

Tu nel

č. 4
2021

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



Výstavba železničního tunelu Miločov, Slovensko
Construction of the Miločov railway tunnel, Slovakia



SUBTERRA 

www.subterra.cz

Nedržíme se při zemi
Never stuck on the ground

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

Obsah

Editorial:	
Ing. Pavel Šourek, člen redakční rady	1
Úvodník:	
Ing. Ondřej Fuchs, předseda představenstva a generální ředitel Subterra a.s.	2
Ing. Jiří Čurda, jednatel společnosti SAGASTA s.r.o.	3
Tunely Järfälla	
Ing. Petr Mitrenga, Ph.D., SBT Sverige AB	4
Tunel Mílochov – realizace definitivního ostění	
Ing. Petr Velička, Subterra a.s.	14
Tunel Kramer – ražba z jižního portálu	
Ing. Jan Kubek, Ing. Daniel Josefík, Subterra a.s., ARGE Kramertunnel, Ing. Pavel Farský, Subterra a.s., ZNL Deutschland	26
Tramvajový tunel Žabovřeská – zkušenosti z dosavadního průběhu výstavby	
Ing. Václav Dohnálek, Ing. Dalibor Stromček, Ing. Andrej Korba, Subterra a.s.	42
Rekonstrukce Polubenského tunelu	
Ing. Martin Svoboda, Bc. Jakub Vladík, SAGASTA s.r.o.	54
Rekonstrukce Dolnolučanského tunelu a proces rozhodování při návrhu technického řešení	
Ing. Libor Mařík, SAGASTA s.r.o.	62
Projekt a realizace Zvěrotického tunelu	
Ing. Libor Mařík, SAGASTA s.r.o.	78
Krušnohorský tunel – úvodní představení	
Mgr. Jiří Zmítka, 3G Consulting Engineers s.r.o.	91
Fotoreportáž z výstavby tunela Višňové a z osadenia sošky svätej Barbory 26. Augusta 2021	102
Ze světa podzemních staveb	105
Zprávy z tunelářských konferencí	107
Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice	108
Z historie podzemních staveb	116
Výročí	120
Rozloučení	122
Z činnosti pracovních skupin	123
Zpravodajství České tunelářské asociace ITA-AITES	124

Redakční rada / Editorial Board

Čeští a slovenští členové / Czech and Slovak members

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

Vydavatel

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

Distribuce

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

Redakce

Koželužská 2450/4, 180 00 Praha 8 – Libeň, tel.: +420 702 062 610
e-mail: pruskova@ita-aites.cz
web: http://www.ita-aites.cz
Vedoucí redaktor: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.
Odborní redaktori: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., doc. Dr. Ing. Jan Pruška,
Ing. Pavel Šourek, RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D.,
Ing. Jozef Frankovský
Grafické zpracování: Ing. Jiří Šilar DTP, Na Záměšli 502/3, 150 00 Praha 5
Tisk: SERIFA, s.r.o., Jionická 804/80, 158 00 Praha 5
Foto na obálce: Pohled z jižního portálu tunelu Kramer,
Garmisch-Partenkirchen, Německo (zdroj ARGE Kramertunnel,
BeMo Tunnelling GmbH – Subterra 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. Pavel Šourek, professional editor and member of the editorial board	1
Ing. Ondřej Fuchs, Chairman of the Board of Directors and General Director of Subterra a.s.	2
Ing. Jiří Čurda, Managing Director of SAGASTA s.r.o.	3
Järfälla Tunnels	
Ing. Petr Mitrenga, Ph.D., SBT Sverige AB	4
Mílochov Tunnel – Implementation of Definitive Lining	
Ing. Petr Velička, Subterra a.s.	14
Kramer Tunnel – Excavation from the South Portal	
Ing. Jan Kubek, Ing. Daniel Josefík, Subterra a.s., ARGE Kramertunnel, Ing. Pavel Farský, Subterra a.s., ZNL Deutschland	26
Žabovřeská Tram Tunnel – Experience from the Course of Construction to Date	
Ing. Václav Dohnálek, Ing. Dalibor Stromček, Ing. Andrej Korba, Subterra a.s.	42
Reconstruction of Polubenský Tunnel	
Ing. Martin Svoboda, Bc. Jakub Vladík, SAGASTA s.r.o.	54
Reconstruction of Lučany nad Nisou Tunnel and Decision-Making Process in Designing Technical Solution	
Ing. Libor Mařík, SAGASTA s.r.o.	62
Design and Construction of Zvěrotický Tunnel	
Ing. Libor Mařík, SAGASTA s.r.o.	78
Tunnel under Ore Mountains – Introduction	
Mgr. Jiří Zmítka, 3G Consulting Engineers s.r.o.	91
Photoreport From Construction Of Višňové Tunnel And Installation Of St. Barbara Statuette On 26 August 2021	102
The World of Underground Constructions	105
News from Tunnelling Conferences	107
Current News from the Czech and Slovak Underground Construction	108
From the History of Underground Constructions	116
Anniversaries	120
Last Farewell	122
CzTA Working Groups	123
Czech Tunneling Association ITA-AITES Reports	124

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

Zahranční členové / International members

Prof. Georg Anagnostou – ETH Zürich, Switzerland
Dr. Nick Barton – NICK BARTON & ASSOCIATES, Norway
Prof. Adam Bezuijen – GHENT UNIVERSITY, Belgium
Prof. Tarcisio B. Celestino – UNIVERSITY OF SAO PAULO, Brazil
Dr. Vojtech Gall – GALL ZEIDLER CONSULTANTS, USA
Prof. Dimitrios Kolymbas – UNIVERSITY OF INNSBRUCK, Austria
Prof. In-Mo Lee – KOREA UNIVERSITY, South Korea
Prof. Daniele Peila – POLITECNICO DI TORINO, Torino, Italy
Prof. Wulf Schubert – GRAZ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Austria
Prof. Walter Wittke – WBI GmbH, Germany

Published for service use

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

Distribution

ITA-AITES Member Nations
ITA-AITES EC members
CzTA and STA corporate and individual members
external subscribers
obligatory issues for 35 libraries and other subjects

Office

Koželužská 2450/4, 180 00 Praha 8 – Libeň, phone: +420 702 062 610
e-mail: pruskova@ita-aites.cz
web: http://www.ita-aites.cz
Editor-in-chief: Ing. Markéta Prušková, Ph.D.
Technical editors: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., doc. Dr. Ing. Jan Pruška,
Ing. Pavel Šourek, RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D.,
Ing. Jozef Frankovský
Graphic designs: Ing. Jiří Šilar DTP, Na Záměšli 502/3, 150 00 Praha 5
Printed: SERIFA, s.r.o., Jionická 804/80, 158 00 Praha 5
Cover photo: View from the south portal of the Kramer Tunnel,
Garmisch-Partenkirchen, Germany (source ARGE
Kramertunnel, BeMo Tunnelling GmbH – Subterra a.s.)

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

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

ČZTA:

Čestní členové:

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

Členské organizace:

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

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

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

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

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

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

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. Poděštné 1875/17
708 33 Ostrava – Poruba

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

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

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

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

ILF Consulting Engineers, s.r.o.
Jirská 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

Master Builders Solutions CZ s.r.o.
Česká republika s.r.o.
K Májovu 1244
537 01 Chručim

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

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

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

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

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

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

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

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR
Čerčanská 12
140 00 Praha 4

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

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

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

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

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

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

VIS, a.s.
Bezová 1658
147 01 Praha 4

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

STA:

Čestní členovia:

doc. Ing. Koloman V. Ratkovský, CSc., (†)
Ing. Jozef Frankovský
Ing. Štefan Choma
prof. Ing. František Klepsatel, CSc. (†)
Ing. Juraj Keleši
Ing. Pavol Kusý, CSc.

Členské organizácie:

Alfa 04 a.s.
Jašíkova 6
821 07 Bratislava
Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.
Somolického 819/1
811 06 Bratislava

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

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

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

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

Doprastav, a.s.
Drieňová 27
826 56 Bratislava

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

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

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

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

GEOstatik a.s.
Kragujevská 11
010 01 Žilina

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

HYDROSANING spol.s.r.o.
Poľnohospodárov 6
971 01 Prievidza

CHÉMIA – SERVIS, a.s.
Zadunajská cesta 10
851 01 Bratislava

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

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

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

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

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

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

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

Reming Consult a.s.
Trnavská 27
831 04 Bratislava

Renesco a.s.
Panenská 13
811 03 Bratislava

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

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

Slovenská správa ciest
Miletičova 19
826 19 Bratislava

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

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

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

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

STU, Stavebná fakulta
Katedra geotechniky
Radlinského 11
813 68 Bratislava

TAROSI c.c., s.r.o.
Madáchova 33
821 06 Bratislava

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

TUBAU, a.s.
Pribylinská 12
831 04 Bratislava

TuCon, a.s.
K Cintorínu 63
010 04 Žilina – Bánová

Tungard s.r.o.
Osloboditeľov 120
044 11 Trstené pri Hornáde

Uranpres, spol. s r.o.
Čapajevova 29
080 01 Prešov

Ústav geotechniky SAV
Watsonova 45
043 53 Košice

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

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

Železnice SR
Klemensova 8
813 61 Bratislava

ŽILINSKÁ UNIVERZITA
Stavebná fakulta, blok AE
Katedra geotechniky,
Katedra technológie
a manažmentu stavieb

Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

Vážení a milí čtenáři, kolegové tuneláři,

před vámi teď leží zcela nové číslo našeho, věřím, že oblíbeného, časopisu TUNEL. Předem svého úvodníku bych chtěl poukázat na skutečnost, že i v tak tunelářsky nepřející době, ano tak málo tunelů jako dnes se u nás dlouho nestavělo, jde o číslo plné zajímavých, inspirativních a poučných článků. Na všem špatném je vždy něco pozitivního, což potvrzuje trend, kdy naši kvalitní čeští dodavatelé pro nedostatek práce v rodné zemi úročí své zkušenosti a ambice na ještě donedávna nedostupných vyspělých západních trzích. Věřím, že o to efektivnější tak bude další evoluce výstavby tunelů v České republice, jakmile se podaří ji zahájit! O tom všem jsou následující stránky.

V prvé řadě se svými příspěvky již tradičně představuje společnost Subterra a.s., jedna z nejzkušenějších českých dodavatelských firem. Články seznamují čtenáře s aktuálními realizovanými projekty z jejího portfolia, které potvrzují předchozí úvahu. Tunely Järfälla na prodloužení stockholmského metra ve Švédsku, Tunel Milochov na modernizované železniční trati Púchov – Žilina na Slovensku, resp. všemi vášnivými lyžaři touženě očekávaný Tunel Kramer na dálničním obchvatu lyžařského střediska Garmisch Partenkirchen v Německu jsou nejen zahraniční projekty, ale jsou to také projekty velmi významné a technicky náročné, s čímž se můžete podrobně seznámit. Takovou třešničku na dortu pak tvoří tramvajový tunel Žabovřeská v Brně, který potěší tuneláře statistiky doplněním jejich seznamu o jeden tunel využívaný v podzemí ne zcela běžným dopravním prostředkem.

Naopak nováček v řadách projekčních kanceláří zabývajících se tunely (ne toliko jeho projekční tým), společnost SAGASTA s.r.o., představuje rekonstrukce železničních tunelů vybudovaných našimi progresivnějšími předky, do nedávné doby okrajovou část tunelářské problematiky. Články o rekonstrukci Polubenského tunelu a Dolnolučanského tunelu na trati Liberec – Tanvald – Harrachov dokládají, že i tato problematika je velmi zajímavou technickou výzvou. Abychom se aspoň na chvíli vrátili k aktuálním realizacím u nás, je jejich portfolio doplněno o popis realizace Zvěrotického tunelu na IV. železničním koridoru z Prahy do Českých Budějovic. Ve stínu velkých tunelů z ciziny jde tak trochu o drobný stavební objekt, nicméně na velmi důležité trati a pojatý se vší zodpovědností potřebnou pro zvládnutí technologie hloubeného tunelu.

Aby české tunelářství nezůstalo zcela pokořeno zahraničními projekty, obsahuje toto číslo i jednu snad se dá říci, že nejen vizi, ale skutečně plánovaný dlouhý bárový tunel na připravované vysokorychlostní trati z Prahy do Drážďan. Představení tzv. Krušnohorského tunelu je nejen představení zajímavých geologických poměrů, se kterými se bude muset výstavba vypořádat, ale především představením vysoce ambiciózního přeshraničního projektu tunelu s předpokládanou délkou 26 km. Nezbyvá než doufat, že se jeho výstavba rozeběhne co nejdříve, a tak jako už tolikrát nezůstane jen u snů a plánů.

Nechci však psát pouze o náplni časopisu. Za zmínku stojí i jedna zásadní „provozní“ informace z pozadí přípravy našeho časopisu. Po 12 letech se své funkce předsedy redakční rady vzdal prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. Členem redakční rady je již od roku 1994. Je třeba uvést, že právě on má lví podíl na vysoké kvalitě tohoto časopisu, která je často oceňována i v zahraničí. Jeho nepřehledné odborné znalosti, profesní zkušenosti, ale i literární vlohy s lidským přístupem pomohly časopis vést lehkou, ale pevnou rukou a za to si zaslouží velký dík i úctu. Nastoupit tak na jeho místo představuje pro nového předsedu Ing. Borise Šebestu velmi nelehký úkol s velmi vysoko nasazenou latkou. Ke všem autorům mám proto prosbu, pište i nadále zajímavé články a usnadněte mu tak jeho zodpovědnou činnost, tak jako mu ji svým setrváním v redakční radě jistě bude usnadňovat i její bývalý předseda. Jeho setrvání je pro mě osobně známkou jistoty kvality a podpory nejen celé redakční radě, ale i vám autorům a čtenářům. A to je dobrý začátek nové éry, za který se opět sluší poděkovat.

Ing. PAVEL ŠOUREK
odborný redaktor a člen redakční rady

Dear readers, tunnel construction colleagues,

a completely new issue of our, I believe popular, TUNEL journal lies now in front of you. In advance of my editorial, I would like to point out the fact that even in such a time hostile to construction of tunnels, during which we built so few tunnels in our country as we did not for a long time in the history, the journal issue is full of interesting, inspiring and informative articles. There is always something positive about everything bad, which confirms the trend where our good quality Czech contractors, due to the lack of work in their home country, capitalise on their experience and ambitions in the hitherto inaccessible developed western markets. I believe that the further evolution of tunnel construction in the Czech Republic will be all the more effective as soon as it can be started! The following pages are about all this.

First of all, Subterra a.s., one of the most experienced Czech contractors, has traditionally introduced itself with its contributions. The articles acquaint readers with the currently under construction projects from its portfolio, which confirm the previous consideration. The Järfäll tunnels on the extension of the Stockholm metro in Sweden, the Milochov tunnel on the Púchov – Žilina railway line being modernised in Slovakia, respectively the Kramer Tunnel on the motorway bypass of the Garmisch Partenkirchen ski resort in Germany, which is eagerly awaited by all passionate skiers, are not only foreign projects, but they are also very important and technically demanding projects, which you can get acquainted with in detail. The Žabovřeská tram tunnel in Brno is such an icing on the cake. It will please the tunnelers-statistics by adding one tunnel used in the underground by not entirely common means of transport.

On the contrary, a newcomer to the ranks of design offices dealing with tunnels (not only its design team), the SAGASTA s.r.o. company, represents the reconstruction of railway tunnels built by our more progressive ancestors, which was until recently a marginal part of tunnel construction problems. Articles on the reconstruction of the Polubenský tunnel and the Lučany nad Nisou tunnel on the Liberec – Tanvald – Harrachov line prove that this issue is also a very interesting technical challenge. In order to return, at least for a moment, to the current construction projects in the Czech Republic, their portfolio is supplemented by a description of the construction of the Zvěrotice tunnel on railway corridor No. 4 from Prague to České Budějovice. In the shadow of large tunnels from abroad, it is a bit of small structure, but located on a very important rail line, which is conceived with all the responsibilities needed to master the technique of construction of cut-and-cover tunnels.

This journal issue also contains one project, perhaps it can be said that not only a vision, but a really planned long base tunnel on the planned high-speed railway line from Prague to Dresden, so that the Czech tunnelling industry is not to be completely humiliated by foreign projects. The presentation of the so-called Ore Mountains tunnel is not only a presentation of interesting geological conditions, which the construction will have to deal with, but above all a presentation of a highly ambitious cross-border tunnelling project with an expected length of 26km. We can only hope that its construction will start as soon as possible, and it will not be left to dreams and plans as so many times in the past.

However, I do not want to write only about the content of the journal. The following essential „operational“ information from the background of the preparation of our journal is also worth mentioning. After 12 years, Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc, resigned as Chairman of the Editorial Board. He has been a member of the editorial board since 1994. It should be noted that he has the lion's share of the high quality of this magazine, which is often appreciated abroad. His inexhaustible professional knowledge, professional experience, but also literary talents with a human approach helped to guide the journal with a light but firm hand, and he deserves a lot of thanks and respect for that. Taking his place is a very difficult task with a very high standard for the new chairman, Ing. Boris Šebesta. Therefore, I have a request to all the authors: continue to write interesting articles and make it easier for him to act responsibly, just as the former chairman of the editorial board, who will certainly make it easier for him by staying on the board. For me personally, his persistence is a sign of quality assurance and support not only for the entire editorial board, but also for you authors and readers. And this is a good start to a new era, for which it is appropriate to thank again.

Ing. PAVEL ŠOUREK
professional editor and member of the editorial board



VÁŽENÍ ČTENÁŘI,

v den svátku Petra a Pavla, kterým je 29. červen, byla letos podepsána smlouva na výstavbu první části nové linky pražského metra v úseku Pankrác Olbrachtova. Je na ní i jméno naší společnosti jako vedoucího účastníka sdružení zhotovitelů.

Subterra má zkušenosti s výstavbou metra hned ve dvou evropských metropolích – v Praze a Stockholmu. V případě pražského metra byla do jeho rozšiřování zapojena po většinu období 2000 – 2015. Na poslední budované trase V.A se může pochlubit jejím zřejmě nejsložitějším dílem – trojlodní stanicí Veleslavín. V čase a prostoru se zde musely zkombinovat ražby NRTM s průjezdem tunelovacího stroje. Subterra metro nejen stavěla, ale přispěla i k jeho obnově po povodních v roce 2002.

Ve Stockholmu vyhrála naše dceřiná společnost svou první metro-zakázku v roce 2018. Nyní tam pracuje celkem na čtyřech projektech, z nichž největší zahrnuje kromě tunelového úseku i dvě stanice. S ražbami různými metodami i s vybavováním metra technologiemi a jejich údržbou máme tedy dostatek zkušeností. Věřím proto, že získaná zakázka na první úsek nové trasy D nepřinese nic, s čím bychom si neuměli poradit.

Podpis smlouvy byl radostnou a významnou zprávou nejen pro nás a naše partnery, ale mám za to, že i pro české podzemní stavitelství vůbec. Staré přísloví říká: „Na Petra a Pavla den jasný a čistý, rok úrodný bude jistý“. Vstupuje tedy české tunelářství nejen do úrodnějšího roku, ale i celého období? Věřme, že ano, neboť za prvním úsekem budou logicky následovat další a snad nezůstane jen u linky D pražského metra.

Projektů, o kterých se mluví, je více. Ať už jde o rekonstrukce, týkající se například Vinohradských nebo Nelahozeveských tunelů nebo nové tunely projektované v rámci modernizace trati Nemanice – Ševětín nebo dokonce megaprojekty jako jsou tunel Praha – Beroun či Krušnohorský tunel o délce 26 km na Novém železničním spojení Drážďany – Praha. I vnitřní městský okruh v Praze se bude muset jednou dokončit a rychlé spojení z centra města na pražské letiště, potažmo do Kladna, jednou vybudovat. O vysokorychlostních železnicích se začíná vést vážná debata, jako by nám letošní Olympijské hry v Tokiu připomněly, že první japonský Shinkansen vyjel na rychlodráhu mezi Tokiem a Ósakou, už v roce 1964.

Vrátím-li se od úvah o asijském tygru a lepších českých zítřcích zpět k naší současné realitě, musím přiznat, že tunelářina by se v naší společnosti stále ještě neobešla bez masivní angažovanosti na projektech v zahraničí. Nyní konkrétně ve Švédsku – jak jsem již popsal výše, Německu, Maďarsku a na Slovensku. Koláčový graf našeho celkového výrobního programu potvrzuje poměr hodnoty projektů v ČR ku zahraničí zhruba půl na půl, avšak u podzemního stavitelství zahraniční projekty stále převažují. Svědčí o tom také skladba našich odborných příspěvků uvnitř tohoto čísla, v níž zahraniční projekty stále ještě převažují. Chci věřit, že až Subterra přijde v Tunelu na řadu příště, bude tomu už naopak.

To však neznamená, že země, v kterých jsme se pracně etablovali, budeme opouštět. Rádi bychom jen naplnili naši dlouhodobou strategickou vizi, že působení v zahraničí má doplňovat to tuzemské, nikoli být jeho náhradou. I když v zahraničí je podnikání z mnoha důvodů nepochybně těžší, domácí trh dokáže postavit do cesty také mnohá úskalí. V současné době je to bezesporu prudké zdražení cen materiálů a jejich nedostatek. Situace na trhu práce není také právě růžová, určité pracovní pozice se obsazují jen velmi těžko. Do košíku obtíží můžeme nasypat i některé, dosud nevídané praktiky konkurence a obstrukce různých stěžovatelů. Každá mince má dvě stránky a musíme umět zvládat oboje – Česko i zahraničí.

Novým věcem se stále učíme a někdy přitom i klopýtneme. Do budoucna se však díváme se značnou dávkou optimismu. Subterra se svými dceřinými společnostmi ještě nikdy nepočítala s dosažením tak vysokého obrátu jako letos. Potvrzujeme tak naše firemní heslo „Nedržíme se při zemi.“

**DEAR READERS,**

this year, on the Feast of Saints Peter and Paul, which is June 29, a contract was signed for the construction of the first part of the new Prague metro line section between the Pankrác – Olbrachtova stations. It bears the name of our company as the leading member of the consortium of contractors.

Subterra is experienced in constructing metros in two European capitals – Prague and Stockholm. In the case of the Prague metro, it was involved in its extension for the major part of years 2000–2015. On the most recently built Line V.A, it can boast about its very unique work – the Veleslavín three-vault station. The NATM excavations had to be combined with the passage of a tunnel boring machine in terms of time and space. Subterra a.s. not only constructed the metro, but also contributed to its renovation after the floods in 2002.

In Stockholm, our daughter company won its first contract for metro in 2018. It is currently working there on four projects in total, the largest of which includes two stations together with a tunnel section. Thus, we have great expertise in excavations by various methods and equipping tunnels with technologies and their maintenance. I therefore believe that the contract for the first section of the new Line D does not involve anything that we could not deal with.

The signing of the contract was a joyful and important message not only for us and our partners, but I also believe, for the Czech underground construction industry in general. An old Czech proverb says: “A clear day on the Feast of Saints Peter and Paul – a good year is certain.” Does it mean that the Czech tunnelling industry is entering not only a better year, but also whole period? Let’s believe that it is so, because the first section will logically be followed by others and new underground projects perhaps will not stop with the Line D of the Prague metro.

There are more of them that are being considered. They are either reconstruction projects, such as the Vinohrady or Nelahozeves tunnels, or new tunnels designed as part of the modernisation of the Nemanice – Ševětín rail line, or even megaprojects such as the Prague – Beroun tunnel or the 26km long Ore Mountains Tunnel on the New Dresden – Prague Railway Line. Even the inner ring road in Prague will have to be completed once and the fast connection between the city centre and the Prague Airport (maybe Kladno) will have to be built. There is a serious debate about high-speed rail lines, as if this year’s Olympic Games in Tokyo reminded us that the first Japanese Shinkansen was brought into service on the high-speed line between Tokyo and Osaka in 1964.

Instead of thinking about the Asian tiger and a better tomorrow I would rather turn back to our present-day reality. I must admit that tunnelling business in our company would still not be possible without a massive involvement in projects abroad, specifically in Sweden (as I mentioned above), Germany, Hungary and Slovakia. The pie chart of our whole production programme confirms the ratio of the value of projects in the Czech Republic to projects abroad to be about half and half, but in underground construction projects abroad still predominate. Our papers in this issue confirm this. I would like to believe that when Subterra takes its turn in the TUNEL journal next time, it will be the other way around.

However, this does not mean that we will leave the countries in which we have laboriously established ourselves. We would just like to fulfil our long-term strategic vision that projects abroad should complement the domestic ones and not to replace them. Although doing business abroad is undoubtedly more difficult for many reasons, the domestic market is also sometimes extremely challenging. At present, there is undoubtedly a sharp increase in the costs of materials and their shortage. The situation on the labour market is not the best either, certain jobs are very difficult to fill. What we can also add, are some until now unprecedented practices of competitors and obstructions of various complainants. There are always two sides of every coin and we must be able to handle both the Czech and foreign market.

We keep learning new things and sometimes stumble. However, we are looking to the future with great optimism. Subterra a.s. and its subsidiaries have never expected such a high turnover as this year. We confirm in this way our company’s slogan: “Never stuck on the ground.”

ING. ONDŘEJ FUCHS

**předseda představenstva a generální ředitel Subterra a.s.
Chairman of the Board of Directors and General Director
of Subterra a.s.**

VÁŽENÍ A MILÍ ČTENÁŘI ČASOPISU TUNEL,

velice mě těší, že mám možnost napsat úvodník do tohoto časopisu. Radost mám, protože naše společnost SAGASTA s.r.o. se po 5 letech od svého vzniku stala jednou z těch společností, která má projektování podzemních staveb ve svém portfoliu služeb.

Byť osobně jsem „silničářem“, měl jsem k navrhování podzemních staveb od začátku své profesní kariéry velice blízko. Nastoupil jsem totiž do rakousko-německé konzultační kanceláře, kde projekty tunelových staveb byly běžné, a i můj první „šéf“ a světoběžník, pan Ing. Ermín Stehlík, patří mezi vás, tuneláře. Prvními projekty, na kterých jsem se tak osobně podílel, byl například slovenský dálniční tunel Branisko, návrhy alternativních tras dálnice D8 přes České středohoří nebo pražský silniční tunel Mrázovka. Poznal jsem, že navrhování tunelových staveb má svá specifika a technicky a i ekonomicky úspěšné dílo vyžaduje věnovat patřičnou pozornost již při návrhu trasy s ohledem na geologické podmínky.

Společnost SAGASTA s.r.o. si projektování dopravních staveb nese již v samotném názvu. Málokdo totiž ví, že jméno společnosti je současně jménem bývalého španělského ministerského předsedy, stavebního inženýra a svobodného zednáře pana Práxedea Matea Sagasty, který se zasloužil o rozvoj dopravní infrastruktury ve Španělsku v druhé polovině 19. století. Jeho slovy: „Z naší vůle, kamene a oceli vytvoříme stavby, které přetrvávají věky. Tím jsem si jist“, se snažíme řídit i my.

Již za krátkou historii našeho tunelářského oddělení v SAGASTA s.r.o. se myslím již máme čím pochlubit. V současnosti tým vedený kolegou panem Ing. Liborem Maříkem dokončuje realizační dokumentaci na novostavbě Zvěrotického tunelu, který se nachází na IV. železničním koridoru v úseku Doubí u Tábora – Soběslav a měl by být uveden do provozu v roce 2022.

Projekt novostavby železničního tunelu navrhujeme i v rámci tzv. zokruhování Letiště Václava Havla. V husté železniční síti České republiky se nachází celá řada tunelů uvedených do provozu v druhé polovině 19. a na počátku 20. století. Společným jmenovatelem technického stavu těchto tunelů je poškozený hydroizolační systém a mnohdy i nevyhovující průjezdný průřez. Proto jsme se v naší firmě zaměřili nejen na projekty nových tunelů, ale i na stále aktuálnější rekonstrukce historických tunelových staveb. Tuto problematiku popisují i dva publikované články o rekonstrukci tunelů Polubenský, Dolnopolubenský, Žďárský a Desenský na traťovém úseku Tanvald – Kořenov a kompletní rekonstrukci Dolnolučanského tunelu. Pro projektování a realizaci podzemních staveb má zásadní význam i kvalita norem a předpisů. Proto se buď přímo, nebo prostřednictvím aktivní účasti v České tunelářské asociaci ITA-AITES snažíme spolupracovat na jejich vzniku nebo revizích. Můžeme tak konkrétně jmenovat zpracování vzorového listu VL-5 Tunely Ministerstva dopravy ČR nebo spolupráci na revizi normy ČSN 73 7507, Technických podmínek TP 263 Hydroizolace tunelů pozemních komunikací, TKP 24 Tunely nebo na revizi směrnice pro dokumentaci staveb pozemních komunikací.

A jak vidím osobně náplň této profese do budoucna? V první řadě si myslím, že počet nově připravovaných podzemních staveb v ČR by se měl do budoucna zvýšit. Mám pocit, jako bychom se navrhování tunelových staveb v dopravní infrastruktuře báli, přičemž realizace velkolepých tunelových projektů na dopravních cestách patří ve světě ke zcela běžné inženýrské praxi. Jasným důkazem mohou být již provozované nebo právě realizované bazové železniční tunely, ale třeba i svým rozsahem menší projekty, které ale významně přispívají k životní pohodě obyvatel měst a obcí. Domnívám se, že při tvorbě koncepce dopravní infrastruktury nejsme dostatečně odvážní a naše současné vize neodpovídají dlouhodobým potřebám a možnostem využití podzemí v budoucnosti. Jako bychom nenavrhovali dopravní infrastrukturu pro naše potomky a další generace, ale jen pro sebe samé. Doufám, že se nám ve společnosti SAGASTA s.r.o. podaří nejen předávat tunelářské řemeslo mladším kolegům, ale také v nich při jejich práci podněcovat odvahu, invenci a vzkřísit pomalu mizějící inženýrský cit, se kterým zmiňované historické tunely naši předkové navrhovali.

Přeji tedy nám všem, které ochraňuje sv. Barbora, aby naše řemeslo pouze vzkvétalo a do budoucna hodně zdařilých podzemních staveb.

**DEAR READERS OF TUNEL JOURNAL,**

I am very pleased to have the opportunity to write an editorial for this journal. I am happy because our company SAGASTA s.r.o., 5 years after its establishment, has become one of those companies that have the design of underground structures in its portfolio of services.

Although I am personally a „road designer“, I have been very close to designing for underground structures since the beginning of my professional career. I joined the Austrian-German consulting office, where tunnel construction projects were common, and my first „boss“ and globetrotter, Ing. Ermín Stehlík, belongs among you, tunnel construction engineers. The first projects in which

I personally participated were, for example, the Slovak motorway tunnel Branisko, proposals for alternative routes of the D8 motorway through the Czech Middle Mountains or the Mrázovka road tunnel in Prague. I have learned that the design for tunnel construction has its specifics and a technically and economically successful work requires due attention to be paid to the design of the route with regard to geological conditions.

The company SAGASTA s.r.o. has the design of transport structures already in the name itself. Few people know that the name of the company is also the name of the former Spanish Prime Minister, civil engineer and Freemason Mr. Práxedes Mateo Sagasta, who contributed to the development of transport infrastructure in Spain in the second half of the 19th century. In his words: “By our will, stone and steel, we will create structures that will last forever. I’m sure of that”. We try to live up to it too.

Already in the short history of our tunnelling department in SAGASTA s.r.o., I think we already have something to be proud of. Currently, a team led by a colleague Ing. Libor Mařík is completing the detailed design for the new construction of the Zvěrotický tunnel, which is located on the railway corridor No. 4 in the Doubí u Tábora – Soběslav section and should be brought into operation in 2022.

We are also designing for the new construction of a railway tunnel also as part of the incorporation of Václav Havel Airport into a railway circle. In the dense railway network of the Czech Republic there are a number of tunnels brought into operation in the second half of the 19th and at the beginning of the 20th century. The common denominator of the technical condition of these tunnels is a damaged waterproofing system and often an unsatisfactory clearance profile. For that reason, in our company we focused not only on the designs for new tunnels, but also on the increasingly growing requirements for reconstruction of historic tunnel structures. This issue is also described in two published articles on the reconstruction of the Polubenský, Dolnopolubenský, Žďárský and Desenský tunnels on the Tanvald – Kořenov line section and the complete reconstruction of the Lučany nad Nisou tunnel. The quality of standards and regulations is also crucial for the design and construction of underground structures. Therefore, either directly or through active participation in the ITA-AITES Czech Tunnelling Association, we try to cooperate in developing and reviewing them. We can specifically name the elaboration of the standard sheet VL-5 Tunnels issued by the Ministry of Transport of the Czech Republic or collaboration on the review of the ČSN 73 7507 standard, Technical specifications TP 263 Waterproofing of road tunnels, specifications TKP 24 Tunnels or on the review of the directive for road construction documentation.

And how do I personally see the content of this profession in the future? First of all, I think that the number of newly prepared underground construction projects in the Czech Republic should increase in the future. I feel it as if we are afraid of designing tunnel structures in the transport infrastructure, while the construction of magnificent tunnels on transport routes is one of the most common engineering practices in the world. A clear proof can be the already operated or just finished railway base tunnels, but also smaller projects, which, however, significantly contribute to the well-being of inhabitants of towns and municipalities. I believe that we are not brave enough in creating the concept of transport infrastructure and our current visions do not meet the long-term needs and possibilities of using the underground in the future. As if we are not designing transport infrastructure for our descendants and future generations, but only for ourselves. I hope that at SAGASTA s.r.o. we will be able not only to pass on the tunnelling trade to our younger colleagues, but also to stimulate in them the courage, invention and resurrection of the slowly disappearing engineering feeling with which our ancestors designed the above-mentioned historic tunnels.

So I wish all of us who are protected by St. Barbara that our craft only flourishes and a lot of successful underground construction projects appear in the future.

ING. JIŘÍ ČURDA

jednatel společnosti SAGASTA s.r.o.
Managing Director of SAGASTA s.r.o.

TUNELY JÄRFÄLLA JÄRFÄLLA TUNNELS

PETR MITRENGA

ABSTRAKT

Během realizace projektu FSE209 Tunel Skärholmen – Sätra pod jezerem Mälaren, který je součástí obchvatu metropole Stockholm (E4 Förbifart Stockholm), společnost SBT Sverige AB získala další důležitý projekt – tunely Järfälla. Od února roku 2020 firma realizuje prodloužení modré linky metra ze stávající stanice Akalla do nové stanice Barkarby. Tento článek popisuje zahájení prací z přístupových tunelů Veddesta, Röbothojden a Landningsbanan.

ABSTRACT

While constructing FSE209 Tunnels Skärholmen – Sätra under the Lake Mälaren, which is a part of the Stockholm city bypass (E4 Förbifart Stockholm), SBT Sverige AB won another important project – Järfälla tunnel. Since February 2020, the company implements the contract for the blue metro line extension. The following article is describing the beginning of the works from access tunnels in Veddesta, Röbothojden and Landningsbanan to the existing end station Akalla and towards the new station Barkarby.

ÚVOD

Účel prodloužené trasy metra tunely Järfälla

Stockholm je jedna z nejrychleji se rozvíjejících metropolí v Evropě. Populace se zde každým rokem zvyšuje o cca 35 000 lidí. Z těchto důvodů vyvstává požadavek po možnostech bydlení a jeho ještě lepší dostupnosti v lokalitách nových městských center. Stávající síť metra momentálně přepravuje více než jeden milion pasažérů každý den a s plánovaným nárůstem populace musí být tedy rozšířena do nových lokalit. Jako jedna z devíti plánovaných lokalit městská čtvrť Järfälla patří s městským centrem Barkarby-Jakobsberg na severozápadě Stockholmu k území rozvoje s nárůstem pracovních míst. Území, určené pro bytovou výstavbu, leží v okolí nových stanic budoucí prodloužené modré linky metra Barkarbystaden a Barkarby. Výstavba je zde naplánovaná do etap, které na sebe plynule navazují. Zatím poslední IV. etapa vzniká přímo v oblasti vzletové dráhy bývalého letiště a na přilehlých polích. Celé území je ohraničeno stávající rychlostní komunikací E18 a železnicí, vesnicí Kyrkbyn, obchvatem Förbifart Stockholm a přírodní rezervací Järvafältet. Veddesta je oddělená část rozvoje v okolí konečné stanice Barkarby station (obr. 1). V celé oblasti tak vznikne několik bytových bloků s minimálně 13 000 byty.

Základní informace o metru Stockholm

Systém metra ve Stockholmu tvoří tři podzemní dráhy zelené, červené a modré linky. V provozu je sedm tras. První byla otevřena trasa na zelené lince v roce 1950. Další část červené linky pak v roce 1964 a jako poslední, modrá linka, až v roce 1976. Poslední prodloužení celé sítě proběhlo roku 1994 na zelené lince. Nové plány pro rozšíření stockholmského metra začaly v roce 2014 s návazným podpisem dohod o jednání rozvoje bydlení v roce 2017 s plánem postavit ve městě až 130 000 nových bytů. V jihovýchodní části Stockholmu se jedná o rozšíření modré linky do části Nacka a Söderort – propojení stanice Sofia se stanicí Sockeplan, s křížením v dopravním uzlu Gullmarsplan. Severní část metra žluté linky bude prodloužena ze stanice Odenplan do stanice Arenastaden v části Solna. Část rozšíření modré linky metra severozápadním směrem, ze stávající stanice metra Akalla směrem do dopravního uzlu Barkarby vlakové a autobusové stanice, bylo schváleno městskou radou dne 3. března roku 2014 (obr. 2). Provozovatel Stockholms Lokaltrafik MTR Nordic spravuje více než



zdroj: www.jarfalla.se source: www.jarfalla.se

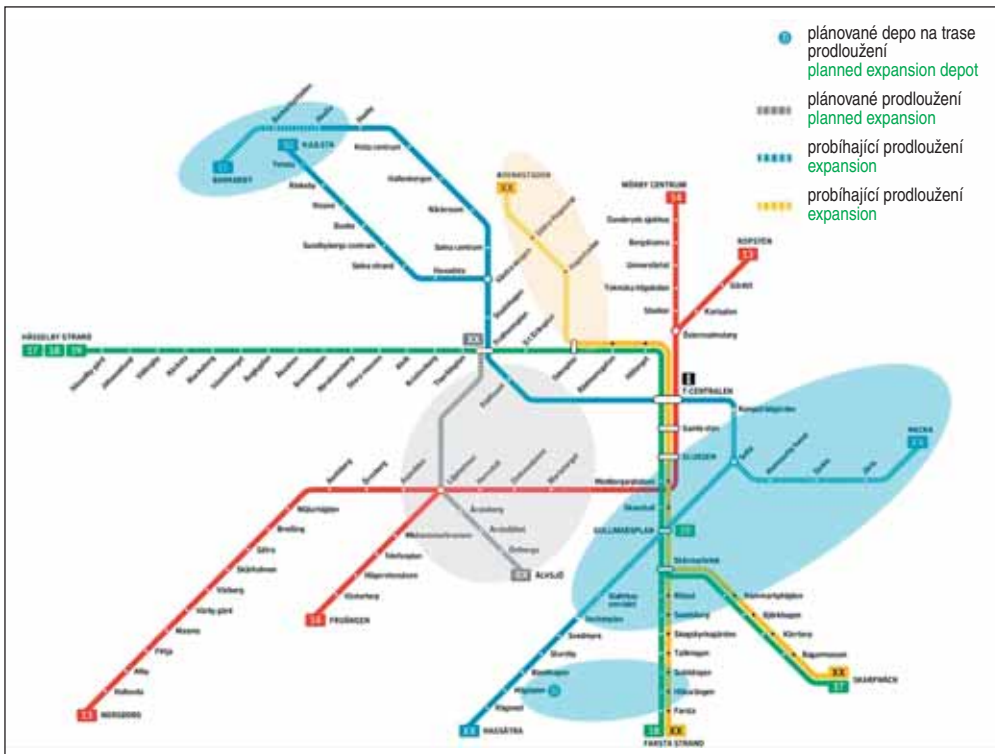
Obr. 1 Schématické znázornění rozvoje oblasti u nových stanic Barkarbystaden a Barkarby station

Fig. 1 Schematic picture of the development area near new stations – Barkarbystaden and Barkarby

INTRODUCTION

Purpose of the extended metro line through the Järfälla tunnel

Stockholm is one of the fastest-growing metropolises in Europe. The population here is growing by about 35,000 people every year. For these reasons, there is a demand for housing options and their even better accessibility in the locations of new city centers. The existing metro network currently carries more than one million passengers every day and must therefore be expanded to new locations as the population grows. As one of the nine planned sites the Järfälla district is part of the Barkarby-Jakobsberg city center in northwest Stockholm, a job-growing area of development. The area designated for housing construction lies in the vicinity of the new stations – Barkarbystaden and Barkarby – of the future extended blue metro line. The construction here is planned in stages that follow each other smoothly. So far, the last IV stage is being developed directly in the old runway area of the airport and the adjacent fields. The whole area is bordered by the existing E18 motorway and railway, the village of Kyrkbyn, the E4 Förbifart Stockholm and the Järvafältet nature reserve. Veddesta is a separate part of the development around the Barkarby station (Fig. 1). In the whole area, several new housing blocks will be developed in



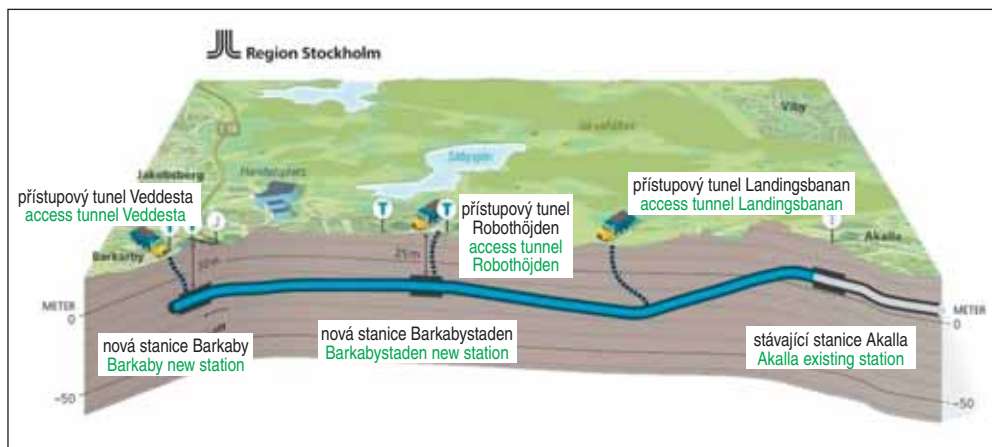
zdroj: FUT source: FUT

Obr. 2 Mapa stockholmského metra – linky s vyznačením oblastí prodloužení
Fig. 2 Stockholm metro line map with marking for the extension lines

105 km tratí s rozchodem koleje 1435 mm. V provozu je 100 stanic, z nichž cca polovina je umístěna v podzemních prostorách. Stanice jsou známé specifickou a unikátní uměleckou výzdobou s využitím jak prvků zajištění během razicích prací, tak popř. přirozeného horninového prostředí.

Základní informace o tunelech Järfälla

Zadavatelem prodloužení metra modré linky, v rámci projektu tunelů Järfälla, je Region Stockholm – rada hrabství Stockholm (Stockholms läns landsting – SLL). Správce stavby pak zajišťuje “Förvaltning för utbyggd tunnelbana” (FUT). Společnost SBT Sverige AB získala “Build Only Contract” v březnu roku 2020 pod názvem “Main tunnel – Järfällatunneln” pod číslem správce FUT 4713. Projektantem je sdružení firem Ramböll Sverige AB/Tyrens AB/White Arkitekter. Celková cena kontraktu je 1,9 mld. SEK. Přehled základních parametrů projektu je uveden v tab. 1. [1]



zdroj: FUT source: FUT

Obr. 3 Podélný profil trasy tunelů Järfälla s přístupovými tunely
Fig. 3 Järfälla tunnel longitudinal track profile overview with access tunnel

the nearest future with minimum of 13,000 apartments.

Basic information about the Stockholm metro

The Stockholm metro system consists of three green, red and blue underground lines. There are seven routes in operation. The first route on the green line was opened in 1950. Another part of the red line opened in 1964 and as the last, blue line, started in 1976. The last extension of the entire network took place in 1994 on the green line. The new plans for the expansion of the Stockholm metro began in 2014, followed by a mutual agreement in 2017 to develop up to 130,000 new apartments in the city. In the southeastern part of Stockholm, an extension of the blue line to Nacka and Söderort is planned – connecting the Sofia station with Sockeplan station at Gullmarsplan. The northern part of the yellow metro line will be extended from Odenplan station to Arenastaden station in the Solna area. Part of the

blue metro line extension in a northwest, from the existing station Akalla towards the Barkarby train and bus terminal was approved by the city council on 3rd March 2014 (Fig. 2). Stockholm’s local traffic MTR Nordic manages more than 105km of lines with a track gauge of 1,435mm. There are 100 stations in operation, which half of them are located underground. The stations are well known for their specific and unique artistic decoration with the use of rock support elements during the excavation period or natural rock.

Basic information about the Järfälla tunnel

Region Stockholm – Stockholm County Council (SLL) is the contracting authority for the extension of the blue metro line, as part of the Järfälla tunnel project. The site management then ensured by the Administration for extended Metro. SBT Sverige AB won the “Build Only Contract” in March 2020 under the name “Main tunnel – Järfälla tunnel” under the project number FUT 4713. The Designer’s role is the joint venture of Ramböll Sverige AB / Tyrens AB / White Arkitekter. The total contract price is SEK 1,9 billion. An overview of the basic parameters of the project is given in the Table 1. [1] The route is extended through 3 No. of access tunnels: Veddesta, Robothöjden and Landningsbanan (Fig. 3).

Veddesta access tunnel

The Veddesta access tunnel is located at the very end of the route and was excavated from a pit about 120m long in the period from autumn 2018 to May 2020. The work was carried out by SBT Sverige AB using Drill & Blast method with pre-grouting of the forefield. The

Tab. 1 Základní informace o projektu

Tab. 1 Project basic features

Označení Name	Popis Description	Parametry Parameters
Tunely Järfälla N*15+311 – 19+401 Järfälla tunnel N*15+311 – 19+401	celková trasa prodloužení metra ze stanice Akalla total length of extension from existing Akalla station	4,1 km length 4.1km
Jednokolejné tunely N15+311 – 17+320 N17+592 – 17+692 N18+958 – 19+028 Single track tunnels N15+311 – 17+320 N17+592 – 17+692 N18+958 – 19+028	dva jednokolejné tunely v severní a jižní trase ze stanice Akalla do stanice Barkarbystaden two single track tunnels in north and south line from station Akalla to station Barkarbystaden	4,6 km teoretický profil výrubu 32–60 m ² length total 4.6km theoretical tunnel section profile 32–60m ²
Stanice Barkarbystaden N17+319 – 17+592 Barkarbystaden Station N17+319 – 17+592	nová stanice metra se dvěma vstupy s šířkou nástupiště 12,0 m × 145,0 m new metro station with two entrances; platform width 12,0m × length 145,0m	délka 273 m šířka 20,5 m výška 11,0–17,0 m teoretický profil výrubu 174–330 m ² length 273m width 20.5m height 11,0–17.0m theoretical tunnel section profile 174–330m ²
Dvoukolejný tunel N17+692 – 18+958 Double track tunnel N17+692 – 18+958	dvoukolejný tunel mezi stanicemi Barkarbystaden a Barkarby double track tunnel between station Barkarbystaden and Barkarby	délka 1,27 km teoretický profil výrubu 72–280 m ² length 1.27km theoretical tunnel section profile 72–280m ²
Stanice Barkarby N19+027 – 19+280 Barkarby Station N19+027 – 19+280	nová stanice metra se dvěma vstupy s šířkou nástupiště 12,0 m × 145,0 m new metro station with two entrances; platform width 12,0m × length 145,0m	délka 253 m šířka 20,5 m výška 11,0–17,0 m teoretický profil výrubu 174–296 m ² length 253m width 20.5m height 11.0–17.0m theoretical tunnel section profile 174–296m ²
Dojezdové tunely N19+280 – 19+401 Termination tunnels N19+280 – 19+401	dva jednokolejné tunely za koncovou stanicí Barkarby two single track tunnels after the Barkarby end station	0,24 km teoretický profil výrubu 32 m ² length total 0,24km theoretical tunnel section profile 32m ²
Servisní tunel 0+00 – 2+112 Service tunnel 0+00 – 2+112	servisní tunel paralelně v trase dvoukolejného tunelu mezi stanicemi service tunnel parallel with double track tunnel between stations	délka 2,112 km teoretický profil od 30,4 m ² do 125,0 m ² length 2.112km theoretical tunnel section profile from 30.4m ² to 125.0m ²
Šachty Shafts	šest šachet podél trasy, ventilace odpadního vzduchu, tlakové vyrovnávací a požární six of shafts along the line; ventilation, air pressure relieve; fire protection	průměr šachet 6,6 m diameter 6.6m
Propojky Crosspassages	celkem 39 propojek ve stanicích, servisním tunelu, jednokolejném a dvoukolejném tunelu 39 total of crosspassages in stations, service tunnels, single and double track tunnels	celková délka 1,021 km total length 1.021km

*Trasa metra ve staničení severní trasy

*Metro line tracking in north line stationing

Prodloužení trasy je realizováno přes tři přístupové tunely – Veddesta, Röbothojden a Landningsbanan (obr. 3).

Přístupový tunel Veddesta

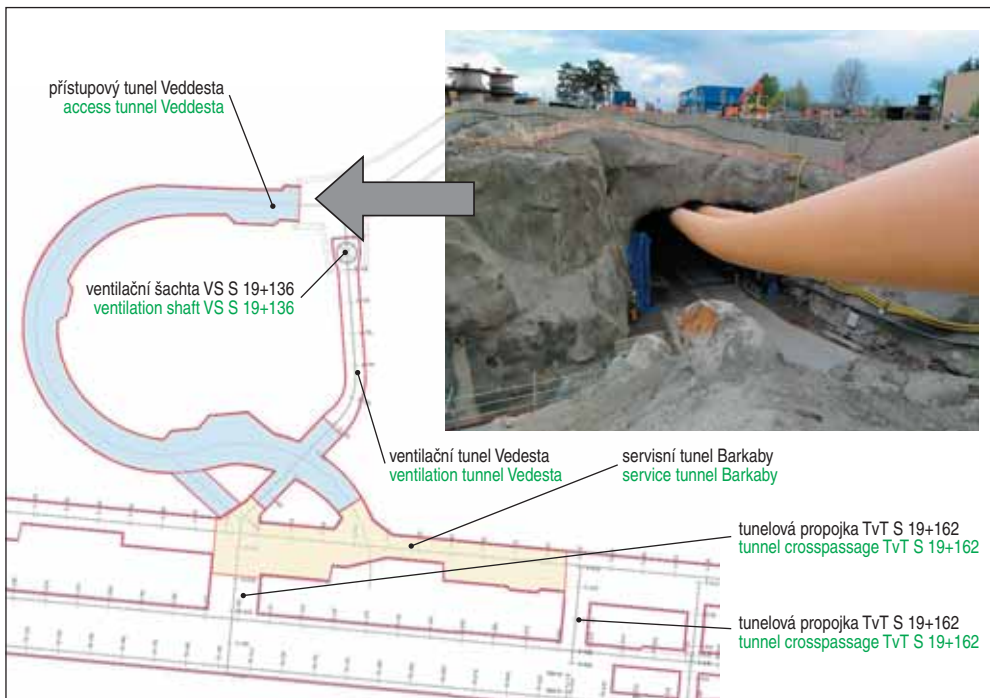
Přístupový tunel Veddesta se nachází na úplném konci trasy a byl vyražen z jámy délky cca 120 m v období od podzimu roku 2018 do května roku 2020. Práce prováděla společnost SBT Sverige AB postupem Drill & Blast, s injektáží předpolí čelby. Celková délka tunelu je 240 m s teoretickým profilem do 90 m². V průběhu prací byl původní kontrakt 4711 dále rozšířen o rozrážku do servisního tunelu již v budoucí stanici Barkarby (obr. 4).

Během realizace stanice a traťových tunelů bude tunel sloužit k odvozu rubaniny v předpokládaném objemu více než 170 000 m³. Po ukončení prací na hlavních tunelech pak bude dále sloužit jako obslužný tunel pro přístup do servisního tunelu.

total length of the tunnel is 240m with a theoretical profile of up to 90m². During the works, the original contract was further extended by excavation into the service tunnel which was already part of the future Barkarby station (Fig. 4). During the construction of the station and track tunnels, the tunnel will be used to remove muck material in the expected volume of more than 170,000m³. After the completion of works on the main tunnels, it will continue to serve as an access tunnel to the service tunnel.

Robothöjden access tunnel

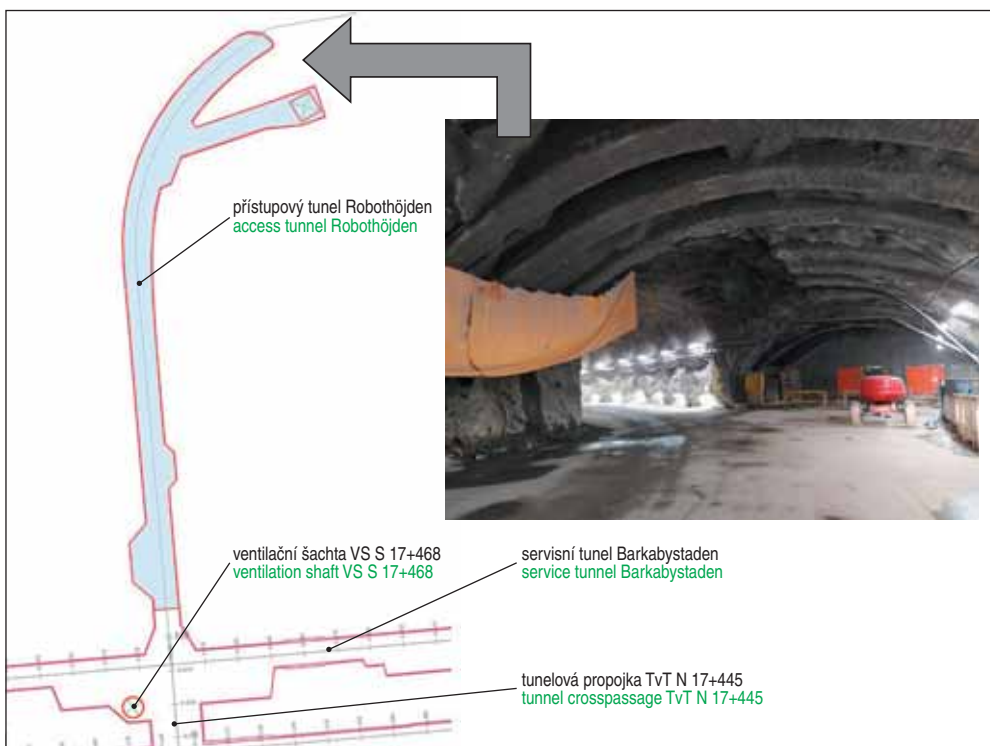
The Robothöjden access tunnel was already excavated for a total length of 198m before the start of works by SBT Sverige AB at Barkarbystaden station. The unique access was excavated from the existing hangar of the Swedish Air Force base after removing and securing part of the supporting ribs. Prior to the commencement



zdroj: projektová dokumentace, autor source: project documentation, author

Obr. 4 Tunel Järfälla – ilustrace přístupového tunelu Veddesta s rozšířením prací do servisního tunelu

Fig. 4 Järfälla tunnel – Veddesta access tunnel with works expansion towards service tunnel illustration



zdroj: projektová dokumentace, autor source: project documentation, author

Obr. 5 Tunel Järfälla – ilustrace raženého přístupového tunelu Robothöjden s fotografií rozrážky z původního hangáru

Fig. 5 Järfälla tunnel – illustration of the Robothöjden access tunnel with junction picture at existing hangar

Přístupový tunel Robothöjden

Přístupový tunel Robothöjden byl vyražen v celkové délce 198 m již před zahájením prací SBT Sverige AB na stanici Barkabystaden. Unikátní rozrážka probíhala ze stávajícího hangáru švédských vzdušných sil po odstranění a zajištění částí nosných žebířů. Před zahájením prací bylo provedeno zesílení ostění mezi žebry stříkaným betonem od samotného portálu hangáru po křížení

of the work, the lining between the ribs was reinforced with shotcrete from the hangar portal itself to the intersection with the access. The excavations were carried out using the Drill & Blast method in downwards mode in a variable theoretical profile from 100m² to 160m² in the places of niches for future sub-objects of the metro. The access tunnel route was designed with a breaking in the left-hand curve and with direct connection to the service tunnel in an extended profile from 60m² to 120m² of the future TvT (from Swedish “Tvärtunnel”) N 17 + 445 cross-passage between the service tunnel and the Barkabystaden station (Fig. 5). During the construction of the station and track tunnels, the tunnel will be used to remove muck in the expected volume of more than 265,000m³ and subsequently as a service tunnel for access to the service tunnel.

Landningsbanan access tunnel

The Landningsbanan access tunnel is situated almost at the beginning of the route near Kista golf center and Stockholm city bypass. The tunnel with a total length of 190m was excavated from a pit with a total length of 120m, a width of 12m and a depth of 18m (Fig. 6). The transformed theoretical profile of the tunnel ranges from 60m² in places of the standard profile and further increases in the case of niche profiles up to 100m². The excavation method used was like at the access tunnels at Veddesta and Robothöjden. During the construction of the track tunnels will only be used for the removal of tunnel muck in the expected volume of more than 138,000m³.

TECHNICAL SITE DESCRIPTION

The Järfälla tunnel route

The blue metro line extension is 4.1km long. After the existing Akalla station, in a densely built-up part of residential buildings, the tracks run in a northwesterly direction in two separate single-track tunnels. The theoretical profile of the tunnel is 32m² and leads between the northern route from N15+300 to 17+320. The parallel tunnels are connected by a total of 17 transverse cross-passages marked as TvT. The route from N15+971 to 16+091 (120m) underpass the Stockholm bypass of the FSE613 project – Akalla tunnels, where the overburden between the top vault of the track tunnel and the bottom of road

s rozrážkou. Ražby probíhaly postupem Drill & Blast úpadně v proměnném teoretickém profilu od 100 m² do 160 m² v místech výklenků pro budoucí podobjektu metra. Trasa tunelu byla naprojektována s rozrážkou v levotočivém oblouku a napojením v přímé do servisního tunelu v rozšířeném profilu z 60 m² na 120 m² budoucí propojky TvT (ze švédštiny Tvärtunnel) N 17+445 mezi servisním tunelem a stanicí Barkarbystaden (obr. 5). Během realizace stanice a traťových tunelů bude tunel sloužit k odvozu rubaniny v předpokládaném objemu více než 265 000 m³ a následně pak jako obslužný tunel pro přístup do servisního tunelu.

Přístupový tunel Landningsbanan

Přístupový tunel Landningsbanan se nachází téměř na úplném počátku trasy v blízkosti golfového centra Kista a silničního obchvatu Stockholmu. Tunel o celkové délce 190 m byl vyražen úpadně z jámy celkové délky 120 m, šířky 12 m a hloubky 18 m (obr. 6). Proměnný teoretický profil tunelu se pohybuje od 60 m² v místech standardního profilu a dále se zvyšuje u výklenkových profilů až na 100 m². Metoda ražby byla obdobná jako u vstupů Veddesta a Robothöjden. Během realizace traťových tunelů bude tunel sloužit jen k odvozu rubaniny v předpokládaném objemu více než 138 000 m³.

TECHNICKÝ POPIS STAVBY

Trasa tunelů Järfälla

Trasa prodloužení metra modré linky je dlouhá 4,1 km. Za stávající stanicí Akalla, v části hustě zastavěné obytnými objekty, vedou koleje severozápadním směrem ve dvou samostatných jednokolejných tunelech. Teoretický profil tunelů je 32 m² a vede mezi staničením severní trasy od N15+300 do 17+320. Paralelní tunely jsou spojeny celkem 17 příčnými propojkami označenými jako TvT. Trasa ve staničení od N15+971 do 16+091 (120 m) podchází trasu obchvatu Stockholmu projektu FSE613 – tunely Akalla, kde je nadloží mezi vrchlíkem traťového tunelu a počvou tunelů sníženo až na 5 m. Po průchodu pokračuje trať v jednokolejných

tunel is reduced to 5m. After passing, the line continues in single track tunnels to the station Barkarbystaden N17+320 – 17+592. Behind the station, the line then changes from single-track tunnels to a double-track tunnel with a total length of 1.442km with a variable theoretical profile from 32 to 203m². The standard profile of a double-track tunnel is 61.7m². In parallel with the double-track tunnel, runs a service tunnel with a total length of 2.12km and a theoretical profile from 29.4 to 272m². The tunnels between the stations are connected by six cross-passages. The route from Barkarbystaden station is designed mainly in a curve towards the Barkarby final station and passes under the densely developed area of the existing apartment buildings in Barkarbystaden, the E18 motorway and the Mälärbanan railway. Behind the Barkarby station, the routes of the northern and southern tracks end in two line-up track tunnels with a length of 122m. The service tunnel route ends here by connecting them. The extended route intersects with a few utility lines and two brooks Igelbäcken and Bällstaån.

Geological conditions

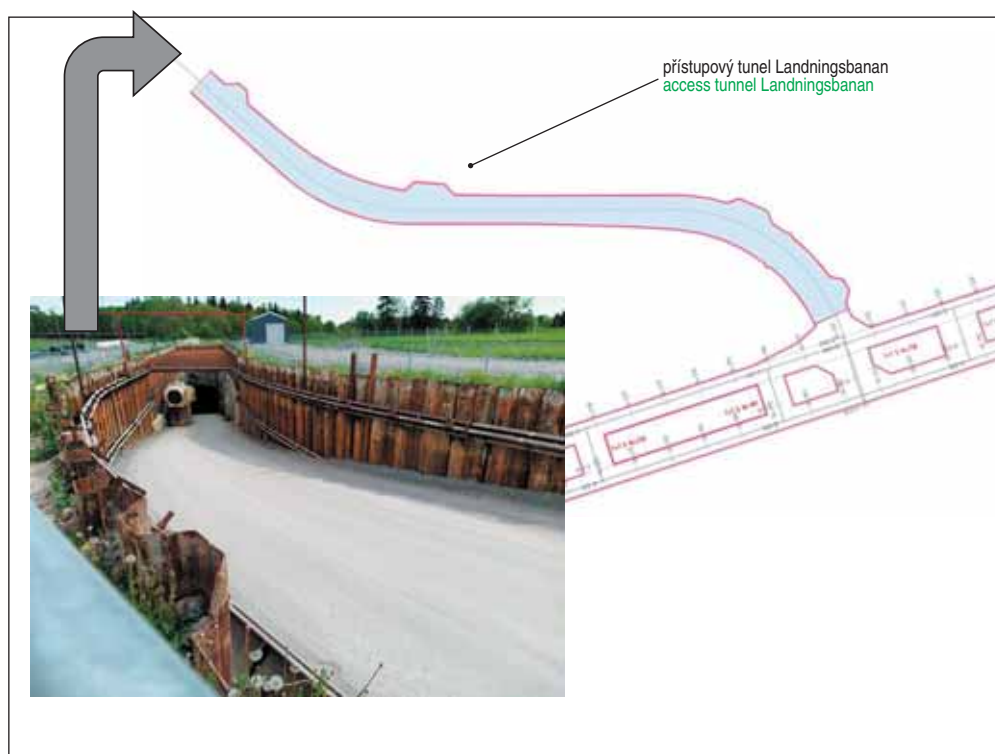
Sweden is part of the Fennoscandinavian Shield, an area of ancient crystalline and metamorphic rocks consolidated over hundreds of millions of years. The area of interest, Järfälla is dominated by sedimentary gneiss and the so-called Stockholm granite.

Engineering – geological investigation

Geological conditions for project design and assignment were described based on engineering-geological survey. Due to the complexity of the project, the forecast was divided into five units according to the main parts of the project (Tab. 2). The aim of the survey was to determine the prevailing rock conditions for determining the expected conditions for tunnel excavation, which formed the basis for the design and the technical solution of the project. The engineering-geological survey carried out included surface mapping of rocks, geological documentation of the bottom of the Akalla tunnel on a section of 30m, geological documentation

of the 180m long FSE 607 bypass access tunnel, core boreholes with a total length exceeding 1,86km, water loss measurements, seismic measurements and formed the basis for processing the prognosis model.

In the model prognosis, the rock conditions were marked with the initial letters BD (Berg domäner) and the number according to the further division into rock subsections. Likewise, all major fracture systems are identified by the letters SD, except for the area of transformed episyenite in the north from the Barkarby station. However, the orientation of the system is mainly correlated with the directions of the main rock formations. Based on the determination of the penetration properties of the rock, the hydrogeological domains with marking HD were determined. The fault zones SZ were marked by the evaluation of exploratory drill holes and the results of seismic measurements. Engineering – geo-



zdroj: projektová dokumentace, autor source: project documentation, author

Obr. 6 Tunel Järfälla – ilustrace přístupového tunelu Landningsbanan a obrázek portálové jámy tunelu
Fig. 6 Järfälla Tunnel – illustration of the Landningsbanan access tunnel and a picture of the tunnel entrance

tunelech až do stanice Barkarbystaden N17+320 – 17+592, kde se za stanicí trať mění z jednokolejných tunelů na dvoukolejný tunel o celkové délce 1,442 km s proměnným teoretickým profilem od 32 do 203 m². Standardní profil dvoukolejného tunelu je 61,7 m². Paralelně s dvoukolejným tunelem pak vede tunel servisní o celkové délce 2,12 km a teoretickém profilu od 29,4 do 272 m². Tunely mezi stanicemi jsou propojeny šesti propojkami. Trasa ze stanice Barkarbystaden je naprojektována převážně v oblouku směrem ke konečné stanici Barkarby a prochází pod hustou zástavbou stávajících bytových domů čtvrtě Barkarbystaden, dálnicí E18 a železnicí Mälärbanan. Za stanicí Barkarby jsou pak trasy severní a jižní koleje ukončeny ve dvou dojezdových jednokolejných tunelech v délce 122 m. Trasa servisního tunelu je zde ukončena jejich propojením. Prodloužená trasa se kříží s řadou inženýrských sítí a dvěma vodními toky Igelbäcken a Bällstaån.

Geologické poměry

Švédsko je součástí Fennoskandinávského štítu, oblasti starých krystalických a metamorfovaných hornin, konsolidovaných během stovek milionů let. V zájmové oblasti Järfälla dominují pararuly a tzv. stockholmská žula.

Inženýrskogeologický průzkum

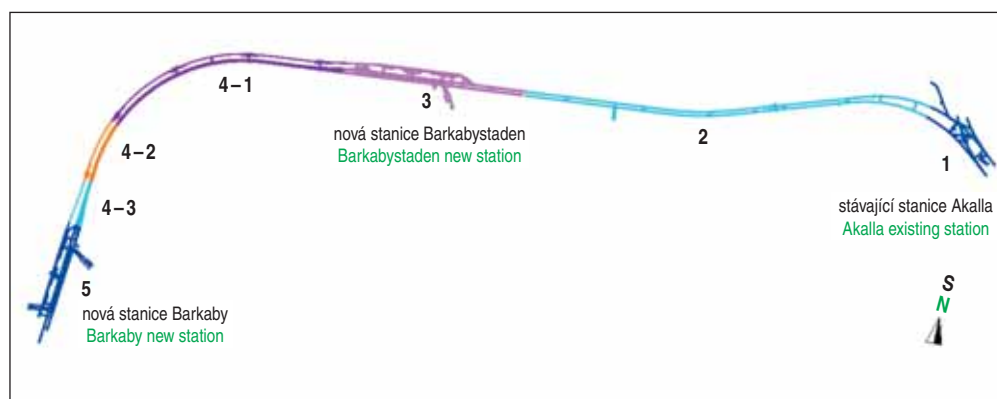
Geologické podmínky pro zpracování a zadání projektu byly popsány na základě inženýrskogeologického průzkumu. Z důvodu složitosti projektu byla předpověď průzkumu rozdělena do pěti celků podle hlavních částí projektu (Tab. 2, obr. 7).

Cílem průzkumu, který tvořil základ pro návrh technického řešení projektu, bylo určit převažující horninové podmínky

Tab. 2 Rozdělení trasy podle tunelových částí (uvedené staničení je v km)

Tab. 2 Subdivision of the extension according to the tunnel parts

Tunelová část Tunnel part	S-j jižní trasa, od – do S-south track, from – to	N-severní trasa, od – do N-north track, from – to
1. Akalla 1. Akalla	15+300 – 15+600 15+300 – 15+600	15+290 – 15+600 15+290 – 15+600
2. Jednokolejné tunely 2. Single track tunnels	15+600 – 17+050 15+600 – 17+050	15+600 – 17+050 15+600 – 17+050
3. Stanice Barkarbystaden 3. Barkarbystaden Station	17+050 – 17+810 17+050 – 17+810	17+050 – 17+810 17+050 – 17+810
4. Dvoukolejné tunely 4. Double track tunnels	17+810 – 18+900 17+810 – 18+900	17+810 – 18+885 17+810 – 18+885
5. Stanice Barkarby 5. Barkarby Station	18+900 – 19+415 18+900 – 19+415	18+885 – 19+400 18+885 – 19+400



zdroj: Ingenjursgeologisk prognos source: Ingenjursgeologisk prognos

Obr. 7 Schematické znázornění inženýrskogeologických celků na prodloužené trase metra
Fig. 7 Schematic representation of engineering – geological units on the extended metro line

logical units with predominant properties were also assigned to the tunnel sections (Fig. 7). Units 1 and 2 show similar geological and hydrogeological properties, in which sedimentary gneiss predominates. Unit 3 is composed of sedimentary gneiss in the western third, while the remaining part is dominated by Stockholm granite. These parts are separated by a fault zone. Unit 4 is divided into three subunits: 4-1 where the conditions are not known, 4-2 with an episyenite conversion and deformation zone and 4-3, where sedimentary gneiss predominates. Unit 4-3 exhibits similar geological and hydrogeological conditions as unit 5. Unit 5 is dominated by sedimentary gneiss with similar failure properties and water permeability parameters. The described rock types were classified based on the RMRbas classification (Rock Mass Rating) into four rock classes A (RMR > 75), B (60 ≤ RMR ≤ 75), C (45 ≤ RMR ≤ 60) and D (RMR < 45) according to which the standard rock support (A, B, C) and specific requirements (D) are specified. It is assumed that there is a zone of the rock conditions in the tunnel route, which consists mainly of episyenite (BD4-2). The original granite rock was transformed by hydrothermal transformation into a slightly porous rock of cataclastic structure, which has worse properties. The RMR classification system is not recommended for low quality rock and for these reasons the quality of the massis evaluated using the GSI (Geological Strength Index) nomogram to estimate its strength. Detailed evaluation is the base for the final design of grouting procedures and dimensioning of the secondary lining.

Model forecast of rock conditions

For the optimization and excavation works plan of the Järfälla tunnel, the data from the engineering-geological survey was the basis for the elaboration of an information model for the construction with a forecast of the rock conditions. The model forecast is a graphical representation of the conditions for excavation and the requirements for technical measures (Fig. 8).

The purpose of the model is to graphically represent the various classes and categories in the form of blocks along the direction of tunnel excavation. The individual blocks contain data on the theoretical profile of the tunnel, dimensions, overburden, rock environment, tunnel width classes, geotechnical categories, fire protection categories, percentage of excavation equipment classes, sealing grouting classes, inspection and maintenance classes. Inspection and maintenance classes are intended for sections with higher requirements for verification of the quality of built-in items.

For this project, the forecast shows three stages of sealing, pre-grouting IK1, IK2 and a specific class called IK3. In addition, where the grouting class is used, the model also includes

hyperlinks to drawings to display standard requirements. The given degree of grouting can be specified during implementation based on the geological conditions of the rock conditions. Levels of pre-grouting differs in the prescribed maximum permitted distance between the ends of the fan boreholes. The dominant rock conditions up to 5m from the theoretical profile is presented in the predicted sections in various shades with letters and an identification number. The representation is then displayed using a pie chart (Fig. 9).

pro stanovení očekávaných podmínek pro ražbu. Provedený inženýrskogeologický průzkum zahrnoval povrchové mapování hornin, geologickou dokumentaci dna tunelu Akalla na úseku 30 m, geologické dokumentace přístupového tunelu obchvatu FSE 607 v délce 180 m, jádrové vrtv v celkové délce více než 1860 m, vodní tlakové zkoušky, geofyzikální seizmická měření a tvořil základ pro zpracování modelu prognózy. V modelu prognózy byly horninové podmínky označeny počátečními písmeny BD (Berg domäner) a číslem pak podle dalšího rozdělení na horninové podčásti. Stejně tak jsou označeny všechny hlavní puklinové systémy písmeny SD, s výjimkou oblasti přeměněného episyenitu severně od stanice Barkarby. Orientace puklinového systému je však převážně v korelaci se směry hlavních horninových útvarů. Na základě stanovení propustnosti horninového masivu byly určeny hydrogeologické celky s označením HD. Z vyhodnocení průzkumných vrtů a výsledků seizmických měření byl interpretován průběh poruchové zóny SZ. K tunelovým částem byly dále přiděleny inženýrskogeologické celky s převážujícími vlastnostmi (obr. 7). Celek 1 a 2 vykazuje podobné geologické a hydrogeologické vlastnosti, ve kterých převažuje pararula. Celek 3 je v západní třetině tvořen pararulou, zatímco ve zbylé části dominuje stockholmská žula. Tyto části jsou oddělené poruchovou zónou. Celek 4 je rozdělen do tří podcelků: 4-1 tam, kde nejsou známy podmínky, 4-2 s episyenitovou konverzní a deformační zónou a 4-3, kde převládá pararula. Celek 4-3 vykazuje podobné geologické a hydrogeologické podmínky jako celek 5. Celku 5 dominuje pararula s podobnými vlastnostmi porušení a parametry propustnosti. Popsané typy horninového prostředí byly stanoveny na základě klasifikace RMR (Rock Mass Rating) do čtyř horninových tříd A ($RMR > 75$), B ($60 \leq RMR \leq 75$), C ($45 \leq RMR < 60$) a D ($RMR < 45$), podle kterých je určena standardní míra vyztužení (A, B, C) a specifické požadavky (D). Předpokládá se, že se v trase tunelu vyskytuje zóna horninového prostředí, které se skládá převážně z episyenitu (BD4-2). Původní hornina žula zde byla přeměněna hydrotermální transformací na mírně porézní horninu kataklastické struktury, která disponuje horšími vlastnostmi. Klasifikační systém RMR se nedoporučuje u horninového prostředí nízké kvality a z těchto důvodů se kvalita masivu hodnotí pomocí nomogramu GSI (Geological Strength Index) s výsledným určením odhadu jeho pevnosti a modulu přetvárnosti. Podrobné vyhodnocení je podkladem pro konečný návrh injektážních postupů a dimenzování sekundárního ostění.

Modelová prognóza horninového prostředí

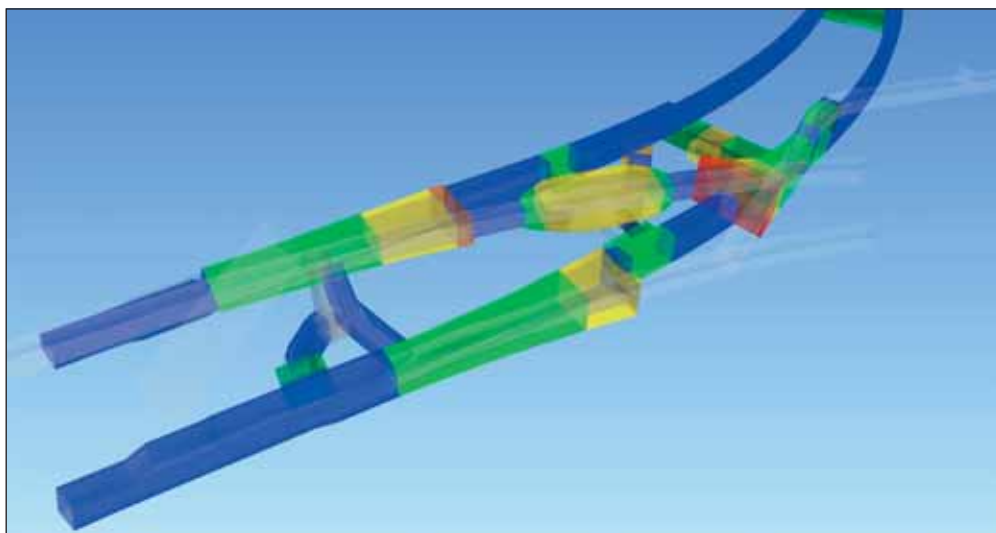
Pro optimalizaci a plán ražeb tunelů Järfälla byly údaje z inženýrskogeologického průzkumu podkladem pro zpracování informačního modelu stavby s prognózou horninového prostředí. Modelová prognóza představuje grafické znázornění podmínek pro ražbu a požadavky na technická opatření (obr. 8). Účelem modelu je graficky znázornit různé třídy a kategorie ve formě bloků podél směru ražeb tunelů. Jednotlivé bloky obsahují údaje o teoretickém profilu tunelu, rozměry, nadloží, horninové prostředí, třídy šířky tunelu, geotechnické kategorie, kategorie požární ochrany, procentuální zastoupení tříd

The rock support classes are divided into two categories as standard and specific with reference to the drawing documentation. The forecast of the model also shows the requirements for the course of work according to the conditions of geotechnical category 3 (GK3) or 2 (GK2). These categories are related to the conditions for specific geotechnical structures, where technically complex sections and critical crossings, which are adjacent to existing excavations and are associated with high risks, are subject to independent control. This control studies the negative effects of planned or performed work to minimize the risks associated with, for example, instability of the excavation, loss of ground, loss of groundwater, etc. [2]

Technology of excavation works

The Järfälla tunnel was designed for the Drill & Blast excavation method with continuous sealing for pre-grouting of the front of the tunnel. The excavation method has already been experienced in Stockholm conditions on many other infrastructure projects. The excavation itself is preceded by a systematic sealing of the tunnel forefield around its entire circumference. Boreholes with a diameter of 64mm and a length of 24m are sealed by low-pressure grouting at a pressure of 20–35 bar. The pre-injection fans are repeated every 18m to create an overlap of 6m. Drilling for pre-grouting is carried out with wheeled three arm boom drilling rigs, e.g. Sandvik 1132. Grouting is carried out using Atlas Copco Unigrout and AMV GR103 units with cement-based mixtures in two mixtures according to the ratio of water and cement $V_{ct} = 0.85$ and 0.5.

Drilling of the face for blasting works is performed with wheel drilling rigs from Atlas Copco and Sandvik according to prepared drilling schemes. Before each start of work, the machine is navigated by total station and drilling is started six hours after the end of the pre-grouting works. For blasting works, an explosive mixed minimum from two components and then mechanically pumped from the charging platform are used. Blasting works are performed on the full profile to a maximum length of 5m using a controlled blast along the contour. The total number of boreholes in one face varies according to the size of the profile. A direct break is used with four relief holes with a diameter of 102mm placed in a vertical and square arrangement (Fig. 10). Detonators are non-electric bundles connected by a lightning rod, on which an electric detonator for ignition is placed. Each blast is recorded



zdroj: Ingenjörsgelogisk prognos source: Ingenjörsgelogisk prognos

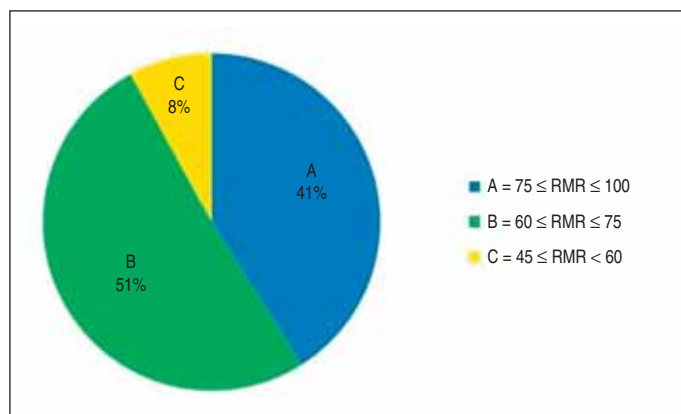
Obr. 8 Příklad grafického znázornění modelového podkladu prognózy opatření při ražbě
Fig. 8 Graphical example of model prognose representation

vyztužení výrubu, třídy těsnících injektáží a třídy kontrol a údržby. Třídy kontrol a údržby jsou určeny pro úseky s vyššími požadavky na ověření kvality zabudovaných prvků. Pro tento projekt jsou v prognóze zobrazeny tři stupně těsnících injektáží nazvané IK1, IK2 a specifická třída IK3. Kromě toho, kde se třída injektáže použije, zahrnuje model také hypertextové odkazy na výkresy pro zobrazení standardních požadavků. Daný stupeň injektáže může být během realizace upřesněn na základě geologických podmínek horninového prostředí. Stupně předinjektáží se liší předepsanou maximální povolenou vzdáleností konců vrtů vějíře. Dominující horninové prostředí do vzdálenosti 5 m od teoretického profilu je v predikovaných úsecích prezentováno v různých odstínech, s označením písmeny a identifikačním číslem. Zastoupení je poté zobrazeno pomocí koláčového diagramu (obr. 9). Třídy vyztužení výrubu jsou rozděleny do dvou kategorií jako typové a specifické s odkazem na výkresovou dokumentaci. V prognóze modelu jsou taktéž zobrazeny požadavky na průběh prací podle podmínek geotechnické kategorie 3 (GK3), popřípadě 2 (GK2). Tyto kategorie jsou vztaženy k podmínkám pro specifické geotechnické konstrukce, kdy technicky složité úseky a kritické křížení, které sousedí se stávajícími výrubu a jsou spojeny s vysokými riziky, podléhají nezávislé kontrole. Tato kontrola studuje negativní účinky plánované nebo prováděné práce, s cílem minimalizování rizik spojených např. s nestabilitou výrubu, poklesem terénu, ztrátou podzemních vod apod. [2]

Technologie ražeb

Tunely Järfälla byly navrženy pro ražbu metodou Drill & Blast, s kontinuální těsnící injektáží předpolí čelby. Metoda ražby je ve stockholmských podmínkách již ověřena na mnoha jiných infrastrukturních projektech. Samotné ražbě předchází systematické těsnění předpolí tunelu po jeho celém obvodu. Vrtů o průměru 64 mm v délce 24 m se těsní pomocí nízkotlaké injektáže tlakem 20–35 bar. Vzniklé těsnící vějíře se opakují každých 18 m tak, aby vzniklo jejich překrytí o 6 m. Vrtové práce pro injektáže jsou prováděny kolovými třílafetovými vrtacími vozy, např. Sandvik 1132. Injektáž probíhá pomocí jednotek Atlas Copco Unigrout a AMV GR103 směsí na bázi cementu ve dvou záměsích podle poměru vody a cementu $V_{ct} = 0,85$ a 0,5.

Vrtání čelby pro trhací práce se provádí kolovými třílafetovými vrtacími vozy od firem Atlas Copco a Sandvik podle předem zpracovaných vrtných schémat. Před každým zahájením prací je stroj navigován pomocí totální stanice a vrtání je zahájeno po šesti hodinách po ukončení injektážních prací. Pro rozpojování masivu je použita emulzní trhavina míchaná minimálně ze dvou složek a strojně pak čerpána z nabíjecí plošiny. Trhací práce jsou prováděny na plný profil na maximální délku záběru 5 m s použitím řízeného výlomu po obrysu. Celkový počet vrtů v jedné čelbě se liší podle velikosti profilu. Je používán přímý zálohm se čtyřmi odlehčovacími vrtů průměru 102 mm umístěnými ve vertikálním a čtvercovém uspořádání (obr. 10). Rozbušky jsou neelektrické spojované do svazků bleskovic,



zdroj: Ingenjörsgelogisk prognos source: Ingenjörsgelogisk prognos

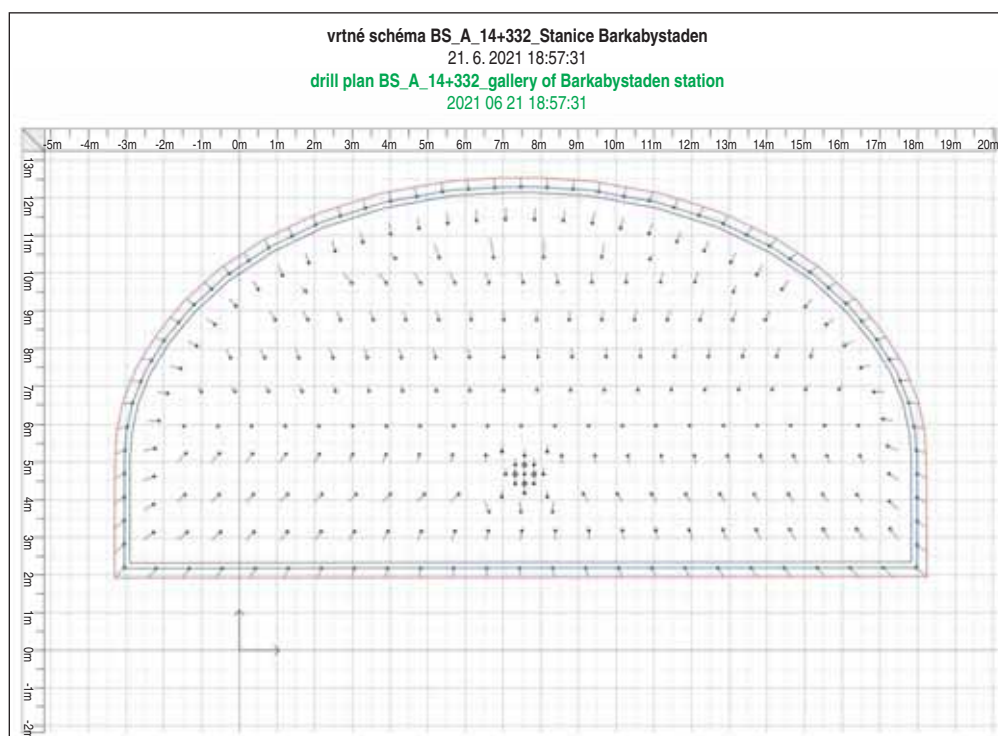
Obr. 9 Příklad grafického znázornění zastoupení horninového prostředí
Fig. 9 Graphical example of the rock condition representations

in the AVAnet and UMSAlert system before its execution, which is remotely connected to monitoring elements for determining the value of the load by technical seismicity.

The tunnel muck is transported from all access tunnels to the temporary place in the area east of the village of Kyrkby or to the Rydbo landfill which is about 30km away. Here, the material is further processed by crushing into the desired fractions for reuse.

After muck removal, each face is mechanically cleaned from any loose rocks. Manual finishing is then required from the work platform.

Tunnel support is based on the requirements from the project model and the level of support is confirmed or specified based on encountered geological conditions. The project lists three classes of the dominant rock environment, A, B and C based on the RMR classifications and five classes for support according to the span of the tunnel. The demand for rock support is divided into typical and specific. It prescribes the thicknesses and extent of application of shotcrete and the density network of the anchors with lengths from



zdroj: výrobní dokumentace ražby source: work documentary

Obr. 10 Příklad vrtného schématu ve staničení 17+332 čelby stanice Barkabystaden
Fig. 10 Drill plan example of the tunnel face at 17+332 Barkabystaden station

na kterou je umístěna elektrická rozbuška pro roznět. Každý odstřel je před svým provedením evidován v systému AVAnet a UMSAlert, který je dálkově napojen na prvky monitoringu pro zjištění hodnoty zatížení technickou seizmicitou.

Odvoz rubaniny probíhá ze všech přístupových tunelů na deponii v oblasti východně od vesnice Kyrkby, případně na 30 km vzdálenou deponii Rydbo. Zde se materiál dále zpracovává drčením na požadované frakce k zpětnému využití. Po odvozu rubaniny je každý záběr mechanicky očištěn od volných kusů horniny rozvolněné trhacími pracemi. Dočištění je pak vyžadováno ručním hornickým způsobem z pracovní plošiny. Zajištění výrubu vychází z požadavků modelu projektu a míra vyztužení je potvrzena, případně doplněna, na základě zastížených geologických podmínek. Projekt udává tři třídy dominujícího horninového prostředí A, B a C na základě klasifikací RMR a pět tříd vyztužení podle šířky tunelu. Míra vyztužení je rozdělena na typovou a specifickou. Ta předepisuje tloušťky a rozsah aplikace stříkaného vláknobetonu a hustotu sítě kotev délek od 2,4 do 6 m. Speciální požadavky postupu a zajištění během ražeb mají úseky geotechnické kategorie 3 (GK3), kdy postup sleduje a vyhodnocuje geotechnická rada zřízená správcem stavby (FUT). Členy rady jsou zástupci správce stavby, projektanta, zhotovitele a nezávislého konzultanta správce pro GK3 zóny.

Ražba stanice Barkarbystaden (17+050 – 17+810)

Ražba stanice započala jižním směrem rozrážkou spojovacího tunelu TvT N 17+445. Podle informačního modelu projektu spadá křížení propojky a stanice v úseku S 17+420 – S 17+480 (60 m) do kategorie 3. V části křížení propojky a stanice mezi staničením 0+029 – 0+024 byla v přístropí zaznamenána poruchová zóna s jílovými výplněmi puklin, jež potvrdila podmínky pro ražbu ve stanici. Proto bylo systematické kotvení provedeno svorníky délky 5 m spolu se stříkaným betonem tloušťky 150 mm. Pro zahájení ražby byl předepsán specifický postup ražby s dělením čelby na “pilot” a “stross”, kdy je profil tunelu vertikálně rozčleněn (obr. 11). Směr ražeb pak postupoval jak na východní část Akalla, tak na západní část Veddesta. Dalším prvkem zajištění byla od staničení 17+463 vyžadována instalace předháněných jehel délky 5 m s mezerou 1 m, které byly vrtány pod úhlem 15° s dosažením vzdálenosti konců jehel do 0,5 m od teoretického profilu tunelu. Stejný požadavek byl aplikován od staničení 17+447 – 17+440 opačným směrem na Akallu.

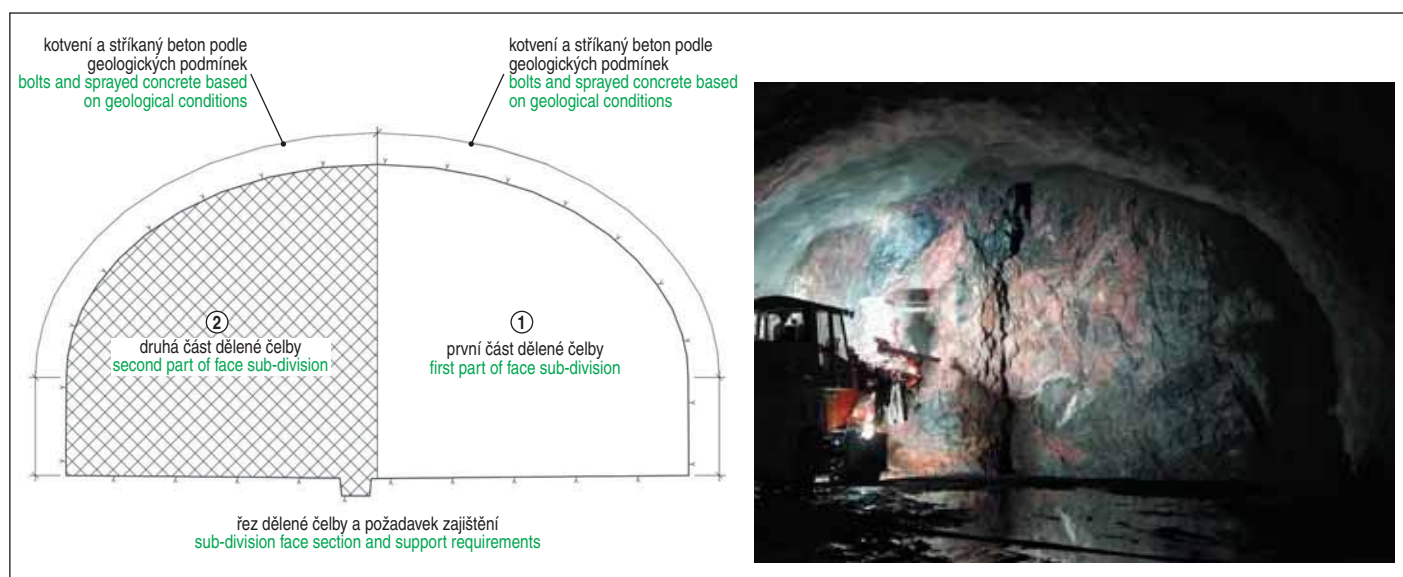
2.4 to 6m. The sections of geotechnical category 3 (GK3) have special requirements for the excavation procedure and support, where the process is monitored and evaluated by the geotechnical council established by the Administration for extended Metro. The members of the council are representatives from the Client, the Designer, the Contractor and independent consultant for GK3 zones.

Barkarbystaden station (17+050 – 17+810) excavation

The excavation of the station began in a southerly direction with the opening of the connecting tunnel TvT N 17 + 445. According to the information model of the project, the junction of the cross-passage and the station in the section S 17 + 420 – S 17 + 480 (60m) falls into geotechnical category 3. In the tunnel stretch 0 + 029 – 0 + 024 of the junction areas, failure zone with clay fillings, which confirmed the conditions for excavation in the station, was observed. Thus, anchors in use were of 5m of length together with the fiber reinforced shotcrete of thicknesses 150mm. For excavation start in the station tunnel, a specific excavation procedure was prescribed with the division of the face into “pilot” and “stross” when the tunnel profile is vertically divided (Fig. 11). The direction of the excavations then proceeded both to the eastern part of Akalla and to its western part of Veddesta. Another additional element of rock support was introduced from the chainage 17 + 463 to install pre-driven spiles 5m long with a spacing gap of 1m, drilled at an angle of 15°, reaching the distance of the spile ends up to 0.5m from the theoretical profile of the tunnel. The same requirement was applied from stationing 17 + 447 – 17 + 440 in the opposite direction to Akalla.

The work in the service tunnel was similar. Firstly, due to the size of the profile at the intersections with the future ventilation shaft VS S 17 + 468, but also due to geological conditions and the presence of predicted weakened zones (Fig. 12).

The work procedure according to GK3 conditions was further extended from the initial total length of 60m to the station tunnels. From geology point of view, the rock quality was worse than predicted which resulted in more support elements to be installed and thicker shotcrete sprayed. The excavation process reached an average daily output of 0.56 to 0.64m with a theoretical excavation of 174m² to 185m². Since the full start of work in November 2020, a total of 62,488m³ of muck has been excavated from the future



Obr. 11 Znárodnění dělené čelby a její fotografie
Fig. 11 Illustration of the divided tunnel face and picture

zdroj: projektová dokumentace, autor source: project documentation, author

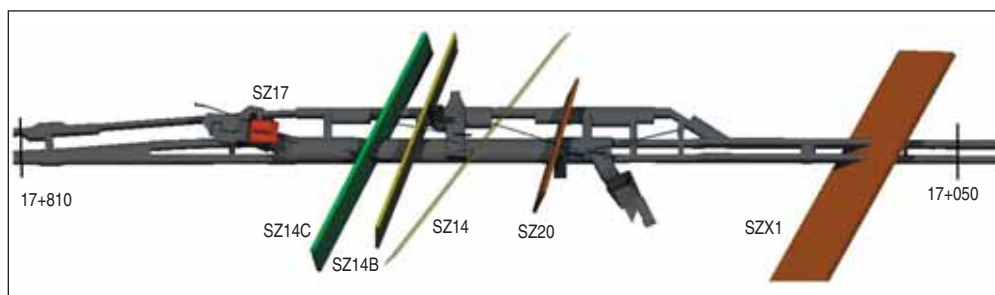
V servisním tunelu probíhaly práce obdobně. Jednak z důvodu velikosti profilu v místech křížení s budoucí ventilační šachtou VS S 17+468, ale taktéž z důvodu geologických podmínek a přítomnosti predikovaných oslabených zón (obr. 12). Postup prací podle podmínek GK3 byl z úvodní celkové délky 60 m dále rozšířen do staničních tunelů. Z geologického hlediska byly podmínky pro ražbu horší než predikoval model, což vyžadovalo instalaci četnější svorníkové výztuže a silnější tloušťku stříkaného betonu. Postup ražby dosáhl průměrného denního výkonu od 0,56 do 0,64 m při teoretickém výrubu od 174 m² do 185 m². Od plného zahájení prací v listopadu 2020 bylo z budoucí stanice Barkarbystaden vytěženo k dubnu roku 2021 celkem 62 488 m³ rubaniny z postupně až osmi rozrážek.

ZÁVĚR

SBT Sverige AB realizuje projekt tunelů Järfälla již od roku 2018, kdy byly zahájeny práce na přístupovém tunelu Veddesta. V průběhu května roku 2020 práce plynule navázaly ražbou nové konečné stanice Barkarby. V druhé polovině roku se práce úspěšně rozšířily ze dvou dalších přístupů ražbou druhé stanice Barkarbystaden a komplikovanou ražbou pod stávajícím tunelem Akalla, jež je součástí silničního obchvatu Stockholmu. Ke konci měsíce dubna 2021 se podařilo vytěžit více než 195 000 m³ rubaniny. Během ražeb se sledují environmentální dopady a rizika spojená s realizací tunelů. Nakládání s podzemními vodami se řídí podle švédských zákonů, které klient musí plnit předkládáním různých požadavků zhotoviteli pro jejich monitoring. Projekt je sledován Švédským environmentálním úřadem v programu CEEQUAL, s motivací dodržet minimálně 60 % množství bodů za možnost získat finanční bonus. Ražba tunelů probíhá částečně v městském prostředí a vyžaduje tak sledování řady definovaných rizik, která mohou mít vliv na výsledek celého projektu, zejména na harmonogram prací. Kromě toho může být následně ovlivněn také rozvoj výstavby bydlení a způsobit tak negativní veřejné mínění. Práce tedy musí být brány a prováděny v přímé souvislosti s požadavky rozvoje oblasti.

Ing. PETR MITRENGA, Ph.D.,
petr.mitrenga@sbtverige.se,
SBT Sverige AB

Recenzoval **Reviewed:** Ing. Boris Šebesta



Obr. 12 Stanice Barkarbystaden – grafické znázornění predikovaných zón oslabení
Fig. 12 Illustration of Barkarbystaden station – prediction of the weakness zones

Barkarbystaden station in April 2021 from gradually up to eight faces.

CONCLUSION

SBT Sverige AB has been implementing the Järfälla tunnel project since 2018, when work began on the Veddesta access tunnel. During May 2020, the work was smoothly followed by the excavation of the new Barkarby station. In the second half of the year, the works were successfully expanded from two other access tunnels by excavating the second station, Barkarbystaden and by the complicated excavation under the existing Akalla tunnel, which is part of the Stockholm bypass road.

By the end of April 2021, more than 195,000m³ of tunnel muck had been taken out. During the excavations, the environmental impacts and risks associated with the construction of tunnels are monitored. Groundwater management is governed by Swedish law, which the client must comply with by submitting various requirements to the Contractor for their monitoring. The project is monitored in the CEEQUAL program (Sweden Green Building Council) with an incentive plan to reach environmental goals set by the client and to comply with a minimum of 60% of the points for the possibility of obtaining a financial bonus.

The excavation of tunnels takes place partly in the urban environment and thus requires the monitoring of several defined risks. This may affect the result of the entire project, especially the work schedule. In addition, the development of housing construction may subsequently be affected and thus cause negative public opinion. The work must therefore be taken and carried out in direct connection with the requirements of the area development.

Ing. PETR MITRENGA, Ph.D.,
petr.mitrenga@sbtverige.se,
SBT Sverige AB

LITERATURA / REFERENCES

- [1] **Teknisk beskrivning**
KEMPÉN, H. 4713 Berg – och anläggningsentreprenad Järfällatunneln, 4713-C42-22-40001. Stockholm: Förvaltning för utbyggd tunnelbana, Stockholms Läns Landsting, 2019, 241 s.
- [2] **Ingenjörsgelogisk prognos**
PERSSON, T. 4713 Berg – och anläggningsentreprenad Järfällatunneln, 4713-B41-24-40050. Stockholm: Förvaltning för utbyggd tunnelbana, Stockholms Läns Landsting, 2020, 96 s.
- [3] **Blå linje till Barkarby**
<https://nyatunnelbanan.se/sv/barkarby>
- [4] **Tunnelbana till Barkarby**
https://www.jarfalla.se/byggaboochmiljo/stadsutvecklingochdetaljplaner/tu_nnelbanan.4.77e36094162b5c8fdfa413d3.html

TUNEL MILOCHOV – REALIZACE DEFINITIVNÍHO OSTĚNÍ MILOCHOV TUNNEL – IMPLEMENTATION OF FINAL LINING

PETR VELIČKA

ABSTRAKT

Doba pokročila a od minulého článku o tunelu Milochov – předpoklad projektu a skutečnost z čísla časopisu Tunel 2/2019 uběhly více než dva roky. Za tu dobu se výstavba tunelu i celého úseku modernizace trati přiblížila svému úspěšnému konci. V aktuálním článku je popsáno dokončení ražby a průběh provádění definitivního ostění tunelu včetně definitivních úprav portálů. Tunel Milochov je součástí modernizace železniční tratě Púchov – Žilina, určené pro traťovou rychlost do 160 km/h. Jedná se o dvoukolejný jednotubusový tunel, jeho celková délka včetně hloubených portálových částí je 1861 m. Součástí tunelu je i úniková štola délky 266,5 m, která je situována přibližně v polovině tunelu, kolmo k jeho ose a ústí v obci Horný Milochov.

ABSTRACT

Time has progressed and more than two years have passed since the last article on the Milochov tunnel – project assumption and reality from the issue of Tunel magazine 2/2019. During that time, the construction of the tunnel and the entire section of track modernization was nearing its successful end. The current article describes the completion of the excavation and the course of the tunnel final lining construction, including the final modifications of the portals. The Milochov tunnel is part of the modernization of the Púchov – Žilina railway line, designed for line speeds up to 160km/h. It is a two-track single-tube tunnel, its total length, including the excavated portal parts, is 1861m. The tunnel also includes an escape gallery 266.5m long, which is situated approximately in the middle of the tunnel, perpendicular to the tunnel axis and is directed towards the village of Horný Milochov.

ÚVOD

V rámci modernizace železniční tratě Púchov – Žilina, navržené pro traťovou rychlost do 160 km/h, jsou již v režimu předčasného užívání tři mostní objekty a tunel Diel. Poslední velký objekt, jehož spuštění do režimu předčasného užívání je plánováno na přelom roku 2021 a 2022, je tunel Milochov. Zhotovitelem celé stavby je sdružení firem Doprastav, a.s., Subterra a.s., TSS Grade a.s. a Elektrizace železnic Praha a.s. Zhotovitelem stavební části tunelu Milochov je Subterra a.s., Divize 1. Generálním projektantem stavby je firma REMING CONSULT a.s.

Tunel Milochov se skládá celkem ze čtyř hlavních stavebních objektů – východní portál, západní portál, úniková štola a tunelová trouba.

Trať prochází tunelem ve dvou pravých směrových obloucích o poloměrech 1550 m, respektive 1425 m. Niveleta tratě směrem od západního portálu stoupá ve sklonu 4,0 ‰ na cca třetinu délky tunelu a dále klesá 5,9 ‰ směrem k východnímu portálu.

Celková délka tunelu včetně hloubených částí je 1861 m, z toho ražená část je dlouhá 1770 m. Hloubená část z východního portálu je dlouhá 71 m a ze strany západního portálu 20 m.

Ražba tunelu byla navržena podle zásad NRTM. V závislosti na interpretaci výsledků inženýrskogeologického průzkumu bylo v zadávací projektové dokumentaci navrženo celkem pět vystrojovacích tříd (třídy II, III, IV, Va a Vb), jež byly později doplněny o třídy Vc a VI. Způsob ražby byl navržen jako konvenční (cyklický), se strojním rozpojováním horniny, v tvrdších horninách s pomocí trhacích prací.

Definitivní ostění je navrženo jako železobetonová konstrukce, realizovaná pomocí posuvného bednění s délkou bloku 10 m. Ražená a hloubená část východního portálu tunelu jsou konstrukčně řešeny dvouplášťovým ostěním – primárním a definitivním s mezilehlou fóliovou hydroizolací, západní portál je řešen definitivním ostěním s vnější hydroizolací v kombinaci fóliové PVC izolace tl. 3 mm a dvoukomponentní stříkané izolace tl. 3 mm.

INTRODUCTION

As part of the modernization of the Púchov – Žilina railway line, designed for a line speed of up to 160km/h, three bridge structures and the Diel tunnel are already in early use mode. The last large structure, the launch of which into the regime of early use is planned for the turn of 2021 and 2022, is the Milochov tunnel. The contractor of the whole construction is the joint venture of companies Doprastav, a. s., Subterra a. s., TSS Grade a.s. and Elektrizace železnic Praha a.s. The contractor of the construction part of the Milochov tunnel is Subterra a. s., Division 1. The general designer of the construction is the company REMING CONSULT a.s.

The Milochov tunnel consists of a total of four main structures – the eastern portal, the western portal, the escape gallery and the mined tunnel tube.

The line passes through the tunnel in two right-turn curves with radii of 1550m and 1425m, respectively. The track elevation from the western portal rises at a slope of 4.0‰ to about one third of the length of the tunnel, and further drops by 5.9‰ towards the eastern portal.

The total length of the tunnel, including the open cut parts, is 1861m, of which the mined part is 1770m long. The open cut part at the eastern portal is 71m long and at the side of the western portal 20m.

The tunnel excavation was designed according to the NRTM principles. Depending on the interpretation of the results of the engineering geological survey, a total of five tunneling classes (classes II, III, IV, Va and Vb) were proposed in the tender project documentation, which were later supplemented by classes Vc and VI.

The excavation method was designed as a conventional (cyclic), with mechanical rock disintegration, in harder rocks with the help of blasting work.

The final lining is designed as a reinforced concrete structure, realized by means of sliding formwork with a block length of 10m. The mined and open cut part of the eastern tunnel portal lined by



Obr. 1 Slavnostní prorážka tunelu Milochovo
Fig. 1 Ceremonial breakthrough of the Milochovo tunnel

Plocha světlého průřezu hotového tunelu po zhotovení definitivního ostění je 79,82 m².

PRORÁŽKA TUNELU A ÚNIKOVÉ ŠTOLY

Po překonání ražby v úvodních 300 m od východního portálu, která si vyžádala doplnění projektové dokumentace o nové vestrobovací třídy, které byly popsány v minulém článku, pokračovala ražba až do svého zdárného konce – prorážky. Ta se uskutečnila začátkem září 2020 (obr. 1). Slavnostní akce proběhla i za přítomnosti ministra dopravy a výstavby SR. Již v předstihu proběhla koncem června 2020 prorážka únikové štoly. Převážná délka štoly byla vyražena ve vestrobovací třídě II s minimálním množstvím vestrobovacích prvků.

Projektant díla udělal ještě před prorážkou podrobnou revizi geologického mapování jednotlivých čeleb a po jejich prozkoumání vydal optimalizaci projektové dokumentace pro blokové schéma základových pásů a spodních kleneb. Po doražení celého díla, kdy bylo geologické mapování kompletní, vydal závěrečnou optimalizaci, s doplněním spodní klenby v souhrnné délce 200 m nad rozsah, který byl určen zatříděnými a vyraženými čelbami kaloty a opěří a původním požadavkem projektu na protiklenby ve třídách Va až VI. Nově byl potom uplatněn požadavek na provedení protiklenby i v úsecích tříd IV a III.

Optimalizace spodní stavby tunelu ale vycházela z geologického mapování čeleb nad budoucí základovou spárou horní konstrukce, proto bylo dohodnuto, že bude probíhat mapování in situ při otevírání výkopu a bude operativně rozhodnuto o zatřídění založení na protiklenbu nebo základový pás. I přes všechna opatření to zhotoviteli přineslo nemalé komplikace, protože s dodatečnými protiklenbami nepočítal a výrazně to narušilo organizaci práce v tunelu, kdy se často protiklenby nedaly razit, protože by jejich provádění znemožnilo zásobování ostatních pracovišť v celém tunelu.

PŘÍPRAVA BETONÁŽE HORNÍ KLENBY DEFINITIVNÍHO OSTĚNÍ

Dokončení tunelu Milochovo se stalo s blížící se prorážkou a nasazením betonáže velice komplikovaným. Hlavními problémy byly množství pracovišť, která se navzájem ovlivňovala, nastavený harmonogram, kdy bylo nemyslitelné práce zastavovat a musela kontinuálně (v rámci možností) fungovat všechna pracoviště a nakonec samotný fakt, že se vše odehrávalo v jedné trubě s přístupem z jedné nebo druhé strany.

a double-shell lining – the primary and the final with intermediate sheet waterproofing, the western portal is lined with a final lining with external waterproofing in combination with sheet PVC Th. 3mm and two-component sprayed waterproofing th. 3mm.

The clear cross-sectional area of the finished tunnel after the final lining has been cast is 79.82m²

TUNNEL AND ESCAPE GALLERY BREAKING THROUGH

After overcoming the excavation in the initial 300m from the eastern portal, which required the addition of new reinforcement classes to the project documentation, which was described in the previous article, the excavation continued until its successful end – breakthrough. This took place at the beginning of September 2020 (Fig. 1). The ceremony also took place in the presence of the Minister of Transport and Construction of the Slovak Republic. Already in advance, the escape gallery breakthrough took place at the end of June 2020. The predominant length of the gallery was excavated in tunneling class II with a minimum amount of reinforcement.

The tunnel project designer made a detailed revision of the geological mapping of individual faces before the breakthrough, and after examining them, he issued the optimization of the project documentation of the block scheme of the foundation strips and invert vaults. After completing the entire work, when the geological mapping was complete, he issued the final optimization, with the addition of the lower vault in a total length of 200m above the range, which was determined by classified and exposed tunnel faces of the headings and benches, and by the original project requirement for invert vaults in classes from Va to VI. The requirement to perform a counter-vault was also newly applied in sections of classes IV and III.

However, the optimization of the substructure of the tunnel was based on geological mapping of the faces above the future foundation joint of the upper structure, so it was agreed that in situ mapping will take place when opening the excavation and it will be operationally decided about classification in favor of the invert vault or the foundation strips. Despite all the measures, this brought considerable complications to the contractor, because he did not anticipate additional invert vaults and it significantly disrupted the organization of work in the tunnel, when often invert vaults could not be excavated, as their implementation would make it impossible to supply other workplaces throughout the tunnel.

PREPARATION FOR CONCRETING THE UPPER VAULT OF FINAL LINING

The completion of the Milochovo tunnel has become very complicated with the impending breakthrough and the deployment of concreting. The main problems were: The number of workplaces that influenced each other, the set schedule, in which it was unthinkable to stop the work, and all the workplaces had to function continuously (as far as possible) and finally the very fact that everything took place in one tunnel tube with access from one side or the other.

Subsoil replacement at the eastern portal

Due to the unfavorable geology at the foundation of the open cut structures of the eastern portal, the designer proposed the replacement of the subsoil with plain C12/15 concrete. This section of the construction became very critical, because in place of the 71m long excavated section, all three service gantries (insulating, reinforcement and sliding form) had to be assembled before the concreting of the upper vaults began, so the subsoil was replaced

Výměna podloží na východním portálu

Z důvodu nepříznivé geologie v místě založení základových konstrukcí hloubené části východního portálu navrhl projektant výměnu podloží za prostý beton C12/15. Tento úsek stavby se stal velice kritickým, protože v místě 71 m dlouhého hloubeného úseku se musely před zahájením betonáže horních kleneb zkompletovat všechny tři obslužné vozy (izolační, armovací a posuvná forma), takže k výměně podloží se přistoupilo ještě během ražby tunelu, která ale z důvodu koordinací prací a přístupu k médiím byla možná pouze z východního portálu, přes úsek výměny podloží. Projektovaná tloušťka výměny podloží byla 2 m, požadavkem bylo ovšem dohloubení se na únosné podloží, které měl schválit geolog, ale zároveň nejmenší tloušťka výměny nesměla být méně než 1 m. Po dohodě s projektantem bylo umožněno 10 m dlouhé dilatační celky výměny podloží na posledních třech blocích u ústí tunelu podélně rozdělit, za podmínky propojení obou polovin pomocí ocelové svařované výztuže ve třech výškových úrovních. Toto řešení umožnilo zhotoviteli vytvořit logistický uzel, který bylo nutno operativně stěhovat, nicméně zajistil plynulé zásobování tunelu a pokračování v ražbě bez přerušení.

Po dokončení výměny podloží, která skončila před prorážkou tunelu, začaly práce spojené s montáží vozů pro definitivní ostění tunelu. Vliv na organizaci prací zde hrál výškové uspořádání – úroveň výměny podloží vůči okolnímu terénu, a tím přístupu do tunelu. Pro stále probíhající ražbu byla vytvořena rampa bokem tunelu, ústící těsně na portále raženého tunelu. Tímto krokem bylo možno zahájit montáž vozů – nejprve izolačního a armovacího na předem připravené koleje. Koleje pro venkovní část byly smontovány z dílců jeřábové dráhy, kdy byly kolejnice již připevněny podélně na betonové pražce. Další komplikace nastala výškovým rozdílem 1330 mm mezi úrovní výměny podloží, na jejíž úrovni se z důvodu obslužnosti a bezpečnosti prováděla montáž vozů, a horní hranou základového pásu v tunelu, kam bylo třeba vozy dostat. Tento problém byl vyřešen pomocí kaskádového systému jízdní dráhy pro vozy, jejich nadzvedávání jeřábem, podkládání kol aopotahování směrem do tunelu.

Po prorážce, kdy se zásobování tunelu otočilo směrem ze západního portálu, byly venku na východním portále postaveny dva ze tří vozů a kompletoval se poslední – posuvná forma, probíhaly v tunelu před vozy práce na betonáži protikleneb. Nejprve bylo potřeba odtěžit rubaninu navezenou na primárním ostění jako jeho ochrana a zároveň obslužná komunikace do tunelu, vyčistit základovou spáru a následně provést samotné armování, bednění a betonáž protikleneb (obr. 2). Protiklenby jsou vyztužené ocelovou svařovanou i prutovou výztuží a zhotovené z betonu C30/37 XC3, XD2, Cl 0,2 – Dmax 16. S tím samým betonem, za použití prutové výztuže, byly stavěny i základové pásy. Všechny tyto konstrukce mají totožnou pracovní spáru s horní klenbou.

U spodních konstrukcí byl požadavek na pevnost před nájezdem betonářské formy 80 % konečné předepsané krychelné pevnosti použitého betonu a před nájezdem ostatních vozů minimálně 65 %, respektive 75 %.



Obr. 2 Armování protikleneb
Fig. 2 Invert vault reinforcement

during the tunnel excavation which however, due to the coordination of work and access to the media, was possible only from the eastern portal, through the subsoil exchange section. The projected thickness of the subsoil replacement was 2m, but the requirement was to dig into the load-bearing subsoil, which was to be approved by a geologist, but at the same time the smallest thickness of the subgrade should not be less than 1m. Upon agreement with the designer, it was possible to longitudinally divide the 10m long dilation joints of the subsoil exchange on the last three blocks at the mouth of the tunnel, under the conditions of connecting the two halves by means of steel welded reinforcement in three height levels. This solution enabled the contractor to create a logistics node that had to be moved operatively, however, it enabled a continuous supply of the tunnel and the continuation of excavation without interruption.

After the completion of the subsoil replacement, which ended before the tunnel breakthrough, work began on the assembly of the gantries for the final lining of the tunnel. The work organization was impacted by the height arrangement – the level of the subsoil exchange in relation to the surrounding terrain, and thus the access to the tunnel was impacted. For the ongoing excavation, a ramp was created along the side of the tunnel, merging closely at the portal of the mined tunnel. With this step, it was possible to start the assembly of gantries – first for insulation and reinforcement on pre-prepared tracks. The tracks for the outdoor part were assembled from parts of the crane track, when the rails were already attached longitudinally to the concrete sleepers. Another complication occurred with a height difference of 1330mm between the level of the subsoil replacement, at the level of which the wagons were assembled for serviceability and safety reasons, and the upper edge of the foundation strip in the tunnel where the wagons had to be transported. This problem has been solved by using a cascading track system for cars, lifting them with a crane, underlaying the wheels and pulling towards the tunnel.

After the breakthrough, when the supply of the tunnel moved away and was provided from the western portal, two of the three cars were built outside of the eastern portal and the last one – the sliding form – was being completed, concreting works of the invert vaults took place in the tunnel before of the gantries. First, it was necessary to extract the fill mounted on the primary lining which served as its protection and which at the same time provided the service road to the tunnel, clean the foundation base and then perform the reinforcement, formwork and concreting of the invert vaults

Falešné primární ostění

Po zatažení vozů do tunelu a zabetonování druhého bloku v ražené části díla (první blok byl dočasně vynechán a betonován až v rámci následného couvání formy do hloubené části kvůli ochraně hotového betonu a přesahující hydroizolace před aplikací stříkaného betonu) byla před východním portálem tunelu zahájena výstavba 70 m dlouhého falešného primárního ostění, které bylo zhotovitelem navrženo jako řešení spojit čas oproti klasickému vnějšímu bednění (kontrabednění), které se většinou na hloubených úsecích používá.

Jde o konstrukci velmi podobnou primárnímu ostění v tunelu. Skládá se z příhradových nosníků, ocelových svařovaných sítí 8/100/100 na obou stranách nosníku a doplňující ocelové prutové výztuže. Konstrukce se postupně prostříkává stříkaným betonem na finální tloušťku 300 mm. Příhradové nosníky se kotví do betonu pod základovou desku, v tomto případě to bylo v prostoru výměny podloží hloubené části. Nosníky byly od sebe stavěny osově 1000 mm. Toto řešení umožnilo provádět betonáž definitivního ostění klasicky jako v tunelu, bez použití venkovního bednění (kontrabednění). I přesto, že fóliová hydroizolace byla při tomto řešení použita jako v tunelu z vnitřní strany primárního ostění, bylo drenážní potrubí v hloubené části vedeno z vnější strany ostění a z vnitřní strany bylo u paty konstrukce osazeno drenážní potrubí DN100, pod kterým byla zakončena fóliová hydroizolace pomocí trvale pružného tmelu a nerezové pásoviny. V osové vzdálenosti 5 m bylo toto potrubí příčně napojeno pomocí potrubí DN100 do venkovního potrubí DN250. Tím bude odvedena voda stékající jak po hydroizolaci hloubené části, tak voda stékající zásypem hloubené části mimo tunel.

Při samotné realizaci bylo třeba věnovat zvýšenou pozornost deformacím celé konstrukce a zachování jejího tvaru v požadované poloze pro betonáž definitivního ostění (obr. 3). Průběh výstavby byl průběžně geodeticky monitorován, a to po postavení rámu a po aplikaci každé ze dvou vrstev stříkaného betonu. Celá délka konstrukce byla stavěna v zářezu, kdy byly nohy oblouků rozepřeny proti okolnímu svahu pomocí ocelových IBO kotev. Po postavení

(Fig. 2). The invert vaults are steel reinforced with welded and rebar reinforcement and made of concrete C30 / 37 XC3, XD2, CI 0,2 – Dmax 16. With the same concrete, using rebar reinforcement, foundation strips were also built. All these structures have the same construction joint with the upper vault.

In the case of foundation structures, the requirement for strength before the entry of the concrete mold gantry was 80% of the final prescribed cubic strength of the concrete, and before the entry of other wagons was at least 65% and 75%, respectively.

False primary lining

After pulling the gantries into the tunnel and concreting the second block inside the tunnel (the first block was temporarily omitted and concreted only as part of the subsequent reverse pull-out of the mold into the open cut part to protect the finished concrete and the waterproofing overlap before shotcrete application), in front of the eastern tunnel portal, the construction of a 70m long false primary lining was started, which was designed by the contractor as a time-saving solution compared to the classic external formwork (counter-formwork), which is mostly used in open cut sections.

It is a structure very similar to the primary lining in the tunnel. It consists of lattice girders, steel welded mesh 8/100/100 on both sides of the girder and additional steel bar reinforcement. The structure is gradually sprayed with shotcrete to a final thickness of 300mm. The lattice girders are anchored to the concrete under the foundation slab, in this case it was in the location of the subsoil replacement of the open cut part. The girders were built with axial spacing of 1000mm apart. This solution made it possible to perform concreting of the final lining classically as in a tunnel, without the use of external formwork (counter-formwork). Despite the fact that the sheet waterproofing was used in this solution in the same way like in the tunnel, on the inside of the primary lining, the drainage pipe in the open cut part was led from the outside of the lining, and from the inside the DN100 drainage pipe was installed at the base of the structure, under which the sheet waterproofing

was terminated with a permanently flexible sealant and stainless steel strip. At an axial distance of 5m, this pipe was transversely connected by means of a DN100 pipe to an outdoor DN250 pipe. This will drain the water flowing down both from the waterproofing of the open cut part, and the water flowing down through the backfill of the open cut part outside the tunnel.

During the construction, it was necessary to pay increased attention to the deformation of the entire structure and maintaining its shape in the required position for concreting the final lining (Fig. 3). The construction process was continuously geodetically monitored, after the construction of the lattice girders, and after the application of each of the two layers of shotcrete. The entire length of the structure was built in open cut, when the legs of the lattice girders were spread against the surrounding slope using steel IBO anchors. After the construction



Obr. 3 Realizace falešného primárního ostění
Fig. 3 Implementation of false primary lining

jednotlivých rámců, které byly mezi sebou rozepřeny pomocí ocelových rozpínek, se aplikovala vnější ocelová síť, doplněná směrem ven o geotextilii a pomocnou síť 6/150/150. Geotextilie měla za úkol simulovat výrub tunelu pro aplikaci první vrstvy stříkaného betonu. Před samotnou aplikací stříkaného betonu byla ještě v horní třetině výšky osazena dočasná ocelová táhla, bránící nechtěné deformaci konstrukce. Beton se aplikoval kvůli stabilitě odspodu nahoru a ve dvou vrstvách, kdy před druhou vrstvou byla ještě dosazena druhá vnitřní vrstva ocelových sítí a doplňující prutová výztuž (obr. 4).

Vize zhotovitele, která se úspěšně naplnila, byla betonovat s velkou formou do poloviny tunelu před únikovou štolou, než byla připravena hloubená část před východním portálem s falešným primárním ostěním. Následně forma zacouvala na první ražený blok, otočilo se na ní čílko a lichoběžníkový obtisk, a betonovalo se směrem ven po poslední blok P2. Kvůli tomuto opačnému směru betonáže nebylo možno z tunelu použít armovací ani izolační vůz, a byl proto pronajat menší vůz poskládaný z lešení, ze kterého se nejprve izolovalo a následně armovalo.

HORNÍ KLENBA TUNELU

V předstihu, před dokončením ražeb, byly vybetonovány dva bloky definitivního ostění hloubené části na západním portále (označení P1 a 1). Byl použit beton C30/37 XC3, XF3, C1 0,2 – Dmax 16, stejně jako na horní klenby v celém tunelu i v únikové štolě (obr. 5).

Tyto bloky byly betonovány pomocí konstrukce vytvořené ze systémového bednění – vnitřní i vnější bednění (kontrabednění). K tomuto kroku bylo přistoupeno z důvodu časové úspory, aby na konec betonáže celého tunelu nezůstaly dva bloky s kontrabedněním, které jsou časově náročné.

Tunel Milochovo se skládá z celkem 186 bloků definitivního ostění, portálové bloky jsou značeny P1 a P2, ostatní čísla 184–1. Definitivní ostění tunelu bylo navrženo na plný tlak horniny, bez započtení vlivu spolupůsobení primárního ostění. Ostění bylo budováno pomocí ocelové posuvné formy s délkou pláště 10 m, což odpovídá požadavkům investora na 10 m dlouhé dilatační celky ostění (obr. 6). Tloušťka ostění byla požadována 350 mm v ražené části díla a 500 mm v obou hloubených částech, kdy tloušťka se podle tvaru klenby v patách zvětšuje. V hloubené části pod falešným primárním ostěním bylo navrženo do definitivního ostění 12 500 kg výztuže na jeden blok a na západním portále 10 200 kg na blok. V ražené části tunelu se ještě horní klenba dělila na typ 1 a 2, podle typu geologického prostředí zmapovaného při ražbě. Typ 1 obsahoval projektem navržených 10 200 kg výztuže na 10 m dlouhý blok a typ 2 – 13 300 kg, taktéž na jeden blok. Hydroizolační systém byl navržen jako otevřený – deštníkový z fólie na bázi PVC tl. 2 mm v ražené části a hloubené části východního portálu a 3 mm v hloubené části západního portálu, kde byla ale



Obr. 4 Falešné primární ostění po dokončení
Fig. 4 False primary lining after completion

of the individual girders, which were spaced axially by means of steel spacers, an external steel mesh was applied, supplemented with an outward geotextile and an auxiliary mesh 6/150/150. The task of the geotextile was to simulate the excavated tunnel wall for the application of the first layer of shotcrete. Prior to the actual application of shotcrete, temporary steel tie rods were installed in the upper third of the height, preventing unwanted deformation of the structure. The concrete was applied for stability from the bottom up and in two layers, when the second inner layer of steel mesh, and additional bar reinforcement were added before the second layer (Fig. 4).

The contractor's vision, which was successfully fulfilled, was to concrete with the large mold to the middle of the tunnel in front of the escape gallery, before the open cut part in front of the eastern portal with a false primary lining was prepared. Subsequently, the mold retreated to the first mined block, the side formwork and trapezoidal struts were turned on it, and the concreting continued outwards to the last block P2. Due to this opposite direction of concreting, it was not possible to use a reinforcing or insulating gantries from the tunnel, and therefore a smaller gantry consisting of scaffolding was rented, from which the tunnel was first insulated and then reinforced.

UPPER VAULT OF THE TUNNEL

In advance, before the completion of the tunnel excavations, two blocks of the final lining of the open cut part on the western portal (designations P1 and 1) were concreted. Concrete C30/37 XC3, XF3, C1 0,2 – Dmax 16 was used, as well as for the upper vaults in the whole tunnel and in the escape gallery (Fig. 5).

These blocks were concreted using a structure created from system formwork – internal and external formwork (counter formwork). This step was taken in order to save time, so that at the end of concreting the whole tunnel there were no two blocks with counter-formwork left, which would be time-consuming.



Obr. 5 Realizace definitivního ostění hloubené části západní portál
Fig. 5 Implementation of the final lining of the open cut part of the western portal



Obr. 6 Zahájení betonáže definitivního ostění v tunelu
Fig. 6 Commencement of concreting of the final lining in the tunnel

hydroizolace instalována na vnější straně hotového definitivního ostění. Před samotnou pokládkou fóliové hydroizolace bylo třeba srovnat z plošiny a izolačního vozu nerovnosti primárního ostění, vyřezat všechny ocelové dráty, pruty, háky, odstranit zásahy primárního ostění do profilu budoucího definitivního ostění a zbavit se všech ostrých hran ostění. Dále se izolace proti mechanickému poškození ze strany primárního ostění chránila vrstvou geotextilie požadované gramáže, v tunelu to bylo 900 g/m².

Drenážní systém je tvořen středovou a dvěma bočními drenážemi, kdy v bloku č. 55 je nejvyšší bod tunelu, a od tohoto bloku jsou vypádované drenážní větve směrem k oběma portálům, kde na každém jsou řešeny dvě odvodňovací větve, pro středovou drenáž navíc osazenou nádrží ORL, za kterou se větve spojují v jeden výpustný objekt. Boční drenáž je tvořena částečně perforovaným potrubím PP DN250 s čistícími plastovými šachticemi.

remove the protrusions of the primary lining into the profile of the future final lining, and get rid of all sharp edges of the lining. Furthermore, the waterproofing sheet was protected against mechanical damage from the primary lining by a layer of geotextile of the required weight, which was 900g/m² in the tunnel.

The drainage system consists of a central and two side drainages, where the highest point of the tunnel is in block No. 55, and from this block drainage branches are sloping towards both portals, where two drainage branches at each portal are taken care of, for the central drainage additionally equipped with an oil-water separator tank, behind which the branches merge into one outlet object. The side drainage consists of a partially perforated PP DN250 pipe with cleaning plastic shafts. The requirement of the project was the horizontal termination of the waterproofing under the underlying concrete of the side drainage. After laying the drainage pipes and

Požadavkem projektu bylo vodorovné zakončení hydroizolace pod podkladní beton bočního odvodnění. Po položení potrubí odvodnění a zasypaní drenážním betonem byla hydroizolace vytažena a připevněna na povrch primárního ostění. Středová drenáž sloužící pro odvodnění kolejového lože je tvořena částečně perforovaným potrubím DN315, které je zakryto drenážním betonem a každých 50 m je osazena čistící plastová šachta DN600, zakončená teleskopickou plastovou tvarovkou DN300 s litinovým poklopem.

V tunelu jsou navrženy tři typy výklenků, po 50 m (osová vzdálenost jednotlivých výklenků) se střídají výklenky čistící a sdružené. Záchrané výklenky s osovou vzdáleností 25 m nebyly projektantem požadovány. Čistící šachta je plastová DN600, uzavřena kompozitním poklopem 700/800 mm a slouží pro čištění boční drenáže a ve sdruženém výklenku je ještě navíc umístěn hydrant požárního vodovodu, který je vyveden mimo čistící šachtici, proto je tento typ výklenku rozměrově větší oproti výklenku čistícímu. Poslední typ výklenku je po obou stranách pouze v bloku 55, jde o výklenek pro vzdušník požárního vodovodu.

Ostění tunelu je vybaveno množstvím nik a chrániček pro vystrojení tunelu technologiemi, především osvětlení, napájení zabezpečovacích zařízení a další.

Požadavek na minimální pevnost betonu horní klenby při odbednění byl 6 MPa. U spodních konstrukcí byl požadavek na pevnost před nájezdem betonářské formy 80 % krychelné pevnosti a před nájezdem ostatních vozů minimálně 7 MPa.

Liniově za betonáží horní klenby pokračovala další pracoviště. První bylo dobrání rubaniny z počvy na úroveň spáry pro spádové betony. Ty byly realizované z betonu C12/15 a oboustranně vyspádované do středové drenáže. Projektovaná tloušťka spádových betonů byla 100 mm, ale při realizaci byl vydán požadavek projektanta na dohloubení výkopu na úroveň kompaktní rostlé horniny a tloušťka se pak pohybovala v řádech desítek centimetrů (obr. 7).

Průběžně s touto prací se prováděla i realizace výplňových betonů v protiklenbách s vyspádováním horní hrany taktéž ke středové drenáži. Výplňové betony byly realizovány z betonové směsi C16/20.

Za těmito pracovišti pokračovala pokládka a montáž multikanálových tvarovek, jednalo se o systém PIPELIFE OPI 6W CPQ D125. Na jedné straně tunelu byly dva svazky po šesti kusech a na druhé straně dva svazky 6 + 4 ks. Za těmito multikanálovými svazky směrem k ostění se ještě po obou stranách tunelu kladl požární suchovod DN150. Multikanálové šachtice byly realizovány jako



Obr. 7 Dobírání rubaniny pro spádové betony

Fig. 7 Muck removal for placement of sloped concrete slabs



Obr. 8 Tunel po dokončení betonáží

Fig. 8 Tunnel after concreting

backfilling with drainage concrete, the waterproofing was pulled out and attached to the surface of the primary lining. The central drainage used for drainage of the railway bed consists of a partially perforated pipe DN315, which is covered with drainage concrete and every 50m there is a cleaning plastic shaft DN600, terminated by a telescopic plastic fitting DN300 with a cast iron cover.

Three types of niches are designed in the tunnel, after 50m (axial distance of individual niches) cleaning and combined niches alternate. Rescue niches with an axial distance of 25m were not required by the designer. The cleaning shaft is plastic DN600, closed with a 700/800mm composite cover and is used for cleaning the side drainage, and in the combined niche there is also a fire water hydrant, which is laid outside of the cleaning shaft, so this type of niche is larger in size than the cleaning niche. The last type of niche is on both sides only in block 55, it is a niche for the fire water air vent.

The lining of the tunnel is equipped with a number of niches and installations for equipping the tunnel with technologies, especially lighting, power supply of security devices and more.

monolitické a nakonec zaklopeny betonovým poklopem v nerezovém rámečku. Každý multikanálový svazek má šachtice umístěny od sebe 50 m.

Po této práci následovala betonáž pochozí vrstvy chodníků z betonu třídy C25/30 XC3, XF3, CI 0,2 – Dmax 16 tloušťky 100 mm s metličkovou povrchovou úpravou v příčném směru.

Finální práce spočívala v montáži nerezových madel se zabudovaným LED osvětlením a nátěru bezpečnostního značení tunelu (obr. 8).

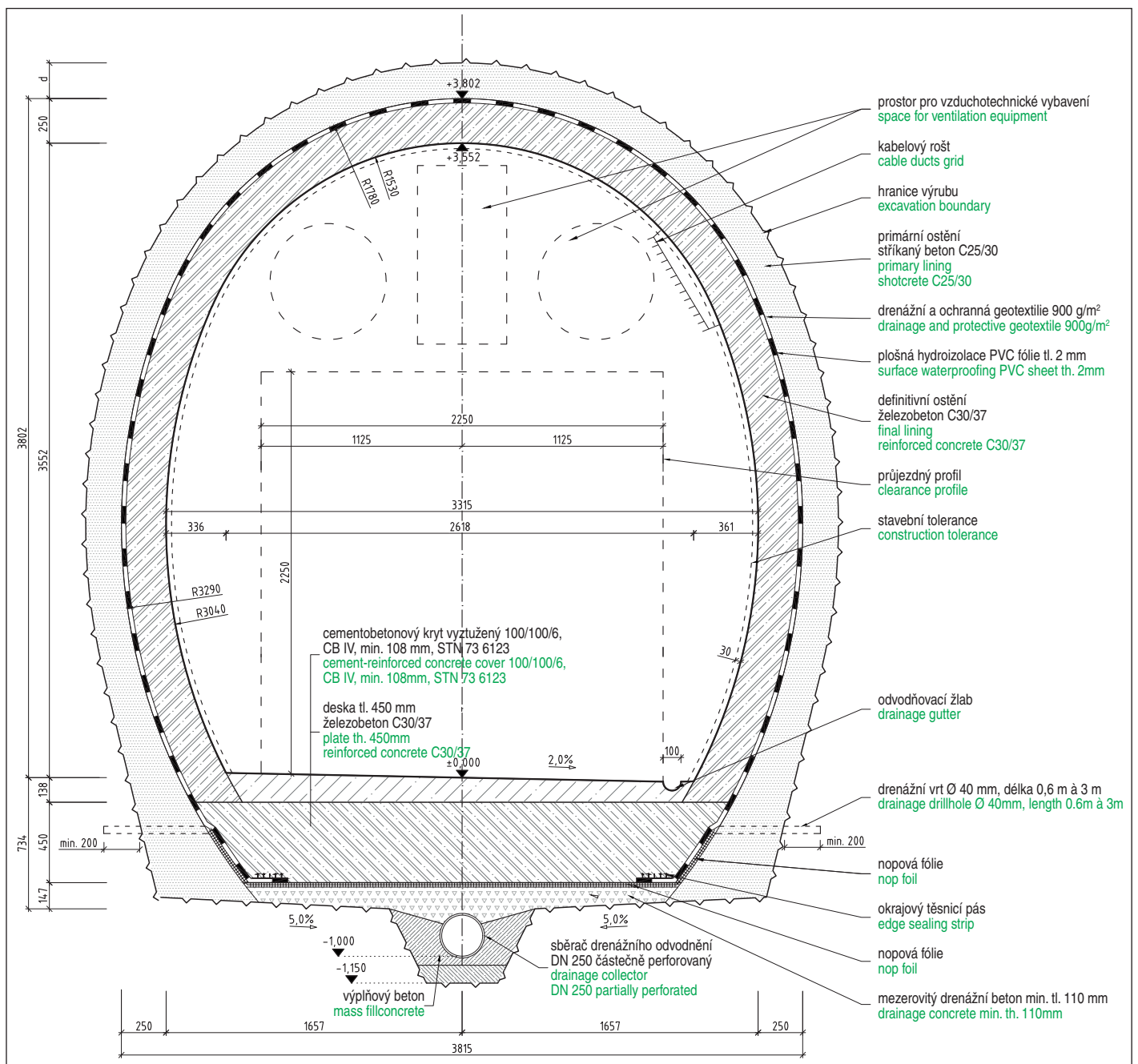
HORNÍ KLENBA ÚNIKOVÉ ŠTOLY

Úniková štola je tvořena 46 bloky definitivního ostění s označením U46–U1, z toho U1 je portálový blok. Požadavky na beton i hydroizolaci jsou stejné jako v tunelu. Podélné odvodnění štoly je řešeno středovým odvodněním osazeným pod drenážním betonem, chráněným z vrchní strany nopovou fólií, na kterou byly betonovány základové desky tl. 450 mm horní klenby štoly. Hydroizolační

The requirement for the minimum concrete strength of the upper vault during stripping was 6MPa. For the lower structures, the requirement for strength before the entry of the concrete form was 80% of the cubic strength and before the entry of other cars at least 7MPa.

Another works continued in line with the concreting of the upper vault. The first was the removal of the invert fill to the level of the concrete slab base. That was made of C12/15 concrete and sloped on both sides into the central drainage. The projected thickness of the sloped base concrete was 100mm, but during the implementation the designer's request for deepening the excavation to the level of compact and intact rock was issued and the thickness was then in the order of tens of centimeters (Fig. 7).

Continuously with this work, the implementation of infill concrete in invert vaults with the upper face sloped also to the central drainage was carried out. Fill concretes were made of concrete mix C16/20.



Obr. 9 Vzorový příčný řez únikovou štolou
Fig. 9 Standard cross section of escape gallery



Obr. 10 Montáž ocelové formy do únikové štoly
Fig. 10 Installation of a steel mold in the escape gallery

fólie uchycená na primární ostění má za úkol dovést vodu do paty klenby, která pak gravitačně steče do středové drenáže, která je vyspádována a zaústěna do boční drenáže v tunelu (obr. 9). Horní klenba se betonovala pomocí ocelového bednicího vozu, délka hotového bloku byla projektem stanovena na 6 m (obr. 10). Komplikaci při betonáži představovaly dva lomové úseky v trase štoly, kdy musely být z pláště formy složené ze 1,5 m dlouhých dílů opakovaně tyto díly odstrojeny a nahrazeny na míru vyrobenými lomovými segmenty. I přes tyto komplikace se betonáž definitivního ostění obešla bez větších obtíží a byla v čase, který si zhotovitel naplánoval, dokončena. Po dokončení betonáží horních kleneb proběhla betonáž tří dělicích příček, jedna u napojení štoly na tunel a dvě na jejím konci u portálu. Příčky slouží pro osazení protipožárních dveří a jsou v nich zabudovány prostupy pro vzduchotechniku. Poslední práce před vystrojením štoly technologiemi byla betonáž pochozí vrstvy – cementobetonový vyztužený kryt C 25/30 – XC3 – XF3 (SK) - C1 0,4 – Dmax 16, s vyspádováním k jedné straně, kde je osazen odvodňovací žlab po celé délce štoly (obr. 11).

KONEČNÉ TERÉNNÍ ÚPRAVY PORTÁLŮ

Západní portál

Konečné terénní úpravy v místě západního portálu se skládají ze tří základních konstrukcí. Jedná se o gabionový obklad, systém Krismer a vyztuženou horninovou konstrukci s drátokamenným lícem (obr. 12).

Gabionovým obkladem se vyplnily mezery mezi roznášecími železobetonovými svislými prahy, přes které jsou do masivu svahu kotveny lanové kotvy. Pod nejspodnější řadu gabionů bylo potřeba nejdříve udělat základ z prostého betonu. Samotné gabionové koše jsou s povrchovou úpravou Zn + Al, velikostí ok 25x100 mm a průměrem drátu min. 4 mm. Koše byly montovány na místě ze svařovaných gabionových panelů a kotveny do zdi portálového zářezu pomocí zemních hřebíků průměru 32 mm, které byly s gabionem spojeny pomocí kotevních desek. Tloušťka gabionu byla 400 mm, koše byly vysypány kamenivem frakce 63/180 a zbývající prostor ke stěně ze stříkaného betonu, přibližně 200 mm, byl vyplněn zásepem.

Systém Krismer byl navržen do oblasti nad zářez portálu, na plochy se stříkaným betonem. Jde o ocelovou třírozměrnou buňkovou konstrukci tl. 80 mm s antikorozi úpravou, která se kotví k podkladu pomocí závitových tyčí do stříkaného betonu. V případě, že tloušťka stříkaného betonu neodpovídá minimální tloušťce 200 mm, nebo je nutno kotvit mimo beton, použijí se zemní hřebíky. Buňky byly nakonec vysypány kamenivem 32–63 mm.



Obr. 11 Hotové betonáže v únikové štole
Fig. 11 Finished concretes in the escape gallery

Behind those workplaces, the laying and assembly of multi-channel block fittings continued, it was the PIPELIFE OPI 6W CPQ D125 system. On one side of the tunnel there were two bundles of 6 pieces and on the other side two bundles of 6 + 4 pieces. Behind these multi-channel bundles towards the lining, a DN150 fire drill was laid on both sides of the tunnel. The multi-channel shafts were realized as monolithic and finally closed by a concrete cover in a stainless steel frame. Each multi-channel bundle has shafts spaced 50m apart.

This work was followed by concreting of the pavement layer of sidewalks made of concrete class C25 / 30 XC3, XF3, C1 0.2 – Dmax 16 with a thickness of 100mm with a brush texture surface treatment in the transverse direction.

The final work consisted of the installation of stainless steel handles with built-in LED lighting and painting the safety markings of the tunnel (Fig. 8).

UPPER VAULT OF THE ESCAPE GALLERY

The escape gallery consists of 46 blocks of definitive lining with the designation U46–U1, of which U1 is a portal block. The requirements for concrete and waterproofing are the same as in the tunnel. Longitudinal drainage of the gallery is served by central drainage installed under the drainage concrete, protected from the upper side by a nop foil, on which the foundation slab, Th. 450mm, of gallery upper vault was concreted. The task of the waterproofing sheet attached to the primary lining is to bring water to the base of the vault, which then gravitationally flows into the central drainage, which is sloped and merges into the side drainage in the tunnel (Fig. 9). The upper vault was concreted using a steel formwork gantry, the length of the finished block was set by the project at 6m (Fig. 10). A complication during concreting was represented by two sharp turn sections in the gallery route, when the 1.5m long parts of the mold shell had to be repeatedly dismantled and replaced by custom-made sharp edge segments. Despite these complications, the concreting of the final lining went without major difficulties and was completed within the time planned by the contractor. After the concreting of the upper vaults was completed, the concreting of three partition walls took place, one at the connection of the gallery to the tunnel and two at its end at the portal. The partitions are used for fitting fire doors and for built-in passages for air conditioning. The last work before equipping the gallery with technologies was concreting the pavement layer – cement-concrete reinforced cover



Obr. 12 Pohled na konečné terénní úpravy západního portálu
Fig. 12 View of the final landscaping of the western portal

Poslední konstrukce použitá na západním portále byla vyztužená horninová konstrukce s drátokamenným lícem. Touto konstrukcí byla zakryta hloubená část tunelu, kdy od paty posledního bloku P1 konstrukce terasovitě odskakovala směrem do tunelu, až nahoře vznikl přibližně 5 m dlouhý odskok oproti patě bloku. Tubus hloubené části tunelu byl již dříve izolován fóliovou PVC izolací tl. 3 mm a stříkanou dvoukomponentní hydroizolací PC 4840 PU-REA tl. 3 mm. Rozhraní obou izolací bylo ochráněno pomocí trvale pružného tmele a nerezové pásoviny po obvodu (obr. 13). Hotová izolace hloubené části se potáhla ochrannou geokompozitní

C 25/30 – XC3 – XF3 (SK) – Cl 0,4 – Dmax 16, with a slope to one side, where a drainage gutter is installed along the entire length of the gallery (Fig. 11).

FINAL LANDSCAPING OF PORTALS

Western portal

The final landscaping at the site of the western portal consists of three basic structures. These are a gabion cladding, the Krismer system and a reinforced rock structure with a wire-stone face (Fig. 12).

The gaps between the spreading reinforced concrete vertical sills, through which cable anchors are anchored to the slope massif, were filled with Gabion cladding. Under the lowest row of gabions, it was first necessary to make a foundation of plain concrete. The gabion baskets are with Zn + Al surface treatment, mesh size 25x100mm and wire diameter min. 4mm. The baskets were assembled on site from welded gabion panels and anchored to the portal wall using 32mm diameter ground nails, which were connected to the gabion by means of anchor plates. The thickness of the gabion was 400mm, the baskets were filled with aggregate fraction 63/180 and the remaining space to the shotcrete wall, approximately 200mm, was filled with backfill.

The Krismer system was designed for the area above the portal, for areas with shotcrete. It is a steel three-dimensional cell structure of Th. 80mm with anti-corrosion treatment, which is anchored to the base using threaded rods in shotcrete. If the thickness of the shotcrete does not correspond to the minimum thickness of 200mm,



Obr. 13 Rozhraní fóliové a stříkané hydroizolace na západním portálu
Fig. 13 Interface of the sheet, and the sprayed waterproofing of western portal

drenážní matrací MacDrain M1221 požadované tloušťky 50 mm, která sloužila proti mechanickému poškození izolací při zpětném zásypu. Konstrukce zpětného zásypu byla stavěna na betonový základ, kdy po obvodu tělesa byly skládány vodorovné gabiony jako drátokamenný prvek a přes ně směrem k hotovému ostění tunelu byly taženy pásy výztužné geomříže do zásypu, který byl po vrstvách hutněn. Původně měl být zásyp tvořen vhodným materiálem z tunelu, ale ukázalo se, že vytěžený materiál nedosahuje požadovaných kvalitativních parametrů, a proto byl vhodný materiál nakonec nakoupen v lomu.

Nad poslední etáží vyztužené horninové konstrukce byla celá její plocha uzavřena drátokamennou konstrukcí tloušťky 0,3 m.

Východní portál

Hloubená část východního portálu tunelu byla navržena obdobně jako západní hloubená část se zpětným zásypem. Celá délka 71 m dlouhého úseku hloubené části byla navržena jako zasypaná, kdy na jedné straně hranu zásypu definuje stěna stavební jámy a nad ní rostlý svah, a na druhé straně bylo třeba vytvořit opěrnou stěnu z betonových tvarovek systému pero – drážka, průběžně, jako na druhém portálu, provazovanými do zpětného zásypu výztužnou geomříží a se současným hutněním zásypu. Čelní stěna byla navržena jako metr tlustá monolitická konstrukce s obtištěnou maticí s nápisem Milochovo, hornickým znakem a letopočtem. Na levé straně byla k čelní stěně připojena stejná konstrukce betonových tvarovek jako u hloubené části a je z ní vytvořeno silniční těleso pro

or it is necessary to anchor outside the concrete, earth nails are used. The cells were finally filled with 32–63mm aggregate.

The last structure used on the western portal was a reinforced rock structure with a wire-stone face. This structure covered the open cut part of the tunnel, when from the foot of the last block P1 the structure terraced in the direction of the tunnel, until at the top there was an approximately 5m long distance to the foot of the block. The tube of the open cut part of the tunnel was previously insulated with PVC sheet waterproofing th. 3mm and sprayed with two-component waterproofing PC 4840 PUREA th. 3mm. The interface of both insulations was protected by a permanently flexible sealant and a stainless steel strip around the perimeter (Fig. 13). The finished insulation of the open cut part was coated with a protective geocomposite drainage mattress MacDrain M1221 of the required thickness of 50mm, which served against mechanical damage to the insulation during backfilling. The backfill structure was built on a concrete slab, where horizontal gabions were placed around the perimeter of the body as a wire-stone element and strips of reinforcing geogrid were pulled over them towards the finished tunnel lining into the backfill, which was compacted in layers. Originally, the backfill was to be made of suitable material from the tunnel, but it turned out that the extracted material did not reach the required quality parameters, and therefore the suitable material was eventually purchased in the quarry.

Above the last floor of the reinforced ground structure, its entire area was closed by a 0.3m thick wire-stone structure.



Obr. 14 Pohled na realizaci terénních úprav východního portálu

Fig. 14 A view of the implementation of landscaping of the eastern portal



Obr. 15 Rozpracované terénní úpravy portálu únikové štoly
Fig. 15 Work in progress of the landscaping of the escape gallery portal

komunikaci vedoucí nad portálem tunelu dále do obce Milochovej. Celý zasypaný portál je obehnaný ocelovým zábradlím výšky 1100 mm (obr. 14).

Úniková štola

Na portále únikové štoly byla navržena jako ochrana kolem stěn zářezu stavební jámy vyztužená horninová konstrukce, která bude po výšce jámy postupně uskakovat směrem ke stěně portálu a přední odstupňovaná strana bude zakryta protierozní konstrukcí z 3D panelů, vyplněnou kamenivem frakce 32–63 mm a pokryta vegetační zeminou. Nástupní plocha samotného portálu s plochou 501 m² bude pokryta vegetačními tvárnicemi (obr. 15).

ZÁVĚR

Tunel Milochovej je pro firmu Subterra a.s. první tunelovou zakázkou realizovanou na území SR. I přes úskalí, kterým musel v průběhu výstavby tým divize 1 čelit, se podařilo tunel prorazit i realizovat definitivní ostění v požadovaných termínech a kvalitě. V září 2021 probíhaly ze strany divize 1 v tunelu už jen dokončovací práce na řezání a tmelení dilatačních spár v chodnicích a konečné terénní úpravy portálu únikové štoly. Ostatní dodavatelé v rámci Združenie Nimnica čekají dokončovací práce v rámci vystrojení tunelu technologiemi, od elektroinstalací až po sypání šterkového lože a pokládku kolejového roštu. Předpoklad spuštění jedné ze dvou kolejí do předčasného užívání je v prosinci roku 2021.

Ing. PETR VELIČKA,
veli.petr@seznam.cz, Subterra a.s.

Recenzoval Reviewed: Ing. Vladimír Prajzler

Eastern portal

The open cut part of the eastern portal of the tunnel was designed similarly to the western open cut part with backfill. The entire length of the 71m long section of the open cut part was designed as backfilled, where on one side the backfill edge is defined by the wall of the construction pit and the ground slope above it, and on the other side it was necessary to create a retaining wall from concrete blocks fitted with the tongue-and-groove system, continuously, like at the second portal, connected to the backfill by a reinforcing geogrid and with simultaneous compaction of the backfill. The front wall was designed as a meter-thick monolithic structure with an imprinted matrix with the inscription Milochovej, the mining emblem and the year. On the left side, the same construction of concrete blocks was connected

to the front wall as for the open cut part, and a road structure is formed from it for the road leading above the tunnel portal to the village of Milochovej. The entire backfilled portal is surrounded by an 1100mm high steel railing (Fig. 14).

Escape gallery

A reinforced ground structure was designed at the portal of the escape gallery as a protection around the walls of the construction open pit, which will gradually terrace towards the portal wall along the pit wall height and the front stepped side will be covered with anti-erosion structure from 3D panels, filled with 32–63mm fraction aggregate and covered with vegetation soil. The entrance area of the portal itself with an area of 501m² will be covered with vegetation blocks (Fig. 15).

CONCLUSION

The Milochovej tunnel is the first tunnel contract realized in the Slovak Republic for the Subterra Company. Despite the difficulties that the Division 1 team had to face during the construction, the team managed to break through the tunnel and implement the final lining in the required milestones and quality. In September 2021, only finishing work for cutting and sealing dilation joints in sidewalks and final landscaping of the escape gallery portal is underway from Division 1 in the tunnel. Other suppliers of the Nimnica joint venture are awaiting finishing work as part of equipping the tunnel with technologies, from electrical installations to gravel fill and laying the rail grate. The premise of launching one of the two tracks into early use is expected in December 2021.

Ing. PETR VELIČKA,
veli.petr@seznam.cz, Subterra a.s.

LITERATURA / REFERENCES

Projektová dokumentace

- [1] „ŽSR, Modernizácia trate Púchov – Žilina, pre rýchlosť do 160 km/h, I. etapa, Optimalizácia“. Dokumentácia pre realizáciu stavby. Bratislava, Reming Consult, a.s., 2018
- [2] Tunel Milochovej – předpoklad projektu a skutečnost. *Tunel*, 2/2019

TUNEL KRAMER – RAŽBA Z JIŽNÍHO PORTÁLU

KRAMER TUNNEL – EXCAVATION FROM THE SOUTHERN PORTAL

JAN KUBEK, DANIEL JOSEFIK, PAVEL FARSKÝ

ABSTRAKT

Článek popisuje stavbu více než 3600 m dlouhého silničního tunelu Kramer v Německu, spolková země Bavorsko. Navazuje na předchozí články a věnuje se pouze ražbám z jižního portálu. Jedná se o geologicky velmi pestré prostředí kramerského masivu s vydatnými přítoky vody. V prostoru zařízení staveniště muselo být zbudováno vysoce kapacitní vodní hospodářství, jež plnilo tradičně velmi přísné německé limity pro kvalitu vypouštěných vod. Ražby z tohoto portálu probíhaly vždy zároveň na několika pracovištích ve výrazně odlišných třídách ražnosti, což kladlo vysoké nároky na organizaci práce a logistiku, zejména bylo nutné neustále přizpůsobovat pracovní a technologické postupy nejen měnícím se hydrogeologickým poměrům, ale i nutnosti zajištění maximálního kontinuálního výkonu na všech tunelových pracovištích. To vše za dodržení velmi přísných protikoronavirových opatření.

ABSTRACT

The article describes the construction of the more than 3,600m long Kramer road tunnel in Germany, Bavaria. It builds on previous articles and deals only with excavations from the southern portal. It is a geologically very diverse environment of the Kramer massif with abundant water inflows. High-capacity water management had to be built in the area of the construction site, which traditionally met very strict German limits for the quality of discharged water. Excavations from this portal always took place at the same time at several workplaces in significantly different tunneling classes, which placed high demands on work organization and logistics, especially it was necessary to constantly adapt work and technological procedures not only to changing hydrogeological conditions, but also to the need to ensure maximum continuous performance at all tunnel workplaces. All this in compliance with very strict anti-coronavirus measures.

ÚVOD

Silniční tunel Kramer na nově budovaném úseku silnice B23 délky 5,6 km je základní součástí severozápadního obchvatu města Garmisch-Partenkirchen a po svém dokončení bude sloužit k odklonění tranzitní dopravy mimo centrum města. Tunel celkové délky 3609 m je koncipován jako jednotubusový, dvoupruhový, s jedním jízdním pruhem pro každý směr jízdy. Bezpečnostní koncepce tunelu je vyřešena paralelně vedenou průjezdnou únikovou štolou. Podstatná část únikové štoly byla v letech 2011 až 2013 vyražena jako štola průzkumná a přispěla ke zmenšení rizik plynou-

INTRODUCTION

The Kramer road tunnel on the newly built 5.6km section of the B23 road is an essential part of the north-western bypass of Garmisch-Partenkirchen and, when completed, will serve to divert transit traffic outside the city center. The tunnel with a total length of 3609m is designed as a single-tube, two-lane, with one lane for each direction of travel. The safety concept of the tunnel is solved by a parallel escape gallery. A substantial part of the escape gallery was excavated in the years 2011 to 2013 as an exploration adit and contributed to the reduction of risks arising from the affected geological environment and to the design of an optimal tunnel solution.

The investor of this construction is the Federal Republic of Germany, represented by the Staatliches Bauamt Weilheim. The contractor of the part of the construction in question is ARGE Kramertunnel – a joint venture of BeMo Tunneling GmbH and Subterra a.s. The tunnel part of the construction should be completed and handed over to the investor in 2023, the commissioning of the entire bypass, including the tunnel, is planned in 2024 (Fig. 1).

The whole construction is divided into the main tunnel (Fig. 2), which includes six emergency bays (PB01–PB06) at a distance of about 500m (Fig. 3), an escape gallery in which there are 13 safety widenings (AW01–AW13) – every approx. 250m. Both tunnels are connected by six drive-through (FQ01–FQ06) and seven



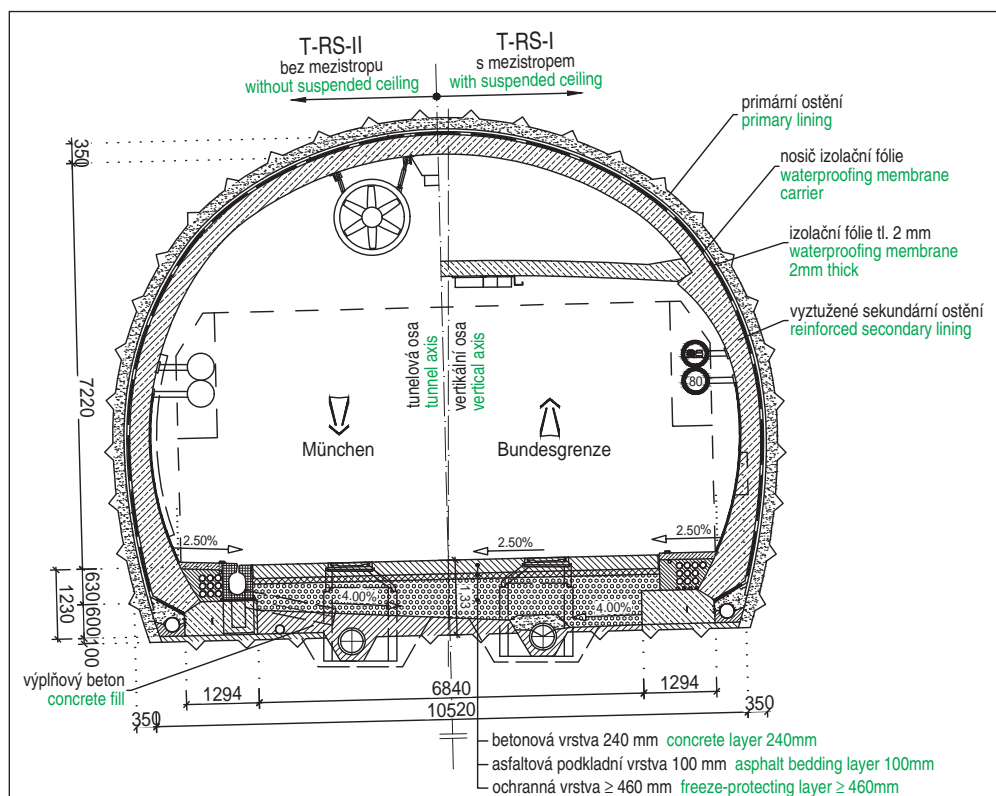
Obr. 1 Pohled z tunelu na masiv Zugspitze, jižní portál
Fig. 1 View from the tunnel on the Zugspitze massif, southern portal

cích ze zastiženého geologického prostředí a k navržení optimálního řešení tunelu. Investorem této stavby je Spolková republika Německo, zastoupená Staatliches Bauamt Weilheim. Zhotovitelem předmětné části stavby je ARGE Kramertunnel – sdružení firem BeMo Tunnelling GmbH a Subterra a.s. Tunelová část stavby by měla být dokončena a předána investorovi v roce 2023, zprovoznění celého obchvatu, včetně tunelu, je plánováno v roce 2024 (obr. 1).

Celá stavba je rozdělena na hlavní tunel (obr. 2), jehož součástí je šest nouzových zálivů (PB01–PB06) ve vzdálenosti cca 500 m (obr. 3), únikovou štolu, v níž se nalézají 13 bezpečnostních rozšíření (AW01–AW13) – každých cca 250 m. Oba tunely spojuje šest průjezdných (FQ01–FQ06) a sedm průchozích (GQ01–GQ07) propojek (vždy v místech rozšíření štol, průjezdné propojky vedou zároveň do nouzového zálivu hlavního tunelu). Staničení, a tedy i číslování prvků, začíná na severním portálu (ve směru od Mnichova) a roste směrem na jih. Ze severního portálu byl ražen úsek k první průjezdné propojce, a poté ražba pokračovala přes sesuvné pásmo (Bergstutz) až na začátek nouzového zálivu PB02, kde proběhne prorážka v kalotě v listopadu 2021. Větší část z 3,6 km dlouhého tunelu byla vyražena z jižního portálu, odkud byla rovněž zahájena betonáž definitivního ostění. Kromě ražeb bylo nutné paralelně reprofilovat a sanovat únikovou štolu. Ta byla jako průzkumná v minulosti vyražena v délce cca 500 m, tj. k průjezdné propojce FQ01, ze severního portálu a 2,5 km z jižního portálu – k průchozí propojce GQ02. Zbývalo tedy dorazit ještě cca 450 m štolu procházející pásmem v problematickém sesuvu.

GEOLOGICKÁ A HYDROGEOLOGICKÁ SITUACE

Jižní portál tunelu Kramer se nachází na jihozápadním úpatí kramerského masivu, které je charakterizováno převážně rovinným územím s převládajícími vrstvami nesoudržných kvartérních sedimentů charakteru štěrků. Toto území je formováno zejména horským potokem Durerlaine, který prochází oblastí hloubeného úseku jižního portálu a jehož silné jarní přítoky s sebou nesou materiál z vyšších nadmořských poloh. V této oblasti se předpokládaly silné přítoky podzemních vod, ke snížení hladiny byla podél osy tunelu vybudována odvodňovací galerie. Vodní režim negativně působil i na již vybudovanou únikovou štolu, která byla po celou dobu výstavby ovlivněna silnými přítoky podzemních vod. Oblast nesoudržných zemin představovala prvních přibližně 250 metrů ražby, kde po úvodních 70 metrech ražeb byly zastiženy štěrko-pískové vrstvy s určitou soudržností, která výrazně pomohla stabilitě čelby a umožnila rychlejší postup prací. Štěrkopískové vrstvy začaly být po přibližně 200 metrech v kalotě nahrazovány dolomitickými souvrstvími, směr ražby zde byl proti sklonu uložení štěrko-písku na dolomitických souvrstvích. Další 1800 metrů ražby procházelo dolomity, které zde dosahují mocností až 1000 metrů.

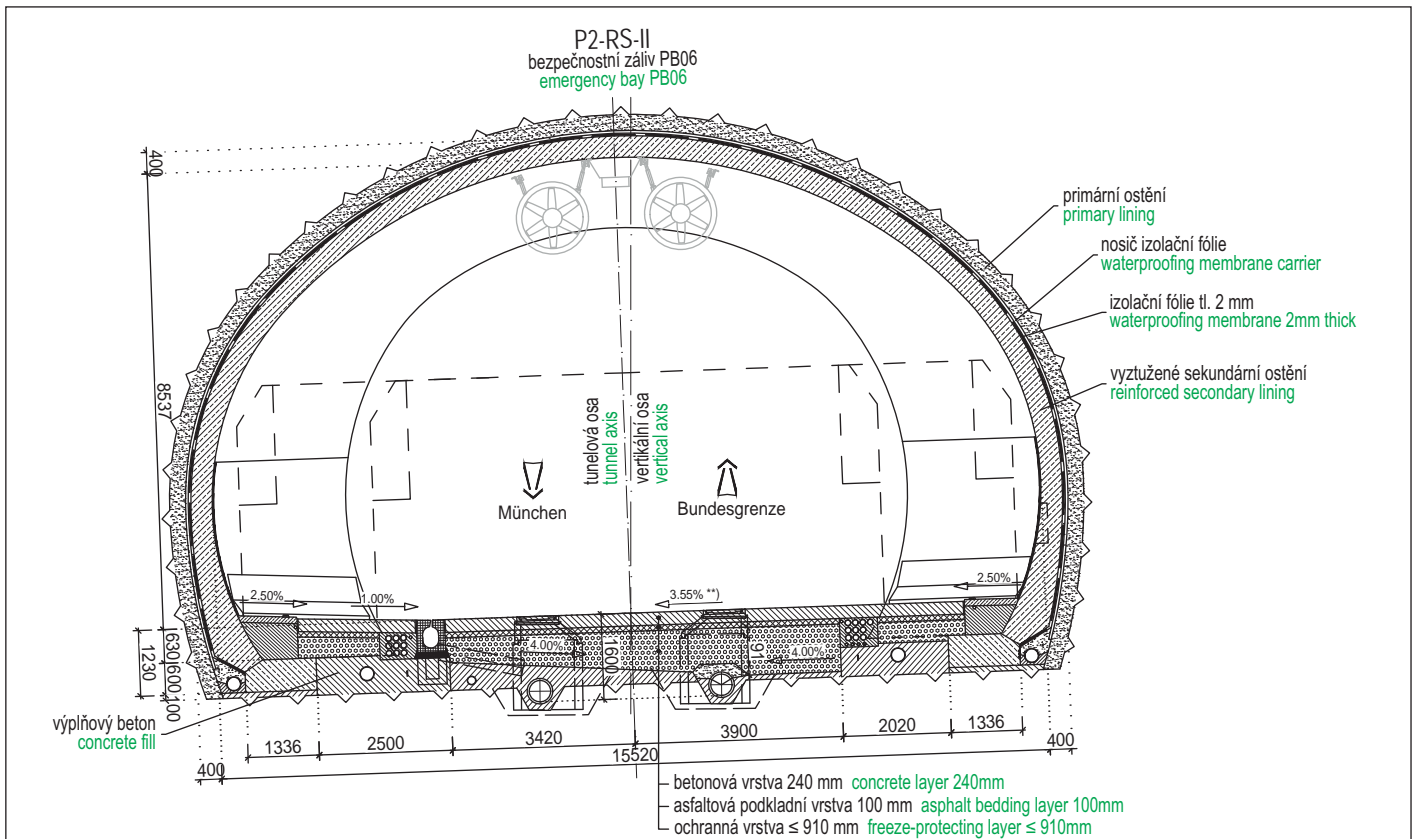


Obr. 2 Příčný řez profilem tunelu v úseku s otevřeným dnem
Fig. 2 Cross section of the tunnel profile in the open invert section

walk-through (GQ01–GQ07) cross-passages (always in the places of the gallery widening, the drive-through cross-passages lead to the emergency bay of the main tunnel at the same time). The stationing, and thus the numbering of the elements, begins from the northern portal (in the direction from Munich) and grows towards the south. A section was excavated from the northern portal to the first drive-through cross-passage, and then the excavation continued through the landslide zone (Bergstutz) to the beginning of the emergency bay PB02, where the top heading breakthrough will take place in November 2021. Most of the 3.6km long tunnel was excavated from the southern portal, from where the concreting of the final lining was also started. In addition to the excavations, it was necessary in parallel to re-profile and rehabilitate the escape gallery. In the past, it was excavated in the length of about 500m, ie to the drive-through cross-passage FQ01 from the northern portal, and 2.5km from the southern portal – to the walk-through cross-passage GQ02. It remained to drive about 450m of the gallery passing through the zone in the problematic landslide.

GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL SITUATION

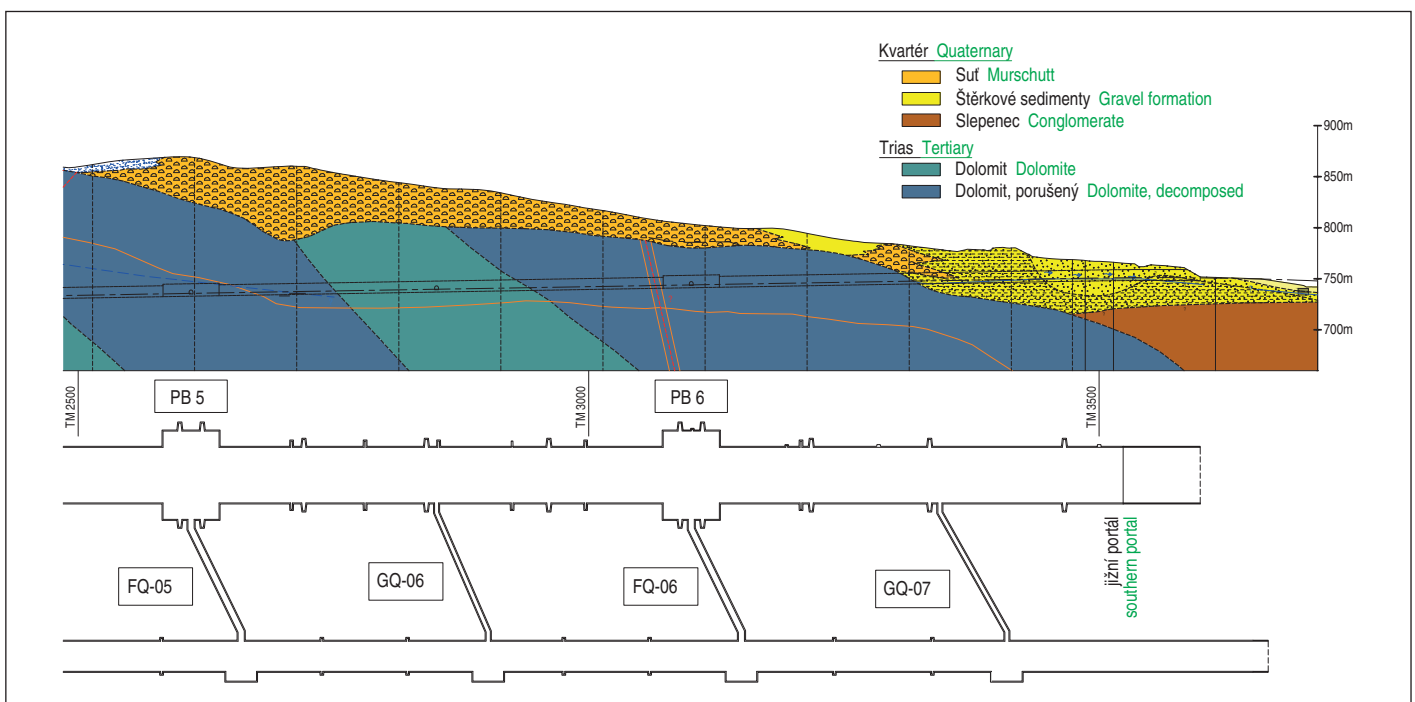
The southern portal of the Kramer tunnel is located at the southwestern foot of the Kramer massif, which is characterized by a predominantly flat area with predominant layers of cohesionless Quaternary gravel. This area is formed mainly by the mountain stream Durerlaine, which passes through the area of the excavated section of the southern portal and whose strong spring tributaries carry with them material from higher altitudes. Strong groundwater inflows were expected in this area, and a drainage gallery was built along the tunnel axis to reduce the level. The water regime also had a negative effect on the already built escape gallery, which was affected by strong groundwater inflows throughout the construction period. The area of cohesionless ground represented the first approximately 250meters of excavation, where after the initial



Obr. 3 Příčný řez profilem tunelu v úseku oboustranného nouzového zálivu
 Fig. 3 Cross-section of the tunnel profile in the section of the double-sided emergency bay

Toto souvrství obsahuje jak kompaktní lavičovitě uložené dolomitické vápence s vysokou pevností, tak oblasti s vysokým stupněm porušení. Obecně tuto oblast charakterizovaly, kromě hornin s vysokou pevností, i malé přítoky podzemních vod, lokálně však docházelo i k zastížení zvodnělých poruchových pásem. Z petrologického hlediska se jedná o horninu s vysokým podílem dolomitu, s občasným výskytem diskretních ropných kontaminací fosilního původu (obr. 4).

70 meters of excavation, gravel-sand layers with a certain cohesion were found, which significantly helped the stability of the face and allowed faster work progress. The gravel-sand layers began to be replaced by dolomitic formations after approximately 200 meters in the top heading, the direction of excavation here was against the slope of the gravel-sand deposit on dolomitic formations. Another 1,800 meters of excavation passed through the Dolomites, which reached thicknesses of up to 1,000 meters. This formation contains



Obr. 4 Geologický řez
 Fig. 4 Geological cross-section



Obr. 5 Letecký pohled na portál jižního tunelu a únikové štoly
Fig. 5 Aerial view of the portal of the southern tunnel and the escape gallery

KONCEPCE A PRŮBĚH RAŽEB

Zařízení staveniště

Při budování zařízení staveniště byla zohledněna řada faktorů, které by mohly později ovlivnit ražby. Přímo na staveništi byla vybudována mobilní betonárna, která měla za úkol zásobovat jak ražby, tak později i betonování definitivního ostění v maximálně flexibilním režimu. Na jižním portálu byla rovněž standardně vybudována hala dílen pro opravu strojů, čerpací stanice, nádrže pro skladování komponentů emulzní trhavy a sklad rozbušek (obr. 5).

Vyřešit bylo třeba také velké předpokládané přítoky vody z tunelu. Kvůli zpracování a vyčištění této vody bylo postaveno šest

both compact bench-shaped dolomitic limestones with high strength and areas with a high degree of failure. In general, besides the high-strength rocks, this area was also characterized by small inflows of groundwater, but locally, saturated fault zones were also found. From the petrological point of view, it is a rock with a high proportion of dolomite, with the occasional occurrence of discrete oil contaminations of fossil origin (Fig. 4).

CONCEPT AND COURSE OF EXCAVATIONS

Site facilities

When building the construction staging area, a number of factors were taken into account that could later affect the excavations. A mobile concrete plant was built directly on the construction site, which had the task of supplying both excavations and later concreting of the final lining in the most flexible mode. On the southern portal, a hall for machine repair shops, a pumping station, tanks for storing emulsion explosive components and a detonator warehouse was also built as standard (Fig. 5).

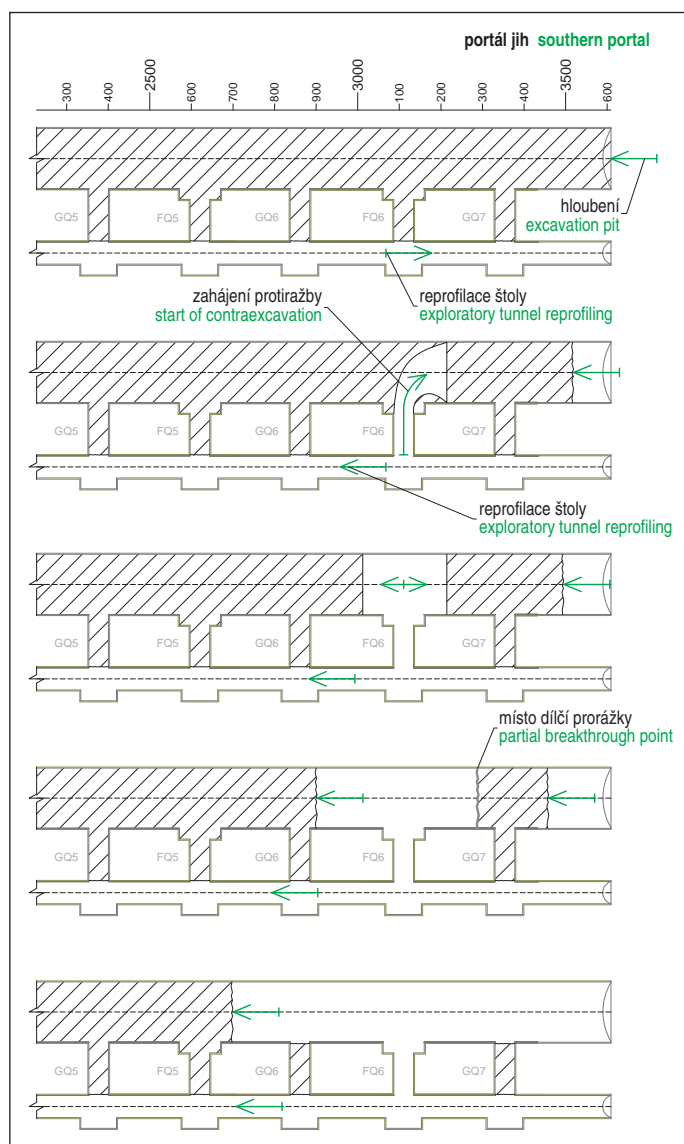
It was also necessary to solve large expected inflows of water from the tunnel. Due to the treatment and purification of this water, six large settling tanks were built, which were followed by a large-capacity neutralization station. Additionally, three large tanks were built in the area of the southern cut, where coarse sludge was captured from the smaller settling tanks from the entire construction site. This sediment was dewatered by centrifuge and then transported from the construction site in dried and compressed form. The treated and purified water was then discharged into a local watercourse, with regular weekly sampling carried out by an independent laboratory under the supervision of the locally competent water authority (Fig. 6).



Obr. 6 Jižní portál, sedimentační nádrže a neutralizační stanice
Fig. 6 South portal, sedimentation tanks and neutralization station

velkých usazovacích nádrží, na které navazovala velkokapacitní neutralizační stanice. Dodatečně byly v prostoru jižního zářezu zbudovány tři velké nádrže, kde se zachycovaly hrubé kaly z menších usazovacích nádrží z celé stavby. Tento sediment byl odvozen pomocí centrifugy a poté ve vysušené a slisované formě odvážen ze stavby. Upravená a vyčištěná voda se následně vypouštěla do lokální vodoteče, přičemž probíhaly pravidelné týdenní odběry vzorků prováděné nezávislou laboratoří pod dohledem místně příslušného vodoprávního úřadu (obr. 6).

Před začátkem stavby tunelu již byla vybudována komunikace vedoucí od jižního portálu k cca 1,3 km vzdálené řece Loisach. Ta se plně využila částečně jako skladovací plocha pro materiál a zejména jako velká mezideponie, na které probíhaly zkoušky rubaniny pro její zařídění podle kontaminace. Z ní probíhal odvoz k následnému skládkování, anebo využití i na jiných stavbách v regionu. Pro mezideponii byla podél stávající komunikace v úseku dlouhém přibližně 400 m zřízena plocha o šířce až 35 m. Vyasfaltování této plochy minimalizovalo vsakování vod do podloží, což bylo důležité zejména u materiálu ze sádrovcové vrstvy, která byla zastížena při ražbách ze severního portálu, a pro materiál ze spodních vrstev vozovek v oblasti severního portálu, který byl silně znečištěn dehtovými produkty z předchozích staveb. Asfaltový povrch umožnil též po dobu výstavby udržet oboustranný sklon ke středu staveništní komunikace, který odvádí veškerou vodu do neutralizační stanice v nejnižším bodě



Obr. 7 Schéma postupu pracovišť
Fig. 7 Workprogress diagram

Before the start of tunnel construction, a road leading from the southern portal to the Loisach River, about 1.3km away, was already built. It was fully used partly as a storage area for the material and especially as a large intermediate landfill, on which tests of the muck for its classification according to contamination were carried out. It was transported for subsequent landfilling, or use in other construction sites in the region. An area up to 35m wide was established for the intermediate landfill along the existing road in a section approximately 400m long. Asphalted of this area minimized the infiltration of water into the subsoil, which was especially important for gypsum layer material, which was found during excavations from the northern portal, and for pavement bottom layers in the northern portal area, which was heavily contaminated with tar products from previous construction. The asphalt surface also made it possible to maintain a bilateral slope towards the center of the construction site road, which drains all the water to the neutralization station at the lowest point of the intermediate landfill during the construction period. According to German regulations, the individual deposits of muck must be tested regularly, always in increments of about 500m³, which corresponded to the tests usually performed every day dependign on the achieved advance rates, while the number of samples taken depends on the local standard and the specific size of the deposit. The samples were analyzed in the laboratory, in case of heavy contamination of the material, an additional analysis had to be performed, the so-called deponieverordnung, used to determine a suitable landfill. The deposit had to be released by the investor for removal. In the case of good quality of the muck, especially of dolomitic formations, a crusher located at the end of the intermediate landfill was used, the product of which was transported directly to individual customers. However, this material was not suitable for use in the construction of the tunnel.

The concept of excavations

The planning of the excavations was subject to the fulfillment of three important aspects. The most important was the achievement of a contractually binding time milestone for the start of excavations from the southern portal on 6 April 2020, the violation of which threatened with a high financial penalty. The second goal was to reach the place of the planned breakthrough as quickly as possible and the associated commissioning of the transport route for excavation and ventilation through the reconnaissance (future escape) gallery. The third task was to excavate the top heading, the bench and the invert as quickly as possible between the southern portal and the first adjoining FQ06 drive-through cross-passage, which enabled the start of work on the final lining of the tunnel. To meet the time schedule, parallel excavations were started from the open cut of the southern portal, as well as excavations from the tunnel escape gallery via the cross-passage (FQ06). The excavation plan diagram is shown in Fig. 7.

Excavations from the southern portal

The first phase of the work consisted of excavations from the southern portal. The cut of the southern portal began to be built during the establishment of the construction site (December 2019), so that work on the excavations could begin as soon as possible. An unexpected problem occurred during the completion of the cut, as the construction was significantly affected by the incipient coronavirus pandemic. The work had to be interrupted for about three weeks. Following an agreement with the investor, the deadline for the start of excavations from the southern portal was postponed to April 26, 2020. After the improvement of conditions

mezideponie. Jednotlivé haldy rubaniny musí být podle německých předpisů pravidelně zkoušeny, a to vždy cca po 500 m³, což odpovídalo při dosahovaných postupech zkouškám zpravidla každý den, přičemž počet odebraných vzorků se řídí místní normou a konkrétní velikostí haldy. Vzorky byly analyzovány v laboratoři, při silném znečištění materiálu se musela provést ještě dodatečná analýza, tzv. Deponieverordnung, sloužící pro určení vhodné deponie. K odvozu musela být halda uvolněna investorem. V případě dobré kvality rubaniny zejména dolomitických souvrství se využívala drtička umístěná na konci mezideponie, jejíž produkt se odvážel přímo jednotlivým odběratelům. Pro využití v rámci výstavby tunelu však tento materiál vhodný nebyl.

Koncepce ražeb

Plánování ražeb se podřídl splněním tří důležitých aspektů. Nejdůležitějším bylo dosažení smluvně závazného časového milníku pro začátek ražeb z jižního portálu dne 6. 4. 2020, při jehož porušení hrozila vysoká finanční penalizace. Druhým cílem bylo co nejrychlejší dosažení místa plánované prorážky a s tím spojené zprovoznění dopravní cesty pro ražbu a větrání přes průzkumnou (budoucí únikovou) štolu. Třetím úkolem bylo co nejrychlejší vyrazení kaloty, opěří a dna mezi jižním portálem a první navazující průjezdnou propojkou FQ06, což umožnilo zahájení prací na definitivním ostění tunelu. Pro splnění časového plánu byly zahájeny paralelní ražby z hloubeného zářezu jižního portálu, a dále ražby z únikové štolu tunelu přes propojku (FQ06). Schéma ražeb znázorňuje obr. 7.

Ražby z jižního portálu

První etapu prací tvořily ražby z jižního portálu. Zářez jižního portálu se začal budovat již při zřizování zařízení staveniště (prosinec 2019), tak aby práce na ražbách mohly být zahájeny co nejdříve. Při dokončování zářezu se vyskytl nečekaný problém, protože stavbu výrazně zasáhla začínající koronavirová pandemie. Práce musely být přibližně na tři týdny přerušeny. Po dohodě s investorem se termín milníku začátku ražeb z jižního portálu posunul na 26. 4. 2020. Po zlepšení podmínek a možnosti obnovení prací byl přes převrtávané piloty vyvrtán mikropilotový deštník pro zajištění prvních metrů ražeb. Poté bylo nutno zbudovat ještě odvodňovací galerii a soustavu drenážních vrtů v únikové štolu, tak aby bylo zajištěno efektivnější trvalé snížení hladiny podzemních vod v úseku „Durerlaine“. Vrtvy se sklonem 15° ke stávajícímu ostění únikové štolu byly naprojektovány v úseku dlouhém 100 m ve směru ražeb budoucího tunelu, vždy po třech kusech každých deset metrů. Nově stanovený termín byl splněn a ražby po ukončení všech přípravných prací mohly být zahájeny včas.

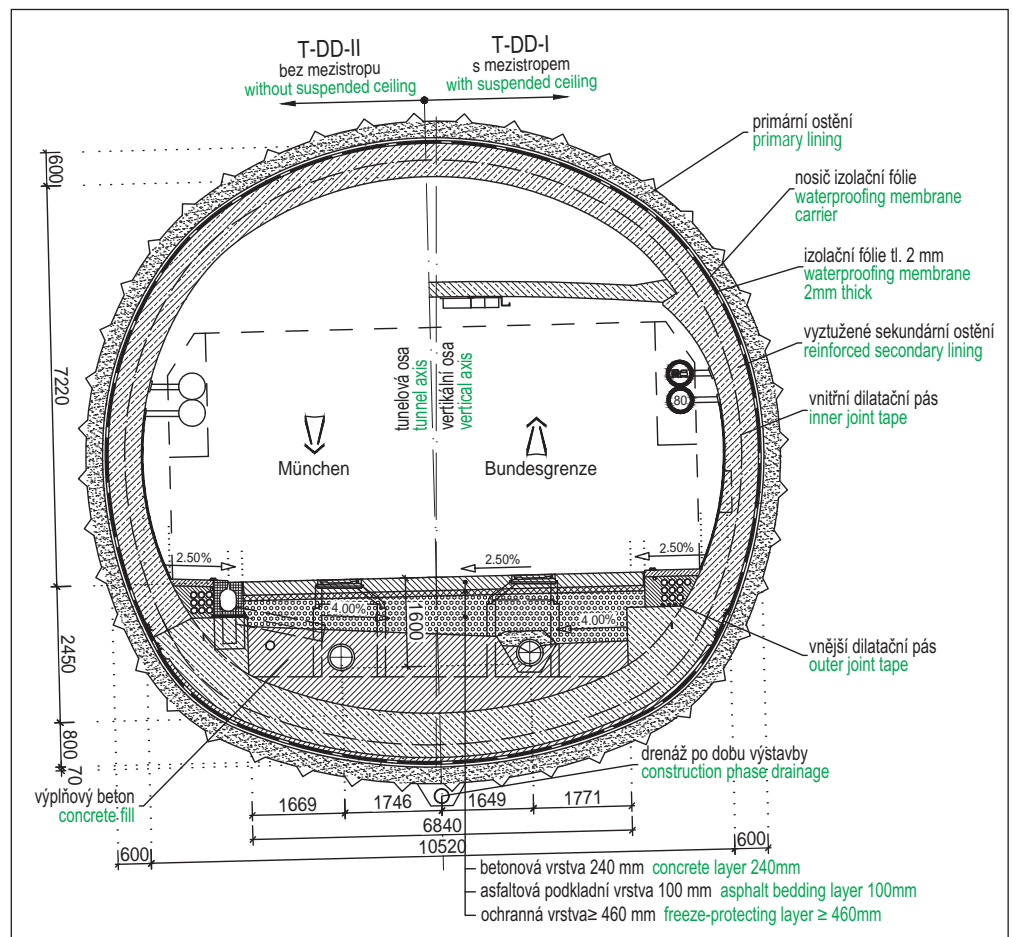
Velkou výzvu od začátku představovaly nebezpečné štěrkopískové vrstvy, jejichž soudržnost kvůli velice malému nadloží byla silně ovlivňována dešťovými srážkami. Parametry těchto hornin se průběžně zlepšovaly během celého průběhu ražeb cemento-bentonitovou nízkotlakou



Obr. 8 Jižní portál tunelu, částečně otevřená pilotová stěna s vyznačeným rasterem pro injektáž čelby

Fig. 8 South portal of the tunnel, partially open pile wall with marked grid for face grouting

and the possibility of resumption of work, a micropile umbrella was drilled through the drilled piles to secure the first meters of excavations. After that, it was necessary to build a drainage gallery and a system of drainage wells in the escape gallery, so as to ensure a more effective permanent reduction of the groundwater level in the “Durerlaine” section. Boreholes with an inclination of 15° to the existing lining of the escape gallery were designed in a section 100m long in the direction of the excavation of the future tunnel, three pieces every ten meters. The newly set deadline was met and



Obr. 9 Příčný řez tunelu s protiklenbou

Fig. 9 Cross section of tunnel with an invert vault

injektáží. Ta musela začít již před zaražením do pilotové portálové stěny (obr. 8). Jednotlivé piloty byly v předem definovaném rastru provrtány a hornina za nimi byla důkladně proinjektována. Počáteční fáze ražeb z jižního portálu se vyznačovala menšími denními výkony kvůli složitému horninovému prostředí a nutností jeho vysoké míry zajištění. Situaci na krátkou dobu zkomplikovalo náhlé zvýšení hladiny podzemní vody v důsledku přívalového deště v polovině června 2020, které se nepodařilo dočasně snížit v předstihu vybudovanou odvodňovací galerií a soustavou odvodňovacích vrtů. Během ražby bylo proto nutno instalovat do předpolí samozávrtné drenážní roury o průměru 118 mm s cílem koncentrovat přítoky vody z větší plochy do jednoho bodu, a tím i umožnit zajištění čelby a boků výrubu stříkaným betonem. Ražby v kalotě v tomto směru probíhaly pouze do prostoru přechodu ze štěrkopísku do dolomitických souvrství, kde se plánovala prorážka. K tomuto přechodu dospěla již ze směru od propojky FQ06 tzv. „protiražba jih“ (jednalo se o ražbu v hlavní tunelové trubě ve směru k jižnímu portálu, která byla realizována z únikové štoly přes propojku FQ06), a poté byl tento úsek tunelu ze směru od jižního portálu proražen. Po dokončení kaloty bylo dobráno i opěří a dno. Tím se uvolnila tato část tunelu pro zahájení přípravných prací pro definitivní ostění (obr. 9).

Ražby z únikové štoly přes jižní portál

Pro započetí ražeb z únikové štoly musely být splněny určité podmínky. Protože štola byla vyražena mezi lety 2011 a 2013, bylo v první řadě nutné provést sanaci stávajícího ostění a jeho reprofilaci. Ta probíhala prioritně od začátku roku 2020 od průjezdné propojky FQ06 směrem k jižnímu portálu, aby zde mohla co nejdříve vést cesta pro dopravní obsluhu ražeb. Problematický byl úsek od průchozí propojky GQ07 k portálu, ten totiž prochází přes Durerlaine na přítokové straně, a tudíž jsou horniny v této oblasti silně zvodnělé. Vzhledem k tomu, že štola s úpadním sklonem ještě nebyla proražena a další úseky bylo také nutno sanovat a reprofilovat, musela být veškerá voda čerpána ven ze štoly. Sanace klenby štoly probíhala bez větších komplikací. Náročné bylo vyřešit sanaci protiklenby tak, aby co nejvíce vody odtékalo samospádem i přes nepříznivý sklon ze štoly přes jižní portál, a tudíž aby bylo co nejméně nutné čerpat. To se vyřešilo zbudováním série hrází do protiklenby, mezi nimiž se nechala voda vystoupat, tak aby hladina překonala nejvyšší bod na jižním portálu a odtud odtékala. Proto bylo vybudováno i několik kontrolních a čerpacích šachet. Po dokončení byla celá protiklenba zavezena kamenivem velmi hrubé frakce (nad 250 mm), a na zhotovenou pláň byla položena asfaltová vozovka.

První úsek štoly mezi jižním portálem a propojkou FQ06, kde byla zbudována tato asfaltová komunikace, byl dlouhý přibližně 500 metrů. Asfaltobetonový kryt vozovky (ABS) se poté pokládal

excavations could be started on time after all preparatory work had been completed.

The big challenge from the beginning were unconsolidated gravel-sand layers, the cohesion of which was strongly influenced by rainfall due to the very small overburden. The parameters of these rocks were continuously improved during the whole course of excavation by cement-bentonite low-pressure grouting. This had to start before tunneling through the pile portal wall (Fig. 8). The individual piles were drilled in a predefined grid and the rock behind them was thoroughly injected. The initial phase of excavations from the southern portal was characterized by lower daily outputs due to the complex rock environment and the need for its high level of securing. The situation was complicated for a short period of time by a sudden increase of the groundwater level due to a heavy rain event in mid-June 2020 which the drainage gallery and the system of drainage wells built in advance temporarily did not manage to reduce. During the excavation, it was therefore necessary to install self-drilling drainage pipes with a diameter of 118mm in front of the tunnel face in order to concentrate water inflows from a larger area to one point, and thus enable securing the face and sides of the excavation with shotcrete. Excavations in the top heading in this direction took place only in the area of the transition from gravel sands to dolomitic formations, where a breakthrough was planned. This transition was reached from the direction of the FQ06 cross-passage, the so-called “Counterdrive South” (it was excavation in the main tunnel tube in the direction of the southern portal, which was carried out from the escape gallery via the FQ06 cross-passage), and then this section of the tunnel was breakthrough from the southern portal. After the completion of the top heading, the bench and the invert were also completed. By doing that this part of the tunnel was freed for starting preparatory work for the final lining (Fig. 9).

Excavations from the escape gallery from the southern portal

Certain conditions had to be met in order to start excavating from the escape gallery. As the adit was excavated between 2011 and 2013, it was first necessary to rehabilitate the existing lining and re-profile it. This took place as a matter of priority from the beginning of 2020 from the FQ06 drive-through cross-passage towards the southern portal, so that the road for the transport service of the excavations could lead here as soon as possible. The section from the GQ07 walk-through cross-passage to the portal was problematic, as it passed through Durerlaine on the tributary side, and therefore the rocks in this area were strongly saturated. Due to the fact that the gallery with a declining slope had not yet been broken-through and other sections had to be rehabilitated and re-profiled, all the water had to be pumped out of the gallery. Rehabilitation of the gallery vault took place without major complications. It was difficult to solve the rehabilitation of the invert vaults so that as much water as possible drained by gravity, despite the unfavorable slope of the gallery through the southern portal, and so that it was necessary to pump as little as possible. This was solved by building a series of dikes in the invert-vault, between which the water was allowed to rise, so that the water level exceeded the highest point on the southern portal and flowed to there. Therefore, several control and pumping shafts were built. Upon completion, the entire invert-vault was filled with aggregates of a very coarse fraction (over 250mm), and an asphalt pavement was laid on the finished bedding. The first section of the gallery between the southern portal and the FQ06 cross-passage where this asphalt road was built was approximately 500meters long. The asphalt-concrete pavement cover (ABS) was



Obr. 10 Úniková štola – vstrojený portál
Fig. 10 Escape gallery – equipped portal

ve štolě vždy po cca 500 m dlouhých úsecích po dokončení sanací únikové štolý mezi jednotlivými průjezdnými propojkami. Asfaltová komunikace měla významnou výhodu, byla téměř bezúdržbová a zásadním způsobem zjednodušila dopravu. Náročné bylo vyřešení geometrického uspořádání dočasného vstrojení tunelu, a to zejména pro průjezd strojů únikovou štolou. Kvůli délce hlavního tubusu tunelu Kramer byla pro větrání ražeb navržena lutna o průměru 2,2 m (ve štolě vytvarovaná do elipsy), která vždy vedla přes únikovou štolu, a poté na ražbu k čelbě přes nejbližší otevřenou průjezdovou propojku. Dále byla vedena únikovou štolou menší lutna, která přiváděla čerstvé větry do prostoru sanace štolý. K tomu bylo přes štolu zajištěno i vedení všech kabelů a potrubí pro vodu a odvodnění (obr. 10). Průjezdový profil pro mechanizaci zůstal tedy velmi malý, a to jen s několikacentimetrovou rezervou. Například domíchávače na beton musely být upraveny tak, aby nestrhly jednu z luten – bylo u nich zredukováno zábradlí u násypků domíchávačů. Pokud by za těchto podmínek nebyl povrch komunikace stabilní a rovný, docházelo by permanentně k poškození větracích potrubí projíždějícími stroji. Počva po zavezení obyčejným lomovým kamenem v podmínkách stálého zatížení a zvodnění by byla velice nerovná a doprava materiálu a vývoz rubaniny by byly z hlediska efektivity neudržitelné. Proto bylo rozhodnuto, že veškeré dopravní komunikace ve štolě budou opatřeny zpevněným asfaltbetonovým povrchem. Rozšíření štolý rovněž sloužilo jako výhybny pro vozidla (štolou bylo možno jezdit pouze v jednom směru) – nákladní vozidla na těžbu byla organizována do „konvojů“ o dvou až třech vozidlech. Rozšíření dále sloužilo k umístění trafostanic, přecherpávacích nádrží a záchranných kapslí (kontejnerů). Podle předpisů může být délka místa s pouze jednou únikovou trasou maximálně 500 m, při překročení této vzdálenosti musí být na vhodném místě lokalizována záchranná kapsle, kde se může osádka ukryt v případě požáru a nemožnosti opustit tunel po únikové cestě.

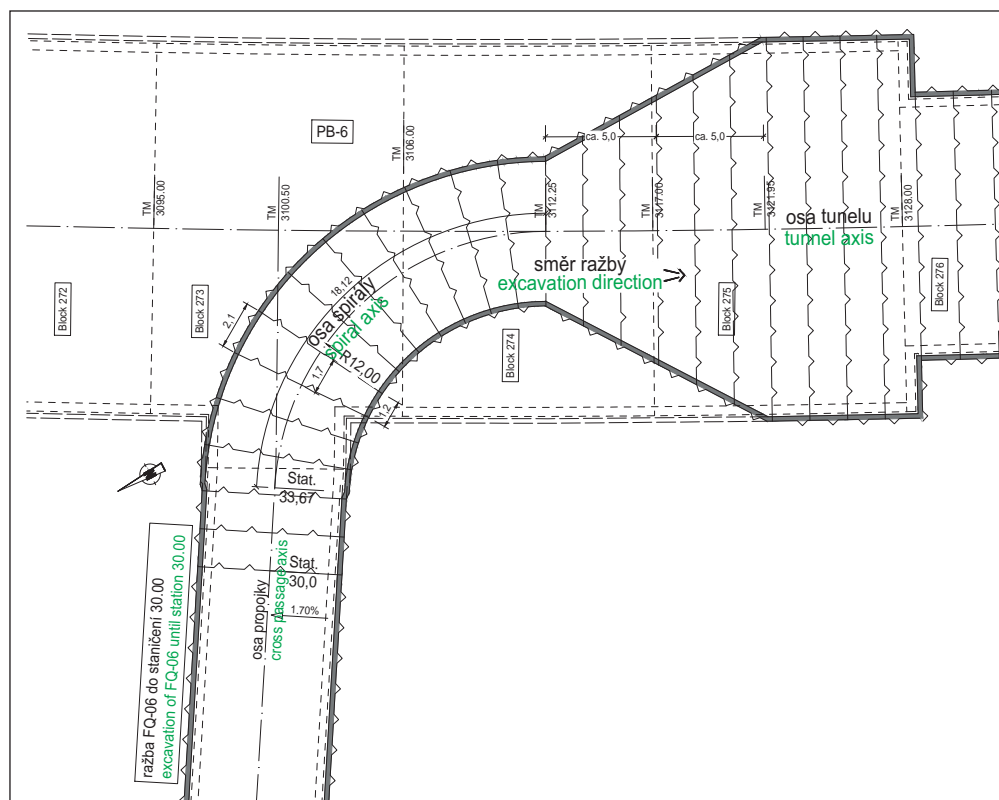
Po položení ABS a instalaci médií mohla začít ražba propojky FQ06. Ta v samotné propojce nepřinesla nic neobvyklého. Komplikovaný byl pouze přechod z ražby propojky do ražby hlavního tubu-

then laid in the gallery, always in sections of about 500m long, after the rehabilitation of the escape gallery between the individual drive-through cross-passages was completed. The asphalt road had a significant advantage, was almost maintenance-free and greatly simplified transport. It was difficult to solve the geometric arrangement of the temporary reinforcement of the tunnel, especially for the passage of machines through the escape gallery. Due to the length of the main tube of the Kramer tunnel, a 2.2m diameter tube (shaped into an ellipse in the gallery) was designed for ventilation of the excavations, which always led through the escape gallery and then to the excavation to the tunnel face through the nearest open passageway. Furthermore, a smaller tube was led through the escape gallery, which brought fresh air to the gallery rehabilitation area. To this end, all cables and pipes for water and drainage were routed through the gallery (Fig. 10).

The clearance profile for mechanization thus remained very small, with only a few centimeters of reserve. For example, concrete mixers had to be modified so that they would not tear off one of the air tubes – the railings at the mixer hoppers were reduced. If the road surface were not stable and flat under these conditions, the ventilation ducts would be permanently damaged by passing machines. The invert filled with an ordinary quarry stone under conditions of constant transport and saturation would have been very uneven and the transport of material and the export of muck would be unsustainable in terms of efficiency. Therefore, it was decided that all traffic roads in the gallery will be provided with a reinforced asphalt concrete surface. The widening of the gallery also served as a turnout for vehicles (the gallery could only be driven in one direction) – mining trucks were organized into “convoys” of two to three vehicles. The widening also served to accommodate transformer stations, pumping tanks and man-rescue containers. According to the regulations, the length of the place with only one escape route can be a maximum of 500m, if this distance is exceeded, a rescue container must be located in a suitable place, where the crew can hide in case of fire

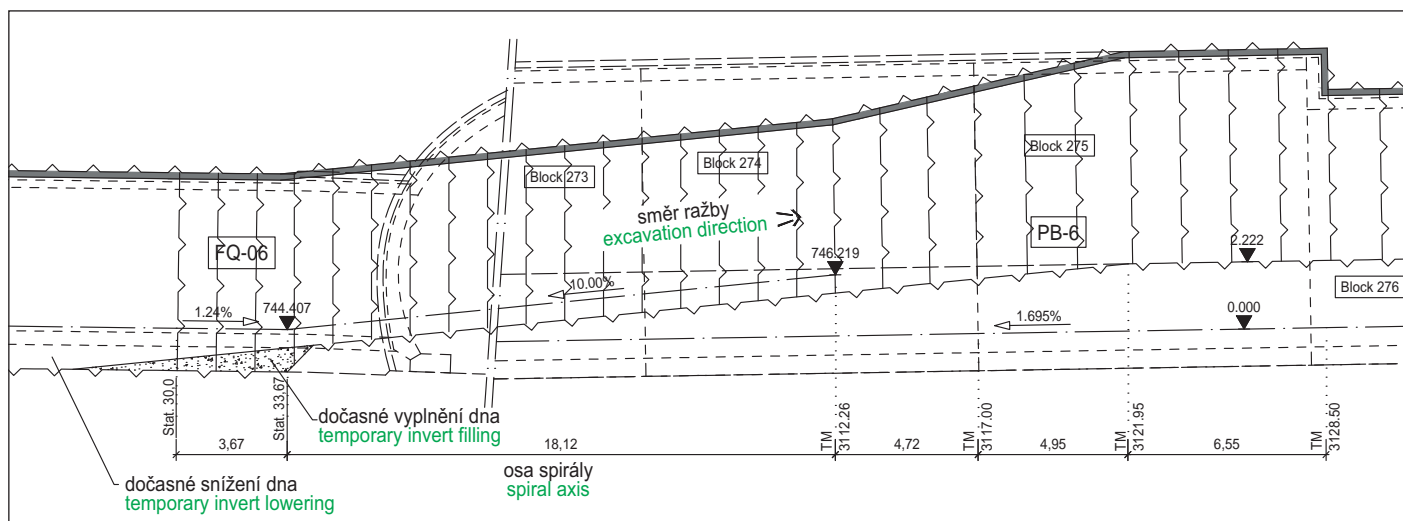
and impossibility to leave the tunnel along the escape route.

After laying the ABS and installing the media, the excavation of the FQ06 cross-passage could begin. It did not bring anything unusual in the cross-passage itself. Only the transition from the excavation of the main tube was complicated – the PB06 widening (emergency bay), because the 3.6m high elevation had to be overcome in this section. This could not be overcome directly, so an 18m long auxiliary gallery was built, which was led in a clockwise curve with a radius of 12m (to the south – “Counterdrive South”), so as to overcome the rectangular connection of the cross-passage to the main tube and elevation difference of the cross-passage invert, and of the top heading bottom. It ended with a funnel-shaped extension 10m long, which ended in the top heading profile in the emergency bay PB06 (Fig. 11a, 11b). Subsequently, another 30m the top heading was driven in a



Obr. 11a Pomocná štola půdorys

Fig. 11a Auxiliary gallery floor plan



Obr. 11b Pomocná štola podélný řez

Fig. 11b Auxiliary gallery longitudinal section

su – rozšíření PB06 (nouzový záliv), protože v tomto úseku muselo být překonáno 3,6 m vysoké převýšení. To nemohlo být překonáno přímo, byla proto zbudována 18 m dlouhá pomocná štola, která byla vedena v pravotočivém oblouku o poloměru 12 m (do jižního směru – „protiražba jih“), tak aby překonala pravouhlé napojení propojky na hlavní tubus a převýšení počvy v propojce a počvy v kalotě tunelu. Ukončila se trychtýřovitým rozšířením dlouhým 10 m, které končilo profilem samotné kaloty v nouzovém zálivu PB06 (obr. 11a, 11b). Následně se ještě vyrazilo dalších 30 m kaloty v jižním směru. Poté bylo nutné ražbu otočit do směru na sever – „protiražba sever“. Pomocná štola byla přerážena celým profilem kaloty tunelu v nouzovém zálivu PB06 v ose hlavního tunelu. Z pomocné štoly zůstala zachována pouze nájezdová rampa (obr. 12). Ražba kaloty byla přerušena ve vzdálenosti 30 m za nouzovým zálivem PB06 v normálním profilu tunelu. Poté bylo dobráno opěří a zbudovány nové nájezdové rampy dále od osy propojky, tak aby byla propojka FQ06 normálně průjezdná a v nouzovém zálivu PB06 bylo možné překládat rubaninu a skladovat materiál pro další ražbu.

Po úvodní fázi mohla být z propojky zahájena tzv. rotující ražba, to znamená, že jedna osádka posílená o dva pracovníky (standardní počet je 6 osob), s jednou sadou strojů obsluhuje dvě čelby. Na nich se činnosti v cyklu ražby střídají tak, aby byl veškerý personál vytížen a různé stroje mohly současně pracovat na obou čelbách. Rubanina byla po odtěžení uložena na mezideponii v nouzovém

southerly direction. Then it was necessary to turn the excavation in a north direction – “Counterdrive North”. The auxiliary gallery was re-excavated by the entire profile of the tunnel top heading in the emergency bay PB06 in the axis of the main tunnel. Only the access ramp from the auxiliary gallery was preserved (Fig. 12). The excavation of the top heading was interrupted at a distance of 30m behind the emergency bay PB06 in the normal profile of the tunnel. Then the bench was completed and new access ramps were built further from the axis of the cross-passage, so that the cross-passage FQ06 allowed to drive-through and in the emergency bay PB06 it was possible to transfer the muck and store the material for further excavation.

After the initial phase, the so-called rotating excavation could be started from the cross-passage, which means that one crew increased by two workers (the standard number is 6 people), with one set of machines serving two faces. At the faces, the activities in the excavation cycle alternate so that all personnel are busy and different machines can work on both faces simultaneously. After mucking, the muck was stored at an intermediate deposit in the PB06 emergency bay, where it was subsequently loaded onto trucks and transported to an outdoor landfill (Fig. 13). In this mode, the output of up to eight 1.7m long rounds in 24 hours was achieved. This system worked until the two faces were not more than 300m apart. Then the “Counterdrive South” was stopped and with the same crew continued in dolomitic formations only with excavation of the time-critical “Counterdrive North” to the emergency bay PB05 (in the direction of the breakthrough between the north and south portals).

The “Counterdrive South” had the task of going through the dolomites and the transition zone between gravel and dolomite, and then reaching the point of breakthrough. In this section, the most difficult was to overcome the transition zone, in which one portion of the face had to be disintegrated by blasting works and the remaining portion of the face in the gravel had to be carefully secured and disintegrated by a tunneling excavator (Fig. 14). The actual breakthrough took place completely in gravel. Then the bench and the invert between the southern portal and FQ06 were completed and the crew was moved to the excavation of benches and niches in the already finished sections between the two drive-through cross-passages in the direction of “Counterdrive North”.

The longest section of the Kramer tunnel was then excavated in the direction of the “Counterdrive North”. It started at the cross-passage FQ06 and continued in the direction of the emergency bay



Obr. 12 Přeražba pomocné štoly

Fig. 12 Auxiliary gallery re-excavation

zálivu PB06, zde byla následně naložena na nákladní vozidla a transportována na venkovní deponii (obr. 13). V tomto režimu se dosahovalo výkonu až osmi 1,7 m dlouhých záběrů za 24 h. Tento systém fungoval tak dlouho, dokud obě čelby nebyly od sebe vzdálené více než 300 m. Pak byla „protiražba jih“ zastavena a s touto osádkou pokračovala v dolomitických formacích pouze časově kritická „protiražba sever“ k nouzovému zálivu PB05 (ve směru prorážky mezi severním a jižním portálem).

„Protiražba jih“ měla za úkol projít ražbou dolomitů a přechodové pásmo mezi šterkopisky a dolomitem, a poté dosáhnout bodu prorážky. V tomto úseku bylo nejnáročnější překonávání přechodového pásma, v němž se musela v první části čelby hornina rozpojovat pomocí trhacích prací a v druhé části čelby se musely šterkopisky opatrně zajišťovat a rozpojovat pomocí tunelovacího rypadla (obr. 14). Vlastní prorážka proběhla kompletně ve šterkopiscích. Poté bylo dobráno opěří a dno mezi jižním portálem a FQ06 a osádka byla přesunuta na ražbu opěří a výklenků v již hotových úsecích mezi dvěma průjezdnými propojkami ve směru „protiražby sever“.

Nejdelší úsek tunelu Kramer byl pak vyražen ve směru „protiražby sever“. Ta začínala u propojky FQ06 a pokračovala ve směru k nouzovému zálivu PB02 (konec ražby od jižního portálu). Tato ražba z velké části probíhala v dolomitických souvrstvích, které byly v místě geologických poruch silně zvodnělé. K rozpojování horniny byly využity trhací práce. Ražby těchto úseků musely být koordinovány se sanacemi v únikové štolě. Důležité bylo, aby sanace, vystrojení a položení asphaltové vozovky ve štolě vždy proběhly před tím, než byl hlavní ražbou dosažen další nouzový záliv a průjezdná propojka. Po jejím dosažení bylo v každém nouzovém zálivu dobráno opěří, zbudovány rampy a propojka byla proražena, pro odvětrání ražby dalšího úseku kaloty se přes štolu do nové propojky přesunulo lutnové vedení. Výrub z kaloty byl vždy pracovníky z ražby uložen v nejbližším nouzovém zálivu k čelbě kaloty a odtud odvážen nákladními vozidly přes štolu na deponii.

Vyřešení vodního hospodářství představovalo jednu z velkých výzev. Ražba byla po celou dobu úpadní. Aby se voda nemusela vždy čerpat zpět, a to někdy až k 500 m vzdálené průjezdné propojce, byly vždy již z kaloty tunelu částečně proraženy i průchozí propojky – GQ (které měly být původně raženy až po dokončení opěří). To umožnilo nechat vodu volně odtékat do průchozí propojky z úseku délky cca 250 m nad ní a zachytit zde sedimenty v předem připravených usazovacích nádržích. Voda pod propojkou se s postupem ražeb v kalotě čerpala zpět. Po dokončení kaloty



Obr. 13 Rozšíření v nouzovém zálivu PB06 v průběhu tzv. rotující ražby
Fig. 13 Widening in the emergency bay PB06 during the so-called rotating excavations

PB02 (end of excavation from the southern portal). This excavation largely took place in dolomitic formations, which were strongly saturated at the location of geological faults. Blasting work was used to disintegrate the rock. The excavations of these sections had to be coordinated with the rehabilitation in the escape gallery. It was important that the rehabilitation, reinforcement and laying of the asphalt pavement in the gallery always took place before the next emergency bay and the drive-through cross-passage was reached by the main excavation. After reaching it, the bench was removed in each emergency bay, ramps were built and the cross-passage was broken-through. The muck from the top heading was always stored by workers in the emergency bay nearest to the face of the top heading and from there transported by trucks through the gallery to the landfill.

Solving water management was one of the big challenges. The excavation was declining all the time. So that the water did not always have to be pumped back, sometimes all the way to the drive-through cross-passage, the walk-through cross-passages – GQ (which were originally to be excavated only after the bench was completed) were always partially broken-through from the top heading of the tunnel. That allowed to let the water flow freely into a walk-through cross-passage from a section about 250m above it and to capture sediments in pre-prepared settling tanks. The water below the cross-passage was pumped back along with the excavation advance in the top heading. After the completion of the top heading between the two emergency bays, and after putting in operation the next drive-through cross-passage, ventilation was always removed and reprofiling was performed (it was necessary to spray the final layer of fine underlying shotcrete with a maximum aggregate fraction of 4mm). Profiling was performed on the basis of scans performed during excavation and under constant inspection using a total station with a tablet with the Navigator system from Amberg. After reprofiling, the tunnel was scanned and the scan was re-evaluated (according to ZTV-ING, the overcut, filled with poured concrete when making the final, may have max. half the thickness of the final lining or max. 300mm – whichever is smaller). After the completion of these works, the excavation of benches and niches in the given section was started. Subsequent invert excavation to the projected elevation for concreting the foundation strips was carried out using a road milling machine.

Emulsion explosives were used for blasting work, the components of which were stored on site for safety reasons in separate tanks. Functional explosives were mixed using a special pump truck



Obr. 14 Protiražba jih – kombinace dolomitických souvrství a šterkopísků
Fig. 14 Counterdrive south – a combination of dolomitic formations and gravel sands

mezi dvěma nouzovými zálivami a zprovozněním následující průjezdné propojky bylo vždy odstrojeno větrání a provedena reprofilace (bylo zde nutno nastříkat finální vrstvu jemného podkladního stříkaného betonu s maximální frakcí kameniva 4 mm). Profilace se prováděly na základě skenů provedených při ražbě a za neustálé kontroly pomocí totální stanic s tabletem se systémem Navigator od firmy Amberg. Po provedení reprofilací byl tunel naskenován a sken byl znovu vyhodnocen (podle ZTV-ING může mít nadvýlom, vyplněný litým betonem při provádění definitivy, max. polovinu šířky definitivního ostění nebo max. 300 mm – podle toho, který rozměr je menší). Po dokončení těchto prací byla zahájena ražba opěří a výklenků v daném úseku. Následná dobírka počvy na projektovanou výšku pro betonáž základových pásů byla realizována pomocí silniční frézy.

K trhacím pracím byla používána emulzní trhavina, jejíž komponenty byly skladovány na stavbě z důvodu bezpečnosti v oddělených nádržích. Funkční trhavina byla míchána pomocí speciálního čerpacího vozu přímo na čelbě. Tím byly eliminovány zbytečné komplikace se skladováním a dopravou trhavin (obydlená oblast, blízkost komunikace atd.) a také bylo dosaženo větší efektivity a zjednodušení pracovních činností při nabíjení čelby. Osádky musely manipulovat pouze s hadicí, pomocí níž byly nabíjeny všechny vrty. Tento systém je také velice přesný, protože umožňuje plnou kontrolu množství a dávkování trhaviny. K roznětu byly používány neelektrické rozušky s „boosterem“ (malé množství trhaviny, které startovalo explozi v emulzi), pouze první iniciační rozuška byla elektrická, tím se snížily náklady na detonační trubičky.

Automatizovaný systém nabíjení byl ještě podpořen vrtáním s tzv. regular systémem ve vrtacím voze Epiroc Boomer E2C. To spolu se skenovací systémem od firmy Amberg umožňovalo detailní kontrolu spotřeby trhavin, geometrické přesnosti výrubu a spotřeby stříkaného betonu.

Sanace únikové štoly

Před zahájením prací byla provedena její pasportizace. V rámci ní byl zhotovitelem pořízen sken únikové štoly a ten byl porovnán se zadávací dokumentací. Bylo zjištěno, že skutečný profil se odlišuje od zadávací dokumentace, která vycházela ze skenů vytvořených při ražbě štoly. V praxi to znamenalo, že podprofily a nadprofily, nalézající se ve štole, se vyskytovaly v mnohem větším měřítku, než uvádělo zadání. Také se na mnoha místech ve skoro deset let starém primárním ostění nalézalo mnoho již degradovaných a rozvolněných částí primárního ostění. Ty byly všechny odstraněny před zahájením sanací a celé stávající ostění v cca 1 km dlouhých úsecích bylo otryskáno vysokotlakým vodním paprskem (300 bar). Sanace probíhaly ve stejném směru jako „protiražba sever“. Před zahájením ražby z další proražené průjezdné propojky zde musela být připravena média a vzduch pro přepojení na hlavní ražbu, proto bylo nezbytné profilace štoly koordinovat tak, aby byly vždy rychlejší než ražby v tunelu. Část štoly byla s otevřeným dnem a část s uzavřeným dnem (tj. s protiklenbou). Protiklenba v 400 m dlouhém úseku od jižního portálu byla zhotovena zároveň se sanací klenby. Další úsek protiklenby dále ve štole (přibližně od průjezdné propojky FQ03 ve směru na sever) bude realizován až po proražení štoly.

TECHNICKÉ ŘEŠENÍ RAŽEB

Portálový zářez

Před započítím hloubení jižního zářezu byla realizována stěna z převrtávaných pilot o průměru 1,2 m (48 primárních a 49 sekundárních) s odstupňovanou hloubkou jednotlivých pilot 16,3–25,0 m. Před hloubením byla vybudována také odvodňovací galerie

directly on the face. This eliminated unnecessary complications with the storage and transport of explosives (inhabited area, proximity to the road, etc.) and also achieved greater efficiency and simplification of work activities when charging the face. The crews only had to manipulate the hose that used to charge all the drillholes. This system is also very accurate, as it allows full control of the amount and dosage of explosives. Non-electric detonators with a “booster” (a small amount of explosive that started an explosion in the emulsion) were used to ignite, only the first initiating detonator was electric, thus reducing the cost of detonation tubes.

The automated charging system was further supported by drilling with the so-called regular system on the Epiroc Boomer E2C drilling rig. This, together with the scanning system from Amberg, made it possible to check in detail the consumption of explosives, the geometric accuracy of the excavation and the consumption of shotcrete.

Rehabilitation of the escape gallery

Before the work began, it was surveyed. Within the survey, the contractor took a scan of the escape gallery and it was compared with the tender documentation. It was found that the actual profile differs from the tender documentation, which was based on scans created during the excavation of the gallery. In practice, this meant that the under-profiles and super-profiles found in the gallery were on a much larger scale than stated in the assignment. Also, in many places in the almost ten-year-old primary lining, there were many already degraded and loose parts of the primary lining. These were all removed before the start of remediation and the entire existing lining in approximately 1km long sections was blasted with a high-pressure water jet (300 bar). Rehabilitation took place in the same direction as the “Counterdrive North.” Before starting the excavation from the next excavated drive-through-cross-passage, the media and air had to be prepared for connection to the main excavation, so it was necessary to coordinate the gallery reprofiling so that they were always faster than the excavations in the tunnel. Part of the gallery was with an open invert and part with a closed invert (ie with an invert vault). The invert-vault in the 400m long section from the southern portal was made at the same time as the top heading vault was rehabilitated. The next section of the invert-vault further in the gallery (approximately from the through cross-passage FQ03 in the north direction) will be realized only after breaking through the gallery.

TECHNICAL SOLUTION OF EXCAVATIONS

Portal cut

Before the excavation of the southern cut was started, a wall of drilled piles with a diameter of 1.2m (48 primary and 49 secondary) with a graduated depth of individual piles of 16.3–25.0m was constructed. Prior to the excavation, a drainage gallery of eleven pumping wells was also built in order to reduce the groundwater level and enable the safe start and course of excavations. Wells with a diameter of DN880 with a depth of 30m were drilled approximately 10m from the contour of the main tunnel at an axial spacing of 5m. The boreholes were equipped with a DN600 casing and filled with filter gravel. The actual excavation of the portal was carried out on individual floors, from which cable anchors up to 20m long were drilled to secure the pile walls of the cut. After excavating the portal open cut, a micropile umbrella was made – 61 micropiles with a diameter of 139.7mm and a wall thickness of 8mm.

jedenácti čerpacích studní s cílem snížit hladinu podzemní vody a umožnit bezpečné zahájení a průběh ražeb. Studny o průměru DN880 hloubky 30 m byly vyvrtány přibližně 10 m od obrysu hlavního tunelu v osové rozestupu 5 m. Vrty byly vystrojeny pažnicí DN600 a obsypány filtračním štěrkem. Vlastní hloubení portálu bylo prováděno po jednotlivých etážích, ze kterých se vrtaly až 20 m dlouhé lanové kotvy pro zajištění pilotových stěn zářezu. Po vyhloubení portálové jámy byl proveden mikropilotový deštník – 61 mikropilot o průměru 139,7 mm a tloušťce stěny 8 mm.

Popis tříd ražby

Ražba kaloty z jižního portálu započala v technologické třídě T-K 7.2 A s délkou záběru 1,0 m. Nesoudržná hornina byla rozpojována mechanicky, prvních 14,5 m bylo raženo pod ochranou mikropilotového deštníku, přičemž výrub byl rozdělen až do 15 dílčích ploch včetně zachování podpůrného klínu (obr. 15). Dílčí plochy byly vždy vyztuženy svařovanou sítí Q188A a zajištěny 120 mm stříkaného betonu. Primární ostění tloušťky 400 mm bylo vyztuženo příhradovým rámem výšky 260 mm a dvěma vrstvami svařovaných sítí Q257A. S odstupem pěti záběrů bylo nutné realizovat dočasnou protiklenbu kaloty tloušťky 350 mm, vyztuženou dvěma vrstvami sítí opět Q257A. Dalších 53 m ražby pokračovalo pod ochranou jehlového deštníku až s 85 jehlami (injektované trubky o průměru 51 mm a délce 6,0 m), který byl zhotovován při každém záběru (obr. 16). Kromě 13 čelbových kotev (IBO R32-280) délky 16 m, vrtaných v každém šestém záběru, bylo pro stabilitu čelby a umožnění ražby v nesoudržných horninách klíčové injektování čelby každý čtvrtý záběr. Účelem cemento-bentonitové injektáže nebylo vytvořit velké kompaktní těleso s vysokou pevností, ale zvýšit soudržnost horniny v čelbě tak, aby vzrostla její smyková pevnost do té míry, aby každý záběr bylo možno s co nejmenším rizikem otevřít a zajistit. Zkoušky injektážní směsi probíhaly pouze in situ, nevyužila se žádná laboratoř. Hlavním úkolem bylo dosažení ideálního poměru cementu a bentonitu ve směsi. Injektáže byly v první etapě prováděny pouze čistým cementem, čerpadlem přes systém několika samozávrtných injektážních tyčí se ztracenou korunkou (ocelová trubka o průměru 51 mm a délky 6 m, která byla první dva metry bez otvoru, a poté zbytek délky každého 0,5 m měl jednu vyvrtanou díru o průměru 8 mm). Toto řešení se ukázalo jako nevýhodné. Při injektáži vznikala velká kopulovitá tělesa, která při otvírání čelby nebylo možno razicí (tunelovou) lžící rozpojit a bylo nutné je celá vyjmout, přičemž docházelo k nežá-

Description of tunneling classes

Excavation of the top heading from the southern portal began in technological class T-K 7.2 A with a round length of 1.0m. The cohesionless ground was disintegrated mechanically, the first 14.5m was excavated under the protection of a micropile umbrella, while the excavation face was divided into of up to 15 partial areas, including leaving the space for the face supporting berm (Fig. 15). The partial face areas were always reinforced with a Q188A welded mesh and secured with 120mm of shotcrete. The 400mm thick primary lining was reinforced with a 260mm wide lattice girder and two layers of welded Q257A mesh. With a distance of five rounds, it was necessary to implement a temporary invert-vault of the top heading 350mm thick, reinforced with two layers of mesh again Q257A. Another 53m of excavation continued under the protection of a spile umbrella with up to 85 spiles (injected tubes with a diameter of 51mm and a length of 6.0m), which was installed each round (Fig. 16). In addition to the 13 face anchors (IBO R32-280) 16m long, drilled in every sixth round, grouting every fourth round was the key to the stability of the face and to enable excavation in cohesionless ground. The purpose of cement-bentonite grouting was not to create a large compact body with high strength, but to increase the cohesion of the rock in the face so as to increase its shear strength to such an extent that each round could be excavated and secured with the least possible risk. Tests of the injection mixture were performed only in situ, no laboratory was used. The main task was to achieve the ideal ratio of cement and bentonite in the mixture. In the first stage, grouting was carried out only with pure cement, by pump through a system of several self-drilling grouting rods with a lost drill bit (steel pipe 51mm in diameter and 6m long, which was the first two meters without hole, and then for the rest of the length each 0,5m there was one drilled hole with a diameter of 8mm). This solution has proven to be disadvantageous. During the grouting, large domelike bodies were created, which could not be disintegrated with the excavator (tunneling) digger when the face was opened, and it was necessary to remove them in their entirety, with undesired overbreak occurring. After this experience, grouting with a cement mixture with a bentonite admixture was chosen, which reduced the resulting strength of the grouted body and also achieved a more favorable distribution of the grout mixture in the rock. After several experiments, the optimal ratio of the components of the 1:9 mixture was determined, i.e. 10% by weight of bentonite and 90% of cement.

The following 176m of excavations in cohesionless ground continued in technological class T-K 7.1 A with a round length of 1 m, in which the lining thickness was reduced to 300mm for the upper vault and to 250mm for the bottom vault of the top heading. The number of the face partial openings stabilized at five and the spile umbrella was made every second round in the number of 40 spiles (the same type as in class T-K 7.2 A). In this technological class, grouting of the face was gradually abandoned, the stability of the face was supported by a face berm and ten face anchors (IBO R32-280) with a length of 12.0m, also drilled in every sixth round. Radial anchoring in classes T-K 7.2 A and T-K 7.1 A was not implemented.

Excavation of benches and inverts in cohesionless ground began in technological class T-St 4.5 (bench) and T-S 4.2 (invert). The length of the bench remained at 1.0m, the face excavation was divided into seven partial openings. Every second round, a 6.0m long spile umbrella was drilled, 10 spiles on one side. As with the top heading, the face was injected every fourth round with up to 15 grouting tubes. IBO R32-280 face anchors were used in this section



Obr. 15 Dílčí výrub čelby – ražba z jižního portálu (s čelbovým klínem)
Fig. 15 Partial face excavation – excavation from the southern portal (with the face berm)

doucím nadvýlomům. Po této zkušenosti byla zvolena injektáž cementovou směsí s příměsí bentonitu, tím se snížila výsledná pevnost za-injektovaného tělesa a dosáhlo se také příznivějšího rozdělení injektážní směsi v hornině. Po několika pokusech byl stanoven optimální poměr složek směsi 1:9, tj. 10 % hmotnosti bentonitu a 90 % cementu.

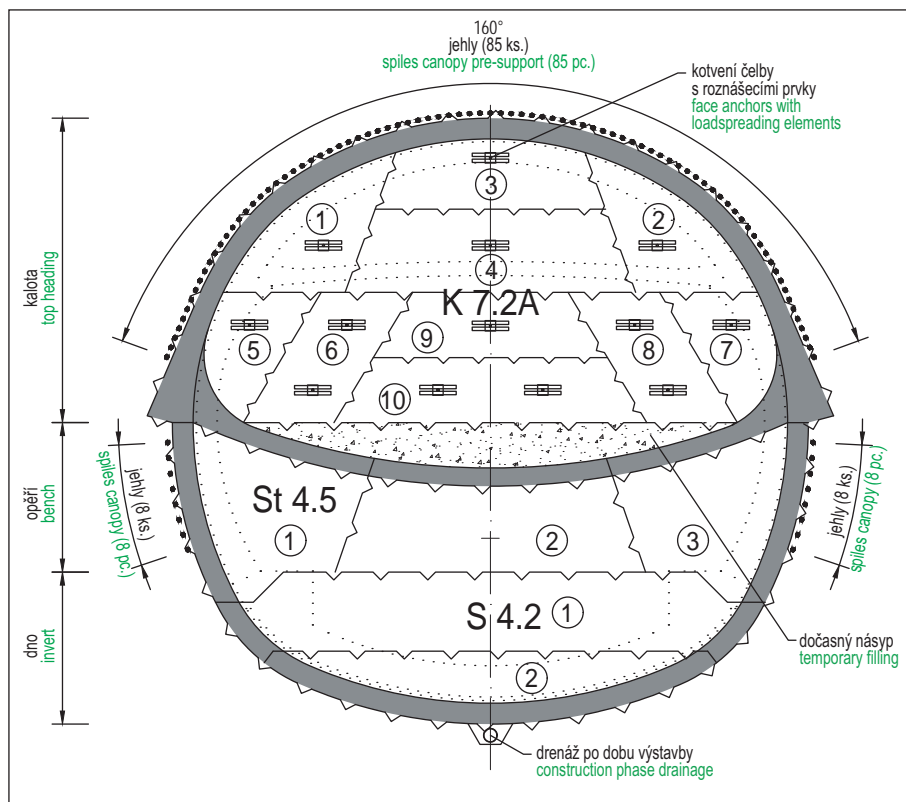
Následujících 176 m ražeb v nesoudržných horninách pokračovalo v technologické třídě T-K 7.1 A s délkou záběru 1 m, ve které se tloušťka ostění snížila na 300 mm u klenby a na 250 mm u protiklenby kaloty. Počet dílčích ploch se ustálil na pěti a jehlový deštník byl zhotovován každý druhý záběr v počtu 40 jehel (stejný typ jako ve třídě T-K 7.2 A). V této technologické třídě se postupně upustilo od injektáže čelby, stabilita čelby byla podpořena čelbovým klínem a deseti čelbovými kotvami (IBO R32-280) o délce 12,0 m, rovněž vrtaných v každém šestém záběru. Radiální kotvení v třídách T-K 7.2 A a T-K 7.1 A nebylo realizováno.

Ražba opěří a dna v nesoudržných zemních začala v technologické třídě T-St 4.5 (opěří) a T-S 4.2 (dno). Délka záběru opěří zůstala na 1,0 m, výrub byl rozdělen do sedmi dílčích ploch. Každý druhý záběr byl vrtán jehlový deštník o délce 6,0 m, vždy 10 jehel na jedné straně. Stejně jako u kaloty byla čelba injektována každý čtvrtý záběr až 15 injektážními trubkami. Čelbové kotvy IBO R32-280 byly v tomto úseku nasazovány pouze nepravidelně podle potřeby. Dobrání dna následovalo zpravidla 4,0 m od čelby opěří se záběrem 2,0 m, kdy bylo kompletně uzavřeno primární ostění dnem o tloušťce 350 mm a rovněž vyztuženo dvěma vrstvami sítě Q257A. Po 51,50 m ražeb přešla technologická třída do T-St 4.4 a T-S 4.1. Ražba opěří probíhala s délkou záběru 2,0 m bez dělení na dílčí plochy a již se kompletně opustilo od jehlování a injektáže čelby. Dno bylo dobráno s délkou záběru 4,0 m, vždy po dvou záběrech opěří.

Ražba z průjezdné propojky FQ06, tzv. protiražba jih, probíhala v dolomitických horninách za pomoci trhacích prací. Většina ze 180 m dlouhého úseku k místu dílčí prorážky se razila ve třídě T-K 4.1, s délkou záběru 1,70 m, tloušťkou primárního ostění 200 mm a výškou příhradového rámu 112 mm, s radiálním kotvením 8/9 SN svorníky (Ø 25 mm) délky 4,0 m. V této třídě nebyly plánovány a použity žádné čelbové kotvy.

Posledních 11,70 m bylo vyraženo v technologické třídě T-K 6.1 s délkou záběru 1,30 m, tloušťkou primárního ostění 300 mm, výškou příhradového rámu 162 mm a 4/2 SN svorníky (Ø 25 mm) délky 6,0 m, pod ochranou 40 jehel Ø 25 mm s cementovou suspenzí. Čelba byla stabilizována třemi čelbovými kotvami o délce 12,0 m. Ražba za pomoci trhacích prací byla z důvodu přechodu do nesoudržných zemin zastavena ve staničení TM 3280 a dílčí prorážka v úseku mezi nouzovým zálivem PB06 a jižním portálem byla provedena z jižní strany ražbou z portálu o 18 dní později.

Po dílčí prorážce následovalo dobrání opěří a dna v úseku od ukončení ražby z jižního portálu až k PB06 (protiklenba byla však navržena pouze do staničení TM 3200 – ve stabilních dolomitických formacích nebyla nutná) v technologické třídě T-St 3.2 za pomoci trhacích prací s délkou záběru 4,0 m, tloušťkou primárního ostění 150 mm a čtyřmi hydraulicky upínanými svorníky (120 kN) o délce 3,0 m.



Obr. 16 Členění čelby T-K 7.2
Fig. 16 T-K 7.2 face division

only irregularly as needed. The invert was usually followed 4.0m from the face of the bench with a round of 2.0m, when the primary lining was completely closed with an invert with a thickness of 350mm and also reinforced with two layers of Q257A mesh. After 51.50m of excavations, the technological class moved to T-St 4.4 and T-S 4.1. The excavation of the bench took place with the round length of 2.0m without the face division into partial openings, and spiling and grouting of the face has already been completely abandoned. The invert was excavated with the round length of 4.0m, always after two rounds).

The excavation from the FQ06 drive-through-cross-passage, the so-called Counterdrive South, took place in dolomitic rocks with the help of blasting works. Most of the 180m long section to the place of partial breakthrough was excavated in class TK 4.1, with the round length of 1.70m, thickness of the primary lining 200mm and width of the lattice girder 112mm, with radial anchoring 8/9 SN anchors (Ø 25mm) length of 4.0. No face anchors were planned and used in this class.

The last 11.70m were excavated in technological class TK 6.1 with the round length of 1.30m, thickness of the primary lining 300mm, width of the lattice girder 162mm and 4/2 SN anchors (Ø 25mm) 6.0m length, under protection of 40 spiles Ø 25mm with cement suspension. The face was stabilized by three anchors with a length of 12.0m. Excavation with the help of blasting works was stopped at the stationing TM 3,280 due to the transition to incoherent ground, and the partial breakthrough in the section between the emergency bay PB06 and the southern portal was carried out from the south by excavation from the portal 18 days later.

The partial breakthrough was followed by the removal of bench and invert in the section from the excavation end from the southern portal to PB06 (however, the invert-vault was designed only for TM 3200 – in stable dolomitic formations was not necessary) in technological class T-St 3.2 with blasting work with

V úseku „protiražby sever“ bylo raženo podle zastižených geologických podmínek pouze ve dvou třídách. A to v T-K 4.1, která byla stejná jako v „protiražbě jih“. Další třídou použitou v tomto směru byla nejlépe používaná třída T-K 3.2, která měla délku záběru 2,2 m, tloušťku primárního ostění pouze 150 mm s jednou sítí Q188 a radiálním kotvením hydraulicky upínaných svorníků (únosnost 160 kN). Výztužný rám o výšce 112 mm pro tuto třídu nebyl navržen, byl však na většině úseků této třídy použit – z důvodu rychlejšího zabudování výztuže a zajištění ochrany osádky před případným uvolněním většího bloku horniny. Na základě hodnot naměřených deformací primárního ostění a kvality zastiženého horninového prostředí docházelo v průběhu ražeb k úpravám radiálního kotvení, tloušťky stříkaného betonu a délky záběrů. Ve třídě T-K 3.2 tak bylo v některých úsecích úplně upuštěno od systematického radiálního kotvení (ve statickém návrhu bylo navrženo jen pro zajišťování bloků) a v třídě T-K 4.1 byly lokálně SN svorníky nahrazovány hydraulicky upínanými svorníky. Dělo se tak většinou v silně zvodnělých úsecích, kde docházelo u SN svorníků k vyplavování cementové směsi z vrtu, tudíž bylo vhodnější použití hydraulicky upínaného svorníku a jeho následné odvodnění pomocí dvoucoulvé hadice, nebo tahokovu či nopové fólie, zabudované přímo na primární ostění pod podkladový beton pro izolaci. V místech s velmi silnými přítoky bylo využíváno stříkaného betonu s urychlovačem pro rychlejší náběh pevnosti, aby voda mohla být zastavena ještě za primárním ostěním. V úsecích s minimálními až žádnými deformacemi byla také snižována tloušťka definitivního ostění ve třídě K4.1 z 200 na 150 mm. Zde také bylo dosaženo rekordních postupů. V třídě T-K 4.1 to bylo až 8 záběrů tj. 13,6 m za 24 h (v průměru bylo za 24 h vyraženo 6–7 záběrů) a v T-K 3.2 se podařilo vyrazit až sedm záběrů, tj. 15,4 m za 24 h (v průměru 5–6 záběrů denně).

Ražba propojek většinou probíhala ze štoly, z hlavního tunelu byly následně pouze proráženy. Vzhledem k příznivému horninovému prostředí probíhala jejich ražba v nejlépejších třídách s délkou záběru 2,2 m bez výztužného rámu, s tloušťkou ostění 150 mm a s hydraulicky upínanými svorníky (únosnost 160 kN v průjezdových a 120 kN v průchozích propojkách). [5]

Popis sanací štoly

Řešení podprofilů, podobně jako ražby únikové štoly, bylo rozděleno do několika tříd – F6(N), F4(N) a F3(N), které korespondovaly se zastiženým horninovým prostředím. Jednotlivé třídy definovaly způsob prací v místě zastiženého podprofilu. Jejich části byly rozděleny podle tloušťky odfrézovaného stávajícího primárního ostění. Při tloušťce 0–30 mm se ve všech třídách pouze nanášela vrstva podkladu pro izolaci. Při tloušťce 0–60 mm ve třídě F6(N) bylo možno otvírat výrub v délce max. 3,9 m, odfrézované sítě musely být nahrazeny novými a musely zde být osazeny také nové radiální kotvy (R32-280), ve třídě F4(N) bylo možné frézovat úsek o max. délce 5,1 m a stejně jako v předchozí třídě musely být nahrazeny sítě a kotvy. Ve třídě F3(N) mohla být frézovaná délka až 6,6 m, sítě bylo nutno nahrazovat jen v případě nutnosti. Při frézování na více než 60 mm musely být v třídách F6(N) – délka záběru max. 1,3 m, a F4(N) – délka záběru max. 2,5 m, nahrazeny obě vrstvy sítě (Q257), zabudován příhradový výztužný rám o výšce 112 mm a nahrazovány radiální kotvy, ve třídě F3(N) – délka záběru max. 3,0 m, byly osazovány hydraulicky upínané svorníky (120 kN) a jedna vrstva sítě – Q188.

Nadprofily byly řešeny ve všech třídách stejně. Do tloušťky 50 mm byla nanášena pouze vrstva stříkaného betonu, při tloušťce do 150 mm byla vložena jedna vrstva sítě Q188 uchycená hydraulicky upínanými svorníky (120 kN) o délce 1,5 m v rastru 1,5 m × 1,5 m. Ve zvláštních případech, při velkých nadprofilech, byla pro každých 100 mm tloušťky nanášeného stříkaného betonu zabudo-

the round length 4.0m, primary lining thickness 150mm and four hydraulically clamped anchors (120kN) with a length of 3.0m.

The section of “Counterdrive North”, was excavated according to the encountered geological conditions in only two classes. In T-K 4.1, which was the same as in the “Counterdrive South”. Another class used in this direction was the lightest class T-K 3.2, which had the round length of 2.2m, thickness of the primary lining of only 150mm with one mesh Q188 and radial anchoring of hydraulically clamped anchors (load capacity 160kN). The 112mm wide reinforcement girder was not designed in this class, but was used on most sections of this class – due to faster reinforcement installation and protection of the crew against possible release of a larger block of rock. Based on the values of the measured deformations of the primary lining and the quality of the encountered rock environment, the radial anchorage, the thickness of the shotcrete and the length of the rounds were adjusted during the excavations. In class T-K 3.2, systematic radial anchoring was completely abandoned in some sections (in static calculation it was designed only for securing blocks) and in class T-K 4.1 SN anchors were locally replaced by hydraulically clamped anchors. This was mostly done in heavily saturated sections, where the cement grout was leached from the borehole of SN anchors, so it was more appropriate to use a hydraulically clamped anchor and its subsequent drainage using a two-inch hose, or expanded metal mesh or nop foil, fixed directly on the primary lining under the smoothing concrete layer for waterproof insulation. In places with very strong inflows, shotcrete with an accelerator was used for a faster setting of strength, so that the water could be stopped even behind the primary lining. In sections with minimal to no deformations, the thickness of the final lining in class K4.1 was also reduced from 200 to 150mm. Record advance rates were also achieved here. In the class T-K 4.1 it was up to 8 rounds, ie 13.6m in 24h (on average 6–7 rounds were taken in 24h) and in T-K 3.2 it was possible to excavate up to seven rounds, ie 15.4m in 24 h (on average 5–6 rounds per day).

The excavations of cross-passages mostly took place from the gallery, from the main tunnel they were subsequently only broken-through. Due to the favorable rock environment, their excavation took place in the lightest classes with the round length of 2.2m without reinforcing girder, with lining thickness of 150mm and with hydraulically clamped anchors (load capacity 160kN in drive-through, and 120kN in walk-through cross-passages). [5]

Description of gallery rehabilitation

The solution of under-profiles, similarly to the excavation of the escape gallery, was divided into several classes – F6(N), F4(N) and F3(N), which corresponded to the encountered rock environment. The individual classes defined the method of work in the location of the encountered under-profile. Their parts were divided according to the thickness of the milled existing primary lining. At a thickness of 0–30mm, only a layer of smoothing for insulation was applied in all classes. With a thickness of 0–60mm in class F6(N), it was possible to open excavations with a maximum length of 3.9m, milled meshes had to be replaced with new ones and new radial anchors (R32-280) had to be installed here, in class F4(N) it was possible to mill a section with a maximum length of 5.1m and, as in the previous class, meshes and anchors had to be replaced. In class F3(N), the milled length could be up to 6.6m, the meshes had to be replaced only if necessary. When milling to more than 60mm, in classes F6(N) – the round length max. 1.3m, and F4(N) – the round length max. 2.5m, both layers of meshes (Q257) had to be replaced, installed reinforcing girder with a width of 112mm, and

vána jedna vrstva sítí Q188 a pro kotvení byly používány většinou IBO kotvy, které bylo možno vždy nechat volné (neaktivované) v celé požadované tloušťce nanášeného betonu a jejich hlavu vždy reaktivovat pro každou zabudovanou vrstvu sítí (obr. 17).

Po zabudování stříkaného betonu primárního ostění byla vždy rovnou nanášena vrstva podkladu pro izolaci. Ta se kontrolovala pomocí skenu. Vyhodnocení proběhlo vždy do 12 hodin po skenování, a tudíž bylo možno místa, která nebyla provedena přesně, okamžitě opravit.

ZÁVĚR

Práce na silničním tunelu Kramer, i přes velkou komplikovanost a náročnost na koordinaci, probíhaly bez větších potíží, nicméně s vysokými nároky na organizaci práce, na flexibilitu při řešení nestandardních situací a technickou erudici odpovědných techniků na straně zhotovitele i investora.

Podářilo se zkoordinovat ražby kaloty se sanací únikové štolky tak, že byly eliminovány prostoje na jednotlivých pracovištích. Z hlediska plnění harmonogramu stavby bylo důležité rozhodnutí provést paralelní protiražbu přes průjezdnou propojku a únikovou štolu. Pro logistiku a dopravu ve štolce byla zásadní investice do vyasfaltování dopravní cesty, v každé průjezdné propojce byla navíc instalována zrcadla a světla, která signalizovala přítomnost vozidel. Rubanina se již v tunelu nakládala na nákladní vozy, jejichž obsluhu zajišťovala subdodavatelská firma. Tím se nevytěžovala osádka na ražbě a práce se mohly podstatně urychlit. Rovněž výztuž byla k čelbě dopravována nákladním automobilem s hydraulickou rukou, aby nevznikaly zbytečné prostoje. Použití emulzní trhaviny a moderních měřicích prostředků pomohlo k zefektivnění provádění trhacích prací a k dosažení velké přesnosti profilu raženého díla. Osvědčilo se i řešení zploštění větrací luty pro zachování průjezdného profilu v únikové štolce pomocí přídatné plachty a separátní větrání pro hlavní tunel a únikovou štolu.

Z jižního portálu se pracovalo až na čtyřech čelbách, bylo tedy nutné mít i dostatečný počet strojních sestav, včetně záložních strojů. V případě poruchy spočívala priorita v nepřerušování prací na časově kritické ražbě kaloty a v organizaci dostatečného zásobníku pracovníků, tedy využití volné osádky.

Již dlouhodobě osvědčené a ekonomicky výhodné nasazení mobilní betonárny na každém portálu umožnilo plnit plánované postupy a minimalizovat prostoje a zároveň flexibilně zajišťovat kontinuální zásobování betonovou směsí požadované kvality bez prodlev.

replaced radial anchors, in class F3(N) – the round length max. 3.0m, hydraulically clamped anchors (120kN) and one layer of mesh – Q188 were installed.

Overprofiles were solved in the same way in all classes. Up to a thickness of 50mm, only a layer of shotcrete was applied, at a thickness of up to 150mm, one layer of Q188 mesh was inserted fastened with hydraulically clamped anchors (120kN) 1.5m long in a 1.5m × 1.5m grid. In special cases, for large overprofiles, one layer of Q188 mesh was installed for every 100mm of the applied shotcrete and IBO anchors were mostly used for anchoring, which could always be left without being clamped (inactivated) in the entire required thickness of the applied concrete and their head to be always reactivated for each installed layer of mesh (Fig. 17).

After the installation of the shotcrete of the primary lining, a smoothing layer for insulation was always applied directly. The layer was checked by scanning. The evaluation always took place within 12 hours after the scan, so that areas that were not sprayed accurately could be repaired immediately.

CONCLUSION

The work on the Kramer road tunnel, despite the great complexity and difficulty of the coordination, proceeded without major difficulties, but with high demands on work organization, flexibility in dealing with non-standard situations and technical erudition of responsible technicians on the part of the contractor and investor.

Coordination of the excavation of the top heading with the rehabilitation of the escape gallery was managed in a way that downtime at individual workplaces was eliminated. From the point of view of fulfilling the construction schedule, it was an important decision to carry out a parallel counter-excavation via the drive-through cross-passage and the escape gallery. For logistics and transport in the gallery, a major investment was made in the asphaltting of the transport route, and mirrors and lights were also installed in each connecting cross-passage to signal the presence of vehicles. Muck was loaded already in the tunnel on trucks, which were serviced by a subcontractor. As a result, the excavation crew was not burdened with mucking, and the works could be significantly accelerated. The reinforcement was also transported to the tunnel face by a truck with a hydraulic arm to avoid unnecessary downtime. The use of emulsion explosives and modern measuring devices has helped to make blasting work more efficient and to achieve high accuracy of the tunnel profile. The solution of flattening the ventilation tube to maintain the passage profile in the escape gallery by means of an additional tarp and separate ventilation for the main tunnel and the escape gallery also proved to be effective.

From the southern portal, work was done on up to four faces, so it was necessary to have a sufficient number of machinery sets, including backup machines. In the event of a failure, the priority was not to interrupt the work on the time-critical excavation of the top heading and to organize a sufficient workers capacity, ie the use of free crew.

The long-proven and economically advantageous deployment of a mobile concrete plant on each portal has made it possible to fulfill the planned procedures and minimize downtime, while flexibly ensuring a continuous supply of concrete mix of the required quality without delay.

Massive inflows of water could be managed by a combination of modifications of the composition of the shotcrete recipe, drainage measures installed on the primary lining of the tunnel, extensive



Obr. 17 Sanace nadprofilu v únikové štolce

Fig. 17 Rehabilitation of the over-profile in the escape gallery

Masivní přítoky vody bylo možné zvládat kombinací úprav složení receptury stříkaného betonu, odvodňovacích opatření instalovaných na primárním ostění tunelu, rozsáhlého vodního hospodářství s množstvím usazovacích a přečerpávacích stanic umístěných v průchozích propojkách a ve štole. Unikátní je řešení odvodnění štol ve formě drenáže z balvanů v kombinaci s hrázemi uzavřenými stabilní asfaltovou vozovkou. Objemově se jedná o vodní hospodářství mimořádné velikosti, avšak vynucené místními přísnými předpisy i vydatnými přítoky vody. Pro snížení objemu kalů v sedimentačních nádržích se velmi osvědčilo využití centrifugy. Rovněž „selské“ řešení kontinuálního vyvážení sedimentu z usazovacích nádrží v průchozích propojkách traktorem s fekálním vozem přímo k centrifuze snížilo nejen náklady na likvidaci nebezpečného odpadu (sedimentu), ale zamezilo zejména zanášení čerpacího potrubí.

Náročná byla koordinace pandemických opatření v různých vlnách Covid-19. Základním cílem bylo, aby nedošlo k omezení provádění prací na stavbě, resp. zajištění včasného nástupu všech pracovníků. Na stavbě pracují zaměstnanci z osmi evropských států a každý stát má často zcela odlišná a nepředvídatelně, až nelogicky měnící se opatření. Zejména v počátku epidemie bylo extrémně složité vše zorganizovat tak, aby každý zaměstnanec mohl nastoupit do práce a po návratu domů neskončil v karanténě. Veškeré osádky musely pracovat odděleně, osobně se prakticky nemohly potkávat, proto nebylo možné osádky spojovat a nahrazovat chybějící pracovníky. Při kontaktu pracovníků z jiných osádek bylo vyžadováno nošení ochrany dýchacích cest (respirátor FFP2). V případě nákazy byli do karantény posláni i všichni členové postižené osádky. Díky všem těmto opatřením nemuselo v karanténě skončit celé pracoviště. Velmi důležité bylo také zamezení šíření koronaviru u vedení stavby, aby nezůstala stavba paralyzována. Samozřejmě se stalo pravidelné testování ve spolupráci s místním Červeným křížem. Zásadní pro zajištění provozu stavby byla komunikace a spolupráce s místní hygienickou stanicí (Gesundheitsamt) a precizní plnění měnících se legislativních požadavků.

*Ing. JAN KUBEK, jkubek@subterra.cz,
Ing. DANIEL JOSEFIK, djosefik@subterra.cz,
Subterra a.s., ARGE Kramertunnel,
Ing. PAVEL FARSKÝ, pfarsky@subterra.cz,
Subterra a.s., ZNL Deutschland*

Recenzoval Reviewed: Ing. Jan Frantl

Zdroj fotografií

ARGE Kramertunnel
Subterra a.s.
Jürgen Stresius

water management with a number of settling and pumping stations located in the walk-through cross-passages and in the gallery. The solution of drainage of the gallery in the form of drainage from stones in combination with dams tightened with a stable asphalt pavement is unique. In terms of volume, this is water management of extraordinary size, but enforced by strict local regulations and abundant water inflows. The use of a centrifuge proved very useful for reducing the volume of sludge in sedimentation tanks. Also the “common sense” solution of continuous transport of sediment from settling tanks in walk-through cross-passages by a gulley sucker directly to the centrifuge not only reduced the costs of disposal of hazardous waste (sediment), but also prevented clogging of the pump pipeline.

Coordination of pandemic measures in various Covid-19 waves was challenging. The basic goal was not to restrict the implementation of works on the construction site, or more precisely, ensuring the timely entry of all staff. Workers from eight European countries are working on the site, and each country often has completely different and unpredictably, even illogically changing measures. Especially at the beginning of the epidemic, it was extremely difficult to organize things so that every employee could come to work and not quarantine when he returned home. All crews had to work separately, they could hardly meet in person, so it was not possible to connect the crews and replace the missing workers. Respiratory protection (FFP2 respirator) was required when workers from other crews were contacted. In case of infection, all members of the affected crew were sent to quarantine. Thanks to all these measures, the entire workplace did not have to end in quarantine. It was also very important to prevent the spread of coronavirus among the construction site management so that the construction was not paralyzed. Regular testing in cooperation with the local Red Cross became a matter of course. Communication and cooperation with the local hygiene station (Gesundheitsamt) and precise compliance with changing legislative requirements were essential to ensure the construction operation.

*Ing. JAN KUBEK, jkubek@subterra.cz,
Ing. DANIEL JOSEFIK, djosefik@subterra.cz,
Subterra a.s., ARGE Kramertunnel,
Ing. PAVEL FARSKÝ, pfarsky@subterra.cz,
Subterra a.s., ZNL Deutschland*

Photo source

ARGE Kramertunnel
Subterra a.s.
Jürgen Stresius

LITERATURA / REFERENCES

Reference (použité zdroje)

- [1] PATZÁK, J., SCHRAMM, T., JOSEFIK, D. Tunel Kramer, obchvat Garmisch-Partenkirchen. *Tunel*, 2/2020
- [2] KUBEK, J., JOSEFIK, D. Větrací šachta tunelu Kramer. *Tunel*, 2/2021
- [3] *Kramertunnel* [online]. Staatliches Bauamt Weilheim, 2021 [cit. 2021-02-25]. Dostupné z: <https://kramer-tunnel.de/>
- [4] *Kramertunnel* [online]. BeMo Tunnelling, 2021 [cit. 2021-02-25]. Dostupné z: <https://www.bemo.net/referenzen/detail/kramer-tunnel/>

Projektová dokumentace – zadávací

- [4] UWE, F. *Verlegung B23 westlich Garmisch-Partenkirchen, Kramertunnel*. Staatliches Bauamt Weilheim

Projektová dokumentace – realizační

- [5] RAUTER, G., STEINER S. *Verlegung B23 westlich Garmisch-Partenkirchen, Kramertunnel, Abteufen Schacht*. BeMo Tunelling GmbH, Technisches Büro, Bernhar-Hoefel-Straße 11, A-6020 Innsbruck

TRAMVAJOVÝ TUNEL ŽABOVŘESKÁ – ZKUŠENOSTI Z DOSAVADNÍHO PRŮBĚHU VÝSTAVBY

ŽABOVŘESKÁ TRAM TUNNEL – EXPERIENCE FROM THE COURSE OF CONSTRUCTION TO DATE

VÁCLAV DOHNÁLEK, DALIBOR STROMČEK, ANDREJ KORBA

ABSTRAKT

Stavba Velkého městského okruhu (VMO) Žabovřeská je součástí dlouhodobě realizovaného vnitřního okruhu v Brně. Klíčovou součástí je tramvajový tunel, který začíná i končí v prostoru bývalého lomu. Tunel má několik specifíků. Je to jeho krátká délka 500 m a z toho poměrně dlouhá přesypaná část, která tvoří téměř třetinu. Dále jsou to geotechnické podmínky, ve kterých je realizován. Přesypaná část je zčásti založená na pilotách a šterkových polštářích, dále na rostlé skále. Ražená část probíhá v brněnském masivu budovaném z nejstarších vyvřelých hornin na našem území. Právě stáří masivu předznamenalo největší změny, se kterými se musela výstavba vypořádat. S tím úzce souvisí i podmínky „post-covidového“ stavitelství, které operativním změnám ve výstavbě příliš nepřejí. V konečném důsledku to pak vedlo i k některým netypickým novým řešením posunujícím české tunelářství směrem kupředu. Příspěvek se věnuje výstavbě Žabovřeského tunelu, přičemž bezprostředně navazuje na článek projektanta otištěný v Tunelu 1/2021.

ABSTRACT

The construction of the Žabovřeská Large City Circle Road (LCCR) is part of a long-term internal circle road under construction in Brno. A key part is the tram tunnel, which begins and ends in the area of a former quarry. The tunnel features several specifics. It is its short length of 500m and a relatively long cut-and-cover part making up almost a third of the tunnel length. In addition, the geotechnical conditions in which it is being carried out are among them. The cut-and-cover part is partly founded on piles and gravel pads, then on the natural rock. The mined part runs through the Brno massif built up from the oldest igneous rock in the Czech Republic. It was the age of the massif that adumbrated the biggest changes that the construction had to deal with. The conditions of “post-covid” construction, which do not too much favour operational changes in construction, are closely related to this. In the final consequence, this led to some atypical new solutions moving Czech tunnelling industry forward. The paper deals with the construction of the Žabovřeská tunnel, which is directly related to the designer's paper published in TUNEL journal 1/2021.

1. I/42 BRNO VMO ŽABOVŘESKÁ

Trasa silnice I/42 v úseku Žabovřesky tvoří severozápadní sektor Velkého městského okruhu (VMO) v Brně. [1] Je významnou součástí základního komunikačního systému města. Z hlediska městské dopravní struktury výrazně odlehčuje vnitroměstským komunikacím. Po dokončení bude VMO jako celek zajišťovat vnější, tranzitní i cílové mimoměstské a vnitroměstské dopravní vztahy.

Název stavby	I/42 Brno VMO Žabovřeská I etapa II
Investor	Ředitelství silnic a dálnic České republiky a Statutární město Brno
Technický dozor	MORAVIA TDI MID; SHP TS s.r.o., SAFETY PRO s. r. o. a Brněnské komunikace a. s.
Zhotovitel	„Společnost Žabovřeská – EUROVIA + HOCHTIEF + SUBTERRA“
Zpracovatel RDS	METROPROJEKT Praha a. s.
Geotechnický monitoring	GEOtest, a.s. a INSET s.r.o.
Smluvní podmínky	FIDIC – Red Book [2]

Stávající silnice v úzkém hrdle je pouze dvoupruhová a je podél ní navíc vedena tramvajová trať do Bystrce. Realizací stavby bude umožněna plynulá doprava v celém severozápadním sektoru města až po výjezd z Husovického tunelu, kde navazuje nově zahájená stavba další části VMO přes Tomkovo náměstí.

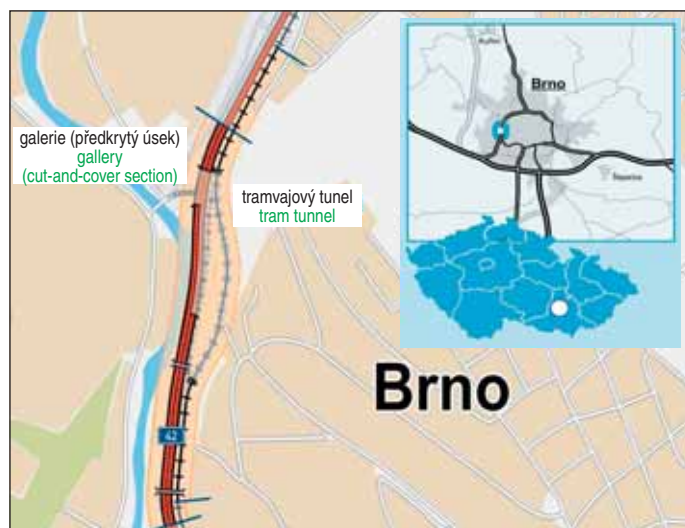
Prostor mezi řekou a skalním masivem neumožňuje převést vedle sebe po terénu čtyřpruhovou směrově rozdělenou komunikaci VMO společně s tramvajovou tratí. V předcházející dokumentaci EIA bylo posuzováno přes deset variant řešení. Výsledná varianta

1. I/42 BRNO ŽABOVŘESKÁ LCCR

The route of the I/42 road in the Žabovřeská section forms the north-western sector of the Large City Circle Road (LCCR) in Brno. [1] It is an important part of the basic communication system of the city. In terms of the urban transport structure, it significantly relieves the urban roads. Upon completion, the LCCR as a whole will ensure external, transit and target non-urban and intra-urban transport relationships.

Project title	I/42 Brno LCCR Žabovřeská I stage II
Project owner	Directorate of roads and motorways of the Czech Republic and Statutory City of Brno
Technical supervision	MORAVIA TDI MID; SHP TS s.r.o., SAFETY PRO s. r. o. and Brněnské komunikace a. s.
Contractor	„Žabovřeská consortium – EUROVIA + HOCHTIEF + SUBTERRA“
Author of detailed design	METROPROJEKT Praha a. s.
Geotechnical monitoring	GEOtest, a.s. and INSET s.r.o.
Contractual conditions	FIDIC – Red Book [2]

The existing road in the bottleneck is only a two-lane structure and, in addition, a tram line to Bystrce runs along it. The construction will allow for fluent traffic in the entire north-western sector of the city up to the exit from the Husovice tunnel, where the newly started construction of another part of the LCCR via Tomkovo Náměstí square follows.



Obr. 1 Poloha stavby [2]
Fig. 1 Construction location [2]

z projednávání stanoviska MŽP byla následující: s tramvají v tunelu, s ekologickým mostem na Žabovřeské louky a galerií, se zajištěnou průchodností území (obr. 1). [3]

Aby mohla být výše uvedená varianta provedena, stal se součástí stavby nový tramvajový tunel délky 500 m, s únikovou štolou délky 50 m. Tunel tvoří jedna ražená tunelová trouba, s hloubenými (přesypanými) portálovými úseky.

2. GEOLOGICKÉ POMĚRY

Trasa Žabovřeské ulice je vedena severojižním směrem údolím řeky Svratky v rovinném terénu, ve stopě stávající komunikace I/42 a tramvajové trati, přibližně rovnoběžně s řekou. Niveleta trasy i okolního terénu je již značně ovlivněna předešlými terénními úpravami, jimiž jsou např. sanace historické zástavby Kamenného mlýna z počátku 20. století a textilních továren, dále historické kamenolomy, výstavba kanalizačních sběračů (ražených i hloubených), výstavba tramvajové tratě s navážkami o značných mocnostech. Nadmořská výška se pohybuje v rozmezí od 208 do 211 m n. m.

Orograficky leží zájmové území v Brněnské vrchovině, v pro-lomu Pisárecké kotliny. Z hlediska regionálně-geologického spadá oblast do dvou základních jednotek – proterozoika brněnského masivu, které je určující pro tunel, a terciéru karpatského předpolí, které je důležité pro stavební objekty na tunel navazující. [4]

2.1 Brněnský masiv

Z petrografického hlediska se jedná o leukotonality (typ Jundrov) až kvarcdiority a metabazalty (v horní části Wilsonova lesa), tedy velmi pevné horniny dosahující tlakové pevnosti až 120 MPa. Průzkumem byly tyto horniny zastiženy při samém povrchu (ve svahu a jeho patě), resp. 1 až 2 m pod terénem (tramvajová trať). Do řeky Svratky pak masiv poměrně strmě zapadá. Skalní podloží je na povrchu místy zcela zvětralé. Pod pláštěm eluvií se vyskytují horniny mírně zvětralé s povlaky limonitu nebo jílovou výplní, hlouběji přecházejí do „zdravého“ horninového masivu. Mocnost skalního nadloží nad tunelem se pohybuje od 10 do 35 m. [4]

Jde o nejstarší vyvěřelý masiv na území ČR, je proto velmi výrazně tektonicky porušený, s četnými soustavami diskontinuit. Svě stopy v něm zanechala všechna významná vrásnění (kadomské, hercynské, alpské), která masiv přetvořila tlakově i teplotně. Potvrdil to především vrtný průzkum na severním portálu tunelu. Geofyzikální průzkum zbývající trasy tunelu stupeň tektonického postižení nedokázal postihnout, což se ukázalo pro výstavbu tunelu jako zásadní.

The space between the river and the rock massif does not allow for transferring a four-lane dual carriageway LCCR road together with a tram line side by side on the terrain surface. In the previous EIA documents, over ten solution variants were assessed. The variant resulting from the discussion on the opinion of the Ministry of the Environment was as follows: the variant with a tram in the tunnel, with an ecological bridge to Žabovřeské Louky and a gallery, with guaranteed passability of the area (see Fig. 1). [3]

A new 500m long tram tunnel, with an escape gallery 50m long became part of the construction so that the above variant could be implemented. The tunnel consists of one mined tunnel tube, with cut-and-cover portal sections.

2. GEOLOGICAL CONDITIONS

The Žabovřeská Street route runs in a north-south direction through the Svratka River valley in flat terrain, in the footprint of the existing I/42 road and the tram line, approximately parallel to the river. The vertical alignment of the route and the surrounding terrain is already significantly affected by previous landscaping, such as the rehabilitation of the historic Kamenný Mlýn mill building from the early 20th century and textile factories, the historic conditions quarries, construction of sewer collectors (mined and cut-and-cover ones), construction of a tram line with significantly thick layers of made ground. The altitude ranges from 208 to 211m a.s.l.

In terms of orography, the area of interest lies in the Brno Highland, in the ramp valley crossing the Pisárky Basin. From the regional – geological point of view, the area falls into two basic units – the Proterozoic formation of the Brno Massif, which is decisive for the tunnel, and the Tertiary formation of the Carpathian foreland, which is important for structures connected to the tunnel. [4]

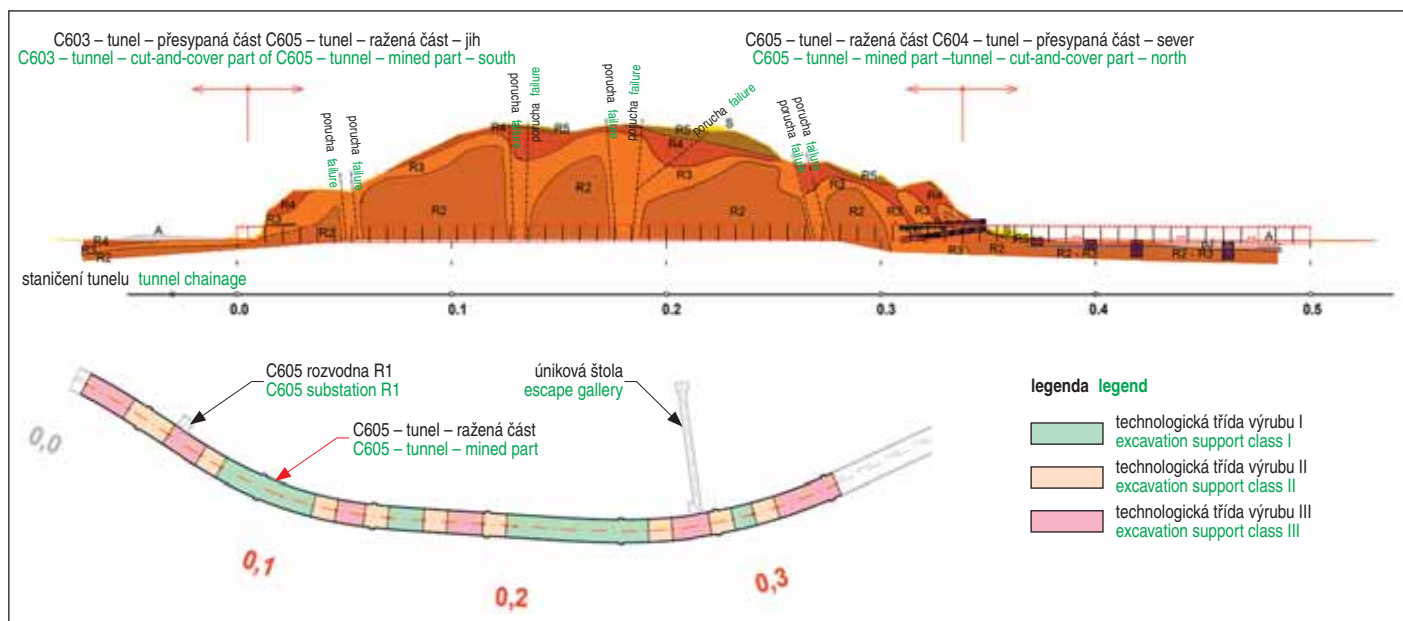
2.1 Brno Massif

From the petrographical point of view, these are leucotonalite (Jundrov type) to quartz-diorite and metabasalt (in the upper part of the Wilson Forest Park), i.e. very strong rock types reaching a compressive strength of up to 120MPa. The survey encountered these rock types at the very surface (on the slope and its base), respectively 1 to 2m under the terrain surface (tram line). The massif then dips quite steeply into the Svratka River. The bedrock surface is locally completely weathered. Under the mantle of eluvia, there are slightly weathered rocks with limonite coatings or clay filling; they pass deeper into a “fresh” massif. The thickness of the overburden above the tunnel ranges from 10 to 35m. [4]

This igneous massif is the oldest in the Czech Republic, therefore it is very significantly tectonically faulted, with numerous systems of discontinuities. All significant foldings (Kadom, Hercynian, Alpine) left their traces in it, changing the massif by pressure and temperature. This was confirmed in particular by a drilling survey at the northern portal of the tunnel. Geophysical survey of the remaining route of the tunnel failed to capture the degree of tectonic impact, which proved to be essential for the tunnel construction. The tunnel was divided by the survey lengthwise into quasi-homogeneous units for determination of the excavation support classes (see Fig. 2).

2.2 Groundwater

The water table is located mainly in the horizons of fluvial alluvium, at depths of 3.5 to 7m below the terrain surface, approximately at the level of the Svratka river. An exception is formed by the area of the northern portal, where water of the shallow subsurface circulation of infiltrating precipitation was found. From the aspect of the tunnel, it is mined through dry rock, with a total inflow rate up to 2L/s. [4]



Obr. 2 Podélný řez se zachycenou geologickou situací a prognóza zastížení technologických tříd výrubu dle zadávací dokumentace [5]

Fig. 2 Longitudinal section with captured geological situation and prognosis of encountering excavation support classes according to the tender documents [5]

Tunel byl průzkumem rozdělen po délce do kvazihomogenních celků pro stanovení technologických tříd výrubu (obr. 2).

2.2 Podzemní voda

Hladina podzemí vody se nachází převážně v horizontech fluviálních náplavů, v hloubkách 3,5 až 7 m pod terémem, přibližně na úrovni hladiny v řece Svatce. Výjimku tvoří prostor severního portálu, kde byla zastížena voda mělce přípovrchového oběhu infiltrujících srážek. Z hlediska tunelu se tedy jedná o ražby v hornině suché, s celkovým přítokem do 2 l/s. [4]

3. TRAMVAJOVÝ TUNEL – ZÁKLADNÍ INFORMACE

Tunel se dvěma kolejemi pro tramvaj tvoří jedna trouba. Je ražený, s hloubenými (přesýpanými) portálovými úseky. Délka jižní přesýpané části je 5 m, délka ražené části je 333 m, délka severní přesýpané části je 162 m, celkem 500 m. Směrově je tunel trasován do několika protisměrných oblouků. Výškově je navržen do střechovitého sklonu s podélným sklonem výškového polygonu 0,5 %, s vrcholovým obloukem v polovině délky. Příčný průřez raženého tunelu je 69,74 m². Součástí tunelu je i 10 párů čistících výklenků tunelových drenáží, které zároveň slouží jako požární, a dva velké elektro výklenky v ražené části s příčným průřezem 30,89 m² a délky 5,63 m pro rozvodny NN. V portálových rámových částech na obou koncích tunelu jsou výklenky pro uložení ručních kolejových vozíků pro jednotky HZS a případně pro servis a údržbu.

Šířka tramvajové trati v tunelu je 7 m, šířka oboustranných nouzových chodníků v tunelu je minimálně 1,43 m. Světla výška nad temenem kolejnice je 6 m. Úniková štola o příčném průřezu 15,43 m² a šířce 2,6 m vede z tunelu kolmo k silniční galerii VMO a má délku cca 50 m. Součástí tunelu bude pevná jízdní dráha, chodníky, provozní soubory, požární vodovod, bezpečnostní a dopravní značení.

4. RAŽENÁ ČÁST TUNELU

Příčný profil vychází z průjezdného profilu dvoukolejné tramvajové trati. Konstrukce raženého tunelu je dvouplášťová, s mezilehlou deštníkovou hydroizolací ze svařované fólie. Skládá se z primárního dočasně nosného ostění tvořeného stříkaným betonem (SB) s výztužnými sítěmi a svorníky a sekundárního trvale nosného ostění ze železobetonu, případně z prostého betonu. Na obou

3. TRAM TUNNEL – BASIC INFORMATION

The double-track tunnel for the tram is formed by one tunnel tube. It is a mined tunnel with cut-and-cover portal sections. The southern cut-and-cover part is 5m long, the mined part is 333m long, the northern cut-and-cover section is 162m long, the total length amounts to 500m. The horizontal alignment of the tunnel is divided into several reverse curves. A saddle roof-like slope of the vertical alignment is designed, with a longitudinal slope of the vertical traverse of 0.5%, with the summit curve in the middle of the length. The cross-sectional area of the mined tunnel amounts to 69.74m². The tunnel also includes 10 pairs of cleaning recesses on tunnel drains, which also serve as fire equipment recesses, and two large niches for electricity equipment in the mined part with a cross section of 30.89m² and a length of 5.63m for LV substations. In the portal rectangular parts at both ends of the tunnel, there are niches for storing handcars for fire rescue units which are possibly used for service and maintenance purposes.

The tram line in the tunnel is 7m wide; the double-sided emergency walkways in the tunnel are at least 1.43m wide. The net height above the top of rail is 6m. The escape gallery with a cross-section of 15.43m² and a width of 2.6m leads from the tunnel perpendicularly to the LCCR road gallery and is approximately 50m long. Slab track, walkways, operating units, a fire main, safety and traffic signs will be parts of the tunnel.

4. MINED TUNNEL PART

The tunnel cross-section is based on the clearance profile for a double-track tram line. The structure of the mined tunnel is formed by double-shell lining, with an intermediate umbrella system of waterproofing made of a welded membrane. It consists of a primary temporary load-bearing lining consisting of shotcrete (SC) with reinforcing nets and rock bolts and a secondary permanent load-bearing lining made either of reinforced concrete or unreinforced concrete. At both ends, the tunnel is constructed under the protection of canopy tube pre-support and a reinforced concrete structure of the protective collar. The tunnel was constructed using an observational method with a horizontal excavation sequence (top heading, bench). Geotechnical monitoring was an inseparable part of the tunnel excavation. If necessary, an operative response

koncích je tunel budován pod ochranou mikropilotového deštníku a železobetonové konstrukce ochranného límce. Stavba tunelu probíhala observační metodou při horizontálním členění výrubu. Nedílnou součástí ražby byl geotechnický monitoring. V případě potřeby tak byla zajištěna operativní reakce na projevy deformací, a to úpravou kroku ražby nebo způsobu vyztužování. Ve vzdálenosti 271 m od jižního provizorního portálu se z tunelu odpojuje kolmo na osu úniková chodba vyúsťující do silniční galerie VMO.

4.1 Ražba a primární ostění

Výrub tunelu o celkové ploše 69,74 m² je rozdělen horizontálně na kalotu o výšce 6,26 m s plochou příčného průřezu 53,95 m² a lávku o výšce 1,721 m a ploše příčného průřezu 15,79 m². Pro tunel byly na základě dat a podkladů z inženýrskogeologického průzkumu, a podle rozdělení do kvazihomogenních celků, navrženy v zadávací dokumentaci tři technologické třídy výrubu (TTV) – třídy lehká TTV I, střední TTV II a těžká varianta TTV III (obr. 2, 3).

V zadávací dokumentaci byly jednotlivé třídy řešeny následně:

- **Technologická třída výrubu I** s horizontálním členěním výrubu na kalotu a lávku, délka záběru max. 2,5 m, primární ostění z SB 25/typ II/J2 tloušťky 100 mm, 1x síť Ø 6 × 6/100 × 100 mm, žebírková ocel BSt 500M (KARI), bez vyztužného příhradového rámu, radiální kotvení SN svorníky na ampule s min. únosností 150 kN, délky 3,0 m, v rastru 2,5 m × 2,5 m.
- **Technologická třída výrubu II** má oproti třídě I kratší max. záběr stanovený na 2,0 m, silnější ostění 200 mm, které je navíc vyztuženo tříprutovým příhradovým rámem s vyztuženími 1 × Ø R32, 2 × Ø R22 a další vrstvou shodné KARI sítě. Radiální kotvení v této třídě je tvořeno delšími 4,0 m dlouhými SN svorníky v hustějším rastru 2,0 × 2,0 m. Zároveň se v této třídě řeší stabilita čelby, kde je předpoklad zajištění 50 % plochy čelby stříkaným betonem o tloušťce 50 mm.
- V **technologické třídě výrubu III** je oproti třídě II kratší max. záběr stanovený na 1,5 m. Ostění je v zásadě shodné s třídou II, jen s modifikacemi. Navíc má prodlouženou délku radiálního kotvení SN kotvami na 6 m v hustějším rastru 1,5 m × 1,5 m. Pro stabilitu čelby je navrženo zajištění 100 % plochy čelby stříkaným betonem o tloušťce 50 mm, podle potřeby.

to the manifestations of deformations was ensured, namely by adjusting the excavation round length or the method of supporting the excavation. At a distance of 271m from the southern temporary portal, an escape gallery leading to the LCCR road gallery branches from the tunnel, perpendicularly to the axis.

4.1 Tunnel excavation and primary lining

The excavated cross-section of the tunnel with the total area of 69.74m² is divided horizontally into 6.26m high top heading (cross-sectional area of 53.95m²) and 1.721m high bench with the cross-sectional area of 15.79m². The following three excavation support classes (ESC) were designed in the tender documents on the basis of the data and documents from the engineering geological survey, and according to the division into quasi-homogeneous units: light classes ESC I, medium ESC II and heavy variant ESC III (see Figures 2 and 3).

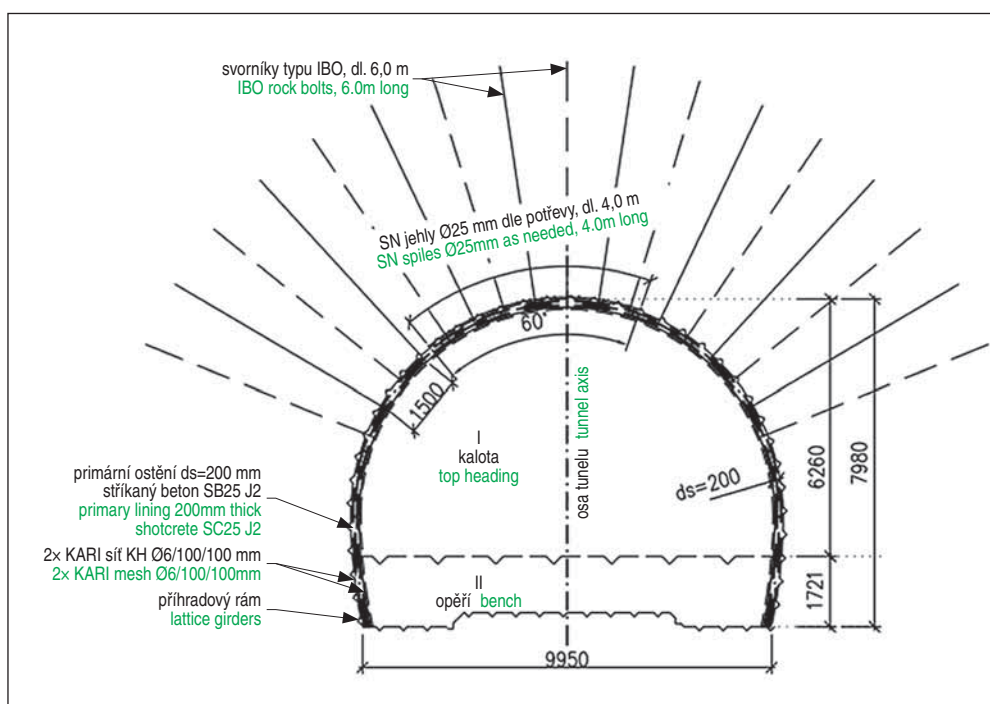
In the tender documents, the individual classes were solved as follows:

- **Excavation support class I** with the horizontal excavation sequence consisting of top heading and bench, maximum length of excavation round of 2.5m, primary lining made of SC 25/type II/J2 100mm thick, 1x welded mesh Ø 6 × 6/100 × 100mm, deformed reinforcing steel bars BSt 500M (KARI), without supporting lattice girders, radial anchoring with resin-bonded SN rock bolts with minimum capacity of 150kN, 3m long, in 2.5m × 2.5m grid.
- **Excavation support class II** – in comparison with class I it has shorter excavation round length set at 2.0m, thicker lining 200mm, which is in addition reinforced with a two-strand lattice girder with welded mesh 1 × Ø R32, 2 × Ø R22 and another layer of identical KARI mesh. Radial anchoring in this class is formed by longer (4m long) SN rock bolts in a tighter 2.0 × 2.0m grid. At the same time the excavation face is solved in this class where 50% of the face is assumed to be supported by ca 50mm thick shotcrete.
- In **excavation support class III**, the maximum excavation advance round, in comparison with class II, is shorter, set at 1.5m. The line is basically identical with class II, only with modifications. In addition, the length of radial anchoring by SN anchors is increased to 6m and the grid is tighter, 1.5m × 1.5m. Supporting of 100% of excavation face by 50mm thick shotcrete layer, as necessary, is designed. Supporting the top heading is solved by spiles Ø R20mm from B500B steel deformed bars 5.0m long, installed á 300mm, as required. [5]

No lagging of top heading behind bench was prescribed in the documents

4.2 Excavation procedure and changes in primary support

The excavation of the tunnel started in the first half of May 2021, with a slight delay due to the stabilisation of the portal walls and rock slopes. Even before the excavation, canopy tube pre-support was installed from the portal, consisting of 31 canopy tubes 15m



Obr. 3 Projektovaná technologická třída výrubu III, schéma příčného řezu s vyztužením [5]
Fig. 3 Designed excavation support class III, cross-sectional scheme with support [5]

Zajištění přístropí je řešeno jehlami \varnothing R20 mm z žebírkové oceli B500B, délky 5,0 m a 300 mm, v každém druhém záběru, taktéž podle potřeby. [5]

Odstup mezi kalotou a lávkou nebyl v dokumentaci předepsán.

4.2 Postup ražby a změny primárního zajištění

Ražba tunelu byla zahájena v první polovině května 2021 s mírným zpožděním, a to kvůli plošnému zajištění portálových stěn a skalních svahů. Ještě před ražbou byl z portálu zhotoven mikropilotový deštník tvořený 31 ks mikropilot délky 15 m a přes něj zesilující věnec stříkaného betonu se dvěma vrstvami KARI sítě \varnothing 6 × 6/100 × 100 mm, BSt 500M. Práce probíhaly ze severní strany na jedné čelbě (obr. 4).

Projektová dokumentace podle závěrů z inženýrskogeologického průzkumu předpokládala následující rozložení technologických tříd výrubu. Nejvíce (celkem 126 m) mělo být třídy TTV I s lehkým zajištěním, následovala TTV II (s délkou 107 m) a na TTV III (s nejtěžším zajištěním) zbylo 100 m do celkové délky ražené části 333 m. Všechny tři třídy se měly téměř pravidelně střídát, a to mezi předpokládanými poruchovými pásmy. Rozložení tříd výrubu znamenalo, že téměř 40 % raženého tunelu mělo mít ostění ze stříkaného betonu tloušťky 100 mm s jednou vrstvou KARI sítě bez příhradových rámců. Z toho důvodu přišel předem, při projednávání realizační dokumentace stavby (RDS), zhotovitel s návrhem na nahrazení výztuže tvořené SB a KARI sítě stříkaným betonem s rozptýlenou výztuží. Tento návrh byl díky své ekonomické výhodnosti pro objednatele přijat jako alternativa, s podmínkou provedení patřičných průkazných zkoušek a předložení statického výpočtu. Jednání, která proběhla před zahájením ražby, umožňovala tak modifikaci postupu ražby připomínající spíše metodu Drill & Blast než NRTM. Z toho důvodu zhotovitel rovněž od samého začátku aplikoval u vrtů pro trhačí práce systém Regular, který určoval operátorům vrtacího stroje přesné polohy a směry vrtů a také místo jejich ukončení, a to vždy ve stejné rovině kolmé na osu tunelu (obr. 5).

Ražba byla zahájena ve výšce zmíněném termínu v kalotě tunelu o příčném průřezu 54 m². Prvním úsekem pod mikropilotovým deštníkem byla podle předpokladu projektové dokumentace a podle jádrového předvrtu zastížena TTV III. Dále se však situace z pohledu geologie již vyvíjela odlišně. Kvalita masivu se z hlediska vlastností (především diskontinuit), ani chování výrubu nijak nezlepšovala. Výsledkem bylo, že ve třetině ražby převažovala stále TTV III (se zastoupením téměř 90 %) a na TTV VII tak zbývalo jen 10 %. Při ražbě v TTV II, s možností záběru až 2 m, docházelo při prodloužení kroku k nepřijatelnému zvětšení geologických nadvýrubů. Způsobovala to zejména četnost a typ výplní diskontinuit, resp. poruchových pásem. V takovém případě bylo nezbytné přetřídění kvality masivu, předpokládané projektem,



foto Michal Novotný photo Michal Novotný

Obr. 4 Pohled na severní portál tunelu krátce po zahájení ražeb

Fig. 4 View of northern portal of the tunnel shortly after the start of excavation operations

long. A reinforcesupporting shotcrete layer with two layers of KARI mesh \varnothing 6 × 6/100 × 100mm, BSt 500M steel grade was applied over it. The work operations proceeded from the northern side at one heading (see Fig. 4).

According to the conclusions of the engineering geological survey, the design documents assumed the following distribution of excavation support classes: The majority of classes (126m in total) were to be ESC class I with light support; followed by ESC II (with a length of 107m) and 100m remaining from to the total



foto Michal Novotný a fotoarchiv Subterra a.s. photo Michal Novotný and Subterra a.s. photo archive

Obr. 5 Přímkový laser pro ustavení vrtacího stroje a vrtací stroj Boomer připravený k vrtání pro trhačí práce

Fig. 5 Straight line laser for setting up a drilling machine and a Boomer drilling machine ready for drilling for blasting operations

na kvalitu skutečnou. To je však při ražbě krátkého díla zásadně komplikováno několika důvody.

- Prvním důvodem bylo to, že docházel materiál potřebný pro zajištění tunelu podle předpokladů projektu.
- Druhým důvodem byla obtížnost rozhodnutí, jakým materiálem, vzhledem k zásadnímu odlišnostem v předpokladu a ve skutečnosti kvality horniny, se zásobit.
- Třetím důvodem se stala nemožnost operativních změn v důsledku covidové pandemie. Ta způsobila prodloužené dodací lhůty, úplný nedostatek některých materiálů a výrobků s přerušením dodavatelských řetězců, které se v době po obnově průmyslové výroby velmi pomalu rozbíhají a neumožňují pružně reagovat na potřebné změny ve výstavbě, tak jako před pandemií. Zastavená průmyslová výroba a navazující logistika se kvůli pandemii covid 19 situaci, např. na trhu s ocelí nebo s některými výrobky z ropy, značně zkomplikovala. I z tohoto objektivního důvodu bylo nutné, po uplynutí třetiny ražeb, rychle reagovat a zavést taková technologická opatření, která by odvrátila reálně hrozící přerušení prací na tunelu z důvodu nedostatku stavebního materiálu. Tato opatření spočívala ve změně navrženého postupu pro technologické třídy, a to v kombinaci navržených prvků zajištění mezi původními TTV. Realizaci návrhu značně napomohly výsledky geotechnického monitoringu, který konstatoval minimální konvergence. Základním opatřením bylo zkrácení délky svorníků při zachování jejich počtu v TTV III. Dále byly vynechány lícové KARI sítě v TTV III i TTV II v souvislosti s jejich nahrazením rozptýlenou výztuží z polypropylenových vláken MasterFiber 151 v celé tloušťce primárního ostění (obr. 6). [6] Tak bylo generováno zmírnění dopadů nejen z důvodu doby „covidové“,

length of the mined part of 333m were left for ESC III (with the most difficult support). All three classes were to alternate almost regularly, between the presumed fault zones. The distribution of the excavation support classes meant that almost 40% of the mined tunnel was to have a 100mm thick shotcrete lining with one layer of KARI mesh, without lattice girders. For this reason, during the discussion of the detailed design, the contractor came up with a proposal to replace the reinforcement consisting of fibre-reinforced shotcrete and KARI nets. Due to its economic advantage for the customer, this proposal was accepted as an alternative, subject to the carrying out appropriate proving tests and the submission of a structural analysis. Negotiations that took place before the start of the excavation thus allowed for a modification of the excavation process resembling the Drill & Blast method rather than the NATM. For this reason, the contractor also applied the Regular System for blasting boreholes from the very beginning, which determined exact positions and directions of the holes and also the place of their ends to be always in the same plane perpendicular to the tunnel axis (see Fig. 5).

The excavation started in the above-mentioned term in the tunnel top heading with a cross-sectional area of 54m². According to the assumption of the design documents and according to the pre-bored cored hole, the first section under the canopy tube pre-support was reached by ESC III. Further on, however, the situation was developing differently from the point of view of geology. Neither the quality of the massif in terms of properties (especially discontinuities) nor the behaviour of the excavation improved. As a result, ESC III (with a share of almost 90%) still predominated in one third of the excavation, leaving only 10% for ESC II. During the excavation in ESC II, with the possibility of the

excavation round length of up to 2m, there was an unacceptable increase in geological overbreaks when the round length was extended. This was mainly caused by the frequency and type of filling of discontinuities, respectively fault zones. In such a case, it was necessary to reclassify the quality of the massif, as expected by the design, to the actual quality. However, this is fundamentally complicated when excavating a short tunnel section for several reasons.

- The first reason was that, according to the design assumptions, the material needed to support the tunnel excavation was running out.
- The second reason was the difficulty of deciding which material should be arranged for supplies with respect to fundamental differences in the assumption and the real quality of the rock.
- The third reason was the impossibility of operational changes due to the covid pandemic. The pandemic caused extended delivery times, a complete shortage of some materials and products with supply chain interruptions, which are starting up very slowly in the period after



Fotoarchív Subterra a.s. Subterra a.s. photo archive

Obr. 6 Pohled na primární ostění ze strikaného betonu s rozptýlenou výztuží a detail struktury jeho povrchu
Fig. 6 View of the fibre reinforced shotcrete primary lining and detail of the structure of its surface

ale i z potřeby reálného zatřídění horniny, a to jak v ceně, tak i v termínu provádění díla.

Od poloviny délky tunelu až do prorážky byla zastižena pouze TTV III. Celkový podíl technologických tříd byl tedy 306 m TTV III a 27 m TTV II. Prorážka proběhla ve druhé polovině srpna 2021. Průměrný postup ražeb v kalotě byl přibližně 4,5 m denně. I přes horší geologické podmínky, než předpokládal projekt, byl splněn termín pro raženou část tunelu. V době vypracování příspěvku (září 2021) byla dokončena dobírka opěrů a příprava na pokládku izolace a výstavbu definitivního/sekundárního ostění tunelu.

4.3 Izolace, sekundární ostění a vybavení

Sekundární ostění je tvořeno betonovou klenbou usazenou na základové pásy. Betonové sekundární ostění raženého tunelu se skládá ze 41 tunelových pásů (pásy č. 2 až 42). Nejmenší poloměr ze čtyř protisměrných oblouků půdorysu tunelu je 161,55 m. Proto je délka standardního tunelového pásu pouze 8 m. Tato délka je zároveň výhodná pro omezení vzniku trhlin nevyztužených kleneb. (Pozn.: U většiny železničních nebo silničních tunelů bývá standardem délka 10 nebo 12 m). Výškové vedení tunelu má vrcholový oblouk přibližně uprostřed délky, vody najímané v tunelové drenáži budou gravitačně odváděny na obě strany tunelové trouby.

Hydroizolace tunelu je navržena z fólie tloušťky 3 mm, v celé délce jako deštníková. Izolován je tedy jen povrch klenby, voda na izolaci nepůsobí tlakově a stéká do drenáží DN200 uložených v patě klenby. V definitivním ostění jsou v pravidelných rozestupech přibližně 50 m umístěny bezpečnostní výklenky, kde se nachází i revizní a čistící šachty tunelové drenáže.

Sekundární ostění tunelu je navrženo jako klenbová konstrukce z prostého betonu a železobetonu C30/37 XC3, XA1, XF1, s obdobným vyztužením jako v přesýpané části. V raženém tunelu budou vyztuženy pouze čtyři klenbové portálové pásy a ty, které se kříží s velkými výklenky elektrorozvoden. Požární odolnost ostění je 90 minut. Klenba, min. tloušťky 300 mm ve vrcholu, je založena na základových pásech. Mezi nimi budou vytvořena drenážní žebra vyplněná kamenivem frakce 16/32 pro odvod vody ze šachet multi-kanálů. Na drenážní žebra bude provedena podkladní vrstva tloušťky 260 mm z betonu C16/20 X0 pro pevnou jízdní dráhu. Ostatní tunelové pásy sekundárního ostění jsou z prostého betonu. Vlivem teplotních změn a dotvarování se předpokládá vznik trhlin. Pro jejich omezení se počítá s několika opatřeními. Těmi jsou zkrácení délky pásu, nebo použití betonové směsi s nízkým vývinem hydratačního tepla a pomalým náběhem pevnosti v počátečním období. Dalšími opatřeními jsou odbedňování bloku ostění při nízké předepsané pevnosti betonu (min. 1,5 až max. 3 MPa), jeho ošetřování se zaměřením na omezení vysychání a zmírnění tepelného šoku pomocí ochranných nátěrů a vytvoření mikroklimatu při povrchu betonu nasazením klima vozů. Beton musí být zakrytý po dobu min. 72 hodin, proto bude nutné nasadit celkem tři klima vozy.

Po zhotovení sekundárního ostění v ražené části bude výstavba tunelu časově ve své polovině. Následovat budou práce na finálním vybavení a zprovoznění. Jde o pevnou jízdní dráhu, chodníky, provozní soubory, požární suchovod, trolejové vedení, bezpečnostní a dopravní značení. Z hlediska konstrukcí jsou nejvýznamnější služební chodníky s kabelovody po obou stranách tunelu a pevná jízdní dráha. Ta je navržena v tunelu a navazujících portálových úsecích. Bude tvořena kolejnicemi tvaru NT3 upevněnými do monolitické betonové desky z betonu C30/37 XF3, XC3, s výztuží z KARI sítě 150/150/8. Kolejnice budou osazeny na rektifikačních prážcích, připevněných na podkladní desku z betonu C16/20 X0, tl. 100 mm.

Předpokládaný termín zprovoznění tramvajové trati s tunelem je únor roku 2022.

the resumption of industrial production and do not allow for a flexible response to the necessary changes in the construction existing before the pandemic. The stopped industrial production and related logistics have become significantly more complicated due to the covid 19 pandemic situation, e.g. the situation in the steel market or with some petroleum products. Even for this objective reason, it was necessary, after finishing one third of the tunnel excavation, to respond quickly and introduce such technical measures that would avert the imminent interruption of work on the tunnel due to the lack of construction material. These measures lied in changing the procedure designed for excavation support classes, combining the designed excavation support elements between the original ESCs. Putting the design into effect was greatly aided by the results of GT monitoring, which stated that convergences were minimal. The basic measure was to shorten the length of the rock bolts while maintaining their number prescribed in ESC III. Furthermore, KARI welded mesh on excavation face prescribed in ESC III and ESC II were omitted in connection with its replacement with polypropylene fibre reinforcement made of MasterFiber 151 in the entire thickness of the primary lining (see Fig. 6). [6] Thus, the mitigation of impacts resulting not only from the "covid" period but also from the need for a real classification of the rock, both in terms of the cost and the construction schedule, was generated.

From the middle of the length of the tunnel until the breakthrough, only ESC III class was encountered. The overall share of excavation support classes was therefore 306m with ESC III and 27m with ESC II. The breakthrough took place in the second half of August 2021. The average advance rate of excavation in the top heading was approximately 4.5m per day. Despite worse geological conditions than assumed by the design, the deadline for the mined part of the tunnel was met. At the time of writing this paper (September 2021), the excavation of the bench was finished and preparation for the installation of the waterproofing and the construction of the final/secondary lining of the tunnel was completed.

4.3 Waterproofing, secondary lining and equipment

The secondary lining is formed by a concrete vault set on the strip footings. The concrete secondary lining of the mined tunnel consists of 41 tunnel blocks (blocks No. 2 to 42). The smallest radius of the four reverse curves on the tunnel ground plan is 161.55m. Therefore, a standard tunnel block is only 8m long. This length is also advantageous for reducing the occurrence of cracks in unreinforced concrete vaults. (Note: For most railway or road tunnels, a length of 10 or 12m is standard). The vertical alignment of the tunnel has an apex curve approximately in the middle of the length, the water collected in the tunnel drainage will be evacuated by gravity to both sides of the tunnel tube.

A 3mm thick membrane is designed for the tunnel waterproofing, with an umbrella system applied along the entire tunnel length. Thus, only the surface of the vault is insulated, the water does not exert pressure on the waterproofing membrane and flows into the DN200 drains placed at the foot of the vault. In the final lining, safety recesses are located at regular intervals of approximately 50m. Manholes are also carried out on the tunnel drains.

The secondary lining of the tunnel is designed as a vaulted structure made of unreinforced concrete or reinforced concrete C30/37 XC3, XA1, XF1, with similar reinforcement as in the cut-and-cover tunnel part. Only four vaulted portal blocks and blocks that intersect with large recesses for electrical substations will be reinforced in the mined tunnel. The fire resistance of the lining is 90 minutes. The vault 300mm thick at the crown is

5. PŘESYPANÉ ČÁSTI TUNELU

Přesypané části jsou navrženy jako železobetonové monolitické konstrukce navazující na raženou část tunelu. Severní část se skládá z 20 tunelových pásů délky 8 m. Jižní část je tvořena jedním pásem délky 5 m. Příčný profil hloubené části tunelu na severní straně se po délce tunelu mění. Směrem od ražené části je to 138 m (17 tunelových pásů) se železobetonovou klenbou na základových pásech. Poslední tři pásy, včetně portálu, jsou tvořeny uzavřeným železobetonovým rámem (s délkou 24 m).

Přesypaná část sever svým portálem současně navazuje na další objekty. Vpravo přiléhá k železobetonové galerii VMO, vlevo ke společnému technologickému objektu pro tunel a galerii. Definitivní úpravu zásypů doplní vegetace a chodníky.

5.1 Základové podmínky

Základové podmínky se po délce severní hloubené části tunelu výrazně mění. Na jejím začátku je stavební jáma umístěna ve skalním zářezu starého lomu se stěnami upravenými do sklonu 5:1 a zajištěné horninovými kotvami. Tím je vytvořen prostor pro provizorní portál raženého tunelu. Úprava stěny probíhala po etážích výšky cca 3 m. Projekt původně předpokládal jen očištění stěny lomu od suťových nánosů a humusu a zajištění pouze v rozsahu úpravy portálové stěny (5:1, plocha cca 1 900 m², do max. výšky 25 m). Celková plocha skalní stěny bývalého lomu však v konečné výměře byla přes 4 500 m² a její výška byla přibližně 50 m.

V místech, kde se nacházely v základové spáře horniny minimálně třídy R3, byly konstrukce založeny na podkladním betonu C16/20 tloušťky 150 mm. Šlo o 12 základových pásů z 20. Stejně bude založena jižní přesypaná část. Dále od provizorního portálu, v místech, kde byla předpokládána mocnost zemin a navážek do 2 m, bylo u jednoho pásu na plnou šířku základů nahrazeno původní podloží hutněným šterkovým zásypem s předepsaným modulem $E_{\text{def}} = 70 \text{ MPa}$. Čtyři pásy klenby, s mocností zemin v podloží od 2 do 6 m, byly založeny na pilotách z prostého betonu C30/37 Ø 600 mm ve dvou řadách, přibližně po 2 m. Poslední tři pásy jsou založeny plošně, a proto nebylo nutné použít piloty. Byla provedena jen výměna podloží za polštář z hutněného zásypu mocnosti 1 m s předepsaným deformačním modulem taktéž 70 MPa.

5.2 Železobetonová konstrukce přesypané části tunelu

Tvar ostění přesypané části je standardně klenbový (17 z 20 pásů, obr. 7 nahoře) a odpovídá vnitřním lícem definitivnímu ostění ražené části. Klenba je z betonu C30/37 a ve vrcholu má tloušťku 450 mm. Příčný profil rubu ostění je pak horní půlkruh se svislými stěnami. Výztuž klenb tvoří kombinace příhradových rámu B500B zajišťujících samonosnost výztuže, KARI sítě B500A s dráty 8×8 mm a oky 100×100 mm a prutové výztuže B500B. V patě je klenba založena na základových pásech ze shodného betonu, šířky 2,3 m a tloušťky 0,6 m. Výztuž základových pásů je tvořena armo-koši z ohýbaných prutů výztuže B500B.

V prostoru mezi základovými pásy budou vytvořena drenážní žebra vyplněná šterkem frakce 16/32 a na ně bude provedena podkladní vrstva pro pevnou jízdní dráhu z betonu tloušťky 260 mm.

Zbývající tři pásy přesypané části sousedící s technickým objektem mají tvar železobetonové rámové konstrukce (obr. 7 dole). Tloušťka stěn a desek rámu je 600 mm, strop je navržen se střechovitým sklonem povrchu 2 %, proto se uprostřed rozpětí tloušťka zvětšuje na 706 mm. Základová a stropní deska jsou ve vetknutí do stěn zesíleny náběhy. Portál má 100 mm vysoký a 300 mm široký límec pro ochranu protihlukového obkladu, nainstalovaného na prvních a posledních 50 m tunelu. Definitivní portál je ukončen římsou proměnné výšky a šířky 300 mm. Vnitřní světlé rozměry tunelové trouby jsou odvozeny z prostorového uspořádání

based on strip footings. Between them, drainage ribs filled with aggregate fraction 16/32 will be created for evacuation of water from manholes on multi-channels. A 260mm thick blinding layer of C16/20 X0 concrete for a slab track will be applied on top of the drainage ribs. The other blocks of the secondary lining are made of unreinforced concrete. Due to temperature changes and creep, development of cracks is expected. Several measures are counted with to limit them. The measures comprise shortening the length of the block, or using a concrete mixture with low heat of hydration and a slow onset of strength in the initial period. Other measures are stripping of the lining block at low prescribed concrete strength (min. 1.5 to max. 3MPa), treatment of the block with a focus on reducing the drying process and mitigating thermal shock by means of protective coatings and creating a microclimate on the concrete surface by using "clima scaffolds".

After the construction of the secondary lining in the mined part, the construction period of the tunnel will be in its middle. Work on the final equipment and bringing it into service will follow. It comprises slab tracks, walkways, operating units, dry fire main, overhead catenary, safety and traffic signalling. In terms of structures, the most important are service walkways with cable ducts on both sides of the tunnel and the slab track. It is designed for the tunnel and adjoining portal sections. It will consist of NT3 rails fixed to an unreinforced concrete slab made of concrete C30/37 XF3, XC3 with KARI mesh 150/150/8 reinforcement. The rails will be mounted on sleepers allowing for rectification, attached to the 100mm thick base plate made of concrete C16/20 X0.

The assumed date of commissioning of the tram line and the tunnel is February 2022.

5. CUT-AND-COVER PARTS OF THE TUNNEL

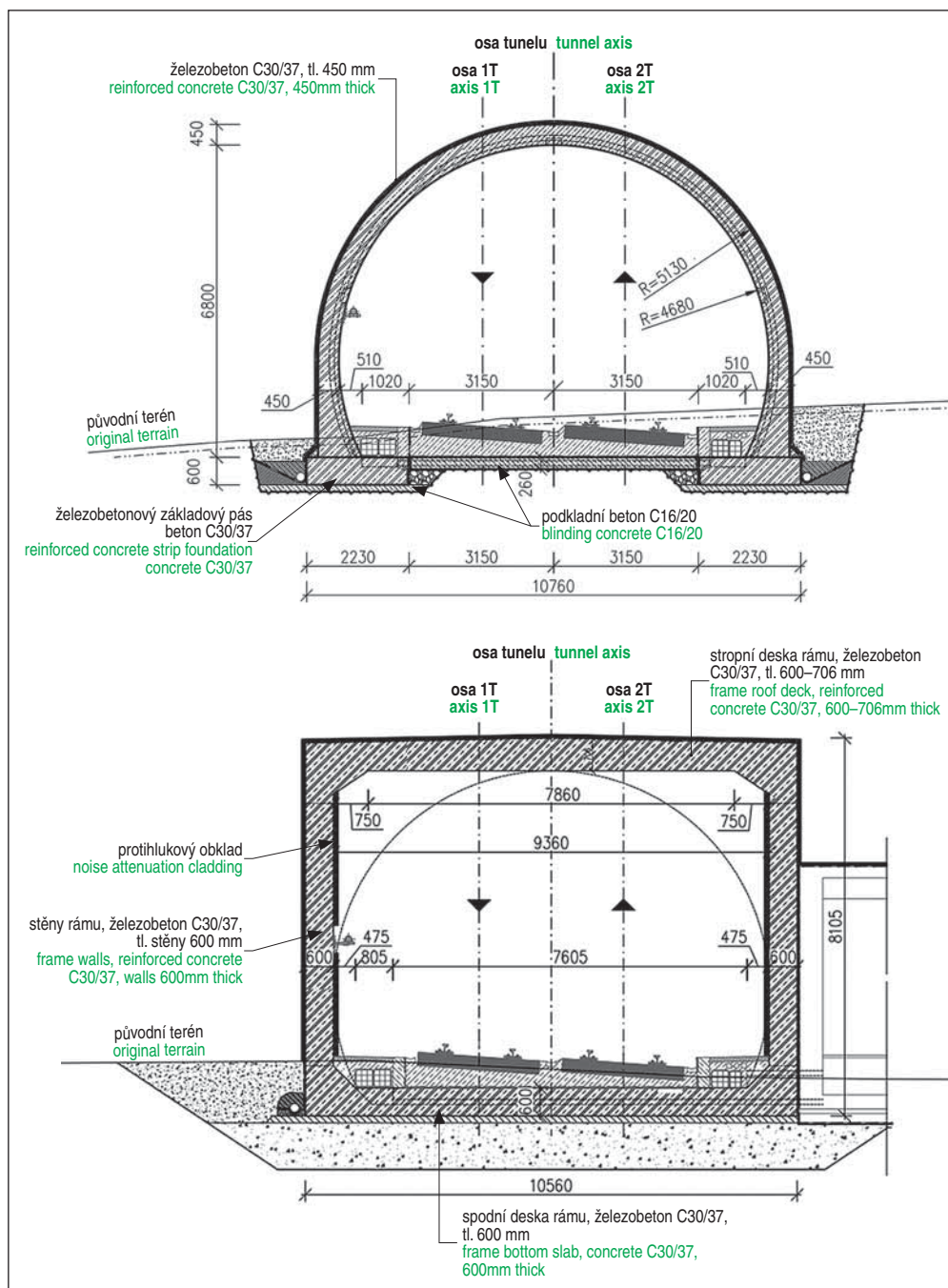
The cut-and-cover parts are designed as reinforced concrete monolithic structures adjoining the mined part of the tunnel. The northern part consists of 20 tunnel blocks 8m long. The southern part is formed by one 5m long block. The cross-section of the cut-and-cover part of the tunnel on the northern side varies along the tunnel length. In the direction from the mined part on, there are 138m of the tunnel (17 tunnel blocks) with a reinforced concrete vault on the strips foundations. The last three blocks, including the portal, are formed by a closed reinforced concrete frame (24m long).

The northern cut-and-cover part also connects to other structures through its portal. On the right site it is adjacent to the reinforced concrete gallery of the LCCR, on the left side to the technical building common for the tunnel and the gallery. Vegetation and walkways will complete the final shape of the walkways.

5.1 Foundation conditions

Foundation conditions significantly change along the length of the northern cut-and-cover part of the tunnel. At its beginning, the construction pit is located in the rock cutting of the old quarry with the walls adjusted to a slope of 5:1 and stabilised by rock anchors. In this way, space is created for a temporary portal of the mined tunnel. The adjustment of the wall proceeded within about 3m high stages. The design originally assumed only the cleaning of the quarry wall from talus deposits and humus and stabilising it only to the extent of the modification of the portal wall (5:1, area approx. 1900m², up to a maximum height of 25m). However, the total area of the final rock wall of the former quarry was over 4500m² and its height was approximately 50m.

In places where there was at least class R3 rock in the foundation base, the structures were founded on a 150mm thick layer of C16/20 blinding concrete. There were 12 foundation strips out of 20 carried out in this way. The southern cut-and-cover part will be



Obr. 7 Vzorový příčný řez klenbového pásu a rámového pásu přesýpaného tunelu [5]

Fig. 7 Typical cross-section through the vault block and the frame block of the cut-and-cover tunnel [5]

tramvajové trati. V pravé straně prostředního z rámových pásů je nad chodníkem výklenek pro požární technikou vybavený ruční kolejový vozík. Beton rámových pásů bude taktéž C30/37, s tím rozdílem, že musí být odolný proti rozmrazovacím solím. Výztuž bude prutová B500B.

5.3 Postup výstavby přesýpané části k září 2021

Přesýpanou částí na severním portálu raženého tunelu byly práce na stavbě na přelomu roku 2020 a 2021 zahájeny. Šlo o zemní práce pro odstranění mezideponie první etapy. Následovalo snesení tramvajové trati a nutné skrývky. Práci v únoru 2021 zdržely archeologické nálezy pozůstatků textilní továrny a ve stejném čase opady ze stěny bývalého kamenolomu.

Při čištění skalních ploch musela být přijata změna způsobu zajištění, vyvolaná přetrvávajícími opady a lokálním usmyknutím horninových bloků po hladkých diskontinuitách. Změna spočívala

founded identically. Farther from the temporary portal, in places where the thickness of soils and made ground up to 2m was assumed, the original subgrade of one block was replaced to the full width of the foundations with a compacted gravel backfill with the prescribed modulus $E_{def} = 70\text{MPa}$. The four blocks of the vault, with the thickness of soils in the subgrade of 2 to 6m, were founded on $\varnothing 600\text{mm}$ piles made of unreinforced concrete C30/37, bored in two rows, approximately at 2m spacing. The last three blocks lie on spread foundation, so it was not necessary to use piles. The subgrade was only replaced with a 1m thick compacted cushion, also with the prescribed deformation modulus of 70MPa.

5.2 Reinforced concrete structure of the cut-and-cover part of the tunnel

The shape of the lining of the cut-and-cover part is arched as a standard (17 out of 20 blocks, see Fig. 7 above) and its inner surface corresponds to the final lining of the mined part. The vault is made of C30/37 concrete and has a thickness of 450mm at the top. The transverse profile of the external surface of the lining is then an upper semicircle with vertical side walls. The reinforcement of the vaults consists of a combination of lattice girders B500B ensuring the self-supporting property of the reinforcement, KARI B500A welded mesh with rods $8 \times 8\text{mm}$ and meshes $100 \times 100\text{mm}$ and B500B bar reinforcement. At the base, the vault is founded on foundation strips of C30/37 concrete, 2.3m wide and 0.6m thick. The reinforcement of the foundation strips consists of rebar cages made

of bent B500B reinforcement bars.

In the space between the foundation strips, drainage ribs filled with 16/32 fraction of gravel will be created and a sub-base for a 260mm thick concrete slab track will be carried out on them.

The remaining three blocks of the cut-and-cover part adjacent to the technical building have the shape of a reinforced concrete frame structure (see Fig. 7 below). The thickness of the walls and slabs of the frame is 600mm, the roof is designed with a saddle roof-like slope of 2%, therefore the thickness increases to 706mm in the middle of the span. The thickness of the base and roof slabs is increased by haunches at their fixation to the walls. The portal has a 100mm high and 300mm wide collar to protect the noise attenuation cladding installed on the first and last 50m of the tunnel. The final portal is terminated by a ledge of variable height and the width of 300mm. The net internal dimensions of the tunnel tube are derived from the spatial arrangement of the tram track. In the right



fotoarchiv Subterra a.s. Subterra a.s. photo archive

Obr. 8 Zajišťování skalního svahu severního portálu tunelu s nájezdovou rampou
Fig. 8 Stabilising the rock slope at the northern portal of the tunnel with the entry ramp

v plošném zajištění celé stěny kombinací trvalých a dočasných prvků. Jednalo se o geomříže a georochože v kombinaci se sklola-minátovými svorníky, vplétanými lany a pramencovými kotvami. Pro pramencové kotvy, realizované pod hranou úpravy sklonu 5:1, bylo nutné vytvořit pracovní rampu (obr. 8). Pod úrovní zásepů tunelu byl jako ochrana plošně aplikován stříkaný beton a ocelové kotvy/hřebíky.

Tato opatření, aplikovaná nad rámec projektu, znamenala výrazné zdržení hned na začátku stavby. Zdržení se podařilo částečně eliminovat upraveným postupem zemních prací. Trhací práce v nejvyšších (nejhůře přístupných) partiích skalního svahu nahradilo mechanické rozpojení a odtěžení. Trhací práce tak byly využity až pro nejnižší partie, přibližně na úrovni profilu tunelu. Termín zahájení ražeb se tak posunul o necelý měsíc až na začátek května 2021. Zároveň s tím došlo ke zdržení ve výstavbě popisovaných

side wall of the middle frame block, above the walkway, there is a niche for fire equipment equipped with a handcar. The concrete of the frame blocks will also be of C30/37 grade, with the difference that it must be resistant to thawing salts. Steel rods B500B will be used for concrete reinforcement.

5.3 Cut-and-cover part construction procedure as of September 2021

Work operations on the northern portal of the mined tunnel started at the end of 2020 by earthworks to remove the intermediate muck stockpile of the first stage. This was followed by the removal of the tram track and the necessary top soil stripping. Work in February 2021 was delayed by archaeological finds of the remains of a textile factory and at the same time falling of rock

from the wall of the former quarry.

When cleaning the rock surfaces, a change in the method of the stabilisation had to be adopted, because of persistent falling of rock from the walls and local shearing failures on smooth discontinuities. The change lied in stabilisation of the entire wall with a combination of permanent and temporary elements, namely geogrids and geomats in combination with fibreglass reinforced plastic rock bolts, weaved cables and stranded anchors. For stranded anchors, installed below the edge of the slope adjustment to 5:1, it was necessary to create a working ramp (see Fig. 8). Below the level of the tunnel backfill, shotcrete and steel anchors/nails were applied to the whole surface as the protection.

These measures, applied beyond the scope of the design, meant a significant delay right at the beginning of the construction. The delay was partially eliminated by the modified procedure of



fotoarchiv Subterra a.s. Subterra a.s. photo archive

Obr. 9 Pohled shora na severní portál se zázemím pro ražbu tunelu a výstavbou přesypané části tunelu
Fig. 9 View of the northern portal with background facilities for tunnel excavation and construction of the cut-and-cover part of the tunnel



fotoarchiv Subterra a.s. Subterra a.s. photo archive

Obr. 10 Pohled na tunelovou formu s kontrabedněním a pohled do vybetonované části přesypané tunelu
Fig. 10 A view of the tunnel formwork with counter-formwork and a view of the concreted part of the cut-and-cover tunnel

železobetonových konstrukcí, prováděných souběžně s ražbou tunelu. Čtyři pásy tunelu byly přitom vynechány pro přístup do ražené části prováděné současně ze severu. Protiražbu z jihu předem vyloučil nedostatek místa pro nutné zázemí – viz prostor severního portálu (obr. 9).

Výstavba základových pásů byla zahájena v březnu 2021. Vždy po dokončení pěti až šesti kompletních sekcí byly zabetonovány i podkladní betony pevné jízdní dráhy. Během betonáže prvních úseků byla ověřována vhodnost receptury betonu pro klenby tunelu. Receptura mohla být změněna tak, aby se omezilo riziko vzniku hnízd kameniva nebo nedostatečně zaplněných částí konstrukce, způsobené zhuštěnou výztuží. Přitom projednání takové změny (včetně provedení průkazných zkoušek a schválení na ŘSD) trvá přes tři měsíce. Jen vzhledem ke včasnému ověření se tak podařilo dlouhý termín zvládnout.

Pro betonáž klenb pásů přesypané části byla nasazena plně hydraulická, elektricky posuvná forma a shodně vybavené kontrabednění od společnosti OSTU STETTIN. Jako čelní bednění byly použity ocelové plechy urychlující betonáž. První forma byla zabetonována koncem července 2021; koncem srpna 2021 je zabetonováno osm klenb (obr. 10). Průměrný postup betonáže v této přesypávané části je jeden pás za pět kalendářních dnů. Na jižní části tunelu byly v srpnu 2021 provedeny pouze zemní práce.

5.4 Hydroizolace přesypané části

Proti účinkům podzemní a povrchové vody chrání nosné konstrukce rubová fólie tl. 3 mm, na rubu opatřená proti poškození celoplošně vrstvou netkané geotextilie gramáže min. 1 000 g/m², která má i drenážní účinek. Na klenbových pásech a stropní desce je fólie doplněna nopovanou vrstvou s výstupky 2 cm a na svislých

earthworks. Blasting operations in the highest (worst accessible) parts of the rock slope were replaced by mechanical breaking and excavation. Blasting was used only for the lowest parts, approximately at the level of the tunnel profile. The date of commencement of tunnel excavation was thus shifted by less than a month, to the beginning of May 2021. At the same time, there was a delay in the construction of the above-described reinforced concrete structures, carried out in parallel with the excavation of the tunnel. Four tunnel blocks were omitted for access to the mined part carried out simultaneously from the north. Driving the tunnel from the opposite end, from the south, was excluded in advance because of the lack of space for the necessary background facilities – see the area of the northern portal (see Fig. 9).

The work on the foundation strips commenced in March 2021. Always after finishing five to six complete sections, the blinding concrete under the slab track was also poured. During the concreting of the first sections, the suitability of the concrete formula for the tunnel vaults was verified. The

formula could be changed to reduce the risk of aggregate blow holes or insufficiently filled parts of the structure caused by congested reinforcement. At the same time, the discussion of such a change (including the performance of conclusive tests and approval at the Directorate of Roads and Motorways of the Czech Republic) takes over three months. Only thanks to timely verification was it possible to cope with the long term.

A fully hydraulic, electrically movable form and an identically equipped counter-formwork supplied by the OSTU STETTIN company were used for concreting the vaults of the blocks of the cut-and-cover part. Steel sheets accelerating casting of concrete were used as stop end formwork. The first formwork was filled with concrete in late July 2021; as of the end of August 2021, eight vaults have been concreted (see Fig. 10). The average advance rate of concreting in this cut-and-cover section is one block per five calendar days. In August 2021, only earthworks were carried out on the southern part of the tunnel.

5.4 Waterproofing of cut-and-cover part

Against the effects of groundwater and surface water, the supporting structures are protected by a 3mm thick membrane on the external surface, protected against damage with a layer of min. 1000g/m² non-woven geotextile, which also has a drainage effect. On the vault blocks and the roof plate, the membrane is supplemented with a dimpled sheet layer with 2cm dimples; on the vertical walls it is protected with 4cm thick extruded polystyrene plates. The minimum overlap of the individual strips of geotextile and dimpled sheet is 200mm. In the footings of the tunnel block, there will be drains on both tunnel sides leading outside in front of the portal and opening into the manholes on the rainwater drainage. In the recesses

stěnách deskami z extrudovaného polystyrénu tl. 4 cm. Minimální přesah jednotlivých pásů geotextilie a nopové fólie je 200 mm. V patách tunelového pásu bude umístěna oboustranná rubová patní drenáž vyvedená před portál a zaústěná do šachet dešťové kanalizace. Ve výklencích sekundárního ostění budou její součástí cca po 48 m umístěné čistící a revizní šachty.

6. SHRNUÍ DOSAVADNÍCH ZKUŠENOSTÍ Z VÝSTAVBY

Ražený tramvajový tunel je v rámci ČR poměrně netradiční dílo. Je to dáno několika faktory. Prvním z nich je využití TKP staveb pozemních komunikací používaných na stavbách ŘSD společně s TP na výrobky, zařízení a technologie pro ŽDC (Železniční dopravní cesty) a podmínkami budoucích provozovatelů Dopravního podniku města Brna a Brněnských komunikací. Druhým faktorem je krátká délka tunelu s netradičním poměrem mezi hloubenou a raženou částí 1:2. To předurčuje nutnost realizovat raženou i hloubenou část ve shodném čase. Třetím faktorem jsou „post-covidové“ podmínky, v nichž se výstavba uskutečňuje.

Z toho vyplynuly i získané zkušenosti. Nejzásadnější je změna primárního ostění spočívající ve využití stříkaného betonu s rozptýlenou výztuží, v kombinaci s příhradovými rámy a KARI sítí. Řešení přineslo zvýšení míry operativnosti v reakcích na změny geologické situace a zabránilo prodloužení doby provádění díla. I přesto, že byly vynechány KARI síť na líci primárního ostění, je povrch ostění vhodný pro pokládku izolace bez úprav.

Další zkušeností je to, že skalní masiv, jeví se podle průzkumů zprvu jako vhodný pro výstavbu tunelu podobnými postupy jako ve Skandinávii (D&B – Drill and Blast), může při rozfárání i přes veškerou prozkoumanost nepříjemně překvapit. Stačí k tomu jen nepříznivé tektonické porušení masivu s nevýhodnou orientací a vysokou četností puklin.

Poslední významnou zkušeností při výstavbě krátkého tunelového díla uváděného typu je nutnost rychlé a efektivní komunikace mezi zhotovitelem a ostatními účastníky výstavby, tj. „správcem stavby“/investorem, technickými dozory, projektantem, autorským dozorem a dodavatelem monitoringu. Podmínkou této komunikace je společný cíl. Tím je vyřešení každé situace ve prospěch úspěšného dokončení stavby, a to i za cenu použití nových technických řešení, třeba doposud jinde neaplikovaných. Za tento přístup patří všem účastníkům stavby Žabovřeského tramvajového tunelu poděkování.

*Ing. VÁCLAV DOHNÁLEK, dohnalek@subterra.cz,
Ing. DALIBOR STROMČEK, stromcek@subterra.cz,
Ing. ANDREJ KORBA, akorba@subterra.cz,
Subterra a.s.*

Recenzoval *Reviewed: doc. Ing. Vladislav Horák, CSc.*

in the secondary lining, cleaning and inspection manholes located at about 48m long intervals will be parts of the drainage.

6. SUMMARY OF PREVIOUS CONSTRUCTION EXPERIENCE

The mined tram tunnel is a relatively non-traditional structure in the Czech Republic. This is due to several factors. The first of them is the use of Technical Specifications for road constructions used on construction projects owned by the Roads and Motorways Directorate of the Czech Republic together with technical specifications for products, equipment and technologies for the Railway Administration and the conditions of future operators, the Public Transport Company of the City of Brno and the Brno Roads. The second factor is the short length of the tunnel with an untraditional ratio between the cut-and-cover and mined part of 1:2. This predetermines the need for constructing the mined and cut-and-cover part at the same time. The third factor is the “post-covid” conditions in which the construction is being carried out.

The experience gained also resulted from those factors. The most fundamental is the change of the primary lining lying in the use of fibre reinforced shotcrete, in combination with lattice girders and KARI mesh. The solution brought an increase in the degree of operability in response to changes in the geological situation and prevented an extension of the construction time. Even though the KARI mesh on the face of the primary lining has been omitted, the surface of the lining is suitable for laying the waterproofing membrane without modifications.

Another experience is that the rock massif, which according to surveys initially appears to be suitable for the construction of the tunnel by similar methods as in Scandinavia (D&B – Drill and Blast), can, despite all the exploration, unpleasantly surprise when excavation operations start. All that is needed for it is an unfavourable tectonic failure of the massif with an unfavourable orientation and a high frequency of joints.

The last significant experience in the construction of a short tunnel of this type is the necessity for fast and effective communication between the contractor and other participants in the construction, i.e. the “construction manager”/project owner, technical supervisors, designer, author’s supervision and contractor for monitoring. The condition for this communication is a common goal. This solves every situation in favour of the successful completion of the construction, even at the cost of using new technical solutions, possibly those not yet applied elsewhere. Thanks for this approach belong to all participants in the construction of the Žabovřeská tram tunnel.

*Ing. VÁCLAV DOHNÁLEK, dohnalek@subterra.cz,
Ing. DALIBOR STROMČEK, stromcek@subterra.cz,
Ing. ANDREJ KORBA, akorba@subterra.cz,
Subterra a.s.*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] ROŽEK, J. Tramvajový tunel při velkém městském okruhu Žabovřeská v Brně. *Tunel*, 1/2021, str. 46–53
- [2] *Stavba: I/42 Brno VMO Žabovřeská I – etapa II*. Ředitelství silnic a dálnic ČR. Informační leták, stav k 08/2020
- [3] HORÁK, V., MINÁŘOVÁ, M. *Průvodní zpráva PDPS*. Stavba: I/42 Brno VMO Žabovřeská I – etapa II. AMBERG ENGINEERING Brno, a.s., Brno, 2019
- [4] PAVLÍK, J. *Geotechnický průzkum pro tramvajový tunel VMO Žabovřeská v Brně*. Sborník konference Podzemní stavby, Praha 2013
- [5] *Projekt: Stavba: I/42 Brno VMO Žabovřeská I – etapa II*. Realizační dokumentace stavby. METROPROJEKT Praha a.s., Brno 2020/2021
- [6] *Závěrečná zpráva č. Z/6/21 o výsledcích průkazných zkoušek stříkaného vláknobetonu*. SQ7, s. r. o., Ústřední laboratoř Praha, 2021

REKONSTRUKCE POLUBENSKÉHO TUNELU RECONSTRUCTION OF POLUBENSKÝ TUNNEL

MARTIN SVOBODA, JAKUB VLADÍK

ABSTRAKT

Článek pojednává o rekonstrukci Polubenského tunelu na železniční trati v úseku Tanvald – Kořenov. Polubenský tunel, uvedený do provozu v roce 1902, je nejdelší ze čtyř tunelů na tomto úseku trati a zároveň je to tunel, který vyžaduje nejvíce oprav. Příspěvek se zaměřuje především na popis tunelových ostění a jejich vad, které jsou spojeny zpravidla s dlouhodobým působením podzemní vody a nefunkčními drenážními systémy. Zhruba v rozmezí let 1940–1965 byl úsek rekonstruován. Dokumentace z této doby sloužila jako hlavní zdroj informací pro návrh způsobu současné rekonstrukce. Hlavní část příspěvku se soustředí na nově navržené typy oprav v Polubenském tunelu. Tyto opravy mají za úkol vyřešit zejména problém zaledování tunelu, dále pak průsaky různými typy ostění, degradace ostění apod. Z několika prohlídek tunelů byla pořízena kompletní fotodokumentace vad. Zpracování projektu dostala na starost firma SAGASTA s.r.o.

ABSTRACT

This article will discuss the reconstruction of Polubenský tunnel on the Tanvald – Kořenov railway track. Polubenský tunnel is the longest and it also requires reconstruction in the biggest range out of all four tunnels on this part of the track. This contribution mainly focuses on description of the five types of tunnel lining and their problems, which are usually connected to groundwater and non-functioning drain systems. Between 1940 and 1965 there were some partial reconstructions on the track. Documentation from the previous reconstruction was the source of information for the current reconstruction. The main part of this article discusses new types of repairs for Polubenský tunnel. The main purpose of these repairs is to solve problems with creation of ice in the tunnel, water seepages and degradation of the tunnel lining etc. There is a full photo-documentation of the defects of the tunnel taken during a couple recent inspections. SAGASTA s.r.o. is the company responsible for this project.

POPIS TRATI

Trat Tanvald – Kořenov je součástí železniční trati Liberec – Tanvald – státní hranice s Polskem. Část trati z Tanvaldu do Kořenova měří zhruba 6,7 km a nacházejí se zde celkem čtyři tunely (tab. 1). Úsek Tanvald – Kořenov byl uveden do provozu v roce 1902 pro osobní a v roce 1903 pro nákladní dopravu. Všechny čtyři tunely na tomto úseku mají obdobný světlý profil 5500/5500 mm (světlá výška klenby a světlá šířka opěří mají shodně 5500 mm) a jsou vyraženy v liberecké žule. Skalní masív je zde tvořen hrubě zrnitým výrazně porfyrickým biotitickým granitem (libereckými žulami). Vyznačuje se rozpuštěním a různorodým zvětváním. Granit je všesměrně zrnitý, světle šedý až narůžovělý. Základní hmota má zrnitost 0,5–8 mm a obsahuje minerály jako je např. křemen, plagioklas, draselné živce, biotit a vzácně také amfibolit [4]. Geologické poměry jsou u všech tunelů podobné, liší se pouze různou výškou nadloží.

V rámci plánované rekonstrukce úseku byla nově navržena niveleta koleje. Vůči původnímu vedení trasy jde pouze o drobné změny. Změna se týká i konstrukce koleje, kdy je v plánu využít ocelové pražce Y. Vzhledem k velkým hodnotám sklonu trati (současným i navrhovaným) byla kolej opatřena Abtovou ozubnicí. Jedná se o jediné užití Abtovy ozubnice v České republice. Vzhledem k tomu byl tento úsek trati v roce 1992 prohlášen za kulturní

Tab. 1 Tunely na trati Tanvald – Kořenov

Název tunelu	Žďárský	Desenský	Dolno-polubenský	Polubenský
Délka [m]	67,456	251,973	165,771	940,434
Max. stoupání [%]	43	10	55	53
Počet typů ostění	2	2	3	5

CHARACTERIZATION OF THE TRACK

Tanvald – Kořenov is a part of the railway track from Liberec to the national border with Poland. The section from Tanvald to Kořenov is approximately 6.7km long and there are four tunnels in total (Table 1). In 1902 the track Tanvald – Kořenov was opened for passenger transport and in 1903 it was opened for freight transport. All four tunnels have similar clear tunnel profile of 5500/5500mm (clear height of the top heading lining and clear width of the core are both 5500mm) and are excavated in granite. The rock mass is made of rough grainy porphyritic biotite granite (Liberec granite). It is characterized by its various types of weathering. The granite has usually light grey colour, somewhere it is even turning into pink. In the mass of the rock there are mainly 0.5–8mm grains and it contains mostly minerals such as quartz, plagioclase, feldspar, biotite and rarely amphibole. [4] The geological conditions are also very similar with the difference of the tunnel overburden height.

As a part of the current reconstruction there is a new design of the vertical alignment of the track. Compared to the old one there are only small changes. The reconstruction also implies new framework of the railway. There is a plan to use new Y steel railroad ties. Due to high values of gradients on the track (both current and

Table 1 – Tunnels on the track Tanvald – Kořenov

Name of the tunnel	Žďárský	Desenský	Dolno-polubenský	Polubenský
Length [m]	67.456	251.973	165.771	940.434
Max. gradient [%]	43	10	55	53
Types of tunnel linings	2	2	3	5



foto Ing. Libor Mařík photo Ing. Libor Mařík

Obr. 1 Vjezdový portál Polubenského tunelu

Fig. 1 Entrance portal of the Polubenský tunnel

památku. Od roku 1988 byl ukončen pravidelný ozubnicový provoz. Současný běžný provoz zajišťují adhezni motorové vozy, nicméně Abtova ozubnice zůstala zachována a její další zachování je podmínkou rekonstrukce.

POLUBENSKÝ TUNEL

Jedná se o poslední (ve směru staničení trati) a s délkou přesahující 940 m nejdější tunel na trati Tanvald – Kořenov. Vjezdový portál je podle nového vedení trati v ŽKM 32,695 137, výjezdový portál pak v ŽKM 33,635 571. Původní vjezdový portál byl při rekonstrukci probíhající mezi lety 1958–1962 posunut o 7 m kvůli rozšíření místní komunikace nad vjezdovým portálem (obr. 1).

Na začátku tunelu stoupá nová niveleta koleje ve sklonu 53 ‰ (lom nivelety je 12,637 m před vjezdovým portálem zaoblen obloukem o poloměru $R_v=3000$ m a délce 46,845 m zasahujícím do tunelu). V TM 786,863 je lom nivelety koleje zaoblen obloukem o poloměru $R_v=5000$ m a v délce 22,056 m, od kterého je kolej vedena ve stopování 49 ‰. Další lom nivelety je 43,704 m za výjezdovým portálem tunelu.

Nové směrové vedení koleje vstupuje do tunelu obloukem bez přechodnic o poloměru $R=4000$ m. Poté je přímý úsek délky cca 57 m následovaný obloukem bez přechodnic o poloměru $R=487$ m délky 154,635 m. Ve zbytku tunelu je navržena přímá kolej.

Stabilita výrubu tunelu je zajištěna několika druhy ostění, včetně úseků v dobrých geotechnických podmínkách, tvořených nezajištěným lícem výrubu. Od vjezdového portálu tunelu začíná úsek obezděný betonovými tvárnici dlouhý 231,46 m (38 tunelových pásů). Následují dva tunelové pásy o celkové délce cca 12,2 m, které byly v šedesátých letech zajištěny ostěním z prepekt betonu.

planned), the railway was designed with Abt rack rail. It is the only use of this rail in the Czech Republic. Because of this, in 1992 the track was declared a cultural monument. Since 1988 the classic rack rail traffic has ended. The current traffic is secured by modern adhesion motor vehicles, but the Abt rack rail stayed and it is a condition for the planned reconstruction to keep the rack rail.

POLUBENSKÝ TUNEL

It is the last tunnel (in the direction of the chainage) and with the length of over 940m also the longest tunnel on the track Tanvald – Kořenov. The entrance portal is located at KM 32.695 317 according to the new chainage, the exit portal is located at KM 33.635 571. Originally, the entrance portal was somewhere else, but because of the enlargement of the road above the portal (Fig. 1), the portal had to be moved 7m against the direction of the chainage as a part of the previous reconstruction in 1958–1962.

At the beginning of the tunnel the new vertical alignment is rising with 53 ‰ gradient (the breakpoint of the alignment is 12.637m in front of the entrance portal and there is a 46.845m long arc with radius $R=3000$ m that is partly located in the tunnel). In the TM 786.863 there is a breakpoint of the alignment with radius of $R=5000$ m that is 22.056m long. From this point the track rises with 49 ‰ gradient. The next breakpoint of the alignment is 43.704m after the exit portal.

The new alignment is approaching the tunnel with a circle arc with radius $R=4000$ m without transition curves. Next there is a straight 57m long section after which there is a 154.635m long arc

Poté se střídají úseky zajištěné ostěním ze stříkaného betonu vyztuženého ocelovými sítěmi, stříkaným betonem bez výztuže a betonovými tvárnici. Od tunelového metru 359,228 se pak střídá obezdívka z betonových tvárnici se skalním lícem bez zajištění. U výjezdového portálu je úsek s obezdívkou z betonových tvárnici délky 140,43 m.

Plocha výrubu, změřená v místech bez ostění, je velmi proměnná. Průměrně se pohybuje kolem 35 m². Světlý průřez tunelu v místě s obezdívkou je cca 27 m².

Zhruba 150 m od výjezdového portálu byl zastížen největší pramen v tunelu. V 60. letech byl záměr tento pramen jímat pomocí stropní štolý o délce cca 25 m a vodu z něj dále využívat pro nedařnou sklárnu Preciosa Ornela. V dokumentaci z předchozích oprav Polubenského tunelu je tento záměr zpracován, ale při nynějších prohlídkách nebyla potvrzena jeho realizace.

Betonové tvárnice

Tento typ ostění se dále dělí na nosné a obkladní. Oba typy mají podobně řešený systém odvodnění skalního líce pomocí žeber z propustného materiálu. V případě obkladní obezdívky z betonových tvárnici jsou žebra vyplněná štěrčkem, jsou 1 m široká a 150 mm hluboká. Osová vzdálenost štěrkových žeber je 2 m. V případě nosného ostění byla žebra vyplněna kamennou rovnaninou a navíc byla v klenbě provedena plošná drenážní vrstva z pórobetonu. Kamenná žebra mají stejné rozměry jako u obkladního typu ostění. Obezdívka je izolovaná PVC fólií Isofol BB tl. 0,9 mm. Veškerá voda z rubu ostění je sváděna příčnými svody (trubka o průměru 100 mm a 2 m) v patě opěry do podélného odvodnění tunelu, které zajišťují dva odvodňovací kanály při patách opěr.

První typickou vadou tohoto typu ostění jsou průsaky a zavodnění při patách opěr (obr. 2). Tyto vady jsou nejspíš způsobené zanesením a následným ucpáním příčných svodů, které odvádějí vodu z rubových drenáží do podélného odvodnění. Nahromaděná voda v rubové drenáži zvyšuje tlak na ostění a místy i prosakuje. Vzhledem k zmrazovacím cyklům to může vést k dalšímu zvětšování vady spočívající ve vypadávání spárování zdiva a zvětšování průsaků do tunelu.

Další průsaky se tvoří zpravidla tam, kde musela být z nějakého důvodu svařována izolace PVC. Těmito místy jsou např. pracovní a dilatační spáry, výklenky apod. Tyto průsaky jsou pak způsobeny kombinací následujících faktorů – nekvalitní provedení svaru, komplikovanost detailu a zvýšený hydrostatický tlak na ostění

with R=487m without transition curves. There is a straight track planned in the rest of the tunnel.

The stability of the tunnel is secured by several types of tunnel lining, including the parts excavated in such quality rock mass that there is no lining at all. From the beginning of the tunnel there is a 231.46m long section (38 tunnel segments) of concrete blocks. This section is followed by two tunnel segments, approximately 12.2m long in total, which are supported by a tunnel lining from precast concrete. Next there are three types of lining that take turns. There are segments with sprayed concrete lining with and without reinforcements and lining from concrete blocks. From TM 359.228 there are two types of lining shifting – concrete blocks and tunnel segments with no support. There is a 140.43m long section at the end of the tunnel with lining from concrete blocks.

The excavation area was measured in the segments without tunnel lining and its value is changing a lot. The value wobbles around 35m². Clear tunnel profile in the segments with the tunnel lining is approximately 27m².

Approximately 150m from the tunnel entry the biggest spring has been caught. There was a thought of capturing the water from the spring by a 25 m long adit in the top heading of the tunnel and using it for near glass factory Preciosa Ornela. The plans for this adit are in the project of the previous reconstruction, but based on the inspections, the realization of the adit cannot be confirmed.

Concrete blocks

This type is divided to load bearing and non-load bearing linings. Both types have similar system of drainage of the extrados by ribbing excavated to the rock and filled with permeable material. In case of the non-load bearing lining there is gravel. The ribs are 1m wide, 150mm deep and the axial distance between the ribs is 2m. In case of the load bearing lining the ribs are filled with arranged rocks and in the top heading there is planer drainage layer from aerated concrete. The rock ribs have the same dimensions as the gravel ones. The lining is then isolated by a PVC membrane Isofol BB 0,9mm to prevent water seepages. All the water from the drainage goes down to drainage tubes (tubes with 100mm diameter a 2m) located in the bottom of the side walls. Through these tubes the water goes into the lengthwise drainage of the tunnel, which is procured by two drainage canals.

The first typical problem of this type of lining are seepages through the bottom of the side walls (Fig. 2). These are probably



foto Ing. Libor Mařík photo Ing. Libor Mařík

Obr. 2 Ostění z betonových tvárnici
Fig. 2 Concrete blocks tunnel lining



foto Ing. Libor Mařík photo Ing. Libor Mařík

Obr. 3 Ostění z precast betonu
Fig. 3 Precast concrete tunnel lining

v důsledku zanesení rubové drenáže. Tyto průsaky mohou v zimních měsících ohrožovat bezpečnost provozu tvorbou rampouchů.

Prepakt beton

Ve dvou tunelových pásech se nachází ostění z prepakt betonu. Jedná se o vibrovaný štěrk, který je následně zmonolitněn cementovým pojivem. U tohoto typu ostění se vyskytuje velké množství pracovních spár (způsobených pravděpodobně přestávkami v době betonáže), kterými v současnosti proniká značné množství vody, což je patrné z výluhů na obr. 3.

Stříkaný beton

Ostění ze stříkaného betonu se v Polubenském tunelu vyskytuje s výztuží i bez výztuže. Tyto dva typy ostění byly rovněž prováděny v rámci předchozí rekonstrukce tunelu. Jednalo se tehdy o experimentální metodu ostění s účelem zabránit zvětrávání skalního líce a zachytit vývěry vody z puklin. Tímto způsobem se mělo zabránit tvorbě rampouchů a ledopádů, které se tehdy hojně tvořily v tunelových pásech bez ostění.

Největší průsaky procházející puklinami v horninovém masivu byly svedeny do podélného odvodnění pomocí svodnic. V místech geologických poruch a systémů diskontinuit bylo navrženo a provedeno kotvení skalního líce železobetonovými svorníky, které byly v odůvodněných případech přepásané ocelovými pásky z důvodu spolupůsobení. Ve velice porušených místech bylo navrženo plombování horninového masivu.

Stříkaný beton se aplikoval přímo na očištěný skalní líc. V místech svodnic a větších průsaků se prováděla drenáž ostění hadicovou metodou. Tyto drenáže byly zaústěny do svodnic nebo rovnou do podélného odvodnění.

Ostění ze stříkaného betonu je v současnosti nejvíce porušený typ ostění v Polubenském tunelu. Oba typy (s výztuží i bez výztuže) byly provedeny přímo na skalní líc bez jakékoliv izolace. V důsledku pronikání vody horninovým masivem a zmrazovacích cyklů ostění zdegradovalo do současného stavu. Místa se ostění ze stříkaného betonu úplně rozpadlo. V místech, kde je stříkaný beton s výztuží, jsou úplně odhalené výztužné sítě (obr. 4), což vede k jejich korozi a další degradaci. Ostění ze stříkaného betonu už nemá ve většině pásů žádnou statickou ani obkladní funkci.

Většina svodnic je v současnosti vlivem zmrazovacích cyklů zcela rozpadlá, přičemž součástí moderních svodnic je ochrana proti degradaci vlivem mrazových cyklů prostřednictvím provazce z porovitého nenásávkavého materiálu, který se při zamrznutí vody stlačí a navíc jsou svodnice tepelně izolovány.

Pásky bez ostění

V tunelu se vyskytují i pásky, kde z hlediska kvality horninového masivu nebylo třeba aplikovat ostění. V rámci předchozích oprav byl vytvořen systém svodnic, který zabraňoval vodě v tvorbě rampouchů a ledopádů.

V současnosti je tento systém svodnic povětšinou značně (někdy zcela) znehodnocený. Svodnice bez ochrany proti mrazovým cyklům se působením podzemní vody a mrazu v tunelu rozpadly. Jak horninový masiv postupem času zvětrává, tvoří se nové pukliny, kterými proniká podzemní voda.

Odvodnění tunelu

Tunelem je převáděna voda z celé oblasti zářezu za výjezdovým portálem, což v době jarního tání může znamenat relativně velké průtoky.

Původně byl tunel budován se středovou stokou (obr. 5). Při rekonstrukci byly přidány boční odvodňovací kanály, které jsou součástí základové konstrukce ostění tunelu.



foto Ing. Libor Mařík photo Ing. Libor Mařík

Obr. 4 Ostění ze stříkaného betonu s výztuží

Fig. 4 Sprayed concrete tunnel lining

caused by the plugged drainage pipes that are draining water from the extrados. Cumulated water increases the hydrostatic pressure on the lining therefore the water seeps through. Considering the freezing cycles this could lead to material falling out of the lining and joints and enlarging the seepages to the tunnel.

In places where the PVC membrane had to be welded together for some reason, water seepages can appear as well. These places are usually work or expansion joints, niches etc. The water seepages are then usually caused by a combination of following factors – low-quality execution of the weld, complicated solution of the detail and increased hydrostatic pressure on the lining. These seepages can endanger the traffic in the tunnel in winter months due to creation of icicles.

Prepakt concrete

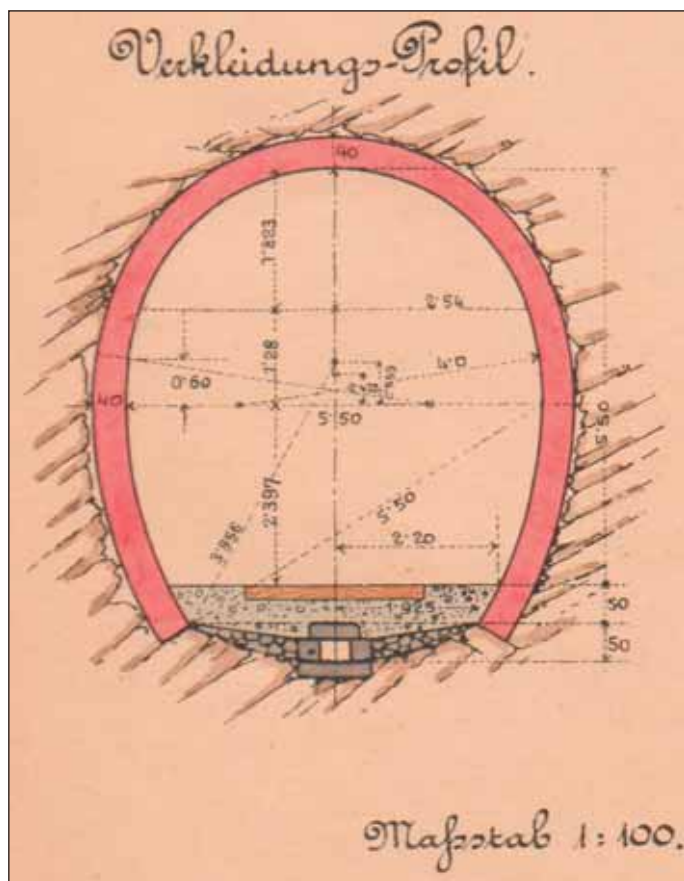
In two tunnel segments there is prepakt concrete lining. It is vibrated gravel, which was then turned into concrete. This type of lining has many work joints (created due to often breaks in the process of laying concrete). There is often considerable amount of water seeping through these joints as can be seen on the leachates on the Fig. 3.

Sprayed concrete lining

Sprayed concrete lining appears in the Polubenský tunnel in two types – with reinforcement and without reinforcement. These two types of lining were done as part of the previous reconstruction of the tunnel. Back in the day it was an experimental method that was supposed to stop the weathering of the rock and protect the tunnel from the water leaking through the rock mass. This way the lining was supposed to prevent the tunnel from icicles and icefalls that were appearing in the tunnel segments without lining.

The biggest water leaks through the rock have been solved by drainpipes. Pattern bolting of the rock mass has been done around the geological splits and systems of discontinuity. The anchors were made from steel concrete and were inserted into drilled holes with concrete. The most fissured spots were repaired by concrete.

The sprayed concrete lining had been applied directly onto the rock mass. Around the drainpipes and bigger leaks of water there had been developed a drainage system. This system had been done by the pipe method. These drains led the water either



zdroj Státní oblastní archiv v Praze source Státní oblastní archive v Praze

Obr. 5 Příčný řez z dobové dokumentace z roku 1902
Fig. 5 Cross-section from the 1902 documentation

Současný stav středové stoky není znám. Tři kopané sondy, které byly provedeny v rámci průzkumu, nepotvrdily existenci středové stoky (hloubka kopaných sond byla pouze 300–400 mm pod horní hranu pražce). Boční stoky, tvořené prefabrikovanými žlaby zabetonovanými do patek kleneb jsou ve špatném stavu. Při prohlídce byla voda ve žlabech zaznamenána při obou portálech tunelu, nicméně uprostřed tunelu se voda ze žlabů ztrácí.

NÁVRH OPRAV

Veškeré opravy a sanace všech tunelů na trati Tanvald – Kořenov jsou navrženy tak, aby byla zaručena průchodnost průjezdného



zdroj archiv SZ source SZ

Obr. 6 Příklad zaledování tunelu
Fig. 6 Example of an icefall in the tunnel

to the drainpipes or down towards the lengthwise drainage of the tunnel.

The sprayed concrete lining nowadays is the most damaged type of lining there is in the Polubenský tunnel. Both types (with and without reinforcement) had been applied directly onto the rock mass without any membrane. Due to the combination of water leaking through the rock and freezing temperatures the lining has degraded to today's condition. There are places where there is no lining left. There are fully exposed reinforcements in parts of the tunnel (Fig. 4). That leads to the corrosion and degradation of the steel. Today this type of lining has no static nor non-load bearing purpose in most parts of the tunnel.

Most of the drainpipes are fully degraded as well. Modern drainpipes have a strand from porous non-absorbing material that compresses when the water inside the drainpipe freezes, they also have thermal insulation. These two features protect the drainpipe from freezing cycles.

Parts without lining

In the tunnel, there are segments with no lining at all due to the quality of the rock mass. As a part of the previous reconstructions a drainpipe system of the extrados was developed. It was supposed to protect the tunnel from icicles and icefalls that were endangering the traffic in the tunnel. These drainpipes were similar to those in sprayed concrete lining. Due to the lack of protection from freezing cycles they are (sometimes completely) degraded. With continuing weathering of the rock mass, the water has more ways to leak through.

Tunnel drainage

All the water from the exit portal is carried through the tunnel. In the spring, relatively high flow rates can be caused by melting snow and ice.

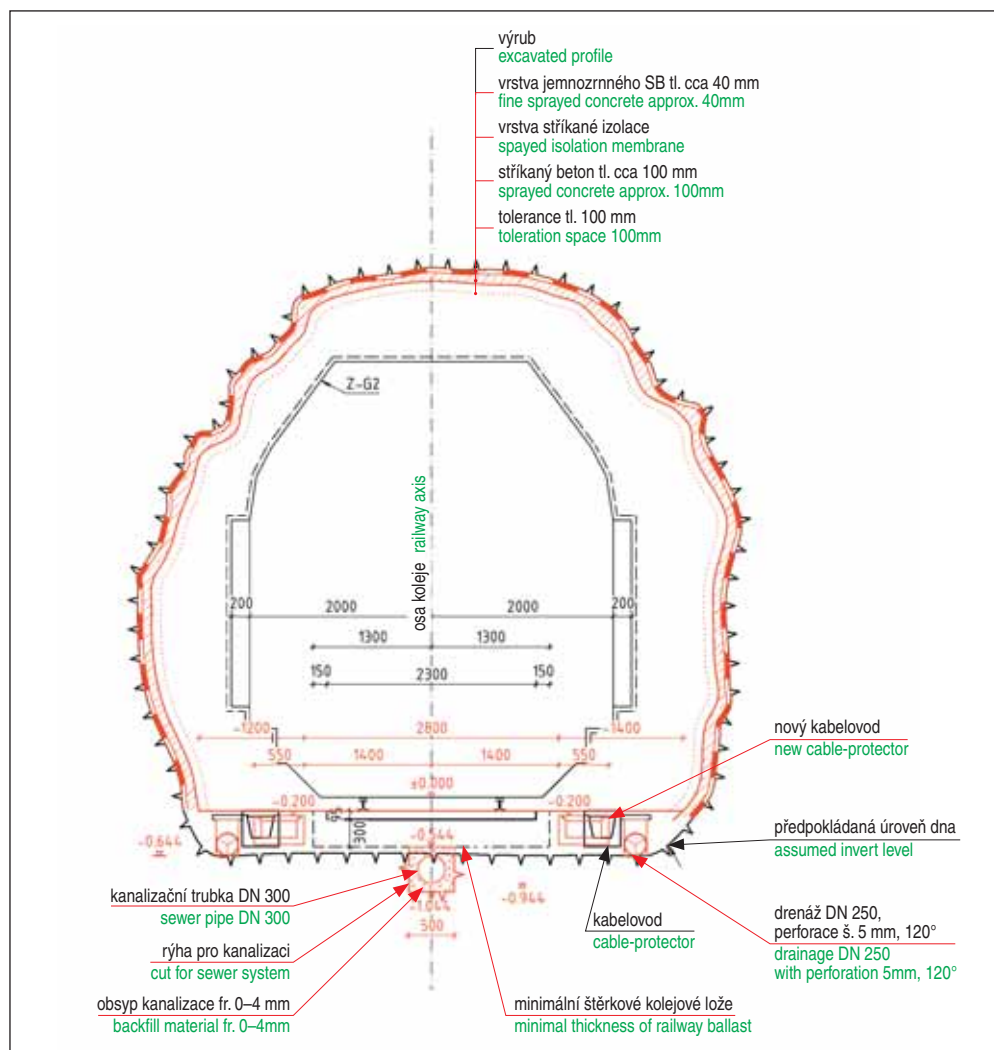
Originally the tunnel had been designed with one middle drainage pipe (Fig. 5). In the previous reconstruction, two side drainage channels were added, these are now part of the substructure of the tunnel lining.

The current condition of the middle tunnel drainage is unknown. There have been three probes done in the process of geological exploration and they did not confirm the existence of the middle drainage pipe (the depth of the probes was only 300–400mm under the upper edge of the railroad tie). The side drainage channels are made from precast concrete products cast into the substructure of the tunnel lining and they are degraded. During the inspection there was water noted in both channels near the portals but in the middle of the tunnel there was no water found in either of the channels.

NEW REPAIRS

All the new repairs of the Tanvald – Kořenov track are designed in a way that guarantees the Z-G2 profile throughput. The tunnel lining was recorded with a system of laser measuring. After making a 3D model of the lining the 3D object of the Z-G2 profile was imported. Mutual positions of the model and the profile were examined in the Cloud Compare software. There was enough room established for the repairs in all four tunnels.

In all tunnels there are few repairs similar such as renovation of the railway ballast, new alignment that is slightly different from the old one, a couple of new cable-protectors on the sides and renovation of the tunnel lengthwise drainage.



zdroj Ing. Martin Svoboda source Ing. Martin Svoboda

Obr. 7 Vzorový příčný řez rekonstrukce pásů s ostěním ze stříkaného betonu/bez ostění

Fig. 7 Model cross-section of the reconstruction of the sprayed concrete tunnel lining segments/segments without tunnel lining

profilu Z-G2. Líce ostění byly zaměřeny pomocí laserového měření a následně bylo do modelu vloženo 3D těleso průřezného profilu. V programu Cloud Compare byla vyšetřena vzájemná poloha tělesa průřezného profilu a líce tunelového ostění. Ve všech tunelech tak byla prokázána prostorová průchodnost.

Dále je u všech tunelů navržena obnova kolejového lože, nová poloha nivelety, která se od staré drobně liší, dvojice nových kabelových žlabů a obnova podélného odvodnění.

Největším a nejčastějším problémem je pronikající podzemní voda, která v zimních měsících navíc tvoří ledopády a zaledování koleje (obr. 6). V důsledku toho může být omezena prostorová průchodnost tunelu a ohrožena doprava, což vede ke zvýšeným nákladům na údržbu tunelu.

Stříkaný beton

V pásech s ostěním ze stříkaného betonu bude staré ostění v celé délce pásů vybouráno a nahrazeno izolačním souvrstvím (obr. 7). To se bude skládat z jemnozrnného stříkaného betonu (frakce max. 4 mm a tl. 40 mm), který bude sloužit jako kvalitní podklad pro nanášení stříkané izolace. Stříkaná izolace má oproti fóliové izolaci několik výhod. Jednak je aplikovatelná na geometricky nepravidelný podklad, dále fakt, že voda nemigruje po izolaci, a proto je případné porušení izolační membrány podstatně jednodušší opravit. Na stříkanou izolaci bude nanášena vrstva zhruba 100 mm klasické

The biggest and most frequent problem is the water leaking through the rock. In winter this water causes creation of icefalls and ice on the rail (Fig. 6). Due to this the clear tunnel profile can be reduced and the traffic in the tunnel can be endangered. It also leads to increased cost of the maintenance of the tunnel in winter months.

Sprayed concrete lining

In all tunnel segments with sprayed concrete lining the old lining will be completely demolished and replaced by a new one (Fig. 7). There will be three layers creating the new lining – layer of fine sprayed concrete (fraction max. 4mm and thickness 40mm) as a quality base for the sprayed isolation membrane. There are several big advantages of the sprayed isolation in comparison with the normal isolation. The sprayed isolation can be applied on geometrically irregular surface. When the sprayed membrane is damaged the water does not migrate alongside the membrane therefore the repair is much easier than the repair of the normal isolation. On top of sprayed isolation there will be a layer of sprayed concrete approximately 100mm thick as a protection layer of the membrane.

Due to the preparation of the base for the sprayed isolation (there has to be no active leaks or seepages) the drainpipe system has to be restored and completed. These drainpipes will lead the water leaking through the rock straight into the lengthwise drainage.

Prepakt concrete

This type of lining will be repaired in a similar way as a sprayed concrete lining (Fig. 8). There will be a surface layer excavated into the old lining (approximately 150mm thick). After cleaning, this layer will be replaced by the new lining that will contain the same layers as mentioned in the previous paragraph.

Concrete blocks

Except for renewal of the lengthwise drainage and a couple of new cable protectors, the problems with this type of lining will be solved usually by grouting the areas of seepages (Fig. 9). By grouting in combination with cleaning of the pipes draining the water from extrados, the chance of water seeping through the lining should be mitigated to the minimum.

Segments without lining

In all tunnel segments without lining, the old drainpipe system will be restored. New drainpipes will be added into the old system of extrados drainage. After the development of the new system of drainpipes, new lining will be applied. The new lining from sprayed concrete and sprayed isolation will be applied in all tunnel

kého stříkaného betonu. Tato vrstva bude sloužit jako ochranná vrstva stříkané izolace.

Z důvodu přípravy podkladu pro aplikaci stříkané izolace (na podkladu nesmí být aktivní výrony vody), budou obnoveny a případně doplněny svodnice, odvádějící vodu z poruch přímo do drenážního potrubí.

Prepakt beton

Ostění z prepakt betonu bude sanováno rovněž pomocí izolačního souvrství (obr. 8). V ostění bude vybourána zdegradovaná povrchová vrstva (zhruba 150 mm na zdravý beton). Po očištění se vrstva následně nahradí izolačním souvrstím ze stříkaného betonu a stříkané izolace.

Betonové tvárnice

V pásech s tímto typem ostění se, kromě obnovy podélného odvodnění a doplnění kabelových žlabů, bude provádět povětšinou injektáž ostění v místech průsaků (obr. 9). V kombinaci s vyčištěním příčných svodů rubové drenáže tlakovou vodou by mělo být dostatečně zmírněno riziko průsaku vody v místech bez injektáže.

Pásky bez ostění

Ve veškerých pásech bez ostění budou nejprve obnoveny staré svodnice, které budou (stejně jako u stříkaného betonu) doplněny o systém nových svodnic. Po vytvoření svodnic bude ve všech pásech aplikována vrstva izolačního souvrství ze stříkaného betonu a stříkané izolace. Toto opatření bylo zvoleno zejména z důvodu zamezení dalšího zvětvování horninového masivu bez ostění.

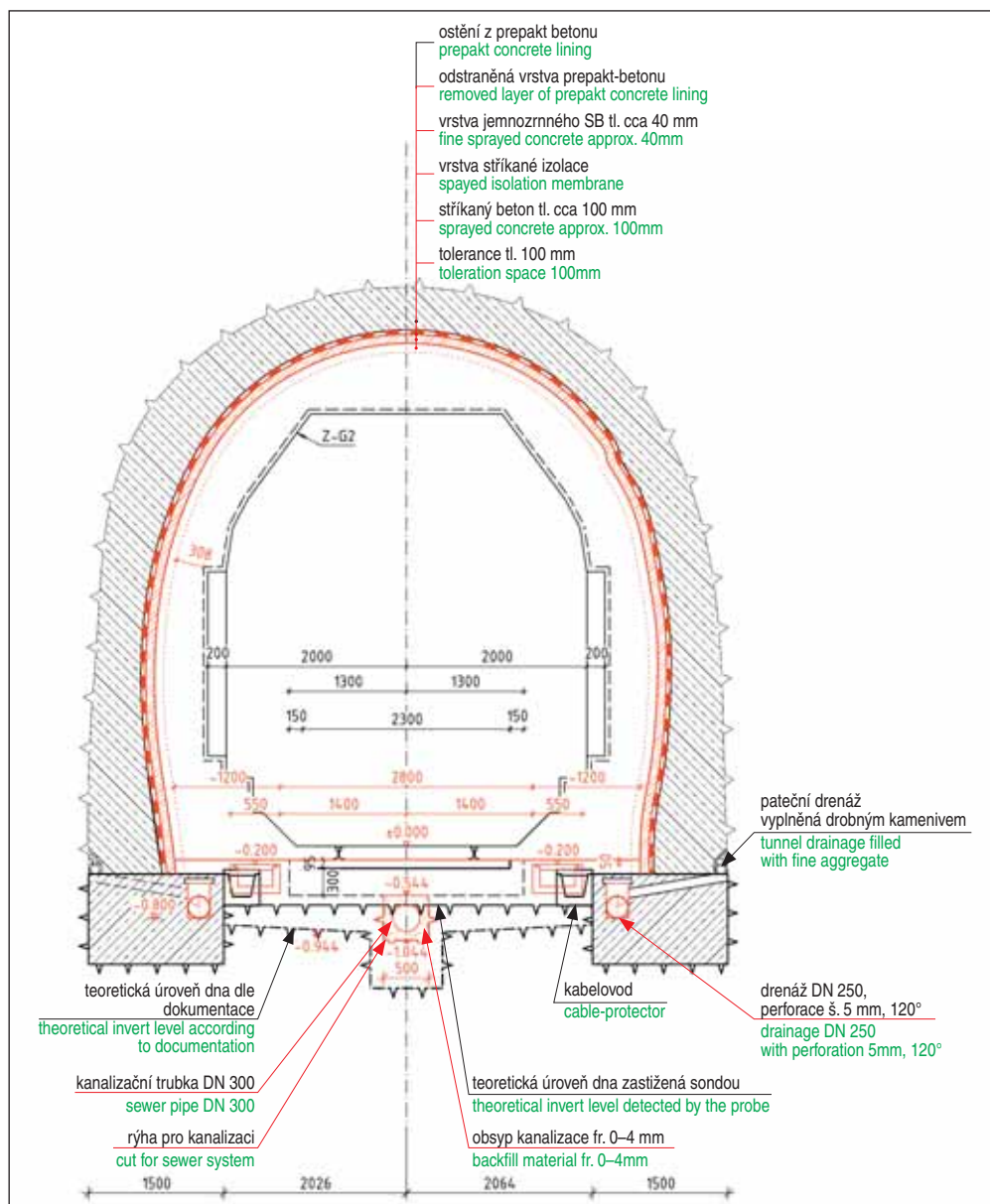
Obnova podélného odvodnění

Do odvodňovacích žlabů bude vložena polypropylenová drenážní trubka DN 250 s otvory 5 mm provedenými po 120° jejího obvodu. Trubka nahradí funkci znehodnocených prefabrikovaných žlabů. Součástí potrubí budou čisticí kusy.

Do původní středové stoky bude vložena plnostěnná polypropylenová kanalizační trubka DN 300, kterou bude gravitačně převáděna voda ze zářezu před výjezdovým (horním) portálem směrem k vjezdovému (spodnímu) portálu. Oddělením drenážního systému tunelu od kanalizačního převedení vody z předportálových úseků je minimalizováno riziko zanesení drenážního systému tunelu a výskytu problémů s tím spojených. Na obou portálech bude kanalizační potrubí zaústěno do šachty.

ZÁVĚR

Při rekonstrukci úseku trati Tanvald – Kořenov budou opraveny čtyři tunely. S délkou 940 m je Polubenský tunel nejdelší a i kvůli tomu bude oprava Polubenského tunelu nejnáročnější. Oprava



Obr. 8 Vzorový příčný řez rekonstrukce pásů s ostěním z prepakt betonu

Fig. 8 Model cross-section of the reconstruction of the precast concrete tunnel lining

segments currently without tunnel lining. This design should mitigate future weathering of the rock.

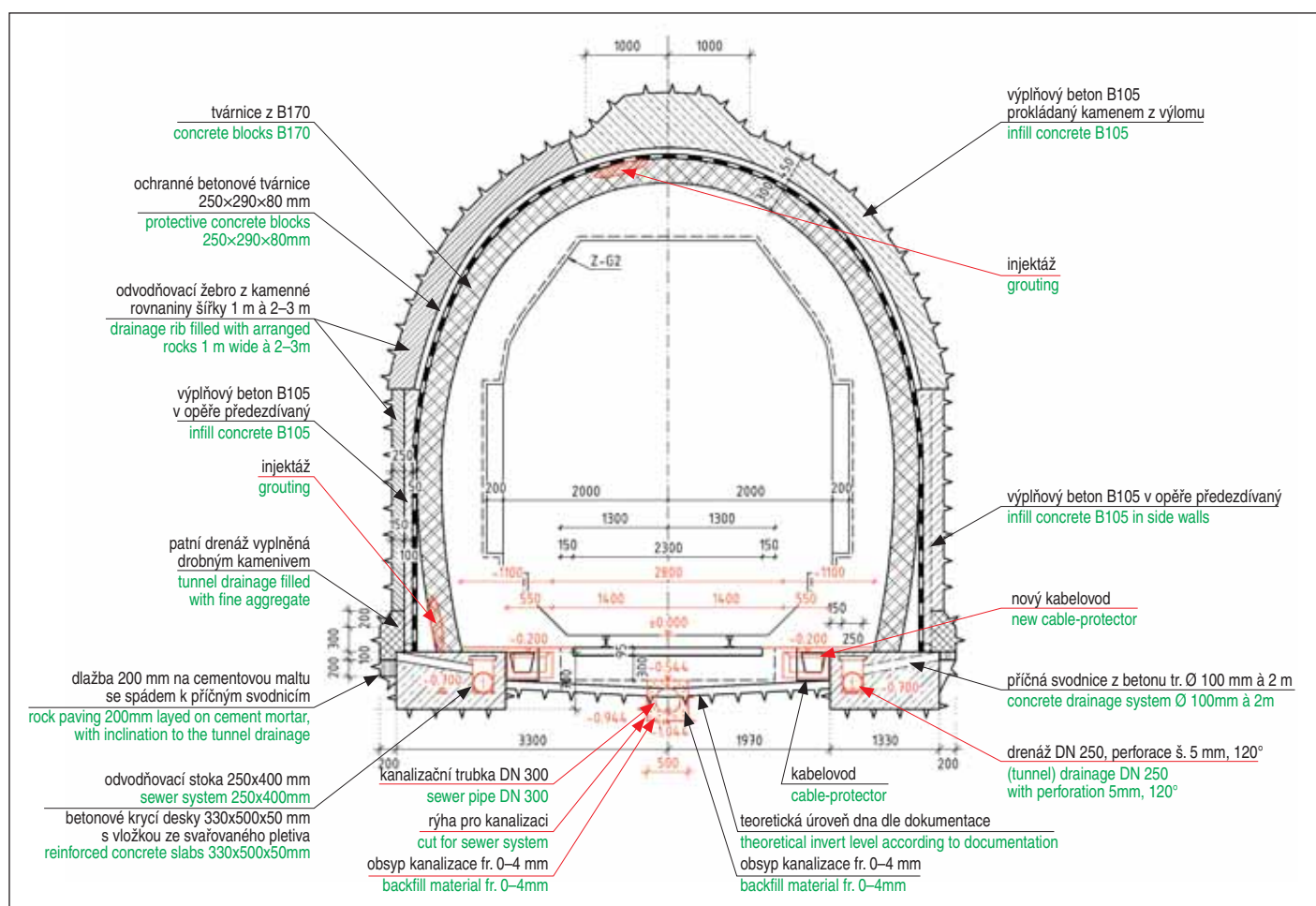
Restoration of the lengthwise drainage

Into the current drainage channels there will be added a layer of concrete on top of which there will be two new drainage pipes DN250 with perforation 5mm on the top 120° of the pipe. These pipes will take over the function of the degraded drainage canals.

Into the original middle drainage there will be a new polypropylene drainpipe DN 300 put in that will function as a sewer. This pipe will transfer all the water from the exit portal through the tunnel. By separation the sewer system from the drainage system the risk of clogging the drainage parts should be minimalized. The sewer piping will end in the shaft at both tunnel portals.

CONCLUSION

The reconstruction of the Tanvald – Kořenov track includes four tunnels. The Polubenský tunnel is 940m long, therefore it is the longest on this track and also the reconstruction of this tunnel will be the most challenging one. The reconstruction is complicated



Obr. 9 Vzorový příčný řez rekonstrukce pásů s ostěním z betonových tvárníc
 Fig. 9 Model cross-section of the reconstruction of the concrete blocks tunnel lining

zdroj Ing. Martin Svoboda source Ing. Martin Svoboda

komplikuje kromě délky a sklonových poměrů i přítomnost pěti druhů ostění (včetně úseků tvořených v dobrých geotechnických podmínkách nezajištěným skalním lícem). Nejčastějšími poruchami jsou průsaky obezdívkou z betonových tvárníc, degradace ostění ze stříkaného betonu a zavodnění skalního líce. Sanace poruch bude probíhat aplikací souvrství ze stříkaného betonu a membrány ze stříkané izolace, případně u jiných typů ostění s využitím těsnicí injektáže. Součástí rekonstrukce bude i obnova podélného odvodnění tunelu. Začátek prací je naplánovaný na 1. 5. 2023 a rekonstrukce tunelových ostění a odvodnění by měly trvat řádově tři měsíce.

Ing. MARTIN SVOBODA,
 martin.svoboda@sagasta.cz,
 Bc. JAKUB VLADÍK,
 jakub.vladik@sagasta.cz, SAGASTA s.r.o.

Recenzoval Reviewed: Ing. Pavel Polák

not only by the length and high value of the gradient but also by the number of types of the tunnel lining (including the segments without tunnel lining because of the quality rock conditions). Most frequent defects of the tunnel are water seepages through the concrete block lining, degradation of the sprayed concrete lining and water leaking through the rock mass. These problems will be solved by the application of the new tunnel lining from sprayed concrete and sprayed isolation membrane, prospectively by grouting the concrete block tunnel lining. A part of the reconstruction is also the restoration of the tunnel drainage system. The beginning of the reconstruction is planned on 1. 5. 2023 and the reconstruction of the tunnel linings and the drainage system should take approximately three months.

Ing. MARTIN SVOBODA,
 martin.svoboda@sagasta.cz,
 Bc. JAKUB VLADÍK,
 jakub.vladik@sagasta.cz, SAGASTA s.r.o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] ZITTA. *Rekonstrukce Polubenského tunelu*. Technická zpráva. Praha, 1957
- [2] ZÁVORA, K. *Přestavba Polubenského tunelu*. Technická zpráva. Praha, 1959
- [3] MAŘÍK, L. *Oprava trati v úseku Tanvald – Kořenov*. Technická zpráva. Praha 2021
- [4] JIRKOVÁ, P. *Horní Kořenov – kamenný hřib* [online]. 2009, 2018 [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <http://lokalita.geology.cz/3119>
- [5] VLADÍK, J. *Rekonstrukce tunelů na železniční trati Tanvald – Kořenov*. Praha, 2021. Bakalářská práce ČVUT.

REKONSTRUKCE DOLNOLUČANSKÉHO TUNELU A PROCES ROZHODOVÁNÍ PŘI NÁVRHU TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ

RECONSTRUCTION OF LUČANY NAD NISOU TUNNEL AND DECISION-MAKING PROCESS IN DESIGNING TECHNICAL SOLUTION

LIBOR MAŘÍK

ABSTRAKT

V železniční síti České republiky je velké množství tunelů postavených ve druhé polovině 19. století a ve 20. století v období do druhé světové války. Jedná se o historicky i technicky zajímavé stavby, jejichž stav však mnohdy neodpovídá současným nárokům na bezpečné provozování a údržbu tunelů. K zásadním problémům patří nedostatečná prostorová průchodnost, nevyhovující stav systému hydroizolace a drenáží a v mnoha případech i stav obezdívky tunelu. Cílem článku je ukázat na příkladu Dolnolučanského železničního tunelu nejen principy návrhu technického řešení, ale i mechanismy rozhodování při řešení nejistot spojených s celou řadou neznámých okrajových podmínek a z nich vyplývajících rizik.

ABSTRACT

The railway network of the Czech Republic contains a large number of tunnels built in the second half of the 19th century and in the 20th century, in the period until the World War II. These tunnels are historically and technically interesting structures, but their condition often does not meet the current requirements for safe operation and maintenance of tunnels. Among the main problems, there is insufficient spatial passability, unsatisfactory condition of the waterproofing and drainage systems and in many cases also the condition of the tunnel lining. The objective of the paper is to show on the example of the Lučany nad Nisou railway tunnel not only the principles of the design for the technical solution, but also the decision-making mechanisms in solving the uncertainties associated with a number of unknown boundary conditions and the resulting risks.

ÚVOD

Dolnolučanský železniční tunel vyžaduje již delší dobu, vzhledem ke špatnému technickému stavu při zajištění bezpečnosti provozu v zimním období, mimořádnou pozornost. Jedná se o jednokolejný tunel délky 82,5 m, který se nachází mezi stanicemi Jablonecké paseky a Lučany nad Nisou, jen 260 m od hranice Chráněné krajinné oblasti Jizerské hory. Od vjezdového západního portálu trať podchází v nadmořské výšce 590 m Stolní vrch a stoupá ve sklonu 2,65% směrem k Tanvaldu. V letním období nic nenasvědčuje problémům, které nastávají v období mrazů. Podzemní voda prosakující porušeným těsněním spár v obezdívce tunel v krátkém čase mění v ledovou jeskyni. Rampouchy délky přesahující 1 m a voda mrznoucí mezi kolejemi vyžadují každodenní kontrolu. Správa železnic se proto rozhodla zařadit tento tunel do seznamu objektů vyžadujících rekonstrukci. Na rozdíl od tunelů na úseku Tanvald – Kořenov není tunel kulturní památkou, což podmínky rekonstrukce usnadňuje. Přesto optimalizace technického řešení jak

INTRODUCTION

The Lučany nad Nisou railway tunnel has been requiring exceptional attention for a long time due to the poor technical condition in providing the safety of operation in winter periods. It is a single-track tunnel 82.5m long, located between the stations Jablonecké Paseky and Lučany nad Nisou, only 260m from the border of the Protected Landscape Area of the Jizera Mountains. From the western entrance portal, the track passes at an altitude of 590m under Stolní Hill and ascends on 2.65% incline in the direction of Tanvald. In the summer, there is no indication of problems that occur during frost periods. Groundwater seeping through broken sealing of joints in the tunnel lining masonry turns the tunnel into an ice cave in a short time. Over 1m long icicles and water freezing between the rails require daily checking. The Railway Administration has therefore decided to include this tunnel in the list of structures requiring reconstruction. Unlike the tunnels in the Tanvald – Kořenov section, the tunnel is not a cultural monument, which fact facilitates the conditions for reconstruction. Nevertheless, the optimisation of the technical solution, both in terms of the amount of investment costs, the construction schedule and logistics, will be extremely demanding.

TUNNEL CONSTRUCTION HISTORY

The tunnel is located on the line from Jablonec nad Nisou to Tanvald, which was brought into operation in 1894 as part of the Liberec – Tanvald – Harrachov railway connection and served to link Austria – Hungary with Prussia. The location of the tunnel in the area of interest is shown by the map in Fig. 1.

No known documents have been preserved from the time of tunnel construction, neither the tunnelling method nor details from construction which would provide an idea of the real shape of the excavated profile, the formation of overbreaks, the quality of the rock mass, water inflows, etc. However, it can be assumed that a similar



Obr. 1 Situování tunelu v území
Fig. 1 Location of the tunnel in the area

z hlediska výše investičních nákladů, tak harmonogramu výstavby a logistice, bude mimořádně náročná.

HISTORIE VÝSTAVBY TUNELU

Tunel leží na trati z Jablonce nad Nisou do Tanvaldu, která byla uvedena do provozu v roce 1894 jako součást železničního spojení Liberec – Tanvald – Harrachov a sloužila k propojení Rakouska-Uherska s Pruskem. Polohu tunelu v zájmovém území znázorňuje mapa na obr. 1.

Z doby výstavby tunelu se nedochovala žádná dokumentace, není známa tunelovací metoda ani podrobnosti z výstavby, které by poskytovaly představu o skutečném tvaru výrubu, tvorbě nadvýrubů, kvalitě horninového masivu, přítocích vody apod. Lze však předpokládat, že byl použit obdobný postup výstavby jako u tunelů realizovaných na této trati v obdobných geotechnických podmínkách, ke kterým se dobovou dokumentací podařilo v archívech vypátrat.

Technologické možnosti (především vrtno-trhací práce) na přelomu 19. a 20. století neumožňovaly v porovnání se současnými možnostmi strojního vybavení dosažení přesného tvaru výrubu. Tvorbu nadvýrubů mohla výrazně ovlivnit blokovitá odlučnost žuly a stupeň jejího porušení zvětváním. Historické zdroje z výstavby tunelů na trati Tanvald – Kořenov, které byly raženy v obdobných geotechnických podmínkách, uvádějí, že k trhání skal byl použit Nobelův dynamit, plastický dynamon a tam, kde jejich účinky nepostačovaly, stělná želatina. Skalní vrtáky byly vyrobeny z tvrzené oceli a na 1 metr délky tunelu jich muselo být naostřeno až 1800 ks. Průměrný denní výkon ražby dosahoval 1,15 m. Poměrně pomalým postupem, a zejména velkým časovým odstupem mezi provedením záběru a podepřením horninového masivu obezdívkou, mohlo docházet k rozvolňování horninového masivu v okolí výrubu. Tehdejší aktivace obezdívky pouze zakládkou nezajišťuje účinné podepření výrubu, čímž může docházet v kombinaci s vodou k další dlouhodobé a nekontrolovatelné degradaci horninového masivu za rubem stávající obezdívky. Všechny tyto skutečnosti mohou hrát roli při rekonstrukci tunelu a návrhu způsobu zajištění jeho dlouhodobé stability a vodonepropustnosti.

GEOLOGICKÉ A GEOMORFOLOGICKÉ POMĚRY

Zájmové území se nachází v Jizerské hornatině, jež je podcelkem orografického celku Jizerských hor náležejících do Sudetské soustavy (podsoustava Západní Sudety). Železniční trať Liberec – Tanvald protíná v zájmovém území plochý hřbet Paseckého vrchu s vyvinutou hřbetní plošinou cca 80 m širokou. Sklon plošiny je velmi malý – v podélném směru hřbetu je plošina ukloněna pod úhlem 1–3° směrem k severu, v kolmém směru se sklon postupně zvyšuje ze střední části přibližně na 3°, přičemž vodorovná část dosahuje v prostoru nad tunelem šířky cca 30 m. Sklon úbočí rovněž není velký – 10° směrem západním a 13° směrem východním. Malý sklon úbočí má za následek značnou délku skalních zářezů před portály, které dosahují hloubky až 21 m.

Dolnolučanský tunel a jeho předzářezy jsou vyhloubeny v žulách západní části Krkonoško-jizerského žulového masivu. Krkonoško-jizerský masiv vystupuje v jádře klenby starších krystalických břidlic algonkického a staropaleozoického stáří. Žulový masiv představuje těleso utuhlé ve velké hloubce, které bylo pozdější geologickou činností vyzdvíženo a jeho velká část obnažena. Jeho odkrytá část má tvar ležaté osmičky délky 70 km a šířky 8 až 23 km. Masiv je petrograficky jednotvárný, budovaný žulami převážně hrubě až středně zrnitými, složenými z křemene, draselného živce, plagioklasu a biotitu, v menším množství, zejména v jižní části, též muskovitu a amfibolitu.

construction procedure was used as for the tunnels constructed on this line in similar geotechnical conditions, for which the period documents were found in archives.

Technical possibilities (especially drilling and blasting) at the end of the 19th century did not allow for achieving the exact shape of the excavated profile in comparison with the current possibilities of mechanical equipment. The formation of overbreaks could be significantly affected by jointing of the granite blocks and the degree of their damage caused by weathering. Historic sources from the construction of tunnels on the Tanvald – Kořenov line, which were excavated in similar geotechnical conditions, state that Nobel dynamite, plastic dynamon and, where their effects were not sufficient, blasting gelatine were used to break the rock. The rock drills were made of hardened steel and up to 1800 pieces had to be sharpened per 1 meter of tunnel length. The average daily advance rate reached 1.15m. Due to the relatively slow progress, and in particular the large time lag between the execution of a tunnel excavation round and the support of the rock mass with the lining, the rock mass could loosen in the vicinity of the excavation. The activation of the lining only by packing used at that time does not provide effective support of the excavation, which in combination with water can lead further to long-term and uncontrollable degradation of the rock mass behind the existing lining. All these facts can play a role in the reconstruction of the tunnel and the design for the method of ensuring its long-term stability and waterproofing.

GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL CONDITIONS

The area of interest is located in Jizera Upland, which is a sub-part of the orographic unit of Jizera Mountains belonging to the Sudeten system (sub-system West Sudetenland). The Liberec – Tanvald railway line crosses the flat ridge of Pasecký Hill in the area of interest with an about 80m wide developed ridge plateau. The inclination of the platform is very small – in the longitudinal direction of the ridge the platform is inclined north at an angle of 1–3°, in the perpendicular direction the inclination angle gradually increases from the middle part to about 3°, while the width of the horizontal part in the space above the tunnel reaches about 30m. The slope of the hillside is also not large –10° west and 13° east. As a result of the small slope of the hillside, there is a considerable length of rock cuttings in front of the portals, the depth of which reaches up to 21m.

The Lučany nad Nisou tunnel and its pre-cuttings are dug in the granites of the western part of the Krkonoše – Jizera granite massif. The Krkonoše – Jizera massif protrudes in the core of the vault of older crystalline schist of Algonquian and Early Palaeozoic age. The granite massif represents a body solidified at a great depth, which was heaved and its large part was exposed by later geological activities. Its exposed part has the shape of a horizontal figure eight 70km long and 8 to 23km wide. The massif is petrographically monotonous, made up by granites mostly coarse to medium-grained, composed of quartz, potassium feldspar, plagioclase and biotite, in smaller quantities, especially in the southern part, also muscovite and amphibolite.

The depth of granite weathering in the area of interest varies, its variability is given by the penetration with a considerable number of faults, along which the weathering reaches great depths. Overall, the degree of rock disturbance in the examined area is considerable – blocks of fresh rock can be found in the cuttings only rarely. In the side walls of the cuttings in front of the portals, weathered and slightly weathered rock predominates; there are also sections with the rock completely decomposed throughout the height of the walls. On the steep walls of the rock cutting, the blocks of rock get still loose, which without stabilisation endangers the operational safety (see Fig. 2).

Hloubka zvětrávání žul v zájmovém území je nestejná, její proměnnost je dána prostoupením značného množství poruch, podél nichž zvětrávání postupuje do velkých hloubek. Celkově je stupeň narušení horniny ve vyšetřovaném prostoru značný – bloky zdravé horniny lze v zářezích nalézt jen ojediněle. Ve stěnách zářezů před portály převládá hornina zvětralá a navětralá, existují i úseky se zcela rozloženou horninou přes celou výšku stěn. Na strmých stěnách skalního zářezu stále dochází k uvolňování bloků horniny, které bez zajištění ohrožují bezpečnost provozu (obr. 2).

STÁVAJÍCÍ STAV TUNELU

Tunelová trouba je v celé délce zajištěna obezdívkou ze žulových kvádrů. Zdivo je silně zavodněné, hydroizolační i drenážní systém tunelu není funkční. Do tunelu i skalních zářezů před oběma portály proniká puklinová voda. To se projevuje masivními průsaky a vyluhováním malty ze spár zdiva. Lokálně tak dochází k narušování stability jednotlivých bloků obezdívky. V některých úsecích dochází zřejmě vlivem horninového tlaku k mírnému boulení zdiva na bocích tunelu. Jako celek je však tunel stabilní a statická funkce obezdívky není narušena (obr. 3). V portálových pásech č. P1 a č. P2 jsou v klenbě výrazné příčné trhliny šířky až 30 mm (obr. 4). Spárování zdiva je v těchto pásech vypadané, kvádry zdiva jsou povrchově zvětralé.

Zvodnění celého tunelu, vzhledem k malé výšce nadloží a charakteru porušení horninového masivu, výrazně ovlivňují klimatické podmínky. Srážková voda z povrchu území se s malou časovou prodlevou objevuje v tunelu. Při jarním tání, kdy je masiv v této horské oblasti vodou průběžně dotován, je problém dlouhodobější a tvorba rampouchů a ledopádů, zasahujících až do koleje, vyžaduje každodenní údržbu (obr. 5). Tento stav má negativní dopad do výše provozních nákladů spojených se zajištěním bezpečnosti provozu. Podle závěrů z podrobných prohlídek je ostění v klenbě zamokřené a může docházet až k proudění vody charakteru deště.

Vzhledem k délce tunelu se podmínky u portálů a uvnitř tunelu výrazně nemění a v zimním období dochází k promrzání v celé jeho délce. Tunelové pásy uvnitř tunelu mají proto obecně obdobné závady jako v oblasti portálů, tj. vypadané spárování zdiva a prů-

EXISTING TUNNEL CONDITION

The tunnel is secured along its entire length by a lining of granite blocks. The masonry is heavily saturated with water, the waterproofing and drainage system of the tunnel is not functional. Fissure water penetrates into the tunnel and the rock cuttings in front of both portals. This is manifested by massive seepage and leaching of mortar from the masonry joints. In some sections, due to rock pressure, there is probably slight buckling of the masonry on the tunnel sides. However, as a whole, the tunnel is stable and the static function of the lining is not disturbed (see Fig. 3). In the portal blocks No. P1 and No. P2, there are significant transverse cracks up to 30mm wide in the vault (see Fig. 4). The masonry jointing is fallen out in these blocks, the surface of the masonry blocks is weathered.

The saturation of the entire tunnel with water, due to the low height of the overburden and the nature of the rock mass disturbance, is significantly affected by climatic conditions. Rainwater from the surface of the area appears in the tunnel with a short time delay. During the spring thaw, when the massif in this mountain area is continuously supplied by water, the problem is rather long lasting and the formation of icicles and ice falls, reaching up to the track, requires daily maintenance (see Fig. 5). This state has a negative impact on the amount of operating costs associated with providing operational safety. According to the conclusions from detailed inspections, the lining in the vault is wet and water flow may have the character of rain.

With respect to the tunnel length, the conditions at the portals and inside the tunnel do not change significantly, and in the winter there is freezing along its whole length. Therefore, the tunnel blocks inside the tunnel have generally similar defects as in the area of the portals, i.e. the jointing fallen out and leaks in the entire surface of the lining. The technical condition of the tunnel is adequate to the time of its construction and the fact that neither the load bearing structure nor the waterproofing and drainage system was rehabilitated during the tunnel operation.

As part of the reconstruction of the Liberec – Tanvald line in 2015, only the central tunnel sewer was restored. The sewer collects water seeping through the lining and drains it gravitationally, on the longitudinal gradient identical with the gradient of the track, to the



Obr. 2 Blokovitá odlučnost – skalní zářez před portálem
Fig. 2 Block jointing – rock cutting in front of portal



Obr. 3 Stav obezdívky v suchém období
Fig. 3 Condition of the lining in dry season



Obr. 4 Trhliny v ostění
Fig. 4 Cracks in the lining

saky v celé ploše obezdívky. Technický stav tunelu odpovídá době jeho výstavby a skutečnosti, že nosná konstrukce ani hydroizolační a drenážní systém nebyl v průběhu provozování tunelu sanován.

V rámci rekonstrukce trati Liberec – Tanvald v roce 2015 byla pouze obnovena středová tunelová stoka, která sbírá obezdívkou prosakující vodu a gravitačně ji odvádí ve sklonu tratě k portálu. V celém tunelu byl při této rekonstrukci použit nový železniční svršek 49 E1, dále betonové pražce B91S/2 s pružným upevněním kolejnic 49E1 R350HT a bezстыková kolej. Pro tunel je uváděn průjezdný průřez J-GC Z3. Kolejové lože je šterkové, neznečištěné. Tunelem vedou kabely sdělovacího a zabezpečovacího zařízení, jejichž funkci je nutné při rekonstrukci zachovat.

CÍLE REKONSTRUKCE

Vzhledem k dlouhodobě nevyhovujícímu stavu tunelu, vyžadujícího náročnou údržbu v drsných klimatických podmínkách, ve kterých lze vlivem průsaků a mrazových cyklů očekávat zrychlování tempa degradace obezdívky, se investor Správa železnic, s.o. rozhodl pro vytvoření specifikace obsahu záměru projektu pro jeho rekonstrukci. Pokud by byl záměr projektu schválen, předpokládá se rychlý postup dalších stupňů projektové dokumentace a zahájení stavebních prací v polovině roku 2023.

Návrh rekonstrukce tunelu musí splňovat jasně dané okrajové podmínky. Celá stavba musí být situována na pozemcích Správy železnic, s.o. Umístění stavby na pozemcích jiných vlastníků je možné až po odsouhlasení objednatelem na základě opodstatněného návrhu projektanta. Sanaci tunelu dojde k výraznému omezení nebo úplné eliminaci průsaků, zamezí se tvorbě rampouchů, ledopádů a zalednění koleje. Navržená opatření zajistí prodloužení životnosti tunelu minimálně o 50 let. Zvážena měla být i možnost zřízení normou požadovaných záchranných výklenků pro zaměstnance vykonávající údržbu tunelu.

Vzhledem k tomu, že železniční svršek v tunelu byl rekonstruován v roce 2015, nesmí dojít k jeho poškození. Kolejová pole budou při rekonstrukci v nezbytně nutné délce demontována, uskladněna a po rekonstrukci znovu použita. Nesmí proto dojít ani ke změně geometrické polohy koleje. Ta bude po dokončení rekonstrukce provedena opět jako bezстыková. V tunelu budou použity vodonepropustné kabelovody pro umístění kabelů sdělovacího a zabezpečovacího zařízení včetně revizních šachet před oběma portály.

Zadání projektu umožňovalo po vyhodnocení stávající situace i úplnou rekonstrukci tunelu, včetně odstranění stávající obezdívky, obnovení hydroizolačního a drenážního systému a zvětšení průjezdného průřezu na tunelový průjezdný průřez. V takovém případě



Obr. 5 Zalednění tunelu
Fig. 5 Ice in the tunnel

portal. A new railway trackwork 49 E1 was used in the entire tunnel during this reconstruction, as well as concrete sleepers B91S/2 with flexible fastening of rails 49E1 R350HT and continuously welded rail. The clearance profile J-GC Z3 is designed for the tunnel. The trackwork is ballasted, unpolluted. The communication and security equipment cables lead through the tunnel. Their function has to be maintained during the reconstruction.

RECONSTRUCTION OBJECTIVES

Due to the long-term unsatisfactory condition of the tunnel requiring demanding maintenance in harsh climatic conditions, in which the rate of degradation of the lining can be expected to accelerate due to leaks and frost cycles, the Railway Administration, the project owner, decided to develop a specification of the project intention for its reconstruction. If the project intention is approved, a rapid progress of the next stages of design documents and the start of construction operations in the middle of 2023 is expected.

The design for the tunnel reconstruction must meet clearly defined boundary conditions. The whole construction must be located on the land owned by the Railway Administration, state organisation. The location of the construction on the land of other owners is possible only after approval by the project owner on the basis of a substantiated proposal of the designer. Rehabilitation of the tunnel will significantly reduce or completely eliminate leaks, prevent the formation of icicles, ice falls and coating of the track by ice. The proposed measures will extend the life of the tunnel by at least 50 years. The possibility of carrying out rescue recesses required by the standard for employees performing tunnel maintenance should also be taken into consideration.

With respect to the fact that the railway trackwork in the tunnel was reconstructed in 2015, it must not be damaged. During the reconstruction, the track lengths will be dismantled to the necessary sections, stored and reused after the reconstruction. Therefore, the geometric position of the track must not be changed either. After the reconstruction is completed, it will be again carried out as continuously welded rail. In the tunnel, watertight cable ducts will be used to place the communication and security equipment cables, including manholes in front of both portals.

After evaluating the current situation, the design input also allowed for the complete reconstruction of the tunnel, including the removal of the existing lining, the renewal of the waterproofing and drainage system and the enlargement of the clearance profile to the tunnel clearance profile. In such a case, it was also required to check the possibility of enlarging the tunnel for possible electrification of the line.

bylo požadováno i prověření možnosti zvětšení tunelu pro případnou elektrifikaci tratě.

Projektant tak musel po posouzení stávajícího stavu rozhodnout, zda se vydá cestou na první pohled méně nákladných oprav stávajícího stavu, nebo cestou kompletní rekonstrukce, která je sice náročnější na investiční náklady, lze však očekávat vyšší efektivnost vynaložených investičních nákladů i výrazně vyšší životnost díla. Proto předcházela vypracování záměru projektu podrobná studie variant, která zohledňovala známé informace o stavu tunelu, jeho údržbě a podmínky dané zadávací dokumentací. V rámci studie byla proto posuzována možnost opravy stávající obezdívky i možnost kompletní rekonstrukce tunelu.

PODKLADY PRO ROZHODOVÁNÍ O VOLBĚ VARIANTY

Podle pravidel objednatele není možné před schválením záměru projektu provádět stavebnětechnické průzkumy ke zjištění stávajícího stavu objektu a horninového masivu. Je proto nutné vycházet z dostupných archivních podkladů a místních šetření. Pro rozhodování o návrhu technického řešení rekonstrukce tunelu je optimální zajistit:

- Informace o prostorové průchodnosti trati v tunelu, aby bylo možné vyhodnotit možnost použití dodatečných vestaveb pod stávající obezdívkou, které by případně splnily očekávané požadavky na stav tunelu po rekonstrukci.
- Informace o geologických a hydrogeologických podmínkách v trase tunelu a skalních zářezech, které v oblasti portálů na tunel bezprostředně navazují a ovlivňují tak celkový návrh technického řešení. Geotechnické podmínky jsou rozhodující i pro případný návrh odstranění stávající tunelové obezdívky, zajištění stability výrubu a návrh nového monolitického ostění.
- Informace o dimenzích a materiálových vlastnostech tunelové obezdívky s ohledem na posouzení její únosnosti a případné možnosti sanace.
- Informace o použité tunelovací metodě s ohledem na skutečný tvar výrubu za ostěním a na konstrukční systém tunelu, tj. mocnost a kvalitu zakládky za ostěním. Ta jednak ostění vůči výrubu aktivuje, jednak tvoří součást drenážního systému a odvádí podzemní vodu k patě klenby tunelu. Dále informace o systému zajištění vodonepropustnosti obezdívky, poloze příčných drenáží, které odvádějí podzemní vodu do střední tunelové stoky a v neposlední řadě i o tvaru a poloze počvy tunelu s ohledem na konstrukci železničního spodku a svršku.

Z hlediska prostorové průchodnosti bylo známé pouze to, že tunel vyhovuje na průjezdný průřez J-GC-Z3, nebyla však známa tolerance mezi tímto průjezdným průřezem a lícem tunelové obezdívky. Dílčí informace o geologických a hydrogeologických podmínkách bylo možné zjistit z dochovaného stavebnětechnického průzkumu, který byl prováděn firmou GEOTest Brno v roce 1989. Výsledky tohoto průzkumu poskytly i informace o tloušťce stávající tunelové obezdívky. Velkou neznámou však byly a jsou informace o použité tunelovací metodě, skutečné poloze líce výrubu a přítocích podzemní vody do výrubu, která následně protéká spárami ve zdivu.

PROSTOROVÁ PŘÚCHODNOST A TOLERANCE OBEZDÍVKY

Podle požadavků zadávací dokumentace musí být u všech variant sanací prověřeno dosažení průjezdného průřezu Z-GC/J-GC případně Z-GCZ3. Při návrhu způsobu sanace nebo rekonstrukce tunelu hraje zásadní roli geometrický vztah mezi průjezdným průřezem a lícem stávající obezdívky tunelu. S ohledem na možnost kompletní rekonstrukce tunelu, s odstraněním stávajícího

After assessing the current state, the designer had to decide whether to go the way of at first glance less expensive repairs of the existing state, or a complete reconstruction, which is more demanding on investment costs, but higher efficiency of investment costs and significantly longer service life can be expected. Therefore, a detailed study of variants preceded the work on the project intention. It took into account the known information about the condition of the tunnel, its maintenance and the conditions given by the tender documents. The study therefore assessed the possibility of repairing the existing lining and the possibility of complete reconstruction of the tunnel.

BASES FOR DECIDING ON SELECTION OF VARIANT

According to the project owner's rules, it is not possible to carry out construction surveys to determine the current condition of the structure and the rock massif before approving the project intention. It is therefore necessary to rely on archival documents and the local surveys available. To decide on the design of the technical solution for the tunnel reconstruction, it is optimal to ensure:

- Information on the spatial passability of the track in the tunnel in order to allow for evaluation of the possibility of using additional installations built under the existing lining which would possibly meet the expected requirements for the condition of the tunnel after reconstruction.
- Information on geological and hydrogeological conditions along the tunnel route and rock cuttings, which are directly connected to the tunnel in the area of portals and thus influence the overall design of the technical solution. Geotechnical conditions have also a deciding role regarding a possible design for removing the existing tunnel lining, ensuring the excavation stability and the design for a new cast in-situ concrete lining.
- Information on the dimensions and material properties of the tunnel lining with regard to the assessment of its load-bearing capacity and possible remediation options.
- Information on the tunnelling method used with regard to the actual shape of the excavation behind the lining and on the tunnel construction system, i.e. the thickness and quality of the packing behind the lining. On the one hand, it activates the lining against the excavation, on the other hand, it forms part of the drainage system and drains groundwater down to the foot of the tunnel vault. Furthermore, information on the system of securing the waterproofing of the lining, the position of transverse drainage lines that drain groundwater into the central tunnel sewer and, last but not least, the shape and position of the tunnel bottom with respect to the structure of the track bottom and trackwork.

From the point of view of spatial passability, it was only known that the tunnel was suitable for the J-GC-Z3 clearance profile, but the tolerance between this profile and the face of the tunnel lining was not known. Partial information on geological and hydrogeological conditions could be found from the preserved structural survey which was conducted by GEOTEST Brno in 1989. The results of this survey also provided information on the thickness of the existing tunnel lining. However, the big unknown was and is information about the tunnelling method used, the actual position of the face of the excavation and the inflows of groundwater into the excavation, which subsequently flows through joints in the lining masonry.

SPATIAL PASSABILITY AND TOLERANCES OF LINING

According to the requirements of the tender documents, achieving the Z-GC / J-GC or Z-GCZ3 clearance profile must be checked for all rehabilitation variants. When designing the method of rehabilitation

ostění a obnovou hydroizolačního i drenážního systému, byla prověřena prostorová průchodnost i pro tunelový průjezdný průřez (TPP) podle požadavků normy ČSN 73 7508, a to jak ve variantě s trakčním nástavcem (s ohledem na požadavek neomezení elektrifikace trati podle zadávací dokumentace), tak bez trakčního nástavce s ohledem na minimalizaci výše investičních nákladů.

Pro potřeby projektové dokumentace byla přesně zaměřena skutečná poloha ostění pomocí laserového skenování mračnem bodů z laserového skeneru Trimble SX10. Georeferencované skeny byly převedeny do jednotného mračna bodů. Dalším krokem byla finalizace mračna bodů. Po stanovení maximálního rozsahu mračna následovalo očištění mračna od šumu a výběr bodů na líc ostění a portály. Výsledné mračno bylo „naředěno“ na minimální vzdálenost mezi body 10 mm, což bylo pro potřeby prověření prostorové průchodnosti zcela dostačující.

Z mračna bodů byl vytvořen 3D model líce tunelové obezdívky. Do modelu byla vložena 3D osa koleje a na osu koleje byly postupně „navlečeny“ jednotlivé vyšetřované průjezdné průřezy. Pro porovnání vzájemné geometrické polohy průjezdného průřezu a líce obezdívky byl použit program CloudCompare, který vyhodnocení provádí číselně na celé ploše obezdívky s možností vizuální kontroly na 3D modelu (obr. 6). S jistotou jsou tak zachyceny všechny kolize průjezdného průřezu a tunelu.

Prostorová průchodnost byla po naskenování líce ostění prověřována pro tyto průjezdné průřezy:

- tunelový průjezdný průřez s trakčním nástavcem (ČSN 73 7508);
- tunelový průjezdný průřez bez trakčního nástavce (ČSN 73 7508);
- průjezdný průřez Z-GC;
- průjezdný průřez Z-G2;
- průjezdný průřez Z-GC Z3;
- průjezdný průřez M-GC.

Vzhledem ke stísněným prostorovým poměrům v tunelu byl průjezdný průřez do 3D modelu zadán s nulovou tolerancí, ačkoli se běžně uvažuje s tolerancí 50 mm. Přesto vyhodnocení všech 3D modelů ukázalo, že bez změny geometrické polohy koleje nelze prostorovou průchodnost tunelu zajistit pro žádný z prověřovaných průjezdných průřezů. Protože navazující traťové úseky změnu polohy koleje vylučují, bylo zřejmé, že pod stávající klenbou tunelu nelze provádět žádná opatření, která by polohu stávajícího líce obezdívky vůči průjezdnému průřezu ještě zhoršila.

or reconstruction of the tunnel, the geometric relationship between the clearance profile and the existing internal face of the tunnel lining plays a crucial role. With regard to the possibility of complete reconstruction of the tunnel, with removal of the existing lining and renewal of the waterproofing and drainage system, the spatial passability was checked for the tunnel clearance profile according to the requirements of ČSN 73 7508, both in the variant with the requirement for the traction extension not to limit the electrification of the line according to the tender documents, as well as without the traction extension with respect to the minimisation of the amount of investment costs.

For the needs of the design documents, the actual position of the lining was precisely surveyed using laser scanning by a point cloud from the Trimble SX10 laser scanner. Georeferenced scans were converted to a single point cloud. The georeferenced scans were converted to a unified point cloud. The next step was to finalise the point cloud. After determining the maximum extent of the cloud, the cloud was cleaned of hum and points on the face of the lining and portals were selected. The resulting cloud was “diluted” to a minimum 10mm distance between points, which was quite sufficient for the purpose of checking the spatial passability.

A 3D model of the face of the tunnel lining was created from the point cloud. A 3D track axis was inserted into the model, and the individual examined profiles were gradually “threaded” onto the track centre line. To compare the mutual geometric position of the clearance profile and the face of the lining, the CloudCompare program was used, which carries out the evaluation numerically on the entire surface of the lining with the possibility of visual inspection on a 3D model (see Fig. 6). In this way, all collisions of the clearance profile and the tunnel are captured with certainty.

The spatial passability was checked after scanning the face of the lining for the following clearance profiles:

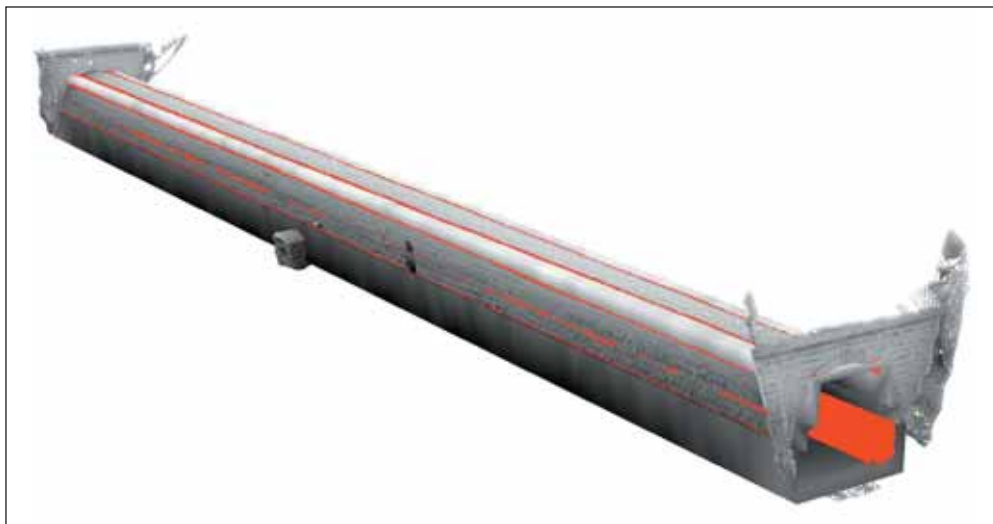
- tunnel clearance profile with traction extension (ČSN 73 7508);
- tunnel clearance profile without traction extension (ČSN 73 7508);
- Z-GC tunnel clearance profile;
- Z-G2 tunnel clearance profile;
- Z-GC Z3 tunnel clearance profile;
- M-GC tunnel clearance profile.

With respect to the restricted spatial conditions in the tunnel, the clearance profile was entered into a 3D model with zero tolerance, despite the fact that a tolerance of 50mm is commonly taken into consideration. Nevertheless, the evaluation of all 3D models showed

that without changing the geometric position of the track, the spatial passability of the tunnel cannot be ensured for any of the examined cross-sections. As the adjoining track sections preclude a change in the position of the track, it was clear that no measures could be taken under the existing tunnel vault which would further worsen the position of the existing surface of the lining in relation to the clearance profile.

GEOLOGICAL CONDITIONS ALONG THE TUNNEL ROUTE

Information on geotechnical conditions is taken from the opinion of the company of GEOtest Brno from June 1989, which is the only available



Obr. 6 Prověření prostorové průchodnosti tunelu
Fig. 6 Verification of spatial passability of the tunnel



Obr. 7 Hornina v záchranném výklenku
Fig. 7 Rock in rescue recess

GEOLOGICKÉ POMĚRY V TRASE TUNELU

Informace o geotechnických podmínkách jsou převzaty z jediného dostupného podkladu, kterým je posudek firmy GEOTest Brno z června 1989. Předmětem dokumentu bylo posouzení horninového masivu, v němž je Dolnolučanský tunel vyražen, zjištění stavu obezdívky tunelu a stanovení charakteristik masivu jak v tunelu, tak na stěnách obou předzářezů tunelu, za účelem určení stability jejich stěn.

Posouzení charakteru horninového masivu za ostěním tunelu bylo provedeno v průduších vytvořených v obezdívce. Z celkem 81 vyšetřovaných průduchů bylo možno zjistit ve 48 průduších charakter horniny. Ve zbývajících 33 průduších byla zastížena zákládka nebo zához vyplňující volný prostor mezi obezdívkou a výrubem. Jediným místem, kde je v tunelu vidět obnažený horninový masiv, jsou zadní stěny dvou záchranných výklenků (obr. 7).

Hornina budující masiv v prostoru Dolnolučanského tunelu je v nenarušeném stavu velmi pevná, její pevnost se však postupujícím zvětráváním značně snižuje. Toto snížení pevnosti a zhoršení dalších důležitých fyzikálních a mechanických vlastností ukazuje tab. 1, obsahující výsledky zkoušek vzorků odebraných při průzkumu pro nedalekou přehradu Josefův Důl na řece Kamenici. Vzhledem k tomu, že zkouškami byly zjišťovány vlastnosti stejného horninového typu, mají uvedené hodnoty platnost i pro horniny vyšetřovaného prostoru Dolnolučanského tunelu.

Vyhodnocení vzorků odebraných v rámci průzkumu z hlediska stupně zvětrání horniny uvádí tab. 2.

Tab. 1 Geotechnické parametry horninového masivu

Stupen narušení horniny		Nenarušená	Navětralá	Zvětralá
Hustota	kg/m ³	2 620	2 620	2 510
Hustota pevných částic	kg/m ³	2 670	2 610	2 640
Pevnost v tlaku po vysušení	MPa	130	70	42
Pevnost v tlaku po nasycení	MPa	107	57	32
Pevnost ve stříhu po vysušení	MPa	48	32	31
Pevnost ve stříhu po nasycení	MPa	20	13	14
Pevnost v tlaku po zmrazení	MPa	103	67	30
Nasákavost	%	0,79	0,82	1,46
Hutnost	%	98,12	99,24	95,07
Pórovitost	%	1,88	0,76	4,93
Odolnost proti mrazu	%	0,21	0,36	1,62
Otluk	%	40,00	32,80	76,00

document. The subject of the document was the assessment of the rock massif through which the Lučany nad Nisou tunnel was excavated, determination of the condition of the tunnel lining and determination of the massif characteristics, both in the tunnel and on the sides of both pre-portal cuttings, in order to determine the stability of their side slopes.

The assessment of the character of the rock mass behind the tunnel lining was performed in ventilation holes created in the lining. From a total of 81 examined ventilation holes, it was possible to determine the character of the rock in 48 of them. In the remaining 33 holes, the packing or rubble filling the free space between the lining and the excavation was found. The only place where the exposed rock mass can be seen in the tunnel are the rear walls of two rescue recesses (see Fig. 7).

The rock building the massif in the area of the Lučany nad Tisou tunnel is very strong in an undisturbed state, but its strength decreases considerably as the weathering progresses. This reduction in strength and deterioration of other important physical and mechanical properties is shown in Table 1, which contains the results of tests of samples taken during the survey for the nearby Josefův Důl dam on the Kamenice river. With respect to the fact that the tests determined the properties of the same rock type, the presented values are also valid for the rock types in the investigated area of the Lučany nad Tisou tunnel.

The assessment of samples taken within the framework of the survey in terms of the degree of weathering of the rock is presented in Table 2.

Table 1 Geotechnical parameters of rock massif

Rock disturbance degree		Undisturbed	Slightly weathered	Weathered
Density	Kg/m ³	2 620	2 620	2 510
Density of solid particles	Kg/m ³	2 670	2 610	2 640
Dry compressive strength	MPa	130	70	42
Saturated compressive strength	MPa	107	57	32
Dry shear strength	MPa	48	32	31
Saturated shear strength	MPa	20	13	14
Freezing compressive strength	MPa	103	67	30
Water absorption rate	%	0.79	0.82	1.46
Consistency	%	98.12	99.24	95.07
Porosity	%	1.88	0.76	4.93
Frost resistance	%	0.21	0.36	1.62
Rubbing	%	40.00	32.80	76.00

Table 2 Assessment of samples taken behind the lining – degree of massif weathering

Degree of weathering	Frequency of occurrence	[%] from the whole	[%] from the encountered occurrences
Fresh	2	2.5	4.2
Fresh to slightly weathered	3	3.7	6.3
Slightly weathered	13	16.0	27.1
Slightly weathered to weathered	3	3.7	6.3
Weathered	10	12.3	20.8
Weathered to decomposed	9	11.1	18.8
Decomposed	8	9.9	16.7
Not encountered (packing)	33	40.7	
TOTAL	81	100.0	100.0

Tab. 2 Vyhodnocení sond za ostěním – stupeň zvětrání masivu

Stupeň zvětrání	Četnost výskytu	[%] z celku	[%] ze zastižených
Zdravá	2	2,5	4,2
Zdravá až navětralá	3	3,7	6,3
Navětralá	13	16,0	27,1
Navětralá až zvětralá	3	3,7	6,3
Zvětralá	10	12,3	20,8
Zvětralá až rozložená	9	11,1	18,8
Rozložená	8	9,9	16,7
Nezastižena (zakládka)	33	40,7	
CELKEM	81	100,0	100,0

Za navětralou horninu se považuje hornina, která má zachovaný původní stav i vzhled. Pouze malá část minerálů je částečně zvětralá, zdravé minerály se navzájem dotýkají. Podle tohoto hlediska horniny se zdravým skeletem jsou zastoupeny 41 %, zatímco horniny se skeletem postiženým tvoří 59 % z odebraných vzorků.

Informace o horninovém masivu byly v roce 1989 prováděny pouze pro patu ostění (29 sond bylo situováno do výšky cca 0,5 m) a pro bok ostění do výšky max. 4,2 m nad úroveň tunelové stezky. Pro vrchol klenby nejsou dostupné žádné informace o vlastnostech horninového masivu, ani o velikosti nadvýrubů.

STAV A ZJIŠTĚNÉ ZÁVADY TUNELOVÉ OBEZDÍVKY

V rámci stavebnětechnického průzkumu byl rovněž vyšetřován stav obezdívky. Bylo zjištěno, že obezdívka je celkově v dobrém stavu s výjimkou portálových úseků, kde jsou patrné trhliny jdoucí napříč tunelovou troubou. Jejich příčinou je zřejmě existence nepříznivě orientovaných diskontinuit v nadloží, které ohrožují stabilitu stěn před portály a zdíva vlastních portálů. Stabilita skalních stěn před portály byla v minulosti následně sanována pomocí vysokopevnostních sítí upevněných ke skalnímu líci pomocí SN svorníků, což zlepšuje smykové parametry horninového masivu.

U vjezdového portálu byly v portálovém pásu P1 zjištěny dvě trhliny. Výraznější trhlina je vzdálena 1,6 m od líce portálu. Ve vrcholu klenby je rozevřena až na 20 mm, směrem do boků se rozevření zmenšuje na několik mm. U počvy není tato trhlina zřetelná. Další trhlina je ve vzdálenosti 2,5 m od líce portálu a prochází levou polovinou klenby, v bocích není patrná. V sousedním tunelovém pásu č. 1 prochází ve výšce 3,3 m ve spáře zdíva vodorovná trhlina délky cca 3,5 m. Trhlina je rozevřena 2 mm. V tunelovém pásu č. 2 se nachází rovněž podélná trhlina, která je patrná na levém boku tunelu ve výšce 4,5 m a rovněž prochází spárami ve zdívu. Výjezdový portálový pás P2 je porušen obdobně jako vjezdový. V blízkosti portálu prochází dvě příčné trhliny, které jsou však mírně šikmé. V klenbě přecházejí do pravé opěry. Další trhlina 2 m od líce portálu v klenbě přechází částečně do opěr. V celé ploše obezdívky je pak zdívo postiženo vypadaným spárováním a spárami v době zvýšených srážek protéká voda.

MOŽNOSTI SANOVÁNÍ STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE

Z dostupných podkladů a znalostí o stavu tunelové obezdívky, horninového masivu i hydroizolačního systému bylo zřejmé, že dosažení požadovaných parametrů tunelu, bez výrazného zásahu do jeho konstrukčního řešení, je prakticky vyloučené. Horninový masiv je tektonicky porušený a voda z povrchu území velmi rychle obezdívkou prosakuje v celé délce tunelu. Utěsnění horninového prostředí injektáží, které by zajistilo v tunelu podmínky zaručující bezpečný provoz, by bylo velmi nákladné a výsledný

Rock is considered to be weathered when it has preserved its original condition and appearance. Only a small part of the minerals is partially weathered, fresh minerals touch each other. According to this aspect, rock with an undisturbed skeleton makes up 41%, while rock with an affected skeleton makes up 59% of the samples taken.

In 1989, information on the rock mass was provided only for the footing of the lining (29 probe holes were situated up to a height of approximately 0.5m) and for the side walls of the lining up to a maximum height of 4.2m above the tunnel inspection path. No information on the properties of the rock mass, or on the size of the overbreaks is available for the top of the vault.

CONDITION AND IDENTIFIED DEFECTS OF THE TUNNEL LINING

The condition of the lining was also investigated as part of the structural survey. It was found that the lining is generally in good condition, with the exception of portal sections, where cracks running across the tunnel tube are visible. Their cause is probably the existence of unfavourably oriented discontinuities in the overburden, which threaten the stability of the walls in front of the portals and the masonry of the portals themselves. The stability of the rock walls in front of the portals was subsequently rehabilitated in the past by means of high-strength net fixed to the rock face by means of SN bolts, which improves the shear parameters of the rock mass.

At the entrance portal, two cracks were identified in the portal block P1. A more distinct crack is 1.6m away from the face of the portal. At the top of the vault it is open up to 20mm, towards the sides the aperture is reduced to a few millimetres. At the bottom, the crack is not obvious. Another crack is at a distance of 2.5m from the face of the portal and passes through the left half of the vault; it is not visible in the side walls. In the adjacent tunnel block No. 1, a horizontal crack about 3.5m long runs in the joint of the masonry at a height of 3.3m. The crack is open 2mm. In the tunnel block No. 2 there is also a longitudinal crack, which is visible on the left side of the tunnel at a height of 4.5m. It also passes through joints in the masonry. The exit portal block P2 is broken similarly to the entrance portal. Near the portal there are two transverse cracks, which are, however, slightly slanted. In the vault, they pass into the right-hand bench wall. Another crack existing 2m from the portal face passes in the vault partially into the bench walls. In the entire area of the lining, the masonry is affected by the fallen out jointing and water flowing through the joints at the time of increased rainfalls.

POSSIBILITIES OF REHABILITATION OF EXISTING STRUCTURE

From the available data and knowledge about the condition of the tunnel lining, the rock mass and the waterproofing system, it was obvious that achieving the required tunnel parameters without significant intervention into the tunnel design is virtually impossible. The rock massif is tectonically faulted and water from the surface of the area very quickly seeps through the masonry lining throughout the tunnel length. Sealing the rock environment by grouting, which would ensure conditions in the tunnel guaranteeing safe operation, would be very costly and the resulting effect of this measure would be uncertain. The original waterproofing and drainage system consisted of tight joints between the granite blocks of the lining and the packing behind the vault, which diverted groundwater along the lining to the tunnel bottom and into the central tunnel sewer through transverse drains. Deep jointing of the masonry could guarantee the waterproofing of the vault for some time, but it cannot be carried out to the entire depth of the bed joints between the masonry blocks. A certain solution could lie in low-pressure grouting of the masonry joints so that the grouting mixture does not penetrate behind the

efekt tohoto opatření by byl nejistý. Původní hydroizolační a drenážní systém tvořily těsné spáry mezi žulovými kvádry obezdívky a zakládka za klenbou, která sváděla podzemní vodu po obezdívce k patě tunelu a příčnými drenážemi do střední tunelové stoky. Hloubkové spárování zdiva by mohlo na nějaký čas zaručit vodotěsnost klenby, nelze ho však provádět na celou hloubku ložné spáry mezi kvádry. Určitým řešením by mohlo být nízkotlaké injektování spár obezdívky, aby injektážní směs nepronikla za rub klenby. To by jednak vedlo k nekontrolovatelné spotřebě injektážní hmoty, jednak by došlo k porušení drenážní funkce zakládky. Bylo by rovněž nutné pečlivě zainjektovat všechny spáry zdiva, protože při injektování lokálních míst s největšími průsaky by si s největší pravděpodobností voda opět našla cestu sousedními spárami. Vzhledem k časové náročnosti tohoto řešení, velké spotřebě materiálu a opět nejistému výsledku vynaložené investice byla i tato varianta zamítnuta. K rozhodnutí o kompletní rekonstrukci jako nejvýhodnějšímu řešení pro Dolnolučanský tunel výrazně přispěla i skutečnost, že prověření prostorové průchodnosti trati nevyhovělo pro žádný ze sledovaných průjezdných průřezů.

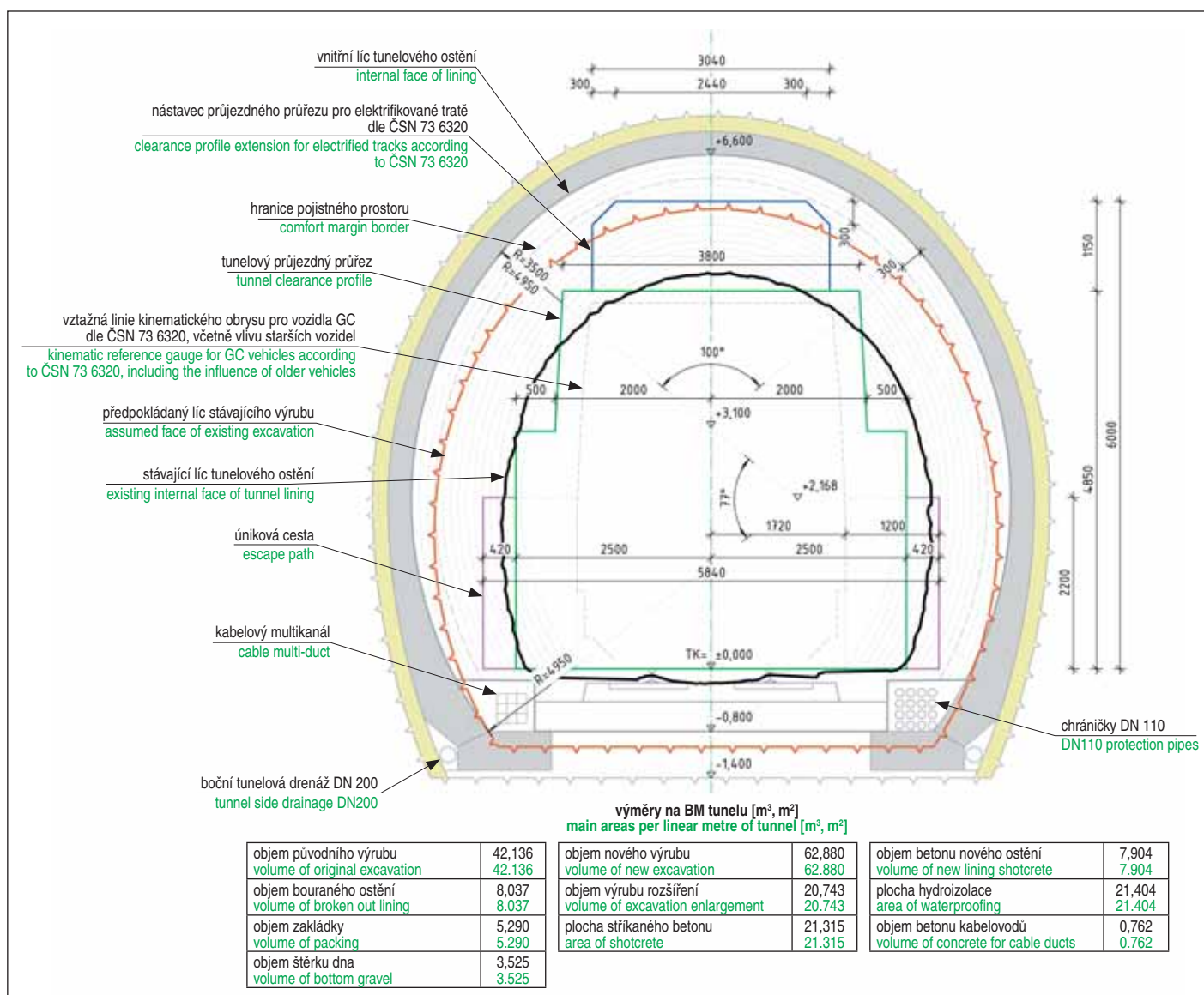
VARIANTY KOMPLETNÍ REKONSTRUKCE TUNELU

Rozhodnutí o kompletní rekonstrukci tunelu s odstraněním původní obezdívky, zvětšením plochy výrubu a obnovou hydro-

rear side of the vault. This would, on the one hand, lead to an uncontrollable consumption of the grout and, on the other hand, would damage the drainage function of the packing. It would also be necessary to carefully fill all the joints of the masonry with grout, because when injecting grout only in local places with the largest leaks, the water would most likely find its way through the adjacent joints again. Taking into consideration the time-consuming nature of this solution, high material consumption and again the uncertain result of the investment, this option was also rejected. The decision on the complete reconstruction as the most advantageous solution for the Lučany nad Niou tunnel was significantly contributed to by the fact that the results of the verification of the spatial passability of the line did not comply with any of the monitored clearance profiles.

VARIANTS OF COMPLETE TUNNEL RECONSTRUCTION

The decision to completely reconstruct the tunnel with the removal of the original lining, increase the excavation area and renew the waterproofing system started the process of optimising the technical solution. The subject of optimisation was the necessary construction time and the arrangement of the tunnel. In both cases, these are factors influencing the amount of investment costs. Five variants were proposed for the assessment, some of which required the discussion about an exemption from the valid standard ČSN 73 7508 Railway



Obr. 8 Příčný řez pro variantu s trakčním nástavcem
Fig. 8 Cross-section for variant with traction extension

izolačního systému nastartovalo proces optimalizace technického řešení. Předmětem optimalizace byla potřebná doba výstavby a dispoziční řešení tunelu. V obou případech se jedná o faktory ovlivňující výši investičních nákladů. Pro posouzení bylo navrženo pět variant, z nichž některé vyžadovaly projednání výjimky z platné normy ČSN 73 7508 Železniční tunely. Tato norma pro případ kompletní rekonstrukce vyžaduje splnění celé řady konstrukčních detailů a opatření, která by v případě pouhé sanace stávajícího stavu nebylo nutné dodržet. K posouzení byla předložena jedna varianta s tunelovým průjezdným průřezem s trakčním nástavcem a čtyři varianty bez trakčního nástavce.

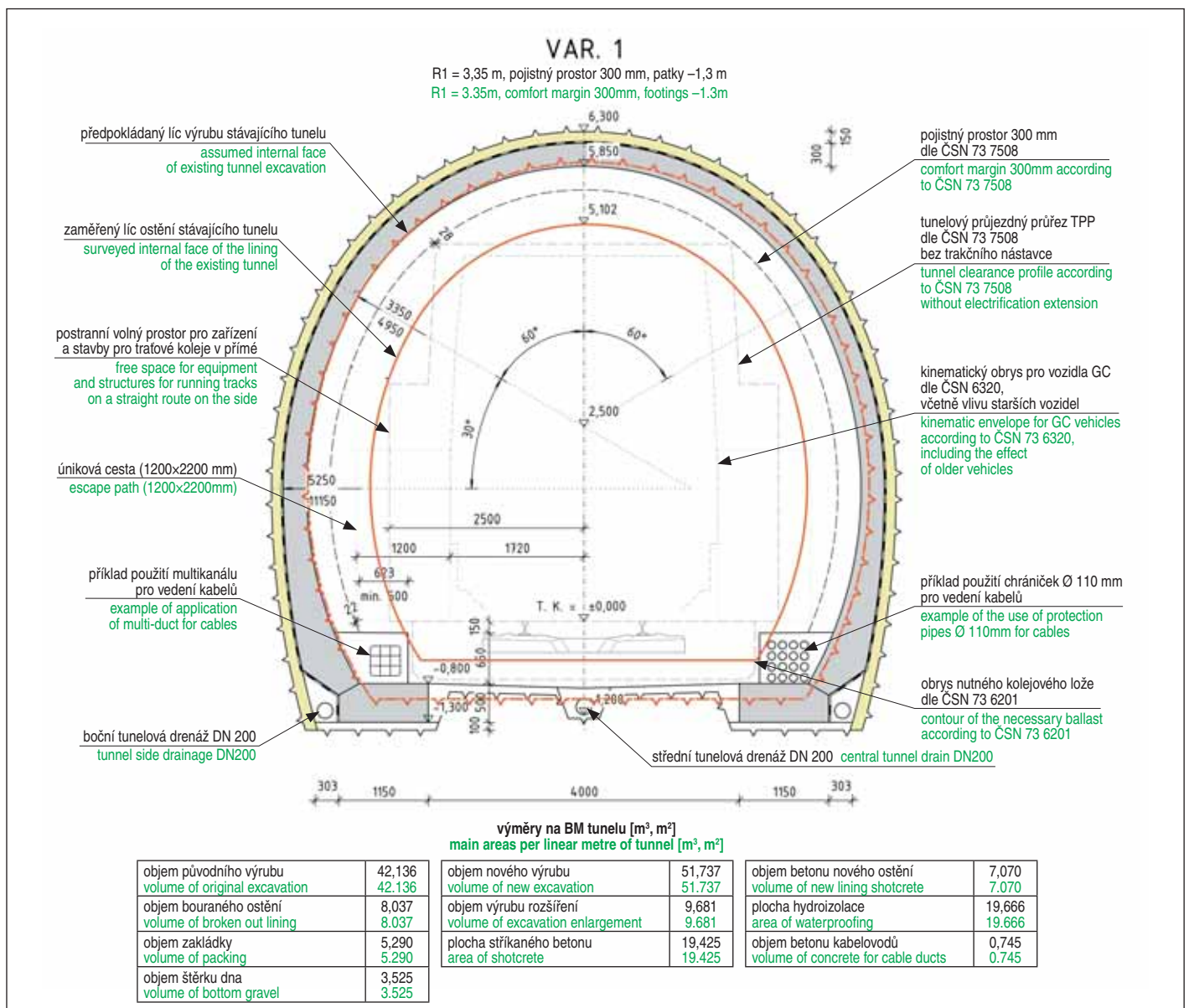
Rozšíření tunelu pro variantu s trakčním nástavcem znamenalo zvětšení plochy výrubu z 42 m² na 63 m², tj. o 21 m² a zvýšení stávajícího líce výrubu ve vrcholu klenby o 1,15 m (obr. 8). V celé délce tunelu to znamená vytěžení 1 666 m³ horniny, zvýšení seismických účinků při rozpojování horniny pomocí trhacích prací a výrazný zásah do portálových svahů s ohledem na snížení výšky nadloží o požadované nadvýšení profilu tunelu. Tato varianta splňovala veškeré požadavky normy a nebylo tak nutné projednávat žádné výjimky.

V případě **varianty č. 1** je tvar příčného řezu navržen pro tunelový průjezdný průřez podle ČSN 73 7508 bez trakčního nástavce.

Tunnels. This standard requires a number of construction details and measures to be met in the case of a complete reconstruction, which would not be necessary in the case of a mere rehabilitation of the existing condition. One variant with a tunnel clearance profile with a traction extension and four variants without a traction extension were submitted for the assessment.

The enlargement of the tunnel cross-section for the variant with a traction extension meant an increase in the excavated cross-sectional area from 42m² to 63m², i.e. by 21m², and an increase in the height of the existing face of the excavation by 1.15m at the top of the vault (see Fig. 8). In the entire length of the tunnel, this means excavation of 1,666m³ of rock, increased seismic effects during rock breaking by blasting and significant intervention in the pre-portal slopes with regard to reducing the height of the overburden due to the required height of the tunnel profile. This variant met all the requirements of the standard and it was not necessary to discuss any exceptions.

In the case of **variant No. 1**, the cross-sectional shape is designed for a tunnel clearance profile according to ČSN 73 7508 without traction extension. In terms of the cross section arrangement, the tunnel has an optimal shape guaranteeing enough space for walkways and cable ducts. The standard width of the comfort margin is 300mm. Footings 0.5m high and 1.15m wide are located -0.8m below the top of rail at



Obr. 9 Vzorový příčný řez – varianta 1

Fig. 9 Typical cross-section – variant No. 1

Z hlediska dispozičního řešení příčného řezu má tunel optimální tvar, který zaručuje dostatek místa pro chodníky a kabelovody. Normová šířka pojistného prostoru je 300 mm. Patky výšky 0,5 m a šířky 1,15 m jsou umístěny -0,8 m pod TK ve vzdálenosti 2,0 m od osy koleje. Tunel je navržen s bočními tunelovými drenážemi a dešťníkovým hydroizolačním systémem. Odvedení vody z pláně je zajištěno středovou tunelovou drenáží (obr. 9). Navržené technické řešení plně odpovídá požadavkům ČSN 73 7508 a platným předpisům.

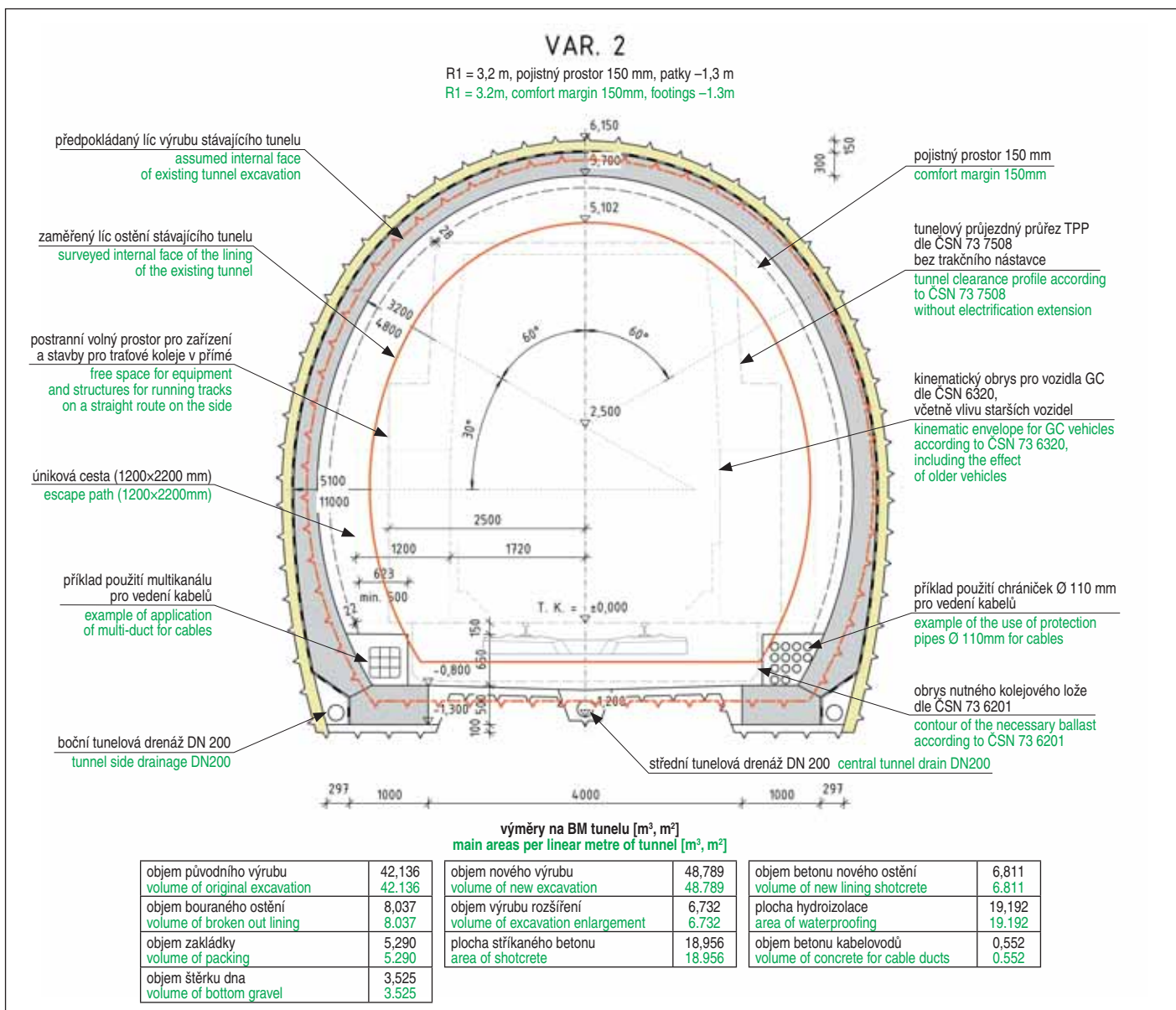
Varianta č. 2 je modifikací varianty č. 1 s použitím šířky pojistného prostoru 150 mm. Tvar dna výrubu pod kolejí je stejný jako u var. 1, šířku patky je možné vzhledem ke zmenšení pojistného prostoru zmenšit na 1,0 m vlivem posunutí líce ostění k ose tunelu o 150 mm (obr. 10). Úspora oproti variantě č. 1 na 1 bm tunelu je 0,25 m³ betonu sekundárního ostění a 2,95 m³ výrubu. Úspory je dosaženo za cenu výjimky z normy ČSN 73 7508 pro šířku pojistného prostoru. Všechny další požadavky norem a předpisů jsou zachovány.

Varianta č. 3 se snaží dosáhnout úspor zmenšením prostoru kabelovodů a tím snížením objemu výrubu v oblasti dna tunelu. Vychází z předpokládané úrovně dna stávajícího tunelu, kterou by bylo nutné u předchozích variant prohloubit. Spodní úroveň patek sekundárního ostění je zvednuta na úroveň -0,8 m pod TK (oproti

a distance of 2.0m from the track axis. The tunnel is designed with side tunnel drains and an umbrella waterproofing system. Removal of water from the track formation is ensured by a central tunnel drain (see Fig. 9). The proposed technical solution fully complies with the requirements of ČSN 73 7508 and valid regulations.

Variant No. 2 is a modification of variant No. 1 using the 150mm wide comfort margin. The shape of the bottom of the excavation under the track is the same as that in variant 1, the width of the footing can be reduced to 1.0m with respect to the reduction of the comfort margin due to shifting of the face of the lining to the tunnel axis by 150mm (see Fig. 10). Savings compared to variant No. 1 per 1 linear metre of tunnel is 0.25m³ of secondary lining concrete and 2.95m³ of the excavation. The savings are achieved at the cost of an exemption from the ČSN 73 7508 standard for the width of the comfort margin. All other requirements of standards and regulations are maintained.

Variant No. 3 tries to achieve savings by reducing the space for cable ducts and thus reducing the volume of excavation in the area of the tunnel bottom. It is based on the assumed level of the bottom of the existing tunnel, which would need to be deepened in previous variants. The bottom of the footings of the secondary lining is raised to the level of -0.8m below the top of rail (compared to variants 1



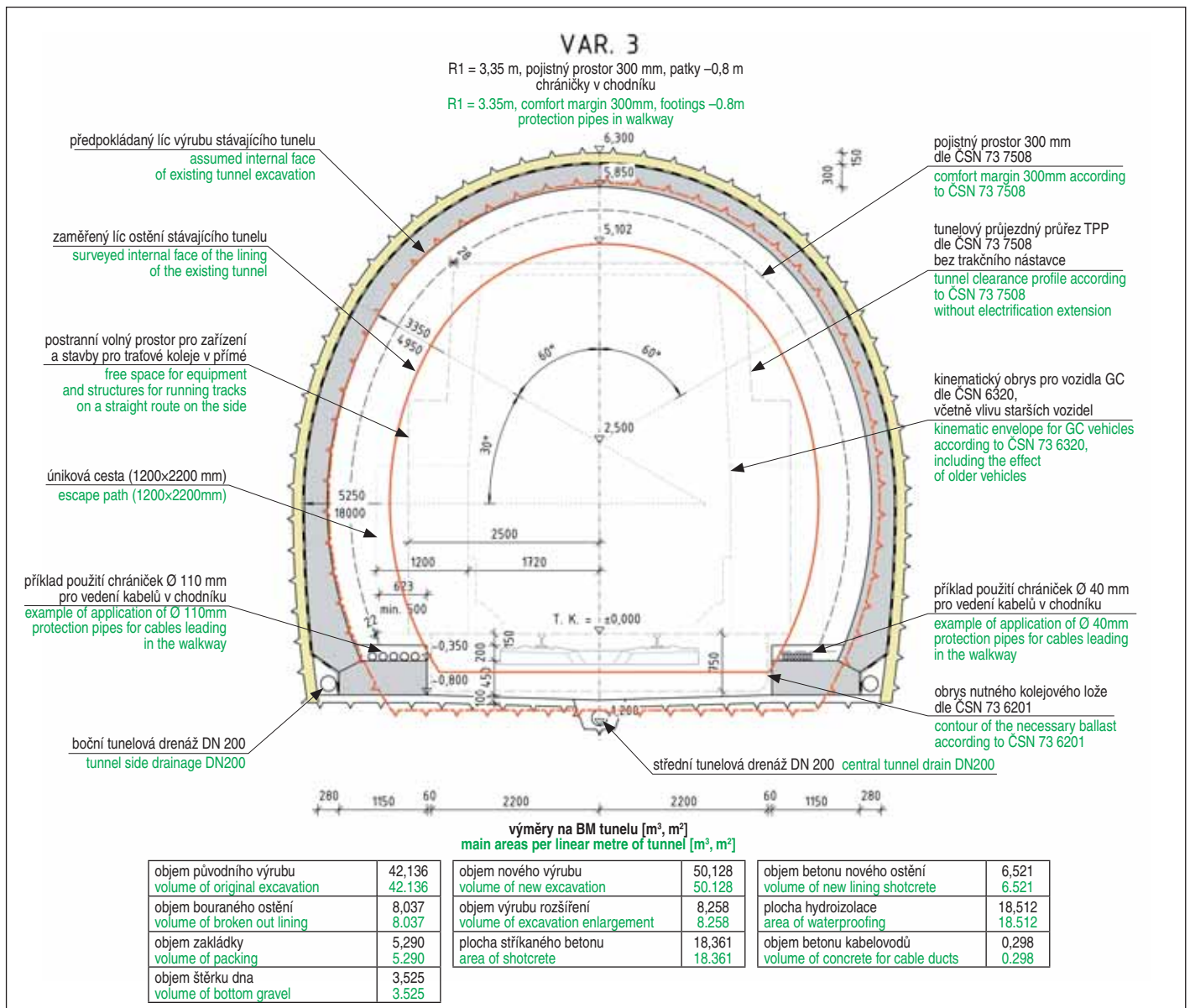
Obr. 10 Vzorový příčný řez – varianta 2
 Fig. 10 Typical cross-section – variant No. 2

var. 1 a 2, které jsou $-1,3$ m pod TK), tj. na úroveň pláně pod obrysem nutného šטרkové lože. Výška patky je zmenšena na 450 mm, aby bylo možné umístit chráničky na patky pod chodník. Pro ně je na obetonování ponechána vrstva chodníku pouze 200 mm, tj. např. jedna řada chrániček DN 110 mm (vlevo) nebo 2 řady chrániček DN 40 mm (vpravo), což je patrné z příčného řezu na obr. 11. Poloha kabelových šachet je možná pouze v místě záchranných výklenků, kde lze patku tunelu přerušit a vzniklý prostor využít pro umístění kabelové šachty. Normová šířka pojistného prostoru je 300 mm. Technické řešení je v souladu s požadavky ČSN 73 7508 a dalších předpisů. Návrh vyžaduje prověření dostatečné kapacity kabelovodů s ohledem na omezený prostor pro vedení chrániček nad patkou ostění, a to i s ohledem na jejich budoucí využití.

Varianta č. 4 je modifikací varianty č. 3 se zmenšenou šířkou pojistného prostoru na 150 mm. Oproti variantě č. 3 dochází vlivem zmenšení pojistného prostoru na 150 mm a snížení výšky patek sekundárního ostění k úspoře 3 m^3 výrubu na 1 bm tunelu (obr. 12). Technické řešení vyžaduje nejen prověření dostatečné kapacity kabelovodů s ohledem na omezený prostor pro vedení chrániček nad patkou ostění, ale zejména výjimku z normy ČSN 73 7508 pro

and 2, which are -1.3 m below the top of rail), i.e. to the level of the track formation below the contour of the required ballast. The height of the footing is reduced to 450 mm in order to allow for placing protection pipes on the footings under the walkway. For them, a layer only 200 mm thick is left for concrete backfill, for example for one row of DN110 mm protection pipes (left side) or 2 rows of DN40 mm protection pipes (right side). They can be seen from the cross-section in Fig. 11. The placement of the cable manholes is possible only in the rescue recesses, where the tunnel footing can be interrupted and the space created in this way can be used for placing a cable manhole. The standard width of the comfort margin is 300 mm. The technical solution is in accordance with the requirements of ČSN 73 7508 and other regulations. The design requires verification of the sufficient capacity of cable ducts with regard to the limited space for placing the protection pipes above the footing of the lining, even with regard to their future use.

Variant No. 4 is a modification of variant No. 3 with the width of the comfort margin reduced to 150 mm. Compared to variant No. 3, due to the reduction of the comfort margin to 150 mm and the reduction of the height of the footings of the secondary lining, 3 m^3 of excavation per 1 linear metre of tunnel is saved (see Fig. 12). The technical solution requires not only the verification of the sufficient



Obr. 11 Vzorový příčný řez – varianta 3

Fig. 11 Typical cross-section – variant No. 3

šířku pojistného prostoru. Všechny další požadavky norem a předpisů jsou splněny.

Pro každou z variant byl za zjednodušujících předpokladů o poloze rubu stávající obezdívky, předpokládaného povrchu výrubu a tvaru dna tunelu proveden výpočet základních ploch a objemů, které výrazným způsobem ovlivňují výši investičních nákladů. Výsledky jsou přehledně uspořádané do následujících tabulek. V tab. 3 jsou uvedeny hlavní výměry na běžný metr tunelu.

Pro procentuální vyhodnocení variant po jednotlivých položkách byla jako základní zvolena varianta č. 1. Jednotlivé položky ostatních variant jsou pak vyjádřeny jako procento ze základní varianty, která má v hodnocení 100 %. Výsledky hodnocení ukazuje tab. 4.

Dalším ukazatelem, podle kterého jsou jednotlivé varianty porovnávány, je procento plochy výrubu nutné pro rozšíření profilu tunelu na požadovanou velikost z celkové plochy výrubu tunelu po rozšíření. Výsledné hodnocení je uvedeno v tab. 5.

Všechny varianty zaručují vodonepropustnost ostění a životnost konstrukce odpovídající novostavbě tunelu, tj. ostění s nulovým průsakem a s životností nevyměnitelných konstrukcí tunelu 100 let. Pro zhodnocení všech aspektů byla pro záměr projektu jako optimální vybrána varianta č. 1. Varianta s trakčním nástavcem byla

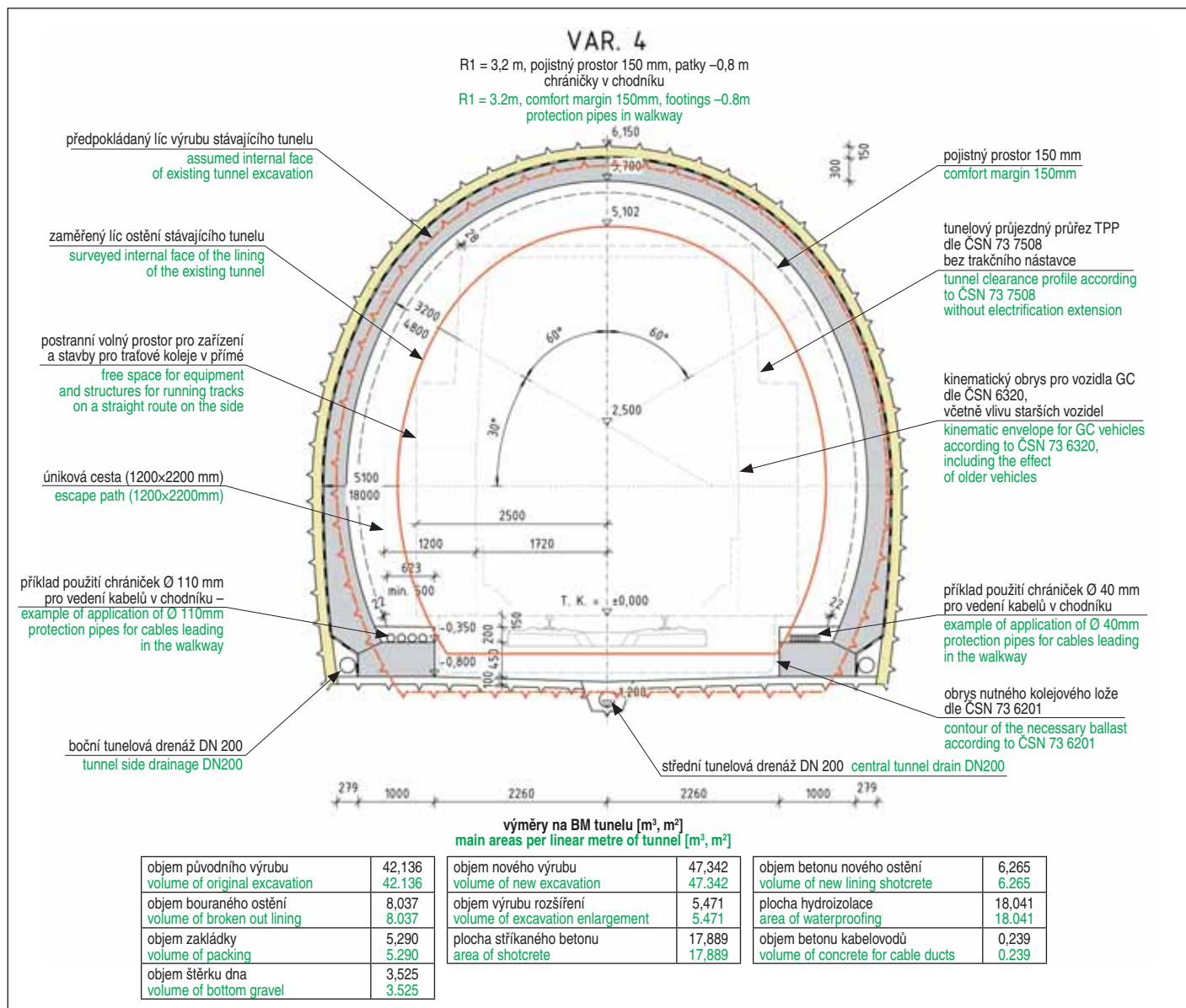
capacity of the cable ducts with regard to the limited space for placement of the protection pipes above the footing of the lining, but especially the exception from the ČSN 73 7508 standard for the width of the comfort margin. All other requirements of standards and regulations are fulfilled.

For each of the variants, the calculation of base areas and volumes was performed under simplifying assumptions about the position of the external side of the existing lining, the assumed excavation surface and the shape of the tunnel bottom. They significantly affect the amount of investment costs. The results are synoptically arranged in the following tables. Table 3 shows the main areas per linear metre of the tunnel.

For the percentage evaluation of variants item by item, variant No. 1 was chosen as the basic one. Individual items of other variants are then expressed as a percentage of the basic variant, which has a rating of 100%. The results of the evaluation are presented in Table 4.

Another indicator according to which the individual variants are compared is the percentage of the excavation cross-sectional area necessary for the enlargement of the tunnel profile to the required size from the total tunnel excavation area after the enlargement. The resultant evaluation is presented in Table 5.

All variants guarantee the waterproofing of the lining and the



Obr. 12 Vzorový příčný řez – varianta 4
 Fig. 12 Typical cross-section – variant No. 4

Tab. 3 Hlavní položky pro hodnocení variant na 1 bm tunelu

Položka	Jednotky	TPP trakční nástavec	TPP bez trakčního nástavce			
			var. č. 1	var. č. 2	var. č. 3	var. č. 4
Světlý výrub (nového tunelu)	[m ²]	62,880	51,737	48,789	50,128	47,342
Výrub pro rozšíření	[m ³ /bm]	20,743	9,681	6,732	8,258	5,471
Plocha SB primárního ostění	[m ² /bm]	21,315	19,425	18,956	18,361	17,889
Beton horní klenby	[m ³ /bm]	6,782	5,959	5,854	5,530	5,411
Beton patek	[m ³ /bm]	1,122	1,110	0,957	0,991	0,854
Beton celkem	[m ³ /bm]	7,904	7,070	6,811	6,521	6,265
Plocha izolace	[m ² /bm]	21,401	19,666	19,192	18,512	18,041

Tab. 4 Hodnocení položek procentuálním vyjádřením k variantě č. 1

Položka	TPP trakční nástavec	TPP bez trakčního nástavce			
		var. č. 1	var. č. 2	var. č. 3	var. č. 4
Světlý výrub (nového tunelu)	121,54%	100,00%	94,30%	96,89%	91,51%
Výrub pro rozšíření	214,27%		69,54%	85,30%	56,51%
Plocha SB primárního ostění	109,73%		97,59%	94,52%	92,09%
Beton horní klenby	113,81%		98,23%	92,80%	90,80%
Beton patek	101,02%		86,16%	89,24%	76,90%
Beton celkem	111,80%		96,34%	92,24%	88,62%
Plocha izolace	108,82%		97,59%	94,13%	91,74%

Tab. 5 Vyhodnocení z hlediska poměru plochy výrubu rozšíření k celkové ploše výrubu

Položka	TPP trakční nástavec	TPP bez trakčního nástavce			
		var. č. 1	var. č. 2	var. č. 3	var. č. 4
Výrub pro rozšíření	32,99%	18,71%	13,80%	16,47%	11,56%

z výběru vyloučena s ohledem na spíše teoretickou možnost elektrifikace tratě vzhledem k dalším umělým stavbám, které by bylo nutné rovněž výrazným způsobem konstrukčně měnit. Varianty se sníženým pojistným prostorem by měly omezenou možnost dodatečných vestaveb, což je vzhledem k normou požadované životnosti 100 let nepřijatelné. Stejně tak je malá kapacita kabelovodů bez rezerv ve vedení dalších kabelů limitující s ohledem na jejich budoucí využití a nemožnost jejich rozšíření bez zásahu do nosné konstrukce tunelu.

Po dohodě s objednatelem bylo v rámci rekonstrukce navrženo prodloužení tunelu z původních 82,5 m na 100 m. Odsun portálů od strmých a nestabilních portálových svahů, které musí být zajištěny kotvením a ocelovými sítěmi, sníží riziko pádu úlomků horniny na jízdní dráhu. Situaci charakteristickou pro oba portály je vidět na obr. 13.

NEJISTOTY, RIZIKA A JEJICH MINIMALIZACE

V případě návrhu novostavby tunelu představují základní nejistotu geotechnické podmínky, které jsou sice popsány na základě geotechnického průzkumu, vždy se však jedná do jisté míry o „bodové“ informace, které jsou interpre-

service life of the structure corresponding to the new tunnel structure, i.e. the lining with zero leakage and a service life of non-replaceable tunnel structures of 100 years. To evaluate all aspects, variant No. 1 was chosen as optimal for the project intention. The variant with a traction extension was excluded from the selection with regard to the rather theoretical possibility of electrifying the line with respect to other artificial structures, which would also have to be significantly structurally changed. Variants with reduced comfort margin would have a limited possibility of additional installations, which is unacceptable taking into consideration the service life of 100 years required by the standard. Likewise, the small capacity of cable ducts, without reserves for installation of other cables is limiting with respect to their future use and the impossibility of their expansion without interfering with the load-bearing structure of the tunnel.

Following an agreement with the project owner, an extension of the tunnel length from the original 82.5m to 100m was designed as part of the reconstruction.

Table 3 Main items for evaluation of variants per 1 linear metre of tunnel

Item	Units	Clearance profile traction extension	Clearance profile without traction extension			
			var. No. 1	var. No. 2	var. No. 3	var. No. 4
Clear excavation (of new tunnel)	[m ²]	62.880	51.737	48.789	50.128	47.342
Excavation for enlargement	[m ³ /lm]	20.743	9.681	6.732	8.258	5.471
Sprayed concrete area of primary lining	[m ² /lm]	21.315	19.425	18.956	18.361	17.889
Concrete of upper vault	[m ³ /lm]	6.782	5.959	5.854	5.530	5.411
Concrete of footings	[m ³ /lm]	1.122	1.110	0.957	0.991	0.854
Concrete total	[m ³ /lm]	7.904	7.070	6.811	6.521	6.265
Area of waterproofing	[m ² /lm]	21.401	19.666	19.192	18.512	18.041

Table 4 Evaluation of items by expression of percentage relative to variant No. 1

Item	Clearance profile traction extension	Clearance profile with traction extension			
		var. No. 1	var. No. 2	var. No. 3	var. No. 4
Clear excavation (new tunnel)	121.54%	100.00%	94.30%	96.89%	91.51%
Excavation for enlargement	214.27%		69.54%	85.30%	56.51%
Sprayed concrete area of primary lining	109.73%		97.59%	94.52%	92.09%
Concrete of upper vault	113.81%		98.23%	92.80%	90.80%
Concrete of footings	101.02%		86.16%	89.24%	76.90%
Concrete total	111.80%		96.34%	92.24%	88.62%
Area of waterproofing	108.82%		97.59%	94.13%	91.74%

Table 5 Evaluation from the aspect of proportion of cross-sectional area of excavation for the excavation enlargement to the total excavation area

Item	Clearance profile traction extension	Clearance profile without traction extension			
		var. No. 1	var. No. 2	var. No. 3	var. No. 4
Excavation for enlargement	32.99%	18.71%	13.80%	16.47%	11.56%



Obr. 13 Skalní zářez před portálem
Fig. 13 Rock cutting in front of the portal

rovány na celou trasu tunelu. Pokud není v případě rekonstrukce tunelu k dispozici projektová dokumentace a archivní materiály z doby výstavby, oblast nejistot se rozšiřuje. Při návrhu technického řešení Dolnolučanského tunelu se jednalo o následující nejistoty a s nimi spojená rizika:

1. Přesnost stanovení objemu výrubu nutného pro rozšíření tunelu do nového tvaru. Na přesnosti stanovení skutečného líce výrubu závisí přesnost stanovení množství vyrubané horniny, které je možné stanovit pouze za zjednodušujících předpokladů o poloze stávajícího povrchu výrubu. K objemu výrubu je při výpočtu zemních prací a dimenzování deponie nutné připočítat zatím neznámý objem zakládky za stávajícím ostěním a objem degradované horniny, která může po odstranění stávající obezdívky a zakládky vypadnout.
2. S nepřesnou polohou povrchu stávajícího výrubu souvisí i přesnost stanovení množství stříkaného betonu primárního ostění pro zajištění stability horninového masivu po odstranění stávající obezdívky a rozšíření profilu. Na množství stříkaného betonu primárního ostění má vliv i použitý hydroizolační systém. V případě použití hydroizolační fólie je nutné zajistit výrobcem fólie předepsaný požadovaný tvar a křivost povrchu primárního ostění. Do požadovaného tvaru je nutné stříkaným betonem vyplnit případné nadvýrubu. Jiná situace je v případě použití stříkané hydroizolační membrány, u které jsou tvar a křivost podkladu limitovány pouze přípustnými odchylkami od projektované tloušťky sekundárního ostění. Je však nutné zajistit podmínky pro její nástřik, tj. relativně suché prostředí a ideálně nástřik jemnozrnné stříkané vrstvy pro snížení spotřeby materiálu.
3. Skutečný tvar primárního ostění (tj. obvod zajištěného výrubu) má vliv na množství hydroizolačního materiálu. Pokud není znám tvar líce výrubu, je obtížné přesně stanovit i celkovou plochu hydroizolace a s ní spojené náklady na realizaci.

The shifting of portals from steep and unstable portal slopes, which must be stabilised by anchoring and steel nets, will reduce the risk of rock fragments falling onto the track. The situation characteristic of both portals can be seen in Fig. 13.

UNCERTAINTIES, RISKS AND THEIR MINIMISATION

In the case of the new tunnel design, the basic uncertainty is represented by geotechnical conditions, which are described on the basis of geotechnical investigation, but it is always to some extent “point” information which is interpreted for the entire tunnel route. If design documents and archival materials from the construction period are not available in the case of this tunnel reconstruction, the area of uncertainty expands. When designing the technical solution for the Lučany nad Nisou tunnel, the following uncertainties and the risks associated with them were involved:

1. Accuracy of determining the volume of excavation necessary for the enlargement of the tunnel into a new shape. The accuracy of the determination of the amount of excavated rock, which can only be determined under simplifying assumptions about the position of the existing excavation surface, depends on the accuracy of the determination of the actual face of the excavated cross-section. When calculating earthworks and dimensioning the muck stockpile, it is necessary to add to the, for the time being unknown, volume of packing behind the existing lining and the volume of the degraded rock which may fall out after removing the existing lining and the packing.
2. The inaccurate position of the surface of the existing excavation is also related to the accuracy of determining the amount of the primary lining shotcrete required for ensuring the stability of the rock mass after removing the existing lining and enlarging the profile. The amount of the primary lining shotcrete is also affected by the waterproofing system used. In the case of using a waterproofing membrane, it is necessary to ensure the required shape and flatness of the primary lining surface required by the membrane manufacturer and regulations. It is necessary to fill possible overbreaks with shotcrete to achieve the required shape. Another situation is in the case of using a spray-on waterproofing membrane, where the shape and flatness of the substrate is limited only by permissible deviations from the designed thickness of the secondary lining. However, it is necessary to ensure the conditions for the application, i.e. a relatively dry environment and ideally spraying a fine-grained layer to reduce material consumption.
3. The actual shape of the primary lining (i.e. the circumference of the supported excavation) affects the amount of waterproofing material. If the shape of the surface of the excavation is not known, it is difficult to determine exactly the total area of the waterproofing and the associated installation costs.
4. The uncertain shape of the primary lining negatively affects the calculation of the volume of in-situ concrete of the secondary lining. If the secondary lining concrete is cast behind a traveller

4. Nejistý tvar primárního ostění negativně ovlivňuje výpočet objemu monolitického betonu sekundárního ostění. Pokud je sekundární ostění betonováno do pojízdného bednění, je jeho líc pevně dán a objem betonu mezi lícem primárního ostění a lícem bednění opět závisí na poloze líce primárního ostění. V případě Dolnolučanského tunelu je mocnost zakládky a tvar výrubu velkou neznámou a mohou být ověřeny až po odstranění stávající obezdívky, nebo případně stavebnětechnickým průzkumem v dalších stupních projektové dokumentace.

Pro minimalizaci výše uvedených rizik byla při návrhu technického řešení učiněna následující rozhodnutí.

- Pro další stupeň projektové dokumentace bylo doporučeno provedení stavebnětechnického průzkumu pro ověření tvaru výrubu ve větším rozsahu, než předpokládala zadávací dokumentace (pouze 6 ks průzkumných vrtů přes ostění na celou délku tunelu).
- Bylo doporučeno použití stříkané hydroizolační membrány, což omezí objem stříkaného betonu primárního ostění na staticky a konstrukčně nezbytné minimum.
- Dimenzování sekundárního ostění bude provedeno až po stanovení jeho skutečné tloušťky, která je daná skutečnou polohou líce primárního ostění. Bude případně použito nevyztužené sekundární ostění.
- Doporučuje se zvážit možnost použití bednění s rektifikovatelnou polohou pláště, aby bylo možné stanovit nezbytně nutnou tloušťku sekundárního ostění a světlý profil tunelu tím případně zvětšit.

ZÁVĚR

Návrh technického řešení rekonstrukce Dolnolučanského tunelu si vyžádal posouzení celé řady variant. Navržené varianty zohledňovaly dostupné podklady, definovaly nejistoty spojené s úrovní znalostí o stávajícím konstrukčním řešení tunelu a horninovém masivu. Bylo nutné posoudit rizika vyplývající z uvedených nejistot a navrhnout takový způsob rekonstrukce, který by zjištěná rizika ovlivnila jen minimálně. Navržené technické řešení, které bylo předloženo jako záměr projektu, splňuje všechna kritéria požadovaná objednatelům v zadávací dokumentaci. Obnovuje hydroizolační i drenážní systém tunelu, umožňuje vedení kapacitních kabelovodů, zajišťuje bezpečnost zaměstnanců správce tunelu vytvořením záchranných výklenků, umožňujících úkryt při kontrole tunelu za provozu, a zvyšuje životnost tunelu na 100 let. Zároveň respektuje požadavky na ochranu přírody a krajiny. Pokud bude navržená koncepce rekonstrukce Dolnolučanského tunelu schválena, bude možné v příštích číslech časopisu *TUNEL* informovat o dalším vývoji projektu, a hlavně o realizaci tohoto technicky zajímavého projektu. Pro Správu železnic, s.o. projekt zpracovává firma SAGASTA s.r.o.

Ing. LIBOR MAŘÍK,

libor.marik@sagasta.cz, SAGASTA s.r.o.

Recenzoval *Reviewed: prof. Ing. Jiří Barták, Dr.Sc.*

formwork, its face is fixed and the volume of concrete between the face of the primary lining and the face of the formwork again depends on the position of the face of the primary lining. In the case of the Lučany nad Nisou tunnel, the thickness of the packing and the shape of the excavation are largely unknown and can be verified only after the removal of the existing lining, or possibly by a structural survey in the next stages of the design documentation.

To minimize the above risks, the following decisions were made when designing the technical solution.

- For the next stage of the design documentation, it was recommended to carry out a structural survey to verify the shape of the excavation to a greater extent than anticipated in the tender documents (only 6 exploratory boreholes through the lining for the entire length of the tunnel).
- The use of sprayed-on waterproofing membrane was recommended, which will limit the volume of the primary lining shotcrete to the statically and structurally necessary minimum.
- The dimensioning of the secondary lining will be carried out only after determining its actual thickness, which is given by the actual position of the internal surface of the primary lining. Optionally, unreinforced secondary lining will be used.
- It is recommended to consider the possibility of using formwork with a rectifiable position of the jacket, in order to be able to determine the necessary thickness of the secondary lining and, if necessary, to increase the clear profile of the tunnel.

CONCLUSION

The design of the technical solution for the reconstruction of the Lučany nad Nisou tunnel required the assessment of a number of variants. The proposed variants took into account the data available, defined the uncertainties associated with the level of knowledge about the current structural design of the tunnel and the rock mass. It was necessary to assess the risks arising from these uncertainties and to design a method of reconstruction that would affect the identified risks only minimally. The proposed technical solution which was submitted as the project intention meets all the criteria required by the project owner in the tender documents. It renews the waterproofing and drainage system of the tunnel, enables the placement of high-capacity cable ducts, ensures the safety of the tunnel operator's employees by creating rescue recesses providing shelter when inspecting the tunnel during operation, and extends the lifetime of the tunnel to 100 years. At the same time, it respects the requirements for nature and landscape protection. If the proposed concept of the reconstruction of the Lučany nad Nisou tunnel is approved, it will be possible to inform in the next issues of the *TUNEL* journal about the further development of the design, and especially about the work on this technically interesting project. The project is being prepared by SAGASTA s.r.o. for the Railway Administration.

Ing. LIBOR MAŘÍK,

libor.marik@sagasta.cz, SAGASTA s.r.o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] *Stavebněgeologické posouzení Dolnolučanského tunelu a přilehlých předzářezů na trati Liberec – Tanvald*. Brno, GEOTest, 06/1989
- [2] HORÁK, V., MATĚJČEK, J., LACINA, J. *Sanace tunelů*. Metodická příručka pro přípravu sanací tunelů. Výzkumný projekt VaV – TAČR, TA03030851 Sanace tunelů – technologie, materiály a metodické postupy. Brno, AMBERG Engineering, a.s. 03/2016
- [3] Sachstandbericht 2011 „Sanierung von Eisenbahntunneln“. STUVA-Arbeitskreis „Tunnelsanierung“. Sonderausgabe TUNNEL, Bauverlag BV GmbH, Gütersloh/D. 2011

PROJEKT A REALIZACE ZVĚROTICKÉHO TUNELU DESIGN AND CONSTRUCTION OF ZVĚROTICKÝ TUNNEL

LIBOR MAŘÍK

ABSTRAKT

Dvoukolejný železniční tunel Zvěrotice délky 370 m je v pořadí devátým tunelem na IV. tranzitním železničním koridoru v úseku mezi Prahou a Českými Budějovicemi. Nachází se na traťovém úseku Soběslav – Doubí u Tábora v poměrně úzkém pruhu území mezi provozovanou dálnicí D3 a městem Soběslav. Tunel je navržen a realizován jako hloubený v otevřené stavební jámě. Geotechnické podmínky jsou i při malé délce tunelu velmi pestré, horninový masiv tvoří jak pevné poloskalní horniny, tak jejich eluvium charakteru zemin. Snad právě proto byla pro výstavbu v zadávací dokumentaci doporučena observační metoda, která bývá používána spíše v ražených tunelech. Text popisuje etapu zpracování realizační dokumentace a aplikaci observační metody při návrhu geotechnických konstrukcí a výstavbě tunelu.

ABSTRACT

The 370m long Zvěrotice double-track railway tunnel is the ninth tunnel on the IV. transit railway corridor in the section between Prague and České Budějovice. It is located on the Soběslav – Doubí u Tábora line section in a relatively narrow strip of land between the D3 operated motorway and the town of Soběslav. The tunnel is designed and implemented as an excavation in an open construction pit. Geotechnical conditions are very varied even with a small length of the tunnel, the rock mass consists of both solid, and disturbed rocks and their eluvium in the character of soils. Perhaps that is why the observation method, which is used more in excavated tunnels, was recommended for construction in the tender documentation. The text describes the stage of processing the implementation documentation and the application of the observation method in the design of geotechnical structures and the construction of the tunnel.

ÚVOD

Tunel Zvěrotice je jedním ze tří právě prováděných železničních tunelů nejen na IV. železničním koridoru, ale i na celém území České republiky. Tunel je součástí stavby „Modernizace trati Veselí nad Lužnicí – Tábor – II. část, úsek Veselí nad Lužnicí – Doubí u Tábora, 2. etapa Soběslav – Doubí“. Traťový usek je veden z velké části v nové stopě podél dopravního koridoru dálnice D3. Přeložka má délku 8,8 km a po dokončení dojde ke zrychlení doby jízdy u rychlíkových spojů o 8 minut. Projekt byl původně navržen na rychlost 160 km/h, v průběhu výstavby došlo po úpravě technického řešení ke zvýšení rychlosti pro naklápečící vlakové soupravy až na 200 km/h, pro standardní vlakové soupravy na 185 km/h. Předpokládaná doba výstavby je od září 2019 do května 2023. Zahájení provozu je plánováno v listopadu 2022.

Stavbu tunelu provádí firma HOCHTIEF CZ, a.s. pro sdružení firem STRABAG RAIL a.s., EUROVIA CS, a.s. a Metrostav a.s. Geotechnický monitoring zajišťuje firma GeoTec-GS, a.s. Investorem stavby je Správa železnic, s.o. Autorem realizační dokumentace je firma SAGASTA s.r.o.

GEOLOGICKÉ POMĚRY A JEJICH VYHODNOCENÍ

Před zahájením projekčních prací na realizační dokumentaci měl projektant k dispozici výsledky geotechnického průzkumu, který velmi podrobně zpracovala firma GeoTec-GS a.s. v roce 2011. V délce tunelu 370 m bylo k dispozici celkem 15 jádrových vrtů. V rámci předběžného geotechnického průzkumu byly realizované čtyři vrty do hloubky 8 m až 12 m. Následně výsledky předběžného průzkumu upřesnil podrobný geotechnický průzkum, který informace o horninovém masivu doplnil výsledky dalších 11 vrtů, jejichž hloubka se pohybovala od 17 m do 26 m. Dno stavební jámy dosahuje hloubky 11 m až 14 m pod terénem. Kombinace vrtného a geofyzikálního průzkumu a jejich interpretace poskytovala spolu s výsledky laboratorních a presiomrických zkoušek poměrně přesné informace o horninovém masivu a jeho geotechnických parametrech.

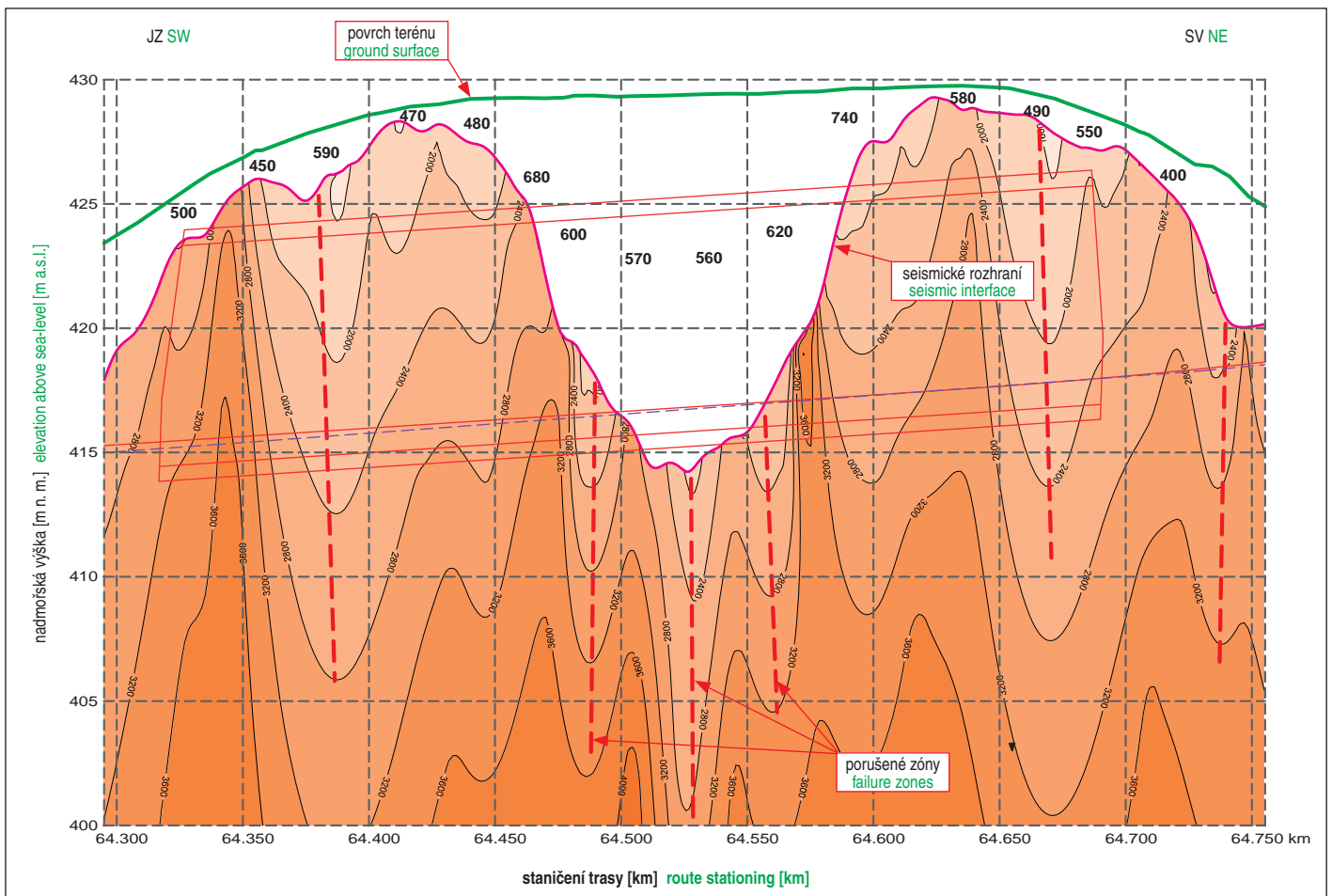
INTRODUCTION

The Zvěrotice tunnel is one of the three railway tunnels currently being built not only on the IV. Railway corridor, but throughout the Czech Republic. The tunnel is part of the project “Modernization of the line Veselí nad Lužnicí – Tábor – II. Part, section Veselí nad Lužnicí – Doubí u Tábora, 2nd stage Soběslav – Doubí”. The line section is largely run on a new track along the traffic corridor of the D3 motorway. The relocated line is 8.8km long and after completion, the speed of the expressway will be accelerated by 8 minutes. The project was originally designed for a speed of 160km/h, during the construction, after the modification of the technical solution, the speed for tilting trainsets was increased to 200km/h, for standard trainsets to 185km/h. The estimated construction period is from September 2019 to May 2023. The start of operation is planned for November 2022.

The tunnel is built by HOCHTIEF CZ, a. s. for the joint venture of companies STRABAG RAIL a.s., EUROVIA CS, a.s. and Metrostav a.s. Geotechnical monitoring is provided by GeoTec-GS, a.s. The investor of the construction is the Railway Administration, State Authority. The author of the implementation documentation is the company SAGASTA s.r.o.

GEOLOGICAL CONDITIONS AND THEIR EVALUATION

Prior to the commencement of the design work on the implementation documentation, the designer had at his disposal the results of a geotechnical investigation, which was prepared in great detail by the company GeoTec-GS a.s. in 2011. A total of 15 core drillholes were available along the length of 370m of the tunnel. As part of the preliminary geotechnical investigation, four boreholes were drilled to a depth of 8m to 12m up to 26m. The bottom of the construction pit reaches a depth of 11m to 14m below the ground. The combination of drilling and geophysical investigation and their interpretation, together with the results of laboratory and



zdroj GeoTec-GS, a.s. source GeoTec-GS, a.s.

Obr. 1 Výsledky geofyzikálního průzkumu – podélný řez
Fig. 1 Results of geophysical investigation – longitudinal section

Mocnost kvartérního pokryvu v zájmovém území kolísá od 0,3 m do 1,1 m a tvoří ho především deluviofluviální zeminy charakteru jílovitých písků až jílu. Na bázi kvartérního pokryvu se vyskytují pararuly moldanubika, které místy obsahují čočky a vložky žilných hornin. Horniny jsou velmi zvětralé fosilním zvětráním, které je charakteristické nepravidelným průběhem i hloubkou zvětrání. Ve střední části tunelu zvětrání zasahuje do poměrně velkých hloubek. V oblasti u obou portálů se mělce pod povrchem vyskytují horniny jen slabě zvětralé nebo navětralé. Prognózu geotechnických podmínek potvrzenou při realizaci vystihuje podélný řez na obr. 1. Nerovnoměrné zvětrání je do jisté míry podmíněno i tektonickým porušením horninového masivu.

Tab. 1 Geotechnické charakteristiky hornin podle výsledků geotechnického průzkumu

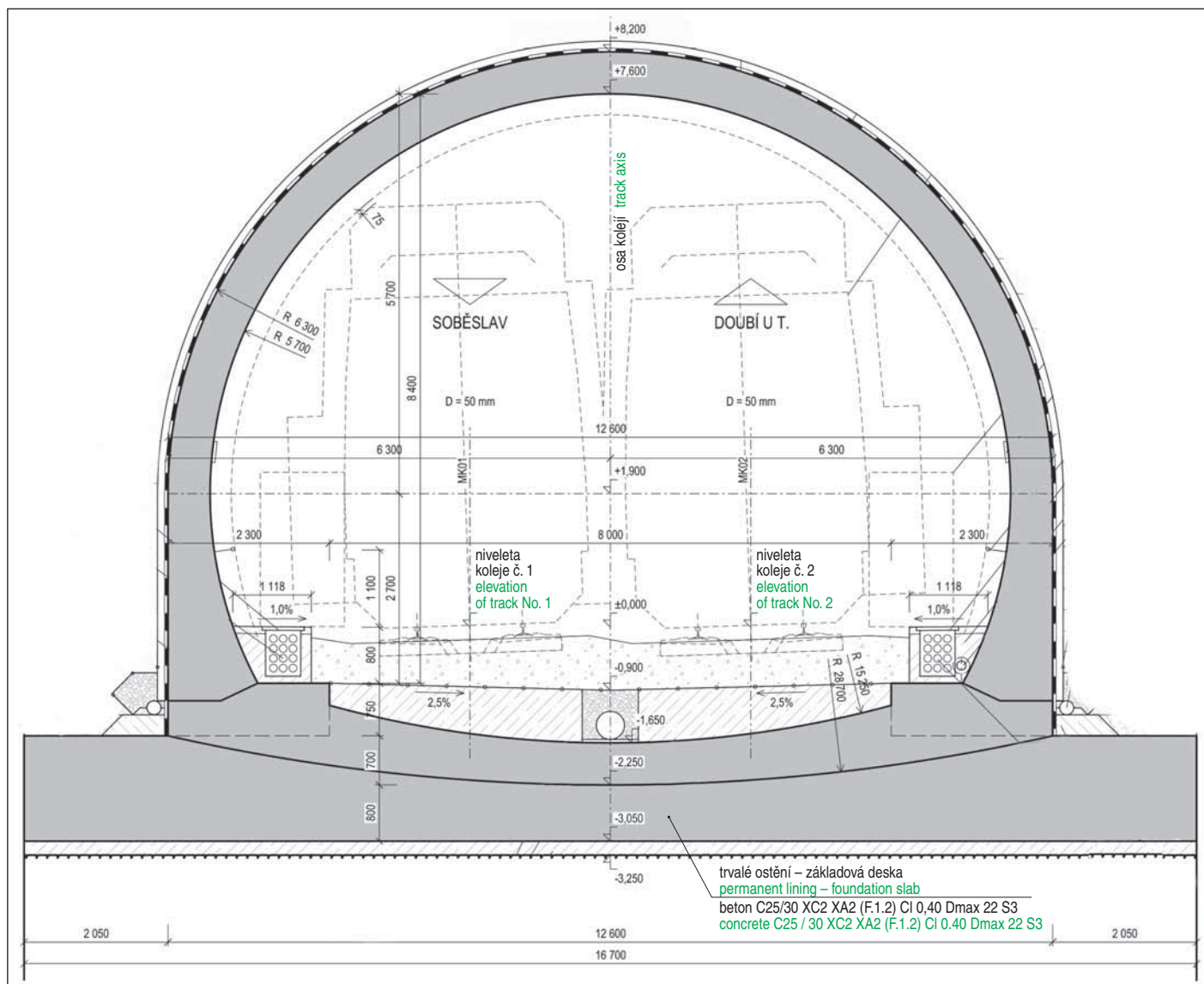
Geotechnické charakteristiky – horniny			
Geotechnický typ	H1	H2	H3
Geneze hornin	proterozoikum (pararuly, vložky křemene, erlanů, apod.)		
Třídy hornin podle ČSN 73 1001 (již neplatná)	R5	R4 (R4–R3)	R3 (R3–R2)
Střední hustota diskontinuit	extrémně velká	velmi velká	velká až velmi velká (střední)
Stupeň zvětrání	silně zvětralé	mírně zvětralé	navětralé (popř. až zdravé)

presiometric tests, provided relatively accurate information about the rock massif and its geotechnical parameters.

The thickness of the Quaternary cover in the area of interest varies from 0.3m to 1.1m and consists mainly of deluviofluvial soils of the character of clayey sands to clays. Below the base of a quaternary cover, moldanubic pararules occur, which in some places contain lenses and vein rock inserts. The rocks are very weathered by fossil weathering, which is characterized by an irregular course and depth of weathering. In the middle part of the tunnel, the weathering extends to relatively large depths. In the area near both portals, only slightly weathered or weathered rocks occur shallowly below the surface. The prognosis of geotechnical

Table 1 Geotechnical characteristics of rocks according to the results of geotechnical investigation

Geotechnical characteristics – rocks			
Geotechnical type	H1	H2	H3
Genesis of rocks	Proterozoic (pararules, quartz inserts, erlans, etc.)		
Rock classes according to ČSN 73 1001 (no longer valid)	R5	R4 (R4–R3)	R3 (R3–R2)
Medium density discontinuity	extremely large	very large	large to very large (medium)
Degree of weathering	heavily weathered	moderately weathered	slightly weathered (or even sound)



Obr. 2 Vzorový příčný řez se spodní klenbou a základovou deskou
 Fig. 2 Standard cross section with invert vault and base plate

Zeminy a skalní horniny zájmového území byly v rámci průřezu zatříděny podle charakteristických geotechnických vlastností na geotechnické typy. Zeminy byly zařazeny do šesti geotechnických typů, horniny pak do tří geotechnických typů. Pro návrh technického řešení a stanovení kritérií pro použití jednotlivých typů konstrukcí pro zajištění stability stavební jámy byly rozhodující geotechnické typy hornin. Jejich základní charakteristiky uvádí tab. 1. Jednotlivým geotechnickým typům odpovídaly podle výsledků průřezu geotechnické parametry, které byly použity ve výpočtech.

TECHNICKÉ ŘEŠENÍ PODLE ZADÁVACÍ DOKUMENTACE

Projektant zadávací dokumentace na základě dostupných informací o horninovém masivu navrhl technické řešení hlouběného dvoukolejného tunelu s klenbovou železobetonovou konstrukcí ostění tloušťky min. 600 mm. Ostění bylo v závislosti na geotechnických podmínkách uloženo buď na základových pásech, nebo ve střední části tunelu na spodní klenbě o minimální tloušťce rovněž 600 mm. V nejtěžších geotechnických podmínkách byla pod touto spodní klenbou navržena ještě železobetonová deska tloušťky až 1,5 m, která půdorysný rozměr tunelu přesahovala na každou

stranu. Podmínky potvrzené během realizace je popsáno v podélném řezu v Obr. 1. Nejednotné poškození je do určité míry podmíněno tektonickým selháním masivu.

TECHNICAL SOLUTION ACCORDING TO TENDER DOCUMENTATION

Based on the available information on the rock mass, the designer of the tender documentation proposed a technical solution for an excavated double-track tunnel with an arched reinforced concrete lining thickness of min. 600mm. Depending on the geotechnical conditions, the lining was laid either on the foundation strips or in the middle part of the tunnel on the invert vault with a minimum thickness of 600mm as well. In the most difficult geotechnical conditions, a reinforced concrete slab up to 1.5m thick was designed under this lower vault, which exceeded the floor plan dimension of the tunnel by 2m on each side (Fig. 2). The length of the concreting block of 10m was designed to be uniform for the entire length of the tunnel. The waterproofing was designed of the umbrella type with flame-fused asphalt strips.

The support ensuring the stability of the construction pit, the depth of which reaches 14m at the deepest point, corresponded to

stranu o 2 m (obr. 2). Délka bloku betonáže 10 m byla navržena jednotná pro celou délku tunelu. Hydroizolace byla navržena dešť-níkového typu s natavovanými asfaltovými pásy.

Předpokládaným geotechnickým podmínkám odpovídalo zajištění stability stavební jámy, jejíž hloubka v nejhlubším místě dosahuje 14 m. V oblasti obou portálů, v dobrých geotechnických podmínkách, byla stavební jáma navržena jako svahovaná, ve špatných geotechnických podmínkách, ve střední části tunelu, zajišťovala boky stavební jámy kotvená pilotová stěna s jednotnou hloubkou pilot 20 m. U vjezdového portálu byla svahovaná stavební jáma navržena v délce 130 m, u výjezdového portálu v délce jen 40 m. Zbývající délku stavební jámy 200 m zajišťovaly kotvené podzemní stěny.

Tunel byl mezi pilotovými stěnami navržen v celé délce se spodní klenbou, přičemž železobetonová deska pod spodní klenbou byla navržena v úseku délky 160 m. Pilotové stěny byly vlevo ve směru staničení kotveny ve čtyřech výškových úrovních, vpravo ve třech úrovních. Železobetonové převázky lanových kotev proto nebyly navrženy ve stejných výškových úrovních.

I když zadávací dokumentace poskytovala kompletní projekt tunelu v podrobnosti realizační dokumentace, zvláštní technické a kvalitativní podmínky požadovaly při návrhu zajištění stavebních jam a konstrukčního řešení tunelu aplikaci principů observační metody na základě skutečně zastížených geotechnických podmínek. To vyžadovalo při zpracování realizační dokumentace náročnou přípravu jak z hlediska předpokládaných variant technického řešení, tak nastavení okrajových podmínek, za kterých bylo technické řešení konkrétní varianty navrženo a za kterých mohlo být při realizaci použito.

OPTIMALIZACE TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ

Realizační dokumentace, na rozdíl od zadávací dokumentace, musí být projektována pro konkrétní materiály a výrobky v souladu s pracovními postupy zhotovitele stavby.

Optimalizace technického řešení v průběhu zpracování realizační dokumentace měla dva cíle, které se v mnohém doplňovaly. Jednalo se o optimalizaci stavebních postupů s cílem minimalizace rizik při provádění a optimalizaci technického řešení, a to s cílem zlepšení užitných vlastností navrženého díla, zvýšení životnosti konstrukce a zlepšení údržby tunelu za provozu.

V první fázi byla prověřena šířka stavební jámy mezi pilotovými stěnami s ohledem na dostatečný prostor pro vnější bednění tunelového ostění, provádění hydroizolací a zásypů hloubené konstrukce tunelu. Po posouzení všech geometrických vztahů bylo konstatováno,



Obr. 3 Bednění vůz mezi pilotami – vzdálenost k pilotové stěně
Fig. 3 Formwork gantry between pilots – distance to the pile wall

the assumed geotechnical conditions. In the area of both portals, in good geotechnical conditions, the construction pit was designed as sloped, in poor geotechnical conditions, in the middle part of the tunnel, the sides of the construction pit were secured by an anchored pile wall with a uniform pile depth of 20m. The sloped construction pit was designed in the length of 130m in the entrance portal, in the exit portal only 40m in length.

The tunnel between the pile walls was designed along its entire length with a invert vault, while the reinforced concrete slab under the invert vault was designed in the 160m long section. Therefore, the reinforced concrete walers of the cable anchors were not designed at the same height levels.

Although the tender documentation provided the complete tunnel design in the details of the implementation documentation, the special technical and qualitative conditions required for the design of the construction pits and tunnel design the application of the principles of the observation method based on the geotechnical conditions actually encountered. This required demanding preparation during the elaboration of the implementation documentation both in terms of the anticipated variants of the technical solution and the setting of the boundary conditions under which the technical solution of a particular variant was designed and under which it could be used in the implementation.

OPTIMIZATION OF TECHNICAL SOLUTION

Implementation documentation, unlike the tender documentation, must be designed for specific materials and products in accordance with the work procedures of the construction contractor.

The optimization of the technical solution during the elaboration of the implementation documentation had two goals, which complemented each other in many ways. It was the optimization of construction procedures in order to minimize the risks in the implementation and optimization of the technical solution, with the aim of improving the serviceability properties of the designed work, increasing the service life of the structure and improving the maintenance of the tunnel during operation.

In the first phase, the width of the construction pit between the pile walls was examined with regard to sufficient space for the external formwork of the tunnel lining, the implementation of waterproofing and backfilling of the deep tunnel structure. After assessing all the geometric relationships, it was stated that the construction pit must be widened by 1.5m compared to the requirements of the tender documentation. Even so, the spatial conditions in the construction pit remained very cramped during construction. The minimum space between the pile wall and the outer formwork of the tunnel lining after the widening of the construction pit is shown in Fig. 3.

The progress of the construction was also related to the adjustment of the number and position of reinforced concrete waler beams for anchoring pile walls. The project of the tender documentation assumed a different number of waler beams on the left (4 pcs.) and on the right (3 pcs.) of the construction pit. This design required different levels of partial excavations when excavating the construction pit between the pile walls, from which the waler beams would be concreted. Therefore, when designing the technical solution in the implementation documentation, the number of waler beams on the left and right side of the construction pit was unified to three levels, which made it possible to excavate the construction pit on floors of the same depth and with a straight

že stavební jámu je nutné oproti požadavkům zadávací dokumentace rozšířit o 1,5 m. I tak zůstaly prostorové podmínky ve stavební jámě při realizaci velmi stísněné. Minimální prostor mezi pilotovou stěnou a vnějším bedněním tunelového ostění po rozšíření stavební jámy ukazuje obr. 3.

S postupem výstavby souvise-la i úprava počtu a polohy železobetonových převážek pro kotvení pilotových stěn. Projekt zadávací dokumentace předpokládal jiný počet převážek na levé (4 ks) a pravé straně (3 ks) stavební jámy. Tento návrh vyžadoval při hloubení stavební jámy mezi pilotovými stěnami různé úrovně dílčích výkopů, ze kterých by byly převážky betonovány. Při návrhu technického řešení v realizační dokumentaci byl proto počet převážek na levé a pravé straně stavební jámy sjednocen na tři úrovně, což umožnilo provádět těžbu stavební jámy po etážích stejné hloubky a s rovným průběhem dna. Na obr. 4 je zachycena stavební jáma ve fázi odtěžení na úroveň druhé převážky lanových kotev.

Na základě vlastní interpretace výsledků geotechnického průzkumu dospěl projektant realizační dokumentace k rozhodnutí, že typ konstrukce tunelu založené na spodní klenbě, která je uložena na železobetonové desce, nebude nutné použít. Dále tak byly v realizační dokumentaci sledovány pouze dva typy konstrukce ostění,



Obr. 4 Odtěžení druhé etáže v prostoru pilotových stěn
Fig. 4 Excavation of the second floor in the area of the pile walls

course of the bottom. Fig. 4 shows a construction pit in the excavation phase to the level of the second cable anchorage.

Based on his own interpretation of the results of the geotechnical investigation, the designer of the implementation documentation came to the decision that the type of tunnel construction based on the invert vault, which is placed on a reinforced concrete slab, will not have to be used. Furthermore, only two types of lining construction were monitored in the implementation documentation, namely in good geotechnical conditions based on strips and in poor geotechnical conditions based on the invert



Obr. 5 Skutečný rozsah svahované stavební jámy a zajištění pilotovými stěnami
Fig. 5 Actual extent of the sloped construction pit and the pile walls



Obr. 6 Podkladní betony a výztuž spodní klenby
Fig. 6 Base slab concretes and invert vault reinforcement

a to v dobrých geotechnických podmínkách založeného na pásech a ve špatných geotechnických podmínkách založeného na spodní klenbě. Hydroizolační systém byl změněn z původně navržených natavovaných asfaltových pásů na fóliovou izolaci standardně používanou na tunelových stavbách tohoto typu.

Vlastní interpretace výsledků geotechnického průzkumu vedla i k další zásadní změně technického řešení, a to k úpravě rozsahu stavební jámy zajištěné pilotovými stěnami. Z původní délky pilotových stěn 200 m dosahovala délka úseku pilotových stěn v realizační dokumentaci pouze 110 m. Úsek svahované stavební jámy v oblasti vjezdového portálu se tak prodloužil ze 130 m na 140 m, u výjezdového portálu ze 40 m na 120 m. Skutečný rozsah svahované stavební jámy a jámy zajištěné pilotovými stěnami je na obr. 5. Při návrhu zajištění stability stavební jámy bylo nutné zohlednit i blízkou deponii vytěžené horniny.

Změny rozsahu použití doznalo i rozdělení tunelu podle typů konstrukce ostění. Zadávací dokumentace předpokládala použití typu ostění založeného na pásech v úsecích svahované stavební jámy, mezi pilotovými stěnami pak byl použit typ založený na spodní klenbě. Na přechodu mezi svahovanou stavební jámou



Obr. 7 Šachta na čištění drenáže sdružená s požárním hydrantem
Fig. 7 Drainage cleaning shaft coupled with a fire hydrant

vault. The waterproofing system was changed from the originally designed flame-fused asphalt strips to sheet insulation standardly used on tunnel constructions of this type.

The actual interpretation of the results of the geotechnical investigation also led to another fundamental change in the technical solution, namely the adjustment of the extent of the construction pit secured by the pile walls. From the original length of the pile walls of 200m, the section length of pile walls in the implementation documentation reached only 110m. The section of the sloped construction pit in the area of the entrance portal was thus extended from 130m to 140m, at the exit portal from 40m to 120m. The actual extent of the sloped construction pit and the pit secured by the pile walls

is shown in Fig. 5. When designing to ensure the stability of the construction pit, it was necessary to take into account the nearby landfill of the excavated rock.

The division of the tunnel according to the types of lining construction also changed the scope of use. The tender documentation envisaged the use of a type of lining based on strips in sections of a sloping construction pit, and a type based on an invert vault was used between the pile walls. A lining concreting block based partly on strips and partly on the lower vault was used at the transition between the sloping construction pit and the pile walls. This type was not used in the implementation documentation due to the difficulty to determine static behavior of the thus designed structure. The prognosis of the use of the lining with the invert vault corresponded to the extent of the section of the pit secured by the pile walls, with the corresponding criterion being set in the implementation documentation for the decision on the method of foundation, depending on the geotechnical conditions actually encountered. Based on this criterion, the section of the tunnel with the invert vault at the beginning and the end of the pile walls was shortened by two concreted blocks during the construction, ie by a total of 20m concrete. The shape of the lower vault and its design in the section between the pile walls is clear from Fig. 6.

Another modification of the technical solution was related to the technological process of construction, the implementation of rescue niches and emergency lighting of the tunnel. Cables for emergency lighting are routed in protective conduits in the upper vault of the tunnel. The spacing of the emergency lights in the tender documentation did not correspond to the length of the concreting block. In the concreting block with a rescue niche, one light was placed above the niche, and in the adjacent concreting block, two lights were placed. Since the contractor decided to concrete the niches additionally only after concreting the tunnel lining, the guiding of the protective conduits created by this working joint would be very risky from the point of view of execution. Therefore, the technical solution was changed and the position of the emergency lighting was moved outside the rescue niche. The distance between the lights (and thus the niches for the



Obr. 8 Vedení drenážního potrubí v patce
Fig. 8 Drainage pipe in the foundation strip

a pilotovými stěnami byl použit blok betonáže ostění založený částečně na pásech a částečně na spodní klenbě. Tento typ nebyl v realizační dokumentaci použit vzhledem k obtížně stanovitelnému statickému chování takto navržené konstrukce. Prognóza použití ostění se spodní klenbou odpovídala rozsahu úseku jámy zajištěné pilotovými stěnami s tím, že pro rozhodnutí o způsobu založení bylo v realizační dokumentaci stanoveno, v závislosti na skutečně zastížených geotechnických podmínkách, odpovídající kritérium. Na základě tohoto kritéria byl pak v průběhu výstavby úsek tunelu se spodní klenbou na začátku a konci pilotových stěn ještě zkrácen o dva bloky betonáže, tj. celkem o 20 m. Pro vyztužování železobetonové konstrukce spodní klenby byla zcela zásadní přesnost provádění podkladních betonů. Tvar spodní klenby a její provádění v úseku mezi pilotovými stěnami je zřetelný z obr. 6.

Další úprava technického řešení souvisela s technologickým postupem výstavby, prováděním záchranných výklenků a nouzového osvětlení tunelu. Kabely k nouzovému osvětlení jsou vedeny ve chráničkách v horní klenbě tunelu. Rozteč světel nouzového osvětlení v zadávací dokumentaci neodpovídala délce bloku betonáže. V bloku betonáže se záchranným výklenkem bylo umístěno jedno světlo nad výklenkem, v sousedním bloku betonáže pak byla umístěna dvě světla. Protože se zhotovitel rozhodl betonovat výklenky dodatečně až po betonáži tunelového ostění, bylo by vedení chrániček takto vzniklou pracovní spárou z hlediska provádění velmi rizikové. Proto došlo ke změně technického řešení a poloha



Obr. 9 Kabelovod a odvodnění pláň
Fig. 9 Cable duct and track bed drainage

cable outlets) was also unified with the length of the concreted block. This has significantly simplified the implementation and reduced the risk of damage to the conduits during concreting, while meeting the requirements of regulations for operational safety and maintaining the required light intensity along the rescue route 2 lux.

In the original design, in addition to the drainage cleaning shafts and cable shafts, the shafts for connecting the hoses during the intervention in the tunnel to the fire water supply were also designed in the tunnel. In the implementation documentation, the designer proposed a technical solution used in the already operated tunnels on the IV. Railway corridor and used the sufficiently spacious tunnel drainage cleaning shafts for the outlet of the fire water supply fitting. This reduced the number of shafts in the tunnel by a third. This is related not only to a reduction in labor at the time of construction, but also to a reduction in the operating costs associated with the maintenance of the shafts. Drainage of water from the pipeline after a fire intervention is thus possible not only at the lowest point of the pipeline, but also partly into the tunnel drainage in such associated shafts. The combined shaft for cleaning the tunnel drainage and for the fire hydrant in the phase of reinforcing the foundation strips of the lining is shown in Fig. 7.

The greatest progress in the technical solution was made when changing the tunnel drainage system. The original design was based on the previously used drainage system, where the sides of the tunnel are drained by side tunnel drainage with cleaning shafts placed in rescue niches. The tunnel plan is drained by central drainage situated in the axis of the tunnel. The cleaning shafts of the central drain have hatches located under the gravel bed outside the area of the gravel cleaner. Cleaning of the middle tunnel drainage is thus only possible after removing the layer of gravel bed above the cover. This is associated with a short-term closure of traffic in the tunnel. On the corridor line, however, even short-term closure means considerable costs and cleaning of the middle tunnel drainage is practically impossible. Therefore, the designer of the implementation documentation proposed a change in the system of drainage of the railway bed by its one-sided slope, by locating the drainage pipe along the base of the upper vault and connecting of the drainage pipe to the shafts for cleaning the side tunnel drainage. This drainage system has not yet been used in the Czech Republic in the railway tunnel and will lead, in addition to the removal of the shafts for cleaning the central drainage, mainly to a significant reduction in operating costs, or to the real possibility of cleaning the central drainage. The circular shaft for cleaning the side tunnel drainage and the railway bed drainage is shown in Fig. 8. It is thus possible to clean both the side drainage and the railway bed drainage from the shaft placed in the rescue niche. The sloped concrete ensures easy drainage of water from the plain. Figure 9 shows the layout of the drainage and cable duct under the service sidewalk.

APPLICATION OF THE OBSERVATION METHOD

The application of the principles of the observation method in the construction of an excavated tunnel requires from the designer of the implementation documentation an extensive area of activities that need to be performed during the processing of the implementation documentation. The reason is to minimize the risk of construction delay when unexpected geotechnical conditions are met, resp. conditions for which the technical solution of the

nouzového osvětlení byla posunuta mimo záchranný výklenek. Rovněž došlo ke sjednocení vzdálenosti světel (a tím i nik pro vyústění kabelů) s délkou bloku betonáže. Tím došlo k výraznému zjednodušení provádění a snížení rizika poškození chráničů při betonáži, a to při současném splnění požadavků předpisů na bezpečnost provozu a zachování požadované intenzity světla na záchranné cestě 2 luxy.

V původním návrhu byly v tunelu kromě šachet na čištění drenáže a kabelových šachet navrženy ještě šachty pro napojení hadic na požární vodovod při provádění zásahu v tunelu. V realizační dokumentaci projektant navrhl technické řešení používané na již provozovaných tunelech na IV. železničním koridoru a pro vyústění armatury požárního vodovodu využil dostatečně prostorné šachty na čištění tunelové drenáže. Tím došlo ke snížení počtu šachet v tunelu o třetinu. S tím souvisí nejen snížení pracnosti v době výstavby, ale i snížení provozních nákladů spojených s údržbou šachet. Vypuštění vody z potrubí po požárním zásahu je tak možné nejen v nejnižším bodě potrubí, ale částečně i do tunelové drenáže v takto sdružených šachtách. Sdružená šachta na čištění tunelové drenáže a požárního hydrantu v etapě vyztužování základových pásů ostění je vyobrazena na obr. 7.

K největšímu pokroku v technickém řešení došlo při změně systému odvodnění tunelu. Původní návrh vycházel z dosud standardně používaného systému drenáží, kdy boky tunelu odvodňuje boční tunelová drenáž s čisticími šachtami umístěnými do záchranných výklenků. Plán tunelu odvodňuje středová drenáž situovaná do osy tunelu. Čisticí šachty středové drenáže mají poklopy umístěné pod šterkovým ložem mimo oblast čističky šterkového lože. Čištění střední tunelové drenáže je tak možné pouze po odstranění vrstvy šterkového lože nad poklopem. To je spojeno s krátkodobou výlukou provozu v tunelu. Na koridorové trati znamená však i krátkodobá výluka značné náklady a čištění střední tunelové drenáže je prakticky neproveditelné. Proto projektant realizační dokumentace navrhl změnu systému odvodnění pláně jejím jednostranným vyspádováním, umístěním drenážního potrubí podél základu horní klenby a napojením drenážního potrubí na šachty pro čištění boční tunelové drenáže. Tento systém drenáže nebyl dosud v České republice v železničním tunelu použit a povede, kromě odstranění šachet na čištění středové drenáže, hlavně k výraznému snížení provozních nákladů, resp. k reálné možnosti čištění středové drenáže. Kruhová šachta na čištění boční tunelové drenáže i drenáže pro odvodnění pláně železničního svršku je na obr. 8. Ze šachty umístěné do záchranného výklenku je tak možné čistit jak boční drenáž, tak drenáž pro odvodnění pláně. Snadné odvedení vody z pláně zajišťuje spádový beton. Na obr. 9 je vidět dispoziční řešení drenáže a kabelovodu pod služebním chodníkem.

APLIKACE OBSERVAČNÍ METODY

Aplikace principů observační metody při výstavbě hloubeného tunelu vyžaduje od projektanta realizační dokumentace rozsáhlou oblast činností, které je potřeba při zpracování realizační dokumen-



Obr. 10 Geotechnické podmínky na výjezdovém portále
Fig. 10 Geotechnical conditions at the exit portal

implementation documentation is not prepared and it would be necessary to design them during construction.

Therefore, it was necessary to:

- in the first phase, perform interpretation of the results of the geotechnical investigation with a focus on the support types used to ensure the stability of the construction pit and the tunnel lining;
- on the basis of the evaluation of the results of the geotechnical investigation, correctly design the length of the sloped sections of the construction pit and the sections secured by the anchored pile walls;
- in the case of sloped sections of a construction pit, to propose their division into individual depth levels, to propose the slope and the method of ensuring the stability of individual levels;
- in the case of anchored pile walls, design variants of the pile drilling depth and the method of anchoring the wall depending on the geotechnical conditions and the depth of the bottom of the construction pit;
- to make a forecast of the length of the pit sections for the sloped pit and the pit sections secured by pile walls, including the criteria under which individual types of pit stability measures can be used in the geotechnical conditions actually encountered;
- in the case of tunnel lining types, consider the use of a tunnel lining variant with an invert vault based on a reinforced concrete slab, define criteria for using individual lining types and create a forecast of tunnel division into individual lining types (i.e. tunnel vaults based on foundation strips or invert vault).

Under these assumptions, it could be expected that the implementation documentation will contain all types of structures for the expected geotechnical conditions, which can be used according to the given criteria and the construction will not be stopped due to unexpected geotechnical conditions. This is a certain analogy with the technological classes of excavation in mined tunnels, where the technological process of construction

tace provést. Důvodem je minimalizace rizika zdržení stavby při zastižení neočekávaných geotechnických podmínek, resp. podmínek, na které technické řešení realizační dokumentace není připraveno a bylo by nutné je v průběhu výstavby projektovat.

Proto bylo nutné:

- v první fázi provést vlastní interpretaci výsledků geotechnického průzkumu se zaměřením na použité typy zajištění stability stavební jámy a tunelového ostění;
- na základě vyhodnocení výsledků geotechnického průzkumu správně navrhnout délku svahovaných úseků stavební jámy a úseků zajištěných kotvenými pilotovými stěnami;
- v případě svahovaných úseků stavební jámy navrhnout jejich rozdělení na jednotlivé hloubkové etáže, navrhnout sklon a způsob zajištění stability jednotlivých etáží;
- v případě kotvených pilotových stěn navrhnout varianty hloubky vrtání pilot a způsob kotvení stěny v závislosti na zastižených geotechnických podmínkách a hloubce dna stavební jámy;
- vytvořit prognózu délky úseků stavební jámy pro svahovanou stavební jámu a úseků stavební jámy se zajištěním pilotovými stěnami včetně kritérií, za kterých mohou být jednotlivé typy zajištění stability stavební jámy, ve skutečně zastižených geotechnických podmínkách, použity;
- v případě typů tunelového ostění zvážit použití varianty ostění tunelu se spodní klenbou založenou na železobetonové desce, definovat kritéria použití jednotlivých typů ostění a vytvořit prognózu rozdělení tunelu do jednotlivých typů ostění (tj. klenby tunelu založené na základových pásech nebo na spodní klenbě).

Za těchto předpokladů se dalo očekávat, že realizační dokumentace bude pro předpokládané geotechnické podmínky obsahovat všechny typy konstrukcí, které bude možné podle daných kritérií použít a nedojde z důvodů neočekávaných geotechnických podmínek k zastavení stavby. Jedná se o určitou analogii s technologickými třídami výrubu u ražených tunelů, kdy je pro všechny očekávané geotechnické podmínky předem připravený technologický postup výstavby a způsob zajištění stability horninového masivu.

Pro zajištění stability stavební jámy byly navrženy tři základní typy:

- svahovaná stavební jáma;
- svahovaná stavební jáma v místě tektonické poruchy;
- kombinace svahované jámy a zajištění pilotovou stěnou.

Svahovaná stavební jáma byla navržena do geotechnických podmínek, které umožňovaly použít pro zajištění stability svahů jejich přirozený sklon, případně systémové kotvení tyčovými kotvami typu SN/IBO. První etáž stavební jámy byla navržena ve sklonu 1:2, druhá etáž 1:1 a třetí etáž 3:1. Svahy první etáže chránila proti splavování povrchových vrstev a degradaci vlivem povětrnostních podmínek protierozní matrace, druhá a třetí etáž byla zajištěna vrstvou stříkaného betonu. Geotechnické podmínky ve svahované stavební jámě v oblasti výjezdového portálu před nástřikem betonu jsou zachyceny na obr. 10. Ve druhé

and the method of ensuring the stability of the rock mass are prepared in advance for all expected geotechnical conditions.

To ensure the stability of the construction pit, three basic types have been proposed:

- sloped construction pit;
- sloped construction pit in the location of a tectonic fault;
- combination of sloped pit and retaining pile wall.

The sloping construction pit was designed for geotechnical conditions, which made it possible to use their natural slope or system anchoring with SN/IBO type rod anchors to ensure the stability of the slopes. The first floor of the construction pit was designed with a slope of 1:2, the second floor 1:1 and the third floor 3:1. The slopes of the first floor were protected by an anti-erosion mattress against flooding of surface layers and degradation due to weather conditions, the second and third floors were secured with a layer of shotcrete. Geotechnical conditions in the sloped construction pit in the area of the exit portal before concrete spraying are shown in Fig. 10. In the second and third floors it was proposed to improve the rock mass with SN/IBO anchors 4m long, in a 2×2m grid. Those stability support of the construction pit slopes was possible to perform if the rock mass of geotechnical type H1 reached min. 1m above the foot of the second floor (or higher), according to the performed calculations. If this geotechnical type was not found at this level, it was necessary to use the support method designed for the tectonic fault. This differed from the standard solution by modifying the support method of the third floor by extending the bar anchors to 6 m and thickening the anchorage grid to 1.5×1.5m. This support method ensuring the stability of the slope of the construction pit replaced the original technical solution from the tender documentation of the reinforced concrete waler beams and prestressed cable anchors at the foot of the second floor of the construction pit.

The support type ensuring the stability of the construction pit by means of pile walls drilled from the bottom of the first floor of the construction pit, made with a slope of 1:1.5 was determined for the worst geotechnical conditions.



Obr. 11 Střídané vrtání pilot pro ověření geotechnických podmínek
Fig. 11 Alternated drilling of piles for verification of geotechnical conditions

a třetí etáži bylo navrženo zlepšení horninového masivu kotvami SN/IBO délky 4 m, v rastru 2×2 m. Tento způsob zajištění svahů stavební jámy bylo podle provedených výpočtů možno provést, pokud horninový masiv geotechnického typu H1 sahal min. 1 m nad patu druhé etáže (nebo výše). Pokud by tento geotechnický typ nebyl v této úrovni zastižen, bylo nutné použít způsob zajištění určený pro tektonickou poruchu. Ten se od standardního řešení lišil modifikací způsobu zajištění třetí etáže prodloužením tyčových kotev na 6 m a zahuštěním rastru kotvení na 1,5×1,5 m. Tento způsob zajištění stability svahu stavební jámy nahrazoval původní technické řešení ze zadávací dokumentace s železobetonovou převázkou a předpjatými pramencovými kotvami v patě druhé etáže stavební jámy.

Do nejhorších geotechnických podmínek byl určen typ zajištění stability stavební jámy pomocí pilotových stěn vrtaných ze dna první etáže stavební jámy, provedené se sklonem svahu 1:1,5.

Piloty o světlém průměru 980 mm a rozteči 1,4 m byly kotveny ve třech úrovních pramencovými kotvami. Prostor mezi kotvami stabilizovala vrstva stříkaného betonu se sítí. Piloty musely být v každém případě zavrtány minimálně 2 m pod úroveň dna stavební jámy, tj. základové spáry patek ostění tunelu. Proto hrálo významnou roli hodnocení zastižených geotechnických podmínek po dotěžení první etáže stavební jámy, kdy bylo nutné upřesnit rozsah provádění pilotových stěn. V případě zastižení obtížně vrtatelných hornin v dolní části jámy bylo možné zmenšit průměr piloty na 850 mm a vrtání provádět šnekovým vrtákem bez výpažnice.

Délka pilot byla v realizační dokumentaci navržena 20 m a 12 m s tím, že statické výpočty byly provedeny a varovné stavy stanoveny i pro délky pilot v tomto intervalu s krokem 1 m. Realizační dokumentace nepředpokládala použití pilot kratších než 12 m a delších než 20 m.

Vzhledem k předpokládanému průběhu vrstev horninového masivu proto hrálo stanovení začátku a konce pilotové stěny zásadní roli. Zhotovitel přistoupil k tomuto úkolu odpovědně a vrtání pilot pojal jako doplňkový geotechnický průzkum. Piloty byly nejprve navrtány v předpokládaném začátku a konci pilotové stěny. Po ověření předpokládaného průběhu geologických vrstev, a tím i projektovaného rozsahu pilotové stěny, byly teprve vrtány další mezilehlé piloty (obr. 11). Výnos vrtů probíhal pod geotechnickým dohledem zaměstnanců firmy GeoTec-GS, a.s. i zhotovitele a délky pilot byly upřesňovány podle skutečně zastižených podmínek.

Aby bylo možné při výstavbě použít principy observační metody, bylo zcela zásadní definovat kritéria jednotlivých typů zajištění stability stavební jámy i nasazení tunelového ostění založeného na základových pásech nebo spodní klenbě. Tomu věnovala realizační dokumentace mimořádnou pozornost. Kritéria byla definována na základě známých geotechnických typů, používaných v geotechnickém průzkumu.

- a) Kritériem pro rozhodnutí, zda nasadit svahovanou stavební jámu, bylo zastižení hornin geotechnického typu min. H1 nebo lepší v celé výšce poslední, tj. třetí etáže stavební jámy. Pro tento model výpočet prokázal dostatečnou stabilitu svahu. Geologické anomálie (různý stupeň zvětření, poruchové zóny) byly řešeny úpravou systému kotvení, tj. délkou a rastrem SN/IBO kotev.
- b) V případě, že geotechnický typ horniny H1 a lepší zasahoval do úrovně 1 m nad patu druhé etáže stavební jámy a výše, byl použit standardní způsob zajištění svahované stavební jámy. Pokud byl zastižen až v úrovni paty druhé etáže, použilo se zajištění svahované stavební jámy určené do místa tektonické poruchy, tj. s prodlouženou délkou a menším rastrem kotev SN/IBO.

Piles with a clear diameter of 980mm and a spacing of 1.4m were anchored in three levels by cable anchors. The space between the anchors was stabilized by a layer of shotcrete reinforced by a mesh. In any case, the piles had to be drilled at least 2m below the level of the bottom of the construction pit, i.e. the foundation strips base of the tunnel lining. Therefore, the evaluation of the encountered geotechnical conditions after the completion of the first floor of the construction pit played an important role, when it was necessary to specify the extent of the implementation of the pile walls. In the case of difficult-to-drill rocks in the lower part of the pit, it was possible to reduce the diameter of the pile to 850mm and drill with a screw without a casing.

The length of the piles was designed in the implementation documentation 20m and 12m, with static calculations performed and warning states determined for the lengths of the piles in this interval with a step of 1m. The implementation documentation did not assume the use of piles shorter than 12m and longer than 20m.

Due to the expected course of the rock mass layers, the determination of the beginning and end of the pile wall therefore played a crucial role. The contractor approached this task responsibly and conceived the pilot drilling as an additional geotechnical investigation. The piles were first drilled at the expected boundaries of the pile wall. After verifying the expected course of the geological layers, and thus the projected extent of the pile wall, other intermediate piles were drilled (Fig. 11). The drilling was carried out under the geotechnical supervision of GeoTec-GS, a.s. and of the contractor, and the length of the piles were specified according to the conditions actually encountered.

In order to be able to use the principles of the observation method during construction, it was absolutely essential to define the criteria of individual support types ensuring the stability of the construction pit and the use of a tunnel lining based on foundation strips or the invert vault. The implementation documentation paid special attention to this. The criteria were defined on the basis of known geotechnical types used in geotechnical investigation.

- a) The criterion for deciding whether to deploy a sloped construction pit was the detection of rocks of geo-technical type min. H1 or better in the entire height of the last, ie the third floor of the construction pit. For this model, the calculation showed sufficient slope stability. Geological anomalies (different degrees of weathering, fault zones) were solved by modifying the anchoring system, ie the length and grid of SN/IBO anchors.
- b) In case the geotechnical type of rock H1 and better interfered with the level 1m above the foot of the second floor of the construction pit and above, the standard method of securing the sloping construction pit was used. If it was found only at the level of the foot of the second floor, the provision of a sloped construction pit intended for the site of the tectonic fault, ie with an extended length and a smaller grid of SN/IBO anchors, was used.
- c) If rocks of lower quality than geotechnical type H1 were found even below the level of the third floor, a pile wall was used, the depth of which was determined on the basis of the following criteria.
- d) If, during drilling of the pile, a rock of geotechnical type H2 collided at the level of the foundation base of the construction pit at the latest, the pile was drilled to a depth of 2m below the level of this base.

- c) Pokud byly horniny horší kvality než geotechnického typu H1 zastiženy i pod úrovní třetí etáže, byla již použita pilotová stěna, jejíž hloubka byla určena na základě dále uvedených kritérií.
- d) Pokud se při vrtání piloty narazilo nejpozději v úrovni základové spáry stavební jámy na horninu geotechnického typu H2, pilota byla dovržena do hloubky 2 m pod úroveň této spáry.
- e) Pokud pilota nenarazila v úrovni základové spáry na horninu geotechnického typu H2, vrtání pokračovalo buď do hloubky 2 m pod rozhraní geotechnických typů H1/H2, nebo nejvýše do hloubky 20 m. Hloubka, rozteč, vyztužení a kotvení podzemních pilotových stěn bylo v realizační dokumentaci stanoveno na základě statického posouzení a pro parametry horninového masivu odvozené z geotechnických typů uvedených v zadávací dokumentaci.
- f) V případě, že se geotechnické podmínky lišily na levé a pravé straně stavební jámy, bylo zajištění pilotovými stěnami navrženo symetricky po obou stranách pro konzervativní vstupní parametry, tj. leželo na bezpečné straně.

Pro rozhodování o typu konstrukce tunelového ostění bylo zásadním kritériem napětí v základové spáře, tj. způsob založení na základových pásech nebo na spodní klenbě. Ostění se spodní klenbou bylo nutné použít v prostředí, které nebylo schopné přenášet napětí větší, než $R_d=400$ kPa. Toto prostředí odpovídalo podle uvedených geotechnických parametrů třídě zeminy F4 konzistence pevné, případně typům zemin s nižší únosností R_d . Pro stanovení prognózy použití typů ostění byla použita tabulka geotechnických parametrů z geotechnického průzkumu. Tato tabulka udávala hodnoty tabulkové únosnosti R_d podle ČSN 73 1001 (již neplatná). Při použití těchto hodnot je nutno si uvědomit, že tabulkou stanovené hodnoty únosnosti odpovídají hloubce založení 0,8 m až 1,5 m a šířce základu 3 m. Úroveň základové spáry tunelu se však pohybuje v hloubce 11 m až 14 m, tedy výrazně větší, než předpokládá norma. S ohledem na primární napjatost horninového masivu v této hloubce se dalo předpokládat, že i po odlehčení vlivem výkopu bude únosnost základové půdy výrazně vyšší, než normou uváděné hodnoty.

Vyhodnocení podmínek zastižných na stavbě probíhalo v rámci geotechnického monitoringu, který prováděla firma GeoTec-GS, a.s.

GEOTECHNICKÝ MONITORING

Geotechnický monitoring je nedílnou součástí stavby každého tunelu. Projekt geotechnického monitoringu vycházel z měření a sledování definovaných v zadávací dokumentaci. Byl však upraven



Obr. 12 Měřický profil pro sledování teploty v ostění
Fig. 12 Measuring profile for monitoring the temperature in the lining

- e) If the pilot did not encounter geotechnical type H2 rock at the level of the foundation base, drilling continued either to a depth of 2m below the H1/H2 geotechnical type interface, or to a maximum depth of 20m. Depth, spacing, reinforcement, and anchoring of the pile walls was determined in the Implementation Documentation (RDS) on the basis of a static assessment and for rock mass parameters derived from geotechnical types specified in the tender documentation.
- f) In case the geotechnical conditions differed on the left and right side of the construction pit, the support with pile walls was designed symmetrically on both sides for conservative input parameters, ie it was on the safe side.

The decisive factor for deciding on the type of tunnel lining construction was the stress in the foundation base, ie the method of foundation on the foundation strips or on the lower vault. The lining with the lower vault had to be used in an environment that was not able to transmit stress greater than $R_d = 400$ kPa. According to the above geotechnical parameters, this environment corresponded to the soil class F4 of solid consistency, or to the types of soils with lower bearing capacity R_d . A table of geotechnical parameters from the geotechnical investigation was used to determine the prognosis of the use of lining types. This table indicated the values of the table load capacity R_d according to ČSN 73 1001 (no longer valid). When using these values, it should be borne in mind that the load-bearing capacity values specified in the table correspond to a foundation depth of 0.8m to 1.5m and a foundation width of 3m. greater than expected by the standard. With regard to the primary tension of the rock mass at this depth, it could be assumed that even after unloading due to excavation, the bearing capacity of the foundation soil will be significantly higher than the standard value.

The evaluation of the conditions encountered at the construction site took place within the geotechnical monitoring, which was performed by the company GeoTec-GS, a.s.

GEOTECHNICAL MONITORING

Geotechnical monitoring is an integral part of the construction of each tunnel. The geotechnical monitoring project was based on measurements and monitoring defined in the tender documentation. However, it was adapted for the needs of monitoring and measuring required by the implementation documentation. As part of geotechnical monitoring, 3D measurements of deformations of the slopes of the construction pit, of the heads of inclinometers, and of the waler beams of cable anchors in sections of pile walls, and of the dynamometers intended for measuring stresses in cable anchors were performed. Inclinometers were installed both in the sections of the sloping construction pit and directly into the piles to verify the course of their deformation and to monitor the effect of excavation of the construction pit and the introduction of prestress into the cable anchors in individual stages of excavation of the construction pit. The individual measurements were compiled into combined measuring profiles, so that the behavior of the rock mass could be comprehensively verified on the basis of the results of all measurements within the measuring profile. The criteria set by the implementation documentation for monitoring of the proposed structures, without which it would not be possible to evaluate the measurement and monitoring results and use them for the application of the observation method were part of the geotechnical monitoring project.



Obr. 13 Stavba v těsné blízkosti města Soběslav a dálnice D3

Fig. 13 Construction in close proximity to the town of Soběslav and the D3 motorway

pro potřeby sledování a měření požadovaných realizační dokumentací. V rámci geotechnického monitoringu byla prováděna 3D měření deformací svahů stavební jámy, zhlaví inklinometrů a převážek lanových kotev v úsecích pilotových stěn, a dynamometrů určených k měření napětí v lanových kotvách. Inklinometry byly osazeny jak v úsecích svahované stavební jámy, tak přímo do pilot k ověření průběhu jejich deformace a sledování vlivu odtěžování stavební jámy a vnášení předpětí do lanových kotev v jednotlivých etapách hloubení stavební jámy. Jednotlivá měření byla sestavována do sdružených měřických profilů, takže chování horninového masivu bylo možné komplexně ověřit na základě výsledků všech měření v rámci měřického profilu. Součástí projektu geotechnického monitoringu byla kritéria pro sledování navržených konstrukcí stanovená realizační dokumentací, bez kterých by nebylo možné výsledky měření a sledování vyhodnotit a použít pro aplikaci observační metody.

Kromě geotechnických měření bylo v každé fázi výstavby prováděno i geotechnické hodnocení stěn a dna stavební jámy včetně fotodokumentace. V případě potřeby byly prováděny, pro ověření a upřesnění prognózy geotechnických podmínek, kopané sondy. Vyhodnocován byl i výnos z vrtů velkopřůměrových pilot.

Vliv výstavby na režim a chemismus podzemní vody byl sledován jednak v hydrotechnických vrtech, jednak ve studních v objektech, které se nacházejí v zóně ovlivněné nejen výstavbou tunelu, ale i navazujících stavebních objektů. Pro sledování hladiny podzemní vody bylo nasazeno jak kontinuální měření, tak odečty prováděné v určených časových intervalech.

Další důležitou kapitolou geotechnického monitoringu byla passportizace objektů v zóně ovlivnění a sledování vlivu výstavby na tyto objekty.

Výsledky měření a sledování jsou s minimální časovou prodlevou publikovány prostřednictvím webové aplikace a jsou tak dostupné účastníkům výstavby, kteří mají do systému přístup. Aplikace umožňuje zobrazení časového průběhu sledovaných veličin a jejich porovnání s kritérii nastavenými v realizační dokumentaci. Geotechnický monitoring a vývoj aplikace pro jeho vyhodnocování a publikování provádí firma GeoTec-GS, a.s. Velkou výhodou tak byla možnost spolupráce s programátorem aplikace, který ochotně vycházel projektantovi realizační dokumentace vstříc a možnosti vyhodnocování upravoval podle jeho představ. V době publikování článku již v rozsahu geotechnických měření dochází

In addition to geotechnical measurements, a geotechnical evaluation of the walls and bottom of the construction pit, including photo documentation, was carried out at each stage of construction. If necessary, dug probes were performed to verify and clarify the forecast of geotechnical conditions. The boreholes yield of large-diameter piles was also evaluated.

The influence of construction on the regime and chemistry of groundwater was monitored both in hydrotechnical wells and in wells in structural objects located in the zone affected not only by the construction of the tunnel, but also in adjoining structural objects. Both continuous measurements and readings performed at specified time intervals were used to monitor the groundwater level.

Another important chapter of geotechnical monitoring was the passportization of structures in the zone of influence and monitoring the impact of construction on these structures.

The results of measurements and monitoring are published via a web application with a minimum of time and are thus available to construction participants who have access to the system. The application enables the display of the time course of the monitored quantities and their comparison with the criteria set in the implementation documentation. Geotechnical monitoring and application development for its evaluation and publication is performed by GeoTec-GS, a.s. A great advantage was the possibility of cooperation with the application programmer, who willingly accommodated the designer of the implementation documentation and modified the possibilities of evaluation according to his ideas. At the time of publication of the article, attenuation is already taking place within the scope of geotechnical measurements with the gradual backfilling of the construction pit, and the monitoring focuses on the behavior of the tunnel lining during the implementation of backfilling.

Thanks to the friendly approach of the investor and the contractor, it was possible to install sensors in the lining structure in two concreting blocks for monitoring the temperature course in the range of the thickness of the concrete cross-section and monitoring the stress in the structure. The sensors are installed in the structure with a spacing of 50mm and allow long-term monitoring of the temperature gradient in the lining depending on climatic conditions. The aim of the measurement is to determine

s postupujícím zasypáváním stavební jámy k útlumu a sledování se zaměřuje na chování tunelového ostění v průběhu provádění zásypů.

Díky vstřícnému přístupu investora i zhotovitele se podařilo do konstrukce ostění osadit ve dvou blocích betonáže čidla pro sledování průběhu teploty v rozsahu tloušťky betonového průřezu a sledování napětí v konstrukci. Čidla jsou do konstrukce osazována s roztečí 50 mm a umožňují dlouhodobé sledování průběhu teplotního gradientu v ostění v závislosti na klimatických podmínkách. Cílem měření je zjištění teplotního namáhání konstrukce a případná identifikace projevů zatížení od zemního tlaku a teploty. Jedná se o měření, která by měla být v budoucnu prováděna ve všech tunelech a po získání statisticky významného souboru dat by mohla být podkladem pro stanovení teplotního zatížení ostění tunelů v podmínkách České republiky. Osazování měřických profilů i vlastní měření provádí zástupci Stavební fakulty ČVUT Praha. Betonový trámeček s teplotními čidly osazený na boku ostění je viditelný na obr. 12.

ZÁVĚR

Výstavba dvoukolejného tunelu Zvěrotice probíhala a probíhá bez problémů. Konstrukce závislé na geotechnických podmínkách a zatížené tím určitou mírou nejistoty, jsou již dokončené. V době publikování článku je vybetonována větší část ostění. Proudově probíhají práce na hydroizolacích, drenážním systému i vnitřním vybavení tunelu. Od vjezdového portálu je tunel zasypán v celém úseku svahované stavební jámy a probíhá zasypávání ve stísňených podmínkách stavební jámy mezi pilotovými stěnami.

Zkušenosti získané při projektování a realizaci tunelu opět potvrzují význam správného rozsahu geotechnického průzkumu a jeho komplexního vyhodnocení. Při výstavbě se v principu potvrdila prognóza stanovená v realizační dokumentaci a rozsah jednotlivých typů konstrukcí nemusel být výrazně měněn. Jedinou výjimkou je rozsah tunelu se spodní klenbou, kde skutečně zastížené geotechnické podmínky v začátcích pilotových stěn umožnily zmenšit jeho délku o dva bloky betonáže, tj. o 20 m.

Tunel se nachází v těsné blízkosti města Soběslav a nelze zcela eliminovat dopady jeho výstavby na životní komfort jeho obyvatel. Proto je nutné komunikovat jak s občany, kterých se výstavba železnice bezprostředně týká, tak s vedením města, které občany zastupuje. Mezi provozovanou dálnicí D3 a městem je jen úzký koridor pro trasování železnice (obr. 13).

Realizační dokumentace definovala na základě statických výpočtů varovné stavy a předpokládané chování navržených konstrukcí. Tyto informace byly základem pro projekt geotechnického monitoringu, návrh jednotlivých geotechnických měření a sledování i četnosti jejich vyhodnocování pro ověřování těchto předpokladů. Podle časového průběhu sledovaných veličin, a vývoje situace na stavbě, byla případně měření a sledování upravována.

V průběhu výstavby došlo v souladu s požadavky zadávací dokumentace k aplikaci principů observační metody. Na základě skutečně zastížených podmínek byla provedena celá řada úprav technického řešení. Dobré vztahy mezi jednotlivými účastníky výstavby napomáhají k hladkému průběhu výstavby i zpracování realizační dokumentace.

Ing. LIBOR MAŘÍK,

libor.marik@sagasta.cz, SAGASTA s.r.o.

Recenzoval Reviewed: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.

the thermal stress of the structure and possible identification of the load manifestations from ground pressure and temperature. These are measurements that should be performed in all tunnels in the future and, after obtaining a statistically significant set of data, could be the basis for determining the thermal load of the tunnel lining in the conditions of the Czech Republic. The installation of measuring profiles and the actual measurement is performed by representatives of the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical University in Prague. The concrete beam with temperature sensors mounted on the side of the lining is visible in Fig. 12.

CONCLUSION

The construction of the Zvěrotice double-track tunnel has been and is proceeding without any problems. Structures depending on geotechnical conditions and thus burdened with a certain degree of uncertainty have already been completed. At the time of publishing the article, most of the lining is concreted. Work on waterproofing, drainage system and internal equipment of the tunnel is underway. From the entrance portal, the tunnel is backfilled in the entire section of the sloping construction pit and backfilling takes place in the cramped conditions of the construction pit between the pile walls.

The experience gained in the design and implementation of the tunnel once again confirms the importance of the correct scope of geotechnical investigation and its comprehensive evaluation. During construction, the forecast set out in the implementation documentation was confirmed in principle and the scope of individual types of structures did not have to be significantly changed. The only exception is the extent of the tunnel with the lower vault, where the actual geotechnical conditions at the beginning of the pile walls made it possible to reduce its length by two blocks of concreting, i.e. by 20m.

The tunnel is located close to the town of Soběslav and the effects of its construction on the living comfort of its inhabitants cannot be completely eliminated. Therefore, it is necessary to communicate both with the citizens directly affected by the construction of the railway and with the city authorities, which represents the citizens. There is only a narrow corridor for the railway route between the operated D3 motorway and the city (Fig. 13).

Based on static calculations, the implementation documentation defined the warning states and the expected behavior of the designed structures. This information was the basis for the geotechnical monitoring project, the design of individual geotechnical measurements and monitoring, as well as the frequency of their evaluation to verify these assumptions. According to the time course of the monitored quantities, and the development of the situation on the construction site, the measurements and monitoring were adjusted if necessary.

During the construction, the principles of the observation method were applied in accordance with the requirements of the tender documentation. Based on the conditions actually encountered, a number of modifications were made to the technical solution. Good relations between the individual participants of the project help to ensure the smooth course of construction and the processing of implementation documentation.

Ing. LIBOR MAŘÍK,

libor.marik@sagasta.cz, SAGASTA s.r.o.

KRUŠNOHORSKÝ TUNEL – ÚVODNÍ PŘEDSTAVENÍ

TUNNEL UNDER ORE MOUNTAINS – INTRODUCTION

JIŘÍ ZMÍTKO

ABSTRAKT

V současné době je stále více slyšet o zahájení přípravy Krušnohorského tunelu. Doposud však veškeré informace přicházejí z veřejných médií, v odborné literatuře nebyl tento projekt nijak zásadně zmiňován. Směrové a výškové podmínky plánované trasy vedou k nutnosti realizace dlouhého tunelu s velkým nadložím. Tento typ stavby nebyl do současnosti v podmínkách ČR ani v SRN řešen. Celková délka tunelu činí více než 26 km, s nadložím přes 500 m. Složitá geologická stavba na obou stranách hranice pak přináší celou řadu otázek a variant technických řešení. Cílem příspěvku je podat představení zaměřené zejména na úvodní část Krušnohorského tunelu, tedy portálový úsek a přechod trasy pásmem krušnohorského zlomu do krystalinika, a to hlavně z pohledu geologie. Lze očekávat, že v budoucnosti bude projekt často řešeným tématem, a to nejen v časopise Tunel.

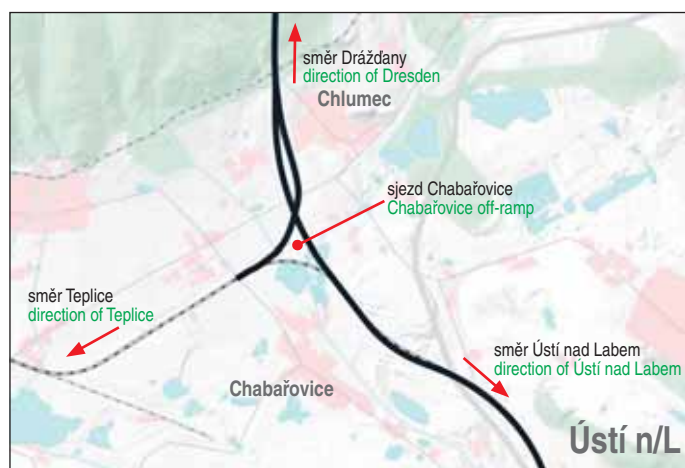
ABSTRACT

At present, the commencement of preparation of the tunnel under the Ore Mountains/Erzgebirge is increasingly heard about. So far, however, all the information available is from the public media; this project has not been much mentioned in professional literature. Conditions of the directional and vertical alignment of the planned route lead to the necessity for the construction of a long tunnel under a high overburden. This type of structure has not been solved to date in the Czech Republic or Germany. The total tunnel length amounts to over 26km, with the overburden height exceeding 500m. The complex geological structure on both sides of the border brings a number of questions and variants of the technical solutions. The aim of the paper is to present an introduction focused mainly on the initial part of the Ore Mountains Tunnel, i.e. the portal section and the passage of the route through the Ore Mountains fault zone to the crystalline complex, mainly from the point of view of geology. It is possible to expect that in the future the project will be a topic frequently dealt with not only in the TUNEL journal.

1. ÚVOD

Krušnohorský (bázový) tunel je součástí VRT (vysokorychlostní trať) Dráždany – Praha, RS 4, úsek Ústí nad Labem – státní hranice ČR/SRN. Projekt je jako přeshraniční připravován společně v rámci spolupráce mezi Správou železnic, s.o. a DB Netz AG. Předpokládaná délka přesahuje 26 km, přičemž délka tunelu na území ČR bude zhruba 11,7 km. Trasa tunelu začíná na území ČR jižně od obce Chlumeck (Ústí n/L) a končí na území SRN (Sasko) u města Heidenau napojením na stávající trasu. U českého portálu je plánováno odbočení trasy směrem na Teplice (Velebil 2020) (obr. 1).

Součástí trasy Dráždany – Praha je i plánovaný „Středohorský tunel“ s předpokládanou délkou cca 18 km a několik kratších tunelů v úseku Praha – Litoměřice. Trasa Krušnohorského tunelu je v současné době na území SRN řešena jako variantní, v širším koridoru tras. Na území ČR je realizace předpokládána v úzkém koridoru,

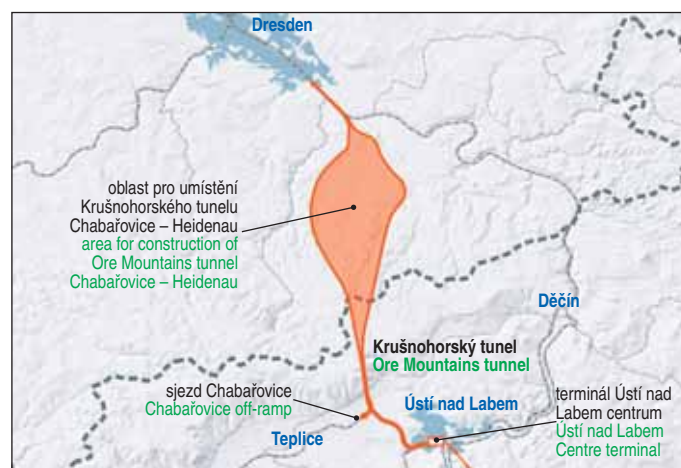


zdroj: Správa železnic, s.o. source: Czech Railway Administration

Obr. 1 Přehledná situace portálové části na území ČR
Fig. 1 Synoptic layout of the portal part in Czech Republic

1. INTRODUCTION

The Ore Mountains (Erzgebirge) base tunnel is part of the high-speed rail line linking Dresden with Prague, RS 4 section Ústí nad Labem – the state border between Czech Republic and Germany. The project, as a cross-border event, is being prepared jointly within the framework of collaboration between the Railway administration of the Czech Republic, and DB Netz AG. The expected length exceeds 26km, with the length of the tunnel in the Czech Republic approximately amounting to 11.7km. In the Czech Republic, the tunnel route starts south of the village of Chlumeck (the district of Ústí nad Labem); its end in Germany (Saxony) is located near the town of Heidenau, where it links the existing rail line. A branch of the line in the direction of Teplice (Velebil, 2020) (see Fig 1) is planned at the Czech portal.



zdroj: Správa železnic, s.o. / DB Netz source: Czech Railway Administration / DB Netz

Obr. 2 Přehledná situace koridoru tras Krušnohorského tunelu
Fig. 2 Synoptic layout of the corridor routes for Ore Mountain tunnel

v jehož rámci se varianty trasování zásadně neliší. Jde zejména o příportálovou část, hlubší úsek pod masivem Krušných hor, který je veden v podstatě v přímé se směrem k severu (obr. 2).

Řešení na území SRN spočívá v posouzení několika variant. V rámci šesti „podvariant“ jsou posuzovány dvě, a to tzv. Volltunnelvariante a Teiltunnelvariante. Rozdíl je ve způsobu členění trasy, kdy Volltunnelvariante předpokládá kompletně podzemní trasování od portálu v ČR k portálu v Heidenau. Teiltunnelvariante je pak vedena na území SRN částečně jako povrchová, kdy před Heidenau již vyjde na povrch a následně je po průchodu kratším tunelem opět napojena na stávající trasu. Celková délka tunelu a z ní vyplývající detailní technické řešení tedy budou stanoveny až po definitivním výběru trasy.

Tento výběr bude ovlivněn jak předpokládanými geotechnickými a geologickými podmínkami, tak i požadavky na bezpečnost a ekonomiku provozu a údržby.

Projekt předpokládá následující:

- dva paralelní jednokolejné tratové tunely s propojkami o vzdálenosti 500 m;
- příčný řez při variantě ražby TBM o vnitřním průměru cca 7,3 m (předpoklad dle normy DB Ril 853);
- úseky ražené NRTM s pravděpodobným minimálním průřezem cca 50 m², případně větším podle zastížených geotechnických podmínek;
- součástí trasy bude nouzová stanice, přičemž v některých variantách jsou nouzové stanice uvažovány dvě (jedná se o současný evropský přístup k řešení bezpečnosti v dlouhých železničních tunelech);
- výška nadloží dosahuje maximálně až 570 m pod hřebenem Krušných hor;
- maximální stoupání trasy (podle jednotlivých variant) až 12,5 ‰;
- smíšený provoz, osobní vlaky 200 km/h, nákladní vlaky 120 km/h;
- úroveň temene kolejnice v místě definitivního portálu je na kótě 193,88 m n. m., u raženého portálu 194,7 m n. m. (podle Studie proveditelnosti 01/2021);
- stoupání v této portálové části je předpokládáno 4,0 ‰.

2. SOUČASNÝ STAV PŘÍPRAVY PROJEKTU

Zásadnější práce byly zahájeny v SRN v roce 2012, a to prvotní geologickou expertizou a rešerší dostupných dat pro koridor tras. V období 2014–2015 byla zpracována přípravná studie, první 3D model a úvodní geofyzikální průzkumy na území ČR i SRN. V letech 2016 až 2018 a v podstatě doposud probíhaly a probíhají geofyzikální a průzkumné práce v oblasti geologické struktury Börnersdorf. V roce 2020 byl sestaven 3D model trasy v rámci spolupráce mezi ČGS (Českou geologickou službou) a LfULG (Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie). V lednu 2001 byla schválena Studie proveditelnosti nového železničního spojení Praha – Drážďany.

V roce 2021 ve spolupráci SŽ a DB Netz postupně proběhla výběrová řízení na zakázky a byli vybráni zhotovitelé:

- **Řízení projektu** (Projektsteuerung): Sdružení VÖSSING INGENIEURE, Schüßler-Plan.
- **Geologické a hydrogeologické znalecké služby** (Gutachterleistungen in Fachgebieten Geologie, Hydrogeologie und Geotechnik): Sdružení DR. SPANG, ILF Consulting Engineers Innsbruck, subdodavatel 3G Consulting Engineers s.r.o.
- **Geologické a hydrogeologické podpůrné služby v přeshraničním plánovacím prostoru, NŽS Drážďany – Praha** (Geologische und Hydrogeologische Unterstützungsleistungen im

Part of the Dresden – Prague route is the planned tunnel under the Czech Middle Mountain Range with an expected length of about 18km and several shorter tunnels in the Prague – Litoměřice section. The route of the Ore Mountains tunnel is currently being solved in Germany as a variant within a wider corridor of routes. In the Czech Republic, the construction is assumed to be carried out within the framework of a narrow corridor within which the route variants do not fundamentally differ. It is in particular the portal part, a deeper section under the Ore Mountains massif, which is basically on a straight line towards the north (see Fig. 2).

The solution in Germany consists in assessing several variants. Within the six “sub-variants”, two are being assessed, namely the so-called Volltunnelvariante and Teiltunnelvariante. The difference lies in the way of dividing the route, where the Volltunnelvariante assumes a completely underground route from the portal in the Czech Republic to the portal in Heidenau. In Germany, the Teiltunnelvariante is then led partly as a surface variant, coming to the surface before Heidenau and connecting the existing route again after passing through a shorter tunnel. The total length of the tunnel and the detailed technical solution resulting from it will therefore be determined only after the final selection of the route.

This selection will be influenced by the assumed geotechnical and geological conditions, as well as the requirements for safety and economy of operation and maintenance.

The project assumes the following:

- two parallel single-track running tunnels with cross passages at the spacing 500m;
- the cross-section with the internal diameter of ca 7.3m in the case of the TBM tunnelling variant (assumption according to the DB Ril 853 standard);
- the sections driven using the NATM with the probable minimum cross-sectional area of ca 50m² or bigger, depending on the geotechnical conditions encountered;
- an emergency station will be part of the route, with two emergency stations being considered for some variants (this is the current European attitude to solving the safety in long rail tunnels);
- the maximum overburden height reaches 570m under the Ore Mountains crest;
- the maximum ascending gradient of the route amounts to 12.5‰ (depending on individual variants);
- mixed operation, passenger trains 200km/h, freight trains 120km/h;
- the rail top is at the altitude of 193.88m a.s.l. in the location of the final portal and 194.7m a.s.l. in the location of the mined portal (according to the feasibility study 01/2021);
- the ascending gradient in this portal part is assumed to be 4‰.

2. CURRENT STATE OF PROJECT PREPARATION

More fundamental work was started in Germany in 2012, with initial geological expertise and search for available data on the route corridor. In the period 2014–2015, a preparatory study, the first 3D model and introductory geophysical surveys were prepared in the Czech Republic and Germany. In the years 2016 to 2018, and in fact until now, geophysical and exploratory works in the field of the Börnersdorf geological structure have been and are being carried out. In 2020, a 3D model of the route was compiled within the collaboration between the CGS (Czech Geological Survey) and the LfULG (Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie).



Obr. 3 Vrtné jádro z vrtu 7V (06/2021), oblast Labského břidličného pohorí, sedimenty a slabě metamorfované horniny

Fig. 3 Borehole core from borehole 7V (06/2021), area of Elbe gneiss mountain range, sediments and weakly metamorphosed rock types

gemeinsamen Planungsraum, NBS DD-Prag): Sdružení BAUGRUND DRESDEN s podporou odborníků z ČR.

- **Technická podpora při stavbě tunelů** (Tunnelbautechnische Unterstützung): Sdružení IMM Maidl & Maidl, Euro Final (CZ) s expertem z ČR.
- **Projektová příprava:** Sdružení vedené firmou ILF Consulting Engineers Innsbruck, Bung Ingenieure, iC Consulente, Valbek a Prodex.

V rámci jednotlivých průzkumných kampaní již byly na německé straně odvrtny první jádrové hloubkové vrty (obr. 3) a v návaznosti probíhají geofyzikální a hydrogeologické (resp. hydrodynamické) zkoušky a probíhá výběrové řízení na dalších 15 hloubkových vrtů s předpokladem zahájení vrtných prací v listopadu 2021. Na české straně je v současné době (09/2021) připravováno zadávací řízení pro výběr zhotovitele průzkumných prací pro celý úsek od státní hranice do Ústí nad Labem. Předpoklad ukončení zadávacího řízení je do konce roku, nebo až do 1/2022, s následným zahájením prací.

3. PŘEHLEDNÁ GEOLOGICKÁ SITUACE

Malá odbočka na úvod. Pod článkem informujícím o výběru projektanta, uvedeném v internetové verzi jednoho deníku, zaujme v diskusi komentář, kde je uvedeno: „Ten hraniční tunel pod Krušnými horami je geologicky a technologicky strašně jednoduchý, prostě žula, do které se vystřílí díra a zastříká trochou stříkaného betonu. Ale tunel pod Českým středohořím bude to nejkomplicovanější, co se dá představit...“

Situace je ale ve skutečnosti poněkud odlišná.

Je pravda, že značná část trasy bude probíhat v relativně kvalitních horninách krušnohorského krystalinika (převážně rulách), kde nelze očekávat zásadnější geotechnické problémy. Ražba zde bude probíhat převážně stroji TBM. Nicméně v celé délce trasy se nachází řada geotechnicky rizikových míst, přičemž se nejedná jen o užší poruchová pásma, ale o úseky s délkou až několik kilometrů.

Již v předchozích etapách bylo vytipováno šest geotechnicky rizikových oblastí, které budou hlavním cílem dalších podrobnějších průzkumů (obr. 4). Těmito rizikovými oblastmi jsou:

- Labské břidličné pohorí (Elbtalschiefergebirge);
- struktura Börnersdorf, (pravděpodobně maarová struktura), až několik set metrů hluboký útvar trychtýřovitého tvaru, který je následně vyplněn mladšími (převážně) křídovými sedimenty;
- údolí Gottleubatal;

In January 2001, the Feasibility Study was approved for the New Prague – Dresden Railway Connection.

In 2021, tender proceedings for contracts were gradually held in cooperation with the Railway Administration and DB Netz and the following contractors were selected:

- **Project management** (Projektsteuerung): VÖSSING INGENIEURE, Schüßler-Plan Consortium.
- **Geological and hydrogeological expert services** (Gutachterleistungen in Fachgebieten Geologie, Hydrogeologie und Geotechnik): Consortium of companies DR. SPANG, ILF Consulting Engineers Innsbruck, subcontractor 3G Consulting Engineers s.r.o.
- **Geological and hydrogeological support services in the cross-border planning space, the New railway connection (NRC) Dresden – Prague** (Geologische und Hydrogeologische Unterstützungsleistungen im gemeinsamen Planungsraum, NBS DD-Prag): BAUGRUND DRESDEN Consortium with the support of experts from the Czech Republic.
- **Technical support during the course of construction of tunnels** (Tunnelbautechnische Unterstützung): Consortium formed by IMM Maidl & Maidl and Euro Final (Czech Republic) with an expert from the Czech Republic.
- **Project preparation:** Consortium formed by ILF Consulting Engineers Innsbruck (the leader), Bung Ingenieure, iC Consulente, Valbek and Prodex.

As part of the individual exploration campaigns, the first deep cored boreholes have already been carried out and subsequent geophysical and hydrogeological tests are underway on the German side (see Fig. 3) and a tender for another 15 deep boreholes is in progress, with the assumption for drilling operations to begin in November 2021. On the Czech side, tender proceedings are currently being prepared (09/2021) for the selection of a contractor for survey work for the entire section from the state border to Ústí nad Labem. The assumption for the end of the tender proceedings is the end of the year, or until 1/2022, with the subsequent commencement of the construction operations.

3. SYNOPTIC GEOLOGICAL SITUATION

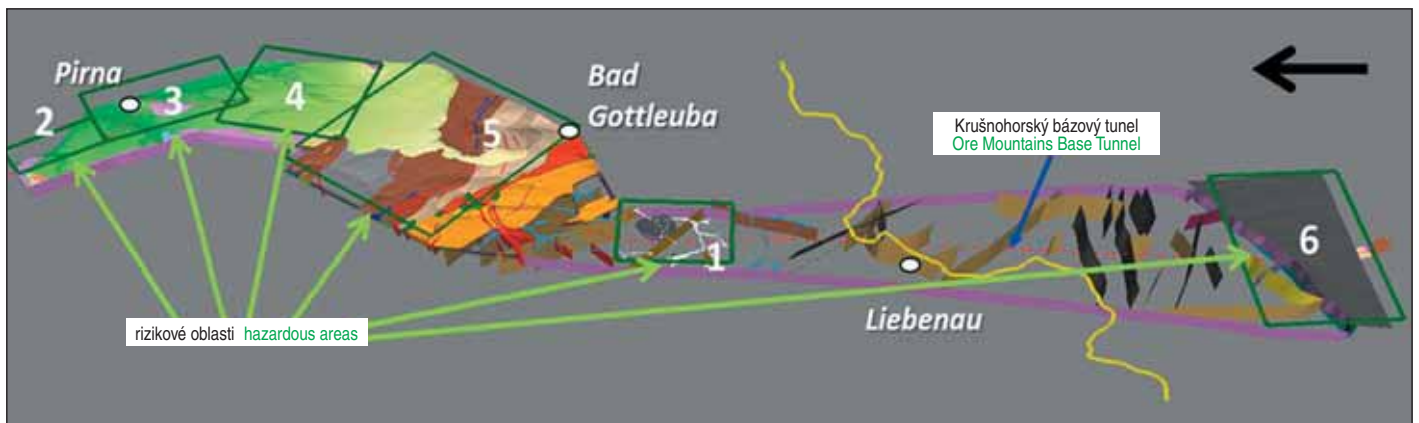
A small deviation for the opening. Under the article informing about the selection of the designer, contained in the internet version of one newspaper, the following commentary attracts interest in the discussion: “The cross-border tunnel under the Ore Mountains is geologically and technologically terribly simple: simply granite, into which a hole is blasted, and its internal surface is covered with some shotcrete. But the tunnel under the Czech Middle Mountain Range will be the most complicated thing that can be imagined...”

But the situation is actually a little different.

It is true that a large part of the route will run through relatively high-quality rock types of the Ore Mountains crystalline complex (mostly gneiss), where no major geotechnical problems can be expected. The tunnels will be driven here using TBMs. Nevertheless, there are numerous geotechnically hazardous points along the entire length of the route, and these are not just rather narrow fault zones, but zones up to several kilometres long.

Six geotechnically hazardous areas, which will be the main goal of other more detailed surveys, were selected already in the previous stages (see fig. 4). They comprise the following areas:

- the Elbe Gneiss Mountain range (Elbtalschiefergebirge);
- the Börnersdorf structure, (probably a maar structure), an up to several hundred metres deep, funnel-shaped formation, which



zdroj: ČGS – IJULG – 3G, prezentace PS 2019 Praha source: CGS – IJULG – 3G, presentation PS 2019 conference Tunnels and Underground Construction Prague

Obr. 4 Přehled rizikových oblastí v trase
Fig. 4 List of hazardous areas on the route

- oblast Petrovice – Döbra spolu s diatrérou Špičák;
- pásmo krušnohorského zlomu;
- oblast mezi krušnohorským zlomem a portálem, situovaná v okrajové části podkrušnohorské pánve;
- za potenciálně rizikové pak je nutno považovat i zóny příčných údolí, souvisejících se zlomovými pásmo.

Předpokládaný sled jednotlivých horninových typů zastížených tunelem je ve směru SRN → ČR zhruba následující:

SRN:

- křídové horniny, pískovce a slínovce;
- droby (západolužické poruchové pásmo);
- bazické vulkanity;
- droby, slepence, poruchové pásmo Donnerberg;
- bazické vulkanity;
- fylity, jílovité břidlice, proniky granitů;
- poruchové pásmo, chloritické ruly, granity, mylonitizováno, tektonicky porušeno, Středosaské nasunutí;
- ruly, částečně tektonicky porušené;
- ruly, východně od trasy se nachází struktura Börnersdorf, které se trasa již od úvodních fází projektu vyhýbá;
- zóna Petrovice – Döbra (tektonické pásmo, mylonitizované horniny, výrazné žíly křemene, fluoritu a barytu), hraniční část trasy.

ČR:

- bazalty, ruly s proniky bazaltů (pásmo diatrémy Špičáku);
- ruly, místy tektonicky porušené s proniky aplitů, granitických hornin a místy i vulkanitů;
- pásmo krušnohorského zlomu, tektonicky porušené ruly, kaolinicky zvětralé ruly, křídové pískovce a slínovce;
- křídové horniny, pískovce, slínovce;
- vulkanické horniny, bazalty a bazaltová pyroklastika;
- terciérní výplň pánve, podložní jíly a jílovce, pyroklastika;
- ekvivalent slojového souvrství, písky, jílovité písky až jíly, uhelné jíly a jílovce, uhelné slojky pravděpodobně pouze v omezeném rozsahu, pokud vůbec;
- pyroklastika;
- v mělkém portálovém úseku pak kvartérní sedimenty, převážně charakteru hlín, písků, šterků s postupným nárůstem velikostí valounů směrem k úpatí; zde pak směs materiálů proluviálních dejekčních kuželů s valouny a bloky vulkanitů.

Tento výčet horninových typů je uveden jako předběžný přehled, bez specifikace rozsahu a dalších prostorových parametrů. Přesnější údaje bude možné uvádět po definitivní stabilizaci trasy a vyhodnocení do té doby provedených průzkumů.

was subsequently filled with younger (mostly) cretaceous sediments;

- the Gottleubatal valley;
- the Petrovice – Döbra area with the Špičák diatreme;
- the Ore Mountains fault zone;
- the area between the Ore Mountains fault and the portal, located in the peripheral part of the basin under the Ore Mountains;
- transverse valley zones related to fault zones must also be considered potentially hazardous.

The expected sequence of individual rock types encountered in the tunnel in the direction of Germany → the Czech Republic is roughly as follows:

Germany:

- cretaceous rock types, sandstone and marlstone;
- greywacke, (West Lusatian fault zone);
- basic volcanic rocks;
- greywacke, conglomerates, the Donnerberg fault zone;
- basic volcanic rocks;
- phyllite, clayey shale, granitic intrusions;
- fault zone, chloritic gneiss, mylonitised, tectonically faulted, Middle-Saxony thrust faults;
- gneiss, partially tectonically faulted;
- gneiss, the Börnersdorf structure is located east of the route, it has been avoided by the route since the initial phases of the project;
- the Petrovice – Döbra zone (tectonic zone, mylonitised rock types, distinct veins of quartz, fluorite and barite), border part of the route.

Czech Republic:

- basalt, gneiss with basalt intrusions (Špičák diatreme zone);
- gneiss, locally tectonically faulted with aplite intrusions, granitic rock types and locally even volcanic rocks;
- Ore Mountains fault zone, tectonically faulted gneiss, kaolinically weathered gneiss, cretaceous sandstone and marlstone;
- cretaceous rock types, sandstone, marlstone;
- volcanic rocks, basalt and basalt pyroclastic materials;
- tertiary filling of the basin; underlying clay and claystone, pyroclastic materials;
- equivalent series of coal seams, sand, clayey sand up to colliery clay and claystone, thin coal seams probably only to a limited extent, if any;
- pyroclastic materials;
- in the shallow portal section, there are Quaternary sediments, mostly with the character of loam, sand, gravel with the size of

3.1 Předpokládaná geologická stavba českého portálového úseku

Portál je z geologického pohledu situován do okrajové části tzv. teplicko-chabařovické části uhelné pánve, přímo pak na její absolutní, severovýchodní okraj. Severovýchodně a východně se nachází v minulosti těžené separátní pánvičky Žandovská (Varvažovská) a Úžinská (povrchové doly Gustav a Antonín Zápotocký). Tyto pánvičky jsou odděleny morfologicky výrazným, vulkanickým hřbetem směru cca SZ–JV, někdy označovaným jako Chlumecko-Střezovský hřbet. Tato pozice je zásadní z hlediska geotechnických podmínek, jednotlivých etap průzkumu a projektu jako celku.

Geologicky je portál tunelu a navazující úsek ke Krušným horám situován do oblasti, kde není vyvinuta hnědouhelná sloj. Pokud se zde sloj nachází, tak pouze ve formě málo mocných, nepravidelných poloh.

Tato odlišnost je způsobena rozdílnými sedimentačními podmínkami, kdy na rozdíl od centrálních částí uhelné pánve (v širším smyslu) zde nedošlo k usazování rostlinných zbytků umožňujících vznik uhelné sloje. Souvrství, která stratigraficky zastupují uhelnou sedimentaci, jsou nahrazena písky, jílovitými písky až písčitymi jíly, místy pak polohami jílu s obsahem organické hmoty. Na některých (v době sedimentace se vyskytujících v příbřežních zónách) jsou usazeny i relativně vytríděné písky, někdy označované jako příbřežní.

Obecně je podložní souvrství v této okrajové části pánve (ve vztahu k sloji, či ekvivalentu sloje) tvořeno tzv. vulkanodetritickým souvrstvím. Jde převážně o splachy z vulkanitů tzv. hlavní vulkanické série a předterciérních hornin.

Zde se jedná zejména o tufitické, kaolinické, vápnité a sideritické jíly a jílovce. Toto souvrství bude pravděpodobně zastíženo v úvodu trasy tunelu.

Na podložní souvrství navazuje sedimentace jílu a jílovců, zde postupně přecházející do již zmíněné sedimentace ekvivalentu slojového souvrství.

Nadložní souvrství je zde tvořeno kombinací jílovitých sladkovodních sedimentů s příměsí splachů z vulkanických hornin, převážně tedy jílovitě rozložené tufy spolu s proniky pevných bazických nefelinitů.

Tento vrstevní sled je zakryt směsí proluviálních a deluviálních sedimentů, které již vzhledem ke své poloze nemají z hlediska provádění tunelu zásadní význam.

Z toho vyplývají dvě zásadní skutečnosti. Jednak zde není prostředí narušeno historickou těžbou uhlí, na druhé straně zde však na rozdíl od blízkého okolí neprobíhaly zásadnější průzkumné práce. V porovnání s jinými oblastmi pánve lze s nadsázkou říci, že je zde z hlediska vrtné prozkoumanosti „bílé místo“ na mapě. Výjimkou jsou mělké a pro účel projektu v podstatě málo využitelné inženýrsko-geologické vrty pro zakládání staveb v okolí, jejichž hloubka většinou nepřesahuje 10 m. Přičemž z jejich popisu je většinou jasný pouze typ zeminy případně horniny. Stratigrafické zařazení však bývá v některých případech s velkou pravděpodobností nesprávné.

V bližším okolí portálu tunelu se přesto nachází několik hlubokých strukturních vrtů. Např. vrt RPZ-39A (JZ okraj Chlumce) s hloubkou 640 m, jehož zhlaví se nachází na úrovni 239,57 m n. m. Vrt tedy dosahuje do úrovně –400,43 m n. m. Popis jeho profilu, zejména při porovnání s dalšími hlubokými vrty v okolí, však přináší zejména celou řadu otázek o strukturní stavbě lokality. V úvodní části zachycuje komplex vulkanických hornin mladší vulkanické fáze na konci terciéru (bazalty, brekcie a tufitické horniny až zeminy). Následuje komplex křídových hornin a následně krystalinikum.

Ve vztahu k trase jsou zásadní tyto informace:

- nejsou zachyceny sedimenty typické pro pánev výplň (jíly, jílovce, uhelné souvrství, podložní jíly a jílovce);

boulders gradually increasing in the direction of the base of the slope; here there is a mixture of materials of proluvial washout cones with boulders and volcanite blocks.

This list of rock types is presented as a preliminary overview, without specification of the range and other spatial parameters. It will be possible to provide more accurate data after the final stabilisation of the route and evaluation of the surveys conducted so far.

3.1 Assumed geological structure of the Czech portal section

From a geological point of view, the portal is located in the marginal part of the so-called Teplice – Chabařovice part of the coal basin, directly on its absolute north-eastern edge. To the northeast and east, there are the formerly mined separate small basins Žandov (Varvažov) and Úžín (open cast mines Gustav and Antonín Zápotocký). These small basins are separated by a morphologically significant, volcanic ridge in the NW–SE direction, sometimes referred to as the Chlumecko–Střezov ridge. This position is crucial in terms of geotechnical conditions, individual stages of the survey and the project as a whole.

In terms of geology, the portal and the adjoining section to the Ore Mountains are located in an area where no brown coal seam has been developed. If the seam exists here, then it is only in the form of little thick, irregular layers.

This difference is caused by different sedimentation conditions, when, in contrast to the central parts of the coal basin (in a broader sense), there was no deposition of plant residues enabling the formation of a coal seam. The series of strata that stratigraphically represent coal sedimentation are replaced by sand, clayey sand to sandy clay, and locally by clay layers containing organic matter. Relatively sorted sands, sometimes referred to as coastal sands (originated at the time of sedimentation in coastal zones) are also deposited in some strata.

In general, the underlying series of strata in this peripheral part of the basin (in relation to the seam, or the equivalent of the seam) are formed by the so-called vulcanodetritic series of strata. These are mainly washout materials from volcanic rocks of the so-called main volcanic series and pre-Tertiary rock types.

These are mainly tuffitic, kaolinitic, calcareous and sideritic clay and claystone. This series of strata is likely to be encountered at the beginning of the tunnel route.

The underlying series of strata is followed by sedimentation of clay and claystone, here gradually passing to the above-mentioned sedimentation of the equivalent of the series of coal seams.

The overlying series of strata here is formed by a combination of clayey sediments together with sediments related to the younger volcanic phase, predominantly clayey tuffs together with penetrations of solid basic nephelinite.

This sequence of layers is covered by a mixture of proluvial and deluvial sediments, which, due to their position, are no longer of fundamental importance as far as the tunnel construction is concerned.

Two fundamental facts follow from this. On the one hand, the environment is not disturbed by historic coal mining, but on the other hand, in contrast to the surrounding area, no major exploration operations have taken place here. Compared to other areas of the basin, it is possible to say with some exaggeration that there is a “white spot” on the map in terms of the results of the exploratory drilling. Exceptions are the shallow and for the purpose of the project basically little usable engineering

- vrt je vzdálen 200–300 m od variant tras;
- mocnost vulkanického komplexu je cca 100 m;
- mocnost křídového souvrství je 270 m;
- krystalinikum je zastíženo na úrovni –131,1 m n. m., přičemž cca 880 m vzdušnou čarou je již krystalinikum na úrovni +330 m n. m.;
- výškový rozdíl povrchu krystalinika tak na vzdálenosti 880 m činí přibližně 460 m, tato změna přitom probíhá kaskádovitě v podstatě po linii odpovídající podélnému řezu trasou.

Při interpretaci dokumentace vrtů v příčném směru na trasu se zahrnutím dalších hlubších vrtů lze získat podobný obraz geologické stavby. Tedy vzájemné výškové oddělení jednotlivých horninových bloků zlomy příčnými na krušnohorský zlom. Pouze některé vrty již zastihují pánevní výplň.

Nejpravděpodobnějším vysvětlením je pak existence zlomů jak paralelních s krušnohorským zlomem, tak zlomů příčných. Tyto zlomy jsou znázorněny v různých geologických mapách, ale jejich poloha, četnost a průběh jsou většinou velice orientační. Některý z příčných zlomů by teoreticky mohl probíhat ve směru prakticky totožném s trasou. Výrazná mocnost vulkanitů ve vrtu RPZ-39A pravděpodobně souvisí s jeho blízkostí k vulkanickému hřbetu. V dalších vrtech již nejsou vulkanity takových mocností zastíženy.

Složité geologické stavby pak dokumentuje vrt GU 116/61 (hloubka 27 m, zhlaví 240,4 m n. m.). Tento vrt je vzdálen 300 m SV od vrtu RPZ-39A, tedy ještě ve větší blízkosti k vulkanickému hřbetu. Pod 7,2 m nadložních jílu zachycuje 1 m mocnou uhelnou sloj, podložní jíly, a až následně vulkanické tufy a bazalt. Na některých starších interpretacích polohy uhelné sloje je pak pravděpodobně z důvodu tohoto vrtu interpretován úzký výběžek uhelné sloje směřující k SV. Stejně tak se může jednat o ojedinělý výskyt či relikt (obr. 5).

Průběh výchozu znázorněný na obr. 5 vychází pravděpodobně z interpretace starších vrtů, tedy GU 115 a 116 z roku 1961. Přičemž i vrtem GU 115 byl zastížena pouze uhelná jíl s organickými zbytky. S vulkanity, zejména velice pevnými bazaltoidy (obr. 6), je však nutné počítat prakticky na celém úseku trasy. Jednak jsou v různém rozsahu znázorněny v geologických mapách, ale jejich přítomnost byla i ověřena během mapování. Rovněž je velmi pravděpodobné, že jsou na mnoha místech zakryty mocnou polohou kvartérních sedimentů, tyto se však nacházejí výrazně nad niveletrasy. Pokud budou zastíženy, pak pravděpodobně pouze v úvodní hloubené části.

Jak již bylo uvedeno, vrt RPZ-39A zastihl i 270 m mocné křídové souvrství. Jílovité prachovce, jílovce, jemně písčité prachovce a pískovce. Toto souvrství je rovněž tektonicky dislokováno a v blízkosti krušnohorského zlomu pravděpodobně vystupuje k blízkosti povrchu, přičemž je jeho mocnost redukována. Západně i východně od trasy jsou nejen popsány, ale byly i dokumentovány výchozy. V blízkosti trasy však nebyl během mapování s jistotou žádný výskyt křídových hornin ověřen.

Výjimkou byl ojedinělý fragment střednězrného pískovce, který byl nalezen západně od žel. zastávky Chlumec, v nadmořské výšce cca 365 m n. m. (obr. 7). Tato úroveň je však již výrazně nad očekávanou vý-

škovou geologických vrtů pro zakládání budov v této oblasti, hloubka, která obvykle nepřesahuje 10 m. Pouze typ půdy nebo horniny je obvykle jasně popsán. Nicméně, stratigrafická klasifikace je v některých případech nejpravděpodobněji nesprávná.

Přestože to tak není, existuje několik hlubokých strukturálních vrtů v blízkosti portálu. Například, 640 m hluboký vrt RPZ-39A (západní okraj Chlumce), jehož hlava je umístěna v nadmořské výšce 239,57 m. Vrt tedy dosahuje úrovně –400,43 m. Nicméně, popis jeho profilu, zejména v porovnání s jinými hlubokými vrty v této oblasti, vyvolává řadu otázek o struktuře lokality. V počáteční části popisuje složitý komplex vulkanických horninových typů mladší vulkanické fáze na konci terciárního útvaru (bazalt, breccie a tuffitické horniny až po půdy). To je následováno komplexem křídových hornin a poté krystalinickým komplexem.

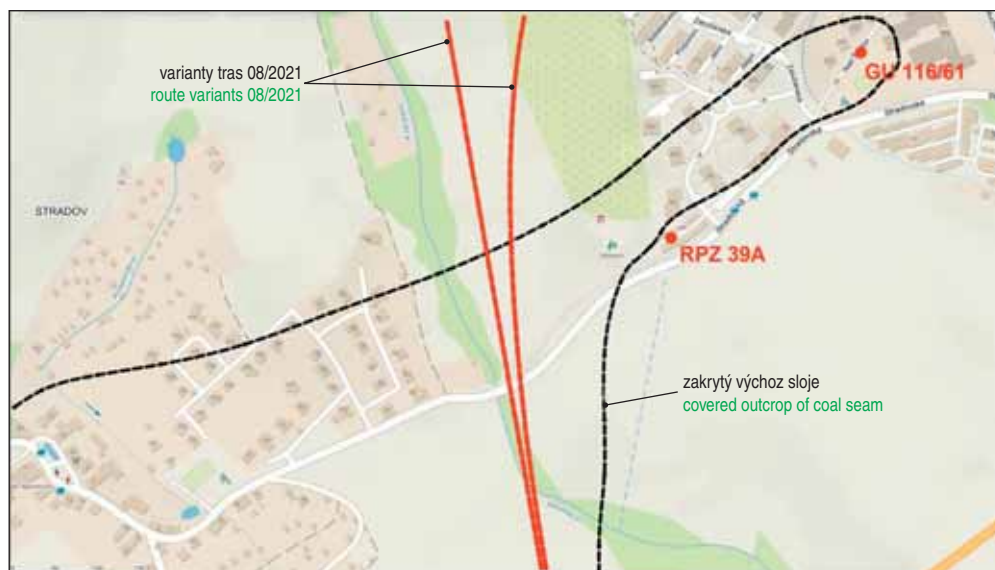
Následující informace jsou fundamentální vztahem k trase:

- sedimenty typické pro naplnění pánve (hliny, jílovce, uhlí, série strata, podléhající jílovce a jílovce) nejsou popsány;
- vrt je umístěn 200–300 m od variant tras;
- tloušťka vulkanického komplexu činí asi 100 m;
- tloušťka křídových vrstev činí 270 m;
- krystalinický komplex je nalezen na úrovni –131,1 m n. m., s krystalinickým komplexem nalezeným v vzdálenosti asi 800 m od vrtu, přičemž je již v úrovni +330 m n. m.;
- rozdíl výškové úrovně povrchu krystalinického komplexu je tedy asi 460 m v vzdálenosti 880 m; tato změna probíhá podstatně podél čáry odpovídající podélnému řezu trase.

Při interpretaci dokumentace vrtů v příčném směru na trasu se zahrnutím dalších hlubších vrtů lze získat podobný obraz geologické stavby, tj. vzájemné výškové oddělení jednotlivých horninových bloků zlomy příčnými na krušnohorský zlom. Pouze některé vrty již zastihují pánevní výplň.

Nejpravděpodobnějším vysvětlením je pak existence zlomů jak paralelních s krušnohorským zlomem, tak zlomů příčných. Tyto zlomy jsou znázorněny v různých geologických mapách, ale jejich poloha, četnost a průběh jsou většinou velice orientační. Některý z příčných zlomů by teoreticky mohl probíhat ve směru prakticky totožném s trasou. Výrazná mocnost vulkanitů ve vrtu RPZ-39A pravděpodobně souvisí s jeho blízkostí k vulkanickému hřbetu. V dalších vrtech již nejsou vulkanity takových mocností zastíženy.

Složité geologické stavby pak dokumentuje vrt GU 116/61 (hloubka 27 m, zhlaví 240,4 m n. m.). Tento vrt je vzdálen 300 m SV od vrtu RPZ-39A, tedy ještě ve větší blízkosti k vulkanickému hřbetu. Pod 7,2 m nadložních jílu zachycuje 1 m mocnou uhelnou sloj, podložní jíly, a až následně vulkanické tufy a bazalt. Na některých starších interpretacích polohy uhelné sloje je pak pravděpodobně z důvodu tohoto vrtu interpretován úzký výběžek uhelné sloje směřující k SV. Stejně tak se může jednat o ojedinělý výskyt či relikt (obr. 5).



upraveno podle J. Růžičky 1970, podklad www.mapy.cz, modified according to J. Růžička 1970, source www.mapy.cz

Obr. 5 Přibližná poloha výchozu sloje zakryté kvartérními sedimenty

Fig. 5 Approximate location of the outcrop of the coal seam covered with Quaternary sediments



Obr. 6 Bazalt zastížený na jednom z dokumentačných bodů 04/2021
Fig. 6 Basalt encountered on one of documentation points 04/2021



Obr. 7 Pískovec, dokumentační bod DB_02, 400 m ZSZ od železniční stanice Chlumec 04/2021

Fig. 7 Sandstone, documentation point DB_02, 400m WNW from Chlumec intermediate station 04/2021

chozovou linií křídý. Mimo tento výskyt byly v okolí zachyceny již pouze ruly. Možným a jednoduchým vysvětlením je náhodný transport tohoto úlomku. Druhým vysvětlením je možná souvislost s fosilním sesuvem horninového bloku krystalinika a křídý. Tato lokalita spadá do předpokládaného kerného sesuvného území v oblasti Chlumec – Krupka – Přítkov. Tato možnost však díky pozici mimo výskyt uhelné sloje nebyla doposud ověřena (Zmítko, 1983).

Kerné sesuvy jsou však dokumentovány cca 2,5 km severovýchodně při okrajích Žandovské pánvičky a byly dostatečně ověřeny a dokumentovány. Postihují jak pískovce, tak i slínovce. Charakter těchto kerných sesuvů je zřejmý z řezů na obr. 8 a 9.

3.2 Předpokládaná geologická stavba v oblasti krušnohorského zlomu

Krušné hory jsou od podkrušnohorské pánve odděleny pásmem tzv. krušnohorského zlomu. Jde o zlomové pásmo, které má v místě trasy průběh ve směru cca 240–60°, tedy JZ–SV. Ve větším měřítku se směr zlomu lokálně mění až na směr Z–V. Zlom je narušen řadou příčných zlomů způsobujících zazubení jeho průběhu.

Hlavní zlom bývá zpravidla doprovázen dalšími zlomy se zhruba stejným průběhem, z nichž některé mají „opačný“ sklon. V místě trasy je někdy uváděn zlom související s krušnohorským, který se

frekvence a směru jsou obvykle velmi orientované. Některé z příčných zlomů by teoreticky mohly běžet v směru prakticky totožném s trasou. Významná tloušťka vulkanických hornin v RPZ-39A vrtu je pravděpodobně související s blízkostí vulkanického hřbetu. V jiných vrtu, vulkanických hornin s takovou tloušťkou se již neobjevují.

Složitost geologické stavby je dále dokumentována vrtu GU 116/61 (hloubka 27 m, hlava 240,4 m n. m.). Tento vrt je umístěn 300 m NE od vrtu RPZ-39A, což znamená, že je ještě blíže k vulkanickému hřbetu. Pod 7,2 m překryjící jíly, narazí na 1 m tloušťkou vrstvu uhlí, pod ní jíly a následně vulkanické tufy a bazalt. V některých starších interpretacích polohy vrstvy uhlí, NE-směřující úzká projekce vrstvy uhlí je pravděpodobně interpretována díky tomuto vrtu. Nicméně, může se jednat o vzácnou výskyt nebo relikvii (viz obr. 5).

Směr výskytu zobrazený na obr. 5 je pravděpodobně založen na interpretaci starších vrtů, tj. GU 115 a GU 116 z roku 1961. Fakt je, že i vrtu GU 115 narazil pouze na uhlí s organickými zbytky. Nicméně, vulkanické horniny, zejména velmi silné bazaltoidy (obr. 6), musí být brány v úvahu prakticky podél celé trasy. Na jedné straně, jsou známy v různých stupních geologických mapách, ale jejich přítomnost byla také ověřena během mapování. Je také velmi pravděpodobné, že v mnoha místech jsou pokryty tloušťkou kvartérních sedimentů, ale tyto jsou umístěny výše než úroveň trasy. Pokud jsou narazeny, budou pravděpodobně jen v počáteční části výskytu.

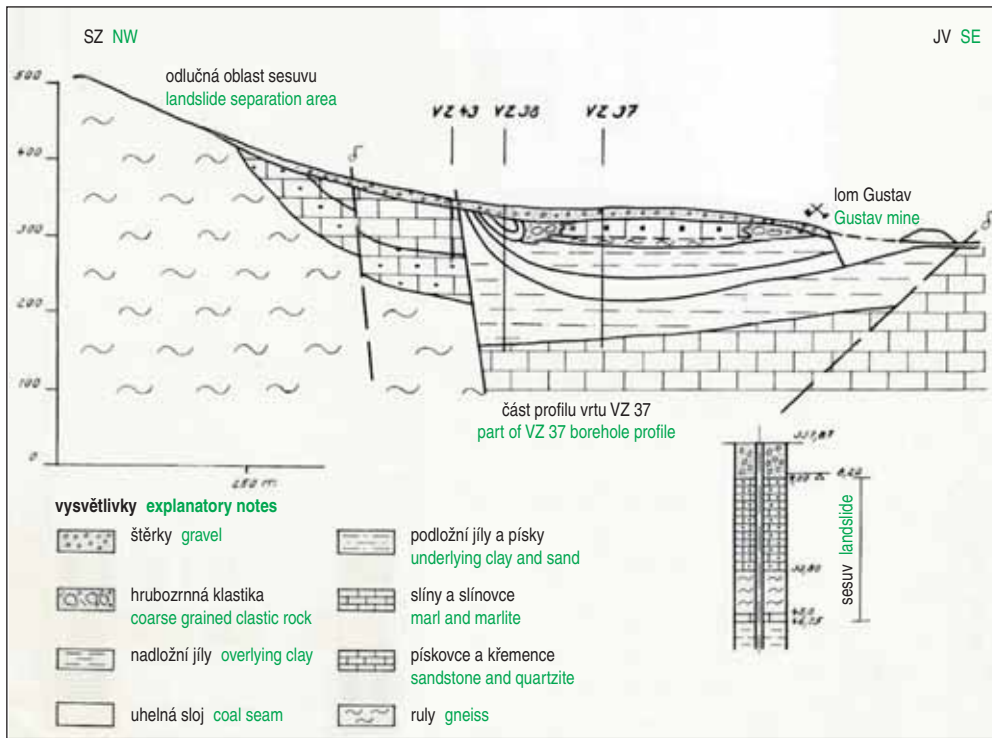
Jak bylo zmíněno výše, vrtu RPZ-39A narazil na 270 m tloušťkou křídý vrstvy strata. Jílovitý jílovec, jílovec, jemně písčité jílovec a pískovec. Tato vrstva strata je tectonicky dislokovaná a pravděpodobně stoupá blíže k povrchu u Ore Mountains fault, zatímco její tloušťka je snížena. Západně a východně od trasy nejsou jen popsány, ale výskyt byl také dokumentován. Nicméně, výskyt křídý horninových typů nebyl s jistotou ověřen v blízkosti trasy během mapování.

Excepcí byla jediná část středně zrnitého písčitého jílovec, která byla nalezena západně od Chlumec střední železniční stanice, v nadmořské výšce asi 365 m n. m. (viz obr. 7). Nicméně, tato úroveň je již výše než očekávaný výskyt křídý vrstvy strata. Kromě této výskytu, byl v této oblasti detekován pouze jílovec. Možná a jednoduchá vysvětlení je náhodný transport této částky. Další vysvětlení je možná souvislost s fosilním sesuvem bloku krystalinika a křídý horninového bloku. Tato lokalita spadá do předpokládaného kerného sesuvného území v oblasti Chlumec – Krupka – Přítkov. Nicméně, tato možnost nebyla doposud ověřena kvůli poloze mimo výskyt vrstvy uhlí (Zmítko, 1983).

Nicméně, blok sesuvy jsou dokumentovány přibližně 2,5 km severovýchodně na okrajích malé Žandovské pánvičky a byly dostatečně ověřeny a dokumentovány. Postihují jak pískovce, tak i slínovce. Charakter těchto blok sesuvů je zřejmý z řezů na obr. 8 a 9).

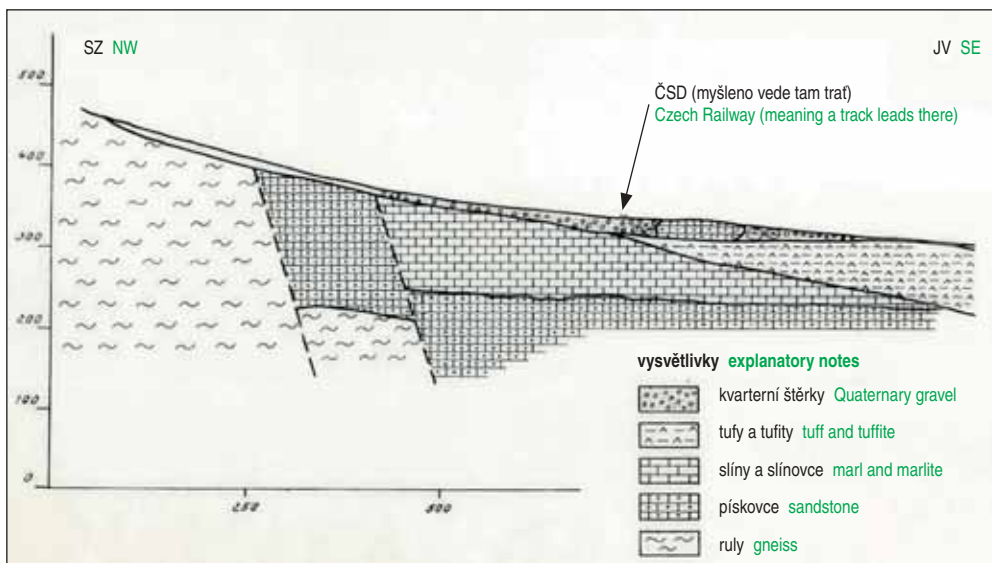
3.2 Assumed geological structure in the area of the Ore Mountains fault

Ore Mountains jsou odděleny od pánve pod Ore Mountains fault. Je to zlomová zóna s směrem hlavy asi 240–60°, tj. SW–NE, v místě trasy. Na větší měřítku, trend se mění lokálně až na W–E trend. Zlom je narušen několika



zdroj: Zmítka 1983 source: Zmítka 1983

Obr. 8 Profil kerným sesuvem na lokalitě Gustav
Fig. 8 Section through block slide in Gustav locality



zdroj: Zmítka 1983 source: Zmítka 1983

Obr. 9 Kerný sesuv křídových pískovců severně od Žandova
Fig. 9 Block slide of cretaceous sandstone north of Žandov

v oblasti Unčína odděluje od hlavního zlomu a pokračuje do oblasti Chlumce.

Příčné zlomy v zájmové oblasti probíhají ve směru JJV–SSZ, směrem k Telnici se jejich směr postupně mění až na Z–V, v podstatě tvoří jakýsi vějíř. Průběhu příčných zlomů pak odpovídají i směry hluboce zaříznutých údolí.

Charakter zlomového pásma lze v tuto chvíli pouze odvozovat z poznatků získaných na jiných místech Krušných hor.

Nejlépe bylo pásmo krušnohorského zlomu zastíženo při ražbě štol v předpolí povrchového velkolomu ČSA v oblasti pod zámek Jezeří. Přibližná shoda je zde v litologickém složení a částečně i morfologii svahu Krušných hor. Sklon svahů Krušných hor v těchto oblastech patří spolu s oblastí Oseka k nejstrmějším a dosahuje průměrně 20–30°, místy až 40°.

transverse faults causing indentation in its course.

The main fault is usually accompanied by other faults with approximately the same course, some of which have an “opposite” dip. In the location of the route, there is sometimes a fault related to the Ore Mountains Fault, which in the Unčín area separates itself from the main fault and continues to the Chlumec area.

Transverse faults in the area of interest run in the SSE–NNW direction; towards Telnice their direction gradually changes to E–E, basically forming a kind of a fan. The courses of transverse faults then correspond to the directions of deeply cut valleys.

At the moment, the character of the fault zone can only be deduced from the knowledge gained in other places in the Ore Mountains.

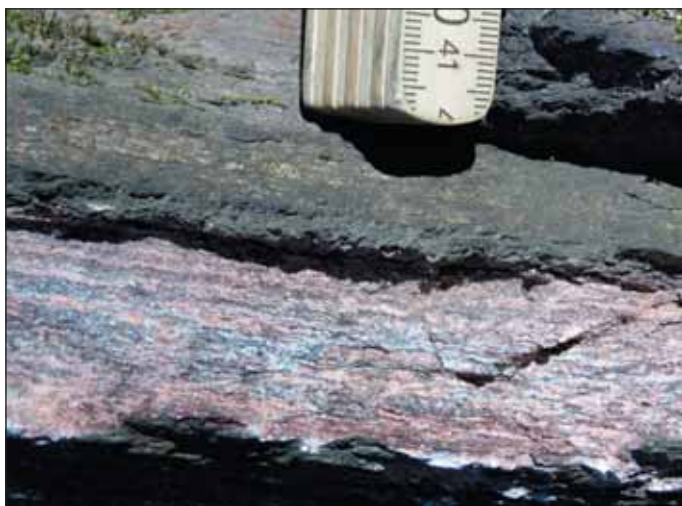
The zone of the Ore Mountains Fault was best encountered during the excavation of galleries in front of the ČSA large open cast mine in the area below the Jezeří chateau. The approximate agreement here is in the lithological composition and partly even in the morphology of the Ore Mountains slope. The slope of the Ore Mountains in these areas, together with the Osek area, is one of the steepest and reaches an average of 20–30°, sometimes up to 40°.

The Jezeří locality is 35km away from the portal area, so it is possible to accept some of the information obtained here as a preliminary idea, but it is definitely not possible to expect a greater agreement between these places.

The most probable is the transition from Cretaceous rock types (sandstone) to the zone of fractured, altered and sometimes kaolinitically decomposed gneiss. The width of this zone can be assumed to be in the interval of about 150–400m. Then there will be a transition to a hard rock environment.

The degree of failure is usually so significant that samples taken from this environment are classified in laboratories as soils. In addition to the fault zone itself, the surface of the crystalline complex under Cretaceous or Tertiary sediments is also affected by kaolinitisation and alteration.

The hydrogeological properties of the fault zone can also be problematic. Increased permeability can be expected in places where the rock is only crushed and not decomposed by weathering processes. On the contrary, in sections affected by intense deep alterations (kaolinitisation), the fault zone can fulfil the function of a hydrogeological barrier, behind which water rises (Rybář, 1983).



Obr. 10 Páskované ortoruly v bodě DB_07, 04/2021
Fig. 10 Banded orthogneiss at point DB_07, 04/2021



Obr. 11 Aplit, pegmatit v bodě DB_24, 04/2021
Fig. 11 Aplite, pegmatite at point DB_24, 04/2021

Lokalita Jezeří je od portálové oblasti vzdálena 35 km, je tedy možné některé zde získané informace přijmout jako předběžnou představu, rozhodně však nelze očekávat mezi těmito místy větší shodu.

Nejpravděpodobnější je přechod z křídových hornin (pískovců) do zóny rozpukaných, alterovaných a místy až kaolinicky rozložených rul. Šířku této zóny lze předpokládat v intervalu cca 150–400 m, následně dojde k přechodu do pevného skalního prostředí.

Míra porušení bývá natolik výrazná, že vzorky odebrané z tohoto prostředí jsou v laboratorích klasifikovány jako zeminy. Mimo vlastní zlomové pásmo je kaolinizací a alterací postižen i povrch krystalinika pod křídovými, případně terciárními sedimenty.

Problematické mohou být i hydrogeologické vlastnosti zlomového pásma. V místech, kde je hornina pouze podrcena a není rozložena zvětrávacími procesy, lze očekávat zvýšenou propustnost. Naopak v úsecích postižených intenzivní hlubinou alterací (kaolinizací), může zlomová zóna plnit funkci hydrogeologické bariéry, za kterou dochází ke vzdouvání vody (Rybář, 1983). Tomuto popisu odpovídá i existence několika linií pramenných vývěřů v oblasti zlomového pásma.

3.3 Předpokládaná geologická stavba v oblasti za krušnohorským zlomem

Po průchodu zlomovým pásmem lze předpokládat rychlý přechod do rul krušnohorského krystalinika. Krystalinikum je v oblasti severně od Chlumce tvořeno muskovit-biotitickými, převážně páskovanými ortorulami. Hornina je často jemně provrášněná. Časté jsou výrazně prokřemenělé polohy, místy se pak vyskytují několik cm mocné proužky tvořené živcem a křemenem, které mají převážně narůžovělou barvu (obr. 10).

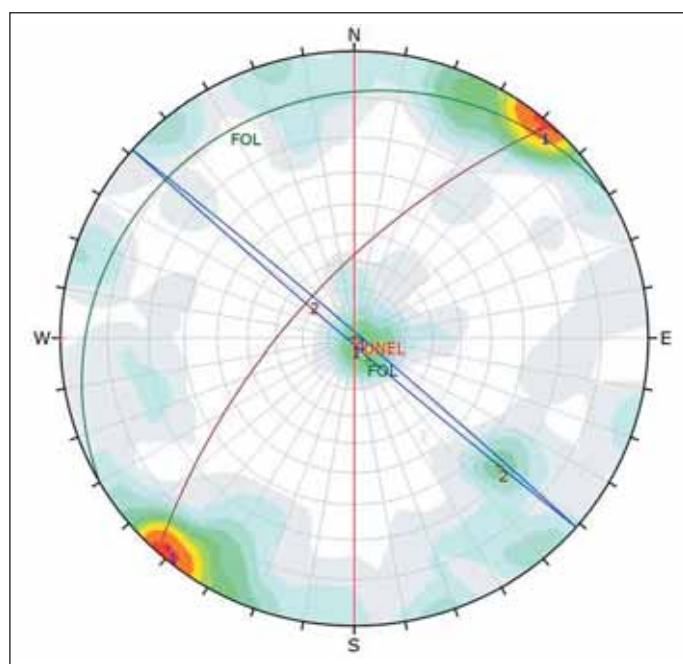
Na některých výchozech jsou výrazné proniky aplitických hornin až pegmatitů. Tvořeny jsou převážně křemenem s menším podílem živců, případně dalších minerálů, slídy, atd. (obr. 11). Horniny zastížené na výchozech jsou převážně zdravé, místy slabě navětrané. Jsou porušeny jedním hlavním systémem diskontinuit, který bývá doplněn většinou dvěma podružnými systémy. Vzdálenost puklin v jednotlivých systémech je zpravidla od 20 cm až do řádu metrů. Jsou zpravidla sevřené, bez výplně. Plochy foliace jsou zřetelné, ale v převážné většině na nich nedochází k rozpadu. Na základě měření orientace diskontinuit na více než 250 bodech lze konstatovat, že krystalinikum severně od Chlumce je jako celek postiženo dvěma hlavními systémy diskontinuit. Výrazně převažuje subvertikální systém s orientací $221^\circ (41^\circ)/88^\circ$, druhý systém má průměrnou ori-

The existence of several lines of springs in the area of the fault zone also corresponds to this description.

3.3. Assumed geological structure in the area behind the Ore Mountains Fault

Rapid transition to the Ore Mountains crystalline complex gneiss can be expected after passing through the fault zone. The crystalline complex in the area north of Chlumec is made up by muscovite-biotite orthogneiss, mostly banded. The rock is frequently slightly undulated. Significantly calcified layers are frequent, in some places there are several cm thick strips formed by feldspar and quartz; their colour is slightly pink (see Fig. 10).

On some outcrops, there are significant penetrations of aplitic rock types to pegmatite. They comprise mainly quartz with a smaller proportion of feldspar, or other minerals, mica, etc. (see Fig. 11). The rock types encountered on the outcrops are mostly fresh, sometimes slightly weathered. They are broken by one



Obr. 12 Nejčastější orientace diskontinuit v krystaliniku severně od Chlumce (Lambertova projekce)

Fig. 12 Most frequent orientation of discontinuities in crystalline complex north of Chlum (Lambert projection)

entaci $312^{\circ}/67^{\circ}$. Ostatní systémy mají již na větší oblasti rozdílné orientace. Naopak foliace má v celé mapované části prakticky shodnou orientaci s průměrem $330^{\circ}/10^{\circ}$ (obr. 12). Z diagramu je zřejmé, že průběh dominantního systému diskontinuit odpovídá orientaci příčných údolí. Zajímavé však je, že ani jedno měření neodpovídá orientaci svahů Krušných hor v místě, respektive krušnohorského zlomu obecně.

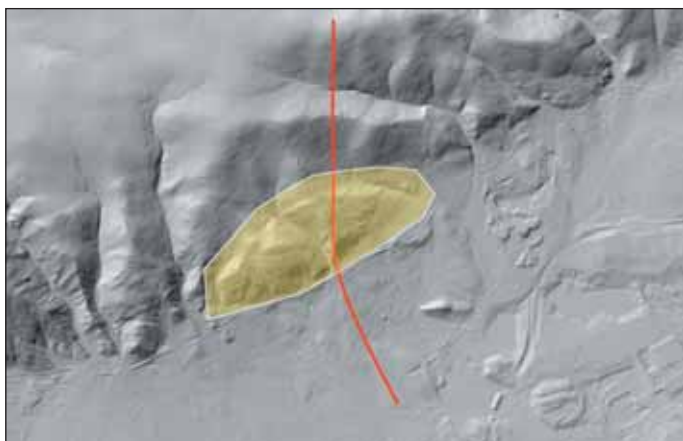
Při porovnávání strukturálních dat s mapovými podklady a následně digitálním modelem terénu (LIDAR), došlo právě na tomto modelu k objevu zřetelné, pro tuto oblast netypické struktury. Tato struktura se svým průběhem zcela odlišuje od v podstatě pravidelného průběhu ostatních morfologických prvků. V podstatě se jedná o depresi (rýhu) kruhového tvaru, která by například v prostředí zemin v menším měřítku indikovala odlučnou hranu sesuvu (obr. 13).

Zde je však výškový dosah horní hrany struktury o cca 200 m vyšší než úpatí svahu a šířka ve spodní části této struktury na úpatí je cca 2,7 km, přičemž se jedná o prostředí krystalinika. Je tedy otázkou, zda se jedná o náhodný tvar způsobený erozí, nebo zda by tato linie indikovala posun bloku krystalinika do pánve. Jak je uvedeno výše, je v této části krušnohorského svahu předpokládána možnost existence fosilního kerného sesuvu.

4. ZÁVĚR

Všechny skutečnosti uvedené v předchozím textu jsou výsledkem studia nejrůznějších archivních dokumentů, vlastních poznatků a několika návštěv okolí trasy, přesto se i bez podrobných terénních prací jeví pro úvodní část Krušnohorského tunelu (riziková oblast 6 dle obr. 4) jako zřejmé následující skutečnosti.

- Geologická stavba úvodní části Krušnohorského tunelu na české části je velmi pestrá a současně prakticky neprozkoumaná.
- Vyskytují se zde horniny se zcela odlišnými a mnohdy velmi nepříznivými geotechnickými parametry.
- Délka tohoto úseku je téměř 2 km.
- Prostředí je zcela určitě narušeno několika výraznými zlomy případně poruchovými pásmy, které probíhají jak příčně k trase, tak i prakticky rovnoběžně s trasou.
- Na těchto zlomech dochází k posunům (skokům) jednotlivých litologických celků v řádech desítek až stovek metrů.
- Přestože se jedná v kontextu celého tunelu o „mělkou“ část trasy, dosahuje výška nadloží v místě přechodu do krystalinika více než 130 m, (což je více, než u většiny tunelů v ČR).
- Bude třeba objasnit skutečnou stavbu jednotlivých stratigraficko-litologických celků a jejich vzájemnou pozici.



zdroj: www.aresgis.com source: www.aresgis.com

Obr. 13 Průběh struktury (přibližně vyznačeno) ve vztahu k trase (červená)
Fig. 13 Course of the structure (marked approximately) in relation to the route (red)

main system of discontinuities, which is usually supplemented by two secondary systems. The joint spacing in individual systems usually ranges from 20cm up to the order of metres. The joints are usually tight, without filling. The foliation surfaces are obvious, but decomposition does not take place on the majority of them. Based on measuring the orientation of discontinuities at more than 250 points, it can be stated that the crystalline complex north of Chlumec as a whole is affected by two main systems of discontinuities. Based on measuring the orientation of discontinuities at more than 250 points, it can be stated that the crystalline complex north of Chlumec as a whole is affected by two main systems of discontinuities. The sub-vertical system with the orientation of $221^{\circ}(41^{\circ})/88^{\circ}$ predominates significantly, the second system has an average orientation of $312^{\circ}/67^{\circ}$. Other systems already have different orientations in larger areas. On the contrary, the foliation has practically the same orientation with the average of $330^{\circ}/10^{\circ}$ in the whole mapped part (see Fig. 12). It is clear from the diagram that the course of the dominant system of discontinuities corresponds to the orientation of the transverse valleys. However, it is interesting that none of the measurements corresponds to the orientation of the Ore Mountains slopes in the place, or the Ore Mountains fault in general.

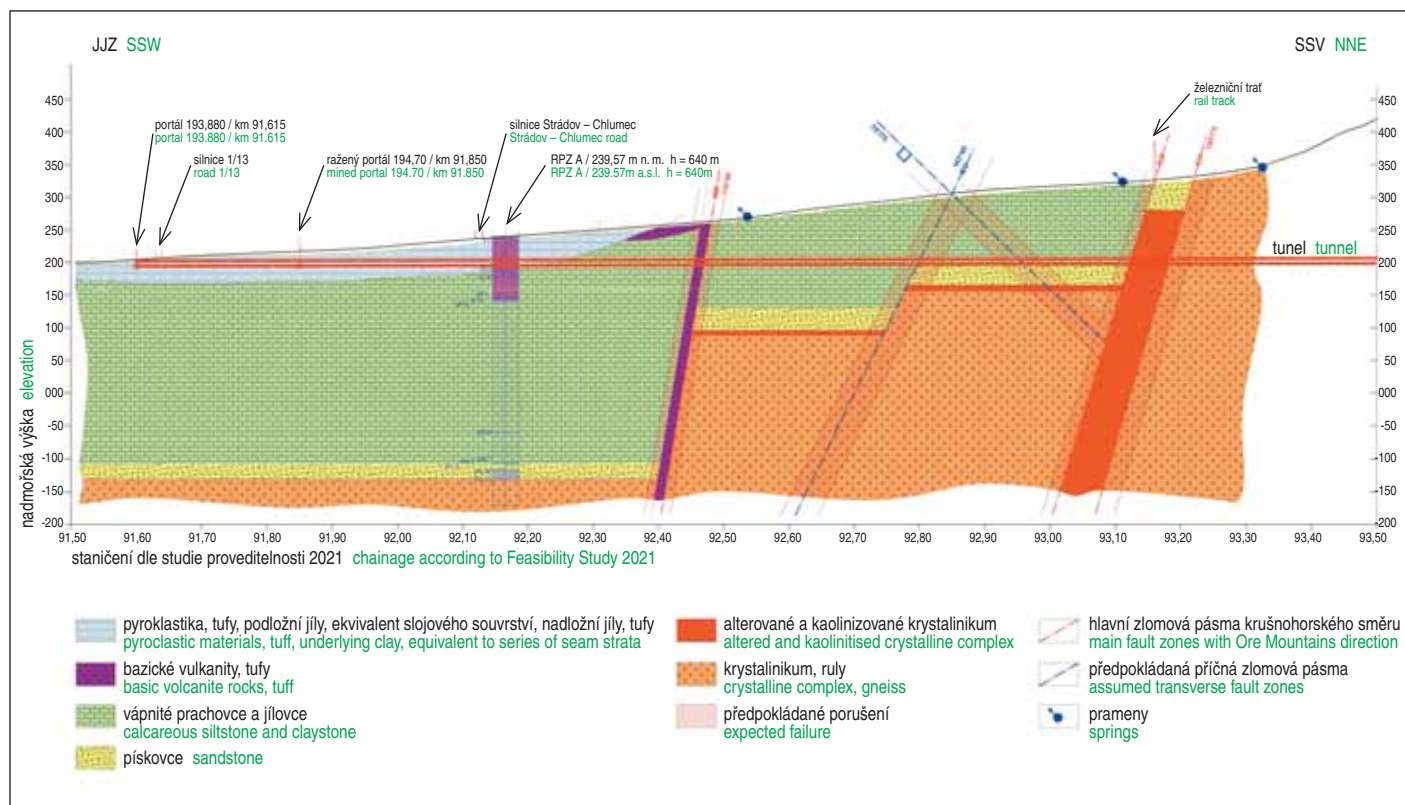
When the structural data was compared with the map data and subsequently with a digital model of terrain (LIDAR), a distinct structure which is not typical for this area was discovered on this model. This structure is completely different in its course from the essentially regular course of other morphological elements. In essence, it is a depression (groove) of a circular shape, which, for example, in a soil environment on a smaller scale would indicate the edge of separation of a landslide (see Fig. 13).

However, here level of the upper edge of the structure is about 200m higher than the foot of the slope and the width in the lower part of this structure at the foot is about 2.7km, and it is the case of a crystalline complex environment. Therefore, the question is whether this is a random shape caused by erosion, or whether this line would indicate a shift of the crystalline complex down to the basin. As mentioned above, the possibility of the existence of a fossil block slide is assumed in this part of the Ore Mountains slope.

4. CONCLUSION

All the facts mentioned in the previous text are result of the study of various archival documents, my own knowledge and several visits around the route, nevertheless, even without detailed field work, the following facts seem to be obvious for the initial part of the Ore Mountains tunnel (risk area No. 6 according to Fig. 4).

- The geological structure of the initial part of the Ore Mountains tunnel in the Czech part is very varied and at the same time virtually unexplored.
- There are there rock types with completely different and often very unfavourable geotechnical parameters.
- The length of this section amounts nearly to 2km.
- The environment is definitely disturbed by several significant faults or fault zones, running both transverse to the route and practically parallel to the route.
- At these faults there are displacements (jumps) of individual lithological units in the order of tens to hundreds of metres.
- Even though it is a “shallow” part of the route in the context of the whole tunnel, the height of the overburden at the point of transition to the crystalline complex reaches over 130m (which is more than in most tunnels in the Czech Republic).



Obr. 14 Předběžný podélný geologický řez portálovou částí
Fig. 14 Preliminary geological section through portal part

- Toto prostředí se vzhledem k výrazné heterogenitě jeví jako nevhodné pro TBM (na rozdíl od navazujícího úseku v krystaliniku).

Jistou představu o možné strukturní stavbě ve vztahu k trase podává schematický podélný řez úvodní české části tunelu (obr. 14). Z hlediska obecné volby průzkumných metod lze v takto složitém prostředí považovat za ideální a zcela opodstatněné realizování vhodně situované průzkumné štoly.

Projekt se nachází teprve na samém počátku a postupně budou vyvstávat další otázky. Je však zřejmé, že se před zpracovateli jednotlivých etap průzkumů nachází řada problémů, se kterými se jinde v ČR nesetkají. Uvedená problematika navíc zahrnuje pouze úvodní část z cca 11,7 km dlouhé české části tunelu. I v navazujícím úseku, který na české straně prochází z velké části krystalinikem a částečně vulkanity, lze očekávat celou řadu problematických míst.

Mgr. JIŘÍ ZMÍTKO,

zmitko@3-g.cz, 3G Consulting Engineers s.r.o.

Recenzoval Reviewed: Ing. Otakar Krásný

- It will be necessary to clarify the actual structure of individual stratigraphic-lithological units and their mutual position.
- Due to the significant heterogeneity, this environment appears to be unsuitable for TBMs (unlike the following section in the crystalline complex).

A schematic longitudinal section through the initial Czech part of the tunnel gives a certain idea of a possible geological structure in relation to the route (see Fig. 14). From the point of view of the general choice of exploration methods, it can be considered as an ideal and completely justified implementation of a suitably situated exploration gallery in such a complex environment.

The project is only at the very beginning and other questions will gradually arise. However, it is obvious that the elaborators of individual stages of the survey will face a number of problems that they will not encounter anywhere else in the Czech Republic. In addition, this issue includes only the initial part of the approximately 11.7km long Czech part of the tunnel. A number of problematic places can be expected even in the following section, which on the Czech side runs mainly through a crystalline complex and partly volcanic rocks.

Mgr. JIŘÍ ZMÍTKO,

zmitko@3-g.cz, 3G Consulting Engineers s.r.o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] KULIKOV, S., KYCL, P., RAPPRIK, V., ZMÍTKO, J. *Bázový tunel Krušné hory*. Konference podzemní stavby, Praha 2019
- [2] VELEBIL, J. *Studie proveditelnosti Nového železničního spojení Praha – Drážďany*. B. Výkresová část. Správa železnic, (12/2020)
- [3] ZMÍTKO, J. *NBS Dresden – Prag, Tunnel „Erzgebirge“*. Geologische Begutachtung, (12/2014)
- [4] ZMÍTKO, J. *Fosilní sesuvy při podkrušnohorském výchozu pánve*. Hnědé uhlí, 6/1983
- [5] RŮŽIČKA, J. *SHR – Účelové hydrogeologické a geologické mapy 1:10 000*. List Ústí 67–45, SHD Most, (1970)
- [6] RYBÁŘ, J. *Vliv povrchové těžby uhlí na stabilitu svahů při úpatí Krušných hor*. Praha, ČSAV (1983)

FOTOREPORTÁŽ Z VÝSTAVBY TUNELA VIŠŇOVÉ A Z OSADENIA SOŠKY SVÄTEJ BARBORY 26. AUGUSTA 2021

PHOTOREPORT FROM CONSTRUCTION OF VIŠŇOVÉ TUNNEL AND INSTALLATION OF ST. BARBARA STATUETTE ON 26 AUGUST 2021

FOTOGRAFIE ARCHÍV SKANSKA SK A.S.
PHOTOGRAPS SKANSKA SK A.S. ARCHIVE



Obr. 1 Práce na diaľnici pred západným portálom tunela
Fig. 1 Work on the motorway in front of western portal of the tunnel



Obr. 2 Posvätenie tunela a sošky sv. Barbory, patrónky baníkov a tunelárov
Fig. 2 Consecration of the tunnel and statuette of St. Barbara, patron of miners and tunnellers



Obr. 3 Osadenie sošky sv. Barbory na západnom portáli tunela
Fig. 3 Installation of St. Barbara statuette at western portal of the tunnel



Obr. 4 Realizácia odvodňovacích vrtov do drenážnej štólne
Fig. 4 Drilling drainage holes into drainage gallery



Obr. 5 Príprava debnenia zárodku prejazdného priečneho prepojenia v núdzovom zálive
Fig. 5 Preparation of formwork for a stub of cross passage gallery passable for vehicles in the emergency stopping bay



Obr. 6 Debniaci voz číslo 5 v tunelovej rúre
Fig. 6 Formwork traveller No. 5 in tunnel tube



PODZEMNÍ STAVBY V HLOUBENÝCH A RAŽENÝCH TUNELECH PROVÁDÍME VLASTNÍMI KAPACITAMI. DISPONUJEME VŠEMI POTŘEBNÝMI OPRÁVNĚNÍMI K REALIZACI TĚCHTO PROJEKTŮ.

Jsme přední českou stavební společností. Zaměřujeme se na výstavbu mostních a vodohospodářských projektů, realizujeme také pozemní stavby a průmyslové, inženýrské a ekologické projekty. Díky spolupráci více než 500 zaměstnanců se podílíme na zlepšení životních podmínek a mobility a aktivně se zapojujeme do řešení výzev, které přináší klimatická změna. Klientům nabízíme špičkové studie a nejvyšší kvalitu realizovaných staveb.

ZVÝŠENÍ RETENČNÍ FUNKCE VD LABSKÁ



REKONSTRUKCE STANICE METRA OPATOV



www.smp.cz |    

společně @ 



PODZEMNÍ
STAVBY

29. - 31. KVĚTNA 2023
PRAHA

15. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE
PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2023
29.-31. 5. 2023 | CLARION CONGRESS HOTEL PRAGUE



ASSOCIATION
INTERNATIONALE DES TUNNELS
ET DE L'ESPACE SOUTERRAIN

ITA

AITES

INTERNATIONAL TUNNELLING
AND UNDERGROUND SPACE
ASSOCIATION

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





Opatření pro zlepšení ražby a těsnění obálky štítu



Injektážní systémy pro zatěsnění a vyplnění trhlin a dutin



Systémy produktů k výrobě tunelových segmentů (tybinků)



Zlepšování zemin



Řešení pro stříkaný beton a primární ostění tunelů



Náhrada betonu a ochranné systémy

Systemy produktů pro výstavbu tunelů

- Hloubené tunely
- Ražené tunely
- Dělené a doplňkové konstrukce
- Sanace a údržba

EXPERTISE TUNNELLING

MC-Bauchemie s.r.o. · Průmyslová zóna Sever · Skandinávská 990 · 267 53 Žebrák · info@mc-bauchemie.cz · www.mc-bauchemie.cz



BE SURE. BUILD SURE.



TSS GRADE, a.s. je stavebná spoločnosť s bohatou históriou a dlhoročnými skúsenosťami pôsobiaca najmä na území Slovenskej a Českej republiky.

Hlavnou činnosťou spoločnosti je realizácia stavebných prác spojených s výstavbou, komplexnou modernizáciou a rekonštrukciou najmä železničných a električkových tratí, dopravných a pozemných stavieb a zabezpečenie služieb súvisiacich s nimi.

Cieľom **TSS GRADE, a.s.** je byť stabilným obchodným partnerom, poskytujúcim kvalitu a sortiment služieb na základe ústretového prístupu k potrebám a požiadavkám svojich klientov.

PRIJMEME NOVÝCH ČLENOV DO NÁŠHO TÍMU:

- *Stavbyvedúci*
- *Asistent stavbyvedúceho*
- *Ekonom stavby*
- *Contract manager*
- *Majster*

TSS GRADE, A.S., DUNAJSKÁ 48, 811 08 BRATISLAVA, TEL.: +421 905 367 640, E-MAIL: INFO@TSS.SK, WWW.TSS.SK



ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

VÝZNAMNÉ VÝROČÍ VZNIKU METRA V BUDAPEŠTI
SIGNIFICANT ANNIVERSARY OF THE BUDAPEST METRO

The Budapest Metro's attributes seem to qualify it for second place among European metros (it was built 33 years after the London Underground), unlike the earlier structures in Athens and Istanbul. However, it was the first to be fully electric at the time (the London Underground lines were not electrified until after 1900). The Budapest metro was put into service on 2 May 1896, so in May 2021 Hungary celebrated the 125th anniversary of its commissioning.

Budapeštské metro svými atributy zřejmě splňuje, na rozdíl od dříve provozovaných staveb v Aténách a v Istanbulu, kvalifikaci na druhé místo mezi evropskými metry (vzniklo 33 let za metrem londýnským). Úplné prvenství mu však patří v tehdejších okamžitě zavedení elektrické traktice (linky londýnského metra byly elektrifikovány až po roce 1900). Metro v Budapešti bylo uvedeno do provozu 2. 5. 1896, takže v květnu roku 2021 oslavili v Maďarsku 125. výročí jeho uvedení do provozu.

Již před koncem 19. století se neúnosně zvýšila intenzita dopravy pod Andrassyho třídou, hlavní spojnici centrální Pešti s rychle rostoucí zástavbou odlehlou od levého břehu Dunaje. Řešení bylo nalezeno v podzemním vedení elektrifikované kolejové linky, která byla vzhledem ke svému charakteru označena jako Kisföldalatti (= metro, doslovný překlad „malé podzemí“), časem jen zkráceně jako Földalatti. Na zahájení výstavby a jejím velmi rychlém průběhu měl pravděpodobně značný podíl politický aspekt – vybudování a zprovoznění metra bylo pojato současně jako oslava tisíciletého výročí příchodu Maďarů do Panonie.

Stavba byla zadána Budapeštské železniční společnosti s podmínkou, že bude do oslav milénia dokončena. Podmínka železniční společnost dodržela a tzv. mileniální trasa, dlouhá 3,7 km s 11 stanicemi, byla zprovozněna v květnu 1896, za pouhých 20 měsíců po zahájení stavby. Metro dostalo název Podzemní dráha milénia.

MOZAIKA ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB

■ Zemřel Dipl.-Ing. Friedrich Karl Blindow

Vynikající světově proslulý odborník na podzemní stavby Dipl.-Ing. Friedrich Karl Blindow, který se narodil v roce 1933, zemřel 20. dubna 2021. Po roce 1989 spolupracoval úspěšně i s českými firmami.

■ Smlouva na severní přístupový tunel k druhé troubě Gotthardského silničního tunelu byla uzavřena

Severní přístupový tunel je dlouhý 4 km a pomůže také zvládnout ražbu přes zde se nacházející poruchové zóny. Zahrnuje také objekty potřebné pro zásobování ražeb hlavního tunelu. Musí se vyrazit řada kaveren a pomocných tunelů, např. velká kaverna pro betonárnu, prostory pro zásoby kameniva a dalších materiálů.

Práce na přístupovém tunelu byly zahájeny na jaře roku 2021 a předpokládá se, že budou trvat 2,5 roku.

■ Firma Implenia staví nový úsek metra v Oslo

Nový úsek metra bude dlouhý 8150 m a připojí poloostrov Fornebu k síti městského metra v Oslo. Celý bude vybudován v podzemí včetně šesti stanic metodou drill and blast. Architektonické



Obr. 1 Stanice budapeštského metra na lince Földalatti
Fig. 1 Budapest metro station on the Földalatti line

Zprovoznění proběhlo současně se zahájením mileniální výstavy, kterou otevřel osobně císař František Josef I.

Na vnitřní úpravu stanic (obr. 1) byly budapeštským magistrátem stanoveny náročné požadavky, byla zvolena jejich secesní úprava. Stěny stanic byly obloženy bílými a černými kachlíky, litinové sloupky podél hrany krátkého nástupiště (délka cca 40 m) byly provedeny s ozdobnými hlavicemi, ve stejném stylu byly zhotoveny odpočinkové lavice a pokladní kiosky. Tento pozoruhodný ráz si mileniální linka, v současné síti metra značená jako M1, udržela dodnes. Földalatti zůstala osamocená až do roku 1970, kdy byla otevřena linka M2 novodobého metra.

prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.

řešení stanice Fornebuporten navrhl ateliér světoznámé architektky Zahy Hadid. Návrh je jako vždy u tohoto ateliéru osobitě nekonvenční. V květnu 2021 byla zahájena stavba prvního 2,5 km dlouhého úseku.

Předností nabídky firmy Implenia byl důraz na ochranu životního prostředí a ovzduší. Firma nabídla omezení běžných paliv používaných ve stavebních strojích a jejich nahrazení stroji, které bude pohánět elektrický proud.

Předpokládané dokončení prvního úseku je podzim roku 2023, celá stavba by měla být zprovozněna v roce 2027.

■ Přečerpávací vodní elektrárna Limberg III

V kaprunském energetickém systému se buduje nová přečerpávací vodní elektrárna (PVE) Limberg III s plánovaným výkonem 480 MW. Stejně jako PVE Limberg II, která byla uvedena do provozu v roce 2011 a budovala se od roku 2006, je nová PVE stavěna mezi horní přehradní nádrží Mooserboden (kóta hladiny 2036 m n. m.) a dolní nádrží Wasserfallboden (kóta hladiny 1672). Její výstavba je svěřena konsorciu firem Porr, Hinteregger, Marti Tunnel AG a Marti GmbH.

Je zajímavé, že firmy Hinteregger a Porr se již před 70 lety účastnily výstavby původního kaprunského energetického systému. Podílely se i na stavbě PVE Limberg II mezi lety 2006 až 2011.

Nová PVE Limberg III zahrnuje 3 km tunelového vodního přivaděče a 770 m tlakové šachty, přístupový tunel a hloubené šachty vše celkové délky 4,5 km. Součástí stavby je také vyrubání kaveren strojovny a transformátorů o celkovém objemu 83 tis. m³.

Přečerpávací elektrárna Limberg III je speciálně navržena tak, aby vyhovovala i budoucím požadavkům na nové zdroje elektrické energie a stabilitu rozvodných sítí. Stavební práce byly zahájeny počátkem léta 2021 a provoz PVE Limberg III se očekává v roce 2025.

■ Společnost Fugro dokončila geotechnický průzkum pro nejdelší naplavovaný tunel na světě

Nejdelší naplavovaný tunel na světě Fehmarnbelt délky 18 km umožní silniční a železniční spojení mezi Německem a Dánskem. Ten po uvedení do provozu přinese významný environmentální přínos.

Společnost Fugro pracovala na průzkumu pro tento projekt posledních 10 let od počátečních průzkumů stavenišť až k současnému dokončení geotechnických průzkumů v pobřežních částech mořské úžiny včetně vypracování závěrečné studie.

Poslední fáze průzkumu byla zaměřena na vlastnosti zemin mořského dna v blízkosti pobřeží a na dánské straně navíc na průzkum plochy, kde bude zřízena výrobná naplavovaných železobetonových prefabrikátů. Pro průzkumné práce v pobřežních vodách použila firma Fugro ocelovou platformu ukotvenou čtyřmi výsuvnými sloupy umístěnými v rozích platformy. Z té byly vrtány jádrové vrty do dna mořské úžiny a prováděny penetrační testy ve vyvrtaných otvorech.

■ Trasa severního železničního přivaděče k Brennerskému bázovému tunelu (BBT) byla vybrána

Výběr trasy severního železničního brennerského přivaděče v údolí Innu a u Rosenheimu byl ukončen. Z pěti variant je to fialová varianta, která je většinou v podzemí. Výsledné rozhodnutí bylo oznámeno společně Německými železnicemi (DB) a Rakouskými federálními železnicemi (ÖBB) 13. dubna 2021. Z trasy dlouhé 54 km je 60 % v podzemí. Velký vliv na výsledné rozhodnutí měla environmentální hlediska.

V roce 2040 by měl být dokončen celý severní brennerský přivaděč k hranici mezi Rakouskem a Německem.

■ Plán na rozšíření tunelu CERN

CERN v současnosti provozuje největší urychlovač částic, který je umístěn v tunelu délky 27 km a jeho součástí je řada kaveren, ve kterých jsou umístěna výzkumná zařízení nebo servisní jednotky.

Evropská organizace pro jaderný výzkum plánuje výstavbu tunelu délky 100 km, který by po dokončení a technologickém vybavení sloužil k budoucím výzkumným aktivitám. Tunel je nazýván Budoucí kruhový urychlovač (Future Cirkular Collider – FCC). Jeho část bude vyražena také pod dnem Ženevského jezera u jeho západního konce.

Z geologického hlediska bude FCC umístěn v prostředí molassy, což je sedimentární hornina, která se rozprostírá od francouzských Alp, přes Švýcarsko až do Rakouska.

Výzkum potvrdil šest rozdílných typů heterogenních sedimentárních hornin v blízkosti zamýšlené stavby. Problém je, že doposud nebylo objeveno průmyslové využití těchto hornin, kterých by se mělo vyprodukovat při ražbě FCC řádově 9 milionů m³. CERN

pomocí evropských fondů iniciuje výzkum využití, který povede univerzita v Leobenu. Ta se již delší dobu využitím rubanin zabývá. CERN již také vypsal soutěž na vyřešení této problematiky.

■ Intenzifikace skupiny vodních elektráren Malta – Reisseck

Záměrem Rakouska je vyrábět v roce 2030 všechnu elektrickou energii pro svou zemi z obnovitelných zdrojů. To ale bude vyžadovat zvládnutí nestability zdrojů, které způsobuje počasí.

Z rozvah vyplývá, že je naprosto nutné vybudovat velkou flexibilní přečerpávací vodní elektrárnu (PVE) a zvětšit objem přehradních nádrží.

Společnost Verbund AG, vyrábějící elektrickou energii ve vodních elektrárnách, chce zvětšit svoji alpskou „zelenou“ baterii. Proto ve skupině Malta – Reisseck vybuduje novou kavernovou PVE Reisseck II plus. Bude to doplněk PVE Reisseck II, která byla uvedena do provozu v roce 2016. PVE Reisseck II plus bude schopná využít velký výškový rozdíl mezi dvěma nádržemi Mühldorf nacházejícími se v prostoru Reisseck.

Dvě moderní turbíny s celkovým výkonem 45 KW umožní uskladnění čisté energie v době, kdy je v síti elektrické energie přebytek, a naopak využít uskladněnou energii k výrobě elektřiny, když ji bude v síti nedostatek.

Společnost Verbund AG chce využívat své zdroje efektivněji, a proto během výstavby PVE Reisseck II plus zmodernizuje všechny elektrárny ve skupině Malta – Reisseck. Modernizace či výměna turbosoustrojí a dalšího technologického vybavení se týká např. 40 let starého vybavení elektrárny u maltské horní nádrže a hladní maltské elektrárny, nebo 60 let starého vybavení čerpací stanice Hattelberg.

Slavnostní zahájení stavby PVE Reisseck II plus se konalo 18. června 2021 a její uvedení do provozu se plánuje koncem roku 2023. V té době bude mít celá skupina Malta – Reisseck výkon přes 1500 KW.

■ Stavba nejdelšího vodního tunelového přivaděče v jihovýchodní Asii byla zahájena

Srí Lanka potřebuje rozšířit zavlažovací program. To znamená přivést vodu vhodnou pro závlahy a pro výrobu pitné vody do severních regionů ostrova. Na projektu zásadního zvětšení závlah pracoval rakouský Geoconsult.

Páteří rozvod vody bude 65 km dlouhý, v čemž je zahrnut i 28 km dlouhý tunel, který bude stavět čínská firma. Celkem 20,2 km budou razit pomocí TBM a z druhého konce vyrazí metodou NRTM 6,4 km. Stavba tunelu byla zahájena v únoru roku 2021.

Souběžně bude renovováno 5000 stávajících malých vodních nádrží doposud sloužících lokálním závlahám.

Záměrem je přivést ročně 900 milionů m³ vody z řeky Mahaweli kanály a tunely přes umělé nádrže na sever a severovýchod země. Zde farmáři zatím jsou schopni vypěstovat jen jednu úrodu rýže ročně, po uvedení systému závlah do plného provozu budou sklízet ročně dvě úrody. Celková zavlažovaná plocha bude přibližně 43 tis. hektarů.

■ Vodíkový pohon odstraní škodlivé emise ze stavenišť?

Norská společnost TECO 2030 vyvíjí technologické zařízení, ve kterém se v tak zvaných vodíkových buňkách produkuje vodík. Ten se bude používat pro pohon námořních lodí a jiných velkých strojů. Norská pobočka firmy Implenia nyní dostala od norské státní firmy Enova finanční podporu, aby společně s TECO 2030 vyře-

šila na bázi vodíku poháněné zařízení stavenišť, jejichž provoz by pak neprodukoval škodlivé emise.

V rámci spolupráce uvedených společností bude vyvinut vodíkový generátor o výkonu 0,8 MW, který se použije na stavenišťích místo generátorů s diesellovým pohonem. Vodíkový generátor by měl být k dispozici v lednu roku 2023 a bude produkovat elektřinu bez škodlivých emisí. Do ovzduší bude odcházet jen vodní pára a horký vzduch. Generátor nevyžaduje napojení na elektrickou rozvodnou síť a plně nahrazuje fosilní paliva.

■ Uzavření kontraktů na bazový tunel Mont-Cenis

Součástí evropských železničních koridorů je také trať mezi Lyonem a Turínem délky 270 km. Bazový tunel Mont-Cenis dlouhý 57,5 km, který podchází francouzsko-italskou hranici, je klíčovým objektem celé trasy. Dne 7. července 2021 zadal investor dodavatelskému sdružení tři rozhodující části tunelu, které zahrnují ražbu přibližně 80 % jeho délky. Zbývající úsek 12,5 km mezi státní hranicí a italským portálem u obce Sousa byl zadán v následujících měsících.

Projekt bazového tunelu zahrnuje 162 km tunelů: dvě rovnoběžné hlavní trouby, čtyři přístupové tunely a 204 spojovacích chodeb. Přibližně uprostřed délky tunelu bude vybudována bezpečnostní stanice.

■ První úsek jižního přístupu k Brennerskému bazovému tunelu byl zadán

Jižní přístupová trať k BBT mezi Veronou a Fortezzou bude zhruba 180 km dlouhá a bude mít 4x větší kapacitu než trať současná. Její stavba je rozdělena na 4 samostatně zadávané sekce. První sekce, kterou tvoří nová trať mezi Fortezzou a Ponte Gardenou délky 22,5 km, byla již zadána dodavatelskému sdružení firem Webuild (51 %) a Implenia (49 %). Jedním z přínosů stavby je zmírnění sklonu – nová trať bude mít maximální sklon 12,5 promile, zatímco maximální sklon stávající trati je 23 promile.

Očekává se, že stavba vytvoří 15 tis. pracovních míst přímo na stavbě nebo na stavbu navázaných.

Ing. MILOSLAV NOVOTNÝ, mila_novotny@volny.cz

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ

NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

TUNELÁŘSKÉ ODPOLEDNE 3/2021 TUNNEL AFTERNOON 3/2021

The third seminar of the Tunnel Afternoon of this year was held on September 15, 2021. **The tunnels prepared in the Czech Republic by the Road and Motorway Directorate of the Czech Republic, the contracting authority, and the Railway Administration** were the topic. The first lecture titled the **Tunnels under preparation on railways and the Dejvice tunnel** was introduced by Bc. MSc. Michal Froněk CEng., MICE, DIC from Správa železnic, s.o. (the Railway Administration state organisation). He described an overview of tunnels that are currently under construction, planned reconstruction of historic tunnels and new railway tunnels on conventional and high-speed railway lines. The next speaker was Ing. Jiří Velebil from the Technical Preparation Department of the High-Speed Rail Lines of the Railway Administration. He spoke about the concept of high-speed rail lines in the Czech Republic with a focus on the preparation of the international project on **the Ore Mountains Tunnel on the New Railway Connection between Dresden and Prague**. After him, Mgr. Jiří Zmítka continued with a lecture on **the Geology of the Ore Mountains Tunnel**. He mentioned the current state of knowledge of geological conditions in the area of the mentioned tunnel, acquainted those present with the interpretation of the results of searches and surveys carried out so far, with the focus of further geotechnical investigation as a basis for the tunnel design. Further on, attention was already focused on construction projects being prepared by the Road and Motorway Directorate of the Czech Republic. Ing Petr Kůrka, the director of the construction development department, focused on **Tunnels under preparation and under construction managed by the Road and Motorway Directorate of the Czech Republic**. He presented an overview of operated, under preparation and under construction tunnels, their locations, main construction parameters, state of preparation and expected dates of completion. Ing Libor Mařík, SAGASTA s.r.o., further spoke on the topic of Supervision of Tunnel Documents for the Road and Motorway Directorate of the CR. He described the experience with independent assessment

of designs for motorway tunnels at the level of design for building location permit and for the final design. The assessment is carried out for the Road and Motorway Directorate of the CR by a team of experts of the ITA-AITES Czech Tunnelling Association. The topic of the last lecture was **The I/42 road in Brno, the LCCR Vinohrady, mined urban tunnel on the Large City Circle Road**. Ing. Vlastimil Horák, AMBERG Engineering Brno, a.s. analysed the state of preparation of the urban tunnel in Brno. Extremely complicated geotechnical conditions have led to the development of a number of variants of the tunnel route. All presentations can be found at www.ita-aites.cz in the Seminars section.

Dne 15. září 2021 se uskutečnil třetí seminář Tunelářské odpoledne tohoto roku. Protože to situace umožňovala, bylo Tunelářské odpoledne uspořádáno prezenční formou a zároveň jej bylo možné sledovat i on-line pomocí aplikace MS Teams. Díky hybridní formě účasti se on-line formou účastnilo 48 diváků, v sále bylo přítomno 50 účastníků, takže celkový počet byl srovnatelný s obdobím před pandemií. To potvrzuje správnost rozhodnutí o této formě Tunelářských odpolední i do budoucna.

Tématem přednášek byly **Tunely připravované v České republice zadavateli ŘSD ČR a Správou železnic**. První přednášku s názvem **Připravované tunely na železnici a tunel Dejvice** uvedl Bc. MSc. Michal Froněk CEng., MICE, DIC ze Správy železnic, s.o. Prezentace zahrnovala přehled tunelů, které jsou právě ve výstavbě, připravovaných rekonstrukcí historických tunelů i novostaveb železničních tunelů na konvenčních i vysokorychlostních tratích. Přednáška poskytla základní informace o jejich umístění, hlavních parametrech, v jakém stavu se nachází jejich příprava a o předpokládaném zahájení realizace. Část přednášky věnoval přípravě tunelu Dejvice, minimalizaci přenosu vibrací do horninového masivu a objektů v nadloží. Upozornil i na to, že Správa železnic, s.o. podporuje výzkum ČVUT FSv zaměřený na sledování chování tunelových ostění při teplotním zatížení, kdy jsou do tunelových

ostění instalována čidla sledující průběh teplotního gradientu v závislosti na teplotě okolního prostředí.

Další část přednášek byla věnována plánovanému Krušnohorskému tunelu. Ing. Jiří Velebil z oddělení technické přípravy VRT Správy železnic, s.o. v druhé přednášce Tunelářského odpoledne hovořil o Konceptu vysokorychlostních tratí v České republice se zaměřením na přípravu mezinárodního projektu **Krušnohorského tunelu na Novém železničním spojení Drážďany – Praha**. Poskytl základní informace o přípravě, organizaci, fázích, časových představách a předpokládané koncepci a parametrech tunelu. Projekt je aktuálně ve fázi přípravy dokumentace pro územní rozhodnutí (DÚR). Po něm vystoupil z důvodu pracovních záležitostí on-line Mgr. Jiří Zmítka s přednáškou na téma **Geologie Krušnohorského tunelu**. Zmínil současný stav poznání geologických poměrů v oblasti zmíněného tunelu, seznámil s interpretací výsledků dosud provedených rešerší a průzkumů a se zaměřením dalšího geotechnického průzkumu jako podkladu pro projektování tunelu. Věnoval se zejména úseku na území České republiky, problematice Krušnohorského zlomu a portálové oblasti.

Po přestávce již byla zaměřena pozornost na projekty staveb, které připravuje ŘSD ČR. Ředitel úseku výstavby Ing. Petr Kůrka se ve své přednášce velmi přehledně a podrobně věnoval **Připravovaným a realizovaným tunelům staveb ŘSD ČR**. Uvedl přehled provozovaných, připravovaných a realizovaných tunelů, jejich umístění, hlavní parametry, stav přípravy a předpokládané termíny realizace. Podrobněji popsal tunel Pohůrka na dálnici D3 u Českých Budějovic a nový smluvní model pro realizaci dálničního tunelu Homole na dálnici D35. Tato problematika vyvolala zájem účastníků, neboť se jedná o první realizaci tunelu v ČR podle smluvních podmínek Žluté knihy FIDIC kombinova-

ných s relevantními zásadami Smaragdové knihy FIDIC vytvořené pro podzemní stavby ve spolupráci s mezinárodní organizací ITA-AITES.

Dále vystoupil Ing. Libor Mařík, SAGASTA s.r.o., s tématem **Supervize dokumentace tunelů pro ŘSD ČR**. Popsal zkušenosti s nezávislým posuzováním projektů dálničních tunelů v úrovni DÚR a DSP, které pro ŘSD ČR provádí tým expertů České tunelářské asociace ITA-AITES, z. s.. Zcela novou iniciativou ŘSD ČR je nezávislá expertní činnost při právě probíhajícím podrobném geotechnickém průzkumu pro projekt DSP tunelu Maletín na dálnici D35. I tuto činnost provádí tým sestavený na platformě CzTA.

Poslední přednáškou bylo téma **I/42 Brno, VMO Vinohrady, ražený městský tunel na velkém městském okruhu**. Ing. Vlastimil Horák, AMBERG Engineering Brno, a.s. rozebral stav přípravy městského tunelu v Brně. Mimořádně složitě geotechnické podmínky vedly k vypracování celé řady variant vedení trasy tunelu. I přes snahu o optimální vedení trasy se v tunelu nelze vyhnout střídání pevných skalních hornin a nesoudržných zemin, což komplikuje výběr vhodné technologie ražení i způsobu zajištění stability výrubu.

Poděkování opět patří všem přednášejícím, dále Ing. Liboru Maříkovi (SAGASTA s.r.o.) a Ing. Marinu Srbovi (3G Consulting Engineers s.r.o.) za zajištění přednášek a moderování a Ing. Liboru Maříkovi za organizační zajištění pomocí programu MS Teams pro zájemce, kteří neměli možnost se zúčastnit přednášek osobně. Všechny prezentace lze nalézt na www.ita-aites.cz v sekci Semináře.

Ing. **MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.**,
CzTA ITA-AITES, z. s.

AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLIC CURRENT NEWS IN UNDERGROUND CONSTRUCTION IN THE CZECH REPUBLIC AND SLOVAK REPUBLIC

ČESKÁ REPUBLIKA

METRO D – NOVÁ LINKA PRAŽSKÉHO METRA

V minulých aktualitách napsaných o projektu Metro D jsme se loučili s nadějí, že se v těch dnešních, po podepsání smlouvy o dílo mezi zadavatelem a zhotovitelem v červenci 2021, dozvíme o úspěšném zahájení stavby tohoto toliko Pražany očekávaného a velmi důležitého dopravního díla. Aktuální informace ovšem říká, že se tak zatím bohužel nestalo, a že prvně možným datem naplňujícím tento předpoklad se může stát až leden roku 2022, takže uvidíme příště.

Takto získaný čas ovšem na druhou stranu racionálně využil ještě stále prováděný inženýrskogeologický průzkum (IGP) projektu Metro D. Na základě pokynu k zahájení repasportizace a na základě závazného příkazu OBÚ Praha a Středočeského kraje, a to zejména z důvodu zajištění bezpečnosti prováděného díla, bylo totiž rozhodnuto o provedení dalších dodatkových ražeb, které spočívají v rozšíření stávajících dílčích profilů provedených v primárním ostění do výhodnějších profilů výsledných tvarů s konečnou dlouhodobou stabilitou a statickou jistotou. Projekt výstavby Metra D totiž předpokládal, že po dokončení IGP rychle naváže realizace prvního stavebního úseku Pankrác – Olbrachtova, ale tento předpoklad bohužel nebyl doposud naplněn.

Na lokalitě PAD4 se proto z těchto důvodů pro budoucí stanici

THE CZECH REPUBLIC

METRO D – NEW LINE OF PRAGUE METRO

In the past news written about the Metro D project, we said goodbye with the hope that in today's news, after signing a contract for work between the client and the contractor in July 2021, we will learn about the successful start of construction of this so much awaited and very important transportation works. However, the current information says that this has unfortunately not happened yet, and that the first possible date meeting this assumption may be January 2022, so we will see next time.

On the other hand, the time gained in this way has been rationally used by the still being carried out engineering geological survey (EGS) for the Metro D line project. Based on the instruction to start repeated condition survey and on the basis of a binding order of the Regional Mining Authority Prague and the Central Bohemian Region, especially to ensure the safety of the work being performed, it was decided to carry out additional excavation operations, which consist in enlarging the existing partial profiles carried out under the primary lining support to more advantageous final profiles with final long-term stability and static certainty. The design for the Metro D line assumed that after the completion of the EGS, the work on of the first construction section Pankrác – Olbrachtova



Obr. 1 Probíhající ražby na PAD4 při rozšiřování profilu průzkumné štoly na budoucí tvar přestupní chodby

Fig. 1 Continuing excavation at PAD4 where the exploratory gallery cross-section is being expanded to the future shape of the interchange gallery

Pankrác realizuje v délce cca 40 m rozšíření z profilu průzkumné štoly do definitivního tvaru budoucí přestupní chodby mezi trasami metra C a D (obr. 1), provádí společnost Metrostav a.s.

Na lokalitě VO-OL se potom ze stejných důvodů a se stejným cílem provádí rozšíření stávající průzkumné štoly délky cca 45 m do definitivního tvaru budoucího dvoukolejného traťového tunelu mezi budoucími stanicemi Olbrachtova a Pankrác. V tomto místě prováděného rozšíření se také musí velmi přísně dohlížet na bezpečnost při provádění těchto ražeb, a to z důvodu jejich podcházení pod provozovanou trasou Metra C (obr. 2), provádí společnost HOCHTIEF CZ a. s.

Všechny výše popsané dodatečné ražby IGP by měly být dokončeny s koncem roku 2021.

Příprava dalšího tendru navazujícího úseku Olbrachtova – Nové Dvory s ražbami traťových tunelů z Písnice pokračuje a vyhlášení soutěží na tento úsek se předpokládá z kraje příštího roku, takže držíme palce.

Ing. BORIS ŠEBESTA, borissebesta61@gmail.com

Ing. MICHAL ŠERÁK, serak@idspraha.cz

STAVBA I/42 BRNO – VMO ŽABOVŘESKÁ I – ETAPA II

Stavba je realizována sdružením firem Eurovia CS a.s., (lídr), HOCHTIEF CZ a. s. a Subterra a.s. Jak je již uvedeno ve vlastním článku v tomto čísle časopisu Tunel, stavba při vlastních ražebních pracích postupovala dle možností ovlivněných geologií. Hlavní rozsah ražeb je však již minulostí, na konci srpna byl vyražen celý tramvajový tunel v plném profilu a nyní jsou realizovány především betonářské práce a práce s tímto související.

I přes všechny omezující podmínky, především týkající se výrazného zdražování materiálů a jejich fatálního nedostatku v jarních a letních měsících tohoto roku, probíhají práce na tunelu dle schváleného harmonogramu. Byly dokončeny práce na základových pásech a 13. 10. 2021 byla dokončena betonáž poslední klenby na bloku 46 přespaného tunelu. V současné době jsou dokončeny i práce na monolitických konstrukcích bloků 60, 61, 62 tunelu, přespaná část sever.



Obr. 2 Probíhající ražby na VO-OL při rozšiřování profilu průzkumné štoly na budoucí tvar dvoukolejného traťového tunelu

Fig. 2 Continuing excavation at VO-OL where the exploratory gallery cross-section is being enlarged to the future shape of double-track running tunnel

would follow quickly, but unfortunately this assumption has not yet been met.

Therefore, at the PAD4 site, an expansion from the exploration gallery cross-section to the final shape of the future interchange corridor between metro lines C and D (Fig. 1) is being carried out at the length of ca 40m for the future Pankrác station (see Fig. 1). The work is carried out by Metrostav, a.s.

At the VO-OL site, for the same reasons and with the same goal, the existing ca 45m long exploration gallery cross-section is being expanded into the final shape of the future double-track running tunnel between the future Olbrachtova and Pankrác stations. In this location of the expansion operations, the safety of excavation operations must also be very strictly supervised, due to their position under the Metro C line (see Fig. 2). The work is carried out by HOCHTIEF CZ a. s.

All additional excavation for the engineering geological survey described above should be completed by the end of 2021.

The preparation of the next tender for the following section Olbrachtova – Nové Dvory with the excavation of running tunnels from Písnice continues and calling the bids for this section is expected at the beginning of the next year, so we keep our fingers crossed.

Ing. BORIS ŠEBESTA,

borissebesta61@gmail.com

Ing. MICHAL ŠERÁK,

serak@idspraha.cz

ROAD I/42 BRNO – LARGE CITY CIRCLE ROAD ŽABOVŘESKÁ I – STAGE II

The construction is being carried out by a consortium formed by Eurovia CS a.s., (the leader), HOCHTIEF CZ a. s. and Subterra a.s. As already mentioned in the article in the TUNEL journal issue, the construction proceeded during the excavation work according to the possibilities influenced by the geology. However, the main scope of excavation is already a matter of the past. At the end of August the entire tram tunnel was excavated in full profile and now mainly concreting and related work is being carried out.

Po kompletním dokončení ražeb opěří 9. 9. 2021 a ukončení prací na ražbě únikové štoly 14. 9. 2021 (poslední 4 m únikové štoly budou doraženy po dokončení prací po zajištění svahu na galerii, předpoklad na konci listopadu 2021) pokračují práce na definitivním ostění v ražené části tunelu. Byly provedeny podkladní betony, drenáže a betonáže základových pásů, a to na konci října 2021 v celé délce ražené části tunelu. Na konci října byla také již přestěhována forma na jižní portál tunelu. První betonáže kaloty v bloku č. 2 byla provedena v posledním říjnovém týdnu 2021.

Dokončení prací na betonových konstrukcích je naplánováno na přelom letošního a příštího roku 2022.

*Ing. JAN FRANTL, jfrantl@subterra.cz,
Ing. ANDREJ KORBA, akorba@subterra.cz, Subterra a.s.*

PAMĚTNÍ MEDAILE

K příležitosti prorážky Žabovřeského tramvajového tunelu nechala společnost Subterra a.s. pamětní medaili. Avers a revers medaile jsou na obr. 3.

Grafický návrh: pan Tomáš Otáhal (Zinako s. r. o.);
výroba: Zinako s. r. o. Valašské Meziříčí;
materiál: Zinek, přesně odstředivě odlévaný do silikonové formy, s povrchovou úpravou „starozinek“;
parametry: Ø 50 mm, hmotnost 34 až 36 g;
vyrobeno: 160 ks, vložených do numismatických kapslí.

doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.

ŽELEZNIČNÍ TUNEL ZVĚROTICE

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

Stavba tunelu postupuje podle harmonogramu. V oblasti vjezdového portálu byly do finální podoby dokončeny zásypy a tunel křížuje nově vybudovaná místní komunikace (obr. 4). Dne 6. 10. 2021 bylo vybetonováním posledního bloku betonáže výjezdového portálu dokončeno tunelové ostění (obr. 5). Proudově postupují práce na hydroizolacích a vnějších tunelových drenážích. Na vjezdovém portále byly zahájeny práce na nástupní ploše pro složky integrovaného záchranného systému. Práce na zaspávání tunelu pokračují v prostoru mezi pilotovými stěnami směrem k výjezdovému portálu. Uvnitř tunelu probíhají práce na kabelovodech a spádových betonech pro ochranu plně a odvedení prosakující vody do podélné tunelové drenáže. V místech, kde podzemní voda prosakuje spádovými betony, jsou prováděny krátké vrty do podloží,

Despite all the restrictive conditions, especially concerning the significant increase in the cost of materials and their fatal shortage in the spring and summer 2021, work on the tunnel is proceeding according to the approved schedule. Work on the foundation strips has been completed and the concreting of the last vault of the block No. 46 of the cut-and-cover tunnel was completed on 13 October 2021. At the same time, work is underway on the cast-in-place structures of blocks No. 60, 61, 62 of the tunnel, the cut-and-cover part north.

After the completion of the excavation on 9 September 2021 and the completion of the work on the excavation of the escape gallery on 14 September 2021 (after the completion of the work on the stabilisation of the slope above the gallery), the work on the final lining in the mined part of the tunnel continues. Blinding concrete is being laid, foundation strips are being concreted, drainage and waterproofing and are being installed. The concreting of the blocks was completed in October in the entire length of the mined part of the tunnel, and subsequently, after a technical break, the formwork was moved to the southern portal of the tunnel. The first concreting of the top heading in block No. 2 was in October, too.

Completion of the work on concrete structures is scheduled for the end of 2021.

*Ing. JAN FRANTL,
jfrantl@subterra.cz,
Ing. ANDREJ KORBA,
akorba@subterra.cz,
Subterra a.s.*

COMMEMORATIVE MEDAL

On the occasion of the breakthrough of the Žabovřeská tram tunnel, Subterra a.s. had a commemorative medal produced. The obverse and reverse of the medal are in Fig. 3.

Graphical design:
manufacture:
material:
parameters:
produced:

Mr. Tomáš Otáhal (Zinako s. r. o.);
Zinako s. r. o. Valašské Meziříčí;
Zinc, precisely centrifugally cast in a silicone mold, with an “old zinc” finish;
Ø 50mm, weight 34 up to 36g;
160 pieces, inserted into numismatic capsules.

doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.



zdroj Subterra a.s. source Subterra a.s.

*Obr. 3 Avers a revers medaile Žabovřeská
Fig. 3 Obverse and reverse of the Žabovřeská medal*

aby nedošlo k poškození betonu hydrostatickým tlakem.

Výsledky geotechnického monitoringu ostění v průběhu provádění zásypů ukazují, že deformace se pohybují v projektem očekávaných hodnotách a symetrický průběh deformací svědčí o kvalitním provádění prací. Nedochází ani k nerovnoměrnému sedání jednotlivých bloků betonáže po délce tunelu, což svědčí o správném rozhodnutí o použití typu ostění založeného na základových pásech a na spodní klenbě v závislosti na skutečně zastižených geotechnických podmínkách. Vzhledem k charakteru horninového masivu pod základovou spárou spodní klenby ve střední části tunelu bude konsolidace zemin probíhat dlouhodobě. Proto budou měření deformací ostění probíhat i po dokončení zásypů. Ostatní měření prováděná v rámci geotechnického monitoringu se postupně v závislosti na provádění zásypů redukuje. To neplatí o hydrogeologickém monitoringu, který ve studních a hydrogeologických vrtech sleduje vliv výstavby na režim podzemní vody.

Po odbednění posledního bloku betonáže ostění bude bednicí vůz přesunut na předem připravené základové pásy v rozšířené části skalního zářezu před výjezdovým portálem, kde proběhne demontáž bednění. Základové pásy budou následně vybourány a připravena pláň železničního svršku pro provádění šterkového lože.

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

Ing. LIBOR MAŘÍK,
SAGASTA s.r.o.



Obr. 4 Nová komunikace nad tunelem Zvěrotice
Fig. 4 New road above the Zvěrotice tunnel

ZVĚROTICE RAIL TUNNEL

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

The tunnel construction proceeds according to the schedule. In the area of the entrance portal, the backfills were completed to the final form and the tunnel is crossed by a newly built local road (see Fig. 4). On 6 October 2021, the tunnel lining was completed by concreting the last block of lining at the exit portal (see Fig. 5). The streamlined work on waterproofing and external tunnel drains is progressing. Work on the assembly area for the components of the integrated rescue system started in front of the entrance portal. Work on backfilling of the tunnel continues in the space between the pile walls towards the exit portal. Inside the tunnel, work is underway

on cable ducts and sloped concrete to protect the track formation and evacuate seepage water into the longitudinal tunnel drainage. In places where groundwater seeps through the sloped concrete, short holes are drilled through it into the subgrade to prevent damage to the concrete by hydrostatic pressure.

The results of geotechnical monitoring of the lining during the work on backfills show that the deformations are within the design values and the symmetrical course of deformations testifies to the quality of the work. There is also no differential settlement of individual concrete blocks along the length of the tunnel, which testifies to the correctness of the decision to use the type of lining based on the foundation strips and the invert,



Obr. 5 Poslední blok betonáže ostění tunelu Zvěrotice
Fig. 5 Last block of the lining being concreted, Zvěrotice tunnel

SLOVENSKÁ REPUBLIKA

TUNELY NA DIAĽNIČNEJ SIETI

Tunel Prešov

Tunel Prešov sa nachádza na úseku diaľnice D1 Prešov západ – Prešov juh. Trasa tunelovej časti juhozápadného obchvatu Prešova je tvorená dvomi tunelovými rúrami, severnou dĺžky 2 230,5 m a južnou dĺžky 2 244,0 m.

V uplynulom období boli práce na tuneli Prešov ukončené. Zhotoviteľ dokončil terénne úpravy portálov pozostávajúcích zo železobetónových oporných múrov s textúrou tzv. kyklopského muriva, gabionových portálových múrov a zásypov hĺbených častí tunela v rávanie hydroosevu a výsadby zelene (obr. 6). Prebehlo čistenie všetkých stavebných objektov, najmä ostenia tunela a vozovky, aby bolo možné dielo odovzdať do užívania. Zhotoviteľ skompletoval rozsiahlu dokumentáciu k preberacím konaniam a v priebehu augusta až septembra boli všetky stavebné objekty odovzdané objednávateľovi. V termíne do 13. 10. 2021 boli odstránené všetky vady a nedorobky zistené pri preberacích konaniach a prvej hlavnej tunelovej prehliadke, ktorá sa konala v dňoch 2.–5. 9. 2021.

V rámci zaistenia bezpečnosti a nácviku koordinácie zložiek integrovaného záchranného systému a obsluhy riadiaceho centra pre tento úsek diaľnice bolo v tuneli Prešov uskutočnené taktické cvičenie. Pri taktickom cvičení bola simulovaná autonehoda dvoch osobných aut v pravej tunelovej rúre smerom jazdy na Košice s niekoľkými zranenými osobami.

Po vyhodnotení príkladnej spolupráce všetkých zložiek IZS, ukončenom preberacom konaní, zostáva už iba celý úsek diaľnice otvoriť pre motoristov.

Združenie zhotoviteľov sa na tento akt teší rovnako ako motoristi, nakoľko ide o prezentáciu dobre vykonanej práce. Napriek problémom s obmedzením prác z dôvodu ochorenia covid-19, ktoré sužovali firmy realizujúce stavbu po dobu takmer roka a pol, sa diaľnica uvedie do prevádzky na konci októbra, keď by sa slávnostný akt otvorenia mal konať 28. 10. 2021. Spoločne sa tešíme

depending on the geotechnical conditions actually encountered. Due to the nature of the rock mass under the formation level of the invert in the middle part of the tunnel, the consolidation of soils will proceed in the long term. Therefore, measurements of lining deformations will take place even after the backfill is finished. Other measurements conducted within the geotechnical monitoring are gradually reduced depending on the work on the backfills. This does not apply to hydrogeological monitoring, which monitors the impact of the construction on the groundwater regime in boreholes and hydrogeological boreholes.

After stripping the last block of the concreted lining, the formwork traveller will be moved to the pre-prepared foundation strips in the expanded part of the rock cutting in front of the exit portal, where the formwork will be dismantled. The foundation strips will then be demolished and the surface of the track formation will be prepared for placing of the gravel ballast.

HOCHTIEF CZ a. s. is the sub-contractor for the construction for „Sdružení Soběslav – Doubí“ consortium formed by STRABAG a.s., EUROVIA CS, a.s. and Metrostav a.s. SAGASTA s.r.o. is the author of the final design for the tunnel.

Ing. LIBOR MAŘÍK, SAGASTA s.r.o.

SLOVAK REPUBLIC

TUNNELS ON MOTORWAY NETWORK

Prešov tunnel

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

During the past period, the work operations on the Prešov tunnel were finished. The contractor completed terrain finishes at portals consisting of reinforced concrete retaining walls with the Cyclopean masonry texture, gabion portal walls and backfilling of cut-and-cover parts of the tunnel, including hydro seeding and planting greenery (see Fig. 6). All structures were cleaned, especially the tunnel lining and the roadway, so that the works could be handed over for operation. The contractor completed an extensive package of documents required for the acceptance proceedings, and during August to September, all the structures were handed over to the project owner. In the period up to 13 October 2021, all snagging identified during the acceptance proceedings and the first main tunnel inspection, which took place on 2–5 May were eliminated.

A tactical exercise was carried out in the Prešov tunnel as part of securing the safety and practicing the coordination among the components of the integrated rescue system and the operation of the management centre for this section of the motor-



Obr. 6 Východný portál tunela Prešov
Fig. 6 Eastern portal of Prešov tunnel

z rozšírenia diaľničnej siete Slovenskej republiky o juhozápadný diaľničný obchvat mesta Prešov.

Stavbu juhovýchodného obchvatu mesta Prešova realizovalo Združenie D1 Prešov (EUROVIA SK a.s., EUROVIA CS a.s., Doprastav a.s., Metrostav a.s., Metrostav Slovakia a.s.), tunel Prešov realizovala spoločnosť Metrostav a.s.

Tunel Bikoš

Výstavba tunela Bikoš dĺžky 1155 m pokračovala v jesenných mesiacoch budovaním definitívnych konštrukcií. Tunel Bikoš s dvomi rúrami bude súčasťou 4,3 km dlhého úseku rýchlostnej cesty R4 Prešov, severný obchvat, I. etapa.

Práce na razení oboch tunelových rúr boli ukončené začiatkom leta 2021 a následne pokračovali betonáže definitívnych konštrukcií. V polovici októbra 2021 je sekundárne ostenie v západnej tunelovej rúre razeného tunela ukončené, práce pokračujú betonážou hĺbených tunelov na južnom portáli. Vo východnej tunelovej rúre prebieha výstavba základových konštrukcií, hydroizolácia a výstuže ako príprava na betonáže hornej klenby sekundárneho ostenia. Tieto by mali byť vo východnej tunelovej rúre začaté na prelome rokov 2021 a 2022. Na konci roku 2021 by sa mali začať práce na pokládke prefabrikátov odvodnenia vozovky a následne aj chodníkov najskôr v západnej tunelovej rúre, v priebehu roku 2022 aj vo východnej tunelovej rúre. Okrem prác v tunelových rúrach prebieha v súčasnosti výstavba technologickej centrály a požiarnej nádrže na južnom portáli tunela.

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

Tunel Čebrať

Súčasťou diaľničného úseku D1 Hubová – Ivachnová bude dvoj-rúrový tunel Čebrať s dĺžkou 3 680 m. V polovici októbra 2021 je v pravej tunelovej rúre vyrazených 3 471 metrov a práce v kalote sú pozastavené. V ľavej tunelovej rúre je vyrazených 3 400 metrov, pričom by práce na razení kaloty v ľavej rúre mali pokračovať minimálne do staničenia 3 450 m od východného portálu. Zostávajúce úseky oboch tunelových rúr by mali byť razené už od západného portálu. Na západnom portáli stále prebiehajú práce na zaisťovaní portálovej jamy, ktoré začali až po nabití právoplatnosti zmeny stavebného povolenia súvisiaceho so zmenou trasy tunela. Začiatok razenia od západného portálu sa predpokladá na prelome rokov 2021 a 2022, takže by sa raziace práce mali ukončiť v prvej polovici budúceho roku.

V oboch tunelových rúrach už prebiehajú prípravné práce na betonáž sekundárneho ostenia, profilácia a betonáž základových pásov. Na konci októbra by sa na ploche východného portálu mala začať montáž debniacich vozov. Sekundárne ostenie bude budované od východného portálu, pričom v oboch tunelových rúrach budú nasadené dva debniace vozy.

Diaľničný úsek s tunelom Čebrať by mal byť dokončený a odozvaný verejnosti na používanie na konci roku 2023. Zhotoviteľom stavby je združenie spoločností OHL ŽS, a.s., a Váhostav-SK, a.s.

Tunel Višňové

Tunel Višňové s celkovou dĺžkou 7 450 m a s dvomi tunelovými rúrami je budovaný na úseku diaľnice D1 Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala. Diaľničný tunel Višňové je tunel vo výstavbe a nachádza sa na území pohoria Malá Fatra, pričom jeho východný portál je vyústený v k.u. obce Vrútky a západný portál sa nachádza v k.u. obce Višňové. Po predčasnom ukončení prác

way. An accident of two passenger cars with several injured persons in the right-hand tunnel tube in the direction of driving toward Košice was simulated during the tactical exercise.

After the evaluation of the exemplary cooperation of all IRS units and the completed takeover proceedings, only the entire section of the motorway remains to be opened for motorists.

The consortium of contractors is looking forward to this act as well as motorists, as it is a presentation of well-done work. Despite the problems regarding the work restrictions due to the covid-19 disease, which troubled construction contractors for almost a year and a half, the motorway will be put into operation at the end of October; the inauguration ceremony should take place on 28 October 2021. Together we are looking forward to the expansion of the motorway network of the Slovak Republic by addition of the south western motorway bypass of the town of Prešov.

The construction of the south western motorway bypass of the town of Prešov was carried out by the consortium Združenie D1 Prešov (EUROVIA SK a.s., EUROVIA CS a.s., Doprastav a.s., Metrostav a.s., Metrostav Slovakia a.s.), the Prešov tunnel was carried out by Metrostav a.s.

Bikoš tunnel

The construction of the 1155m long Bikoš tunnel continued in the autumn by the construction of final structures. The twin-tube Bikoš tunnel will be part of the 4.3km long section of the R4 Prešov fast highway, northern bypass, stage I.

The work on the excavation of both tunnel tubes was finished at the beginning of the summer of 2021 and, subsequently, the concreting of the final structures proceeded. In mid-October 2021, the secondary lining in the western tube of the mined tunnel is completed, and work continues on the concreting of cut-and-cover tunnels at the southern portal. In the eastern tunnel tube, the construction of foundation structures and installation of waterproofing and reinforcement is underway in preparation for the concreting of the upper vault of the secondary lining. It should start in the eastern tunnel tube at the turn of 2021 and 2022. At the end of 2021, work should begin on the laying of pre-cast road drains and subsequently also walkways, first in the western tunnel tube, and during 2022 also in the eastern tunnel tube. In addition to the work in the tunnel tubes, the work on the fire protection reservoir at the southern tunnel portal and the construction of the technical centre is underway.

The contractor for the construction is a consortium formed by the companies of Váhostav-SK, a.s. and TuCon, a.s. The completion of the fast highway and its commissioning is expected in the spring of 2023.

Čebrať tunnel

The D1 Hubová – Ivachnová motorway section will include the Čebrať double-tube tunnel with the length of 3680m. As of mid-October 2021, 3471m metres of excavation have been finished in the right-hand tunnel tube and work in the top heading has been suspended. In the left-hand tunnel tube, 3400m of excavation have been finished, while the work on the top heading excavation in the left-hand tube should proceed from the eastern portal at least up to the chainage of 3450m. The remaining sections of both tunnel tubes should be excavated from the western portal. At the western portal, work is still underway to stabilise the portal pit. It began only after the entry into force of the change in the building permit related to the change in the tunnel route. The excavation from the western portal is expected to start at the turn of 2021 and 2022, so the excavation should be completed in the first half of next year.



Obr. 7 Príprava debniaceho vozu pre betonáž ostenia v núdzovom zálive tunela Višňové

Fig. 7 Preparation of formwork traveller for casting of concrete in emergency stopping bay in Višňové tunnel

na danom diaľničnom úseku a na tuneli v polovici roku 2019, prebehlo v roku 2020 nové verejné obstarávanie, na základe ktorého 23. apríla 2021 bola podpísaná nová zmluva o dielo na realizáciu diaľničného úseku so spoločnosťou Skanska SK.

Po podpísaní zmluvy o dielo sa 13. 5. 2021 uskutočnilo prebratie staveniska a boli započaté práce na pasportizácii jednotlivých konštrukcií tunelových objektov, ktoré v tuneli zrealizoval predošlý zhotoviteľ, združenie Salini Impregilo – Dúha. Súbežne prebiehala mobilizácia zdrojov potrebných k realizácii prác. Koncom mája boli začaté práce na profilácii primárneho ostenia ako aj činnosti nadväzujúce na profiláciu, ako je betonáž základových pásov, inštalácia rubovej drenáže, montáž medziľahlej izolácie a betonáž sekundárneho ostenia. Prvá klenba sekundárneho ostenia bola v tuneli zabetónovaná koncom mesiaca jún.

Aktuálne v tuneli sú na piatich pracoviskách naplno rozbehnuté práce na profilácii 399 blokov, v rámci dokončenia primárneho ostenia. K dokončeniu objektu sekundárne ostenie (obr. 7) je potrebné vybetónovať 420 blokov základových pásov a 478 blokov hornej klenby, čo predstavuje dĺžku 5,7 km. Výzvou pre dodávateľa je vybetónovanie 82 ks zálivových blokov umiestnených v 20 núdzových zálivoch po celej trase. Zhotoviteľ má aktuálne k dispozícii 5 debniacich vozov 12 metrovej dĺžky. Súčasťou tunela je aj dobudovanie 29 priečných prepojení, z ktorých je 7 čiastočne zabetónovaných a dve sú zaizolované. V súčasnosti začínajú aj práce na objekte odvodňovacia štôlna prípravnými prácami.

Z hľadiska organizácie práce sú tunelové objekty rozdelené do šiestich sekcí, s vlastným rozdelením na jednotlivé pracoviská a systémom riadenia. Veľkou výzvou je aj zabezpečenie logistiky pre jednotlivé pracoviská vrátane odvodňovacej štôlne.

Koncom augusta sa na stavbe diaľnice D1 lietavská Lúčka – Dubná Skala s tunelom Višňové uskutočnil mimoriadny kontrolný deň, súčasťou ktorého bolo aj posvätenie tunela a inštalácia sošky sv. Barbory, patrónky baníkov a tunelárov.

Ing. JIŘÍ BŘICHŇÁČ, Metrostav a.s.
Ing. VLADIMÍR KOTRÍK, Skanska SK a.s.
Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
Slovenská tunelárska asociácia

Preparatory work for concreting the secondary lining, profiling and concreting the foundation strips is already underway in both tunnel tubes. At the end of October, the assembly of tunnel form travellers should begin in the hard surfaced area in front of the eastern portal. The secondary lining will be built from the eastern portal, with two formwork travellers used in both tunnel tubes.

The motorway section including the Čebrať tunnel should be completed and brought to the public service at the end of 2023. The consortium consisting of OHL ŽS, a.s., and Váhostav-SK, a.s. is the contractor.

Višňové tunnel

The double-tube Višňové tunnel with the total length of 7450m is being built on the section of the D1 motorway Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala. The Višňové motorway tunnel is a tunnel under construction and is located in the Malá Fatra mountains. While its eastern portal opens into the cadastral district of the village of Vrútky, the western portal is located in the cadastral district of the village of Višňové. After the premature termination of work operations on the particular motorway section and of the tunnel in mid-2019, a new public procurement took place in 2020, on the basis of which a new contract for the construction of the motorway section was signed with Skanska SK on 23 April 2021.

After the signing of the contract for the work, the construction site was taken over by the contractor on 13 May 2021 and work began on the condition survey of individual structures of the tunnel structures which were carried out in the tunnel by the previous contractor, the Salini Impregilo – Rainbow Consortium. At the same time, the mobilisation of the resources needed for carrying out the work proceeded. At the end of May, work began on the profiling of the primary lining, as well as follow-up activities to the profiling, such as concreting of foundation strips, installation of drains on the external sides of the lining, installation of intermediate waterproofing and concreting of the secondary lining. The first vault of the secondary lining was concreted in the tunnel at the end of June.

Currently, in the tunnel, work on the profiling of 399 blocks is fully underway at five workplaces, as part of the completion of the primary lining. To complete the secondary lining (see Fig. 7), it is necessary to concrete 420 blocks of foundation strips and 478 blocks of the upper vault, which represents a length of 5.7 km. The challenge for the supplier is the concreting of 82 pieces of bay blocks located in 20 emergency parking bays along the entire route. The contractor has currently 5 formwork travellers 12m long available. Part of the tunnel is also the completion of 29 cross passages, where concreting is partially finished in 7 of them; waterproofing is installed in two of them. At present, preparatory work on the drainage gallery is underway.

From the point of view of work organisation, the tunnel structures are divided into six sections, with their own division into individual workplaces and management systems. The provision of logistics for individual workplaces, including the drainage gallery, is also a big challenge.

At the end of August, an extraordinary inspection day took place on the construction of the D1 Lietavská Lúčka – Dubná Skala motorway with the Višňové tunnel, which also included the consecration of the tunnel and the installation of the statue of St. Barbara, patron of miners and tunnellers.

Ing. JIŘÍ BŘICHŇÁČ, Metrostav a.s.
Ing. VLADIMÍR KOTRÍK, Skanska SK a.s.
Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
Slovenská tunelárska asociácia

TUNELY NA ŽELEZNIČNEJ SIETI

Železničný tunel Milochov

Na preklenutie úpätia vrchu Stavná, južne od miestnej časti Horný Milochov mesta Považská Bystrica je navrhnutý nový tunel Milochov (obr. 8). Projektovaná dĺžka tunela je 1861 m. Tunel má jednu únikovú štôľňu, ktorá vyúsťuje v obci Horný Milochov.

Rok 2021 sa prehupol do štvrtého kvartálu a stavba tunela Milochov sa blíži do cieľa. Práce v tunelovej rúre sú ukončené. Finalizuje sa technológia, prebiehajú skúšky a pripravuje sa realizácia železničného zvršku.

V únikovej štôľni sa dokončila pochôdzna vrstva, prebieha montáž požiarnych dverí medzi štôľňou a tunelom, resp. technických dverí na pretlakovej komore. V pretlakovej komore bol nainštalovaný systém vetrania a prevádzkové osvetlenie. Na portáli štôľne (obr. 9) sa vybuodoval prechodový blok z razeného tunela do otvoreného priestoru, ktorý bude mať tvar zrezaného obdĺžnika a z vonkajšej strany sa aplikovala na jeho povrchu ochrana striekanou izoláciou. Na portáli štôľne sa postupne vytvára ná-

TUNNELS ON RAILWAY NETWORK

Milochov railway tunnel

The new Milochov tunnel (see Fig. 8) is designed for overcoming the bottom of Stavná hill south of the municipal district of Horný Milochov of the town of Považská Bystrica. The tunnel design length amounts to 1861m. The tunnel has one escape gallery ending in the municipality of Horný Milochov.

The year 2021 has moved to the fourth quarter and the construction of the Milochov tunnel is approaching its finish. The work in the tunnel tube has been completed. The tunnel equipment is being finalised, tests are underway and the work on the trackwork is being prepared.

A layer capable of walking traffic was completed in the escape gallery, fire-check doors between the gallery and the tunnel, respectively the technical door on the pressurised chamber are being installed. A ventilation system and service lighting were installed in the pressurised chamber. At the portal of the gallery, a transition block (see Fig. 9) from the tunnel into an open space was built. It will have the shape of a truncated rectangle. A spray-



Obr. 8 Tunel Milochov
Fig. 8 Milochov tunnel



Obr. 9 Portál únikovej štôľne tunela Milochov
Fig. 9 Portal of Milochov tunnel escape gallery

on waterproofing membrane was applied from the outside to protect its surface. A mustering area is gradually created at the gallery portal. The whole perimeter of the area will be provided with the Krismer system of finishing the surface of the slopes with green vegetation. The mustering area itself is made up of concrete grass growing pavers.

The eastern portal of the tunnel has been finished. Traffic is diverted over the cut-and-cover tunnel on a new road. The networks in the mustering area with manholes are being completed. All the necessary equipment is installed in the technical house; the work on the outside finish of the house and terrain finishes in its vicinity is being completed.

The western portal of the tunnel (see Fig. 10) is gradually handed over to the crew installing the track. The distribution of networks is being completed, the area for the construction site has been cleared and the terrain in the vicinity has been shaped into its final form. The area around the technical house is being completed.

The construction activities are ceasing, the construction sites are being emptied, waste is being disposed of and melancholy is descending on the construction of the Milochov tunnel. The tunnel construction is finished and for all people who spent years together and experienced many adrenaline and hard moments, but also moments with a smile on the faces due to

stupná plocha. Po jej obvodu bude zhotovená konečná úprava svahov systémom Krismer so zeleným vegetačným povrchom. Samotná plocha nástupu sa vyskladá zo zatravnovacích tvárnic.

Samotný východný portál tunela je hotový. Ponad hĺbený tunel je novou komunikáciou prevedená doprava. Dokončujú sa siete v priestore nástupnej plochy s revíznymi šachtami. V technologickom domčeku sú nainštalované všetky potrebné technológie, dokončujú sa práce na fasáde a na terénnych úpravách v jeho okolí.

Západný portál tunela (obr. 10) sa postupne odovzdáva koľajárom. Dokončujú sa rozvody sietí, vyčistil sa priestor po zariadení staveniska a terén v okolí sa vytvaroval do finálnej podoby. Dokončuje sa okolie technologického domčeka.

Stavebný ruch utícha, stavebné dvory sa vyprázdňujú, likviduje sa odpad a na stavbu tunela Milochov sadá melanchólia. Tunel je postavený a pre všetkých, čo sme pri jeho realizácii strávili roky, prežili mnoho adrenalinových a krušných chvíľ no i chvíľ s úsmevom na tvári z vydarených vecí, sa tak končí ďalšia etapa v našich životoch, ktoré sme zasvätili tunelárstvu. Vďaka patrí všetkým, ktorí sme to spolu tahali.

Celú stavbu realizuje združenie Nimnica zložené zo spoločností Doprastav – TSS Grade – SUBTERRA – EŽ Praha. Tunel Milochov realizuje spoločnosť Subterra a.s. Generálnym projektantom pre investora Železnice Slovenskej republiky je spoločnosť REMING CONSULT a.s.

Ing. JÁN KUŠNÍR, MDV SR, poradca ministra



*Obr. 10 Konečné terénne úpravy západného portálu tunela Milochov
Fig. 10 Final terrain finishes at the western portal of the Milochov tunnel*

successfully met goals, the next stage in their lives they have dedicated to tunnelling ends. Thanks to everyone who pulled it together with us.

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

*Ing. JÁN KUŠNÍR, MDV SR,
adviser to the minister*

Z HISTÓRIE PODZEMNÝCH STAVEB FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

LITICKÝ TUNEL NEJEN NA POHLEDNICÍCH A FOTOGRAFIÁCH LITICE TUNNEL NOT ONLY ON PICTURE POSTCARDS AND PHOTOGRAPHS

In collections of the authors of the article, there are postcards with one „completely ordinary tunnel“ operated on the rail lines in the Czech Republic. This tunnel is located in eastern Bohemia, has a registration number 151 in the Railway Administration network and is named Litice. The authors of the article also managed to look into the documents of this tunnel, supplement them with data found on the web and organise brief information about the history and present of this (as mentioned above) „completely ordinary“ and at the same time quite interesting underground linear structure.

Ve sbírkách autorů příspěvku se nacházejí pohlednice s jedním „úplně obyčejným tunelem“ provozovaným na železnici v ČR. Tento tunel se nachází ve východních Čechách, v síti SŽ má evidenční číslo 151 a je pojmenovaný **Litický**. Pisatelům článku se podařilo nahlédnout také do dokumentace tohoto tunelu, doplnit ji údaji dohledanými na webu a uspořádat tak stručnou informaci o historii a současnosti této (jak je uvedeno již výše) „zcela obyčejné“ a přitom docela zajímavé podzemní liniové stavby.

Lokace tunelu

Litický železniční tunel se nachází v bývalém okrese Ústí nad Orlicí, na katastru městečka Litice n/Orlicí. Je součástí trati 021 Týniště nad Orlicí – Letohrad, a to v km 74,449–74,710, mezi železniční zastávkou Sopotnice a stanicí Litice nad Orlicí (obr. 1).

Přírodní podmínky

Železniční trať 021 je vedena malebným údolím Divoké Orlice, která zde obtéká výrazný skalní ostroh Kletné (535 m n. m.) se



*Obr. 1 Situace litického tunelu [1]
Fig. 1 Litice tunnel layout [1]*



Obr. 2 Litice n/Orl. Foto J. Švec Praha XI. Okolo 1930. [sbírka autorů]

Výhled ze severního – výjezdového/litického – portálu, směrem k železniční stanici Litice nad Orlicí. V pozadí, za nádražím vlevo, je zřetelně světlá plocha. Jde o kamenolom, který byl založený právě kvůli výstavbě dráhy a zejména Litického tunelu. V kamenolomu je dodnes těženy kvalitní granodiorit.

Fig. 2 Litice nad Orlicí. Photo J. Švec Praha XI. Around 1930. [authors' collection]

A view from the northern – exit/Litice – portal in the direction of the Litice nad Orlicí railway station. In the background, left behind the station, there is a distinctly light area. It is the quarry which was founded just because of the construction of the rail line and, first of all, of the Litice tunnel. High quality granodiorite is still mined in the quarry.



Obr. 3 Litice nad Orlicí. ? 1949. [sbírka autorů]

Ten samý výhled ze severního – výjezdového/litického – portálu, jako na obr. 2, ale o cca 20 let později. Časový odstup dokumentují vzrostlé stromy. Na pohlednici je zřetelné podskružení ostění příportálového pásu kolejnicemi.

Fig. 3 Litice nad Orlicí. ? 1949. [authors' collection]

The same view from the northern – exit / Litice – portal, as in Fig. 2, but about 20 years later. The time difference is documented by mature trees. The postcard shows a clear supporting of the portal block lining by rails.

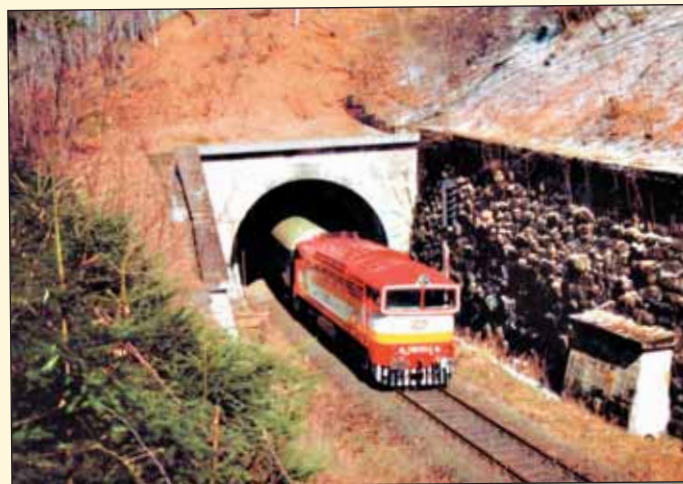
zříceninou hradu Litice. Šíjí tohoto ostrohu překonává tunel v nadmořské výšce cca 375 m (obr. 1). Pokud jde o geologické podmínky, byl objekt vyražený v kvalitních horninách spodního paleozoika, představovaných granity až granodiority. [2]

Historie

Předmětnou železniční trať vybuodovala, a následně v letech 1874–1908 i vlastnila, společnost Rakouská severozápadní dráha (ÖNWB – Österreichische Nordwestbahn). Ve své době šlo o významnou privátní stavební a dopravní firmu, která (mimo jiné) vystavěla na území dnešní ČR a Rakouska 1 398 km železničních tratí. Povolení ke stavbě úseku dráhy bylo vydané 25. 6. 1870. Práce probíhaly, jak bylo dobově běžné, velmi rychle a provoz byl

zahájený již 14. 1. 1874. Na trati se nachází jen jediný tunel – jde právě o tunel Litický. [3, 4]

Poměrně záhy po svém uvedení do provozu – v roce 1891 – musel být tunel rozsáhle opravovaný. Týkalo se to především výjezdového (severního, litického) portálu. Vzhledem ke strukturálnímu porušení materiálu zdíva zde bylo potřebné nahradit cca 50 % pískovcových kopáků prvky ze žuly (Světlá), resp. ruly (Litice). Podle nutnosti byla stejná sanace provedená i v některých partiích ostění, především v tunelových pásech 23 až 26.



Obr. 4 Motorová lokomotiva 750 371-7 v čele rychlíku R 952 vyjíždí z Litického tunelu. Vydáno pro Letohradský železniční klub. Foto © Jiří Adolf. Tisk: OFTIS Ústí nad Orlicí. 2005. [sbírka autorů]

Pohlednice určená pro milovníky lokomotiv. Vlak vyjíždí z jižního – vjezdového – portálu tunelu. Na snímku je velmi dobře vidět pozdější posunutí vjezdového portálu.

Fig. 4 Diesel engine locomotive 750 371-7 at the head of the R 952 express train leaves the Litice tunnel. Issued for the Letohrad railway club. Photo © Jiří Adolf. Print: OFTIS Ústí nad Orlicí. 2005. [authors' collection]

Picture postcard designed for lovers of locomotives. The train departs from the southern – entrance – portal of the tunnel. The later shifting of the entrance portal is very well seen in the picture.



Obr. 5 310.922 v Litickém tunelu. Vydala spol. železniční Č. Třebová. Foto: P. Stejskal. Tisk: OFTIS Ústí nad Orlicí. Cca 2010. [sbírka autorů]

Pohlednice je opět určená obdivovatelům historických strojů. Parní lokomotiva přezdívaná „Kačenka“, vyjíždí stejně jako na obr. 4 z jižního – vjezdového – portálu tunelu.

Fig. 5 310.922 in the Litice tunnel. Issued by Česká Třebová railway company. Photo: P. Stejskal. Print: OFTIS Ústí nad Orlicí. Around 2010. [authors' collection]

The postcard is again intended for admirers of historic machines. The steam locomotive, nicknamed “Kačenka”, departs as in Fig. 4 from the southern – entrance – portal of the tunnel.

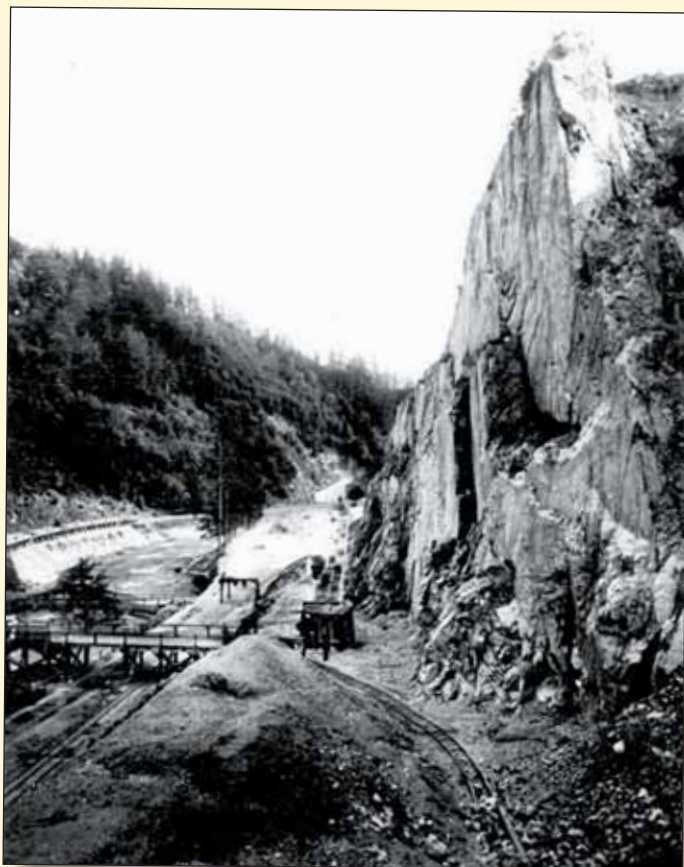
Poslední dokumentovaná, a technicky již zásadní, oprava proběhla až u stoletého tunelu v letech 1968–1973. Dnes je jejím nejviditelnějším výsledkem nový betonový, o 3 m přesazený, vjezdový (jižní) portál. Pláštěm ze stříkaného betonu (SB) tl. 0,20 m byl sanovaný rovněž výjezdový (severní, litický) portál. SB tl. 0,10 až



Obr. 6 Romantický pohled na údolí řeky Orlice, trať a Litický tunel. 1895 [7]
Železnice je vedena půvabným údolím Divoké Orlice, která zde obtéká Hradní kopec (451 m. n. m.) se zříceninou hradu Litice (v pozadí).

Fig. 6 Romantic view of the Orlice River valley, rail track and the Litice tunnel. 1895 [7]

The railway is led along the charming Divoká Orlice valley, which here flows around Hradní Hill (451 m a.s.l.) with the ruins of Litice castle (in the background).



Obr. 7 Těžba v litickém lomu s tunelem v pozadí. 1900 [7]

Těžba kamene v Liticích nad Orlicí probíhá již od konce 19. století a její zahájení je spojené právě s výstavbou železniční trati Týniště – Letohrad. Dodnes se zde těží šedý biotitický granodiorit.

Fig. 7 Mining in Litice quarry with the tunnel in the background. 1900 [7]
Stone mining in Litice nad Orlicí has been going on since the end of the 19th century and its commencement is connected with the construction of the Týniště – Letohrad railway line. Gray biotite granodiorite is mined here to this day.



Obr. 8 Téměř stejný pohled jako na obr. 7. Údolí řeky Orlice, zřícenina hradu a Litický tunel. Okolo 1906 [7]

Fig. 8 Nearly identical view as in Fig 7. Orlice river valley, ruins of a castle and the Litice tunnel. Around 1906 [7]

0,20 m zesílil také původní kamenné zdivo ostění tunelu a s tím byly zcela přestavěné pásy 2, 3a a 3b, resp. klenba pásů 4a, 4b, 5a a 5b. Dále byly v tunelu nově zřízeny tři ochranné výklenky, opravena či doplněna hydroizolace a osvětlení a založeny kabelové žlaby. [5, 6]

Parametry tunelu a jeho konstrukční řešení

Původně byl tunel dlouhý 260,57 m, dnes je (vzhledem k posunutí vjezdového portálu) o 3 m delší. Půdorysně je situovaný v pravotočivém oblouku o $R = 293$ m, přičemž jeho niveleta generelně stoupá sklonem cca 11 ‰. Tunel byl sice navržený a stavěný pro dvě koleje, ale od počátku provozu až do současnosti je jím vedena jen kolej jedna. Původní světlost tunelu byla 8,20/6,20 m (43,04 m²), dnes odpovídá jeho průjezdný průřez standardu 1-SM, potažmo průchodnost vyhovuje pro profil Z-G ČD (nově označovaný jako Z-G2).

Návrh tunelu byl (podle dokumentovaných průřezů ostění) patrně provedený shodně se zásadami platnými pro klasickou tunelovou obezdívku s tuhými opěrami, realizace probíhala (opět s nejvyšší pravděpodobností a s přihlédnutím k době stavby) za nasazení některé varianty „podélníkové neboli modifikované rakouské soustavy“. S ohledem na délku tunelu a místní poměry lze předpokládat



Obr. 9 Současný stav jižního – vjezdového – portálu Litického tunelu. Nová betonová konstrukce z let 1968–1973 byla o 3 m přesunutá před historický vstup. [Foto: K. Doležal, SŽ OŘ HK SMT]

Fig. 9 Current state of the southern – entrance – portal of the Litice tunnel. New concrete structure from 1968–1973 was set forward, 3m ahead of the historic entrance. [Photo: K. Doležal, SŽ OŘ HK SMT]



Obr. 10 Současný stav severního – výjezdového – portálu Litického tunelu. [Foto: K. Doležal, SŽ OŘ HK SMT]

Fig. 10 Current state of the northern – exit – portal of the Litice tunnel. [Photo: K. Doležal, SŽ OŘ HK SMT]

dohorní ražbu z jednoho portálu, zaručující gravitační odvodnění. K tomu se pak přímo nabízí postup stavby od jihu.

Pohlednice

Ve sbírce autorů článku se nacházejí celkem čtyři pohlednice s Litickým tunelem. Další tři byly (pro tento seriál nestandardně) dopátrány na internetových stránkách věnovaných historii podorlické železnice. [7] U českého tunelu této kategorie se tak jedná o zajímavý počet pohlednic (obr. 2 až 8).

Současnost

Pravidelné kontrolní prohlídky Litického tunelu sice konstatují drobné poruchy a závady, ty však závažností zdaleka neodpovídají jeho téměř 150letému stáří. Stavební stav objektu je aktuálně označen velmi příznivě stupněm „2“ = vyhovující. Tunel je tak klasifikovaný stále jako objekt bez podstatných viditelných závad, které by mohly mít negativní vliv na drážní provoz. Dílo pradědů proto lze, bez přehánění, označit za obdivuhodné! [8]

Na závěr je současnost Litického tunelu dokumentovaná (obr. 9 až 12) s aktuálními pohledy na jeho portály a vnitřní prostor.

doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.

Ing. VÁCLAV MAJER

Ing. RICHARD SVOBODA, Ph.D.



Obr. 11 Měření prostorové průchodnosti u severního – výjezdového – portálu. Noční výhled směrem k žst. Litice n/Orlicí. Srovnaj s obr. 2 a 3. [Foto: K. Doležal, SŽ OŘ HK SMT]

Fig. 11 Measurement of spatial passability at the northern – exit – portal. Night view in the direction of Litice nad Orlicí railway station. Compare with Figures 2 and 3. [Photo: K. Doležal, SŽ OŘ HK SMT]



Obr. 12 Měření prostorové průchodnosti v tunelu fotogrammetrickým strojem FS3. [Foto: K. Doležal, SŽ OŘ HK SMT]. Z obr. 8 a 9 je patrný neporušený profil a celkově dobrý stav ostění tunelu.

Fig. 12 Measurement of spatial passability in the tunnel using a photogrammetry machine FS3. [Photo: K. Doležal, SŽ OŘ HK SMT]. The intact profile and the overall good condition of the tunnel lining ARE obvious from Figures 8 and 9.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] www.mapy.cz
- [2] ČGS. Geovědní mapy M 1:50 000 [online]. [cit. 2021-09-30]. Dostupné na internetu <<https://micka.geology.cz/record/basic/52382171-4d60-42b6-a023-087c0a010817>>
- [3] Litický tunel [online]. [cit. 2021-09-30]. Dostupné na internetu <https://cs.wikipedia.org/wiki/Litick%C3%BD_tunel>
- [4] Železniční trať Týniště nad Orlicí – Letohrad [online]. [cit. 2021-09-30]. Dostupné na internetu <https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDelezni%C4%8Dn%C3%AD_tra%C5%A5_T%C3%BDni%C5%A1t%C4%9B_nad_Orlic%C3%AD_%E2%80%93_Letohrad>
- [5] Evidenční list pro tunel Litický, 1949
- [6] Evidenční list pro tunel Litický, 1975
- [7] www.nadraziletohrad.wz.cz
- [8] Zápis z podrobné prohlídky tunelu, 2020

VÝROČÍ ANNIVERSARIES

ŽIVOTNÍ JUBILEUM, ING. ALEŠ ZAPLETAL, DRSC.
LIFE ANNIVERSARY OF ING. ALEŠ ZAPLETAL, DRSC.

V srpnu tohoto roku oslavila své 80. narozeniny významná osobnost v oblasti matematického modelování podzemních konstrukcí Ing. Aleš Zapletal, DrSc.

Ing. Zapletal se narodil 5. 8. 1941 v Hodoníně. V letech 1959 až 1961 studoval na FS VUT v Brně a poté, v letech 1962 a 1963, na FS ČVUT v Praze.

Profesní kariéru zahájil v roce 1963 jako vědecký asistent v laboratoři experimentální pružnosti ÚTAM ČSAV, později Kloknerova ústavu ČVUT. Akademií věd byl vyslán do Spojeného ústavu jaderných výzkumů v Dubně (SSSR), kde se podílel na projektování velké vodíkové bublinové komory (nádoby pro fotografické zobrazení stop elektricky nabitých částic v látkovém prostředí kapalného plynu).

V Praze ho již zastihl 21. srpen roku 1968. Zúčastnil se první, ještě noční demonstrace, při které mu bylo prostřeleno rameno. Vystupoval silně protiokupačně. V době normalizace byl pro své politické názory donucen ukončit vědeckou kariéru na ČVUT. S doporučujícím dopisem tehdejšího ředitele Kloknerova ústavu prof. J. Klimeše žádal o zaměstnání u vedení Metroprojektu. Byl přijat s požadavkem, že se stane statickem společnosti pro ražené tunely. Statické výpočty pro konstrukce tohoto typu nebylo do této doby nutné dokladovat (mnohdy ani provádět), nově však byl vydán příkaz, že projektová dokumentace musí jejich statický výpočet obsahovat.

Komplikovanější analytické výpočty ražených tunelů se nedají provádět „ručně“ (na kalkulačce) a program na jejich výpočet Metroprojektu chyběl. Ing. Zapletal proto v programovacím jazyku Algol takový program sestavil pro počítač Minsk. Hornina byla v programu chápána jako Winklerova vrstva. Později, když již existovalo v Metroprojektu výpočetní středisko, sestavil vylepšený algoritmus výpočtu, který Ing. Černý naprogramoval pro počítač HP. Program nesl název OSPL. Vylepšení spočívalo v zahrnutí plasticity ostění do výpočtu jeho únosnosti. Teorii plastického chování ostění vypracoval a publikoval Ing. Zapletal s Ing. Holickým. Důvodem vylepšení byl výpočet únosnosti ostění z prostého betonu. Bez tohoto vylepšení nebylo možno stanovit, jak se chová ostění z prostého betonu za mezí trhlin a nebylo tedy možno, pokud zatížení trhliny v ostění vyvolávalo, stanovit jeho únosnost. Kromě modelování konstrukcí tunelových ostění se věnoval i dalším typům konstrukcí podzemního stavitelství. Ukázalo se například, že hluboké podzemní stěny je nesnadné dimenzovat pomocí klasických představ o rozdělení zemních tlaků. Ing. Zapletal zavedl pojem pružně plastické Winklerovy vrstvy a navrhl a publikoval metodu výpočtu podzemních stěn, obklopených touto vrstvou. Ve výpočetním středisku Metroprojektu byla metoda naprogramována. Program se jmenoval STEPL. Základové pásy ve stanici Můstek A bylo nutno navrhnout tak, aby stanice nebyla poškozena při pozdější ražbě stanice Můstek B, která Mústek A podcházela. Aby se pásy daly rozumně nadimenzovat, bylo nutno zohlednit jejich spolupůsobení s ostěním stanice. Ing. Zapletal vypracoval a publikoval teorii nosníků spolupůsobících s ortogonálním diskontinuem, podle které byly vnitřní síly pásů vypočteny.



A prominent figure in the field of mathematical modelling of underground structures, Ing. Aleš Zapletal, DrSc., celebrated his eightieth birthday.

Ing. Zapletal was born on August 5, 1941 in Hodonín. From 1959 to 1961, he studied at the Faculty of Civil Engineering of the Technical University of Brno and, subsequently, from 1961 to 1963, at the Faculty of Civil Engineering of the Technical University of Prague.

He began his professional career in 1963 in the position of a research assistant in the laboratory of experimental elasticity of Institute of Theoretical and Applied Mechanics of the Academy of Sciences of the Czech Republic, later the Klokner Institute of the Czech Technical University. He was sent by the Academy of Sciences to the Joint Institute for Nuclear Research in Dubno (USSR), where he participated in designing a large hydrogen bubble chamber (a vessel for photographic imaging of traces of electrically charged particles in a liquid gas environment).

In Prague, in 1968, he was already caught by the August. He took part in the first demonstration during the night, during which his shoulder was shot through. He acted strongly anti-occupationally. At the time of normalisation, he was forced to end his scientific career at the Czech Technical University. With a letter of recommendation from the then director of the Klokner Institute, Prof. J. Klimeš, he applied for a job with the management of Metroprojekt. He was accepted with the requirement to become a structural engineer for mined tunnels. Until that time, it was not necessary to document structural analyses for structures of this type (often not even to conduct them), but a new order was issued that the design documents had to contain structural analyses.

More complicated analytical calculations for mined tunnels cannot be carried out “manually” (on a calculator) and the program for their calculation was missing in Metroprojekt. Ing. Zapletal therefore compiled such a program for the Minsk computer in the Algol programming language. The ground was understood in the program as the Winkler layer. Later, when a computer centre already existed in Metroprojekt, he compiled and improved the calculation algorithm, which Ing. Černý programmed for a HP computer. The program was called OSPL. The improvement lied in including the plasticity of the lining in the calculation of its load-bearing capacity. The theory of plastic behaviour of the lining was developed and published jointly by Ing. Zapletal and Ing. Holický. The reason for the improvement was the calculation of the load-bearing capacity of unreinforced concrete lining. Without this improvement, it was not possible to determine how the unreinforced concrete lining behaves beyond the crack limit, and it was therefore not possible to determine its load-bearing capacity when the load in the lining caused a crack. In addition to modelling tunnel lining structures, he also dealt with other types of underground structures. For example, it turned out that deep diaphragm walls were difficult to dimension using classical ideas about the distribution of ground pressures. Ing. Zapletal introduced the concept of an elastically plastic Winkler layer and designed and published a method for calculating the diaphragm walls surrounded by this layer. The method was programmed in the Metroprojekt computer centre. The program was called STEPL. The foundation strips in the Mústek A station had to be designed so that the station would not be damaged during the later excavation of the Mústek B station, which passed under the Mústek A station. In order for the strips to be reasonably dimensioned, it was necessary to take into account their interaction with the station lining. Ing. Zapletal developed and published the theory of beams

Po čase přijal Ing. Zapletal nabídku Metrostavu a stal se jeho zaměstnancem. Věnoval se statickému Strahovskému tunelu, vypracoval a publikoval jeho prostorový statický model.

Po roce 1989 se mohl obhájit nejprve jako kandidát, později jako doktor věd. Prezidentem Havlem byl jmenován členem Rady Pražského hradu.

Své působení v Metrostavu na několik let přerušil a pracoval v pražské pobočce rakouské společnosti ILF. Po návratu do Metrostavu se stal členem technické rady tunelu Mrázovka a později také tunelu Blanka, kde měl na starosti dohled nad statickým řešením obou tunelů. V té době, spolu s prof. Bartákem a Ing. Hořejším sestavil a publikoval dokument „*Doporučení pro zpracování statických výpočtů ražených tunelů dle EC*“.

Od roku 2007 je zaměstnancem firmy Satra s r.o., jako konzultant v oblasti numerického modelování.

Publikoval okolo sta článků, v naprosté většině z oboru tunelové statiky, zbytek pak z oboru fotoelastimetrie. Jeho poslední dvě publikace pro časopis TUNEL se týkají spolupůsobení sekundárního a degradovaného primárního ostění (TUNEL 3/2019 a 4/2019).

K jeho velkým zálibám patří cestování, jachting (majitel průkazu způsobilosti k vedení námořní jachty). Zajímá se také o studium světových dějin, umění a filozofie.

Jméno všech bývalých i současných spolupracovníků a čtenářů časopisu TUNEL přejeme Ing. Zapletalovi pevné zdraví a dostatek energie do dalších let.

Ing. TOMÁŠ LOUŽENSKÝ,
SATRA, spol. s r.o.

interaction with the orthogonal discontinuity, according to which the internal forces in the strips were calculated.

After some time, Ing. Zapletal accepted Metrostav's offer and became its employee. He devoted himself to the statics of the Strahov tunnel, elaborated and published his spatial static model.

After 1989, he was allowed to defend himself first as a candidate, later as a doctor of science. President Havel appointed him a member of the Prague Castle Board.

He interrupted his work with Metrostav for several years and worked in the Prague branch of the Austrian company ILF. After returning to Metrostav, he became a member of the technical advisory board for the Mrázovka tunnel and later also for the Blanka tunnel, where he was in charge of supervising the static solution to both tunnels. At that time, together with prof. Barták and Ing. Hořejší, he compiled and published the document “*Recommendations for conducting structural analyses for mined tunnels according to the EC*”.

Since 2007 he has been an employee of Satra s r.o., in the position of a consultant in the field of numerical modelling.

He has published about a hundred articles, the vast majority in the field of tunnel statics, the rest in the field of photoelasticity. His last two publications for TUNEL journal concern the interaction between secondary and degraded primary linings (TUNEL 3/2019 and 4/2019).

His great hobbies include travelling, yachting (a holder of a license to drive a sea yacht). He is also interested in studying world history, arts and philosophy.

On behalf of all former and current collaborators and readers of the TUNEL journal, we wish Ing. Zapletal good health and enough energy for the years to come.

Ing. TOMÁŠ LOUŽENSKÝ, SSATRA, spol. s r.o.

ŽIVOTNÍ JUBILEUM ING. MIROSLAVA KOCHÁNKY **LIFE ANNIVERSARY OF ING. MIROSLAV KOCHÁNEK**

Ing. Miroslav Kochánek se narodil 18. 11. 1946 v Litomyšli. V roce 1961 zde začal studovat střední všeobecně vzdělávací školu – dnešní gymnázium. Po maturitě v roce 1964 se přihlásil na Stavební fakultu ČVUT, kde studoval směr konstruktivně-dopravní, později se věnoval geotechnickému zaměření. Po úspěšném ukončení vysokoškolského studia v roce 1970 začal také na stavební fakultě pracovat jako pedagogický asistent na katedře geotechniky, v oddělení mechaniky zemin pod vedením profesora Aloise Myslivce.



Po založení projektového ústavu DP-Metroprojekt v květnu 1971, pozdějšího MEROPROJEKTU Praha a.s., začal zde již v srpnu 1971 pracovat na prvních projektech metra v Praze a Metroprojektu zůstal věrný dodnes. Zde byl jako projektant zařazen do střediska tunelových staveb, vedeného Ing. Karlem Závorou, který ho svým nadšením pro ražené tunely ovlivnil na celý život. Jedním z prvních projektů, na kterých se podílel jako samostatný projektant, byl návrh železobetonového montovaného ostění pro ražené třílodi stanice pražského metra (1971–1972).

V následujících letech, jako odpovědný projektant, pracoval na tunelových projektech v oblasti stanice Můstek I.A (1972–1976) a později měl postupně na starosti jednotlivé stavební oddíly pražského metra na trase B, ražené prstencovou metodou. Byly to stavební oddíly: I.B12 Traťové tunely Můstek – Náměstí Republiky, II.B34 Traťové tunely Invalidovna – Palmovka a IV.B04 Stanice Kolbenova (1977–1997).

V následujícím období mezi léty 1995 až 2000 pracoval ve funkci

Ing. Miroslav Kochánek was born in Litomyšl on 18 November 1946. In 1961, he started to study at the general secondary school, today “gymnasium”. After matura exam in 1964, he signed up to the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical University, where he studied in the Department of Civil Engineering and Traffic Structures and, later, he devoted himself to geotechnical specialisation. After successful graduation from the university in 1970, he started to work again at the faculty of civil engineering in the position of a teaching assistant at the department of geotechnics, section mechanics of soils, under the leadership of Professor Alois Myslivec.

After the foundation of the DP-Metroprojekt design institute in May 1971 (the later MEROPROJEKT Praha a.s.), he began working there in August 1971 on the first metro designs in Prague, and has remained faithful to Metroprojekt to this day. Here, in the position of a designer, he was included in the tunnel construction centre led by Ing. Karel Závora, who influenced him for the rest of his life with his enthusiasm for mined tunnels. One of the first designs in which he participated in the position of an independent designer was the design for reinforced concrete pre-cast lining for mined three-vault stations of the Prague metro (1971–1972).

In the following years, in the position of a responsible designer, he worked on tunnel designs in the area of the Můstek I.A station (1972–1976) and later he was gradually in charge of individual construction lots of the Prague metro on the line B, driven using the ring method, namely the construction lots: I.B12 Running tunnels Můstek – Náměstí Republiky, II.B34 Running tunnels Invalidovna – Palmovka and IV.B04 Kolbenova station (1977–1997).

In the following period, from 1995 to 2000, he worked in the position of the chief engineer of the design for the replacement of escalators

hlavního inženýra projektu na výměnách eskalátorů a rekonstrukcích stanic pražského metra Hradčanská, Staroměstská, Náměstí míru, Malostranská a Vyšehrad.

Následně na prodlužované trase metra C (2000–2007) projektoval jako odpovědný projektant traťové tunely ražené podle zásad moderní Nové rakouské tunelovací metody: IV.C1.04 Traťový úsek Troja – Kobylisy, IV.C1.06 Kobylisy – Ládví, IV.C.2.09 Traťový úsek Ládví – Střížkov a IV.C.13 Traťový úsek Prosek – Letňany.

Na poslední dosud realizované trase pražského metra V.A v úseku Dejvická – Nemocnice Motol (2008–2015), spolu s týmem dalších tunelářů, měl jako odpovědný projektant na starosti stavební oddíl V.A1.07 Raženou jednodílnou stanicí Petřiny, V.A2.08 Dvoukolejný tunel v úseku stanice Petřiny – Nemocnice Motol, V.A.09 Ražený obrátový tunel za stanicí Nemocnice Motol. Na trase metra V.A měl také na starosti ražbu jednokolejných traťových tunelů dosud nejmodernější tunelářskou technologií použitou na pražském metru, tj. ražbu pomocí plnoprofilových razicích mechanismů od stanice Petřiny až do stanice Dejvická. Současně ve funkci tunelového specialisty byl členem rady monitoringu prodlužované trasy metra V.A.

V průběhu uplynulých let se ve funkcích odpovědného projektanta, hlavního inženýra projektu nebo tunelového specialisty podílel na projektech různých ražených kanalizací, rekonstrukcích tunelů, rekonstrukce úkrytů pro letadla letištní základny Čáslav, úložišť radioaktivního odpadu v dole Richard a dalších.

V současnosti pracuje na projektech trasy ID1 pražského metra, provozního úseku Pankrác – Nové Dvory v různých stupních dokumentace a na realizačních projektech doplňkového geologického průzkumu úseku ID1a v oblasti stanice Pankrác D.

Ing. Miroslav Kochánek v průběhu svého profesního života publikoval odborné články v odborných časopisech, jako jsou Stavebnictví, Zakládání a také v časopisu Tunel. Zúčastňoval se mnoha tunelářských konferencí a seminářů doma i v zahraničí.

Ing. Miroslav Kochánek slaví významné životní jubileum v plné práci. Je mi potěšením, že mohu jménem všech spolupracovníků a vás, čtenářů časopisu Tunel, popřát našemu jubilantovi pevně zdraví a hodně energie do další práce.

Ing. MIROSLAV NOVÁK, METROPROJEKT Praha a. s.

and reconstructions of the Prague metro stations Hradčanská, Staroměstská, Náměstí míru, Malostranská and Vyšehrad.

Subsequently, on the metro line C being extended (2000–2007), in the position of a responsible designer, he designed the following running tunnels driven according to the principles of the modern New Austrian Tunnelling Method: IV.C1.04 Track section Troja – Kobylisy, IV.C1.06 Kobylisy – Ládví, IV.C. 2.09 Track section Ládví – Střížkov and IV.C.13 Track section Prosek – Letňany.

On the until now last constructed route of the Prague metro VA in the section Dejvická – Motol Hospital (2008–2015), together with a team of other tunnelling engineers, he was in charge of the construction lot V.A1.07 Mined single-vault station Petřiny, V.A2.08 Double-track section between Petřiny – Motol Hospital stations, VA09 Mined stub tunnel behind the Motol Hospital station. On the V.A metro line, he was also in charge of designing single-track running tunnels using the state of the art tunnelling technology used on the Prague metro so far, i.e. excavation using full-profile tunnelling machines from the Petřiny station to the Dejvická station. At the same time, in the position of a tunnel specialist, he was a member of the monitoring board on the V.A. metro line being extended.

In recent years, in the position of a responsible designer or a tunnel specialist, he participated in designs for various mined sewers, reconstruction of tunnels, reconstruction of shelters for aircraft at the Čáslav airport base, the repository for spent nuclear fuels at the Richard mine and others.

He is currently working on designs for the ID1 line of the Prague metro, the operating section Pankrác – Nové Dvory at various stages of designing and on the detailed designs for the additional geological survey of the ID1a section in the area of the Pankrác D station.

During his professional life, Ing. Miroslav Kochánek published professional articles in professional journals, such as Stavebnictví, Zakládání and also in the TUNEL journal. He has participated in many tunnelling conferences and seminars at home and abroad.

Ing. Miroslav Kochánek is celebrating the significant life anniversary at his full work enthusiasm. I am pleased to be able to wish our jubilarian on behalf of all my colleagues and you, the readers of TUNEL journal, good health and a lot of energy for further work.

Ing. MIROSLAV NOVÁK, METROPROJEKT Praha a. s.

ROZLOUČENÍ LAST FAREWELL

ZEMŘEL ING. KAREL MATZNER ING. KAREL MATZNER DIED

On November 12, 2021, an extraordinary person, Ing. Karel Matzner, died at the age of 92. He was born on March 16, 1929 in České Budějovice, graduated from the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical University in Prague with the degree in hydraulic engineering in 1953. He worked in positions of a hydraulic engineer and later also in the field of underground construction. Ing. Karel Matzner was a long-standing member of the ITA-AITES Czech (formerly also Czechoslovak) Tunnelling Association, from 1996 to 2004 also in the position of a secretary and at the same time editor-in-chief of the TUNEL journal. In these positions, he successfully introduced a bilingual form of publishing. He has done a great deal for our association and has therefore been duly appointed its honorary member.



Odešel v pátek 12. listopadu 2021 ve věku devadesáti dvou let...

Ta zpráva nyní letí k velkému množství lidí, kteří Karla znali, a každého vytrhne z běhu jeho života a u každého vyvolá příval vzpomínek. Nejprve se ale možná každý zastaví a krátce si povzdechne: „Tak Karel Matzner zemřel...“

Karel byl svým způsobem mimořádný člověk. Mimořádně aktivní člověk. Měl rád svou profesi stavebního inženýra. Byl záněným sportovcem a iniciativním organizátorem sportovních událostí, ve zralém věku i v oblasti světového seniorského sportu. A naše Česká (i dříve Československá) tunelářská asociace mu vděčí za to, že od skrovných začátků i jeho úsilím se vyvinula v užitečnou a uznávanou profesní společnost.

Karel Matzner se narodil 16. března 1929 v Českých Budějovicích. Po školních letech a středoškolských studiích vystudoval na Fakultě inženýrského stavitelství Českého vysokého učení technického v Praze obor hydrotehnika v rámci vodohospodářského směru. Promoval v roce 1953. Pak nastoupil do podniku Vodní stavby a podílel se postupně na stavbách přehrady Lipno (jako hlavní stavbyvedoucí

podzemní hydroelektrárny) a na vodních dílech Nechranice, Želivka I a Vrchlice jako hlavní inženýr stavební správy 2 Vodních staveb. Jmenované stavby dovedl do provozu a konečné kolaudace. Těžko asi najít jiného hydrotechnika, kterému se dostalo příležitosti úspěšně dokončit během životní stavební praxe hned čtyři údolní přehrady.

Nejvíce si Ing. Karel Matzner vážil své účasti na stavbě přehrady a podzemní hydroelektrárny Lipno, která patřila ve své době ke špičkovým dílům přehradního i podzemního stavitelství evropské a možná i světové úrovně.

Následovalo 25 let práce u podniku Metrostav ve funkci vedoucího odboru realizace metra, později pak zastával funkci technického asistenta generálního ředitele podniku. Byl také vyslán do Alžíru, kde v letech 1987 až 1989 pracoval na přípravě stavby metra s účastí podniku Metrostav. Ke spolupráci nedošlo pro začínající nejistou situaci v arabském světě. Bohatá byla také jeho publikační a redaktorská činnost, což dokládá nejen vývoj a úroveň časopisu Tunel, ale i řada knih i filmů o výstavbě pražského metra, na nichž se podílel.

Ing. Karel Matzner byl nejen dlouholetým členem České (dříve i Československé) tunelářské asociace ITA-AITES, ale v letech 1996 až 2004 také jejím generálním sekretářem a současně šéfredaktorem časopisu TUNEL, v němž zavedl úspěšně bilingvní formu vydávání. Oprávněně můžeme konstatovat, že pro naši asociaci vykonal velmi mnoho, a proto byl zaslouženě jmenován jejím čestným členem.

Mimořádná byla Karlova láska ke sportu a především jeho aktivní sportovní život. Svůj organizační talent uplatnil, když byl např. téměř dvacet let místopředsedou a předsedou TJ Vodní stavby. Coby atlet – veterán se stal v příslušných věkových kategoriích několikrát mistrem světa, Evropy, ale také mistrem Jižní Ameriky i Čínské republiky Tchaj-wan v různých běžeckých disciplínách. Vykovával funkci předsedy Sdružení veteránů Českého atletického svazu a posléze byl jeho čestným předsedou. Po několika funkčních obdobích byl i členem představenstva Evropské a Světové atletické veteránské asociace, kde získal „Honorary Bronz Pin za zásluhy o rozvoj veteránské asociace sportu ve světě“. Můžeme se jen podívat, kolik závodů absolvoval. Jen namátkou zmíníme: 41× Velkou Kunratickou, 32× Běchovice, 37 půlmaratonů a 15 maratonů. Na lyžích pak 28× Jizerskou padesátku, 22×70 km Po hřebenech Krkonoš.

Závěrem bych chtěl vyslovit své pevné přesvědčení, že jméno Ing. Karla Matznera zůstane mezi členy České i Slovenské tunelářské asociace živé. Děkuji mu za vše, co pro naši tunelářskou pospolitost vykonal.

Za sebe i za české a slovenské tuneláře chci ubezpečit Karlovu rodinu, že s ní hluboce soucítíme, nyní, když Karel odešel a že jeho památku zachováme ve svých srdcích.

*Ing. IVAN HRDINA,
předseda České tunelářské asociace ITA-AITES*

Z ČINNOSTI PRACOVNÍCH SKUPIN CZTA WORKING GROUPS

PRVNÍ SYMPOZIUM PRACOVNÍ SKUPINY MLADÝCH TUNELÁŘŮ FIRST SYMPOSIUM OF WORKING GROUP OF YOUNG TUNNELLERS

On Thursday, October 7 and 8, the Working Group of Young Tunnelers organised the first symposium, during which several lectures were presented. They focused on the design of new tunnel structures (Jiří Umlauf) and on reconstruction projects (Alice Žíttová). In addition, the work on tunnel structures and geotechnical structures was discussed (Simona Zetková, Martin Krátký and Jiří Horčíčka). Zdeněk Šiška and Zdeněk Žižka reported on the areas of research in the field of tunnel construction. The last topic of the lectures was the legislation connected with the procurement of the construction of underground structures (Michal Uhrin). Another part of the symposium program on Friday, October 9, was a visit to the tunnel construction sites of the Supplementary Geological Survey of the I.D1 Metro section in Prague Pankrác. The design for geological survey was presented to the group by Pavlína Sehnalová.

Večtvrtek 7. a 8. října pracovní skupina Mladých tunelářů (CzTA_ym)

uspořádala své první sympozium. V první části sympozia, které se konalo v budově společnosti METROPROJEKT Praha a. s. (obr. 1), se uskutečnilo několik přednášek. Přednášky se zaměřovaly jednak na projektování tunelových novostaveb (Jiří Umlauf), tak i na rekonstrukce (Alice Žíttová). Dále byly diskutovány realizace tunelových staveb a geotechnických konstrukcí (Simona Zetková, Martin Krátký a Jiří Horčíčka). O oblastech výzkumu v tunelových stavbách pak referovali Zdeněk Šiška a Zdeněk Žižka. Posledním tématem přednášek byla legislativa spojená se zadáváním výstavby podzemních staveb (Michal Uhrin). Všechny přednášky byly doplněny rozsáhlou odbornou diskusí. Skupina se po proběhnutých přednáškách přesunula do nedaleké restaurace (obr. 2), kde pokračoval neformální program sympozia.

Další částí programu sympozia v pátek 9. října byla návštěva tunelových staveb Doplňkového geologického průzkumu úseku Metra I.D1 v Praze na Pankráci (obr. 3). Projekt geologického průzkumu



Obr. 1 Účastníci sympozia pracovní skupiny Mladí tuneláři
Fig. 1 Participants in the symposium of Young Tunnelers working group



Obr. 2 Neformální část programu sympozia
Fig. 2 Informal part of symposium programme

skupině představila Pavlína Sehnalová. Následně byla skupina stavbou prováděna vedoucími projektů tunelových ražeb Ing. Radkem Kozubíkem (HOCHTIEF CZ a. s.) a Ing. Štefanem Ivorem (Metrostav a.s.).

V případě zájmu o účast na budoucích akcích skupiny neváhejte skupinu kontaktovat prostřednictvím emailu na adrese czta-ym@seznam.cz.

ZDENĚK ŽIŽKA,
zdenek.zizka@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT Praha a. s.,
VERONIKA PAVELCOVÁ,
veronika.pavelcova@fsv.cvut.cz,
Fakulta stavební ČVUT v Praze,
SIMONA ZETKOVÁ,
szetkova@ambergengineering.com,
Amberg Engineering AG



Obr. 3 Návštěva tunelových staveb Doplíkového geologického průzkumu úseku Metra I.D1 v Praze na Pankráci

Fig. 3 Visit to tunnel construction sites of the Supplementary Geological Survey of the Metro I.D1 section in Prague Pankrác

ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES CZECH TUNNELIG ASSOCIATION ITA-AITES REPORTS

www.ita-aites.cz

VALNÉ SHROMÁŽDĚNÍ CZTA ITA-AITES GENERAL ASSEMBLY OF ITA-AITES CZTA

The General Assembly of the Czech Tunnelling Association of the ITA-AITES was held on Wednesday the 8th September 2021. In the beginning, CzTA commemorative medals were handed over to Ing. Jiří Pavlík, CSc., Ing. Jan Vintera and Ing. Václav Soukup. Ing. Hrdina, the chairman of the association, informed the members about the activities of the association since the last general assembly meeting, when the publishing of the TUNEL journal continued. The Tunnel Afternoons (the association has organized 37 of them so far) were held in 2021 for the time being online due to covid-19. Furthermore, the economy of the association for the year 2020 was discussed and the budget for 2021 was presented. The attendees were acquainted with the plan of activities of the association for the year 2021, when the association continues in most common activities, i.e. in the publication of the TUNEL journal and the organization of the Tunnel Afternoons. Then Ing. Butovič presented brief information on the preparation of the Underground Construction

Prague 2023 conference. The conference should take place from 29 to 31 May 2023 at the Clarion Congress Centre. The meeting continued with the evaluation of the student competition for the best diploma thesis in the field of underground construction in 2020. The first place was won by Ing. Marek Podzemský from the faculty of Civil Engineering of the Technical University in Prague with the topic *Determination of the impact of the excavation of the exploratory gallery on the surrounding rock environment and underground work*. The second place belongs to Ing. Markéta Borská from the Faculty of Civil Engineering of the VŠB Technical University of Ostrava, who participated in the competition with a diploma thesis on the topic of *Verification of the quality of the rock environment using MWD data*. The third place was taken by Ing. Felipe A. Gutiérrez S. from the VŠB Technical University of Ostrava. In his diploma thesis he focused on the *Evaluation of factors influencing the inflow of groundwater into the Čebrať tunnel using numerical modelling*.



Foto Ing. Libor Mařík photo Ing. Libor Mařík

Obr. 1 Ing. Jiří Pavlík, CSc. přebírá pamětní medaili CzTA

Fig. 1 Ing. Jiří Pavlík, CSc. taking over the CzTA commemorative medal



Foto Ing. Libor Mařík photo Ing. Libor Mařík

Obr. 2 Pamětní medaili převzal Ing. Jan Vintera

Fig. 2 Commemorative medal taken over by Ing. Jan Vintera



Foto Ing. Libor Mařík photo Ing. Libor Mařík

Obr. 3 Nový držitel pamětní medaile CzTA Ing. Václav Soukup s předsedou Ing. Ivanem Hrdinou
Fig. 3 Ing. Václav Soukup, the new holder of the CzTA commemorative medal, with Ivan Hrdina, Chairman of the CzTA

Finally, Ing. Petr Kučera from Minova Bohemia s.r.o. presented a lecture on of *UniPass rock bolting technique – safe and effective bolting in mining and underground construction*.

Valné shromáždění České tunelářské asociace ITA-AITES se konalo ve středu 8. září 2021 v hotelu Olšanka, Táboritká 23, Praha 3. Jednání zahájil a řídil předseda CzTA Ing. Ivan Hrdina.

Na začátku jednání proběhlo předání pamětních medailí CzTA. Pamětní medaili obdržel za loňský rok Ing. Jiří Pavlík, CSc. (obr. 1), který si ji z důvodu pandemické situace nemohl převzít v roce 2020. Za rok 2021 převzali pamětní medaili Ing. Jan Vintera (obr. 2) a Ing. Václav Soukup (obr. 3).

Ing. Hrdina dále informoval členy CzTA o činnosti asociace od posledního zasedání valného shromáždění, kdy pokračovalo vydávání časopisu Tunel. Tunelářská odpoledne (do současnosti jich asociace uspořádala již 37) se kvůli covid-19 konala v roce 2021 zatím on-line.

Dalším bodem jednání byla zpráva o hospodaření asociace, kterou přednesl Ing. Václav Soukup. V roce 2020 dosáhla asociace příznivého výsledku, kdy její hospodaření skončilo ziskem (bylo to způsobeno převážně nemožností konat běžné akce). Dále byli přítomní seznámeni s návrhem rozpočtu asociace na rok 2021. Pro tento rok se již počítá s obnovením většiny akcí, proto rozpočet počítá se ztrátou, která bude dotována ze zisku minulých let.

Ing. Markéta Prušková, Ph.D., obeznámila přítomné s plánem činnosti asociace na rok 2021, kdy se asociace pokouší pokračovat ve většině běžných aktivit – i přes panující situaci se daří pokračovat v přípravě časopisu Tunel. Pořádání Tunelářských odpolední do doby konání valného shromáždění proběhlo formou on-line, od druhého pololetí budou Tunelářská odpoledne, pokud to situace umožní, organizována zároveň prezenční formou i on-line. Odborný zájezd se ani

v roce 2021 neuskuteční. Dále začala probíhat příprava konference Podzemní stavby Praha.

Doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D., zaslala zprávu o současném stavu pracovních skupin CzTA, kdy činnost některých z nich je utlumena.

Poté vystoupil Ing. Butovič se stručnou informací o přípravě konference Podzemní stavby Praha 2023. Konference by se měla konat ve dnech 29. až 31. května 2023 v kongresovém centru hotelu Clarion, na základě kladných zkušeností je společenský večer plánovaný opět v Břevnovském klášteře. Na podzim již proběhne první zasedání celého přípravného výboru konference.

Zasedání pokračovalo vyhodnocením studentské soutěže o nejlepší diplomovou práci z oboru podzemního stavitelství za rok 2020. První místo získal Ing. Marek Podzemský z FSv ČVUT Praha s tématem *Stanovení vlivu realizace průzkumné štoly na okolní horninové prostředí a podzemní dílo*. Druhé místo patří Ing. Markétě Borské z FAST VŠB TU, která se účastnila soutěže s diplomovou prací na téma *Ověření kvality horninového prostředí s využitím MWD dat*. Třetí místo obsadil Ing. Felipe A. Gutiérrez S. z FAST VŠB TU. Ve své diplomové práci se věnoval *Vyhodnocení faktorů ovlivňujících přítok podzemní vody do tunelu Čebrať pomocí numerického modelování*. Ing. Gutiérrez si jako jediný odměnu převzal osobně, k úspěchu mu poblahopřál předseda CzTA Ing. Ivan Hrdina.

V části zasedání zaměřené na odbornou tematiku vystoupil Ing. Petr Kučera ze společnosti Minova Bohemia s.r.o. Připravil přednášku na téma *Technologie svorníkování UniPass – bezpečné a efektivní svorníkování v hornictví a podzemním stavitelství*.

Ing. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,
pruskova@ita-aites.cz, generální sekretář CzTA

Redakce časopisu Tunel přeje všem svým čtenářům jen to nejlepší do roku 2022.
The editorial staff of TUNEL journal wishes all its readers the very best in 2022.



Belgie, zhruba z 30. let XX. stol., byla adresovaná do Antwerp pí Jeanne Van Gamp. Nápis je standardní – „Šťastný Nový rok“, jenom vlámsky. Belgium, from the 1930s; addressed to Antwerp, Ms. Jeanne Van Gamp. The lettering is standard – “Happy New Year”, only Flemish.

PODĚKOVÁNÍ ACKNOWLEDGEMENTS

Když někdo z vlastní vůle a po velmi dobře odvedené práci opustí svoji velmi váženou pracovní pozici, tak jeho kolegové marně hledají správné přívlastky, jako jsou například emeritní, zasloužilý, čestný, a to pro nalezení správné míry ocenění jeho zásluh a snahy uvedení jeho osoby do dějin dotčené komunity, v našem případě komunity tunelářské. Ne jinak tomu je i v případě prof. Ing. Jiřího Bartáka, DrSc., a našeho časopisu při jeho ukončení výkonu funkce předsedy redakční rady časopisu Tunel.

Jirka Barták pracoval v redakční radě časopisu Tunel celkem neuvěřitelných 27 let a z toho 12 let jako její předseda. Svým nadšením, odbornou erudicí, příkladem a optimismem se nesmazatelně zapsal do jeho historie. Právě hlavně jeho zásluhou je časopis Tunel zejména pro svoji kvalitu a oblíbenost u odborné i laické veřejnosti tam, kde právě dnes je, totiž na prvním místě ve své kategorii. A právě proto se my všichni zbývající spolupracovníci budeme muset velmi snažit a vynakládat maximální úsilí, abychom takto vysoce nasazenou latku udrželi ve správné výšce i pro nadcházející čísla a ročníky časopisu.

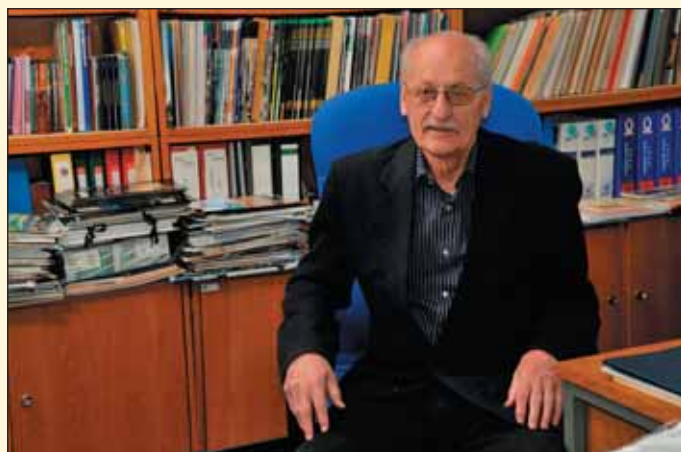
A jelikož dobých zpráv není nikdy dost, tak ještě jednu si naše poděkování ponechalo na závěr. Jirka Barták totiž ještě nesložil své zbraně tak docela a bude spolu s námi v redakční radě pracovat i nadále, z čehož máme my všichni i náš časopis velkou radost. Z těchto důvodů si proto můžeme dovolit i malou korekci v doplnění námi hledaného výstižného přívlastku v úvodu našeho poděkování, protože nakonec právě ten aktuálně správný přívlastek je totiž přívlastek současný.

Jirko, ještě jednou velké díky Tobě, buď s námi i s našim časopisem nadále, a to v jakékoli pozici a v jakékoli době. Přejeme Ti vše dobré a dobré čtení spolu s námi.

Za všechny členy redakční rady a spolupracující kolegy,

Ing. BORIS ŠEBESTA
předseda redakční rady časopisu Tunel

foto archiv CzTA ITA-AITES, z. s.



When someone leaves a highly respected position of his or her own volition and after a job very well done, colleagues search in vain for the right adjectives, such as emeritus, meritorious, honorary, to find the right level of recognition for his or her contributions and efforts to place his or her person in the history of the community in question, in our case the tunneling community. It is no different this time, with prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. and our journal on his termination of his position as Chairman of the Editorial Board of Tunel.

Jirka Barták has served on the Tunnel magazine editorial board for a total of 27 incredible years, including 12 years as its chairman. His enthusiasm, professional erudition, experience and optimism made an indelible mark on its history. It is mainly thanks to him that TUNEL magazine is where it is today, leading its category, thanks to its quality and popularity with the professional and lay public. And that is why all of us, the remaining contributors, will have to try very hard and make every effort to keep the bar set so high for the coming issues and editions of the magazine.

And since there is never enough good news, we have saved one more thank you for last. Jirka Barták hasn't quite laid down his arms yet and will continue to work with us on the editorial board, which makes us all and our magazine very happy. For these reasons, we can therefore allow ourselves a small correction in the addition of the apt adjective we are looking for in the introduction of our thanks, because in the end the correct adjective is the current one.

Jirka, once again, a big thank you to you, be with us and with our magazine in any position and at any time. We wish you all the best and good reading along with us.

On behalf of all members of the editorial board and collaborating colleagues,

Ing. BORIS ŠEBESTA
Chairman of the Editorial Board of Tunnel magazine

foto archiv CzTA ITA-AITES, z. s.



Praha

Hradec Králové

Ostrava

SAFETY PRO

Plzeň

Olomouc

Technický dozor stavebníka a inženýrská činnost
Geotechnika, geologie a hydrogeologie
Geotechnický monitoring, průzkumy a pasportizace
BOZP a požární ochrana
Projekční činnost

Bratislava



Těšíme se na budoucí spolupráci.

WWW.SAFETYPRO.CZ



SAGASTA

PROKLADANÝ LÍČ VÝRUBU
STÁVAJÍCÍHO TUNELU

ZAMĚŘENÝ LÍČ OSTĚNÍ
STÁVAJÍCÍHO TUNELU

PROS PANNÍ VOLNÝ PROSTOR
PRO ZAŘÍZENÍ A STAUBY
PŘI PRÁČNÍ KONEKCI V PŘÍČNĚ

LNKOVÁ CESTA (1200 x 2200 mm)

6,300
5,850
5,102
3,350
2,500
1,150
1,200
1,120

PROJEKČNÍ A INŽENÝRSKÁ SPOLEČNOST

SAGASTA s.r.o. je nezávislá inženýrská konzultační firma. Profesní aktivita je zaměřena na různé stavební inženýrské oblasti, zejména na obory dopravních staveb, zabývá se územním plánováním, projektováním železničního svršku a spodku, silnic, mostů, podzemních staveb, pozemních staveb, geodetickými a geologickými pracemi. SAGASTA s.r.o. byla založena v roce 2015 jako samostatná kancelář se sídlem v Praze. V roce 2018 otevřela první mimopražskou kancelář v Brně, v roce 2021 pak také v Ostravě, v Plzni a v Olomouci.

PRAHA

Novodvorská 1010/14
142 00 Praha 4

BRNO

Hlinky 505/118
603 00 Brno

OLOMOUC

Tylova 1136/4
779 00 Olomouc

OSTRAVA

Kafkova 1486/5
702 00 Ostrava

PLZEŇ

Sady 5. května 300/28
301 00 Plzeň

www.sagasta.cz