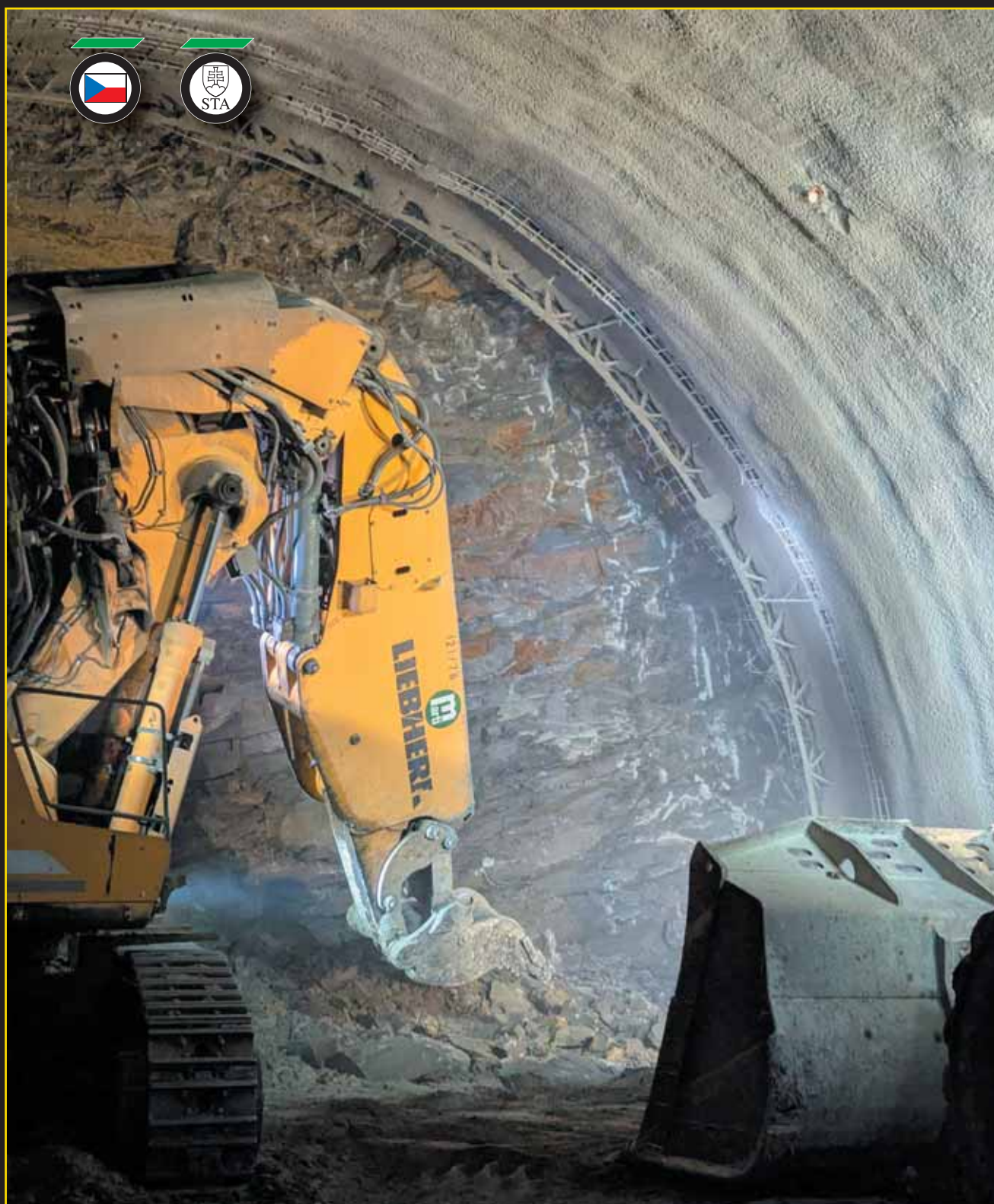


Tu del

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 rážbou průzkumných štol pro stavbu I.D metra

Ing. Martin Vinter, Ing. Vojtěch Anderle, INSET s.r.o. 36

Fotoreportáž ze zahájení rážby průzkumné štoly pro tunel Kamenná Vrata na D3

..... 44

Fotoreportáž z výstavby kabelového kolektoru HG na Letišti Václava Havla v Praze

..... 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 PrazeMístopředseda / **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 Jiříčný – Metrostav TBR a.s.

Ing. Jan Korejčík – METROPROJEKT Praha a.s.

Ing. Otakar Krásný – GeoTec-GS, a.s.

Ing. Miroslav Lipka – 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

Koželušská 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 rážby 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 Náhod 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 Commencement of Excavations of the Exploratory Gallery for the Kamenná Vrata Tunnel on the D3

..... 44

Picture Report from the Construction of the HG Utility Tunnel at the Václav Havel Airport in Prague

..... 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. – ŽÚ, 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.

Zahraniční členové / International members

Prof. Georg Anagnostou – ETH Zürich, Switzerland

Dr. Nick Barton – NICK BARTON & ASSOCIATES, Norway

Prof. Adam Bezuijen – GHENT UNIVERSITY, Belgium

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

Dr. Vojtech Gall – GALL ZEIDLER CONSULTANTS, USA

Prof. Dimitrios Kolymbas – UNIVERSITY OF INNSBRUCK, Austria

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

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

Prof. Wulf Schubert – GRAZ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Austria

Prof. Walter Wittke – WBI GmbH, Germany

PUBLISHED FOR SERVICE USE

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

DISTRIBUTION

ITA-AITES Member Nations

ITA-AITES EC members

CzTA and STA corporate and individual members

external subscribers

obligatory issues for 35 libraries and other subjects

OFFICE

Koželušská 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

CZTA:

Čestní členové:

prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc. (†)
prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.
Ing. Jindřich Hess, Ph.D.
Ing. Karel Matzner (†)
Ing. Pavel Mařík (†)

Členské organizace:

3G Consulting Engineers s.r.o.
Na usedlosti 513/16
office: Zelený pruh 95/97
140 00 Praha 4
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.
Ptašinského 10
602 00 Brno
Angermeier Engineers, s.r.o.
Pražská 810/16
102 21 Praha 10
AQUATIS a.s.
Botanická 834/56
656 32 Brno
AZ Consult, spol. s r.o.
Klíšská 12
400 01 Ústí nad Labem
EKOSTAV a.s.
Brigádníků 3353/351b
100 00 Praha 10
ELTODO, a.s.
Novodvorská 1010/14
142 00 Praha 4
Fakulta dopravní ČVUT v Praze
Konviktská 20
110 00 Praha 1
Fakulta stavební ČVUT v Praze
Thákurova 7
166 29 Praha 6
Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava
L. Poděště 1875/17
708 33 Ostrava – Poruba
Fakulta stavební VUT v Brně
Veveří 331/95
602 00 Brno
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.
Jirského 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 Roztoky
PORR a.s.
Dubečská 3238/36
100 00 Praha 10 – Strašnice
PRAGOPROJEKT, a.s.
K Ryšance 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 pekárnami 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
REMI 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
Tunguard s.r.o.
Osloboditeľov 120
044 11 Trstené pri Hornáde
Uranpres, spol. s r.o.
Čapajevova 29
080 01 Prešov
Ústav geotechniky SAV
Watsonova 45
043 53 Košice
VÁHOSTAV, 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 technológií 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 staff



VÁŽENÍ ČITATELIA ČASOPISU TUNEL,

s odstupom času sme dostali opäť príležitosť odpredzvočiť 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 – Bystřice 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 – Bystřice 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

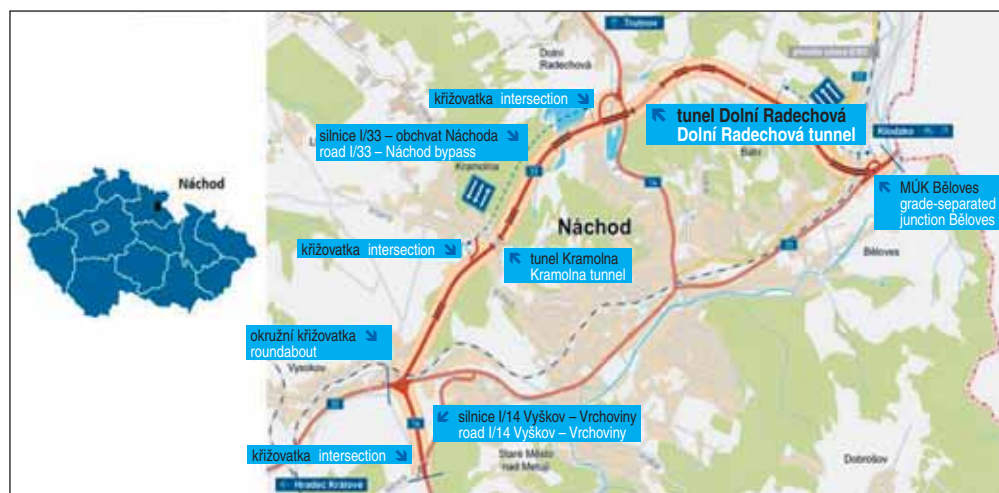
MICHAL MARIČÁK

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 tunela

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.

Dolní Radechová, společnost EUROVIA CZ, a.s. je zhotovitelem technologické části 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.

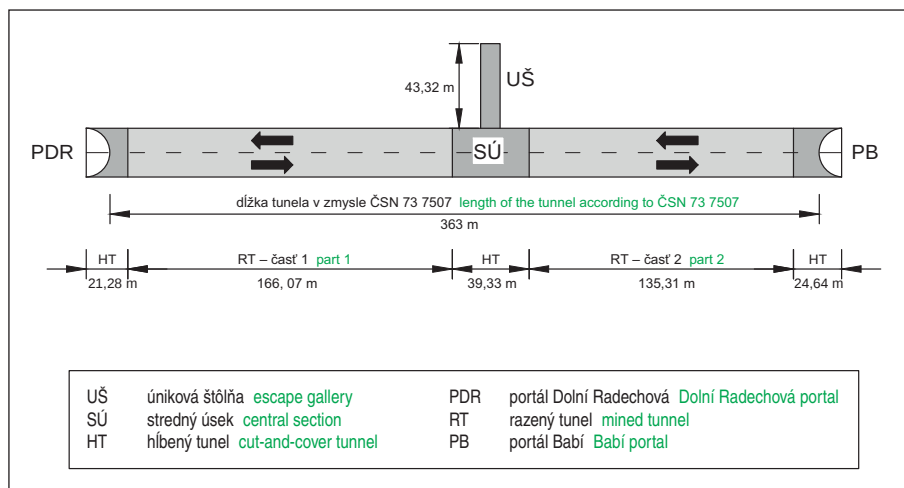
Súčasťou tunela je úniková štôľňa s dĺžkou približne 44 m, umiestnená zhruba uprostred dĺžky tunelovej rúry kolmo na tunelovú rúru. Monolitická konštrukcia štôľne (napojenie na hĺbený tunel) má dĺžku približne 4,4 m. Zvyšná časť je tvorená zo

“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 prejazdného 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 štôlne 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 podložíom.

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 – humózná pokrývka – je zložená predovšetkým z hnedých premenlivo piesočnatých hĺn, ktorých mocnosť sa pohybuje v rozmedzí 0,30 až 0,40 m. Ďalej nasleduje vrstva deluviofluvialných 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 deluviofluvialna 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

methods and will operate bidirectionally with a design speed of 70km/h. The total length of the tunnel tube is 363 meters.

The tunnel includes an escape gallery approximately 44 meters long, located roughly in the middle of the tunnel tube and oriented perpendicular to it. The monolithic section of the gallery (connecting to the cut-and-cover tunnel) is approximately 4.4 meters long. The remaining portion consists of 16 prefabricated segments. At the portal of the escape gallery, there is a 13.6-meter-long escape route in a trench. The trench walls will be secured on both sides with gabion retaining structures of variable height ranging from 2.5 to 3.5 meters.

The escape route leads to an assembly area with a width of 5.3 meters and a length of 13 meters, with an access road 2.5 meters wide and 60.3 meters long.

The tunnel tube also includes eight niches for inspection shafts of the drainage system (four on the right, four on the left), four combined niches (two on the right, two on the left) for SOS emergency cabinets, drainage inspection shafts, fire hydrants located in the niches on the left side in the direction of stationing.

GEOLOGICAL A 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 decimetru 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 dvojvrstvovým 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.

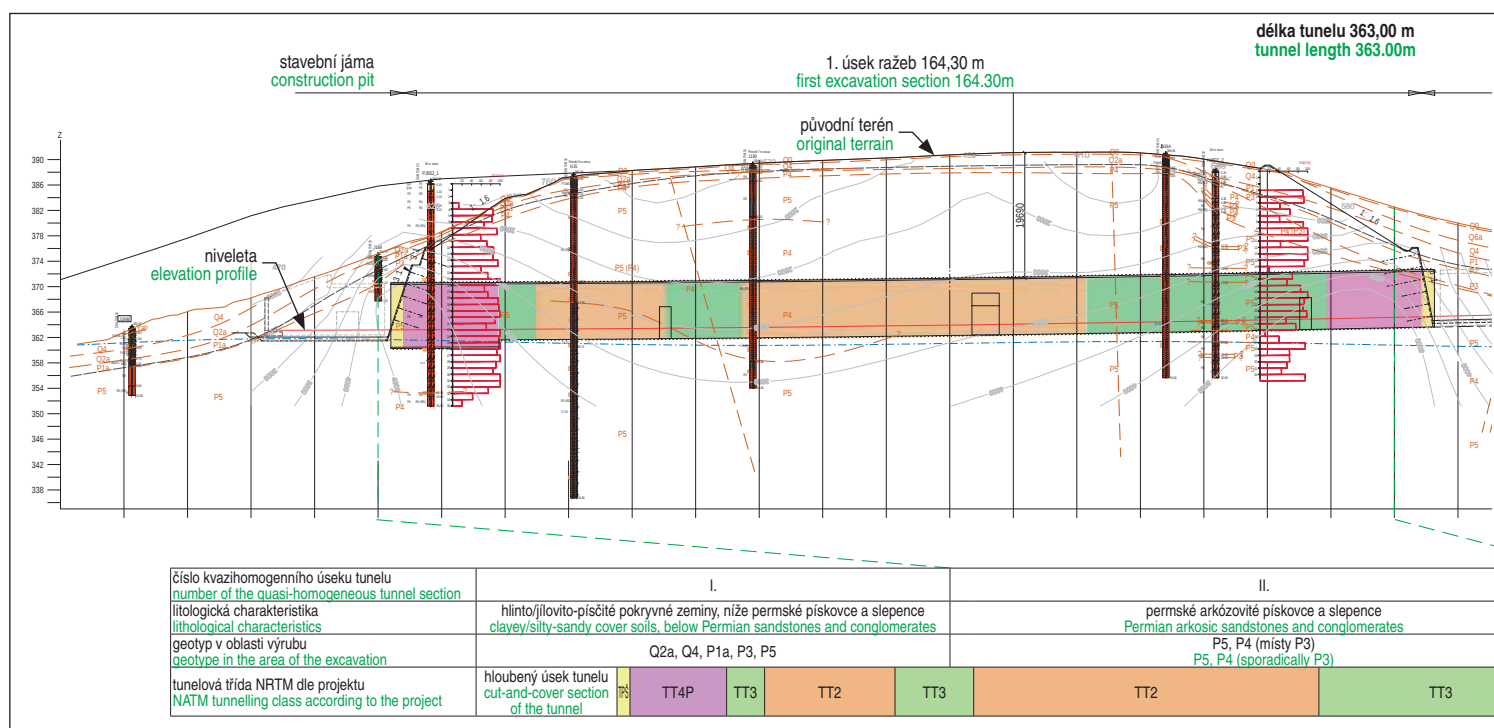
These geotechnical conditions represent more challenging circumstances for tunnel excavation. Therefore, these sections were designated as separate quasi-homogeneous units, allowing for optimization of the excavation process.

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



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

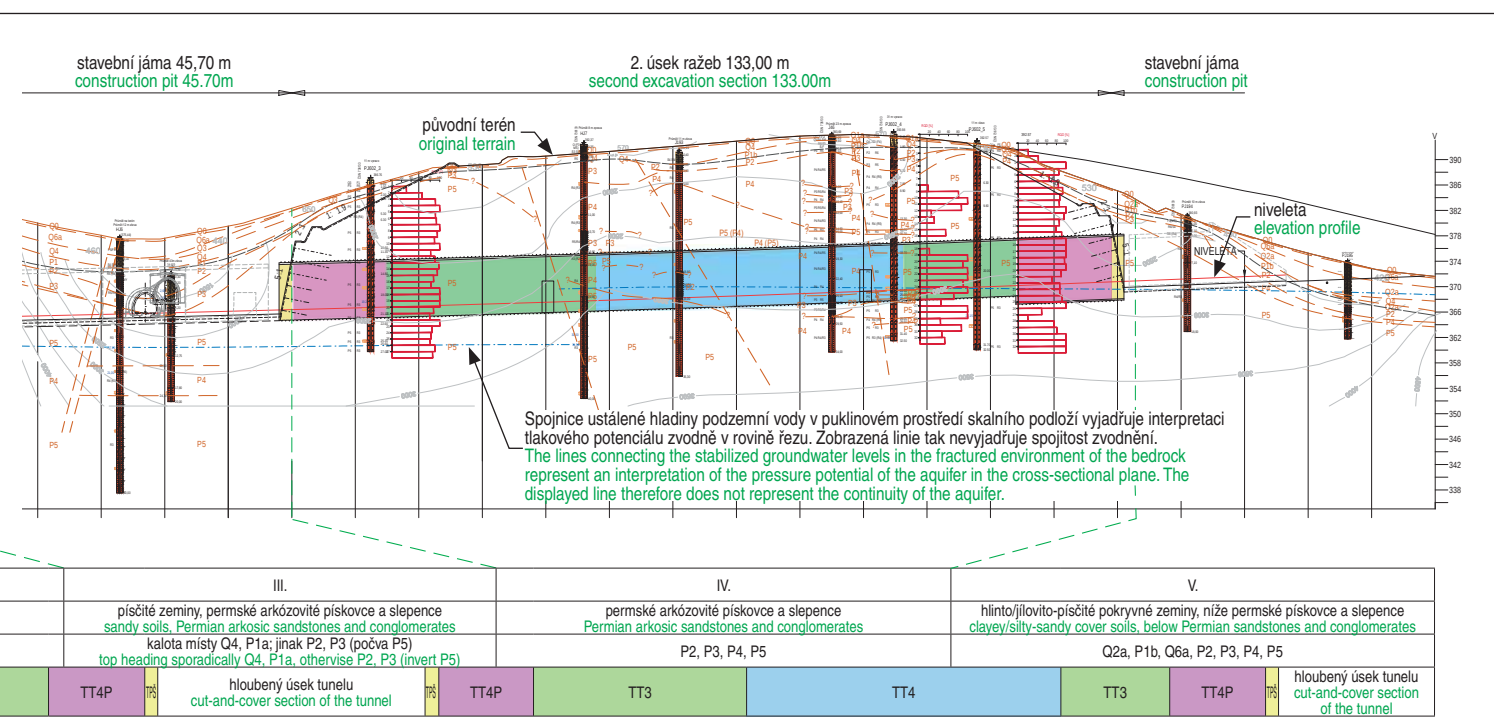
podľa zásad Novej rakúskej tunelovej metódy. Navrhnuté technologické triedy výrubu, ako aj ich predpokladané zastúpenie v trase razeného tunela Dolní Radechová, sú uvedené v tab. 2.

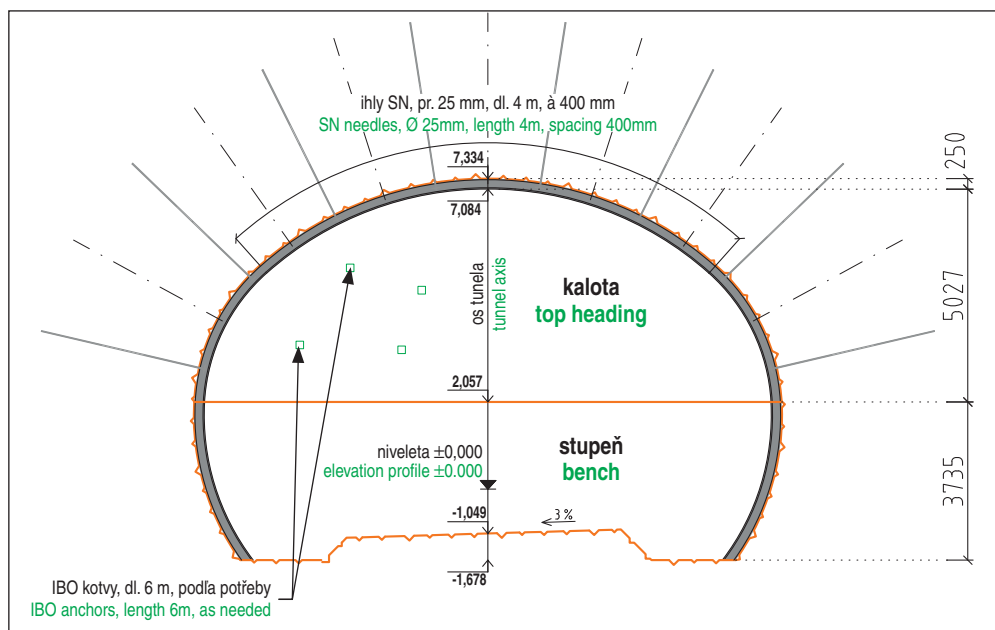
Pri všetkých technologických triedach sa čelba delí na kalotu a stupeň (opěří). V rámci technologickej triedy TT 4P sa v prípade potreby zrealizuje taktiež spodná klenba. Na obr. 5 a 6 je znázornený postup razenia a vystrojenia v najviac zastúpenej vystrojovacej triede TT 3 (s dĺžkou záberu v kalote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

Konštrukcia primárneho ostenia pozostáva zo striekaného betónu, výstužných prvkov (zvárané oceľové siete, oceľové priehradové nosníky typu ARCUS), systémového radiálneho kotvenia a z opatrení pre stabilizáciu obrysu výrubu, nadložia a predpolia čelby (kotvenie, ihľovanie 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.



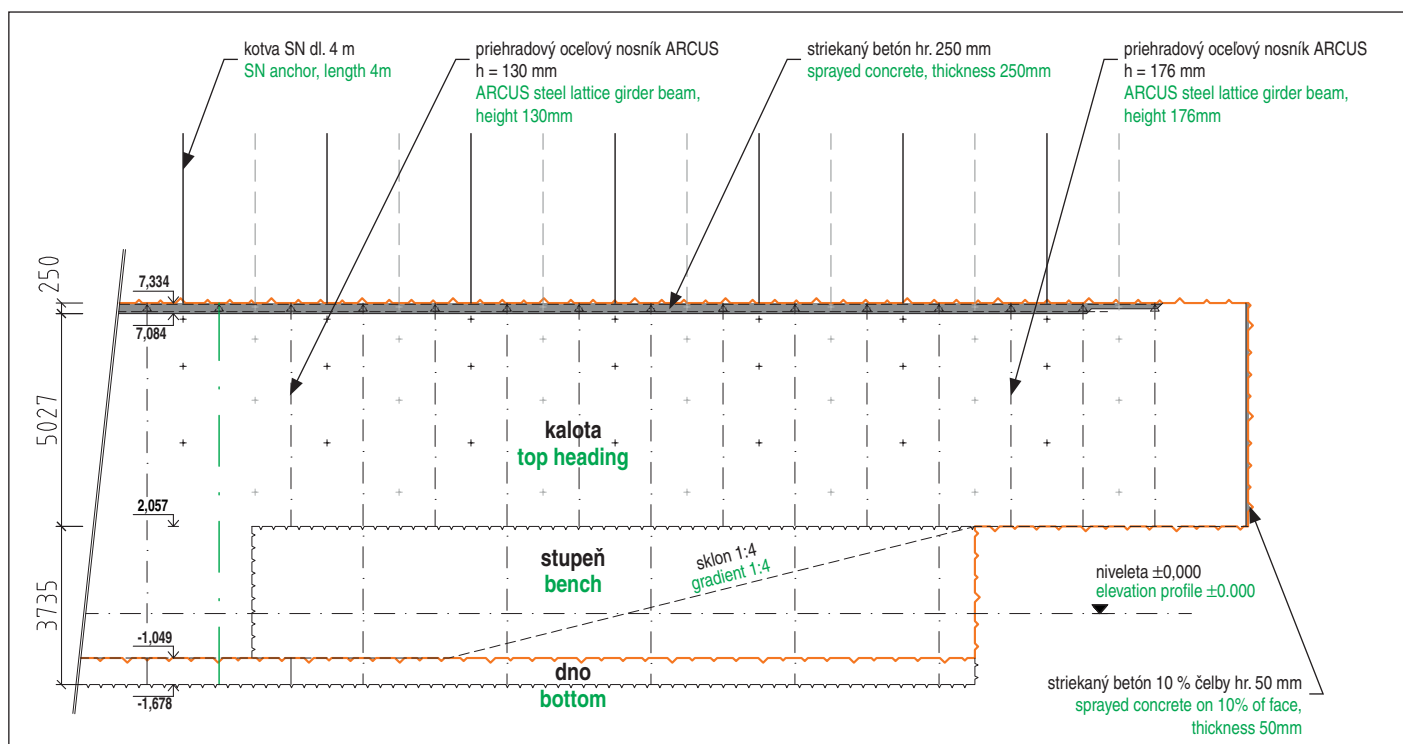


Obr. 5 Postup razenia a návrh vystrojenia TT 3 (pričný rez)

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)

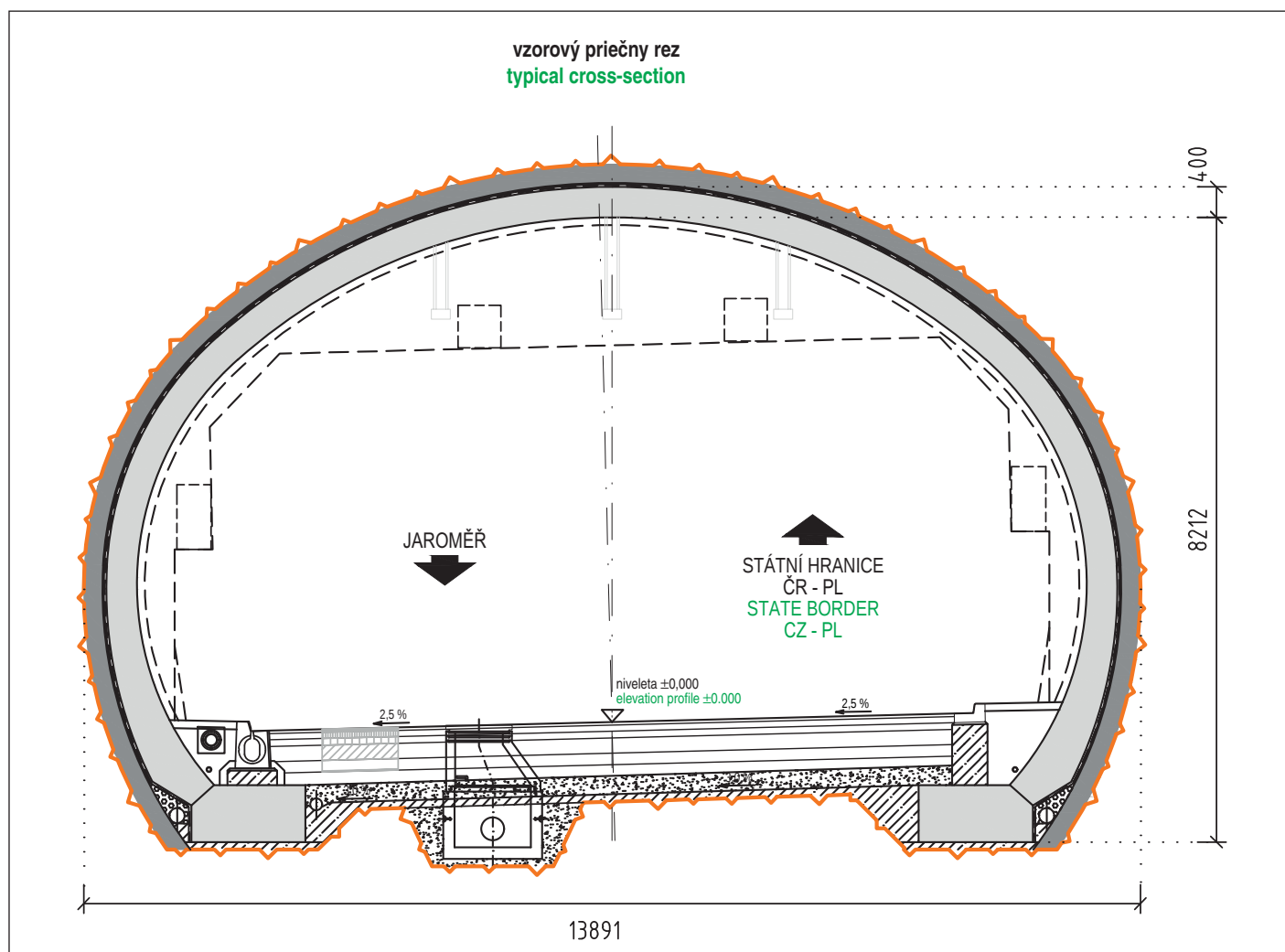
Fig. 6 Excavation procedure and support design for TT 3 (longitudinal section)

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 priečny 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 vrtanie vývrtov pre nálože trhavín, ale aj pre aplikáciu zabezpečovacích prvkov (kotiev, ihliel, mikropilóto-
tového dáždnika) budú nasadené vrtné vozy Atlas Copco E2C. Odťažba rozpojenej horniny bude realizovaná čelnými kolesovými nakladačmi a dumpami, ktoré rúbaninu vyvezú na určené miesto. Po rozpojení a odťažení nasleduje fáza vystužovania, resp. budovania primárneho ostenia. Striekaný betón bude aplikovaný pomocou striekacích zariadení MEYCO Potenza s teoretickým výkonom 20 m³ striekaného betónu/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 podporných 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, zlepené 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 ostiením.

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 nádrže 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 vyvážaná 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 lúčového 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 žlaby s 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 priemyselného 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.h

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-zadavatele/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.

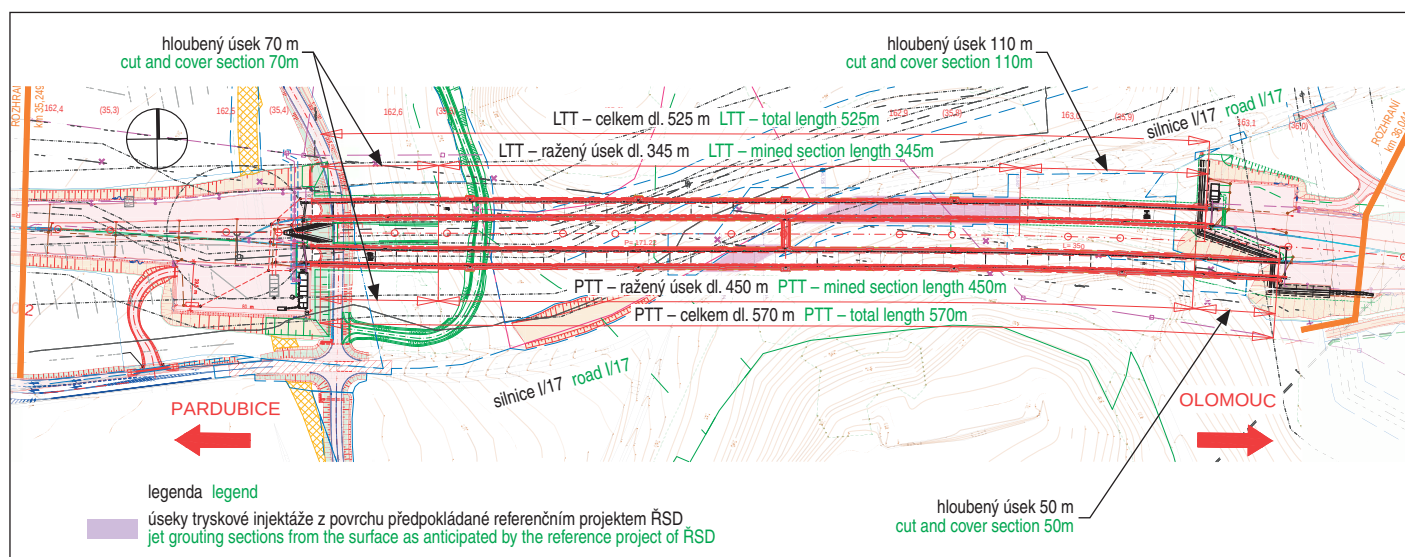
Výstavba tunela Homole je súčasťou budúceho 7 km úseku diaľnice „D35 Ostrov – Vysoké Mýto“. Jeho výstavba sa vzhľadom na technickú náročnosť realizuje samostatne. Tunel zabezpečí prepojenie oboch častí diaľničného úseku do jedného plne funkčného celku.

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 príslušných 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 míľnikov 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 32–64 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 trhacích 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 naviac práce 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
k_1	počet bodov podľa klasifikácie QTS (Tesař O., 1990) klasifikačný parameter A – pevnosť úlomkov horniny v prostom tlaku σ_d klasifikačný parameter B – priemerná rozteč diskontinuit klasifikačný parameter C – hĺbka skúmanej horniny pod bazou 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
k_1	number of points according to QTS classification (Tesař O., 1990) 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 piesčitými 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 vrtov, 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 vrtov, 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 navrhnutej 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 48 mm, 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 dáždika (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 dáždikom 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 sietí Ø6/150/150 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 sietí. 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, výskytu nesúdržných zemín zároveň pri nízkom nadloží, boli navrhnuté TT5a, 5b, 5bTI s razením pod mikropilotovým dáždikom Ø139,7 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 sietí Ø6/150/150 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 Ø8/150/150 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 Ø139.7mm, 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 Ø6/150/150mm, 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 Ø32 mm, 4m long. In TT5aTI, reinforcement mesh Ø8/150/150mm 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

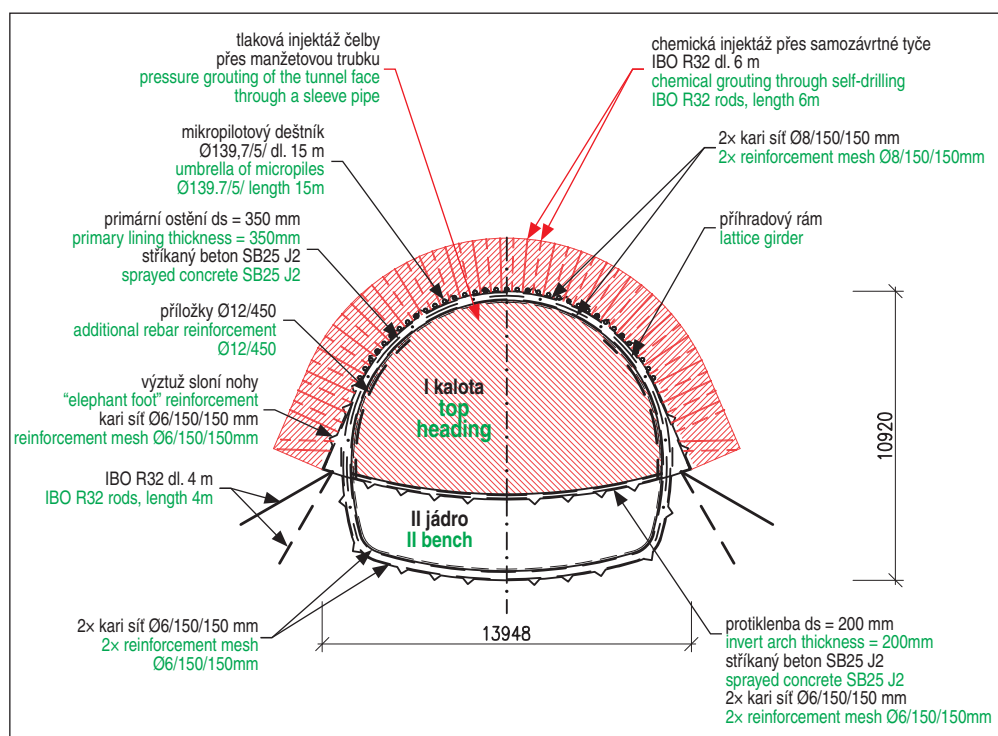
shotcrete with two layers of reinforcement mesh Ø6/150/150mm, IBO bolts Ø32mm, 4m long, 10 pieces per round, IBO spiles Ø32mm, 8m long, 45 pieces every third round (see Fig. 4 and 5).

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, 105 m 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

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 pilótovými 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. Priebeh 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)



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

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 vŕtací stroj Soilmec ST 120. Tento dvojlafetový vŕtací voz s dĺžkou lafety 24 m sa nasadil špeciálne na vŕtanie mikropilót s kusovou dĺžkou mikropilóty 15 m bez spoja a na vŕtanie a osadzovanie čelbových 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. Vŕtný stroj umožňuje vŕtanie 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 prútoky 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>.