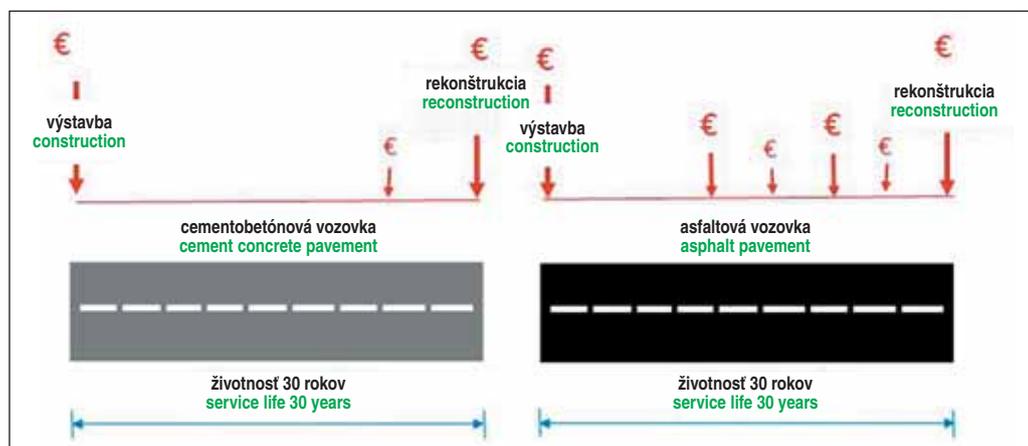
The life cycle of the structure has a significant impact on capital expenditure for the road operator, as well as on the economic and social demands associated with the operation of the infrastructure. Every repair requires traffic restrictions. Today, repairs can be carried out relatively quickly on both asphalt and cement concrete pavements, but neither is inexpensive. Moreover, every repair is classified as a defect by the pavement condition assessment methodology. Therefore, the fewer the repairs, the better the operational performance of the pavement.

Asphalt pavement has a service life of only 8–10 years. The often-quoted 25-year lifespan refers to the base layer of the asphalt pavement, not the cover. Cement concrete pavement, on the other hand, has a service life equal to that of the entire pavement structure about 30 years.

Asphalt concrete pavements are about 15–20% less demanding in terms of technology and cost during construction compared to cement concrete. However, from an operational cost perspective, they are more expensive due to the need for at least 2 to 3 cover replacements during their service life, each requiring traffic closures (see Fig. 3).

TECHNICAL CONDITIONS DETERMINING PAVEMENT DESIGN

The design, construction, operation, management, and maintenance of roads are governed not only by the relevant standards from the STN and STN EN systems but also by technical regulations approved by the Ministry of Transport of the Slovak Republic.



Obr. 3 Životný cyklus opráv (investícií) cementobetónovej a asfaltovej vozovky
Fig. 3 Life cycle of repairs (investments) for cement concrete and asphalt pavements

Asfaltobetónové vozovky sú pri realizácii technologicky a finančne menej náročné asi o 15–20 % v porovnaní s cementobetónovými. Z hľadiska prevádzkových nákladov sú finančne náročnejšie s nutnou uzáverou dopravy pri výmene krytu minimálne 2 až 3 krát počas životnosti (obr. 3).

TECHNICKÉ PODMIENKY ROZHODUJÚCE PRE NÁVRH VOZOVKY

Navrhovanie, realizácia, prevádzka, správa a údržba pozemných komunikácií sa okrem dotknutých noriem zo sústavy STN a STN EN riadi aj technickými predpismi rezortu, schválenými Ministerstvom dopravy SR.

Technické podmienky TP 033 „*Navrhovanie netuhých a polotuhých vozoviek*“ [2] a TP 098 „*Navrhovanie cementobetónových vozoviek na cestných komunikáciách*“ [3] obsahujú zásady návrhu konštrukčného usporiadania vozovky a postup pri posudzovaní dimenzií vrstiev a celej vozovky s uvážením zaťaženia od cestných vozidiel, únosnosti podlažia, vodného a teplotného režimu vozovky, ako aj klimatických podmienok. Základné kritériá, pomocou ktorých sa posudzujú konštrukcie vozoviek, sú diferencované podľa veľkosti dopravného zaťaženia, pričom sa rešpektujú štandardné a neštandardné vplyvy a podmienky v mieste stavby.

Pri procese rozhodovania v otázke výberu druhu krytu vozovky sú spracované technické podmienky TP 034 „*Metodika stanovovania finančných kritérií na výber hornej stavby vozoviek v cestnom staviteľstve*“ [5], ktoré určujú systematický postup výberu vozovky na základe objektívnych kvantifikovateľných ukazovateľov a kritérií definovaných aktuálnou úrovňou poznania v oblasti technických, ekonomických a ekologických faktorov výstavby a prevádzky cestných komunikácií. Technické podmienky určujú postup komplexného technicko-ekonomického posudzovania a porovnávania vozoviek podľa materiálno-konštrukčných charakteristík ich krytu. Postup zahŕňa:

- definovanie primárnych kritérií pre výber vozovky s cementobetónovým krytom;
- metódu a postup nákladovej analýzy životného cyklu vozoviek s rôznym typom krytu a metódu pre výpočet ekonomických indikátorov a ich spoľahlivosti;
- metódu posúdenia sekundárnych vplyvov a metódu pre výpočet ich závažnosti a spoľahlivosti;
- metódu pre konečný výber typu krytu vozovky podľa dosiahnutých výsledkov a ich spoľahlivosti.

V TP 034 je názorne spracované komplexné technicko-ekonomické posúdenie dvoch variantov a to asfaltovej a cementobetónovej vozovky. Hodnotenie je urobené dvomi spôsobmi, na základe primárnych kritérií a z hľadiska sekundárnych vplyvov.

Primárne kritériá umožňujú vybrať vozovku s cementobetónovým krytom bez ďalšieho posudzovania v prípade, ak ide sa o cestný úsek s ročným priemerom denných intenzít väčším ako 3 000 ťažkých nákladných vozidiel. Výber preferovaného typu krytu vozovky bol urobený na základe nákladovej analýzy životného cyklu stavby (LCCA – Life cycle cost analysis).

Výber preferovaného typu krytu vozovky z hľadiska sekundárnych vplyvov (PSV) je bodovým hodnotením. Vozovka s cementobetónovým krytom je preferovaná najmä pri vysokej intenzite ťažkej nákladnej dopravy, z hľadiska životnosti, jej svetlosti a trvanlivosti protišmykovej úpravy.

Ak preferovaný variant nebol vybraný na základe primárnych kritérií, LCCA a PSV poskytujú dostatok objektívnych indikátorov pre výber preferovaného variantu, keďže LCCA a PSV sú do istej miery založené na podobných vstupoch (investičné náklady, náklady na údržbu a rehabilitácie, objem dopravy, životnosť vozovky atď.).

Technical specifications TP 033 “*Design of flexible and semi-rigid pavements*” [2] and TP 098 “*Design of cement concrete pavements on roadways*” [3] contain principles for the structural design of pavements and procedures for assessing the dimensions of layers and the entire pavement structure, taking into account traffic loads, subgrade bearing capacity, water and temperature regimes, and climatic conditions. The basic criteria used to assess pavement structures are differentiated according to traffic load intensity, while also respecting standard and non-standard influences and conditions at the construction site.

In the decision-making process regarding the choice of pavement cover type, technical specification TP 034 “*Methodology for determining financial criteria for selecting pavement superstructures in road construction*” [5] provides a systematic approach to pavement selection based on objective, quantifiable indicators and criteria defined by the current level of knowledge in technical, economic, and environmental aspects of road construction and operation.

These technical specifications define the procedure for comprehensive technical-economic assessment and comparison of pavements based on the material and structural characteristics of their cover. The procedure includes:

- defining primary criteria for selecting cement concrete pavement;
- method and procedure for life-cycle cost analysis of pavements with different cover types, and the method for calculating economic indicators and their reliability;
- method for assessing secondary impacts and calculating their significance and reliability;
- method for final selection of pavement cover type based on the achieved results and their reliability.

TP 034 presents a clear and comprehensive technical-economic assessment of two pavement variants: asphalt and cement concrete. The evaluation is carried out in two ways based on primary criteria and secondary impacts.

The primary criteria allow for the selection of cement concrete pavement without further assessment if the road section has an average daily traffic volume exceeding 3,000 heavy goods vehicles. The preferred pavement type is selected based on a Life Cycle Cost Analysis (LCCA).

The selection based on secondary impacts (PSV) is done through a scoring system. Cement concrete pavement is preferred especially in cases of high heavy vehicle traffic, due to its long service life, surface brightness, and durability of skid resistance.

If the preferred variant is not selected based on primary criteria, the LCCA and PSV provide sufficient objective indicators for choosing the preferred option, as both are to some extent based on similar inputs (investment costs, maintenance and rehabilitation costs, traffic volume, pavement lifespan, etc.).

The Life Cycle Cost Analysis (LCCA) helps identify the preferred pavement type in terms of maximizing the efficiency of public spending (value for money). The Life Cycle Analysis (LCA) is the first step of LCCA and involves predicting the loss of functional performance (operational suitability and efficiency) of the pavement and planning rehabilitations that continuously extend its service life.

The methodology in TP 034 is applied to a case study comparing an asphalt pavement designed for $N_c = 27.48 \times 10^6$ standard axle passes. To maintain a 30-year service life for the asphalt pavement

Nákladová analýza životného cyklu stavby (LCCA) umožňuje identifikovať preferovaný variant realizácie typu krytu vozovky z hľadiska maximalizácie efektívnosti verejných zdrojov (hodnota za peniaze). LCA (Life Cycle Analysis) je prvým krokom LCCA a spočíva v predikcii straty funkčnej spôsobilosti (prevádzkovej spôsobilosti a prevádzkovej výkonnosti) vozovky a plánovaní rehabilitácií, ktoré kontinuálne predlžujú životnosť vozovky.

Metodika je aplikovaná v TP 034 na príklade asfaltovej vozovky namimenzovanej na počet prejazdov návrhovej nápravy $N_c = 27,48 \cdot 10^6$. Aby bolo možné zachovať životnosť asfaltovej vozovky (AC) na 30 rokov, je potrebná dôsledná aplikácia údržby a dve rehabilitácie (výmena asfaltového krytu) v priebehu životného cyklu (obr. 4). Analýza životného cyklu stavby LCA bola spracovaná na základe výstupov programu HDM-4 (Highway Development and Management) [7].

Metodika bola tiež aplikovaná na nevystuženú cementobetónovú vozovku (JPCP) s klznými ocelovými tržmi s počtom prejazdov návrhovej nápravy $N_c = 31,93 \cdot 10^6$. Počas životného cyklu sú nutné iba opravy sanačnou hmotou a výmena zálievok škár, kryt ostáva počas celej životnosti vozovky (obr. 5).

Vyššie uvedené typy vozoviek (asfaltobetónovej a cementobetónovej) na diaľnici boli umiestnené v tuneli, čo predstavuje neštandardné podmienky. Z hľadiska LCCA sú prepočítané dané typy konštrukcií vozoviek a z ich porovnania je preferovaný variant cementobetónovej vozovky. Čistá súčasná hodnota zníženia nákladov životného cyklu pri výbere cementobetónovej vozovky je 31 374 028 mil. € (obr. 6). Vnútorne výnosové percento je 53,49 %.

Technické podmienky TP 115 „Osvetlenie cestných tunelov“ [6] definujú zásady a požiadavky pre osvetlenie tunela. Pri potrebe osvetlenia cestného tunela sa rozlišuje krátky tunel alebo dlhý tunel. Požiadavky na osvetlenie dlhých a krátkych tunelov sa líšia podľa schopnosti prichádzajúcich vodičov vidieť cez tunel zo vzdialenosti rovnajúcej sa celkovej brzdnéj dráhe pred vstupným portálom. V TP sa odporúča, aby sa pri vjazde obmedzili svetlé povrchy a povrch vozovky pred portálmi by mal byť čím tmavší (využitie tieňu) a povrch

(AC), consistent maintenance and two rehabilitations (replacement of the asphalt cover) are required during its life cycle (see Fig. 4). The Life Cycle Analysis (LCA) was conducted using outputs from the HDM-4 (Highway Development and Management) program [7].

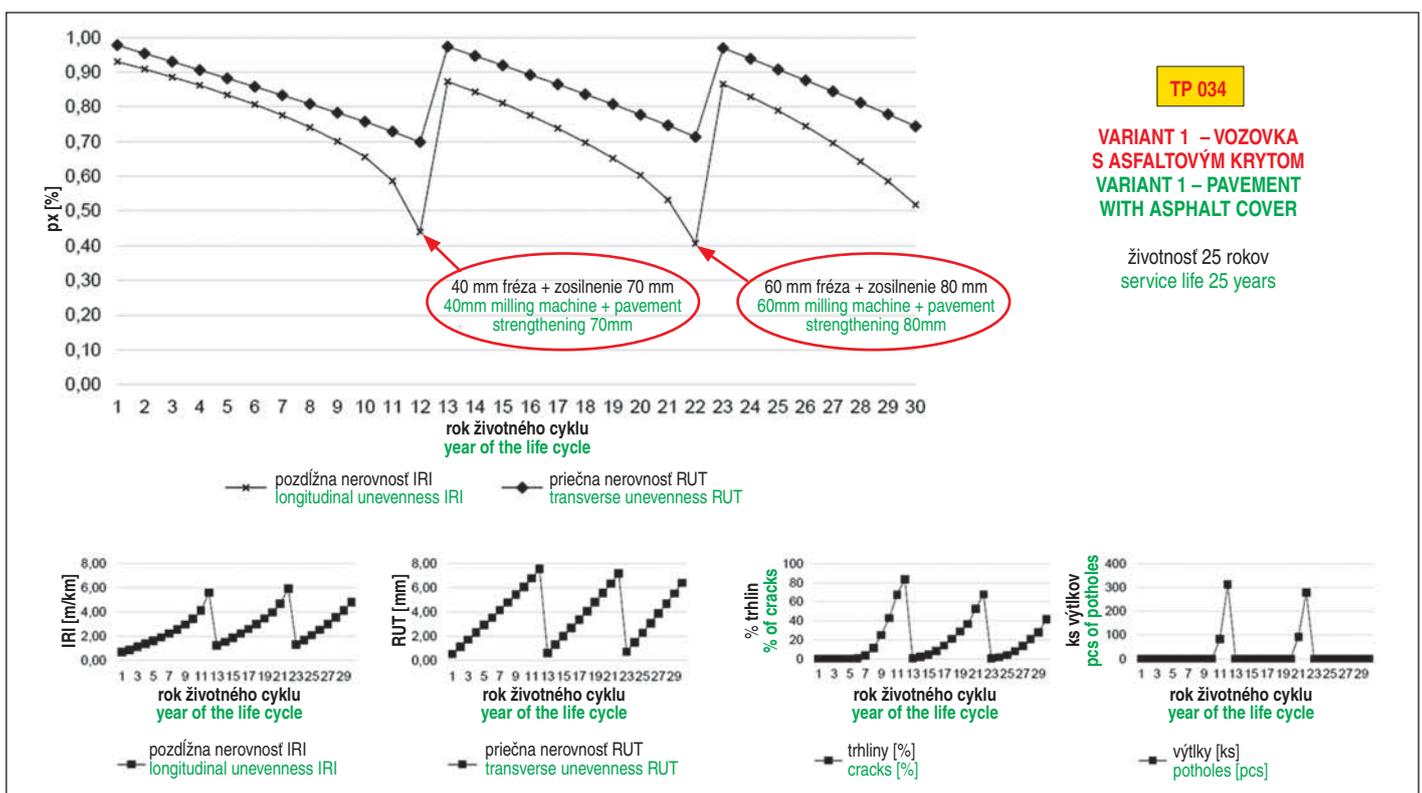
The methodology was also applied to an unreinforced cement concrete pavement (JPCP) with sliding steel dowels, designed for $N_c = 31.93 \times 10^6$ axle passes. Over its life cycle, only minor repairs with patching material and joint sealant replacements are needed, while the pavement cover remains intact throughout its entire service life (see Fig. 5).

Both pavement types (asphalt and cement concrete) were considered in a tunnel environment, which represents non-standard conditions. From the LCCA perspective, the recalculated pavement structures show a preference for cement concrete pavement. The net present value (NPV) of life cycle cost savings when choosing cement concrete pavement is €31,374,028 million (see Fig. 6), with an internal rate of return (IRR) of 53.49%.

Technical specification TP 115 “Lighting of Road Tunnels” [6] defines the principles and requirements for tunnel lighting. It distinguishes between short and long tunnels, with lighting requirements based on the driver’s ability to see through the tunnel from a distance equal to the total braking distance before the entrance portal. TP 115 recommends limiting bright surfaces at the tunnel entrance, using darker pavement before the portal (to benefit from shading), and light-colored pavement inside the tunnel.

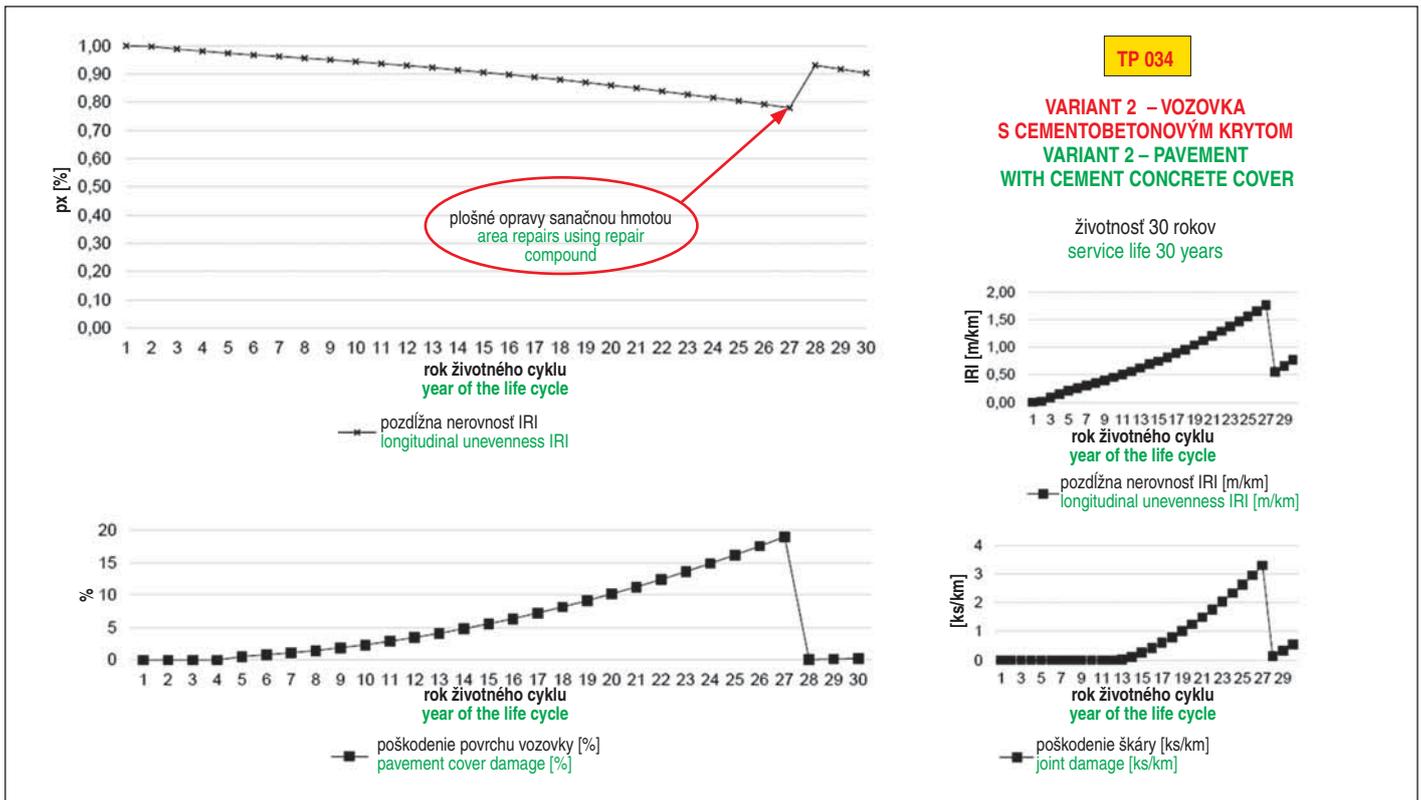
This highlights a key advantage of cement concrete, which is naturally light in color, has favorable optical surface properties, improves visibility, and reduces energy consumption for tunnel lighting.

TP 024 “Pavement Management System” [4] is a tool for effective budget allocation in pavement management, including



Obr. 4 Vývoj premenných parametrov vozovky v priebehu životného cyklu – Variant AC (TP 034)

Fig. 4 Development of variable pavement parameters over the life cycle – AC Variant (TP 034)



Obr. 5 Vývoj premenných parametrov vozovky v priebehu životného cyklu – Variant CB (TP 034)
 Fig. 5 Development of variable pavement parameters over the life cycle – CB Variant (TP 034)

vozovky vo vnútri tunela má byť svetlý. Z uvedeného vyplýva, že cementobetón je prirodzene svetlej farby a má priaznivé optické vlastnosti povrchu, lepšiu viditeľnosť a vyžaduje menej energií na verejné osvetlenie.

Technické podmienky TP 024 „Systém hospodárenia s vozovkami“ [4] sú nástrojom na efektívne delenie rozpočtu pri správe vozoviek,

maintenance, repair, and reconstruction. The system ensures efficient use of financial resources by road administrators. It provides information on the operational suitability and performance parameters of road pavements, taking into account technical, traffic, and economic factors, and defines the processes for maintenance and repair.

Z hľadiska LCCA je preferovaný Variant 2 – cementobetónová vozovka, JPCP
 From the perspective of LCCA (Life-Cycle Cost Analysis), Variant 2 – cement concrete pavement, JPCP is preferred
 Čistá súčasná hodnota zníženia nákladov životného cyklu pri výbere Variantu 2 je 31 374,028 mil. €
 The net present value of life-cycle cost savings when choosing Variant 2 is €31,374.028 million
 Vnútroštné výnosové percento pri výbere Variantu 2 je 53,49 %
 The internal rate of return for Variant 2 is 53.49%

Tabuľka 35 – Posúdenie sekundárnych vplyvov
 Table 35 – Assessment of secondary impacts

Sekundárne vplyvy Secondary impacts	Vozovky s asfaltovým krytom Pavements with asphalt cover	Vozovky s cementobetónovým krytom Pavements with cement concrete cover
1a geotechnické a hydrogeologické pomery geotechnical and hydrogeological conditions stabilné podlažie stable subgrade	0	0
2b stredné intenzity ťažkej nákladnej dopravy medium intensity of heavy freight traffic	2	1
5 uplatnenie v tuneloch use in tunnels	0	0
6 skúsenosť s výstavbou a údržbou cesty experience with road construction and maintenance	2	1
7 nezávislosť na surovinách dovážaných zo zahraničia independence from raw materials imported from abroad	1	3
8 životnosť vozovky pavement service life	1	4
9a časová a technologická náročnosť opráv lokálnych time and technological demands of local repairs	2	1
9b v súvislých úsekoch in continuous sections	3	1
10 nezávislosť výstavby a opráv konštrukcie na meteorologických vplyvoch independence of construction and repairs from weather conditions	2	1
11 možnosť recyklácie pri rekonštrukcii vozovky possibility of recycling during pavement reconstruction	0	0
12 komfort jazdy ride comfort	0	0
13 protismykové vlastnosti povrchu po uvedení do prevádzky skid resistance of the cover after commissioning	2	1
14 trvanlivosť protismykovej úpravy povrchu durability of skid-resistant surface treatment	1	3
15 svetlosť povrchu vozovky pavement cover brightness	1	3
16 hlučnosť povrchu na novo budovaných pozemných komunikáciách noise level of the cover on newly built roads	3	2
17a dopad na životné prostredie v súvislosti s výstavbou environmental impact related to construction	0	0
17b počas životnosti environmental impact during service life	1	3
bodová hodnota posúdenia sekundárnych vplyvov point score for secondary impact assessment	CBHSV _{as} 21	CBHSV _{cb} 24

TP 034

IDSV = 30.61

Tabuľka 36 – Hodnotenie spoľahlivosti výsledku LCCA
 Table 36 – Reliability assessment of LCCA results

VVP _o [%]	(ČSHZ _o / SHNZ _o) 100, [%]	Spôľahlivosť výsledku LCCA Reliability of LCCA results
45 – 60	1 – 3	vysoká high

Tabuľka 37 – Hodnotenie spoľahlivosti výsledku LPSV
 Table 37 – Reliability assessment of LPSV results

IDSV	Závažnosť a spoľahlivosť výsledku PSV Severity and reliability of PSV results
30 – 40	vysoká high

Tabuľka 38 – Výber variantu typu krytu vozovky
 Table 38 – Selection of pavement cover type variant

Spôľahlivosť výsledku LCCA Reliability of LCCA results	Závažnosť a spoľahlivosť výsledku PSV Severity and reliability of PSV results	Výber variantu typu krytu vozovky Selection of variant of pavement cover type
vysoká high	veľmi nízka very low	výber podľa záverov LCCA a PSV selection based on LCCA and PSV conclusions
	nízka low	
	primerená adequate	
	vysoká high	
	veľmi vysoká very high	

je vybraný Variant 2 – vozovka s cementobetónovým krytom, JPCP
 the selected variant 2 is the pavement with cement concrete cover, JPCP

Obr. 6 Posúdenie sekundárnych vplyvov pre vozovky na diaľnici v tuneli (TP 034)
 Fig. 6 Assessment of secondary impacts for highway pavements in a tunnel (TP 034)

so zahrnutím údržby, opravy a rekonštrukcie vozovky. Systém zabezpečuje efektívne čerpanie finančných prostriedkov pre správcov komunikácií. Obsahuje informácie o parametroch prevádzkovej spôsobilosti a prevádzkovej výkonnosti cestnej vozovky pri zohľadnení technických, dopravných a ekonomických činiteľov a určuje proces údržby a opráv. Preto je dôležité už v návrhu konštrukcie vozovky zapracovať aj hľadisko analýzy nákladov životného cyklu spojených so správou vozoviek počas celej životnosti a tiež triedu dopravného zaťaženia a počet prejazdov návrhových náprav počas celej životnosti vozovky.

Možnosť použitia asfaltových zmesí do tunela umožňuje dodatok k technicko-kvalitatívnym podmienkam TKP 26, podložený rozborovou úlohou (RÚ) „Analýza možností použitia asfaltových zmesí v cestných tuneloch z hľadiska ich protipožiarnej bezpečnosti“ [8]. Cieľom RÚ bolo preukázať možnosť použitia asfaltových zmesí v cestných tuneloch bez zníženia ich bezpečnosti z hľadiska požiarnej ochrany. Rozborová úloha poukazuje na to, že horenie asfaltu je mimoriadne komplikovaný fyzikálno-chemický dej, pri ktorom postupne dochádza k zahrievaniu, rozkladu, vznieteniu a spaľovaniu, za vzniku dymu, ako následok nedokonalého spaľovania jednotlivých zložiek asfaltu. Ale nevylučuje jeho horenie. Horenie asfaltu rozdeľuje do troch fáz v závislosti od zvýšenia teploty.

Rozborová úloha rieši iba jedno hľadisko, a to horľavosť asfaltu (asfaltových zmesí), nezaobrá sa komplexne hľadiskom mechaniky a navrhovania vozoviek. Nie je možné iba na základe horľavosti asfaltu stanoviť vhodnosť použitia daného typu krytu do tunelov. RÚ nerieši ani ekonomickú efektívnosť, preto tvrdenie o znížení finančných nákladov je nepodložené a mylné.

ZÁVER

Cementobetónové vozovky v tuneloch predstavujú spoľahlivé, trvácne a udržateľné riešenie pre moderné dopravné projekty s vysokou životnosťou, pevnosťou a odolnosťou voči extrémnym podmienkam. Ich využitie má opodstatnenie najmä v tunelových úsekoch, kde sú prevádzkové, bezpečnostné a údržbové požiadavky mimoriadne prísne.

K návrhu konštrukcií vozoviek treba pristupovať systémovo a komplexne. Preto je dôležité už pri návrhu vozovky zapracovať aj hľadisko analýzy nákladov životného cyklu spojených so správou vozoviek počas celej životnosti. V platných predpisoch a normách je nastavený systém zabezpečujúci efektívne čerpanie finančných prostriedkov pre správcov komunikácií, ktorým je potrebné sa riadiť.

Príspevok vznikol s podporou projektu VEGA 1/0463/24 „Implementácia inovatívnych riešení a technológií v systémovom prístupe navrhovania vozoviek“.

doc. Ing. ANDREA ZUZULOVÁ, PhD.,
andrea.zuzulova@stuba.sk,
STU v Bratislave, Stavebná fakulta

Recenzoval **Reviewed:** Ing. Miloslav Frankovský

Therefore, it is important to incorporate life cycle cost analysis into the pavement design phase, considering the entire lifespan of the pavement, the traffic load class, and the number of standard axle passes over its lifetime.

The possibility of using asphalt mixtures in tunnels is addressed in an addendum to the technical-quality conditions TKP 26, supported by the analytical study (RÚ) “*Analysis of the Possibility of Using Asphalt Mixtures in Road Tunnels from the Perspective of Fire Safety*” [8]. The aim of this study was to demonstrate that asphalt mixtures can be used in road tunnels without compromising fire safety.

The study points out that asphalt combustion is a highly complex physico-chemical process, involving gradual heating, decomposition, ignition, and burning, accompanied by smoke due to incomplete combustion of asphalt components. However, it does not rule out the possibility of asphalt burning. The combustion process is divided into three phases, depending on the temperature increase.

Importantly, the study addresses only the flammability of asphalt (and asphalt mixtures) and does not comprehensively consider pavement mechanics or structural design. Therefore, it is not sufficient to determine the suitability of asphalt pavement in tunnels based solely on flammability. The study also does not evaluate economic efficiency, making any claims about cost savings are unsupported and misleading.

CONCLUSION

Cement concrete pavements in tunnels represent a reliable, durable, and sustainable solution for modern transport projects, offering high service life, strength, and resistance to extreme conditions. Their use is particularly justified in tunnel sections, where operational, safety, and maintenance requirements are exceptionally strict.

Pavement structure design must be approached systematically and comprehensively. Therefore, it is essential to incorporate life cycle cost analysis already at the design stage, considering the full lifespan of the pavement. Existing regulations and standards provide a framework that ensures the efficient use of financial resources by road administrators and should be followed accordingly.

This paper was developed with the support of the VEGA project 1/0463/24: “*Implementation of Innovative Solutions and Technologies in a Systemic Approach to Pavement Design*.”

doc. Ing. ANDREA ZUZULOVÁ, PhD.,
andrea.zuzulova@stuba.sk,
STU v Bratislave, Stavebná fakulta

LITERATURA / REFERENCES

- [1] TP 033 Navrhovanie netuhých a polotuhých vozoviek, MD SR, 2009.
- [2] ŠRÁMEK, J., DECKÝ, M., ZUZULOVÁ, A. a kol. *Trvaloudržateľná výstavba a správa tunelových vozoviek*, EDIS ŽU, 2021, ISBN 978-80-554-1791-2.
- [3] TP 098 Navrhovanie cementobetónových vozoviek na cestných komunikáciách, MD SR, 2015.
- [4] TP 024 Systém hospodárenia s vozovkami, MD SR, 2006.
- [5] TP 034 Metodika stanovenia finančných kritérií na výber hornej stavby vozoviek v cestnom staviteľstve, MD SR, 2023.
- [6] TP 115 Osvetlenie cestných tunelov, MD SR, 2020.
- [7] TP 057 Metodika pre používanie HDM v podmienkach SR, MD SR 2018.
- [8] VUIS – CESTI, *Rozborová úloha – Analýza možností použitia asfaltových zmesí v cestných tuneloch z hľadiska ich protipožiarnej bezpečnosti*, Slovenskej správy ciest, Bratislava 2021.

NÁVRH, KONSTRUKCE A PROVOZ MOBILNÍHO BEDNĚNÍ PRO HLOUBENÉ TUNELY

DESIGN, STRUCTURE, AND OPERATION OF MOBILE FORMWORK FOR CUT-AND-COVER TUNNELS

PETR BORTLÍK

ABSTRAKT

Tento článek popisuje vývoj, návrh a realizaci mobilního bednění pro hloubený tunel v rámci rekonstrukce dopravní infrastruktury. Bednění bylo navrženo jako zcela nový prvek („z čistého stolu“) s cílem výrazně urychlit výstavbu a zároveň splnit specifické požadavky zadavatele. Hlavním cílem návrhu bylo minimalizovat potřebu ruční manipulace, zvýšit efektivitu práce a umožnit snadný přesun zařízení mezi jednotlivými úseky tunelu bez nutnosti demontáže. Po dokončení návrhu následovala výroba, funkční zkoušky a uvedení zařízení do provozu. V rámci provozního ověření byla potvrzena únosnost jednotlivých prvků v souladu se statickým výpočtem. Součástí projektu byla také montáž zařízení přímo na místě instalace a jeho přesun do druhého tunelového tubusu. Celý proces – od návrhu přes výrobu až po instalaci – byl realizován v časovém horizontu přibližně 8–10 měsíců, což představuje mimořádně rychlou realizaci vzhledem k rozsahu a technické náročnosti zařízení.

ABSTRACT

This article describes the development, design, and realisation of mobile formwork for a cut-and-cover tunnel within the reconstruction of transportation infrastructure. The formwork was designed as an entirely new component (“a blank canvas”) with the goal of significantly improving the speed of construction and also to meet the specific requirements of the client. The main goal of the design was to minimise the need for manual manipulation, increase work effectiveness, and facilitate easy relocation of the device between individual sections of the tunnel without the need for disassembly. Following the completion of the design, the fabrication, functional tests, and launching of the device ensued. Within operational verifications, the load-bearing capacity of individual elements was confirmed to correlate with the static design. Also, a part of the project was the assembly of the device directly at the site of installation and its relocation into the second tunnel tube. The entire process – from design, through fabrication to assembly – was realised in a time frame of approximately 8–10 months, which represents an exceptionally fast realisation regarding the extent and technical nature of the device.

ÚVOD

V posledních letech dochází v oblasti podzemního stavitelství k výraznému posunu směrem k vyšší efektivitě, bezpečnosti a technologické flexibilitě. Zvláště v městském prostředí, kde je výstavba často omezena prostorem, časem a přísnými bezpečnostními předpisy, je nezbytné hledat inovativní řešení, která umožní zrychlení stavebních procesů bez kompromisů v oblasti kvality a provozní spolehlivosti.

Jedním z takových projektů je vývoj mobilního bednění pro hloubený tunel v norském Oslu, který je součástí rozsáhlé modernizace dopravní tepny E18. Jedná se o tunel dlouhý 460 m s dvěma tunelovými tubusy v každém směru se čtyřmi jízdními pruhy. Zadání, které obdržela společnost OSTROJ a.s., představovalo komplexní technickou výzvu – navrhnout zařízení, které bude plně přizpůsobeno specifickým podmínkám stavby, umožní rychlou a bezpečnou betonáž stěn i stropu v jednom kroku a zároveň bude snadno přemístitelné bez nutnosti demontáže.

Projekt byl od počátku koncipován jako vývoj „z čistého stolu“, bez použití existujících systémových řešení. To umožnilo navrhnout zařízení přesně podle potřeb zákazníka, ale zároveň kladlo vysoké nároky na konstrukční kreativitu, výpočtovou přesnost a důsledné testování. Výsledkem je mobilní bednicí systém s výškovou variabilitou v rozsahu 6–8 m, šířkovou roztažitelností a celkovými půdorysnými rozměry jednoho bloku 20 × 20 m,

INTRODUCTION

In recent years, a distinct shift towards higher efficiency, safety, and technological flexibility has been happening in the field of underground construction. Especially in urban areas, where construction is often constricted by space, time, and stringent safety regulations, it is vital to seek innovative solutions that facilitate the acceleration of construction processes without compromises in the areas of quality and operational reliability.

One of these projects is the development of a mobile formwork system for a cut-and-cover tunnel in Oslo, Norway, which is a part of an in-depth modernisation of the E18 arterial road. In question is a 460m long tunnel with two tunnel tubes and four driving lanes in each direction. The assignment received by the OSTROJ a.s. Company posed a complex technical challenge – design a device that will be fully adapted to specific conditions of the construction, it will allow fast, safe concreting of the walls and even ceiling in one step, and simultaneously it will be easily movable without the need for disassembly.

The project was conceived from the get-go as a “blank canvas” design without using existing system solutions. That made it possible to design a device to precisely fit the needs of the customer. However, it also made demands on construction creativity, computing accuracy, and thorough testing. The result is a mobile formwork system with vertical variability in the range of 6–8m, lateral extendibility, and overall ground plan dimensions

kteřý byl navržen s důrazem na minimalizaci ruční manipulace a optimalizaci pracovních procesů.

Veškerá projektová dokumentace tunelu byla zpracovávána v prostředí 3D modelování s online přístupem pro všechny zúčastněné strany. Tento přístup umožnil průběžné sledování vývoje návrhu technologického zařízení a operativních reakcí na jeho změny. Významně tak přispěl ke zvýšení efektivity projektových činností a ke zlepšení komunikace mezi projektantem a investorem.

Tento článek popisuje celý proces návrhu, výpočtového ověření a provozního testování zařízení. Důraz je kladen na problémy, které bylo nutné překonat, a na inovativní přístupy, které umožnily realizaci zařízení v rekordně krátkém čase. Projekt je příkladem úspěšného propojení tradičních technologií s moderními požadavky na efektivitu a bezpečnost v oblasti výstavby hloubených tunelů.

KDYŽ SE TECHNIKA POTKÁ S INSPIRACÍ Z PODZEMÍ – NÁVRH KONSTRUKCE

V rámci návrhu mobilního bednění pro hloubený tunel v Oslu bylo zvoleno konstrukčně promyšlené a zároveň praktické řešení, které vycházelo z požadavků na snadnou manipulaci, provozní flexibilitu a bezpečnost. Základní koncepce spočívala v rozdělení bednění na dva samostatné díly, které při betonáži fungují jako jeden celek. Toto rozhodnutí bylo učiněno na základě technických a logistických omezení – konstrukce o půdorysných rozměrech 20 × 20 m by jako jeden celek nebyla efektivně manipulovatelná ani přepravitelná.

Po definování základní koncepce následovala konstrukční fáze, která se zaměřila na návrh nosné struktury a její podepření. Vzhledem k délce zařízení bylo nutné navrhnout podpěrný systém, který by minimalizoval potřebu ruční práce a zároveň zajistil dostatečnou stabilitu. Inspirace byla převzata z důlního průmyslu, konkrétně z technologie hydraulických stojek, které OSTROJ a.s. vyrábí již po několik desetiletí. Tyto prvky byly adaptovány pro použití v bednicím systému, což představovalo inovativní přístup v oblasti tunelového stavitelství. Na základě výpočtů bylo stanoveno, že pro celý systém bude zapotřebí 88 hydraulických podpěr.

of one block of 20 × 20m, which was designed with the aim of minimising manual manipulation and optimising work processes.

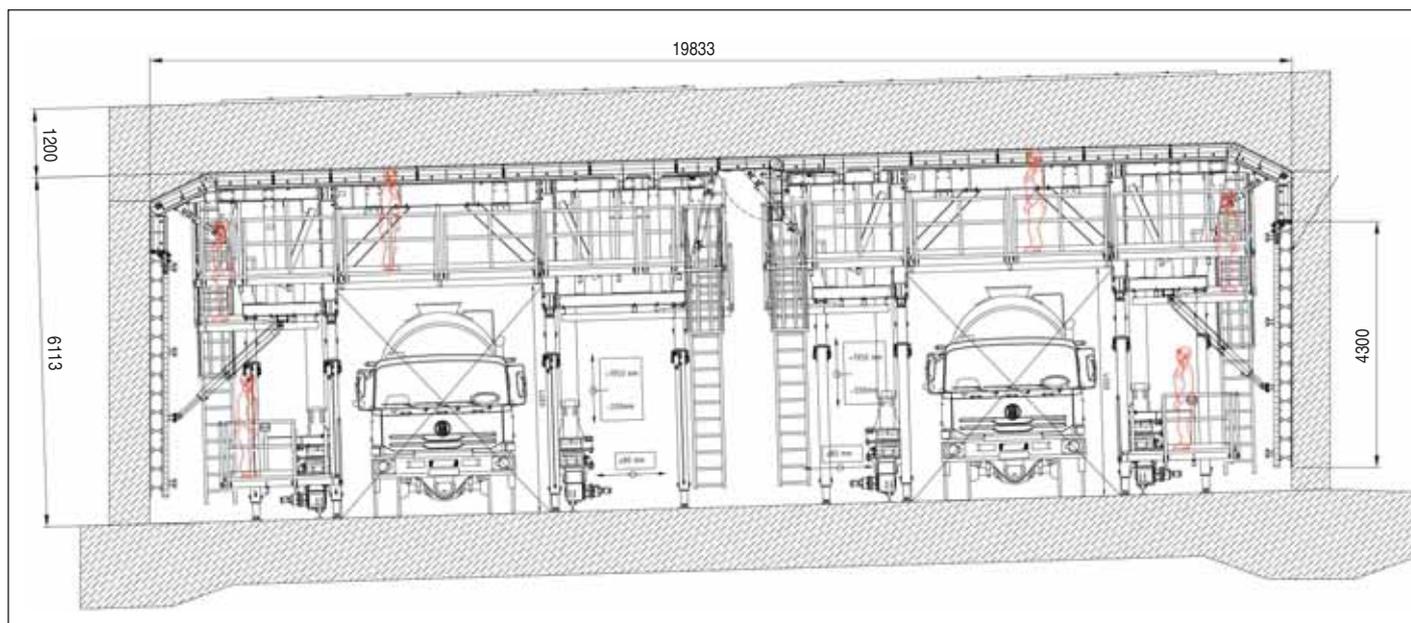
The entire project documentation for the tunnel was made in a 3D modelling environment with online access to all the parties involved. This access allowed continuous monitoring of the developing design of the technological device and operational reactions to its changes. Therefore, it significantly contributed to the increase in effectiveness of project activities and to the improvement of communication between the designer and the customer.

This article describes the entire design process, calculation verification, and operation testing of the device. Emphasis is put on problems that needed to be overcome, and on innovative approaches, which facilitated the realisation of the device in record time. The project is a case of a successful connection of traditional technologies with modern requirements for efficiency and safety in the area of cut-and-cover tunnel construction.

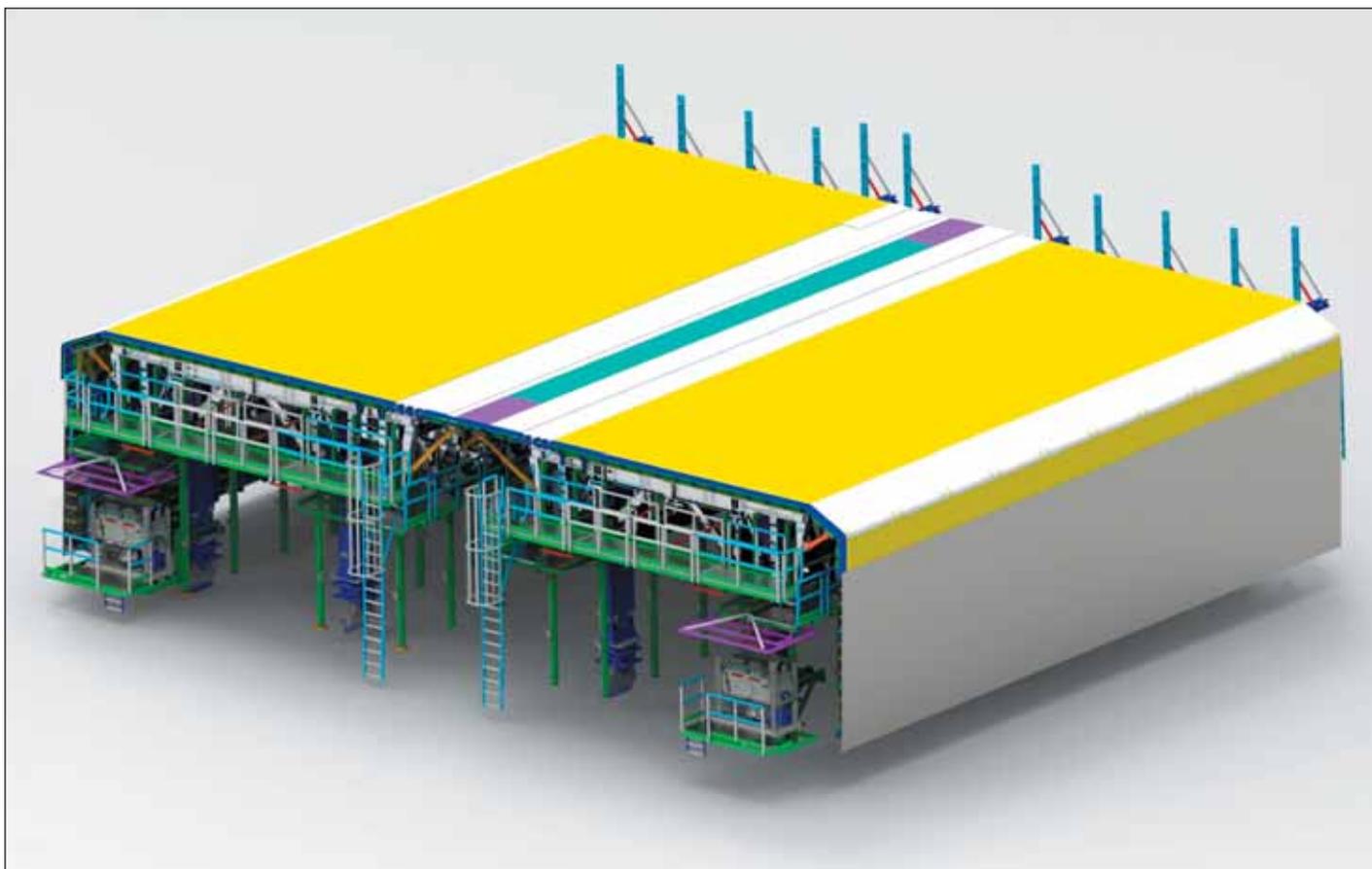
WHEN TECHNOLOGY MEETS INSPIRATION FROM THE UNDERGROUND – STRUCTURE DESIGN

The chosen design for mobile formwork for a cut-and-cover tunnel in Oslo was a structurally elaborate as well as practical solution, which was based on the requirements for easy manipulation, operational flexibility, and safety. The fundamental conception resides in the separation of the formwork into two standalone parts, which work as one unit during concreting. This decision was made on the basis of technical and logistical constraints – the structure with ground plan dimensions of 20 × 20m would not be effectively controllable or movable as a whole.

After defining the basic conception, the construction phase followed, which focused on the design of the load-bearing structure and its support. Regarding the length of the device, it was necessary to design a supporting system that would minimise the need for manual labour, together with securing sufficient stability. Inspiration was borrowed from the mining industry, specifically from the technology of hydraulic struts, which OSTROJ a.s. has already been producing for decades. These components were adapted for use in the formwork system, which represented an innovative approach in the area of tunnel construction. Determined



Obr. 1 Návrhový koncept bednění
Fig. 1 Formwork design concept



Obr. 2 3D model zařízení
Fig. 2 3D model of the device

Zařízení bylo navrženo s výškovou variabilitou v rozsahu 6–8 m, kterou zajišťují hydraulické válce. Šířková roztažitelnost byla realizována pomocí výsuvných stropnic podle mechanizovaných výztuží běžně používaných v důlním prostředí v České republice, Polsku a na Slovensku. Tato konstrukční flexibilita umožňuje přizpůsobení zařízení různým geometriím tunelového profilu.

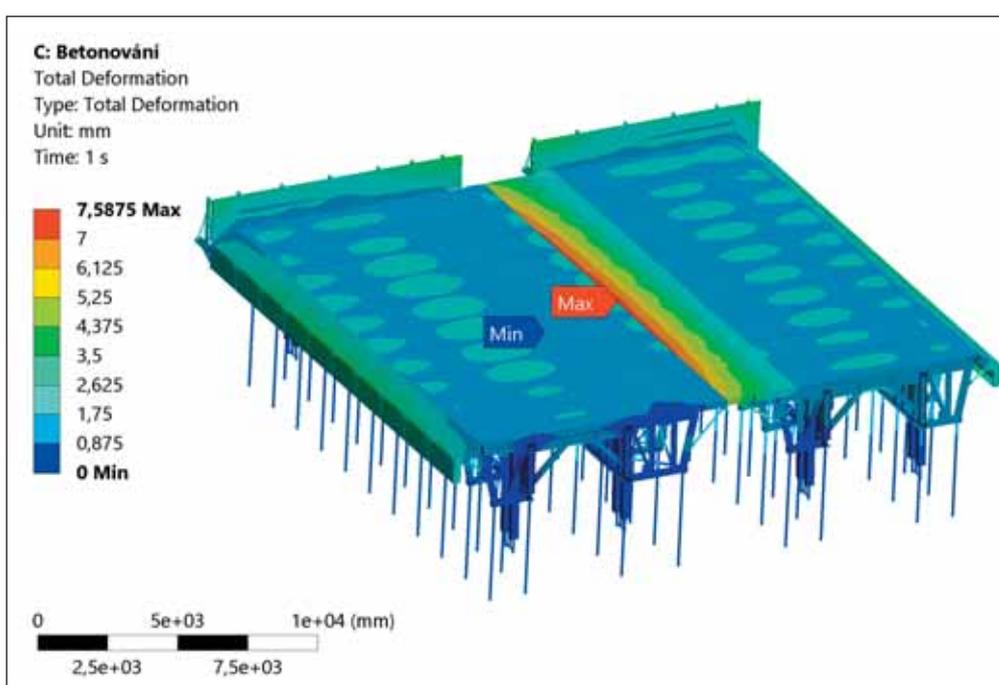
Dalším technickým oříškem bylo zavěšení stěnového bednění, neboť zákazník požadoval možnost současné betonáže stěn i stropu, což není běžným standardem. Po sérii konzultací bylo zvoleno řešení kombinující systémové bednění ovládané hydraulickými válci. Toto řešení je konstrukčně jednoduché, avšak vykazuje nižší tuhost, což bylo zohledněno v návrhu a výpočtech bednění.

Pohon zařízení zajišťuje hydraulický agregát vybavený bezpečnostními prvky a možností vzdáleného monitorování a programování. Zařízení bylo navrženo tak, aby bylo plně funkční i v zimních podmínkách, což bylo nezbytné vzhledem k lokalitě stavby.

Výsledkem konstrukčního návrhu je mobilní bednění tvořené dvěma

on the basis of a calculation was, that for the entire system, 88 hydraulic struts will be needed.

The device was designed with a vertical variability ranging from 6 to 8m, which is provided by hydraulic cylinders. Width extendibility was realised thanks to girders telescoping along powered roof supports commonly used in the mining environment



Obr. 3 Max. deformace při betonování – 8 mm
Fig. 3 Max. deformation during concreting – 8mm

samostatnými vozíky pohybujícími se po kolejích (obr. 1 a 2). Celý systém byl navržen v souladu s platnými evropskými normami a standardy, prošel analýzami rizik a byl doplněn o veškerou potřebnou dokumentaci pro vydání ES prohlášení o shodě. Součástí dodávky je také návod k použití, seznam náhradních dílů a kompletní výkresová dokumentace.

VÝPOČTOVÉ ŘEŠENÍ BĚDNĚNÍ

S ohledem na rozsah a komplexnost navrženého zařízení bylo rozhodnuto provést dva nezávislé výpočty, které by vzájemně ověřily správnost návrhu a poskytly relevantní výsledky odpovídající reálnému provozu. Prvním krokem byl klasický statický posudek, který sloužil jako základní ověření únosnosti a stability konstrukce. Druhým, paralelně vedeným přístupem, byla numerická simulace pomocí metody konečných prvků (MKP) v programu ANSYS (obr. 3), která umožnila detailní analýzu napětí a deformací v jednotlivých částech konstrukce.

Výpočtová fáze byla mimořádně náročná jak z hlediska výpočetního času, tak i volby vhodné velikosti výpočetních elementů. Kvůli k velkému množství konstrukčních prvků bylo nezbytné optimalizovat síť tak, aby výsledky nebyly zkresleny, ale zároveň bylo možné je získat v rozumném čase.

Vzhledem k umístění zařízení v městském hloubeném tunelu bylo nutné zohlednit komplexní zatěžovací stavy. Kromě vlastní tíhy konstrukce a zatížení čerstvým betonem (cca 1200 tun) bylo nutné uvažovat také zatížení od armatury (cca 100 tun), zatížení větrem a sněhem, které jsou v dané lokalitě významné, a dále provozní zatížení vznikající při manipulaci a přesunu zařízení. Všechny tyto hodnoty byly dále násobeny bezpečnostním koeficientem 1,5, což vedlo k velmi vysokým návrhovým hodnotám.

Cílem výpočtové části bylo získat výsledky, které se budou shodovat v obou metodách výpočtu a potvrdí tak správnost návrhu. Po zadání všech okrajových podmínek a zatěžovacích stavů byly výsledky napětí a deformací v obou výpočtech téměř totožné, což potvrdilo správnost modelu i vstupních parametrů.

Zvláštní pozornost byla věnována zatížení podpěrných stojek v maximálně vysunutém stavu, neboť právě zde je konstrukce nejvíce náchylná ke ztrátě stability. Výsledky výpočtů umožnily přesné dimenzování také těchto prvků a ověření jejich bezpečnosti.

Zařízení nebylo dimenzováno pouze na statické zatížení během betonáže, ale také na stabilitu při přesunu a při provozu ve výškových úrovních 6 a 8 m. V těchto případech bylo nutné zohlednit boční zatížení větrem působící na velké plochy stěnového bednění, které by mohlo ovlivnit stabilitu celého systému.

in the Czech Republic, Poland, and Slovakia. This design flexibility enables the device to adapt to different tunnel profile geometries.

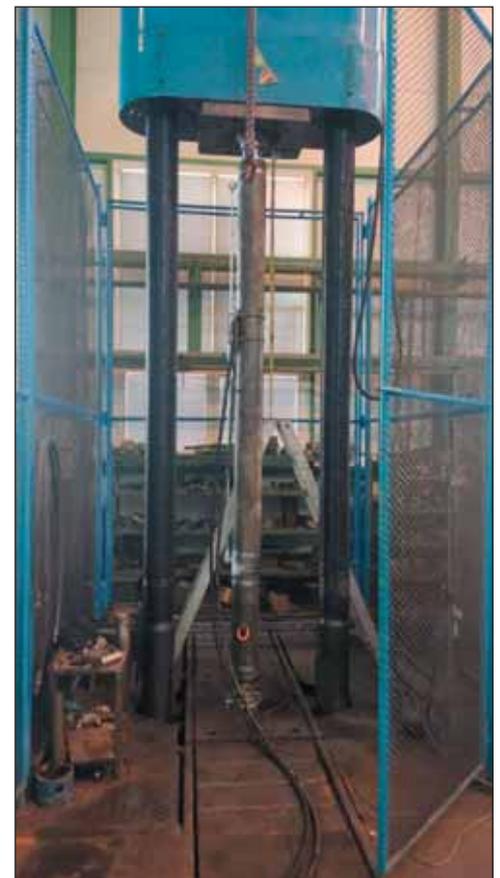
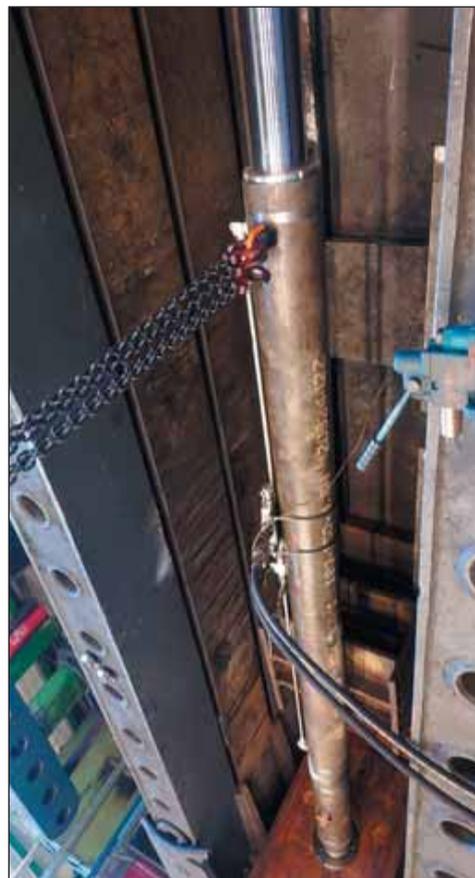
Another technical challenge was the suspension of wall formwork, since the customer required an option of concurrent concreting of the walls and the ceiling, which is not common practice. After a series of consultations, a solution combining system formwork controlled by hydraulic cylinders was chosen. This solution is simple construction-wise, although it shows lower stiffness, which was taken into account in the design and calculations of the formwork.

Propulsion of the device is provided by a hydraulic generator fitted with safety components and the option of remote monitoring and programming. The device was designed so that it would be fully functional even in winter conditions, which was indispensable in regard to the location of the construction site.

The result of the construction design is a mobile formwork system made up of two standalone carts moving on rails (Fig. 1 and 2). The entire system was designed in accordance with valid European norms and standards. It passed risk analysis and was supplemented by all the necessary documentation for the release of a CE Conformity Declaration. The delivery also contains a user manual, a list of spare parts, and the complete drawing documentation.

FORMWORK COMPUTATIONAL SOLUTION

Regarding the extent and complexity of the designed device, it was decided to carry out two independent calculations, which would reciprocally verify the correctness of the design and provide relevant results correlating to actual use. The first step was a classic static analysis, which served as a fundamental verification of the load-bearing capacity and stability of the structure. Second,



Obr. 4 Zkouška podstavného válce na vzpěr a zkouška těsnosti
Fig. 4 Buckling test of a pedestal cylinder and tightness test



Obr. 5 Kontrolní montáž a funkční zkoušky v OSTROJ a.s.
Fig. 5 Inspection assembly and functional tests at OSTROJ a.s.

FUNKČNÍ ZKOUŠKY ZAŘÍZENÍ

Před samotným uvedením zařízení do provozu byla provedena řada funkčních a zátěžových zkoušek, jejichž cílem bylo ověřit konstrukční návrh, provozní spolehlivost a bezpečnost jednotlivých komponent. Zvláštní pozornost byla věnována podpěrným stojkám, které byly testovány na vzpěr v maximálně vysunutém stavu. Tato zkouška byla klíčová pro ověření jejich nadimenzování vzhledem k očekávanému zatížení (obr. 4).

Další zkoušky se zaměřily na pokles při maximálním zatížení po dobu ustavení zařízení a na těsnost systému. Tyto parametry jsou zásadní pro zajištění dlouhodobé funkčnosti a bezpečnosti zařízení v provozu (obr. 4).

Zkušební montáž zařízení (obr. 5) probíhala ve dvou fázích. V první fázi byla zkompletována jedna polovina bednění, následně

a parallel run approach was a numerical simulation using the Finite Element Method (FEM) in the ANSYS program (Fig. 3), which facilitated detailed analysis of stress and deformation in individual sections of the structure.

The computation phase was exceptionally demanding not only from the viewpoint of computing time, but also due to the choice of appropriate sizes of computing elements. Regarding the large amount of structural elements, it was necessary to optimise the mesh such that the results would not be distorted, but simultaneously, that the calculations would be carried out in a reasonable time.

Given that the device was located in an urban cut-and-cover tunnel, it was necessary to take into consideration complex load states. Besides the dead load of the

structure and loading by fresh concrete (ca 1200 tons), it was also vital to take into account reinforcement loads (ca 100 tons), wind and snow loads, which are significant in the area, and then live loads that arise during the manipulation and moving of the device. All of these values were then multiplied by a factor of safety of 1.5, which led to very high design values.

The goal of the computational part was to gather results that would correlate in both of the calculation methods and would therefore confirm the correctness of the design. After inputting all of the boundary conditions and load states, the results of stresses and deformations in both calculations were nearly identical, confirming the correctness of the model and even the input parameters.

Extra attention was given to loads of supporting struts in the maximally extended state, since exactly here the structure is



Obr. 6 Zařízení při betonáži tunelu Høvik v rámci projektu modernizace silnice E18 v norském Oslu
Fig. 6 The device during concreting of the Høvik tunnel within the E18 road modernisation project in Norwegian Oslo



Obr. 7 Zařízení při betonáži ve výšce 8 metrů – tunel Høvik v rámci projektu modernizace silnice E18 v norském Oslu

Fig. 7 The device during concreting at a height of 8 metres – the Høvik tunnel within the E18 road modernisation project in Norwegian Oslo

demontována a nahrazena druhou polovinou. Tento postup byl zvolen z důvodu prostorových omezení v montážní hale, které neumožňovaly kompletní sestavení celého systému najednou. Po každé montáži byla provedena komplexní funkční zkouška, zahrnující ověření všech klíčových funkcí – pojezdu, zvedání, stability a ovládání.

Celý proces montáže probíhal za přísného dohledu technického týmu, který kontroloval, aby nedošlo k záměně jednotlivých dílů, dále přesnost spojů a kompatibilitu komponent. Zařízení bylo následně rozloženo na transportní celky, které byly navrženy tak, aby vyhovovaly rozměrovým a hmotnostním limitům pro kamionovou dopravu. Po přepravě byly jednotlivé části připraveny k finální montáži přímo na staveništi.

UVEDENÍ DO PROVOZU A OVĚŘENÍ V REÁLNÝCH PODMÍNKÁCH

Po přepravě jednotlivých částí zařízení na staveniště v Oslu proběhla finální montáž dle předem stanoveného technologického postupu. Vzhledem k přísným bezpečnostním standardům platným v severských zemích, a zejména v Norsku, byla kladena mimořádná pozornost na každý detail montáže, manipulace i následného provozu. Řada požadavků byla řešena již v přípravné fázi projektu tak, aby byl zajištěn (plný) soulad s místními předpisy a očekávanými investora.

Než mohlo být zařízení uvedeno do provozu, bylo nutné absolvovat tři klíčové kroky, které představují nezbytnou podmínku pro legální a bezpečný provoz bednicího systému:

- kontrola výkresové dokumentace;
- ověření statického výpočtu;
- fyzická kontrola na místě montáže, zda zařízení odpovídá schválené dokumentaci a kontrola provozní dokumentace.

Všechny tyto kroky byly kontrolovány nezávislou třetí stranou a po jejich úspěšném absolvování bylo zařízení uvedeno do provozu (obr. 6). První betonážní blok byl podroben pečlivému

most prone to loss of stability. The calculation results enabled precise design even of these elements and the verification of their safety.

The device was designed not only for static loads during concreting but also for stability during relocation and during operations in 6 and 8-metre vertical levels. In these scenarios, it was necessary to take into account lateral wind loads acting on large areas of the formwork wall, which could have affected the stability of the entire system.

DEVICE FUNCTIONAL TESTS

Before putting the device into operation, a range of functional and stress tests were carried out, their goal being to confirm the structural design, operational reliability, and safety of individual components. Particular attention was given to the supporting struts, which were tested for buckling in the maximally extended state. This test was pivotal for the verification of

their design regarding the expected loads (Fig. 4).

Further tests focused on the deflection during maximum loading throughout device stabilisation and on the tightness of the system. These parameters are essential for long-term functionality and safety of the device in operation (Fig. 4).

Trial assembly of the device (Fig. 5) was carried out in two stages. In the first stage, one half of the formwork was completed, subsequently dismantled, and replaced by the second half. This procedure was chosen due to spatial constraints in the assembly hall, which did not enable a complete assembly of the entire system all at the same time. After each assembly, a complex functional test was carried out, including verification of all key functions – travelling, hoisting, stability, and controls.

The entire assembly process took place under strict supervision of the technical team, which checked that a mix-up of individual parts would not occur, then the precision of joints, and compatibility of components. The device was then taken apart into transport units, which were designed so that they would meet dimensional and mass limits for lorry transport. After transport, individual parts were prepared for final assembly directly on the construction site.

COMMISSIONING AND VERIFYING IN REAL CONDITIONS

After transporting individual parts of the device to the construction site in Oslo, final assembly took place according to a previously determined technological procedure. In regard to strict safety standards valid in Nordic countries, and in particular in Norway, extraordinary attention was given to each assembly detail, manipulation, and even ensuing operation. A plethora of requirements was addressed already in the preparation phase of the project to secure (complete) concord with local regulations and investor expectations.

Before the device could be put in service, three key steps that pose an essential requirement for legal and safe operation of



Obr. 8 Průjezd bednicího zařízení pod mostem – příčný přesun zařízení – v pozadí tunel Høvik v rámci projektu modernizace silnice E18 v norském Oslu

Fig. 8 Passing of the formwork device beneath a bridge – transverse relocation of the device – in the background, the Høvik tunnel within the E18 road modernisation project in Norwegian Oslo

sledování s cílem ověřit, zda skutečné chování konstrukce odpovídá výpočtovým předpokladům. Zvláštní pozornost byla věnována zatížení podpěrných stojek a průhybu konstrukce. Výsledky byly velmi uspokojivé – rozdíl mezi výpočtem (8 mm – obr. 3) a skutečností (5 mm) činil pouhé 3 mm, což je na délce 20 m zcela zanedbatelná odchylka. I zatížení podpěr odpovídalo předpokládaným hodnotám, čímž byl návrh jednoznačně potvrzen.

Jedním z významných technických úkolů byla realizace efektivního přesunu zařízení mezi jednotlivými betonovacími pozicemi. Přesun byl realizován dvojicí pracovníků a zahrnoval odbednění, transport a přesné ustavení zařízení v nové pozici. Tento proces se podařilo standardizovat tak, že doba od odbednění po ustavení zařízení do nové pracovní polohy činila přibližně 8 hodin. Tento časový rámec byl dosažen díky důsledné koordinaci činností, optimalizaci pracovních postupů a plnému využití možností stroje. Při přesunu zařízení není potřeba lidské síly a vše se děje pomocí hydraulického systému bez další pomocné mechanizace.

V následujících fázích projektu bylo zařízení podrobeno dalšímu ověření – tentokrát při betonáži o 2 m výše, tzn. ve výšce 8 m (obr. 7). I v tomto případě byla konstrukce zkontrolována a výsledky opět potvrdily shodu mezi výpočtem a skutečností. Zařízení tak prokázalo svou variabilitu, stabilitu a provozní spolehlivost i při změnách podmínek.

PŘESUN ZAŘÍZENÍ DO DRUHÉHO TUNELOVÉHO TUBUSU

Vzhledem k celkové hmotnosti zařízení, která činí přibližně 300 tun, bylo nezbytné již v rané fázi návrhu zohlednit také způsob jeho přesunu mezi jednotlivými tunelovými tubusy. Zadáání investora znělo na první pohled jednoduše – po dokončení betonáže v první tunelové trubě mělo zařízení projet zpět tunelem, následně být příčně přesunuto pod mostní konstrukcí a poté najet do připraveného druhého tunelového tubusu. V praxi však

the formwork system needed to be completed:

- drawing documentation checks;
- stress analysis verification;
- physical field inspection to determine whether the device corresponds to the approved documentation and operation documentation checks.

All of these steps were verified by an independent third party, and after their successful completion, the device was put into service (Fig. 6). The first concreting block was subject to thorough monitoring with the goal of checking, whether the actual behaviour of the structure corresponds to calculated assumptions. Extra attention was dedicated to loads of the supporting struts and deflection of the structure. Results were highly satisfactory – the variance between the calculation (8mm – Fig. 3) and reality (5mm) added up to only 3mm, which is an

entirely inconsequential deviation at a length of 20m. Even the loading of struts corresponded to assumed values, thereby unequivocally confirming the design.

One of the significant technical tasks was the realisation of an effective relocation of the device between individual concreting positions. The relocation was realised by a couple of workers and it included formwork striking, transportation, and precise setup of the device in a new position. It was managed to standardise this process such that the time from striking to device set up in a new working location added up to approximately 8 hours. This timeframe was achieved thanks to a thorough coordination of operations, optimisation of working procedures, and utilising the full potential of the machine. During relocations of the device, human strength is not needed, and everything happens thanks to a hydraulic system without the need for further supplementary mechanisation.

In further phases of the project, the device was put through additional verifications – this time during concreting 2 metres higher, i.e. at a height of 8m (Fig. 7). Even in this instance, the structure was checked and the results once again validated an agreement between the calculation and reality. The device therefore proved its variability, stability, and operational reliability even during altered conditions.

DEVICE RELOCATION INTO A SECOND TUNNEL TUBE

Given the fact that the total weight of the device amounts to approximately 300 tons, it was necessary to take into account the means of its transport between individual tunnel tubes already in the early phases of the design. The task of the investor looked simple at first glance – after completing concreting in the first tunnel tube, the device was supposed to travel backwards through the tunnel, transversely move beneath a bridge structure, and finally drive into the prepared second tunnel tube. However, in practice, this assignment posed a significantly complicated logistical and technical operation.

tento úkol představoval značně složitou logistickou a technickou operaci.

Před samotným přesunem bylo nutné zpracovat detailní projekt přesunu zařízení, který zohledňoval nejen prostorové možnosti staveniště, ale také aktuální dopravní situaci v okolí, statické parametry mostní konstrukce a bezpečnostní opatření. Během přípravy a realizace přesunu projektanti čelili několika komplikacím, které bylo nutné řešit operativně přímo na místě.

Největší výzvou bylo průjezdné místo pod mostem, kde byla mezi horní částí zařízení a spodní hranou mostní konstrukce mezera pouze cca 10 mm (obr. 8). Vzhledem k této minimální vůli a omezenému manipulačnímu prostoru v okolí nebylo možné zařízení výrazněji posouvat či výškově upravovat – celý manévr tak probíhal doslova s milimetrovou přesností.

Samotný přesun trval přibližně tři dny. Celkem bylo s oběma zařízeními ujetu cca 1,2 km (dohromady tři pracovníci, z důvodu posunu kolejí). Přesun zahrnoval nejen přejezd, ale také následné dokončovací montáže a ustavení zařízení v nové poloze. Díky důkladné přípravě, přesné koordinaci a zkušenostem realizačního týmu proběhl celý proces bez komplikací a v souladu s harmonogramem stavby.

Výhody oproti systémovému bednění:

- rychlost pracovního cyklu (1 blok);
- jednoduchost obsluhy;
- výrazně menší potřeba pracovníků;
- menší nároky na strojní mechanizaci;
- kvalita povrchu betonu – ocelová obálka;
- eliminace nutnosti výměny překližky po několika betonovacích cyklech;
- odbourání nákladů na opravu a čištění bednění.

ZÁVĚR

Projekt vývoje a realizace mobilního bednění pro hloubený tunel v Oslu představuje příklad úspěšného spojení inženýrské kreativity, technické preciznosti a schopnosti přizpůsobit se specifickým požadavkům náročného stavebního prostředí. Od počátečního návrhu „z čistého stolu“ až po uvedení zařízení do provozu a jeho následný přesun do druhého tunelového tubusu byl celý proces veden s důrazem na bezpečnost, efektivitu a provozní spolehlivost.

Zařízení bylo navrženo jako plně variabilní systém s možností výškového a šířkového nastavení a snadného přesunu bez nutnosti demontáže. Statické posouzení provedené dvěma nezávislými metodami potvrdilo správnost návrhu a umožnilo přesné dimenzování všech klíčových prvků.

Funkční zkoušky a provozní ověření pak prokázaly, že zařízení splňuje nejen technické, ale i provozní a bezpečnostní požadavky v plném rozsahu.

Úspěšné zvládnutí tohoto projektu potvrzuje, že i v oblasti tunelového stavitelství je možné hledat nová, efektivní a inovativní řešení, která přinášejí přidanou hodnotu jak z hlediska času, tak i nákladů a bezpečnosti. Mobilní bednění vyvinuté společností OSTROJ a.s. tak může sloužit jako inspirace pro další projekty v oblasti podzemních staveb nejen v českých zemích, ale i v širším evropském kontextu.

*Ing. PETR BORTLÍK, Ph.D.,
petr.bortlik@ostroj.cz, OSTROJ a.s.*

Recenzoval / Reviewed by: *Ing. Miroslav Lipka*

Before the relocation itself, a detailed project needed to be created for the relocation of the device, which took into account not only the spatial capabilities of the construction site but also the current traffic situation in the area, static parameters of the bridge structure, and safety measures. During preparations and realisation of the relocation, the designers were confronted by several complications, which had to be dealt with operatively directly on site.

The greatest challenge was the clearance area beneath the bridge, with a gap of only ca 10mm (Fig. 8) between the upper section of the device and the lower edge of the bridge structure. Due to this minimal clearance and limited manipulation space in the area, it was not possible to substantially move or vertically adjust the device – the entire manoeuvre therefore went on with literally millimetre precision.

The relocation itself took approximately three days. In total, with both devices, approximately 1.2km was travelled (altogether three workers due to the moving of rails). The relocation included not only the crossing but also the subsequent finishing of assembly and setting the device up in a new position. Thanks to thorough preparation, precise coordination, and experience of the implementation team, the entire process was carried out without complications and in conformity with the time schedule of the construction site.

Benefits compared to system formwork:

- speed of the work cycle (1 block);
- ease of use;
- significantly smaller need for workers;
- lesser requirements for machine mechanisation;
- concrete surface quality – steel skin;
- eliminated the need to replace plywood after multiple concreting cycles;
- axed costs for formwork repair and cleaning.

CONCLUSION

The project for the development and implementation of mobile formwork for a cut-and-cover tunnel in Oslo represents an example of a successful connection of engineering creativity, technical precision, and the ability to adapt to the specific requirements of a demanding construction environment. From the initial “blank canvas” design to commissioning of the device and its subsequent relocation into the second tunnel tube, the entire process was led with an emphasis on safety, efficiency, and operational reliability.

The device was designed as a fully variable system with an option of vertical and lateral adjustment and easy relocation without the need for disassembly. Structural analysis carried out by two independent methods verified the correctness of the design and facilitated precise dimensioning of all key elements.

Functional tests and operational checks then proved that the device adheres not only to technical, but also operational and safety requirements to the highest degree.

Successfully handling this project confirms that even in the field of tunnel construction, it is possible to seek new, effective, and innovative solutions that bring added value not only from the viewpoint of time, but also costs, and safety. Mobile formwork developed by the OSTROJ a.s. Company therefore can serve as an inspiration for other projects in the area of underground constructions not only in the Czech Republic, but also in a broader European context.

*Ing. PETR BORTLÍK, Ph.D.,
petr.bortlik@ostroj.cz, OSTROJ a.s.*

OVLIVNĚNÍ KONSTRUKCE METRA C RAŽBOU PRŮZKUMNÝCH ŠTOL PRO STAVBU I.D METRA

IMPACT OF THE EXCAVATION OF EXPLORATORY GALLERIES FOR THE CONSTRUCTION OF METRO I.D ON THE STRUCTURE OF METRO C

MARTIN VINTER, VOJTĚCH ANDERLE

ABSTRAKT

V letech 2019–2022 byl v lokalitě pražské Pankráce prováděn Doplňkový geologický průzkum pro výstavbu trasy I.D metra. Hloubení a ražby čtyř podzemních průzkumných děl probíhaly v městské oblasti s různou hustotou zástavby. Dvě z nich se razily v prostoru budoucí stanice Pankrác přímo pod rušnou křižovatkou, dvěma kolektorovými tunely, významnými potrubními sítěmi a zejména přímo pod intenzivně provozovaným úsekem trasy C pražského metra. Vliv poklesu hladiny podzemní vody, spojený se zahájením průzkumných prací, na pokles sledovaných konstrukcí metra, jeho postupná stabilizace a následný protisměrný pohyb, tedy zdvih tunelů, byly podrobně sledovány a průběžně vyhodnocovány díky systému automatického měření deformací na dilatacích a náklonů. Nedílnou a podstatnou součástí komplexu provádění ražeb a monitoringu byla pravidelná ověřovací geodetická měření, prohlídky prováděné zhotovitelem geotechnického monitoringu a kompletní výměna informací s provozovatelem metra, včetně využívání jeho provozních prohlídek, měření a zkoušek. V průběhu průzkumných prací oba traťové tunely v ovlivněném úseku procházely postupně různými stavy namáhání, na které reagovaly deformacemi a poruchami. S postupně získávanou zkušeností o chování konstrukcí byl systém monitoringu modifikován a doplňován tak, aby nepříznivé projevy byly kontrolovány a eliminovány na přípustnou míru.

ABSTRACT

A supplementary geological survey was conducted for the construction of the Metro Line I.D in the Pankrác area of Prague from 2019 to 2022. The trenching and excavation of four underground exploratory works were carried out in an urban area with a differing development density. Two of them were excavated in an area of the future Pankrác station directly underneath a busy intersection, two utility tunnels, important pipelines, and mainly directly underneath an intensively operated section of Line C of the Prague Metro. The impact of a decreasing groundwater level, connected with the onset of exploratory works, on the sinking of monitored structures of the Metro, and its gradual stabilisation, and following countervailing motion, which means the lifting of tunnels, was thoroughly monitored and progressively evaluated thanks to a system automatically measured deformations within dilatations, and inclinations. Integral and fundamental components of the excavations and monitoring complex included regular verification geodetic measurements, inspections carried out by the supplier of geotechnical monitoring, and an all-encompassing exchange of information with the metro operator, including utilisation of their operating inspections, measurements, and tests. Both the track tunnels in the affected section went through gradually changing states of stress over the course of exploratory works, to which they reacted with deformations and faults. With progressively gathered experience about the behaviour of the structure, the monitoring system was modified and supplemented such that unfavourable effects were examined and reduced to an acceptable rate.

1. ÚVOD

V červnu roku 2019 začal v širší lokalitě pražské Pankráce Doplňkový geologický průzkum pro výstavbu trasy I.D metra s plánovaným ukončením v létě 2021. Náplní tohoto projektu bylo hloubení čtyř šachet, na které ve třech případech navázaly ražby průzkumných štol, z nichž většina bude či již byla využita pro budoucí trasu metra D, respektive přestupní chodbu mezi stanicemi Pankrác C a Pankrác D. Hlavním cílem bylo rozšíření znalostí o horninovém prostředí a vlivu činností prováděných hornickým způsobem na přilehlé území a objekty, detekce rizik a posouzení nástrojů k jejich řízení. Provedení průzkumu takového rozsahu v zastavěné oblasti této městské části vyžadovalo maximální připravenost nejen ze strany dodavatele průzkumných prací, ale i ze strany dodavatele geotechnického monitoringu (dále GTM).

Průběžné poznatky doplňkového geologického průzkumu a výsledky GTM vedly k rozšíření průzkumných prací a prodloužení termínu ukončení v březnu roku 2022.

1. INTRODUCTION

In June 2019, a supplementary geological survey for the construction of the Metro Line I.D began in the wider area of Pankrác, Prague, with completion planned for the summer of 2021. The content of this project was the excavation of four shafts, which were followed in three instances by excavations of exploratory galleries from which the majority will be or already were utilised for the future Metro Line D, or rather an interchange corridor between the Pankrác C and Pankrác D stations. The main goal was to broaden the knowledge of the rock environment, and the impact of activities carried out in a mining-like way on the adjacent area and objects, risk detection, and to assess the tools for their management. The execution of a survey of such extent in a densely built-up area of this city district required maximum preparedness not only on the side of the supplier of exploratory works, but also on the side of the supplier of geotechnical monitoring (hereinafter GTM).

2. PRŮZKUMNÉ OBJEKTY

Úkol byl rozdělen na čtyři průzkumná díla, PAD1b, PAD4, VO-OL a OL1 umístěná podél osy budoucí trasy D, tedy ulice Na Strži v úseku mezi magistrálou 5. května a ulicí Antala Staška. V tomto textu jsou zmiňována jen průzkumná díla PAD4 a VO-OL s přímým vlivem na konstrukce trasy C pražského metra.

Objekt PAD4, který sestává ze šachty a průzkumné štoly, se nachází v oblasti křižovatky ulic Na Strži, Na Pankráci a Budějovická. Vlastní šachta má průměr 8,6 m a je téměř 30 m hluboká. Na ni navázala přibližně 117 m dlouhá průzkumná štola, složená ze čtyř typů příčných profilů, půdorysně vedená do tvaru „S“, která bude po dobudování v rámci výstavby sloužit jako součást přestupní chodby mezi stanicemi Pankrác C a Pankrác D [1]. Kromě průzkumných prací provedených ze šachty a štoly byly z tohoto objektu provedeny rozsáhlé injektáže za účelem zlepšení geotechnických vlastností horninového masivu před aktivní čelbou, v jejím okolí, ve směru budoucí stanice, ke štolám VO-OL a pod traťové tunely trasy C. Ražba průzkumné štoly PAD4 probíhala v prostředí kosovského souvrství (paleozoikum – ordovik) [2].

Průzkumný objekt VO-OL má šachtu umístěnou jižněji v blízkosti ulice Na Strži, konkrétně mezi ulicemi Neveklovská a Pacovská. Ze šachty o průměru 21 m a hloubce přes 36 m vycházela severním směrem průzkumná štola o délce přes 322 m. Ta byla vyražena v trase budoucího traťového tunelu metra D a nyní je jeho součástí. Profil této průzkumné štoly měl po celé délce 10 rozdílných typů, lišících se dle budoucího účelu velikostí i tvarem [3]. Půdorysně tato průzkumná štola směřovala až pod křižovatku ulic Na Strži, Na Pankráci a Budějovická a podcházela výše zmíněný průzkumný objekt PAD4. Z geologického hlediska byla štola ražena v proměnlivém prostředí, neboť postupně procházela nejprve ordovickými horninami (bohdaleckým, královským a kosovským souvrstvím) a následně silurskými horninami (liteňským souvrstvím) [4]. I z této štoly byly v poslední fázi prováděny

Continuous knowledge from the supplementary geological survey and GTM results led to an expansion of exploratory works and the prolonging of the completion deadline in March 2022.

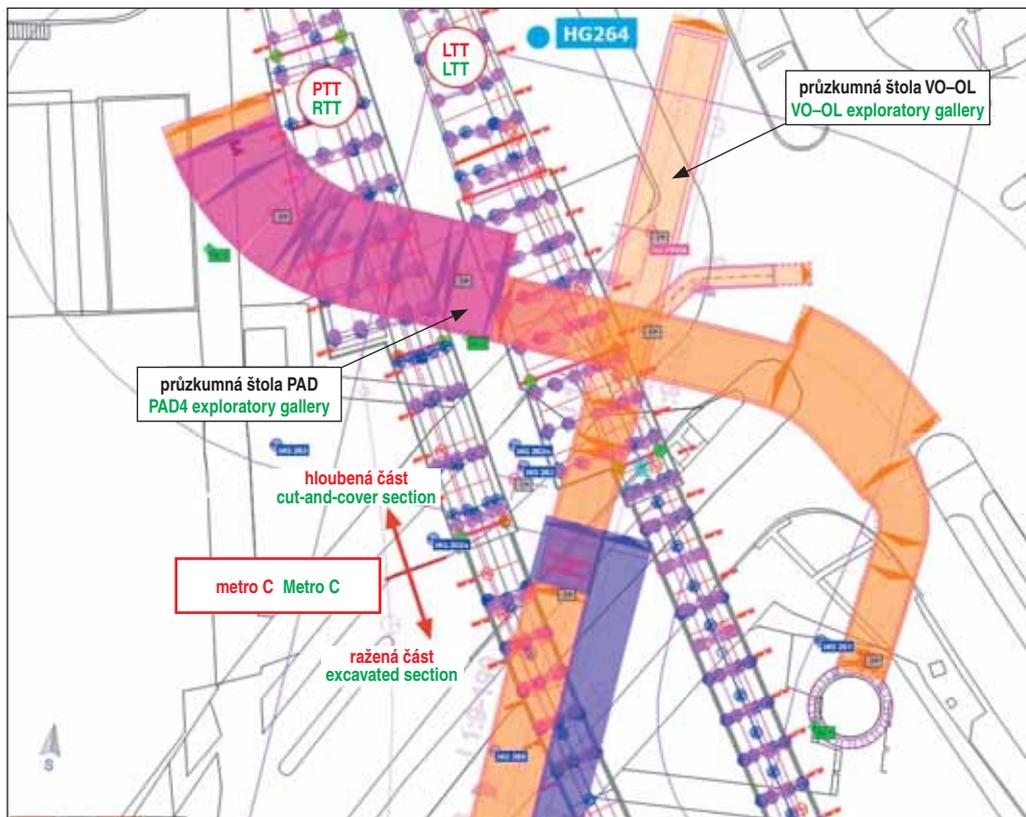
2. EXPLORATORY OBJECTS

The task was divided into four exploratory works, PAD1b, PAD4, VO-OL, and OL1, located along the axis of the future Line D, which means Na Strži Street in the section between the 5. května arterial road, and Antala Staška Street. This text only mentions the PAD4 and VO-OL exploratory works that have a direct impact on Line C of the Prague Metro.

The PAD4 object, which consists of a shaft and an exploratory gallery, is located in the area of an intersection of streets Na Strži, Na Pankráci, and Budějovická. The shaft itself has a diameter of 8.6m and is almost 30m deep. It is followed by an approximately 117m long exploratory gallery made up of four types of cross profiles, made as an “S” shape in plan view, which will serve within the construction as a part of the interchange corridor between the Pankrác C and Pankrác D stations after its completion [1]. Excluding exploratory works carried out from the shaft and gallery, extensive grouting was carried out from this object with the intent to improve geotechnical conditions of the rock mass in front of the active face, in its vicinity, and in the direction of the future station, towards VO-OL shafts, and underneath Line C track tunnels. The excavation of the PAD4 exploratory gallery took place in an environment of the Kosov series of strata (Ordovician, Paleozoic) [2].

The VO-OL exploratory object has a shaft located more southwards near Na Strži Street, more precisely between streets Neveklovská and Pacovská. An exploratory gallery more than 322m long extended in a northern direction from a shaft with a diameter of 21m and a depth of more than 36m. It was excavated

along the route of the future Metro D track tunnel, and now it is a part of it. The profile of this exploratory gallery had 10 different types along its entire length, differing according to the future purpose by size and even shape [3]. This exploratory gallery reached in plan view up to beneath the intersection of streets Na Strži, Na Pankráci, and Budějovická, and it passed under the above-mentioned PAD4 exploratory object. From a geological standpoint, the gallery was excavated in a variable environment, since it gradually passed under Ordovician rocks first (Bohdalec, Králův Dvůr, and Kosov series of strata) and then Silurian rocks (Liteň series of strata) [4]. Even from this gallery, the grouting under Line C was carried out in the last phase. A slight impact of Metro C tunnels manifested itself even during pressure grouting from the face.



Obr. 1 Situace průzkumných štol PAD4 a VO-OL a sledovaných traťových úseků metra C
Fig. 1 Layout plan of the PAD4 and VO-OL exploratory galleries and monitored Metro C track sections

injektáže pod trasu C. Mírné ovlivnění tunelů Metra C se projevilo i při tlakových injektážích z čelby.

Na celkové náročnosti projektu se, kromě komplikované geologické stavby, podílela také hustota okolní zástavby, čítající nejen nadzemní obytné a administrativní objekty, ale také významné podzemní konstrukce a inženýrské sítě. Jako nejvíce rizikové bylo možné z hlediska bezpečnosti a samotného ovlivnění provozované linky metra bezpochyby považovat oblast křížení průzkumných štol s trasou C, kde se směrově protínají podzemní díla ve třech výškových úrovních (obr. 1), přičemž nejvýše vedené jsou stávající traťové tunely metra C. Pod touto trasou probíhala nejprve ražba štoly PAD4 a následně ražba štoly VO-OL. Primárním úkolem GTM zde bylo získání všech potřebných informací a bezprostředního přístupu k nim, pro umožnění okamžité reakce na nepříznivé vlivy průzkumných činností, s cílem vyloučit všechna provoz ohrožující rizika [5, 6].

3. MĚŘICÍ LINKA V TUNELECH METRA C

Aby bylo možné reagovat na nepříznivé jevy bez prodlení, byla měřicí linka založena na metodikách měření probíhajících v režimu s automatickým sběrem dat (dále ASD), s rychlým přenosem a zpracováním dat do centrálního počítače a s následným bezprostředním vložím do webového Informačního Systému Monitoringu „ISM Sahure“. V automatickém režimu byly sledovány změny náklonů v podélných a příčných řezech konstrukcí a chování dilatačních celků hloubené části rozpletů tunelů mezi stanicí Pankrác C a mezistaničními tunely. Celý sledovaný úsek trasy C se skládá z částí zhotovených různými technologiemi, a to z již zmíněné dilatované monolitické konstrukce přiléhající ke stanici Pankrác C, zbudované ve hloubené jámě a na ni navazují mezistaniční ražené tunely kruhového průřezu vystrojené tubingy z lité oceli (obr. 2) [7].

Měření příčných náklonů bylo realizováno snímači uspořádanými do měřicích profilů s pěti až osmi snímači, vzájemně vzdálenými zhruba 5 nebo 10 m. Ke každému příčnému profilu byl přidružen nejméně jeden snímač podélného sklonu. Všechny byly prostřednictvím kabeláže propojeny s řídicím počítačem, umístěným v zázemí stanice Pankrác C.

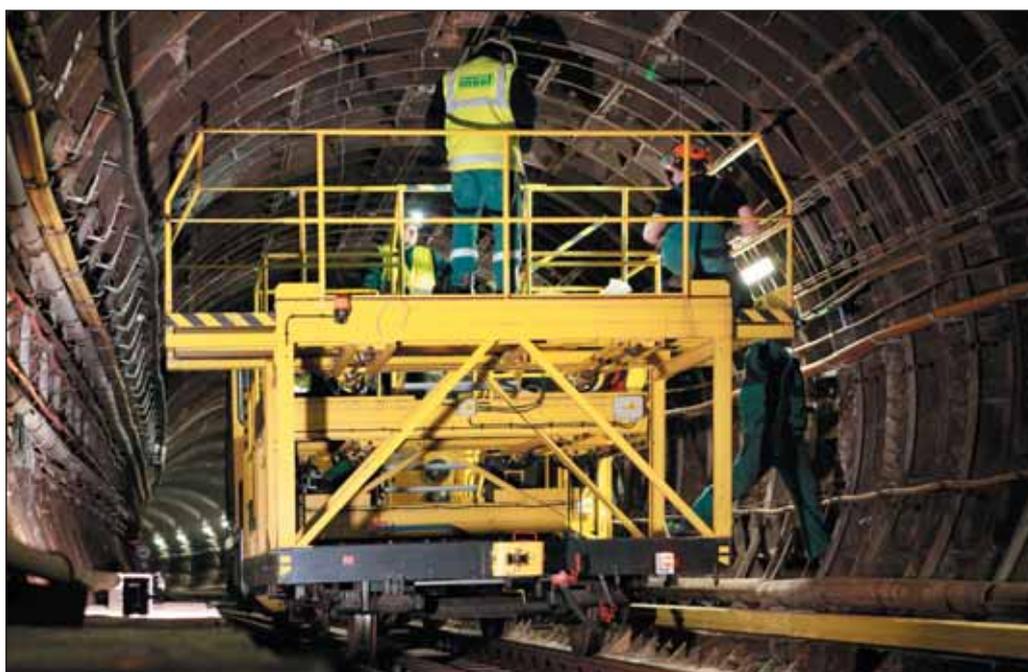
Apart from the complicated geological arrangement, even the density of the surrounding built-up area was involved in the overall difficulty of the project, comprising not only above-ground residential and administrative objects but also important subsurface structures and engineering utilities. As the most risky from the viewpoint of safety and impact on the operated metro line itself, it was possible to consider without a shadow of a doubt the area of intersecting exploratory galleries with Line C, where underground works intersect directionally in three vertical levels (Fig. 1), whilst the uppermost are the current Metro C track tunnels. The excavation of the PAD4 gallery was carried out beneath this route first, followed by the excavation of the VO-OL gallery. The primary task of GTM here was to gather all the necessary information and provide immediate access to facilitate an instant reaction to adverse effects of exploratory activities, with a goal to exclude all risks jeopardising the operations [5,6].

3. MEASURING SERVICE IN METRO C TUNNELS

So that it would be possible to react to unfavourable effects without delay, the measuring service was based on a methodology of measurements taking place in a mode with automatic data collection (hereinafter ASD), with fast data transfer and processing in a central computer, and with a subsequent immediate input into a web Information Monitoring System “ISM Sahure”. In the automatic regime, changes in inclinations in the longitudinal and transverse sections of structures and the behaviour of dilatation groups of the cut-and-cover tunnel junction section between the Pankrác C station and interstation tunnels were monitored. The entire observed section of Line C consists of parts constructed with different technologies, being the aforementioned dilated monolithic structure adjoining the Pankrác C station constructed in a cut-and-cover pit, and connected interstation excavated tunnels with a circular cross-section equipped by segments from cast steel (Fig. 2) [7].

The measuring of transverse inclines was realised with sensors arranged into measuring profiles with five to eight sensors, mutually distanced roughly 5 or 10m. At least one longitudinal incline sensor was associated with each of the transverse profiles. All of them were connected using cables to a management computer located in the utility rooms of the Pankrác C station.

Dilatation joints in the cut-and-cover section of the monitored Metro C tunnels were spaced out approximately 25m. They were typically equipped with sensors arranged along both sides of the tunnels, on the floor, and ceiling, and with an orientation for the monitoring of mutual position changes of neighbouring parts (monolithic dilatation units) in the horizontal and even vertical direction. The number and location of sensors in a profile were given by particular conditions in each place.



Obr. 2 Instalace náklonoměrných snímačů v ražené části traťového tunelu metra C
Fig. 2 Installation of inclinometer sensors in the excavated part of the Metro C track tunnel

Dilatační spáry v hloubené části sledovaných tunelů metra C byly vzdáleny přibližně 25 m. Byly typicky osazeny snímači rozmístěnými po obou stranách tunelů, u podlahy a stropu a s orientací pro sledování vzájemných změn pozic sousedících partií (monolitických dilatačních celků) ve vodorovném i svislém směru. Počet a umístění snímačů v profilu bylo dáno konkrétními podmínkami v každém místě.

Výsledky ASD měření byly průběžně zpřístupňovány výše zmíněným systémem ISM Sahure. Intervaly odečtů měřených dat byly nastavovány s ohledem na míru ovlivnění a podobně byl, dle aktuální potřeby, měněn i interval jejich publikování. Při provádění průzkumných činností s vysokou mírou ovlivnění prostředí byla data automatického monitoringu poskytována realizační firmě on-line, přímo z řídicího počítače na pracoviště stavby, s přenosem informací do podzemí. Takový nadstandardní přístup, jenž nebyl před zahájením průzkumných prací předpokládán, umožňoval zhotoviteli ražeb reagovat na nepříznivé odezvy vůči sledovaným konstrukcím okamžitě bez prodlevy. Tato možnost byla využívána opakovaně, zejména při provádění injektážních prací pod tubusy trasy metra C.

Kromě průběžného automatického měření byla v metru C prováděna cyklická geodetická měření konvergencí prostřednictvím měření prostorových souřadnic a sledování sedání tunelů metodou přesné nivelace. Geodetická 3D konvergenční měření byla prováděna v týdenním až měsíčním intervalu podle míry ovlivnění, s připojením na pevné body mimo ověřovanou oblast vlivu průzkumných prací. Podobně byly řízeny i délka a rozsah aktuálně měřeného úseku v dané etapě. Geometrická nivelace ze středu byla prováděna v několikaměsíčním intervalu, v celkové délce cca 300 m a vždy v celém úseku, který byl na počátku zvolen tak, aby ověřoval skutečný rozsah poklesové kotliny v trase metra C.

Na základě pasportizace a dalších dostupných informací o sledovaných konstrukcích byly vypracovány znalecké posudky, jejichž obsahem bylo, mimo jiné, stanovení varovných stavů pro všechny sledované typy deformačních projevů na těchto konstrukcích a jejich průběžné hodnocení. Na základě postupně získávaných informací pak bylo posuzování výsledků modifikováno.

Všechna měření GTM byla dále doplněna pravidelnými místními prohlídkami, při kterých se porovnával aktuální stavební technický stav tunelů se stavem zaznamenaným při pasportizaci, případně se stavem zaznamenaným při předchozí prohlídce.

Sledování traťových tunelů metra C bylo, kromě zmíněných metodik měření, poskytovaných kompletně dodavatelem GTM, doplňováno měřeními a kontrolami zajišťovanými správcem a provozovatelem objektu (Dopravní podnik hl. m. Prahy, a.s.). Všechny výsledky, jejich interpretace a návrhy opatření byly předmětem vzájemné komunikace a těsné spolupráce.

4. MONITORING BĚHEM PRŮZKUMNÝCH PRACÍ

Po celou dobu průzkumu byly traťové tunely metra C ovlivňovány množstvím činitelů. Pro účely tohoto textu jsou jednotlivá ovlivnění zjednodušeně popsána v tab. 1 [8, 9].

The results of ASD measurements were continuously made available through the aforementioned ISM Sahure system. Reading intervals of measured data were set with regard to the rate of interference, and likewise, the interval of their publishing was altered according to current need. When performing exploratory activities with a high rate of environment interference, automatic monitoring data was provided to the realisation firm online, directly from the management computer to the construction site, with information transfer to the underground. Such an above-standard approach, which was not expected before commencing exploratory works, enabled the excavations contractor to respond to adverse reactions in relation to monitored structures instantly without delay. This option was made use of repeatedly, particularly while executing grouting works underneath Metro Line C tubes.

Apart from continuous automatic measuring, cyclic geodetic convergence measuring was carried out in the Metro C, using spatial coordinates measuring and tunnel settlement monitoring with the precise levelling method. Geodetic 3D convergence measuring was carried out at a weekly to monthly interval according to the rate of interference, with connections to fixed points beyond the verified area influenced by exploratory works. The length and extent of the currently measured section in a given stage were managed similarly. Geometric levelling from the centre was carried out at intervals of several months, at a total length of roughly 300m and always in an entire section, which was selected at the start in such a way that it would check the actual extent of the settlement trough on the Metro C route.

On the basis of a condition survey and other available information about the monitored structures, expert reports were prepared, containing, besides other things, determining warning states for all the tracked types of deformation manifestation on these structures and their continuous assessment. The assessment of results was then modified on the basis of gradually gathered information.

All the GTM measurements were further complemented by periodical local inspections, during which the current construction technical state of the tunnels was compared to the state recorded

Tab. 1 Exploratory works beneath Metro Line C

Phase of interference	Exploration activity	Commencement	Termination
1	PAD4 shaft sinking	23.10.2019	07.01.2020
2	PAD4 exploration gallery excavation – TYP1, TYP2 left part, TYP3 and TYP4 left part	13.01.2020	13.07.2020
3	grouting works PAD4 – 1 st part	14.07.2020	19.11.2020
4	PAD4 exploration gallery excavation – TYP2 right part and TYP4 right part	20.11.2020	23.02.2021
5	grouting works PAD4 – 2 nd part	23.02.2021	22.03.2021
6	PAD4 geotechnical side stub excavation	22.03.2021	07.05.2021
7	VO-OL exploration gallery excavation	13.08.2020	18. 4.2021
8	grouting works from PAD4 – 3 rd part	26.07.2021	24. 8.2021
9	PAD4 exploration gallery enlargement in areas TYP3 and TYP4	31.08.2021	07.12.2021
10	grouting works from VO-OL – 1 st part	15.07.2021	23.07.2021
11	VO-OL exploration gallery enlargement in areas o. v. 4.5m and interchange tunnel	24.07.2021	30.09.2021
12	grouting works from VO-OL – 2 nd part	01.10.2021	18.10.2021

Tab. 1 Průzkumné práce pod trasou metra C

Fáze ovlivnění	Činnost průzkumu	Zahájení	Ukončení
1	hloubení šachty PAD4	23. 10. 2019	07. 01. 2020
2	ražba průzkumné štoly PAD4 – TYP1, TYP2 levá část, TYP3 a TYP4 levá část	13. 01. 2020	13. 07. 2020
3	injektažní práce PAD4 – 1. část	14. 07. 2020	19. 11. 2020
4	ražba průzkumné štoly PAD4 – TYP2 pravá část a TYP4 pravá část	20. 11. 2020	23. 02. 2021
5	injektažní práce PAD4 – 2. část	23. 02. 2021	22. 03. 2021
6	ražba geotechnické rozrážky PAD4	22. 03. 2021	07. 05. 2021
7	ražba průzkumné štoly VO-OL	13. 08. 2020	18. 4. 2021
8	injektažní práce z PAD4 – 3. část	26. 07. 2021	24. 8. 2021
9	rozšíření průzkumné štoly PAD4 v oblastech TYP3 a TYP4	31. 08. 2021	07.12. 2021
10	injektažní práce z VO-OL – 1. část	15. 07. 2021	23. 07. 2021
11	rozšíření průzkumné štoly VO-OL v oblastech o. v. 4,5 m a přechodového tunelu	24. 07. 2021	30. 09. 2021
12	injektažní práce z VO-OL – 2. část	01. 10. 2021	18. 10. 2021

Hloubení šachty a ražby průzkumné štoly PAD4 (fáze ovlivnění 1 a 2)

Při hloubení šachty, ale především při ražbě průzkumné štoly, se geologické prostředí kosovského souvrství projevilo jako významně propustné. Zvláště se jednalo o rozpukané polohy křemenných pískovců, které se střídaly s polohami jílovitých břidlic. Po celou dobu razicích prací v této etapě bylo čerpáno nezanedbatelné množství podzemní vody, což mělo významný vliv na pokles její hladiny (HPV) (obr. 3) a zprostředkovaně na sedání sledovaných traťových tunelů (obr. 4). Pozvolna narůstající deformace byla dobře pozorovatelná především z měření podélných náklonů a z konvergenčních měření. Jako nejvíce rizikové se dle předpokladů stalo místo styku ražené a hloubené části traťových tunelů.

Výsledky monitoringu byly s vysokou četností komplexně vyhodnocovány a formou komentovaných grafů zaslány všem odpovědným pracovníkům zúčastněných subjektů projektu, včetně provozovatele tunelů metra. Ten svými měřeními pravidelně ověřoval mimo jiné sjízdnost trati, která byla stěžejním ukazatelem pro pokračování průzkumných prací.

Injektažní práce ze štoly PAD4 – 1. část (fáze ovlivnění 3)

Po dokončení první části razicích prací přišly na řadu práce injektažní. Jejich účelem bylo především zlepšit geotechnické vlastnosti horninového masivu v nejbližším okolí štoly PAD4 a preventivně tím omezit nežádoucí deformace stávajících tunelů metra C předpokládanými vlivy budoucí výstavby nové linky metra D. Vliv injektaží na konstrukce tunelů byl významný, jak dobře ilustruje zdvih na grafickém zobrazení pro chování podélného profilu levého traťového tunelu (LTT) (obr. 5) a rovněž tak změny přímo měřených podélných náklonů, především v LTT (obr. 6, 7).

Na obou grafech nerovnoměrného sedání podélného profilu LTT je zjevná koncentrace deformací do místa odpovídajícího poloze styku ražené a hloubené části.

during the condition survey, alternatively to a state recorded during the previous inspection.

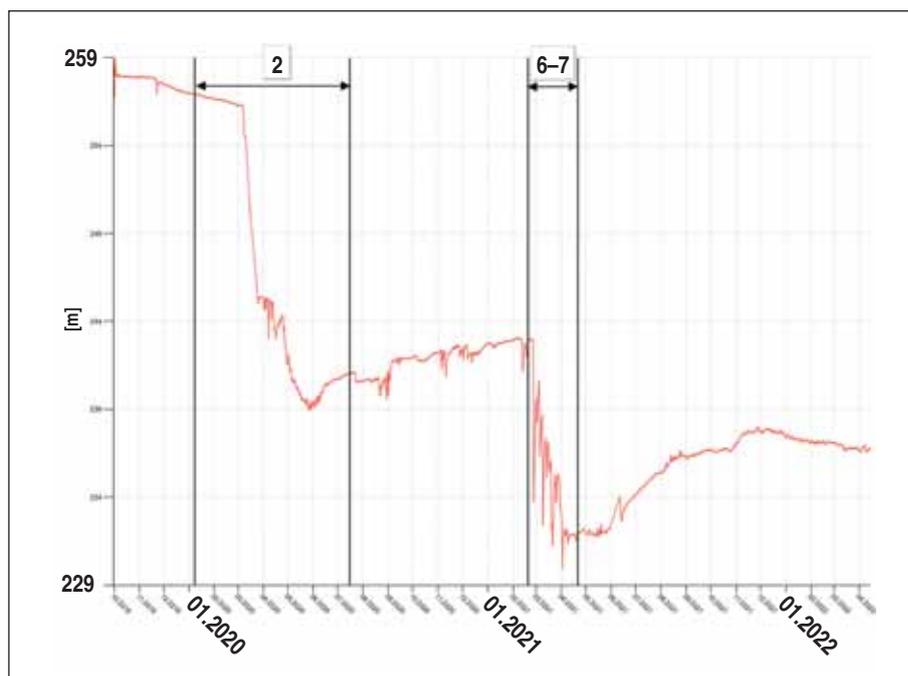
Besides the mentioned methods of measuring, completely supplied by the GTM contractor, the monitoring of Metro C track tunnels was complemented by measurements and checks provided by the manager and operator of the object (Prague Public Transit Company). All the results, their interpretation, and proposals of measures were the topic of mutual communication and close cooperation.

4. MONITORING DURING EXPLORATORY WORKS

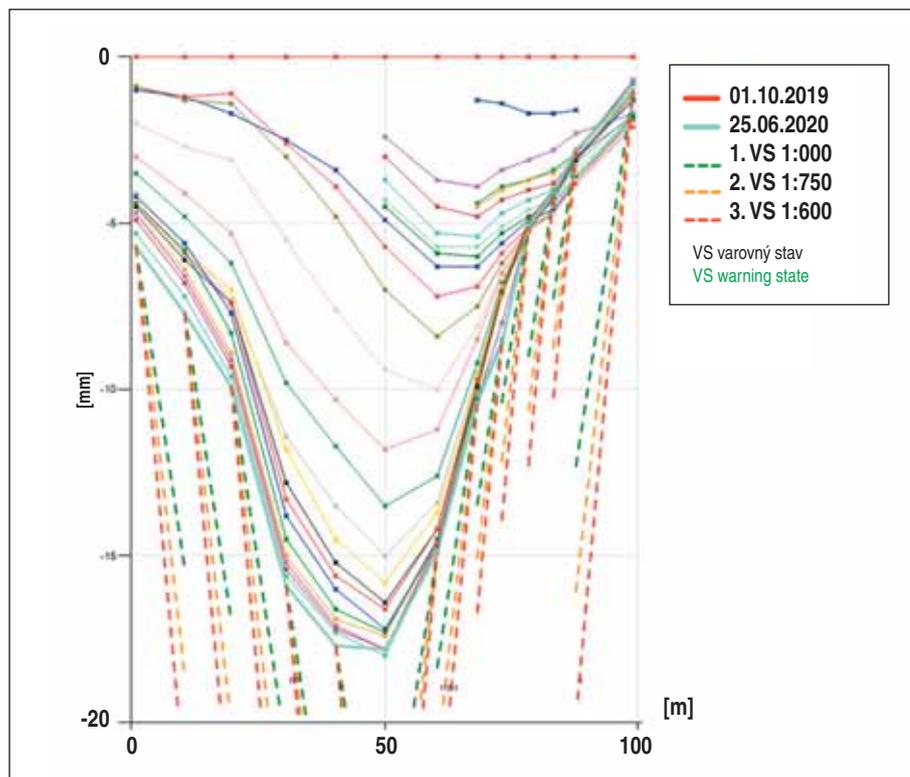
Throughout the entire duration of exploration, the Metro C track tunnels were affected by a number of factors. The individual interferences are described in a simplified way in the Tab. 1 for the purposes of this text [8, 9].

Shaft sinking and PAD4 exploration gallery excavation (phase of interference 1 and 2)

During the sinking of the shaft, but primarily during the excavation of the exploratory gallery, the geological environment of the Kosov series of strata proved to be substantially permeable. In particular, broken up attitudes of quartz sandstones, that alternated with attitudes of clayey slates. Over the entire duration of excavation works in this phase a not negligible amount of groundwater was pumped, which had a significant impact on the reduction of its surface (groundwater table, GWT) (Fig. 3), and indirectly on the settlement of monitored track tunnels (Fig. 4). Gradually increasing deformation was easily observable primarily from measurements of longitudinal inclines and from convergence



Obr. 3 Pokles hladiny podzemní vody ve vrtu HG264
Fig. 3 Fall of groundwater level in the HG264 borehole

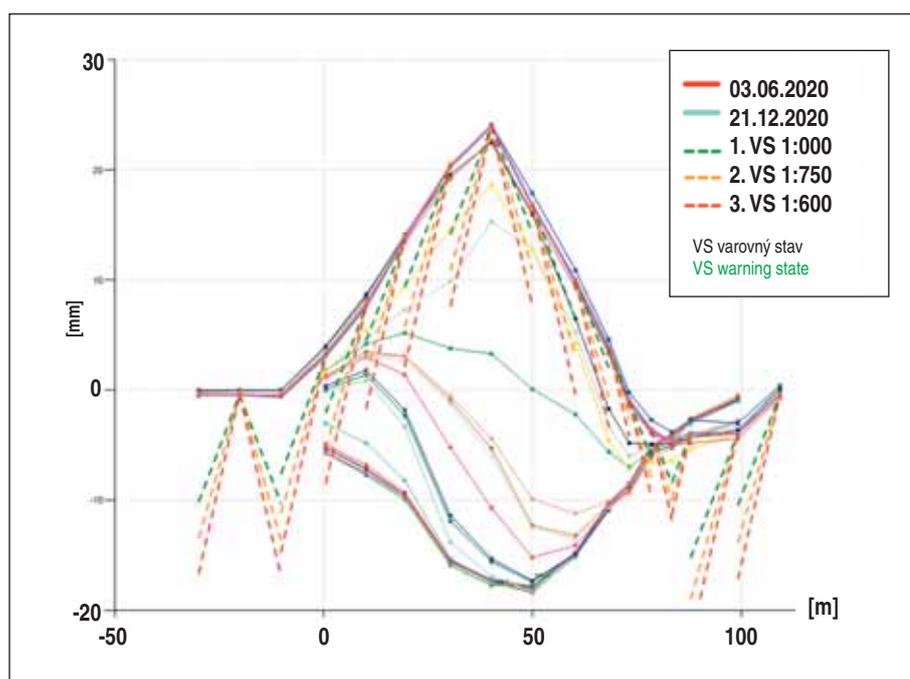


Obr. 4 Nerovnoměrné sedání LTT vlivem poklesu HPV
Fig. 4 Uneven settlement of the LTT due to the fall of GWT

Vliv injektážních prací na tunely metra C byl všemi účastníky projektu vnímán jako závažný, proto bylo komplexní vyhodnocování výsledků monitoringu v tomto období prováděno s denní četností. Díky pravidelnému ověřování sjízdnosti trati provozovatelem tunelů bylo možné injektážní práce úspěšně dokončit, což mělo příznivý vliv na všechny navazující práce.

Navazující ražby a injektážní práce (fáze ovlivnění 4 až 7)

Po dokončení první fáze injektážních prací bylo horninové prostředí v okolí tratových tunelů metra C příznivě stabilizováno



Obr. 5 Vývoj nerovnoměrného sedání LTT po injektážích z průzkumné štoly PAD4, 1. část
Fig. 5 Development of uneven settlement of the LTT after grouting from the PAD4 exploratory gallery, 1st part

measurements. According to assumptions, the location of contact of the excavated and cut-and-cover track tunnel section became the riskiest place.

The monitoring results were frequently analysed in-depth and, by way of annotated graphs, sent to all of the responsible workers of the participating entities of the project. That included the operator of the metro tunnels, who, with his measurements regularly checked, besides other things, the negotiability of the track, which was a pivotal metric for the continuation of exploratory works.

Grouting works from the PAD4 gallery – 1st part (phase of interference 3)

After completing the first part of the excavation works, it was the turn of the grouting works. Their main objective was to improve geotechnical properties of the rock mass in the closest vicinity of the PAD4 gallery, and to preventively limit undesirable deformations of the current Metro C tunnels due to expected effects of the future construction of the new Metro Line D. The impact of grouting on tunnel

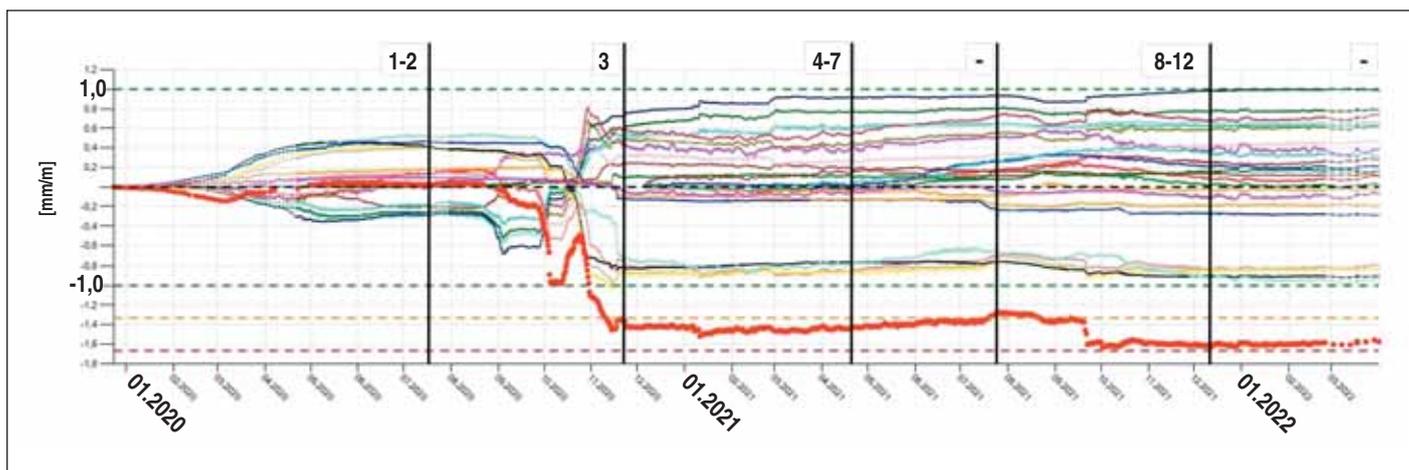
structures was substantial, which is well-illustrated by the elevation on the graphical depiction of behaviour of the longitudinal profile of the left track tunnel (LTT) (Fig. 5), and likewise the changes of directly measured longitudinal inclines, mainly in the LTT (Fig. 6, 7).

The concentration of deformations into a place correlating with the location of the connection between the excavated and cut-and-cover sections is evident on both the graphs of uneven settlement of the LTT longitudinal profile.

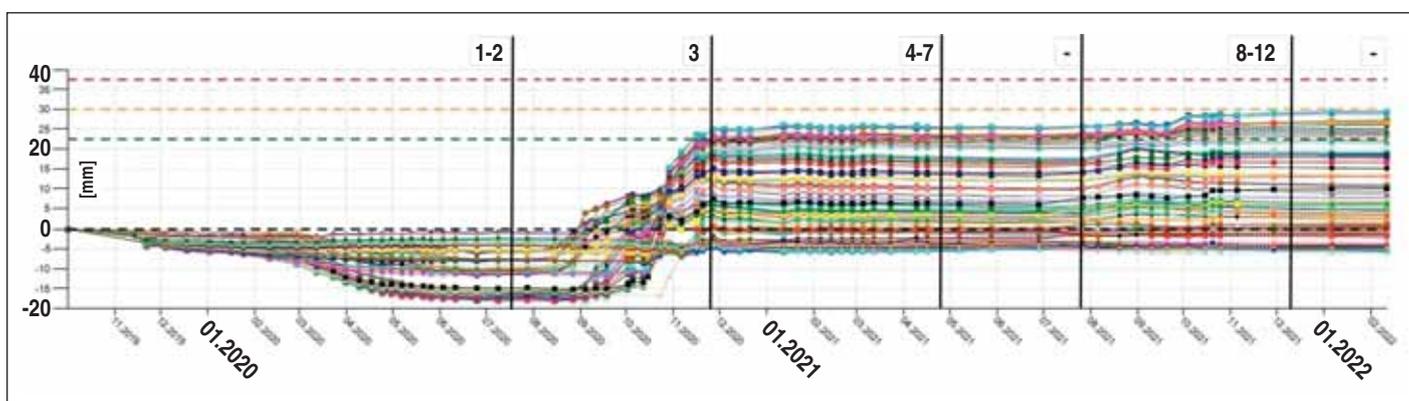
The impact of grouting works on the Metro C tunnels was perceived as serious by all participants of the project, hence; the complex evaluation of monitoring results was carried out daily during this period. Thanks to regular checks of track negotiability by the operator of the tunnels, it was possible to successfully finish grouting works, which had a positive impact on all subsequent works.

Following excavations and grouting works (phases of interference 4 to 7)

The rock mass in the environs of Metro C track tunnels was favourably stabilised after completing the first phase of grouting works, and the following excavations of the PAD4 and VO-OL galleries and subsequent grouting works no longer had any significant adverse impact on the deformations. During this period (meaning after completing the subsequent excavations and grouting), on almost all of the observed methodologies, the tracked oscillation of deformation values was around the values reached after finalising the 1st part of the grouting works.



Obr. 6 Změny podélného náklonu v LTT (barevně náklony jednotlivých snímačů, graf rozdělen do oblastí dle fází ovlivnění (číslo), případně bez ovlivnění (-)
Fig. 6 Changes of the longitudinal incline in the LTT (coloured inclines of individual sensors, graph divided into areas by phases of interference (number), eventually without interference (-))



Obr. 7 Výškové posuny všech geodetických 3D bodů v LTT (barevně posuny jednotlivých bodů, graf rozdělen do oblastí dle fází ovlivnění (číslo), případně bez ovlivnění (-)
Fig. 7 Vertical shifts of all 3D geodesy points in the LTT (coloured shifts of individual points, graph divided into areas by phases of interference (number), eventually without interference (-))

a navazující ražby štol PAD4 a VO-OL a následné injektážní práce už na deformace neměly významný nepříznivý vliv. V tomto období (tedy po dokončení navazujících ražeb a injektáží) byla téměř na všech sledovaných metodikách pozorována oscilace hodnot deformací okolo hodnot dosažených po dokončení injektážních prací 1. části.

Rozšíření průzkumných štol PAD4 a VO-OL a doplňující injektáže (fáze ovlivnění 8-12)

Ražby rozšíření průzkumných štol a doplňující injektáže, které probíhaly ve druhé polovině roku 2021, neměly na deformace traťových tunelů metra C zásadní vliv. Nejvýznamnější z těchto činností z hlediska ovlivnění metra C byly injektáže prováděné z čelby průzkumné štoly VO-OL.

K textu jsou přiloženy grafy příkladů reakcí na průzkum LTT metra C. Reakce druhého tubusu byly podobné, posunuté v čase, dle postupu ražeb. Celkově lze konstatovat, že ovlivnění pravého traťového tunelu (PTT) bylo vesměs o něco mírnější.

5. ZÁVĚR

Ražba průzkumných štol PAD4 a VO-OL v lokalitě pražské Pankráče byla z hlediska geotechnického monitoringu zajímavou výzvou, která vyžadovala dobrou a intenzivní přípravu a samozřejmě efektivní realizaci.

Samotný monitoring provozovaných traťových tunelů metra C hrál v tomto projektu důležitou roli, kterou, díky kvalitnímu návrhu

PAD4 and VO-OL exploratory galleries enlargement and supplementary grouting (phase of interference 8-12)

The excavations for the enlargement of exploratory galleries and supplementary grouting, which took place in the second half of 2021, did not have a significant impact on the deformations of Metro C track tunnels. The most important aspect of these activities in terms of interfering with Metro C was the grouting carried out from the face of the VO-OL exploratory gallery.

The text is accompanied by graphs with examples of responses of the Metro C LTT to the exploration. The responses of the second tube were similar, shifted in time according to the advancement of the excavations. In general, it is possible to note that the interference of the right tunnel tube (RTT) was mostly somewhat milder.

5. CONCLUSION

The excavation of PAD4 and VO-OL exploration galleries in the area of Pankrác, Prague, was, from a geotechnical monitoring standpoint, an interesting challenge, which required good and intensive preparation and, naturally, effective realisation.

The monitoring of the operated Metro C track tunnels itself played a key role in this project, which was successfully fulfilled over the entire duration thanks to a high-quality plan and realisation. The deployment of automatic monitoring components into the

a provádění, po celou dobu úspěšně plnil. Nasazení prvků automatického monitoringu do měřicí linky bylo během průzkumných prací zcela klíčové, neboť umožňovalo nepřetržitě sledovat vývoj měřených veličin a s volitelnou četností je vyhodnocovat. Za předpokladu využití pouze cyklických metod měření by nebylo možné zachytit nepříznivé trendy deformací dostatečně rychle a reagovat na ně včas vhodnými opatřeními. Další nevýhodou použití pouze cyklických metod měření je v tomto případě možnost jejich provádění pouze v době traťové výluky provozované linky.

Během necelých tří let trvání tohoto projektu byly traťové tunely metra C postupně vystavovány různým druhům namáhání, které se díky úzké spolupráci všech účastníků doplňkového průzkumu dařilo vyhodnocovat a účinně upravovat postupy stavebně-průzkumných činností. Významným výsledkem této spolupráce je fakt, že po celou dobu trvání projektu nebyl narušen ani průběh průzkumných prací, ani pravidelný provoz metra C.

Důležitým výsledkem z průběžného a závěrečného hodnocení trasy C byl upravený způsob posuzování varovných stavů pro navazující fázi, tj. pro výstavbu nové trasy metra D v úseku Pankrác–Olbrachtova. Ten spočíval v posuzování dílčích změn od zahájení výstavby trasy metra D k nově stanoveným zpřísněným varovným stavům, a dále k posuzování celkových deformací od zahájení doplňkového průzkumu podle aktualizovaných původních varovných stavů.

V současné době již byla dokončena většina ražeb první části metra D, tj. při výstavbě metra I.D1a (úsek Pankrác–Olbrachtova), nyní jsou dokončovány ražby jednodílné stanice Pankrác D. Velmi náročné ražby nové trasy metra D dosud neměly zásadnější negativní vliv na provoz trasy metra C i díky podrobné přípravě průzkumných prací a jejich úspěšnému provedení.

Ing. MARTIN VINTER,
vinter.martin@inset.com,
Ing. VOJTĚCH ANDERLE,
anderle.vojtech@inset.com,
INSET s.r.o.

Recenzoval *Reviewed by:* Ing. Radek Bernard, Ph.D.

measuring service during the exploratory works was absolutely key, since it enabled continuous tracking of the development of measured quantities and to evaluate them with optional frequency. Assuming that only cyclic measurement methods were utilised, it would not be possible to detect unfavourable deformation trends with sufficient speed, and to react to them in a timely manner with appropriate measures. Another disadvantage of using only cyclic measurement methods is that, in this case, it is only possible to execute them during a track closure of the operated line.

During less than three years of this project, the Metro C track tunnels were gradually subjected to various types of stress, which, thanks to the close cooperation of all the participants of the supplementary exploration, were successfully evaluated and effectively altered by the procedures of construction-exploration activities. An important result of this cooperation is the fact that not only the progress of exploratory works or the regular Metro C operations were not disrupted over the entire duration of the project.

An important result of the interim and final evaluation of Line C was an adjusted method of assessing warning states for the following phase, i.e., for the construction of the new Metro Line D in the Pankrác – Olbrachtova section. It consisted of assessing partial changes since the start of construction of Metro D in compliance with the newly established stricter warning states, and further assessing total deformations from the onset of the supplementary exploration according to updated original warning states.

The majority of excavations of the first part of Metro D have already been completed at the present time, i.e., the construction of Metro I.D1a (Pankrác – Olbrachtova section), with the excavations of the single-vault Pankrác D station being finalised. The highly demanding excavations of the new Metro D route have not yet had any significant negative impact on the operation of the Metro C route, even thanks to thorough preparation and successful completion of exploratory works.

Ing. MARTIN VINTER,
vinter.martin@inset.com,
Ing. VOJTĚCH ANDERLE,
anderle.vojtech@inset.com,
INSET s.r.o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] HORÁK, Lubomír. *Dokumentace pro ohlášení, Úsek PAD4 – Monitoring raženého díla, Doplňkový geologický průzkum ID1a – Monitoring*, Metroprojekt. 2017.
- [2] ANDĚL, Václav; FILIP, Miroslav a IVOR, Štefan. Geologický průzkum trasy I.D metra v Praze, úsek PAD4. *TUNEL*. 2020, roč. 2020, č. 4, s. 14–21.
- [3] HORÁK, Lubomír. *Dokumentace pro ohlášení, Úsek VO-OL – Monitoring raženého díla, Doplňkový geologický průzkum ID1a – Monitoring*, Metroprojekt. 2017.
- [4] TLAMSA, Jiří; ONYSKO, Radek a ZEMÁNEK, Jan. Metro I.D – současný stav geologických průzkumných prací na úsecích VO-OL a OL1. *TUNEL*, roč. 2020, č. 4, s. 44–53.
- [5] SPOLEČNOST GTM TRASY I.D METRA. *Realizační projekt geomonitoringu – PAD4, Komplexní geotechnický monitoring pro geologický průzkum stavby VÝSTAVBA TRASY I.D METRA*. 2020.
- [6] SPOLEČNOST GTM TRASY I.D METRA. *Realizační projekt geomonitoringu – VO-OL, Komplexní geotechnický monitoring pro geologický průzkum stavby VÝSTAVBA TRASY I.D METRA*. 2020.
- [7] SPOLEČNOST PASPORTY PRO METRO I.D. INSET-GeoTec. *Pasportizace objektů dotčených GP – T1-T4, Komplexní geotechnický monitoring pro geologický průzkum stavby VÝSTAVBA TRASY I.D METRA*. 2019
- [8] SPOLEČNOST GTM TRASY I.D METRA. *Závěrečná zpráva komplexního geomonitoringu – PAD4, Komplexní geotechnický monitoring pro geologický průzkum stavby VÝSTAVBA TRASY I.D METRA*. 2021.
- [9] SPOLEČNOST GTM TRASY I.D METRA. *Realizační projekt geomonitoringu – VO-OL, Komplexní geotechnický monitoring pro geologický průzkum stavby VÝSTAVBA TRASY I.D METRA*. 2020.

FOTOREPORTÁŽ Z VÝSTAVBY KABELOVÉHO KOLEKTORU HG NA LETIŠTI VÁCLAVA HAVLA V PRAZE – část 1

PICTURE REPORT FROM THE CONSTRUCTION OF THE HG UTILITY TUNNEL AT THE VÁCLAV HAVEL AIRPORT IN PRAGUE – part 1

FOTO ING. RADEK BERNARD, PH.D., A DRON OBJEDNATELE
PHOTO ING. RADEK BERNARD, PH.D., AND A DRONE OF THE CLIENT



Obr. 1 Pohled z dronu na hloubenou část výstavby kolektoru od šachty Š11 k Š9 z 05/25

Fig. 1 A drone view of the cut-and-cover section of the utility tunnel construction from the Š11 shaft to the Š9 shaft from 05/25



Obr. 2 Požehnání kolektorového tunelu, jeho razičům a osazení svatě Barbory před šachtou Š9

Fig. 2 Blessing of the utility tunnel, its workers, and the mounting of Saint Barbara in front of the Š9 shaft



Obr. 3 Pohled do šachty Š8 po dobudování její dočasné konstrukce a odvrtného deštníku

Fig. 3 A view into the Š8 shaft after constructing its provisional structure and drilled umbrella



Obr. 4 První metry kolektorového tunelu ze šachty Š8 k šachtě / technické komoře TK7 v kalotě vyraženy

Fig. 4 First metres of the utility tunnel from the Š8 shaft towards the TK7 shaft / technical chamber excavated in the top heading



Obr. 5 Zahájení ražby tunelu ze šachty Š8 směrem k šachtě Š9

Fig. 5 Commencement of tunnel excavation from the Š8 shaft towards the Š9 shaft



Obr. 6 Příprava na ražbu kolektorového tunelu od šachty Š9 k šachtě Š8 z 06/25

Fig. 6 Preparations for utility tunnel excavation from the Š9 shaft towards the Š8 shaft from 06/25

FOTOREPORTÁŽ Z VÝSTAVBY KABELOVÉHO KOLEKTORU HG NA LETIŠTI VÁCLAVA HAVLA V PRAZE – část 2

PICTURE REPORT FROM THE CONSTRUCTION OF THE HG UTILITY TUNNEL AT THE VÁCLAV HAVEL AIRPORT IN PRAGUE – part 2

FOTO ING. RADEK BERNARD, PH.D., A DRON OBJEDNATELE
PHOTO ING. RADEK BERNARD, PH.D., AND A DRONE OF THE CLIENT



Obr. 7 Nezajištěné čelo kaloty různě zvětralých slínovců ze šachty Š8 k technické komoře TK7 z 07/25

Fig. 7 Unsecured top heading face in differently weathered marlstones from the Š8 shaft to TK7 technical chamber from 07/25



Obr. 8 Svislá doprava materiálu i rubaniny v šachtě Š8 zajištěna mobilním jeřábem RDK

Fig. 8 Vertical material and spoil transport in the Š8 shaft secured by an RDK mobile crane



Obr. 9 Ražba opěří kolektorového tunelu ze šachty Š8 k šachtě / technické komoře TK7

Fig. 9 Excavation of the bench of the utility tunnel from the Š8 shaft towards the TK7 shaft / technical chamber



Obr. 10 Pohled na vyraženou část tunelu s provedeným primárním ostěním a KVG body

Fig. 10 A view of the excavated section of the tunnel with completed primary lining and reflective convergence points



Obr. 11 Čelo výrubu silně zvětralých až rozložených slínovců ze šachty Š8 k technické komoře TK7 z 09/25

Fig. 11 The excavation face with strongly weathered to disintegrated marlstones from Š8 shaft to TK7 technical chamber from 09/25



Obr. 12 Pohled z dronu na vybudovanou část kolektoru v hloubeném úseku od šachty Š9 z 09/25

Fig. 12 A drone view of an already built part of the utility tunnel in the cut-and-cover section from shaft Š9 from 09/25

FOTOREPORTÁŽ ZE ZAHÁJENÍ RAŽBY PRŮZKUMNÉ ŠTOLY PRO TUNEL KAMENNÁ VRATA NA D3

PICTURE REPORT FROM THE COMMENCEMENT OF EXCAVATIONS OF THE EXPLORATORY GALLERY FOR THE KAMENNÁ VRATA TUNNEL ON THE D3

FOTO ARCHIV METROSTAV TBR A.S. A 3G CONSULTING ENGINEERS S.R.O.
PHOTO ARCHIVE METROSTAV TBR A.S. AND 3G CONSULTING ENGINEERS S.R.O.



Obr. 1 Hloubení portálové jámy průzkumné štoly
Fig. 1 Trenching of the portal pit of the exploratory gallery



Obr. 2 Svěcení sošky sv. Barbory dne 29. 8. 2025
Fig. 2 The blessing of the St. Barbara statue on 29/8/2025



Obr. 3 Portálová jáma zajištěná sřřkaným betonem
Fig. 3 Portal pit secured by sprayed concrete



Obr. 4 Pohled do stěsněného prostoru průzkumné štoly
Fig. 4 A view of the confined space of the exploratory gallery



Obr. 5 Montáž vřřtužného rámu a první vrstvy sítě ostění štoly
Fig. 5 Assembly of a reinforcing frame and a first layer of mesh for the lining of the gallery



Obr. 6 Tunelový bagr začisřřuje řělbu štoly za vřřhybnou
Fig. 6 Tunnel excavator cleaning up the face of the gallery after a passing bay



Přejeme účastníkům,
aby jim konference
přinesla mnoho nových
informací, kontaktů
a zkušeností.

We wish each and every
participant a successful
but above all enjoyable
conference, that brings
a host of new experiences,
vital information
and useful contacts.

UNDERGROUND
CONSTRUCTION

MAY 24-27, 2026
PRAGUE

16. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE
16TH INTERNATIONAL CONFERENCE

PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2026 UNDERGROUND CONSTRUCTION PRAGUE 2026

24.-27. KVĚTNA 2026 / MAY 24-27, 2026
CLARION CONGRESS HOTEL PRAGUE

TERMÍN VČASNÉ REGISTRACE A ODEVZDÁNÍ PŘÍSPĚVKŮ: 31. LEDNA 2026

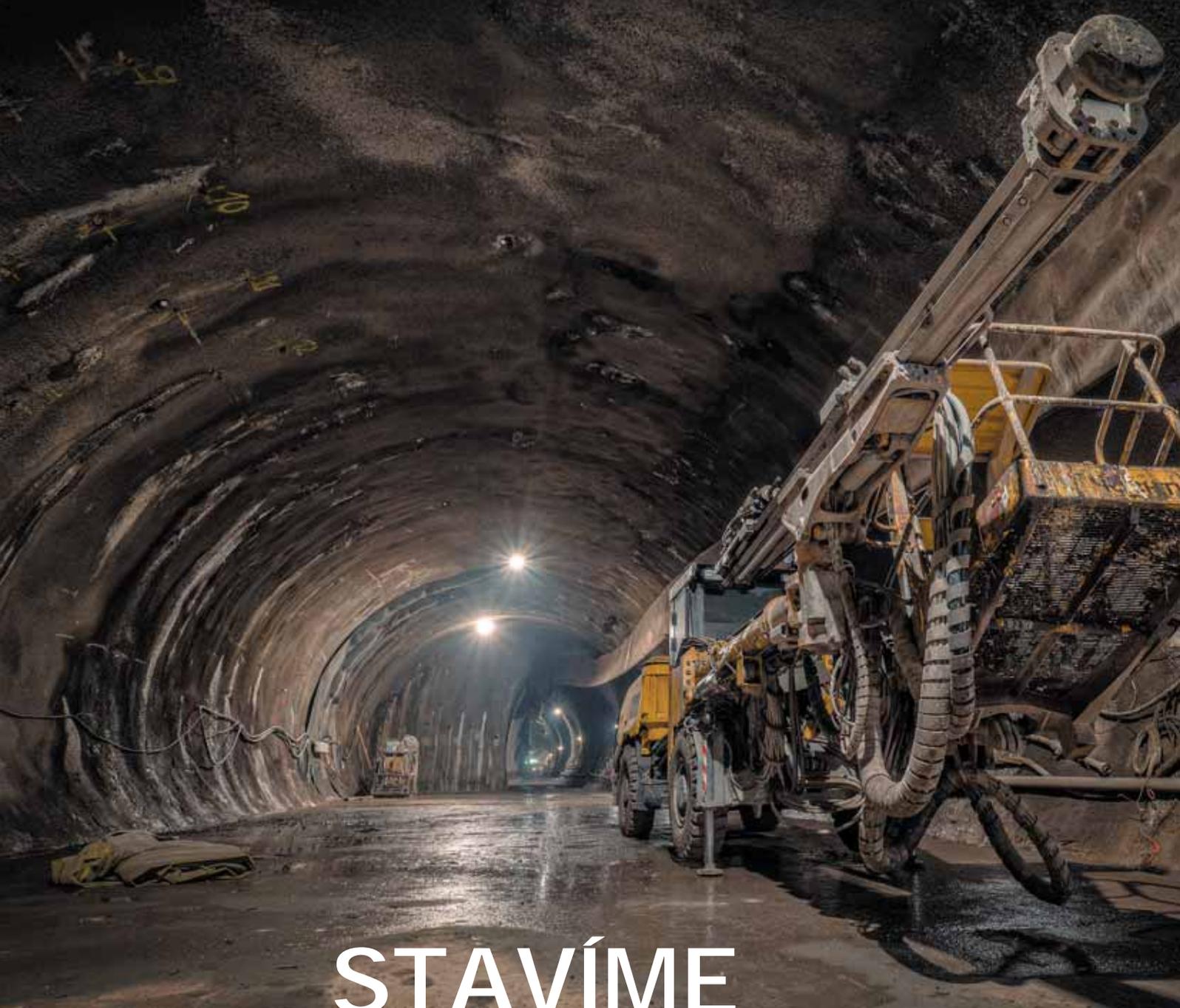
DEADLINE FOR EARLY REGISTRATION AND FULL PAPER SUBMISSION: JANUARY 31ST, 2026

ČESKÁ TUNELÁŘSKÁ
ASOCIACE
ITA-AITES
CZECH TUNNELLING
ASSOCIATION
ITA-AITES



ps2026@aimgroup.eu

www.psp Praha.cz



STAVÍME NA ODBORNOSTI

Jsme stavební firma s českým a mezinárodním know-how. Realizujeme technologicky náročné projekty v oblasti pozemního i dopravního stavitelství. Na český a slovenský trh přinášíme nejmodernější technologické postupy v oblastech výstavby, inženýringu i nových smluvních modelů. Zaměřujeme se zejména na ty segmenty trhu, ve kterých můžeme využít svou odbornost. Díky tomu přinášíme stabilní pracovní místa a generujeme dlouhodobě udržitelný zisk. Dbáme na bezpečnost práce, ale i profesní rozvoj a spokojený osobní život našich zaměstnanců.

**PROJEKTUJEME BUDOUCNOST
NA PEVNÝCH ZÁKLADĚCH**

- Podzemní stavby a geotechnika
- Mosty a inženýrské stavby
- Silniční stavby
- Železniční stavby
- Vodohospodářské stavby
- Pozemní stavby a architektura
- Životní prostředí
- Inženýrská činnost

**Zlatý sponzor konference
Podzemní stavby Praha 2026**



Naše kanceláře:

- Praha
- Olomouc
- Pardubice
- České Budějovice
- Brno
- Ostrava
- Plzeň
- Teplice
- Bratislava

info@sagasta.cz



**Advancing Tunnel Boring Innovation
Across the Globe.**

Kvesheti-Kobi Highway Project, Georgia ▼



**One hand solution provider
for Global Tunnelling Challenges**

With over 1,500 Tunnel Boring Machines (TBMs) manufactured, CREG TBM GERMANY GmbH is at the forefront of tunnelling innovation. Our machines have conquered challenging terrains, from soft to hard rock, with diameters ranging from 3 to 15 meters. Driven by a international team based in Germany, we provide comprehensive solutions that include Roadheaders and Drilling Jumbos, ensuring your projects succeed from start to finish.

**Underground Construction Prague
2026 Conference Partner**





NAVRHUJEME BUDOUCNOST



METROPROJEKT

TECHNIK SPRÁVCE PODZEMNÍCH OBJEKTŮ

Staňte se součástí týmu správy podzemních objektů - kolektorů, produktovodu, kabelovodů, kabelových a teplovodních kanálů a objektů s nimi spojených. Stojíme za každodenním chodem největšího letiště v České republice!

Zajišťujeme provozuschopnost podzemních objektů v režimu údržby a oprav.

Zpracováváme plány údržby a investic. Jsme důležitou součástí zahájených rozvojových projektů Prague Airport 2030+.

Požadujeme:

- SŠ v oboru stavitelství
- Práce s CAD, MS Office
- ŘP sk. B - aktivní řidič



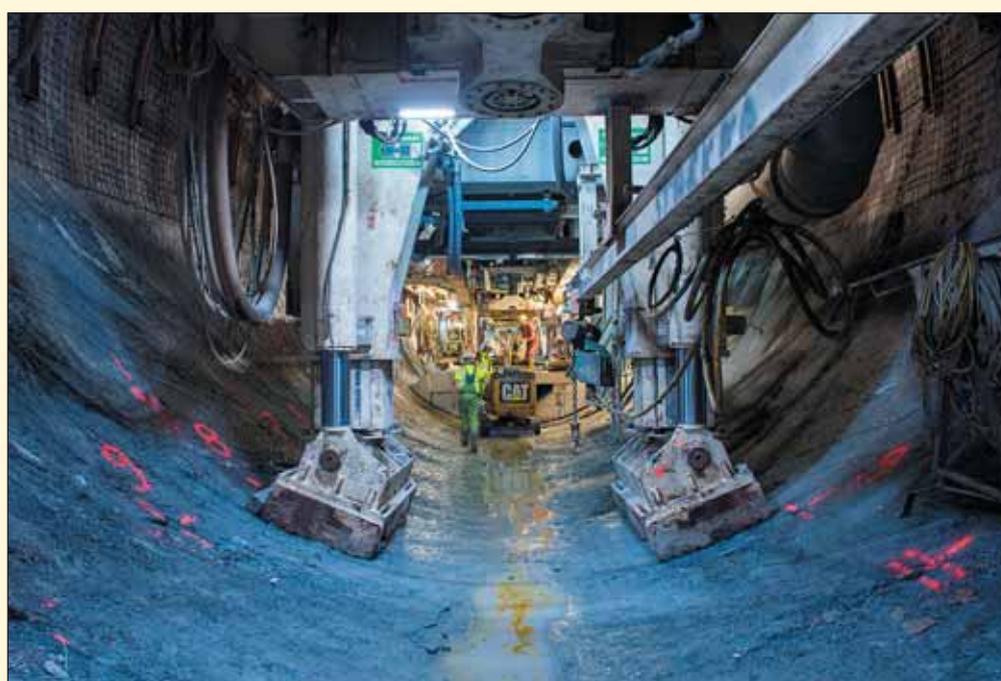
www.pracenaletisti.cz



ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

PRORÁŽKA PRŮZKUMNÉ ŠTOLY BRENNERSKÉHO BÁZOVÉHO TUNELU BREAKTHROUGH OF THE BRENNER BASE TUNNEL EXPLORATORY GALLERY

On Thursday, September 18th, 2025, at 14:53, an underground connection between Austria and Italy was made by way of a breakthrough of an exploratory gallery for the Brenner base railway tunnel. The exploratory gallery is led parallel to the track tunnels at a length of ca. 55km. Of those, approximately 42km were excavated by tunnelling machines Clio, Günter, and Serena. Conventional tunnelling methods were utilised for the remaining 13km. Position-wise, the gallery is situated between the track tunnels, and it is located ca. 10 to 12m below them vertically. The excavation of the exploratory gallery was initiated on the Italian side on 28/4/2008 from the Aicha portal, which is located before the southern portal of the Brenner base tunnel itself in Franzenfeste. On the Austrian side,



Obr. 1 Ražba průzkumné štoly pomocí TBM
Fig. 1 Exploratory gallery excavation by a TBM

zdroj BBT-SE (www.bbt-se.com) source BBT-SE (www.bbt-se.com)

the commencement of excavations of the exploratory gallery began on 4/12/2009. The portal was situated in the Sill River valley in the Innsbruck area. The breakthrough of the exploratory gallery, which took place at an estimated depth of 1420m beneath the peak of Geigenspitze Mountain and roughly 2km from the Brenner Pass as the crow flies, was not only a major tunnelling milestone, but also a political event attended by representatives of Austria, Italy, and even the European Union, which was involved in the financing of this transport structure of multinational importance.

Ve čtvrtek 18. září 2025 ve 14:53 došlo prorážkou průzkumné štoly železničního Brennerského bazového tunelu k podzemnímu propojení Rakouska a Itálie. Průzkumná štola je vedena paralelně s traťovými tunely v délce cca 55 km. Zhruba 42 km z této délky vyrazily tunelovací stroje Clio, Günter a Serena. Zbývajících cca 13 km bylo vyraženo konvenčními tunelovacími metodami. Polohově je štola situována uprostřed mezi traťovými tunely, výškově se nachází cca 10 až 12 m pod nimi. Kromě zjištění geotechnických podmínek ve stopě Brennerského bazového tunelu hraje v průběhu výstavby významnou roli i z hlediska dopravy materiálu nebo

probíhala až do 11. 12. 2013. Další úsek průzkumné štoly Ahrental–Pfnos délky 17 km byl na rakouské straně ražený od 26. 9. 2015 otevřeným tunelovacím strojem o celkové délce 200 m a o průměru výrubu 8 m (obr. 1). Ražba dalšího úseku průzkumné štoly byla na rakouské straně z pracoviště Wolf zahájena 29. 3. 2019 tunelovacím strojem Serena. Ten po 3,5 letech a cca 14,2 km dosáhl v hloubce 1450 m pod povrchem státní hranice mezi Rakouskem a Itálií.

I když od zahájení ražby průzkumné štoly v dubnu 2008 do její prorážky v září 2025 uplynulo více než 17 let, nelze toto období označit jako dobu ražby, protože byla ražena po úsecích a zahájení ražeb těchto dílčích úseků bylo podmíněno přípravou a výstavbou celé řady dalších doprovodných přístupových štol a tunelů, větracích šachet, tunelů na dopravu rubaniny k deponiím rubaniny apod. V souvislosti s Brennerským bazovým tunelem se mluví o jeho délce 55 km, resp. po spojení s Inntaltunelem 64 km. Celková délka ražených podzemních děl souvisejících s jeho výstavbou však bude dosahovat cca 230 km. Z této délky je již 204 km vyraženo a v příštím roce by měly být ražby úplně dokončeny. Uvedení tunelu do provozu se předpokládá v roce 2032. Vznikne tak klíčový prvek železničního spojení mezi Mnichovem a Veronou, který

umožní průjezd nákladních vlaků tunelem rychlostí až 160 km/h a osobních vlaků rychlostí až 250 km/h.

Prorážka průzkumné štoly, ke které došlo v hloubce 1 420 m přibližně pod vrcholem hory Geigenspitze a asi 2 km vzdušnou čarou od Brennerského průsmyku (obr. 2), byla nejen výrazným tunelářským milníkem, ale i politickou událostí za účasti zástupců Rakouska, Itálie i Evropské unie, která se na financování této dopravní stavby nadnárodního významu podílí. Červené tlačítko k symbolickému odpalu posledního záběru průzkumné štoly současně stiskli (zleva) rakouský ministr dopravy Peter Hanke, EU komisař pro dopravu a cestovní ruch Apostolos Tzitzikostas, italská premiérka Giorgia Meloni, rakouský spolkový kancléř Christian Stocker a italský ministr dopravy Matteo Salvini (obr. 3).



zdroj BBT-SE (www.bbt-se.com) source BBT-SE (www.bbt-se.com)

Obr. 2 Prorážka v konvenčně raženém úseku
Fig. 2 Breakthrough in the conventionally excavated section

odvodnění. Po uvedení tunelu do provozu bude sloužit jako servisní štola a v případě nehody i jako úniková cesta, neboť je v místě tunelových propojek s nimi spojena. Vzhledem k poloze průzkumné štoly hluboko pod povrchem bude využívána i jako zdroj geotermální energie z drenážní vody. Tato energie bude využívána pro topení a chlazení objektů v blízkosti portálu Innsbruck.

Ražba průzkumné štoly byla zahájena na italské straně 28. 4. 2008 z portálu Aicha, který se nachází ještě před jižním portálem vlastního Brennerského bazového tunelu ve Franzensfeste. Průzkumná štola Aicha měla délku 10,5 km a byla ražena tunelovacím strojem o průměru výrubu 6,3 m. Ražba probíhala 919 dnů a k prorážce došlo 3. 11. 2010. Na rakouské straně došlo k zahájení ražby průzkumné štoly o délce 5,4 km dne 4. 12. 2009. Portál byl umístěn do údolí řeky Sill v oblasti Innsbrucku a konvenční ražba s plochou výrubu 26 m² zde

Ing. LIBOR MAŘÍK, SAGASTA s.r.o.



zdroj BBT-SE (www.bbt-se.com) source BBT-SE (www.bbt-se.com)

Obr. 3 Symbolický odpal posledního záběru průzkumné štoly
Fig. 3 Symbolic blasting of the last round of the exploratory gallery

TUNELY FRÉJUS VE SVĚTLE MEDAILÍ THE FRÉJUS TUNNELS IN THE LIGHT OF MEDALS

Since ancient times, but all the more so since the Industrial Revolution, human solidarity cannot get by without underground structures. They are essential for the economy, primarily in transport, energy, and logistics. They are also essential for urban development, public hygiene, safety, ecology etc. Whilst design, realisation, and operation of underground structures are very demanding regarding a series of economic, technical, and even universal risk factors of the activities. That is also why significant attention is given to these socially necessary, technically and time-wise high-profile, and expensive works on all levels of realisation. Besides deserved (but often even undeserved) publicity, they include, as with other fields of human activity, commemorative or merit medals, plaques, and badges. Occasional coins can be found, and today, many advertisement items. They are a reminder of a construction commencement, a breakthrough, the start of operations, an anniversary, the contractors or investors, or records... Presented in the following text is a bundle of tiny sculptures for extraordinary underground structures, which are the Fréjus railway and road tunnels. Both tunnels facilitate the connection of Piedmont (Susa Valley) in northern Italy with Savoy in France (by extension, Turin with Lyon). They are named Fréjus after a pass (2,542m asl) and a peak (2,932m asl), which are located in the western section of the Alpine Mont Cenis massif.



Obr. 1 Železniční a silniční tunel Fréjus, je zakreslená i přibližná trasa budoucího bázového tunelu Mont d'Ambin
Fig. 1 The Fréjus railway and road tunnels, even the approximate route of the future Mont d'Ambin base tunnel is plotted

zdroj 1, upraveno source 1, edited

Od pradávna, ale o to víc od počátku průmyslové revoluce, se lidská pospolitosť neobejde bez podzemních staveb. Potřebuje je hospodářství, především doprava, energetika a logistika, jsou nezbytné pro urbanismus, veřejnou hygienu, bezpečnost, ekologii etc. Přitom navrhování, realizace a provoz podzemních staveb je vzhledem k řadě ekonomických, technických i obecně rizikových faktorů činností velmi náročnou. Proto také bývá těmto společensky potřebným, technicky a časově exponovaným a nákladným dílům věnovaná na všech úrovních realizace značná pozornost. Vedle zasloužené (ale mnohdy i nezasloužené) publicity jsou to, obdobně jako v dalších oborech lidské činnosti, pamětní či záslužné medaile, plakety a odznaky, vyskytují se příležitostně mince a dnes také různé reklamní předměty. Připomíná se tím zahájení stavby, prořádky, zahájení provozu, výročí, zhotovitelé a investoři, rekordy...

Od pradávna, ale o to víc od počátku průmyslové revoluce, se lidská pospolitosť neobejde bez podzemních staveb. Potřebuje je hospodářství, především doprava, energetika a logistika, jsou nezbytné pro urbanismus, veřejnou hygienu, bezpečnost, ekologii etc. Přitom navrhování, realizace a provoz podzemních staveb je vzhledem k řadě ekonomických, technických i obecně rizikových faktorů činností velmi náročnou. Proto také bývá těmto společensky potřebným, technicky a časově exponovaným a nákladným dílům věnovaná na všech úrovních realizace značná pozornost. Vedle zasloužené (ale mnohdy i nezasloužené) publicity jsou to, obdobně jako v dalších oborech lidské činnosti, pamětní či záslužné medaile, plakety a odznaky, vyskytují se příležitostně mince a dnes také různé reklamní předměty. Připomíná se tím zahájení stavby, prořádky, zahájení provozu, výročí, zhotovitelé a investoři, rekordy...



Obr. 2 Medaile. Zlacený bronz (zlacení je silně setřené), Ø 61 mm, 105 g [soukromá sbírka].

Avers: Horská krajina s portálem tunelu, do kterého vedou dvě koleje, nad portálem archanděl s hláskou trubkou.

Revers: Text: AGOSTO 1857 / IL PARLAMENTO SUBALPINO / DECRETAVA / DICEMBRE 1870 / L' ULTIMA ESPLODEVA (Srpen 1857 Podalpý parlament v prosinci 1870 vyhlašuje odpálení poslední nálož).

Fig. 2 Medal. Gilded bronze (the gilding is heavily scratched off), Ø61mm, 105g [private collection].

Obverse: Mountain landscape with a tunnel portal into which two tracks lead, above the portal is an archangel with a speaking trumpet.

Reverse: Text: AGOSTO 1857 / IL PARLAMENTO SUBALPINO / DECRETAVA / DICEMBRE 1870 / L' ULTIMA ESPLODEVA (August 1857 the Subalpine Parliament announces the blasting of the final explosive charge in December 1870).



Obr. 3 Medaile. Zlacený bronz, Ø 62 mm, 85 g [soukromá sbírka].

Avers: Horská krajina s portálem tunelu, do kterého vedou dvě koleje, nad portálem archanděl s hláskou trubkou. Signatury medailéra a výrobce.

Revers: Pracovní scéna s raziči a vrtacím vozem v tunelu. Opis: TRAFORO DEL MONTE CENISIO MDCCCLVII – MDCCCLXX (Tunel Mont Cenis 1857–1870).

Fig. 3 Medal. Gilded bronze, Ø62mm, 85g [private collection].

Obverse: Mountain landscape with a tunnel portal into which two tracks lead, above the portal is an archangel with a speaking trumpet. Signatures of the medallist and the manufacturer.

Reverse: Work scene with miners and a drilling rig in the tunnel. Transcript: TRAFORO DEL MONTE CENISIO MDCCCLVII – MDCCCLXX (Mont Cenis tunnel 1857–1870).



Obr. 4 Medaile. Patinovaný bronz, Ø 33 mm, 25 g, kulové ouško [soukromá sbírka].

Avers: Text: LE / SOCIETA ITALIANA / DI / MUTUO SOCCORSO E BENEFICENZA / INAUGURANDOSI / IL TRAFORO DELLE ALPI / ADDI 17. SETT. / 1871 (Italská společnost vzájemné pomoci a charity slavnostně otevřela Alpský tunel 17. září 1871).

Revers: Text: IL / COMITATO / PROMOTORE FRA LE SOCIETA / TORINESI ALLE CONSORELLE D' ITALIA / AD / IMPERITURA MEMORIA / DONAVA (Podpůrný výbor Turínských společností sesterským společenstvem Itálie na věčnou památku).

Fig. 4 Medal. Patina bronze, Ø33mm, 25g, spherical eyelet [private collection].
Obverse: Text: LE / SOCIETA ITALIANA / DI / MUTUO SOCCORSO E BENEFICENZA / INAUGURANDOSI / IL TRAFORO DELLE ALPI / ADDI 17. SETT. / 1871 (The Italian company for mutual aid and charity has ceremoniously opened the Alpine tunnel on the 17th of September 1871).

Reverse: Text: IL / COMITATO / PROMOTORE FRA LE SOCIETA / TORINESI ALLE CONSORELLE D' ITALIA / AD / IMPERITURA MEMORIA / DONAVA (The Supporting committee of the societies of Turin to the sisterly societies of Italy for an eternal memory).

V následujícím textu je představen konvolut drobných plastik ke dvěma výjimečným podzemním stavbám, kterými jsou železniční a silniční tunely Fréjus. Oba tunely umožňují spojení Piemontu (údolí Susa) v Severní Itálii se Savojskem ve Francii (potažmo Turinu s Lyonem) – obr. 1. Jméno Fréjus nesou po průsmyku (2 542 m n. m.) a vrcholu (2 932 m n. m.), které se nacházejí v západní části alpského masívu Mont Cenis.

1. ŽELEZNIČNÍ TUNEL FRÉJUS (MONT CENIS)

Dvoukolejný železniční tunel Fréjus, podle názvu masívu dříve známý také jako Mont Cenis, spojuje městečka Bardonecchia v Itálii a Modane ve Francii. Stavba tohoto jednotubusového tunelu byla ve své době zcela mimořádným inženýrským činem,



Obr. 6 Medaile. Stříbro příp. patinovaný bronz, Ø 40 mm, 28 g (Ag), 23 g (bronz) [soukromá sbírka].

Avers: Dva raziči obsluhují vícelafetový pneumatický vrtací vůz.
Revers Text. CENTENARIO / TRAFORO DELLE ALPI / BARDONECCHIA / MODANE / 1857 1957 (Století Alpský tunel Bardonecchia Modane 1857 1957).

Fig. 6 Medal. Silver, eventually patina bronze, Ø40mm, 28g (Ag), 23g (bronz) [private collection].

Obverse: Two miners operate a pneumatic twin-boom drilling rig.
Reverse Text. CENTENARIO / TRAFORO DELLE ALPI / BARDONECCHIA / MODANE / 1857 1957 (A century of the Bardonecchia Modane Alpine tunnel 1857 1957).



Obr. 5 Medaile. Patinovaný bronz, Ø 71 mm, 170 g [soukromá sbírka].

Avers: Horská krajina s portálem tunelu, do kterého vedou dvě koleje. Po stranách postavy mýtické Galie a Itálie podávající si ruce nad portálem. Nahoře opis: TRAFORO DELLE ALPI MONTE CENISIO (Alpský tunel Mont Cenis). Pod portálem signatura výrobce a text: INCOMINCIATO IL 14 NOVEMBRE 1857 / COMPIUTO IN 25 DICEMELE 1870 (Započato 14. listopadu 1857, dokončeno 25. prosince 1870).

Revers: Opis: LA SOCIETA' FERROVIARIA DELL' ALTA ITALIA AGLI AUTORI INGEGNERI ED ESECUTORI DEL TRAFORO (Severoitalská železniční společnost projektantů, inženýrů a stavitelů tunelu). Středový medailon: RICORDO / DELLE / FESTE / D' INAUGURAZIONE / 1871 (Vzpomínka na oslavy inaugurace 1871).

Fig. 5 Medal. Patina bronze, Ø71mm, 170g [private collection].

Obverse: Mountain landscape with a tunnel portal, into which two tracks lead. By the sides, figures of mythic Gaul and Italy shaking hands above the portal. Above a transcript: TRAFORO DELLE ALPI MONTE CENISIO (Mont Cenis Alpine tunnel). Beneath the portal a signature of the manufacturer and a text: INCOMINCIATO IL 14 NOVEMBRE 1857 / COMPIUTO IN 25 DICEMELE 1870 (Started on the 14th of November 1857, finished on the 25th of December 1870).

Reverse: Transcript: LA SOCIETA' FERROVIARIA DELL' ALTA ITALIA AGLI AUTORI INGEGNERI ED ESECUTORI DEL TRAFORO (The Northern Italy railway company to the designers, engineers, and builders of the tunnel). Middle medallion: RICORDO / DELLE / FESTE / D' INAUGURAZIONE / 1871 (A memory of inauguration celebrations 1871).



Obr. 7 Medaile/přívěsek. Postříbřený(?) bronz (stříbření? silně setřené), 46 × 29 mm, 15 g, ploché ouško [soukromá sbírka].

Avers: Horská krajina s portálem tunelu, do kterého vedou dvě koleje, nad portálem název obce s její nadmořskou výškou: BARDONECCHIA m. 1312, v portálu znak obce.

Revers: Opis (francouzsky a italsky): CENTENAIRE DU FREJUS – CENTENARIO DEL FREJUS (Sté výročí Frejus), nahoře název obce s její nadmořskou výškou: MODANE alt. 1057, v poli: 18–19 SEPTEMBRE / 1971, dole: znak obce.

Fig. 7 Medal/pendant. Silver-plated (?) bronze (silver-plating? heavily scratched off), 46 × 29mm, 15g, flat eyelet [private collection].

Obverse: Mountain landscape with a tunnel portal, into which two tracks lead, above the portal the name of a town and its height above mean sea level: BARDONECCHIA m. 1312, in the portal a coat of arms of the town.

Reverse: Transcript (French and Italian): CENTENAIRE DU FREJUS – CENTENARIO DEL FREJUS (hundredth anniversary of Frejus), at the top the name of a town and its height above mean sea level: MODANE alt. 1057, in the field: 18–19 SEPTEMBRE / 1971, below: coat of arms of the town.



Obr. 8 Jednostranná plaketa v etuji. Kov, 100 × 140 mm [soukromá sbírka].
Nahoře zcela shodný motiv jako na obr. 7 – městečka Bardonecchia a Modane, pod tím text mezi vavřínovou a dubovou ratolestí: CENTENARIO / DEL FREJUS / 18–19 SETTEMBRE / 1971 (Sto let Frejusu, 18.–19. září 1971).

Fig. 8 One-sided plaque in a casket. Metal, 100 × 140mm [private collection].
Atop a completely identical motive as on Fig. 7 – small towns of Bardonecchia and Modane, below a text in the middle of laurel oak branches: CENTENARIO / DEL FREJUS / 18–19 SETTEMBRE / 1971 (One hundred years of Frejus, 18.–19. September 1971).



Obr. 9 Medaile. Patinovaný bronz, Ø 70 mm, 162 g [soukromá sbírka].

Avers: Horská krajina s portálem tunelu, do kterého vedou dvě koleje. Po stranách postavy mýtické Galie a Itálie podávající si ruce nad portálem. Nahoře opis: TRAFORO DELLE ALPI MONTE CENISIO (Alpský tunel Mont Cenis). Pod portálem signatura výrobce a text: INCOMINCIATO IL 14 NOVEMBRE 1857 / COMPIUTO IN 25 DICEMELE 1870 (Započato 14. listopadu 1857, dokončeno 25. prosince 1870).

Revers: Opis: NEL SUO X ANNO 1963-73 LA SEGUSIUM RICORDA L' INESAUSTA VITALITA DEL FREJUS NEI SECOLI (V desátém roce 1963–73 si Segusium připomíná nevyčerpanou vitalitu Frejusu v běhu století).

Fig. 9 Medal. Patina bronze, Ø70mm, 162g [private collection].
Obverse: Mountain landscape with a tunnel portal, into which two tracks lead. By the sides, figures of mythic Gaul and Italy shaking hands above the portal. Above a transcript: TRAFORO DELLE ALPI MONTE CENISIO (Mont Cenis Alpine tunnel). Beneath the portal a signature of the manufacturer and a text: INCOMINCIATO IL 14 NOVEMBRE 1857 / COMPIUTO IN 25 DICEMELE 1870 (Started 14. November 1857, finished 25. December 1870).

Reverse: Transcript: NEL SUO X ANNO 1963–73 LA SEGUSIUM RICORDA L' INESAUSTA VITALITA DEL FREJUS NEI SECOLI (In the tenth year 1963–73, Segusium remembers the unused vitality of Frejus over the course of the century).

a také proto býval, vzhledem ke své výjimečnosti, často zvaný jen „Alpský“. Svou původně navrženou délkou 12,8 km byl totiž vůbec prvním skutečně dlouhým tunelem v Alpách. Pro představu: byl 2× delší než tehdy jakýkoliv další tunel a byl také vůbec prvním dlouhým železničním tunelem raženým z obou portálů současně. Stavba byla zahájena v srpnu 1857 z Bardonecchia a v prosinci téhož roku z Modane. Oba vstupy se v té době nacházely v Sardinsko-piemontském království, což změnil 1860 Turínský mír a předání Savojska Francii. Francouzští a italské raziče se setkali až za dlouhých 14 let, a to 25. 12. 1870, s odchylkami horizontálně 0,4 m a vertikálně 0,6 m. Pro dopravu byl tunel otevřen 17. 9. 1871. Práce byla původně plánovaná dokonce na 25 let a některé odhady šly až ke 40 roků. Stavba vedená vynikajícím savojským inženýrem Germainem Sommeilerem však byla dokončena výrazně dřív, a to díky řadě technických inovací. Především to bylo nasazení pneumatických vrtaček (3,5 mil. vrtů, spotřebován 1 mil. kg střelného prachu), elektricky odpalovaných náloží, nuceného větrání a v posledních letech výstavby také použití dynamitu. Na tehdejší poměry bylo úžasným pokrokem zřízení táborů pro dělníky, s ubytovnami, školami, nemocnicemi... Krátce po uvedení do provozu, byl v roce 1881 tunel protažený na současných 13,7 km. A nedávno (2010) proběhla reprofilace pro přepravu kontejnerových vozidel po železnici, jako součást Autoroute Ferroviare Alpine. Tunel Fréjus tak zůstává důležitým prvkem železničního spojení Říma s Paříží přes Turín a Chambéry [2]. Jestliže se jednalo v době dokončení (1870) o vůbec nejdelší tunel na světě, dnes se objekt nachází v pořadí světových železničních tunelů podle délky až v polovině druhé stovky, na 169. místě [3].

Kuriozita: Při první zkušební jízdě vlaku s parní trakcí zemřeli ze tříčlenné lokomotivní čety dva lidé na otravu kouřovými plyny a zbývající muž dojel do cíle velmi silně přiotrávený. Důsledkem byl návrh na zřízení provozního větrání tunelu [4].

V soukromé sbírce se nachází konvolut artefaktů ke „starému“ železničnímu tunelu Fréjus (Mont Cenis). Jsou to, vzato chronologicky:

1.1 a 1.2 Velké medaile se shodným motivem na lici. Obě medaile byly velmi pravděpodobně vydány k prorážce tunelu v roce 1870, na rubu první z nich je výslovně uvedeno označení o „odpálení poslední nálože“. Druhá z medailí má na rubu reálnou pracovní scénu z tunelu, s vícelafetovým pneumatickým vrtacím vozem. Honosnost obou medailí zdůrazňuje zlacení – obr. 2 a 3.



Obr. 10 Jeton. Patinovaná mosaz, Ø 30,5 mm, 11 g, provrtaný pro zavěšení, velmi ohlazený [soukromá sbírka].

Avers: Krajina s železničním portálem, do kterého vedou dvě koleje.
Revers: Text kurzívou: Mont Cenis / Overcoat / Design letter / patent / granted / October 21st / 1884. (Patent na návrh kabátu Mont Cenis udělen 21. října 1884.)

Fig. 10 Token. Patina brass, Ø30.5mm, 11g, drilled through for hanging, very smoothed [private collection].

Obverse: Landscape with a tunnel portal, into which two tracks lead.
Reverse: A text in italics: Mont Cenis / Overcoat / Design letter / patent / granted / October 21st / 1884. (Patent for the design of a Mont Cenis coat granted on the 21st of October 1884.)

- 1.3 Malá nositelná medaile, vydaná a udělovaná k otevření tunelu v roce 1871. Editorem medaile byla „Italská společnost vzájemné pomoci a charity“ – obr. 4. Závěs se nedochoval; obvykle šlo o stužku či šňůrku v barvách italské trikolóry.
- 1.4 Velká medaile k otevření tunelu v roce 1871, se symboly spolupracujících Itálie a Francie na líci. Připomíná dlouhou stavbu tunelu. Na rubu je poděkování železniční společnosti všem pracovníkům na stavbě, ve středovém medailonu je zahájení provozu v tunelu 1871 – obr. 5. Jsou známy kusy, které mají v tomto medailonu osobní věnování zasloužilým pracovníkům.
- 1.5 Nenositelná medaile z roku 1957 ke 100. výročí zahájení stavby tunelu. Tunel je zde pojmenovaný jako „Alpský“. Na líci se opakuje motiv z položky 1.2, s vícelafetovým vrtacím vozem – obr. 6.
- 1.6 Malá nositelná medaile/přívěsek a velká jednostranná plaketa, obojí z roku 1971. Oba předměty připomínají 100. výročí dokončení tunelu z pohledu sídel na vstupech do tunelu, městeček Bardonecchia v Itálii a Modane ve Francii – obr. 7 a 8.
- 1.7 Velká medaile z roku 1970, s lícem shodným s medailí 1.4. Text na rubu připomíná 100. výročí dokončení tunelu. Současně zmiňuje 10. výročí založení společnosti Segusium – obr. 9. (Pozn.: *Segusium – Společnost pro výzkum a studium údolí Susa v Severní Itálii – je neziskovou organizací založe-*

nou 7. 12. 1963. Hlavním záměrem sdružení je propagovat a chránit dědictví a krajinu údolí Susa, jako i okolních oblastí, a to podporou výzkumu historie, jazyka a místního folklóru. Vydává každoročně časopis stejného jména [5].)

- 1.8 Malý jeton, dodatečně provrtaný, tedy nositelný. Předmět, který systémově do předchozí série nezapadá. Pochází z roku 1884, 13 let po otevření tunelu pro provoz. Text na jetonu udává, že 21. 10. 1884 byl udělen patent na pánský kabát Mont Cenis – obr. 10. Kým byl jeton vyražený a kým byl nošený (je provrtaný a značně opotřebovaný, tzn. nošený byl velmi dlouho), zůstane patrně záhadou. Zřejmé je to, že tunel byl tak populární, že vstoupil také do pánské módy.

Obrázkem č. 10 končí prezentace medailí k železničnímu tunelu Fréjus (Mont Cenis). Vzhledem k velkému množství obrázků, a z toho vyplývající délky článku, budou další medaile k dálničnímu tunelu Fréjus představeny v následujícím čísle časopisu TUNEL 1/2026.

The presentation of medals for the Fréjus railway tunnel (Mont Cenis) ends with picture Nr 10. Due to a large quantity of pictures and the subsequent length of the article, other medals for the Fréjus motorway tunnel will be presented in the following edition of the TUNEL journal 1/2026.

doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Mapy.cz [online]. 2025 [cit. 2025-08-14]. Dostupné na internetu: < www.mapy.cz >
- [2] Fréjus Rail Tunnel [online]. 2025 [cit. 2025-08-14]. Dostupné na internetu: < https://en.wikipedia.org/wiki/Fr%C3%A9jus_Rail_Tunnel >
- [3] List of longest railway tunnels [online]. 2025 [cit. 2025-08-14]. Dostupné na internetu: < https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_longest_railway_tunnels >
- [4] Streit, Jiří: *Tunely všech dob a zemědělců*. K. Synek, Praha, 1947.
- [5] Segusium (association) [online]. 2025 [cit. 2025-08-14]. Dostupné na internetu: < [https://en.wikipedia.org/wiki/Segusium_\(association\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Segusium_(association)) >

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

TUNELÁŘSKÉ ODPOLEDNE 2/2025 – PROVOZOVÁNÍ TUNELŮ A ZPĚTNÁ VAZBA Z PRAXE TUNELLING AFTERNOON 2/2025 – OPERATION OF TUNNELS AND FEEDBACK FROM PRACTICE

The second tunnelling afternoon of 2025 took place on the 1st of October on the premises of the company Metrostav, and it was focused on the problems of tunnel operations – a phase of the life cycle that tends to be less presented in comparison to the design and the construction, nevertheless, it has a pivotal impact on the lifespan and the reliability of tunnel structures.

Druhé Tunelářské odpoledne roku 2025 se konalo 1. října v prostorách společnosti Metrostav a bylo zaměřeno na problematiku provozování tunelů – fázi životního cyklu, která bývá v porovnání s navrhováním a výstavbou méně prezentována, přesto má zásadní vliv na životnost a spolehlivost tunelových staveb.

Cílem setkání bylo sdílení zkušeností z údržby a ze zjištění hlavních prohlídek provozovaných tunelů a zdůraznění významu zpět-

né vazby do navrhování a výstavby. Po zahájení Ing. Ivanem Hrdinou přednesl úvodní příspěvek Ing. Ladislav Štefan, který shrnul předpisový rámec provozování a údržby silničních a železničních tunelů a zdůraznil, jak se postupně promítal a nadále promítá do řešení tunelů technický vývoj a poznání z jejich provozu.

V prvním bloku přednášky přinesly konkrétní zkušenosti z jednotlivých tunelů, které mají provedenu tlakovou uzavřenou hydroizolaci proti podzemní vodě. Ing. Jiří Horut (Správa železnic, Ostrava) a Ing. Václav Suchý (Správa železnic, Plzeň) představili poznatky z provozu železničních tunelů Jablunkovského a Ejpvického. Ing. Vlastimil Horák (Amberg Engineering Brno) a Ing. Ladislav Štefan se věnovali dálničnímu tunelu Klimkovic z pohledu projektanta a prohlídkáře. Ing. Aleš Lebl (ConSalt) a Ing. Ladislav Štefan pak popsali potřebnou dokumentaci k uvedení silničních

tunelů do provozu na příkladu tunelu Pohúrka na dálnici D3.

Druhý blok byl zaměřen na dálniční tunely. Martin Bereznev (ŘSD ČR) představil řízení a údržbu tunelů na pražském okruhu D0 z pohledu provozovatele. Ing. Michal Hnilička (Mott MacDonald CZ), Ing. Libor Mařík (Sagasta) a Ing. Ladislav Štefan doplnili pohled prohlídkářů a projektantů na stejné tunely pražského okruhu D0. Závěrečný příspěvek Ing. Libora Maříka se týkal pasportizace ostění a souvislosti životního cyklu tunelů.

Diskuze po každém příspěvku potvrdila, že provozní fáze je důležitým zdrojem poznatků pro rozvoj návrhových i realizačních postupů. Tunelářské odpoledne 2/2025 tak nabídlo přehled o aktuálním stavu provozování tunelů a potvrdilo, že systematická zpětná vazba z praxe je nezbytnou součástí dalšího rozvoje podzemního stavitelství.



Obr. 1 Ing. Vlastimil Horák při prezentaci přednášky k provozu dálničního tunelu Klimkovice

Fig. 1 Ing. Vlastimil Horák presenting a lecture on the operation of the Klimkovice motorway tunnel

Tunelářského odpoledne se zúčastnilo okolo 50 posluchačů a on-line jej sledoval obdobný počet osob.

Ing. LADISLAV ŠTEFAN,
ladislav@stefan-isc.cz

30. NÁRODNÍ KONFERENCE O BEZVÝKOPOVÝCH TECHNOLOGIÍCH 30TH NATIONAL CONFERENCE ON TRENCHLESS TECHNOLOGIES

The 30th NoDig National conference on trenchless technologies took place on the 16th and 17th September 2025. In almost 20 lectures and an introductory panel discussion, the attending experts presented their knowledge and experience from construction projects. Doc. Raclavský from FS in Brno presided at the round table, a tradition initiated in the previous year; other attendees were representatives from design and realisation companies, and even ŘSD s.p., and SŽ s.o. The conference was attended by representatives from the Czech Republic, Slovakia, and even Polish, English, and German companies active in the field of trenchless technologies. The following can be classified as very interesting: a lecture about mechanised MTM excavation – a utility tunnel with a length just under 100m beneath a railway station in Kolín from representatives of the Metrostav TBR Company, then a lecture about the construction of a rainwater and sewerage system at the Praha-Bubny station from representatives of the OHLA ŽS Company, or a lecture with a great echo in the audience from Mr. Dušan Havel from ČBÚ concerned with trenchless technologies from the perspective of upper supervision of the National Bureau of Mines. A lecture about the realisation of microtunneling (MTM) at a length of over 300m in a very attractive environment near the main takeoff and landing runway of the Prague Václav Havel airport was presented by a representative of the Subterra a.s. Company. The conference was attended by a total of 280 people.

Ve dnech 16 a 17. září 2025 se, jako každý rok v tomto období, konala Národní konference o bezvýkopových technologiích No-Dig, letos jubilejní třicátá. Přestože bylo dlouholetou tradicí této konference, že se pokaždé konala na jiném místě v České republice, rozhodlo se na předsednictvu společnosti ve spolupráci s nově vybraným organizátorem těchto konferencí pro změnu, a tak se v letech 2023 a 2024 konala v jihočeském městě Tábor a letos v krásném prostředí hotelu Galant jihomoravského Mikulova, a dá se předpokládat, že se sem napřesrok vrátí. Že oblíbenost této kon-

ference roste, svědčí i počet účastníků, který se v posledních letech neustále zvětšuje a letos dosáhl počtu 280 osob.

V téměř 20 přednáškách a úvodní, takřka dvě hodiny trvající panelové diskusi, prezentovali přítomní odborníci své poznatky a zkušenosti z realizace staveb. Konferenci zahájila starostka města Mikulov paní Jitka Sobotková, která poděkovala organizátorům, že si vybrali město Mikulov, a popřála účastníkům příjemný pobyt v tomto městě.

Kulatému stolu, jehož tradice byla zahájena v loňském roce, předsedal opět doc. Raclavský z FS v Brně, dalšími účastníky této panelové diskuse byli zástupci projekčních a realizačních firem a i ŘSD s.p. a SŽ s.o. Kromě účastníků z České republiky a Slovenska se konference zúčastnili i zástupci polských, anglických a německých firem působících v oboru bezvýkopových technologiích.

K velmi zajímavým lze zařadit přednášku o mechanizované ražbě MTM – kabelovodu o délce necelých 100 m pod železničním nádražím v Kolíně od zástupců společnosti Metrostav TBR, dále příspěvek o výstavbě dešťové a splaškové kanalizace ve stanici Praha-Bubny přednesený zástupcem společnosti OHLA ŽS nebo přednášku s velkou odezvou v publiku pana Dušana Havla z ČBÚ týkající se bezvýkopových technologií z pohledu vrchního dozoru státní báňské správy. Přednášku o realizaci mikrotunelingu (MTM) v délce přes 300 m ve velmi atraktivním prostředí u hlavní vzletové a přistávací dráhy pražského letiště Václava Havla prezentoval zástupce společnosti Subterra a.s.

Pro účastníky konference a případně jejich doprovod byl také připraven volnočasový program ať již šlo o tradiční golfový turnaj konaný den před zahájením konference, anebo komentované prohlídky města Mikulov konané po přednáškách před společenským večerem v první den konference.

Nezbývá než poděkovat všem organizátorům a účastníkům, že se podíleli na dalším, jubilejním, ročníku konference NoDig.

Ing. JAN FRANTL, jfrantl@subterra.cz,
místopředseda CzNoDig

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

Rok 2025 je ve výstavbě linky Metra D mimo jiné významný také tím, že se přímo dotknul vlastních uživatelů pražského metra, protože v návaznosti na pokračování prací při napojení trasy D a C metra ve stanici Pankrác je od 6. 1. 2025 do začátku roku 2026 vyloučena stanice metra Pankrác C z provozu s cestujícími a vlaky jí pouze projíždějí. Po celé vyloučené období zde kromě samotného propojování probíhají práce i na modernizaci stanice (obr. 1).

Rok 2025 je ovšem také významný tím, že v celém úseku stavby Pankrác–Olbrachtova jsou již plně dokončeny anebo vrcholí ražby všech tunelů a objektů. Stanice Pankrác je již poměřována veličinou váženého průměru vyražena cca z 80 % svého plného objemu. Dnešní ražby probíhají již pouze na kalotě středního výrubu stanice (obr. 2) a obrátových kolejí, ostatní pozice a objekty jsou pak již vyraženy ze 100 % a v mnoha případech dokonce dokončeny i v provedení definitivní obezdívky (obr. 3). Stanice Olbrachtova je na tom v paritě hodnocení stejného kritéria dokonce ještě lépe, protože z tohoto pohledu je dokončena již z 98 % a zbývá zde dorazit pouze posledních pár metrů technologického tunelu. Z důvodu masivního dokončení a dokončování všech ražeb celého úseku se proto připravuje i repasportizace všech povrchových objektů ovlivněné zástavby pro případnou identifikaci a dokumentaci průběhu možných změn.

Ostatní úseky stavby Metra D se ve vývoji přípravy k realizaci potom pohybují jak na horské dráze, to znamená někdy nahoru a pak zase rychle dolů, no posuďte sami. V poslední aktualitě jsme se loučili s tím, že Úřad pro ochranu hospodářské soutěže (ÚOHS) v rámci Rozkladu zrušil výběr Zhotovitele a Objednatel musí znovu posoudit nabídky. Ovšem dnes po svém novém rozhodnutí ÚOHS pravomocně vyloučil jednoho z uchazečů, a to sdružení firem vedených společnostmi PORR, čímž potvrdil dřívější rozhodnutí Objednatel a ten tak mohl pokračovat v procesu zadávacího řízení na Zhotovitele druhého úseku Metra D od stanice Olbrachtova po Nové Dvory. Při zohlednění posledního rozhodnutí ÚOHS tak opětovně vybral nejvýhodnější nabídku, kterou podalo sdružení firem vedených společností Subterra. Po uplynutí zákonných lhůt dle zákona o zadávání veřejných zakázek tak bude možné uzavřít smlouvu s vybraným Zhotovitelem. Avšak dnes při dalším kole naší jízdy na horské dráze, na základě rozhodnutí Krajského soudu v Brně, bylo vydáno předběžné opatření, které tento postup neumožňuje. To znamená, že naše zatím nekonečná jízda bude asi bohužel pokračovat dál, a to bez znalosti, kolik kol nás na této atrakci ještě čeká.



Obr. 1 Modernizace stanice Pankrác C
Fig. 1 Modernisation of the Pankrác C station

THE CZECH REPUBLIC

METRO D – NEW LINE OF PRAGUE METRO

The year of 2025 is significant within the construction of the Metro D line, besides other things, since it has directly impacted the users of the Prague Metro themselves, because in relation to the continuing work for the connection of lines D and C of the metro at the Pankrác station, from 6/1/2025 to the beginning of the year 2026, the Pankrác C station is excluded from operations with passengers and trains only drive through. Apart from the connection, even work on the modernisation of the station has been underway for the entire duration of the excluded period (Fig. 1).

Though the year 2025 is also relevant for the fact that in the entire Pankrác–Olbrachtova section of the construction, excavations of all tunnels and objects have been fully completed or are



Obr. 2 Ražba středního dílu kaloty stanice
Fig. 2 Excavation of the top heading central section of the station

Projekt Metra D ovšem myslí i na svou další budoucnost, když například Rada hlavního města Prahy schválila vyhlášení architektonické soutěže pro stanice Náměstí Míru a Náměstí Bratří Synků, anebo když uložila Objednateli zajistit zpracování Studie provedi-

culminating. Using a weighted average, roughly 80% of the entire volume of the Pankrác station has been excavated. Excavations currently under way are only for the top heading of the central excavation sequence (Fig. 2) and for the dead-end rail track, while other positions and objects have been fully excavated and in many cases even the definitive lining was completed (Fig. 3). By using the same metric, the Olbrachtova station is doing even better, since from this point of view it has been completed already at 98% and only a couple remaining metres of a technological tunnel are left to be excavated. Due to the large-scale finishing and finalising of all the excavations of the entire section, even the repassportization of all above-surface objects of the impacted development is being prepared, for the eventual identification and documentation of the course of possible changes.



Obr. 3 Pohled na část technologického tunelu v provedení definitivní obezdívky
Fig. 3 A view of a part of the technological tunnel with complete definitive lining

telnosti trasy Metra II. D v úseku Náměstí Míru – Náměstí Republiky. Na závěr tedy můžeme s přihlédnutím k výše uvedenému říct, že dnešní aktuality mají, opět poměřováno veličinou váženého průměru, tak 75 % míru radosti, protože dobré zprávy převažují, a proto držíme projektu Metro D palce i nadále anebo ještě víc – Zdař Bůh!

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

REKONSTRUKCE DOLNOLUČANSKÉHO TUNELU NA TRATI LIBEREC HARRACHOV

Dolnolučanský tunel leží na trati z Jablonce nad Nisou do Tanvaldu, která byla uvedena do provozu v roce 1894. Po cca 130 letech Správa Železnic (SŽ) rozhodla o jeho rekonstrukci, kterou realizuje společnost Subterra a.s. divize 1.

Jak jsme již psali v minulém čísle časopisu, tunel, jehož rekonstrukci má společnost Subterra na starosti, prochází celkovou sanací, která má především zlepšit prostorovou průchodnost, dále obnovit hydroizolační a drenážní funkci nového sekunderu. V rámci této obnovy budou samozřejmě zřízeny nové trasy silových a sdělovacích kabelů včetně jejich revizních šachet. Dále budou obnoveny středové a boční drenáže a záchranné a čistící výklenky tunelu. Velkou výzvou této celkové obnovy tunelu je i znovuzajištění stability jak příportálových úseků tunelu (obr. 4), tak hlavně jeho vlastních portálů, jejichž stav vykazoval pokročilou degradaci.

Také jsme Vás informovali, že v polovině července byla hotová ražba tunelu a podkladní betony. V dalším období byly dokončeny práce na propustcích a provedeny vlastní hydroizolace. Realizované předstřítky na obou portálech tunelu byly před betonáží sekundárního ostění stabilizovány betonem. Dále byly zhotoveny železobetonové základové pasy a provedeno devět postupů na betonáží sekundárního ostění kleneb včetně nik pro osvětlení tunelu a záchranných

up and then quickly down again. Well, see for yourself. In the previous piece, we signed off with the Office for the Protection of Competition (ÚOHS) cancelling the selection for the Contractor within the challenge of the result, and the Contract owner has to assess the bids yet again. Except that today, after its new decision, ÚOHS rightfully disqualified one of the participants, precisely the consortium of companies led by the PORR Company, therefore confirming the previous decision of the Contract owner, and they then could continue in the process of the procurement procedure for the Contractor of the second section of Metro D from the Olbrachtova station up to Nové Dvory. After taking into consideration the last decision of ÚOHS, they once again chose the most favourable bid, which was submitted by a consortium of companies led by the Subterra Company. After the statutory periods according to the law for the submission of public contracts have passed, it will once again be possible to sign the contract with the chosen Contractor. However, today, during yet another lap of our roller coaster ride, a preliminary measure was put out by the regional court in Brno, which prevents this process from happening. This means that our current endless ride will unfortunately continue further, and without the knowledge of the remaining laps.

However, the project for Metro D also keeps in mind its future, when, for example, the Prague City Council approved an architectural competition for stations Náměstí Míru and Náměstí Bratří Synků. Or when it tasked the Contract owner to secure the preparation of a Feasibility study for Metro Line II. D in the Náměstí Míru – Náměstí Republiky section. In the end, when taking the above-mentioned into consideration, it is possible to state that the news today has a 75% rate of joy, since positive news prevails. Therefore, we continue to keep our fingers crossed for the Metro D project or even more – Godspeed!

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

RECONSTRUCTION OF THE DOLNOLUČANSKÝ TUNNEL ON THE LIBEREC HARRACHOV ROUTE

The Dolnolučanský tunnel is situated on the route from Jablonec nad Nisou to Tanvald, which was put into operation in the year 1894. After approximately 130 years, Správa Železnic (SŽ) decided to reconstruct it, which is being carried out by Division 1 of the Subterra a.s. Company.

As we already wrote in the previous edition of the journal, the tunnel, the reconstruction of which is in the hands of Subterra, is undergoing an overhaul, which is mainly supposed to improve spatial passing space, and then restore the waterproofing and drainage function of the new final lining. Naturally, within this reconstruction, new power and communication cables will be established, including their inspection shafts. Central and lateral drainages, safety recesses, and cleaning recesses will all then be restored. A large challenge of this complete restoration is even the re-securing of the stability of tunnel portal sections (Fig. 4), and mainly the portals themselves, whose state evinced advanced degradation.

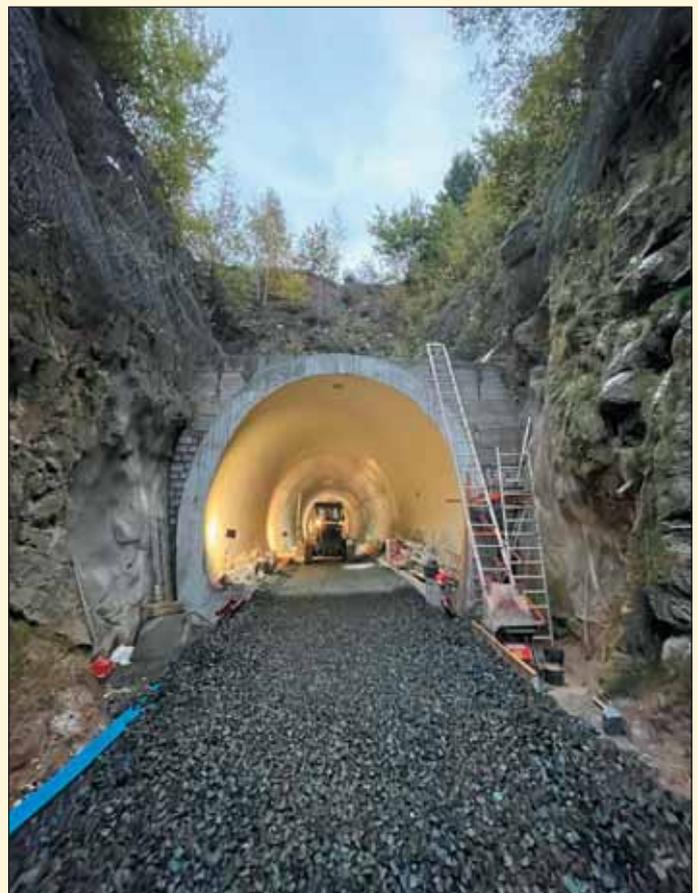
We have also informed you that excavation of the tunnel and concrete beds was completed at the halfway point of July. In the following period of time, work on the culverts was finished, and the waterproofing itself was carried out. The realised forepoles on both tunnel portals were stabilised by concrete before the concreting of the secondary lining. Then, reinforced concrete strip footings were completed, and nine concreting cycles of secondary lining arches were carried out, including niches for tunnel lighting and safety recesses. The secondary lining of the portal sections was concreted from C25/30-XC1, XF1, and XF3 cast-in-place



Obr. 4 Příportálový úsek u výjezdového portálu
Fig. 4 Portal area near the exit portal



Obr. 5 Dokončená betonáž sekundárního ostění, pohled směr Liberec
Fig. 5 Completed secondary lining concreting, view in the direction of Liberec



Obr. 6 Vjezdový portál
Fig. 6 Entrance portal

výklenků. Sekundární ostění bylo betonováno z monolitického betonu C25/30-XC1, XF1 a XF3 na portálových úsecích. V době psaní příspěvku, tj. ke konci září, je již dokončeno definitivní ostění tunelu včetně drenážního systému a osvětlení tunelu.

Pro celý projektový tým se jednalo o velmi komplikované prostředí, které bylo dáno značně stísněnými podmínkami především souvisejícími s montáží tunelové formy.

Klasická tunelová forma by se do stísněných příportálových úseků nevešla, a proto byla zvolena atypická forma, jejíž montáž a posun byly však daleko komplikovanější a náročnější, a to jak z hlediska pracnosti a nutného času, tak například i pro dopravu betonové směsi, která probíhala po velmi úzké přístupové cestě a pouze v „couvacím“ režimu (obr. 5 a 6).

Do ukončení stavby v říjnu 2025 zbývá dokončit kamennou obzdívku portálů a část elektroinstalace tunelu.

*Ing. KAREL FLEMR, kflemr@subterra.cz,
Ing. JAN FRANTL, jfrantl@subterra.cz, Subterra a.s.*

VÝSTAVBA KOLEKTORU HG A TS20 NA LETIŠTI VÁCLAVA HAVLA V PRAZE

Na konci listopadu roku 2024 byla podepsána smlouva mezi objednatelům a hlavním dodavatelem stavby kolektoru Hangár G a Trafostanice TS20 pro zlepšení budoucí infrastruktury na našem největším letišti. Neprodleně v prosinci téhož roku byly zahájeny práce archeologů a přípravné práce pro výstavbu tohoto projektu.

Objednatelům je státem vlastněná organizace Letiště Praha, a.s., hlavním dodavatelem stavby je Metrostav DIZ s.r.o., generálním dodavatelem projektové dokumentace je projekční společnost Ingutis, spol. s r.o. Při výstavbě ražené části v rámci ČPHZ provádí činnost báňského projektanta společnost Sagasta s.r.o. Technický dozor investora zajišťuje sdružení firem SGS Czech Republic, s.r.o. (lídr sdružení), SG Geotechnika, a.s., Pragoprojekt, a.s. a Infram a.s. Ještě doplním, že hlavní realizační činnosti při výstavbě kolektoru HG a trafostanice TS20 provádí následující poddodavatelé. Veškeré armovací a betonářské práce v hloubené části realizuje HOCHTIEF CZ, a.s., veškeré zemní práce zajišťuje Biggest s.r.o. a ražby kolektoru včetně vybudování definitivního ostění kolektoru provádí stavební firma POHL cz, a.s.

Samotný projekt řeší efektivní a optimální uložení kabelové a potrubní infrastruktury z důvodu velkého počtu plánovaných projektů pro budoucího uživatele na letišti v Praze. Současný projekt bude napojen na koncovou šachtu stávajícího kolektoru v šachtě Š6 u hlavní trafostanice (HTS) pomocí technické komory (TK7) a propojovacího krčku. Celková trasa kolektoru vede po okraji areálu letiště mimo hustou zástavbu v severovýchodní oblasti a pokračuje poblíž hangáru F směrem k terminálu jih (Terminál 3). Trasa je situována tak, aby nebyla v kolizi s místem vyhrazeným pro budoucí výstavbu hangáru G. Šachty včetně technické komory TK7 jsou navrženy jako hloubené se záporovým pažením a víceúrovňovým kotvením pomocí lanových kotev skrze skryté převázky. Definitivní ostění šachet je z monolitického betonu vyztuženého vázanou výztuží.

Nově budovaná část kolektoru mírně přesahuje 600 m a je prakticky rozdělena na dvě poloviny. Ražená část dosahuje délky 299 m a zbytek délky kolektoru je budován v otevřené hloubené

concrete. At the time of writing, i.e., by the end of September, the definitive lining of the tunnel has been completed, including a drainage system and tunnel lighting.

It was a highly complicated environment for the entire design team due to substantially cramped conditions related mainly to the assembly of tunnel formwork.

Classic tunnel formwork would not fit into the cramped portal sections; therefore, atypical formwork was chosen, but its assembly and relocation were far more complicated and demanding not only from the view of laboriousness and necessary time, but also for example due to the transport of the concrete mixture, which took place along a very narrow access path, and only in the “reverse” mode (Fig. 5 and 6).

After concluding the construction in October 2025, only the completion of the stone lining of the portal and a part of the tunnel wiring remains.

*Ing. KAREL FLEMR, kflemr@subterra.cz,
Ing. JAN FRANTL, jfrantl@subterra.cz, Subterra a.s.*

HG AND TS20 UTILITY TUNNEL CONSTRUCTION AT THE VÁCLAV HAVEL AIRPORT IN PRAGUE

At the end of November 2024, a contract was signed between the client and the main contractor for the construction of Hangar G and Substation TS20 utility tunnel for the improvement of future infrastructure at our largest airport. Without delay, in December of the same year, the work of archaeologists and preparatory work for the construction of this project began.

The contract owner is a state-owned organisation, Letiště Praha, a.s., the main contractor for the construction is Metrostav DIZ s.r.o., the general provider of design documentation is the design company Ingutis, spol. s r.o. The function of mine designer during the construction of the excavated part, within activities carried out in a mining-like way, is the company Sagasta s.r.o. Technical supervision of the client is secured by a consortium of companies: SGS Czech Republic, s.r.o. (consortium leader), SG Geotechnika, a.s., Pragoprojekt, a.s., and Infram a.s. I have to add that the main realisation activities during the construction of the HG and TS20 substation utility tunnel are being carried out by the following subcontractors. All the reinforcing and concreting works in the cut-and-cover section are realised by HOCHTIEF CZ, a.s., all earthwork is secured by Biggest s.r.o., and excavation of the utility tunnel, including the construction of the definitive lining of the utility tunnel, is being carried out by the POHL cz, a.s. Company.

The project itself is solving the effective and optimal laying of cable and pipeline infrastructure due to a large number of planned projects for future users of the airport in Prague. The current project will be connected to a termination shaft of the existing utility tunnel in shaft Š6 by the main substation (HTS), by means of the technical chamber (TK7), and a connection neck. The entire route of the utility tunnel runs by the side of the airport compound away from the dense development in the north-eastern area and carries on near hangar F towards Terminal South (Terminal 3). The route is situated such that it will not collide with a place reserved for the construction of the future hangar G. Shafts, including the TK7 technical chamber, are designed as cut-and-cover with soldier piles and multi-level anchoring by means of cable bolts through



Obr. 7 Pohled na zahájení ražeb ze šachty Š9 z července 2025
Fig. 7 A view at the commencement of excavations from the Š9 shaft from July 2025

stavební jámě. Raženou část zahájenou v červnu 2025 ohraničují budované šachty TK7 a Š9 (obr. 7). Od Š9 až po šachtu Š11 je budován kolektor ve svahované hloubené části. Šachta 11 je v severovýchodní části stavby propojena krčkem s nově budovanou TS20. Kompletní projekt byl na návrh dodavatele optimalizován jak v postupu ražby v primárním ostění, tak i v sekundárním ostění. Rovněž došlo ke změně výstavby kolektoru ve smyslu dočasného zajištění hloubené části (změna z vertikálního záporového pažení na svahovanou část), takže celkově došlo k nemalým finančním úsporám pro investora a k optimalizaci časového harmonogramu.

Pro ražbu byla navržena u nás nejvíce používaná konvenční mechanizovaná ražba (NRTM) s výstavbou provizorního a definitivního ostění. Na základě observační metody (resp. skutečně zastižených geologických poměrů) jsou upřesňovány předpokládané rozsahy navržené třídy NRTM. Ražba je členěna horizontálně na kalotu a opěří se spodní klenbou. Provizorní ostění je navrženo ze stříkaného betonu, KARI sítě a příhradových rámvů v osových vzdálenostech odpovídajících skutečně zastiženým geologickým podmínkám. Ražený profil tunelu má rozměry 5,9 × 5,8 m. Definitivní konstrukce kolektoru je navržena z vodostavebního betonu a bude prováděna pomocí pojízdného bednění v blocích po 10 m. Ražená část kolektoru prochází pod nadloží necelých 6 m, při napojení do TK7 se nadloží sklonem kolektoru snižuje a činí necelých 5 m.

Geologickou stavbu lokality tvoří jílovité zeminy kvartérního pokryvu (spraše), které s postupující hloubkou přecházejí do rozložených až navětralých křídových slínovců (opuka). V ražené



Obr. 8 První prorážka tunelu mezi šachtami Š9 a Š8 z 8. 10. 2025
Fig. 8 The first breakthrough of the tunnel between shafts Š9 and Š8 from 8/10/2025

hidden reinforcement rings. Definitive lining of the shafts is made of cast-in-situ concrete reinforced by tie-up reinforcement.

The newly constructed section of the utility tunnel slightly surpasses 600m and is practically divided into two halves. The excavated part reaches a length of 299m, and the rest of the length is constructed in an open cut-and-cover construction pit. The excavated part, initiated in June 2025, is surrounded by constructed shafts TK7 and Š9 (Fig. 7). From shaft Š9 up to shaft Š11, the utility tunnel is constructed in a sloped cut-and-cover section. Shaft 11 is connected through a neck with the newly under construction TS20. The entire project was optimised due to a proposal of the contractor not only in the course of excavation under primary lining, but also secondary lining. Likewise, the change of construction of the utility tunnel happened in the sense of temporarily securing the cut-and-cover section (mainly from vertical soldier piles to a sloped section), so in total, considerable financial savings for the client and optimisation of the time schedule occurred.

Proposed for the excavation was the most commonly used conventional mechanised excavation method here (NATM) with construction of temporary and definitive lining. On the basis of an observational method (or rather, actually discovered geological conditions), the expected ranges of the proposed NATM class are specified. The excavation is divided horizontally into a top heading and a bench with an invert. Temporary lining is designed from shotcrete, KARI reinforcing mesh, and lattice girders with axial distances correlating to actually discovered geological conditions. The excavated profile of the tunnel has dimensions of 5.9×5.8m. The definitive construction of the utility tunnel is designed from hydraulic-construction concrete, and it will be carried out by means of a formwork traveller with 10m long blocks. The excavated part of the utility tunnel passes under an overburden of less than 6m by the connection into the TK7; the overburden decreases due to the angle of the utility tunnel and amounts to just under 5m.

The geological structure of the location is formed by clayey soils of the Quaternary cover (loess) that change into disintegrated to weathered Cretaceous marlstones (fine calcareous sandstone) with advancing depth. In the excavated section, slightly weathered (in some places weathered) to decomposed marlstones with

části byly doposud zastiženy mírně zvětralé (místy navětralé) až rozložené slínovce s příznivou dočasnou stabilitou před vybudováním primárního ostění.

Prorážka ražené části v kalotě mezi šachtou Š9 a Š8 se uskutečnila v první dekádě měsíce října (obr. 8). Následné dokončení ražeb prorážkou do TK7 je předpokládáno na konci listopadu 2025.

*Ing. RADEK BERNARD, Ph.D.,
Radek.Bernard@geotechnika.cz,
SG Geotechnika a.s.*

„I/42 BRNO, VMO VINOHRADY – PRŮZKUMNÁ ŠTOLA“

Od října 2024 probíhají práce na podrobném inženýrskogeologickém průzkumu pro návrh budoucího tunelu Vinohrady formou ražby průzkumné štoly. Celková délka průzkumné štoly umístěné v budoucí levé tunelové troubě je 980 m. Investorem stavby je Ředitelství silnic a dálnic, zhotovitelem sdružení „Společnost Tunel VMO Vinohrady – GTP“ složené z firem GEOTest (vedoucí účastník), OHLA ŽS, FIRESTA-Fišer, Metrostav TBR a INSET. Projektantem realizační dokumentace je AMBERG Engineering Brno.

Od 1. 6. 2025 probíhá ražba průzkumné štoly s doprovodným geotechnickým průzkumem a geotechnickým monitoringem. Pracoviště v podzemí je přístupné a obsluhované prostřednictvím 25 m hluboké těžní šachty světlého průměru 9,0 m. K 30. 9. 2025 je vyraženo náraziště délky 13 m dovrchně směrem k budoucímu Líšeňskému portálu a průzkumná štola délky 60 m úpadně směrem k Tomkovu náměstí. Profil průzkumné štoly o velikosti 33 m² tvoří střední část kaloty budoucího tunelu a tuhé výztužné prvky jsou připraveny pro napojení dalších budoucích dílčích výrubů. Vyraženo a primárním ostěním zajištěno je rovněž první rozšíření na kalotu budoucího tunelu šířky 15 m (tři jízdní pruhy) a délky 25 m (obr. 9). Rozšíření slouží jednak pro ověření navrženého technického řešení ražby a vyztužení včetně dopadu na povrch, jednak vytváří nezbytný prostor pro umístění a manipulaci materiálu a strojní sestavy v podzemí.



Obr. 9 Rozšíření průzkumné štoly na profil kaloty budoucího tunelu
Fig. 9 Exploratory gallery enlargement into the top heading profile of the future tunnel

favourable temporary stability before the construction of the primary lining have been discovered up to now.

The breakthrough of the excavated section in the top-heading between shafts Š9 and Š8 took place in the first ten-day period of October (Fig. 8). Subsequent completion of excavations with a breakthrough into TK7 is expected at the end of November 2025.

*Ing. RADEK BERNARD, Ph.D.,
Radek.Bernard@geotechnika.cz,
SG Geotechnika a.s.*

“I/42 BRNO, VMO VINOHRADY – EXPLORATORY GALLERY”

Since October 2024, work on an in-depth engineering geology survey for the design of the future Vinohrady tunnel has been ongoing in the form of an exploratory gallery excavation. The entire length of the exploratory gallery situated in the future left tunnel tube is 980m. The contract owner of the project is the Directorate of Roads and Motorways of the Czech Republic. The contractor is a consortium “Společnost Tunel VMO Vinohrady – GTP” consisting of the following companies: GEOTest (leading participant), OHLA ŽS, FIRESTA-Fišer, Metrostav TBR, and INSET. The designer of construction documentation is AMBERG Engineering Brno.

The excavation of the exploratory gallery with an accompanying geotechnical survey and geotechnical monitoring has been in motion since 1/6/2025. The workplace in the underground is accessible and operated by way of a 25m deep hoisting shaft with a clear diameter of 9.0m. Excavated by 30/9/2025 was an uphill-driven 13m long winding area towards the future Líšeň portal and a downhill-driven 60m exploratory gallery in the direction of Tomek Square. The cross-section of the exploratory gallery of 33m² forms the middle part of the top heading of the future tunnel and rigid reinforcing elements are prepared for the connection of further future excavation sequences. Also excavated and with primary lining secured is the first enlargement into the top heading of the future tunnel with a width of 15m (three driving lanes) and a length of 25m (Fig. 9). On one hand, the enlargement serves

for the verification of the designed technical solution of the excavation, reinforcing, and the impact on the surface, and on the other, it creates the necessary space to place and handle materials and machinery in the underground.

In the initial ca. 30 metres of the excavation, Quaternary sediments were reached in the upper section of the profile of the exploratory gallery in the form of sands and gravels without the presence of groundwater. Afterward, an attitude of the Brno massif in the form of weakly to heavily weathered granitoids ascended into the entire profile relatively quickly. In non-cohesive soils, it was not feasible to open the entire excavation at once, but

V úvodních cca 30 metrech ražby byly v horní části profilu štoly zastiženy kvartérní sedimenty v podobě písčitých jíílů a ve zbývající části profilu nesoudržné zeminy v podobě písků a štěrku bez přítomnosti podzemní vody. Následně poměrně rychle do celého profilu nastoupala poloha brněnského masivu v podobě slabě až silně zvětralých granitoidů. V nesoudržných zeminách nebylo možné z důvodu nestability čelby otevírat celý výrub najednou, ale v horizontálním členění až na tři dílčí výruby. Měřené deformace ostění dosahují předpokládaných hodnot do 10 mm ve štole a do 40 mm v kalotě. Obdobně se chová poklesová kotlina na povrchu s maximálním poklesem 30 mm. Kromě konvergenčních a nivelačních měření je prováděn geologický a geotechnický sled, měření hydrogeologická, inklinometrická, náklonoměrná a pasportizace a kontrolní prohlídky nadzemních objektů.

*Ing. TOMÁŠ JUST, JustT@ohla-zs.cz,
OHLA ŽS, a.s.*

SLOVENSKÁ REPUBLIKA

TUNELY NA DIALNIČNEJ SIETI

Tunel Okruhliak

Tunel Okruhliak je súčasťou navrhovanej rýchlostnej cesty R4 Prešov – severný obchvat II. etapa km (4,3–14,5), ktorá je súčasťou severojužného dopravného prepojenia rýchlostnou cestou v úseku štátna hranica SR/Poľsko – Vyšný Komárnik – Milhošť – štátna hranica SR/Maďarsko. Zhotoviteľom 10,2 km dlhej trasy severného obchvatu Prešova je Združenie „R4 severný obchvat Prešova II. etapa“ na čele so spoločnosťou Eurovia SK. Ďalšími členmi združenia sú spoločnosti Eurovia CS, SMS, VÁHOSTAV a Marti a.s.

Práce na tuneli Okruhliak prebiehali v októbri 2025 súčasne z východného aj západného portálu v nepretržitom režime 24 hodín, 7 dní v týždni. Na stavbe sa momentálne podieľa 180 tunelárov a technikov, ktorí koordinujú náročné činnosti spojené s razením a budovaním primárneho ostrenia ako aj technickou prípravou ďalších prác na tuneli.

Na západnom portáli boli dokončené základové dosky hlbočných častí tunela a intenzívne sa pokračuje v prácach na železobetónových spodných klenbách vrátane základových pásov sekundárneho ostrenia. Železobetónové spodné klenby je potrebné realizovať takmer v celej dĺžke tunela, a preto ich realizácia na pracovisku medzi priečnymi prepojeniami v jednej tunelovej rúre sa strieda s dopravou do čelieb druhou tunelovou rúrou využívajúc pre technologickú dopravu prejazdne priečne prepojenia. Paralelne prebieha aj realizácia rubového drenážneho odvodnenia, ktoré bude zabezpečovať efektívne odvádzanie horninových vôd z tunela.

Doteraz boli prerazené tri priečne prepojenia a v súčasnosti prebieha razenie núdzového zálivu v pravej tunelovej rúre. V ľavej tunelovej rúre je primárne ostrenie núdzového zálivu ukončené.

Počas razenia sa ukázalo, že skutočný stav geologického prostredia doteraz vyrazených úsekov tunelových rúr sa líši od pôvodných predpokladov, čo potvrdzujú aj výrazne nižšie hodnoty bodov klasifikácie RMR. Vyskytujú sa tu výrazne premočené zóny, tektonicky rozdrvené vrstvy a nepredvídateľné striedanie pevných a rozvolnených materiálov, čo si vyžaduje časté prispôbovanie a zmeny výrubových tried a vystužovacích prvkov.

in a horizontal sequencing into up to three excavation sequences. Measured deformations of the lining reach the expected values of less than 10mm in the gallery and below 40mm in the top heading. The settlement trough of the surface acts similarly with a maximal drop of 30mm. Apart from convergence and levelling measuring, a geological and geotechnical succession, hydrogeological, inclinometer, and tiltmeter measuring are all being carried out, likewise passportisation and inspections of above-ground objects.

*Ing. TOMÁŠ JUST, JustT@ohla-zs.cz,
OHLA ŽS, a.s.*

SLOVAK REPUBLIC

TUNNELS ON MOTORWAY NETWORK

Okruhliak tunnel

The Okruhliak Tunnel is part of the proposed R4 expressway Prešov – northern bypass, stage II (km 4.3–14.5), which forms part of the north–south transport corridor connecting the Slovak–Polish border (Vyšný Komárnik) with Milhošť and the Slovak–Hungarian border. The contractor for the 10.2km long section of the northern bypass of Prešov is the consortium “R4 Northern Bypass of Prešov – Stage II”, led by Eurovia SK. Other members of the consortium include Eurovia CS, SMS, VÁHOSTAV, and Marti a.s.

In October 2025, work on the Okruhliak Tunnel was carried out simultaneously from both the eastern and western portals in a continuous 24/7 regime. Currently, 180 tunnel workers and technicians are involved in the construction, coordinating demanding activities related to excavation and the construction of the primary lining, as well as preparing for further technical work on the tunnel.

At the western portal, the foundation slabs of the cut-and-cover sections have been completed, and work is intensively progressing on the reinforced concrete invert arches, including the foundation strips of the secondary lining. These reinforced concrete invert arches need to be constructed along almost the entire length of the tunnel. Therefore, their construction between the cross passages in one tunnel tube alternates with transport to the tunnel face in the other tube, using passable cross passages for technological transport. In parallel, backside drainage systems are being installed to ensure efficient removal of groundwater from the tunnel.

So far, three cross passages have been excavated, and excavation of an emergency bay in the right tunnel tube is currently underway. In the left tunnel tube, the primary lining of the emergency bay has been completed.

During excavation, it became evident that the actual geological conditions of the excavated tunnel sections differ from the original assumptions, as confirmed by significantly lower RMR classification rating. The area features highly water-saturated zones, tectonically fractured layers, and unpredictable alternation of solid and loose materials, requiring frequent adjustments to excavation classes and support elements.

Počas prác je realizovaný trvalý monitoring deformácií a tlakových pomerov, pričom technológia a statické zabezpečenie ostenia sa priamo prispôbujú aktuálnemu geotechnickému stavu.

TUNELY NA ŽELEZNIČNEJ SIETI

Tunel Španí Háj

Modernizácia železničnej infraštruktúry (vybraných tratí ŽSR) spočíva v prestavbe existujúcej železničnej dopravnej cesty, za účelom zlepšenia jej technickej vybavenosti a použiteľnosti, zabudovaním moderných a progresívnych prvkov a tým zlepšenia jej parametrov.

V rámci stavby: „Modernizácia železničnej trate Žilina – Košice, úsek trate Poprad Tatry (mimo) – Krompachy“ sa aktuálne realizuje stavebný objekt SO 09-33-06 TUNEL ŠPANÍ HÁJ – Razený želez-

Throughout the works, continuous monitoring of deformations and loading conditions is being carried out, with the technology and structural support of the lining being directly adapted to the current geotechnical conditions.

TUNNELS ON THE RAILWAY NETWORK

Španí Háj Tunnel

The modernization of railway infrastructure (selected ŽSR lines) involves the reconstruction of existing railway routes to improve their technical equipment and usability by incorporating modern and progressive elements, thereby enhancing their parameters.

As part of the project: “Modernization of the railway line Žilina – Košice, section Poprad Tatry (excluding) – Krompachy”, construction is currently underway on the structure SO 09-33-06 ŠPANÍ HÁJ TUNNEL – a mined double-track railway tunnel located between km 186.443 000 and km 187.154 000 (track axis no. 1), with a total construction length of 711.00 meters.

The alignment of the double-track Španí Háj Tunnel is situated beneath the southwestern slopes of the Španí Háj hill, on the left-hand slopes of the Gánovský stream, west of the village of Vydrník. The track axis spacing in the tunnel is designed to be 4.20 meters, with a “C” type transitional profile including an extension for electrified lines. After modernization, the line speed is planned to be 160km/h, with a prospective speed of 200km/h to allow for tilting train units.

Construction work on the tunnel began on June 18, 2025. As of October 1, 2025, the following progress has been made: the calotte section has been excavated to a length of 259.56 meters, with 108.41 meters completed on the right side and 92.94 meters on the left side.

The tunnel tube is divided into sections constructed by mining and cut-and-cover methods. The cut-and-cover sections will be built in open construction pits at the portals and subsequently backfilled. The length of



Obr. 10 Práce v čelbe tunela Španí Háj – aplikácia striekaného betónu

Fig. 10 Work at the face of the Španí Háj tunnel – application of sprayed concrete

ničný dvojkolajný tunel v staničení (os koľaje č. 1) nžkm 186,443 000 až nžkm 187,154 000 s celkovou stavebnou dĺžkou 711,00 m.

Trasa dvojkolajného železničného tunela Španí Háj je osadená pod juhozápadnými svahmi kopca Španí Háj, v ľavostranných svahoch Gánovského potoka, západne od obce Vydrník. Osová vzdialenosť koľají v tuneli je navrhnutá $B = 4,20$ m a prechodový prierez typ „C“ s nadstavcom pre elektrifikované trate. Traťová rýchlosť po modernizácii železničnej trate je uvažovaná 160 km/h, (výhľadová rýchlosť 200 km/h pre možnosť jazdy jednotiek s výkyvnými skriňami).

Práce na objekte tunela sa začali 18. 6. 2025. Aktuálny stav k 1. 10. 2025 je nasledovný, bol vyrazený úsek kaloty v dĺžke 259,56 m a v stupni úsek 108,41 m na pravej strane a 92,94 m na ľavej strane.

Tunelová rúra je rozdelená na úseky budované razením a hĺbením. Hĺbené úseky budú



Obr. 11 Vrtacie práce v stupni tunela Španí Háj

Fig. 11 Drilling operations in the bench section of the Španí Háj tunnel

budované v otvorenej stavebnej jame na portáloch a následne zasypané. Dĺžka hĺbenej časti je 36 m od východného portálu a 3 m od západného portálu, celkovo 39 m. Povrch zasypaní bude rekultivovaný zatrávením a vhodnou výsadbou kríkov a drevín, aby charakter prírodného prostredia ostal zachovaný.

Razená časť tunela je realizovaná v zmysle zásad Novej rakúskej tunelovacej metódy (NRTM) s použitím mechanického rozpojovania pomocou tunelbagra v priortálových oblastiach. Po zarazení sa tunelovej rúry do kompaktniejšieho horninového masívu sa aktuálne realizuje rozpojovanie horniny pomocou trhavín. Dĺžka razenej časti tunela bude 672 m (obr. 10 a 11).

*Ing. RÓBERT ZWILLING, Marti, a.s.,
Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
Slovenská tunelárska asociácia,
Ing. MARTIN SMOLKA, Skanska, a.s.*

the cut-and-cover section is 36 meters from the eastern portal and 3 meters from the western portal, totaling 39 meters. The surface of the backfill will be revegetated with grass and suitable shrubs and trees to preserve the natural character of the environment.

The mined section of the tunnel is being constructed according to the principles of the New Austrian Tunneling Method (NATM), using mechanical excavation with a tunnel excavator in the portal areas. After reaching more compact rock mass, blasting techniques are currently being used for excavation. The length of the mined section will be 672 meters (Fig. 10 and 11).

*Ing. RÓBERT ZWILLING, Marti, a.s.,
Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
Slovenská tunelárska asociácia,
Ing. MARTIN SMOLKA, Skanska, a.s.*

Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

UPLYNULO 200 LET OD NAROZENÍ ČESKÉHO GEOLOGA JANA KREJČÍHO 200 YEARS HAVE PASSED SINCE THE BIRTH OF CZECH GEOLOGIST JAN KREJČÍ



archív – <https://www.muzeum-pribram.cz>, Volné dílo
archive – <https://www.muzeum-pribram.cz>,
public domain

Obr. 1 Významný český geolog Jan Krejčí
Fig. 1 Significant Czech geologist Jan Krejčí

mineralogii a chemii (1844–1848), kde od roku 1850 působil jako suplent (zástupce profesora). Současně mapoval geologické a přírodovědné poměry v okolí Prahy, o nichž napsal řadu článků do odborných časopisů. Následně publikoval řadu učebnic geologie a mineralogie, mineralogické příručky a geologické mapy (obr. 2).

Roku 1860 napsal první českou učebnici geologie, jejíž doplněné revidované vydání vyšlo znovu v roce 1877 pod názvem *Geologie čili nauka o tvarech zemských se zvláštním ohledem na*

Jan Krejčí, narozený 28. února 1825 v Klatovech, byl významný český geolog, pedagog, publicista a politik (obr. 1). Po ukončení gymnázia v Praze studoval na Pražském polytechnickém institutu (pozdější ČVUT)

Jan Krejčí, born on the 28th of February 1825 in Klatovy, was an important Czech geologist, educator, journalist, and politician (Fig. 1). After concluding his grammar school studies in Prague he studied mineralogy and chemistry (1844–1848) at the Prague Polytechnic Institute (future CTU), where he acted as a supply (deputy professor) since the year 1850. Concurrently, he mapped the geological and natural science conditions in the vicinity of Prague, about which he wrote an array of articles for expert journals. Then he published many textbooks about geology and mineralogy,



autor Lysippos – Vlastní dílo own scan, Volné dílo author Lysippos – own scan, public domain

Obr. 2 Geologická mapa pražského okolí
Fig. 2 Geology map of the Prague area

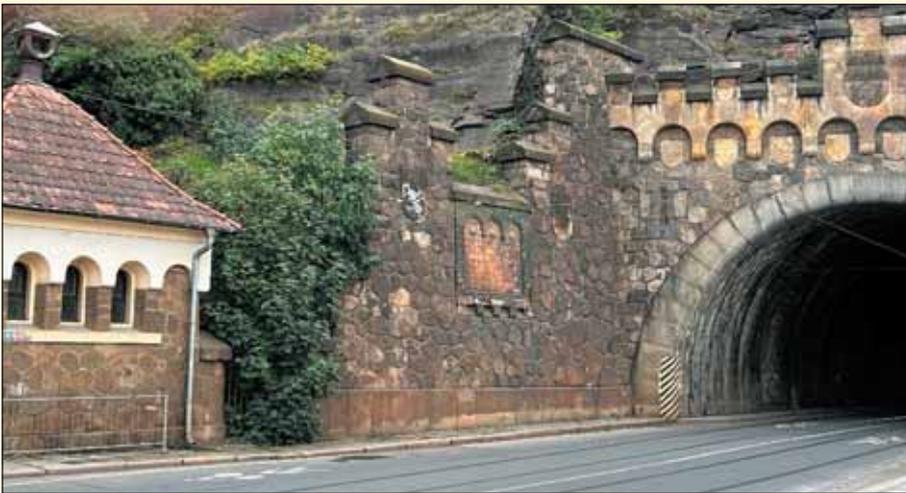


foto J. Barták photo J. Barták

Obr. 3a Původní umístění pamětní desky Jana Krejčího
Fig. 3a Original location of the commemorative plaque of Jan Krejčí

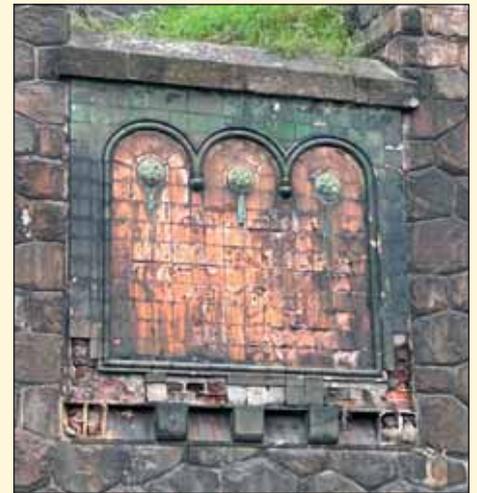


foto J. Barták photo J. Barták

Obr. 3b Špatný stav původního umístění pamětní desky Jana Krejčího
Fig. 3b Poor state of the original location of the commemorative plaque of Jan Krejčí



foto J. Barták photo J. Barták

Obr. 4a, b Současná pamětní deska Jana Krejčího na vyšehradských hradbách
Fig. 4a, b Current commemorative plaque of Jan Krejčí on the Vyšehrad walls

krajiny Československé. Jako první ve svém oboru vydal svá díla v českém jazyce, takže je právem považován za otce české geologie a patří mezi přední české přírodovědce 19. století.

Roku 1863 se habilitoval na Pražském polytechnickém institutu, od roku 1864 na něm působil jako řádný profesor a v roce 1867 se stal prvním rektorem České polytechniky. Od roku 1882 do roku 1887 (†) byl profesorem geologie na České univerzitě (po rozdělení Karlovy univerzity na německou a českou část).

V roce 1888 byla přímo na vyšehradskou skálu, bohužel v místě budoucího Vyšehradského tunelu, instalována první pamětní deska Jana Krejčího. Ta však po patnácti letech musela být odstraněna, neboť v roce 1903 byla zahájena výstavba tunelu. Po jejím dokončení v roce 1905 byla do zárubní zdi u severního portálu Vyšehradského tunelu zasazena druhá, mnohem reprezentativnější bronzová pamětní deska, která místo zdobila dlouhých cca 85 let. Brzy po roce 1989 byla však ukradena zloději kovů, takže původní místo zůstává prázdné a již řadu let chátrá (obr. 3a, b). Nicméně bylo nalezeno nové důstojné místo u horního konce schodiště vedoucího na Vyšehrad z ulice Na Libušince, a to na vnější straně západních vyšehradských hradeb. Zde byla po několika letech umístěna třetí pamětní deska, tentokrát přesná replika předchozí pamětní desky, provedená z pokovené umělé hmoty (obr. 4a, b).

Je skutečností, že na tomto místě je pamětní deska geologa Jana Krejčího pro mnohé návštěvníky Vyšehradu podstatně dostupnější

mineralogy handbooks, and geology maps (Fig. 2).

He wrote the first Czech geology textbook in the year 1860, which was later published again as a revised and complete edition in the year 1877, carrying the name *Geologie čili nauka o tvarech zemských se zvláštním ohledem na krajiny Československé*. As the first in his field, he published his works in the Czech language; therefore, he is rightfully regarded as the father of Czech geology and ranks among the leading Czech natural scientists of the 19th century.

In 1863, he habilitated himself at the Prague Polytechnic Institute, where he was active as a regular professor from 1882, and he became the first rector of the Czech Polytechnic in 1867. He was a professor of geology at the Czech University (after the separation of Charles University into a German and Czech part) from 1882 to 1887 (†).

In the year 1888, unfortunately, at the location of the future Vyšehrad tunnel, the first commemorative plaque of Jan Krejčí was installed directly onto the Vyšehrad cliff. However, it had to be removed after fifteen years, since the construction of the tunnel was initiated in 1903. After its completion in 1905, a second, by far more representative bronze commemorative plaque was embedded into the protection wall by the northern portal of the Vyšehrad tunnel, which decorated the place for ca. 85 years. Although it was stolen by metal thieves a short while after 1989, the original place now remains empty and has been decaying for already a few years (Fig. 3a, b). Nevertheless, a new respectable place was found near the upper end of a staircase leading to Vyšehrad from Na Libušince Street, more precisely on the outer side of the western Vyšehrad walls. Here, after a few years, the third commemorative plaque was placed, this time a precise replica of the previous commemorative plaque, made from metal-coated plastic (Fig. 4a, b).

It is a fact that at this location, the commemorative plaque of Jan Krejčí is for many visitors of Vyšehrad substantially more

než na předchozím dopravně velmi vytiženém místě u portálu Vyšehradského tunelu.

prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.

accessible than at the previous, very traffic-heavy place by the portal of the Vyšehrad tunnel.

prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.

LITERATURA / REFERENCES

[1] [https://cs.wikipedia.org/wiki/Jan_Krej%C4%8D%C3%AD_\(geolog\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Jan_Krej%C4%8D%C3%AD_(geolog))

POHLEDNICE S TUNELY NA BALKÁNĚ II PICTURE POSTCARDS WITH TUNNELS IN THE BALKANS II

In the 2/2024 TUNEL journal, 11 picture postcards with tunnels on the Balkan Peninsula were already mentioned – in Bosnia, Serbia, and Croatia. Concurrently, picture postcards with tunnels located in this part of Europe have a common trait: they continue to be attractive. The Balkans are actually represented by a wide variety of geographical and socio-political types; their arrangement is even deceiving. A significant part of the area here is formed by mountain ranges. In no other part of Europe can such picturesque landscape in such a small area be found. In a hilly space full of natural contrasts, it is necessary, and at the same time highly difficult, to build roads. If a governor of a territory decides to build a new railway or road or to modernise a current one, it only means one thing: to build bridges and to build tunnels, a great deal of bridges and tunnels. In this instalment of the series, another 11 picture postcards are presented, with tunnels in Bosnia, Serbia, North Macedonia, and Romania. Apart from three of them, all are railway tunnels, to which even an extraordinary gallery can be added.

V časopisu TUNEL 2/2024 již bylo uvedeno 11 pohlednic s tunely na Balkánském poloostrově – v Bosně, Srbsku a Chorvatsku. Pohlednice s tunely nacházejícími se v této části Evropy přitom mají společný rys v tom, že jsou stále atraktivní. Balkán se totiž vyznačuje pestrým zastoupením zeměpisných a společensko-politických typů, a to v uspořádání až matoucím. Významnou část území zde tvoří pohoří. V žádné další části Evropy se nenachází tak malebná krajina na tak malém území [1]. V členitém prostoru, plném přírodních kontrastů, je potřebné, ale přitom velmi obtížné, budovat komunikace. Rozhodne-li se správce území postavit novou železnici nebo silnici či modernizovat stávající, znamená to jediné: stavět mosty a stavět tunely, velmi mnoho mostů a tunelů. V tomto díle seriálu je představeno dalších 11 pohlednic s tunely v Bosně, Srbsku, Severní Makedonii a v Rumunsku. Až na tři z nich jsou to tunely železniční, ke kterým lze zařadit i mimořádnou galerii.

BOSNA

Sarajevo – tunel Babin zub (Starý rakouský tunel)

R-U obsadilo Bosnu 29. 7. 1878 a krátce nato, v roce 1884, do Sarajeva přichází R-U občan, národností však Ital, Josef Da Riva. Usadil se v místě, kde se říčka Moščanica vlévá do řeky Miljacky. Zbohatl na obchodu se stavebním materiálem a poté (1890) založil zdejší první vinařství a obchod s vínem. K prosperující restauraci přidal koupaliště na řece Miljacka, a tak vzniklo necelého 0,5 km východně od Starého města nejoblíbenější výletní místo Sarajevanů. Po smrti zakladatele byla lokalita na jeho památku

pojmenovaná „Promenáda Dariva“. V délce téměř 3 km vede po severním břehu řeky až ke Kozijom ćuprije (Kozímu mostu) ze 16. stol. Jsou zde kamenné lavičky, místa pro grilování a rovněž



Obr. 1 1808 Kleopatřina jehla (něm. Nadel der Kleopatra) u Sarajeva. Kolorovaná fotografie. Verlag Albert Thier, Sarajevo. 1897 [sbírka autorů].

Kaňon Dariva v Sarajevu zahajuje vysoké vápencové bradlo. Skalní věž, známou Bosňanům jako Babin zub, pojmenovali zde usazení Rakušané „Kleopatřina jehla“. Měla svým tvarem připomínat staroegyptské obelisky. V pozadí je vidět východní portál krátkého přístupového „Starého rakouského tunelu“.

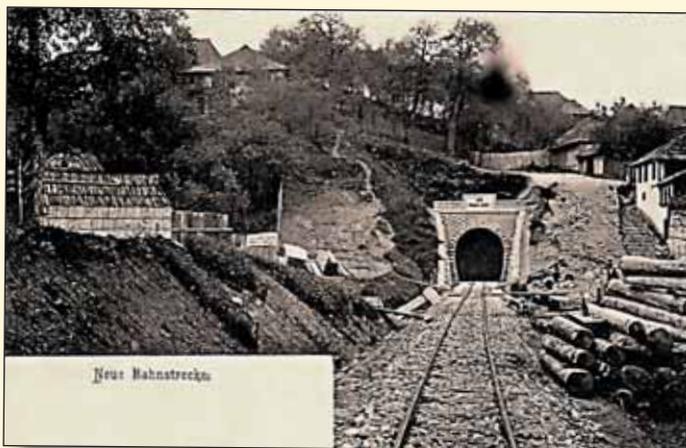
Fig. 1 1808 Cleopatra's needle (German Nadel der Kleopatra) near Sarajevo. Colourised photograph. Verlag Albert Thier, Sarajevo. 1897 [authors' collection].

Dariva Canyon in Sarajevo begins with a high limestone klippe. A rock tower, known to Bosnians as Hag's tooth, was named "Cleopatra's needle" by Austrians who settled here. Its shape was supposed to remind one of Old Egyptian obelisks. The eastern portal of a short access "Old Austrian tunnel" is visible in the background.

řada lezeckých tras. V kaňonu hlubokém až 90 m není místo pro automobily a dnes nad pěšími převládají cyklisté. Od města se vstupuje do promenády krátkým tunelem pocházejícím z konce XIX. stol. Tunnel dlouhý jen okolo 20 m je pojmenovaný podle výrazné vápencové jehly Babin zub, ale známý je také jako Starý rakouský tunnel – obr. 1. Jeho zvláštností, při šířce okolo 3 m, jsou dvě boční klenuté niky, ve kterých se nacházejí prodejní krámký. Nad tímto starým tunelem je od roku 2022 vedená silnice M-18 tunelem Vratnik, dlouhým 216 m [2].

Tunely na Bosenské východní dráze

Dalších šest pohlednic s tunely této železnice se zde připojuje ke čtyřem již prezentovaným (jedna byla v TUNELu 1/2021 a další tři v TUNELu 2/2024). S nimi byla uvedena také stručná historie této mimořádně zajímavé železnice. Ale pro připomenutí:

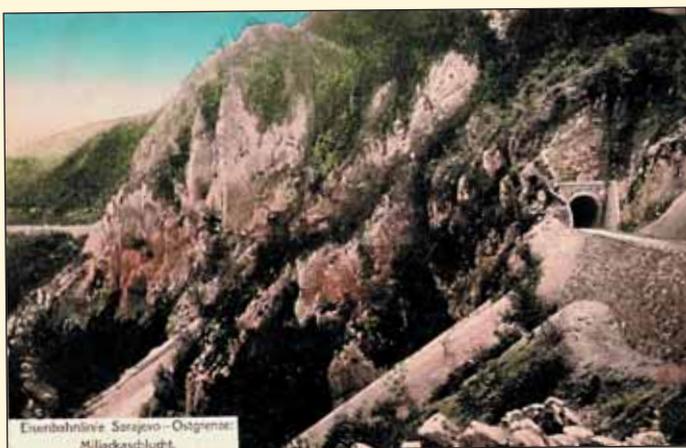


Obr. 2 Nová železniční trať. Simon Kattan Papierhandlung Sarajevo. Okolo 1902 [sbírka autorů].

Jižní portál tunelu č. 1 v Bistriku u Sarajeva. Na portálové římsce je deska s dedikací císaři Františku Josefovi I.

Fig. 2 New railway route. Simon Kattan Papierhandlung Sarajevo. Around 1902 [authors' collection].

Southern portal of the Nr 1 tunnel in Bistrik near Sarajevo. On the portal ledge, there is a plaque dedicated to Emperor Franz Joseph I.



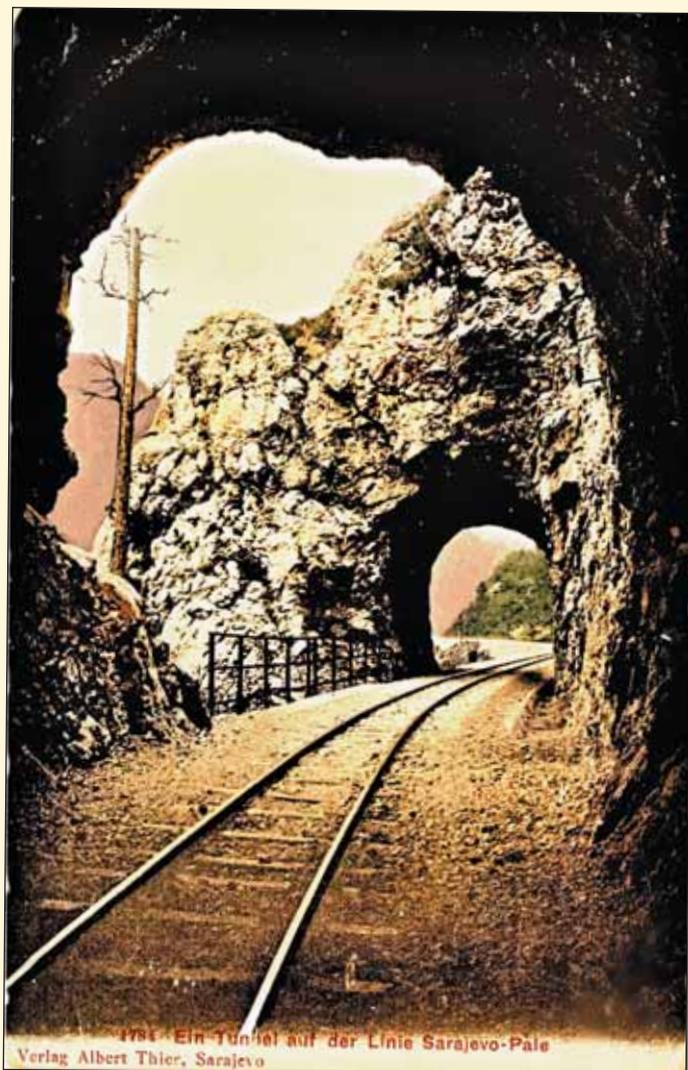
Obr. 3 Železniční trať Sarajevo – Východní hranice: Soutěska Miljacka. Kolorovaná fotografie. C.S. 953. Kunstverlag Cappon, Sarajevo. 1914 [sbírka autorů].

Na pohlednici se nachází v dramatické krasové krajině, s nejvyšší pravděpodobností, vstup železnice do soutěsky řeky Miljacka, severním portálem tunelu č. 5.

Fig. 3 Railway route Sarajevo – Eastern border: Miljacka defile. Colourised photograph. C.S. 953. Kunstverlag Cappon, Sarajevo. 1914 [authors' collection].

On the picture postcard in a dramatic karst landscape, there is most likely a railway entrance into the Miljacka River defile, through the Nr 5 northern portal.

Strategická Bosenská východní dráha (něm. Bosnische Ostbahn, srbochorvatsky Босанска источна жељезница/Bosanska istočna željeznica) byla trať rozchodu 760 mm ze Sarajeva do Uvacu (137,6 km), s odbočkou z Mostu nad Drini do Vardište (29,1 km). Vybudovaly ji od srpna 1902 do léta 1906, a také zpočátku i provozovaly, Bosensko-hercegovské státní dráhy (BHStB). V krajně složitém terénu bylo nutné postavit, vedle mimořádného množství dalších objektů, také 99 tunelů a galerií. Ty nesly průběžné číslování (s výjimkou tunelu č. 1 – viz dále). Náklady dosáhly na tehdejší dobu fantastických 75 mil. korun rakouské měny (450 000 korun za kilometr!). Po roce 1918 byla železnice začleněná do Jugoslávských státních drah (JDŽ/JŽ), které v roce 1929 Východní dráhu prodloužily o 4,5 km z Uvacu přes dnešní srbskou hranici do Priboje. Jakkoliv měla dráha pro tuto zastavou část Bosny kulturně-technický a vojenský význam, ekonomická očekávání s ní spojená se nikdy nenaplnila. Během více než 70 let svého fungování podnik neustále zápasil s nízkými finančními výkony. A to byl také důvod ukončení provozu v roce 1978 [3, 4, 5].



Obr. 4 1784 Jeden z tunelů na trati Sarajevo–Pale. Kolorovaná fotografie. Verlag Albert Thier, Sarajevo. 1912 [sbírka autorů].

Na pohlednici je výjezd z jižního portálu tunelu č. 6 do bezprostředně následujícího krátkého tunelu č. 7.

Fig. 4 1784 One of the tunnels on the Sarajevo–Pale route. Colourised photograph. Verlag Albert Thier, Sarajevo. 1912 [authors' collection].

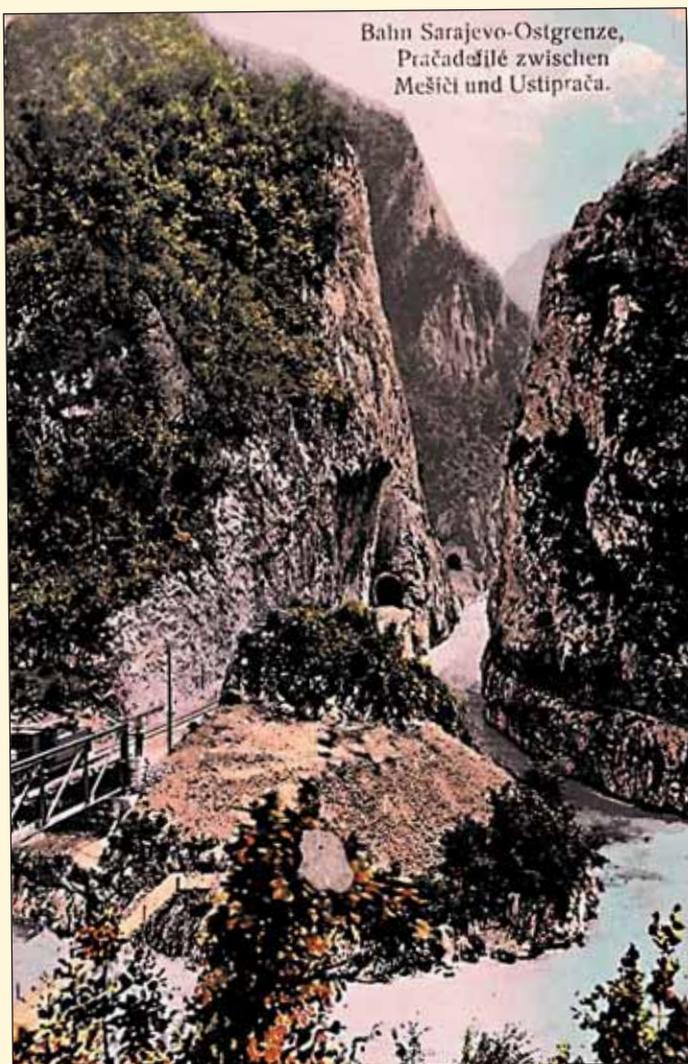
On the picture postcard, there is the exit of the Nr 6 southern tunnel portal into an immediately following short Nr 7 tunnel.

Tunel č. 1 (tunel Františka Josefa I.) v Bystriku u Sarajeva

Krátce po výjezdu ze stanice Sarajevo se trať stáčela k východu, překonala řeku Miljacku a tunelem č. 1, proraženým v délce 144 m vrchem Trebeviće, dorazila v km 6,5 do stanice Bistrik (obr. 2). Tunel byl dokončený v roce 1904 a jako jediný na celé železnici měl vedle čísla i jméno, a to přímo po panovníkovi. Se zrušením železnice byl tento podzemní objekt stavebně rozšířený a stal se součástí komunikace M-5 – silničního obchvatu Sarajeva.

Tunely č. 5, 6 a 7 v soutěsce Miljacka

Řeka Miljacka (srbsky Миљацка) je dlouhá 35,9 km. Pramení východně od Sarajeva, pod vrchy Jahorina, nedaleko Pale a vzniká soutokem řek Miljacka Mokranjska (přitékající z Mokra) a Miljacka



Obr. 5 Dráha Sarajevo – Východní hranice, defilé řeky Prači mezi Mešiči a Ustiprača. Kolorovaná fotografie. J. Studnička & Co., Sarajevo. – Graph. Kunstanstalt M. Schulz. Prag. 1910 [sbírka autorů].

Pohlednice až edukativním způsobem ukazuje vedení drážního tělesa v komplikovaných terénních podmínkách. Zde je překážkou trasy úzké a hluboce zaříznuté koryto řeky Prači a v popředí je to sutový kužel rozsáhlého skalního zřícení. V centrální části pohlednice jsou vidět jihovýchodní (vjezdové) portály tunelů č. 49 a č. 50.

Fig. 5 Sarajevo – Eastern border railway, Prači River defile between Mešiči and Ustiprača. Colourised photograph. J. Studnička & Co., Sarajevo. – Graph. Kunstanstalt M. Schulz. Prag. 1910 [authors' collection].

The picture postcard educatively depicts the routing of the track bed in complicated terrain conditions. The route obstacles here are a narrow and deep-cut Prači River bed and, in the forefront, a cone of debris from an extensive rockfall. In the middle part of the picture postcard, the south-eastern (entrance) portals of the Nr 49 and Nr 50 tunnels can be seen.

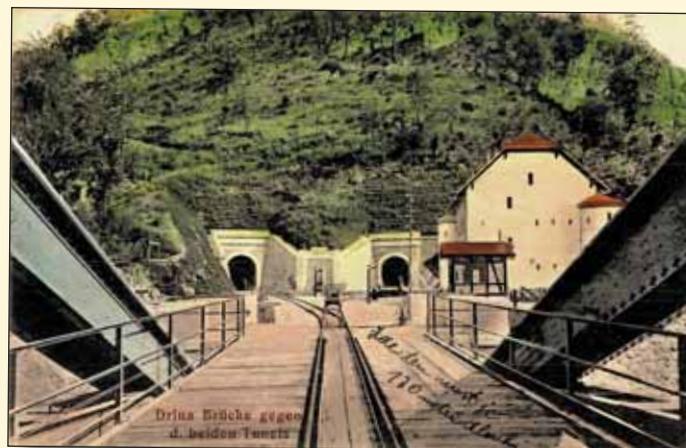
Paljanska (přitékající z Pale). Teče do Sarajeva, kde tvoří hlavní osu města. Asi 8,5 km nad metropolí protéká krasovou soutěskou. Pro železnici sledující řeku zde musely být proraženy tunely č. 5 (obr. 3), č. 6 a č. 7 (obr. 4). Nejdelší z nich byl tunel č. 5 (138 m), tunel č. 6 měl 110 m a tunel č. 7 byla jen 12 m dlouhá skalní brána.

Tunely č. 49 a č. 50 v soutěsce Prača mezi Mešiči a Ustiprača

Od km 45 až po km 137,6 sledovala dráha řeku Praču, zaříznutou v hluboké stejnojmenné soutěsce. Na tomto úseku muselo být vzhledem ke svízelným přírodním poměrům postaveno 66 tunelů! Zhruba uprostřed této větve, za stanicí Mešiči-Rogatica a mostem přes řeku, překonávala trať rozsáhlé sutové těleso, za kterým následovaly tunely č. 49 (dlouhý 47 m) a č. 50 (délky 256 m) – obr. 5.

Tunely č. 65 a č. 1 za mostem přes řeku Drinu

Téměř po 100 km (přesně na km 98,8), za stanicí Medeđa, stála železnice před řekou Drinou. Překročila ji příhradovým mostem, se 130 m v Bosně a Hercegovině dobově nejdelším. Trať za mostem pokračovala na jih do Priboje a odbočnou větví po



Obr. 6 Most přes Drinu proti dvěma tunelům. Kolorovaná fotografie. C.8.1047 Cappon's Postkarten. 1913 [sbírka autorů].

Na pohlednici je bezprostředně za mostem zdvojený portál: vlevo tunelu č. 1, kterým začíná větev dráhy do Vardište, a vpravo tunelu č. 65 větve železnice na Uvac. Pohlednici odeslal 8. 7. 1913 Josef W. své sestřenci „spanilomyslné slečně Mařence Hlaváčkové“ na adresu: „u pana Krejčího č. 23 Tuřany u Brna, Morava“.

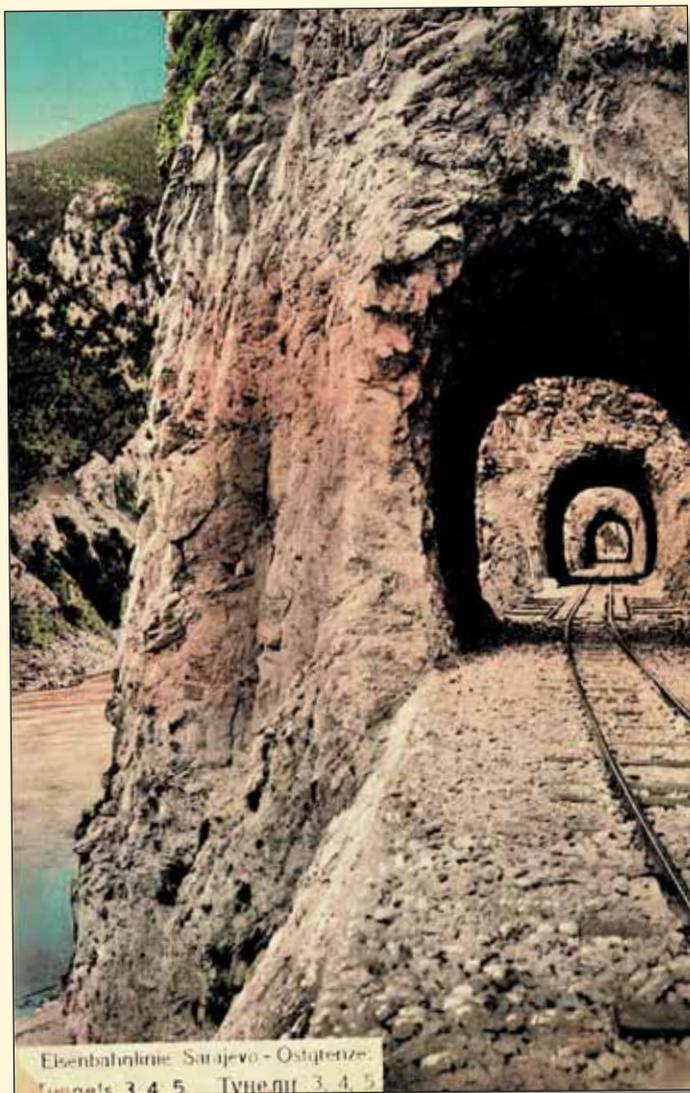
Fig. 6 A bridge across the Drina opposite two tunnels. Colourised photograph. C.8.1047 Cappon's Postkarten. 1913 [authors' collection].

On the picture postcard, immediately after the bridge, there is a double portal: on the left of the Nr 1 tunnel, with which the railway branch to Vardište begins, and on the right of the Nr 65 tunnel of the railway branch to Uvac. Josef W. sent the picture postcard on the 8/7/1913 to his cousin “to the charming Miss Mařenka Hlaváčková” to the address “at Mr Krejčí Nr 23 Tuřany u Brna, Morava”.

pravém břehu Driny do Višegradu na severovýchod a dále údolím řeky Rza ke konečné pohraniční stanici Vardiště (po první světové válce s napojením na srbskou úzkorozchodnou síť). Zajímavým prvkem rozdělení trati byl tunelový dvouportál zahajující obě větve. Na Uvac šel 242 m dlouhý tunel č. 65 a do Vardiště to byl tunel č. 1, se svými 536 m druhý nejdelší na celé trati – obr. 6.

Tunely č. 3, 4 a 5 na odbočce do Vardište

Na odbočce z Mostu nad Drini do Vardište (obr. 6), dlouhé 29,1 km, bylo proraženo 15 tunelů, nově číslovaných 1 až 15. Jejich délka byla od 12 do 536 m (sumárně 2 182 m). Na obr. 7 je průhled třemi krátkými tunely č. 3 (12 m), č. 4 (20,7 m) a č. 5 (45,3 m).



Obr. 7 Železnice Sarajevo – Východní hranice. Tunely 3, 4, 5. Kolorovaná fotografie. C.S.958. 1913 [sbírka autorů].

Průhled tunely. Vlevo je řeka Drina. Pohlednice byla adresovaná Antonínu Procházkovi, účetnímu důstojníkovi Domobraneckého pěšího pluku č. 14 v Brně.

Fig. 7 Sarajevo – Eastern border railway. Tunnels 3, 4, 5. Colourised photograph. C.S.958. 1913 [authors' collection].

A view through the tunnels. To the left is the Drina River. The picture postcard was addressed to Antonín Procházka, accounting officer of the 14th militia infantry regiment in Brno.

Tunel na silnici z Jajce do Banja Luky

Města Jajce a Banja Luka v západní Bosně a Hercegovině spojuje prastará silnice, která je dnes označena E661 (M16). Sleduje tok řeky Vrbas a je na ní nejméně sedm, převážně kratších, tunelů. První z nich se nachází asi 8,5 km severně od Jajce a má délku okolo 110 m. Vede silnici skrze skálu vystupující strmě za mostem přes řeku Vrbas (obr. 8) [6].

SRBSKO

Železniční tunel Džep (Djep, Дџеп)

Jednokolejná, dnes elektrizovaná, železniční trať Niš–Skopje (makedonsky Железничка пруга Ниш–Скопје, srbsky Железничка пруга Ниш–Скопље) spojuje Srbsko se Severní Makedonií. Byla vybudovaná po dokončení hlavního spojení mezi Bělehradem a Niší v 80. letech 19. století ve stopě antických a středověkých obchodních cest do Soluně. Dobově šlo o spojení Srbského království s Osmanskou říší, dlouhé na srbské straně



Obr. 8 Silnice mezi Jajce a Banja Luka. Verlag Martin Grof Grand Hotel, Jajce. Cca 1910 [sbírka autorů].

Od východního portálu silničního tunelu si to směrem k Jajce vykračuje Bosňák v místním kroji s charakteristickým fezem na hlavě.

Fig. 8 Road between Jajce and Banja Luka. Verlag Martin Grof Grand Hotel, Jajce. Cca 1910 [authors' collection].

A Bosnian in a local folk costume with a characteristic feze on his head is marching from the eastern portal of the road tunnel in the direction of Jajce.

151 km. Na jihovýchodě představovala významnou překážku stavbě Grdelická soutěska (Грделичка клисура / Grdelička klisura) s řekou Jižní Moravou (Јужна Морава). Nachází se zde řada mostů a tunelů a dnes i bezprostřední souběh s dálnicí A1.

V soutěsce, cca 10 km severně od města Vladičin Han (Владичин Хан), se nalézá železniční zastávka Džep (Djep, Дџеп). Po ní by také logicky měl být pojmenovaný tunel na obr. 9. V cause tohoto tunelu však standardní technická logika nefunguje. Jednak v Srbsku železniční tunely většinou jen číslovají, ale především se dnes poblíž obce či zastávky Džep podle mapy nejčastěji žádný tunel nenachází, ale dokonce v místě není ani žádný kopec. Nejbližší tunel je až o několik km jižněji, mezi železniční zastávkou Momin Kamen (Момин камен) a žst. Vladičin Han. Je pravděpodobné, že objekt z pohlednice na obr. 9 již neexistuje.

Na všech pohlednicích s tunelem Džep, které jsou na internetu dostupné, je totiž kromě tunelu také kamenolom. U jedné dokonce popis uvádí stejný název zastávky i lomu – Momin Kamen. Těžba kamene pro železnici zde měla počátek již roku 1883 a kámen byl používán (mimo jiné) na stavbu tratě Niš–Skopje–Gevegelija–Soluň. Uvedený lom údajně funguje dodnes a mezi ním a železnicí je nyní navíc vybudovaná dálnice. Je tak pravděpodobné, že kopec s lomem byl za 1 a ¼ století těžby postupně rozebraný a s ním zmizel také tunel.

Pokud jde o jeho technické parametry, tak na jedné z pohlednic na internetu je vidět temeno kopce naznačující, že překážka nebyla příliš vysoká ani dlouhá. A pokud je skvrna v ploše tunelu (obr. 9) oním světlem na konci, naznačuje to krátký tunel, nejvýše v řádu desítek m. Z obrázku je zřejmé, že tunel byl jednokolejný; doba jeho snesení však zůstává pro české badatele neznámá... [6, 7].

(SEVERNÍ) MAKEDONIE

Mackensenův tunel a železniční galerie v Demir Kapija

Demir Kapija (Демир Капија) je městečko v Severní Makedonii u hranic s Řeckem. Leží v údolí Tikveš, na soutoku řek Bosavica a Vardar, jihovýchodně od hlavního města Skopje. Vedou tudy od pradávna hlavní dopravní tahy Balkánu. Dnes je to trať Severomakedonské železnice a jedna ze zásadních makedonských pozemních komunikací – dálnice A1-E75



Obr. 9 Tunel Djep. ??, 1900 [sbírka autorů].

Levé úbočí kopce nad tunelem je lom. Nechybí ani cesta pro dopravu kamenů k železniční trati, podél které jsou kamenné prvky také rozloženy. Zajímavá je také drezína na kolejích a v pozadí, v údolí, most.

Fig. 9 Djep tunnel. ??, 1900 [authors' collection].

The left hillside above the tunnel is a quarry. Missing is not even a path for the transport of stone to a railway, alongside which rock elements are also spread out. Another curiosity also is a draisine on tracks and in the background, in a valley, a bridge.

(Budapešť–Bělehrad–Skopje–Soluň). Řeka Vardar zde prorazila vápencový masív úzkou a krátkou soutěskou. Charakter místa potvrzuje jeho název, pocházející z tureckého Demir Kapı (Železná brána) – obr. 10.

Mackensenův tunel

Demirkapijská soutěska měla za 1. světové války zásadní roli v logistice Soluňské fronty. Pro posílení stávající železnice byla proto přes masív zřízená lanovka. Když nepostačovala ani ta, byl vyražený silniční tunel. Ten byl pojmenovaný po pruském polním maršálovi Augustu von Mackensenovi (*1849 †1945), veliteli armád Centrálních mocností. Při dokončení tunelu v roce 1916 byl nad vstupem vytesán nápis, víceméně zachovaný: *WILHELM II. DEUTSCHER KAISER KÖNIG VON PREUSSEN DEPAHL SEINEN SOLDATEN DIESE STRASSE ZU BAUTEN 1916* (Vilém II., německý císař a král Pruska, nařídil svým vojákům v roce 1916 postavit tuto cestu). Málo se již ví, že po 1. světové válce nechali (vítězní) Francouzi pod tento nápis umístit další, na památku maršála Francie Francheta d'Esperey (*1856 †1942), velitele dohodových vojsk na zdejší frontě: *LE GENERAL FRANCHET D'ESPEREY COMANDANT EN CHEF DES ARMÉES ALLIÉES D'ORIENT ORDONNA A SES TROUPES DE CHASSER LES BOCHES 1918* (Generál Franchet d'Esperey, vrchní velitel spojeneckých armád na východě, nařídil v roce 1918 svým jednotkám, aby Němce vyhnaly). Tento nápis však za 2. světové války Němci odstranili.

Mackensenův tunel byl opuštěn a dnes je, podle všeho, uzavřený a neprůchodný. Nejsou k němu na internetu dohledatelné žádné běžné parametry (šířka, výška, délka). Souběžně s tímto tunelem byl později zřízený další. Podle mapy je dlouhý okolo 75 m, má minimalistický průřez a je nevyzděný. Náhrada starého vojenského tunelu mohla být vylámaná v roce 1964, a to souběžně s tehdy zřízeným tunelem na silnici A1. Ten se nachází ve vyšší poloze, má délku 540 + 320 m, a i když je jeho technický stav velmi špatný, stále slouží místní dopravě. V roce 2013 byly konečně na nové dálnici A1 otevřeny dva dvoupruhové tunely délky 1,25 km [6, 8, 9, 11].

Železniční galerie

V levé straně pohlednice na obr. 10 se nad železniční tratí nachází zajímavá konstrukce, která však není tunelem, nýbrž jde

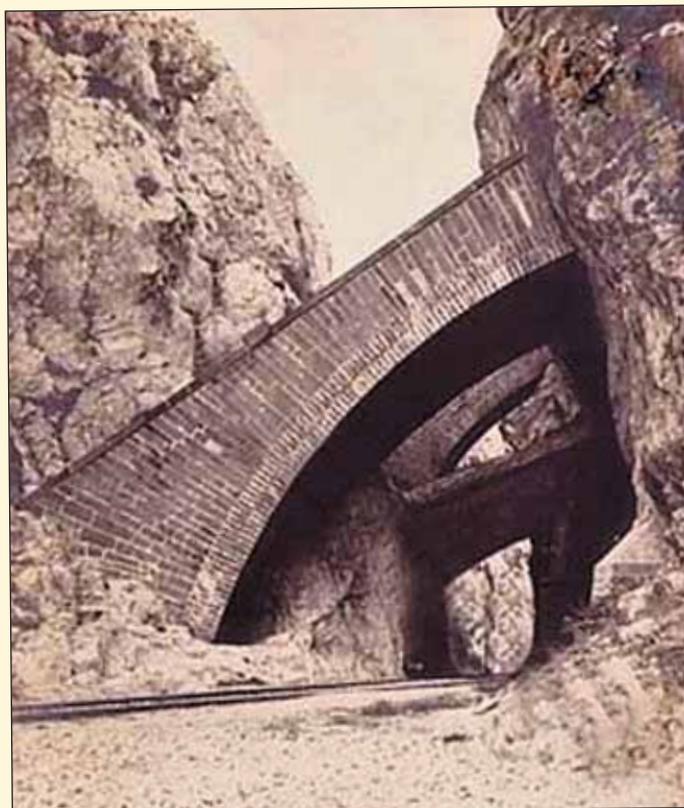


Obr. 10 Mackensenův tunel u Demir-Kapu. ? 1918 [sbírka autorů].

Pohled do soutěsky od západu, řeku Vardar lze tušit zcela vlevo. Tmavá plocha vpravo je původní vstup do Mackensenova silničního tunelu. Konstrukce, do které vedou koleje, je tunelovou galerií. Přístup do starého vojenského tunelu je dnes zaslepený a těsně vlevo od něj se nachází provozovaný tunel (z roku 1964?). Nápis nad vstupem do Mackensenova tunelu se překvapivě dochoval.

Fig. 10 Mackensen tunnel by Demir-Kapu. ? 1918 [authors' collection].

A view into the defile from the west, the Vardar River can be expected completely to the left. The dark area on the right is the original entrance into the Mackensen road tunnel. The structure, into which the tracks lead, is a tunnel gallery. The entrance into an old military tunnel is sealed today, and close to its left, an operational tunnel is located (from the year 1964?). Writing above the entrance to the Mackensen tunnel has surprisingly been preserved.



Obr. 11 Vstup železnice do soutěsky Demir Kapija [10].

Jde o západní vstup. Tři mohutná žebra vyzděná z kamenných desek mají ochrannou, ale patrně i statickou funkci. Vlevo nejsou vidět okna galerie otevřená k řece Vardar.

Fig. 11 Entrance of the railway into the Demir Kapija defile [10].

This is the western entrance. Three massive ribs from stone slabs have a protective, but apparently even a static function. To the left, the windows of the gallery that open towards the Vardar River can not be seen.

o neobvyklou tunelovou galerii. Sestávala ze (tří?) mohutných žeber vyzděných z kamenných desek a chránících koleje před padajícími kameny. Lépe než pohlednice na obr. 10 ilustruje originalitu konstrukce obr. 11 mimořádně přejatý z internetu [10]. Pozoruhodná galerie však časem (válečnými událostmi, zemětřesením?) vzala za své. Byla nahrazená nevzhledným (okolo 50 m dlouhým, betonovým?) tunelem.

RUMUNSKO

Tunel Buštení

Až počátkem 70. let XIX. století se vlády Uher a Rumunska dohodly na výstavbě prvních dvou přeshraničních železničních tratí. 31. 5. 1874 byla podepsána úmluva o spojení měst Braşov a Ploiesti železniční tratí v údolí Prahova. Ta měla překročit státní hranici na sever od rumunského města Predeal a na jih od R-U vesnice Timișu de Sus. V Rumunsku byla stavba dráhy provázená skandálem s koncesí a bankrotem firmy angličana Crawleyho. Stavbu převzala francouzská společnost Léon Guilloux a Gergershon-Bandenson. Dne 10. 6. 1879 byly otevřeny úseky Ploiesti–Câmpina a Sinaia–Predeal–Braşov. Po první světové válce se celá železnice ocitla v Rumunsku.

Počátkem roku 1940 byly zahájeny práce na rozšíření o druhou kolej, dokončené mezi Braşovem a Bukurešťí v 60. letech XX. stol., a trať byla také elektrifikovaná. Byly s tím zrušené tři krátké tunely v Prahově údolí (u Posada Mare, u Posada Mică a u Busteni). Jednokolejný tunel Busteni (obr. 12) je dlouhý 132 m a nachází se na trati Rumunských železnic č. 300 u stejnojmenného městečka. Byl otevřený v roce 1879, z provozu jej vyřadili v roce 1939 a některé zdroje uvádějí, že jeho polovina



Obr. 12 Pozdrav z Rumunska (Salutări din România). Tunel Busteni (Tunelul de la Buşteni). 612 Editura: Ad. Maier & D. Stern, Bucuresti, Pasagiul Vilacros 3. 1907 [sbírka autorů].

Jižní portál. Skrze krátký tunel v přímé bylo dobře vidět ono „světlo na konci“. Vůz s volským záprahem je skvělým kontrastem k železnici.

Fig. 12 Greetings from Romania (Salutări din România). Busteni tunnel (Tunelul de la Buşteni). 612 Editura: Ad. Maier & D. Stern, Bucuresti, Pasagiul Vilacros 3. 1907 [authors' collection].

Southern portal. Through a short straight tunnel, it was possible to see well the “light at the end”. An oxcart is a perfect contrast to the railway.

sloužila jako zázemí železničním dělníkům, či dokonce jako jejich ubytovna (sic!). Je dodnes zachovaný, vstupy do něj jsou však uzavřené [12, 13].

doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.,
Ing. MILAN MAJER,
Ing. RICHARD SVOBODA, Ph.D.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Weithmann Michael W.: *Balkán: 2000 let mezi východem a západem*. Vyšehrad, Praha, 1996, 431 s.
- [2] Dariva, Miljacka Canyon, & Kozija Cuprija (Goat's Bridge) (Sarajevo, Bosnia & Herzegovina) [online]. [cit. 2025-09-10]. Dostupné na internetu: < <https://liveandlethike.com/2014/10/24/dariva-miljacka-canyon-koziya-cuprija-goats-bridge-sarajevo-bosnia-herzegovina/> >
- [3] Bosenská východní dráha [online]. [cit. 2025-09-10]. Dostupné na internetu: < Bosenská východní dráha – Wikipedie >
- [4] Bosnische Ostbahn [online]. [cit. 2025-09-10]. Dostupné na internetu: < https://de.wikipedia.org/wiki/Bosnische_Ostbahn?oldid=169828515 >
- [5] Bosnische Ostbahn [online]. [cit. 2025-09-10]. Dostupné na internetu: < https://de.wikipedia.org/wiki/Bosnische_Ostbahn >
- [6] Mapy.com [online]. [cit. 2025-09-10]. Dostupné na internetu: < <https://mapy.com/cs/> >
- [7] Railway tunnel in serbia džep [online]. [cit. 2025-09-10]. Dostupné na internetu: < railway tunnel in serbien džep – Hledat Googlem >
- [8] Municipality of Demir Kapija 2020-2024 [online]. [cit. 2025-09-10]. Dostupné na internetu: < <https://eprints.ugd.edu.mk/24095/1/Strategija%20za%20turizam%20opstina%20Demir%20kapija%20EN.pdf> >
- [9] Macedonia Nature | Hiking in Demir Kapija [online]. [cit. 2025-09-10]. Dostupné na internetu: < <https://www.youtube.com/watch?v=87rCbz-LzGg> >
- [10] Demir Kapija [online]. [cit. 2025-09-10]. Dostupné na internetu: < <https://www.ebay.com/itm/186190092044> >
- [11] Kajak MK [online]. [cit. 2025-09-10]. Dostupné na internetu: < <https://kajak.mk/atrakcija/istrazhete-ja-demir-kapija-priroda-istorija-i-gastronomija-na-edno-mesto> >
- [12] Seznam železničních tunelů v Rumunsku [online]. [cit. 2025-09-10]. Dostupné na internetu: < <https://romania594.blogspot.com/2019/03/lista-tunelurilor-din-romania.html> >
- [13] Trať Plojeşti–Braşov [online]. [cit. 2025-09-10]. Dostupné na internetu: < https://ro.wikipedia.org/wiki/Calea_ferat%C4%83_Ploie%C8%99ti%E2%80%93Bra%C8%99ov >

TUNEL

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

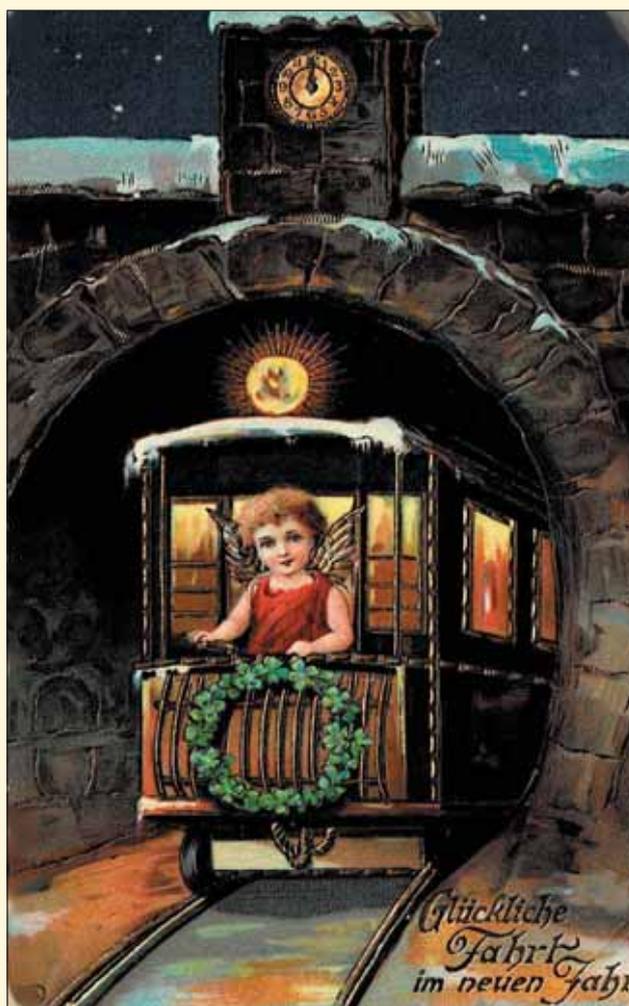


Časopis vydávají společně Česká tunelářská asociace ITA-AITES a Slovenská tunelárska asociácia ITA-AITES.
Je zaměřen na podzemní stavby z hlediska jejich výzkumu, vývoje, projektování a realizace.

Vychází čtvrtletně v českém/slovenském a anglickém jazyce v rozsahu minimálně 64 celobarevných stran nákladem 1000 výtisků.

Více informací na: www.ita-aites.cz

Redakce časopisu Tunel přeje všem svým čtenářům jen to nejlepší do roku 2026.
The editorial staff of TUNEL journal wishes all its readers the very best in 2026.



„Šťastná jízda v Novém roce“. Historická tlačená pohlednice se serafinem ve vagonku vyjíždícím z tunelu. Byla odeslána do Drážďan 1. 12. 1917! Tzn. uprostřed 1. světové války...

„Happy ride in the New Year“. Historic printed postcard with a seraphim in a small carriage coming out of the tunnel. It was sent to Dresden on December 1, 1917! That is, in the middle of World War I...

TUNELY

- silniční a železniční tunely
- kanalizační a vodovodní stoky
- kolektory
- speciální podzemní objekty
- sanace, provoz a údržba tunelů a podzemních staveb



GEOTECHNIKA

- speciální zakládání
- pažení stavebních jam
- opěrné a zárubní zdi
- sanace sesuvů
- vyztužené zemní konstrukce
- skalní svahy



VODOHOSPODÁŘSKÉ STAVBY

- vodovody a kanalizace
- odvodnění silničních a železničních staveb
- odvodnění tunelů
- požární vodovody v tunelech
- čistírny odpadních vod





SATRA

TVOŘTE BUDOUCNOST S NÁMI

**Přidejte se k nám a spoluvytvářejte svět,
ve kterém žijeme.**



Projektové a inženýrské služby



Provozování staveb



Konzultační služby



Inovace



www.satra.cz