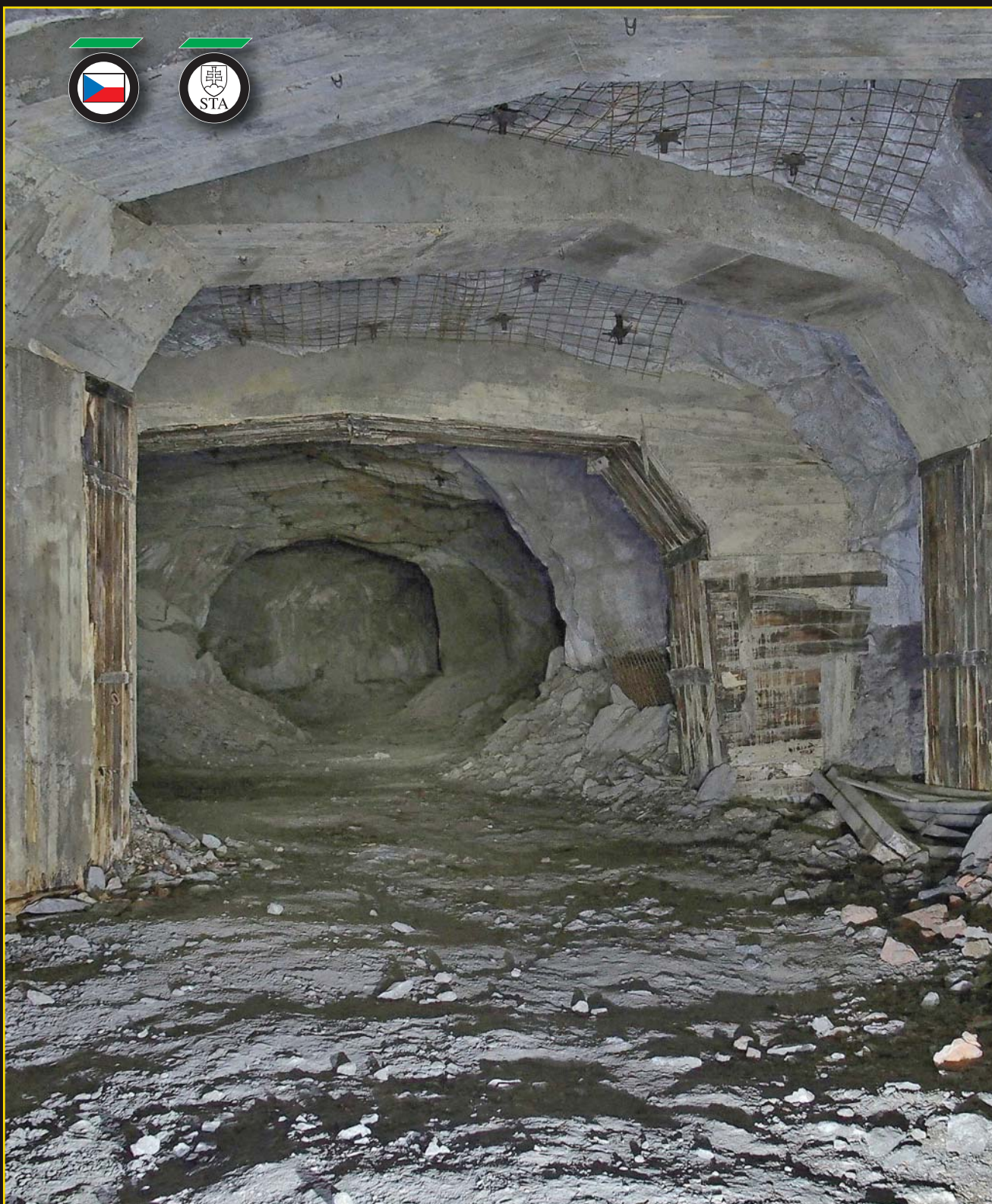


# Tuňel

č. 1  
2018

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







Cestný tunel Solbakk, Nórsko



Cestný tunel Nordnes, Nórsko



Podzemná vodná elektrárň Búrfell, Island



Cestný tunel Rosenstein, Nemecko



Železničný tunel Petersberg, Nemecko



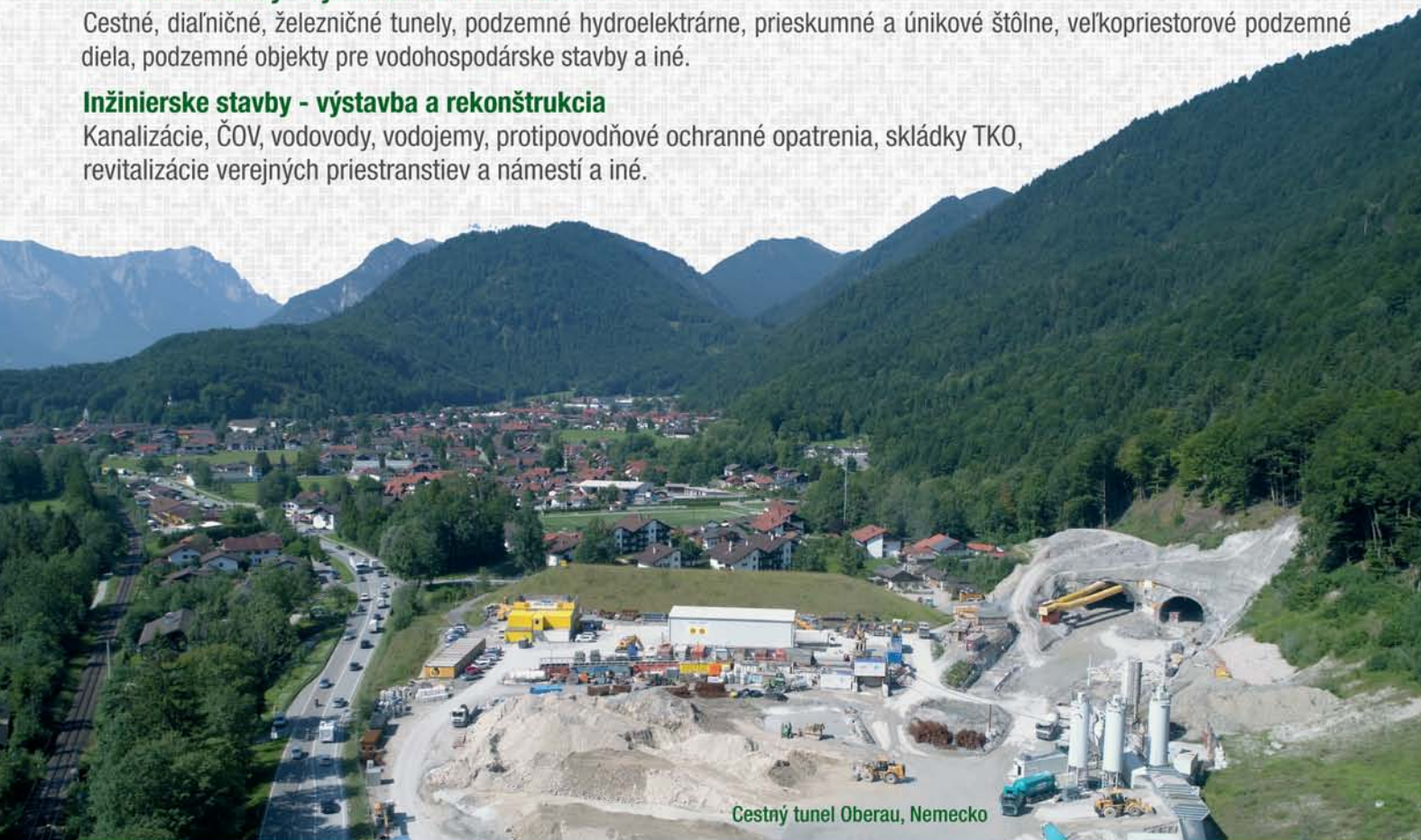
Železničný tunel de Champel, Švajčiarsko

### Podzemné stavby - výstavba a rekonštrukcia

Cestné, diaľničné, železničné tunely, podzemné hydroelektrárne, prieskumné a únikové štôlne, veľkopriestorové podzemné diela, podzemné objekty pre vodohospodárske stavby a iné.

### Inžinierske stavby - výstavba a rekonštrukcia

Kanalizácie, ČOV, vodovody, vodojemy, protipovodňové ochranné opatrenia, skládky TKO, revitalizácie verejných priestranstiev a námestí a iné.



Cestný tunel Oberau, Nemecko



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

## OBSAH

## Editorial:

Ing. Soňa Masarovičová, členka redakční rady časopisu Tunel ..... 1

## Úvodníky:

Ing. Marcel Rückl, jednatel a majitel společnosti

SAMSON PRAHA, spol. s r.o. .... 2

Ing. Jozef Hric, předseda představenstva

a generálny riaditeľ TuCon, a. s. .... 3

## Ražba TBM tunelu vodní elektrárny v Gruzii s českou účastí

Ing. Petr Jakeš, Mgr. Leoš Valigurský,

Ing. Marcel Rückl, SAMSON PRAHA, spol. s r.o.,

Ing. Simona Pohoriljak, MBA, ŠKODA PRAHA a. s. .... 4

## Ražba štoly teplovodu pod rušnou pražskou křižovatkou a komplikace během výstavby

Ing. Otakar Hasík, Mgr. Vít Jánoš,

SAMSON PRAHA, spol. s r.o. .... 14

## Úložště radioaktivního odpadu Richard – rozšíření

kapacity využitím starých důlních děl

Ing. Jiří Činka, SAMSON PRAHA, spol. s r.o. .... 19

## Výstavba železničního tunela de Champel, Švajčiarsko

Ing. Oliver Horváth, TuCon, a. s. .... 33

## Cestný tunel Oberau, Nemecko

Ing. Igor Schnierer, TuCon, a. s. .... 38

## Projekt výstavby cestného tunela Rosenstein, Nemecko

Ing. Luboš Podolec, TuCon, a. s. .... 45

Fotoreportáž z výstavby kolektoru Hlávkův most ..... 51

Fotoreportáž z otvorení tunelu Považský Chlmec ..... 52

Ze světa podzemních staveb ..... 54

Zprávy z tunelářských konferencí ..... 57

Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice ..... 58

Z historie podzemních staveb ..... 64

Z činnosti pracovních skupin CzTA ..... 67

Zpravodajství České tunelářské asociace ITA-AITES ..... 69

Bibliografie ..... 70

## REDAKČNÍ RADA/EDITORIAL BOARD

## Čeští a slovenští členové / Czech and Slovak members

prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. – Stavební fakulta ČVUT v Praze (předseda/Chairman)

Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D. – GEOTest, a.s.

Ing. Miloslav Frankovský – Terraprojekt a.s.

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

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

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

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

Ing. Viktória Chomová – STA

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

Ing. Otakar Krásný – GeoTec-GS, a.s.

Ing. Ján Kušnýr – REMING CONSULT a.s.

Ing. Libor Mařík – HOCHTIEF CZ a.s.

Ing. Soňa Masarovičová – ŽU, Stav. fakulta

Ing. Miroslav Novák – METROPROJEKT Praha a. s.

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

Ing. Boris Šebesta – Metrostav a.s.

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

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

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

## VYDAVATEL

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

## DISTRIBUCE

členské státy ITA-AITES

členové EC ITA-AITES

členské organizace a členové CzTA a STA

externí odběratelé

povinné výtisky 35 knihovnám a dalším organizacím

## REDAKCE

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

e-mail: pruskova@ita-aites.cz

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

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

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

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

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

Tisk: H.R.G. spol. s r. o., Litomyšl

Foto na obálce: Úložště radioaktivního odpadu Richard

(foto Ing. Jiří Činka)

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. Soňa Masarovičová, a member of the Editorial Board ..... 1

Ing. Marcel Rückl, Executive head and owner

of SAMSON PRAHA, spol. s r.o. .... 2

Ing. Jozef Hric, Chairman of the board of directors

and chief executive officer of TuCon, a. s. .... 3

## TBM Driving of a Tunnel for Hydropower Plant in Georgia with Czech Participation

Ing. Petr Jakeš, Mgr. Leoš Valigurský,

Ing. Marcel Rückl, SAMSON PRAHA, spol. s r.o.,

Ing. Simona Pohoriljak, MBA, ŠKODA PRAHA a. s. .... 4

## Excavation of a Gallery for a Heat Duct under a Busy Prague Intersection; Complications During Construction

Ing. Otakar Hasík, Mgr. Vít Jánoš, SAMSON PRAHA, spol. s r.o. .... 14

## Radioactive Waste Repository Richard – Expansion of Capacity by Using Old Mine Workings

Ing. Jiří Činka, SAMSON PRAHA, spol. s r.o. .... 19

## De Champel Railway Tunnel Construction, Switzerland

Ing. Oliver Horváth, TuCon, a. s. .... 33

## Oberau Road Tunnel, Germany

Ing. Igor Schnierer, TuCon, a. s. .... 38

## Rosenstein road tunnel construction project in Germany

Ing. Luboš Podolec, TuCon, a. s. .... 45

Picture Report from Construction

of Hlávkův Bridge Utility Tunnel ..... 51

Picture Report from Opening of Považský Chlmec Tunnel ..... 52

The World of Underground Constructions ..... 54

News from Tunnelling Conferences ..... 57

Current News from the Czech

and Slovak Underground Construction ..... 58

From the History of Underground Constructions ..... 64

CzTA Working Groups ..... 67

Czech Tunneling Association ITA-AITES Report ..... 69

Bibliography ..... 70

Ing. Václav Veselý – SG Geotechnika a.s.

Ing. Jan Vintera – Subterra a.s.

Ing. Jaromír Zlámal – POHL CZ, a.s.

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

## Zahraníční členové / International members

Prof. Georg Anagnostou – ETH Zürich, Switzerland

Dr. Nick Barton – NICK BARTON & ASSOCIATES, Norway

Prof. Adam Bezuijen – GHENT UNIVERSITY, Belgium

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

Dr. Vojtech Gall – GALL ZEIDLER CONSULTANTS, USA

Prof. John A. Hudson – IMPERIAL COLLEGE, UK

Prof. Dimitrios Kolymbas – UNIVERSITY OF INNSBRUCK, Austria

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

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

Prof. Wulf Schubert – GRAZ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Austria

Prof. Ove Stephansson – GFZ Potsdam, Germany

Prof. Walter Wittke – WBI GmbH, Germany

## PUBLISHED FOR SERVICE USE

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

## DISTRIBUTION

ITA-AITES Member Nations

ITA-AITES EC members

CzTA and STA corporate and individual members

external subscribers and obligatory issues for 35 libraries and other subjects

## OFFICE

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

e-mail: pruskova@ita-aites.cz

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

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

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

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

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

Printed: H.R.G. spol. s r. o., Litomyšl

Cover photo: Radioactive Waste Repository Richard

(photo Jiří Činka)

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

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

### CZTA:

#### Čestní členové:

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

#### Členské organizace:

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

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

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

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

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

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

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

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

Fakulta dopravní ČVUT v Praze  
Konviktská 20  
110 00 Praha 1

Fakulta stavební ČVUT v Praze  
Thákurova 7  
166 29 Praha 6

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

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

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

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

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

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

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

Inženýring dopravních staveb a.s.  
Na Moráni 3/360  
128 00 Praha 2-Nové Město

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR  
Čerčanská 12  
140 00 Praha 4

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

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

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

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

Subterra a.s.  
Koželušská 2246/5  
180 00 Praha 8 - Libeň

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

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

UNIVERZITA PARDUBICE  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Studentská 95  
532 10 Pardubice

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

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

VIS, a.s.  
Bezová 1658  
147 01 Praha 4

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

### STA:

#### Čestní členovia:

doc. Ing. Koloman V. Ratkovský, CSc.  
Ing. Jozef Frankovský  
prof. Ing. František Klepsatel, CSc.  
Ing. Juraj Keleši

#### Členské organizácie:

Alfa 04 a.s.  
Jaškova ul. 6  
821 03 Bratislava

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

PUDOS-PLUS spol. s r.o.  
Račianske Mýto 1/A  
839 21 Bratislava 32

Prirodovedecká fakulta UK  
Katedra inžinierskej geológie  
Mlynská dolina G  
842 15 Bratislava

REMING CONSULT a.s.  
Trnavská cesta 27  
831 04 Bratislava

RENESCO a.s.  
Panenská 13  
811 03 Bratislava

Sika Slovensko, spol. s r.o.  
Rybničná 38/e  
831 06 Bratislava

Skanska SK a.s.  
Závod Tunely  
Košovská cesta 16  
971 74 Prievidza

Slovenská správa ciest  
Miletičova ul. 19  
826 19 Bratislava

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

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

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

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

STU, Stavebná fakulta  
Katedra geotechniky  
Radlinského 11  
813 68 Bratislava

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

Terraprojekt a.s.  
Podunajská 24  
821 06 Bratislava

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

TUBAU, a. s.  
Bytčická 89  
010 09 Žilina

TuCon, a. s.  
K cintorínu 63  
010 04 Žilina-Bánová

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

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

Ústav geotechniky SAV Košice  
Watsonova ul. 45  
043 53 Košice

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

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

Železnice Slovenskej republiky  
Klomensova 8  
813 61 Bratislava

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



## Vážení čitateľa časopisu Tunel,

dostáva sa vám do rúk prvé tohtoročné vydanie, ktoré nadväzuje na dvadsaťšesťročnú históriu vydávania časopisu, ktorý dlhé roky oboznamuje odbornú verejnosť s poznatkami z oblasti podzemného staviteľstva.

V aktuálnom čísle sú viaceré zaujímavé články z rôznych svetových regiónov, ktoré sú venované projektom spoločností SAMSON PRAHA spol. s r.o. a TuCon, a. s.

Prvý článok vás zavedie do Gruzínska, kde sa ŠKODA PRAHA, a. s. v spolupráci so spoločnosťou SAMSON PRAHA spol. s r.o. podieľa na výstavbe vodnej elektrárne na rieke Mtkvari, v zložitom vysokohorskom prostredí, v úlohe technického dozoru stavby na strane investora a geotechnického dozoru. Oboznámi nás s podrobnou geológiou dotknutého územia, s ktorou sa stretávajú pri razení 9,7 km tunela pomocou TBM.

Druhý článok od spoločnosti SAMSON PRAHA spol. s r.o. je venovaný razeniu 60 m dlhej štólne teplovodu pod rušnou križovatkou v Prahe, kde firma vykonávala geotechnický monitoring. Čitateľov oboznamuje s komplikáciami, s ktorými sa stretli pri jej výstavbe.

V poslednom článku opisuje spoločnosť problematiku projektových a prieskumných prác v prostredí starých banských diel, s možnosťou ich využitia. V tomto článku ide o úložisko rádioaktívneho odpadu Richard nad mestom Litoměřice. Autor nás oboznamuje aj s históriou využitia tohto starého banského diela za posledných sto rokov.

Ďalšie publikované články sú od spoločnosti TuCon, a. s., z ktorých sa dozvieme o skúsenostiach spoločnosti pri budovaní tunelov v zahraničí, konkrétne železničného tunela De Champel vo Švajčiarsku a cestných tunelov Oberau a Rosenstein v Nemecku.

V závere časopisu nechýbajú pravidelne sa opakujúce rubriky, ako sú Zo sveta podzemných stavieb alebo Správy z tunelárskych konferencií.

Čitateľom prajem príjemné chvíle strávené s časopisom Tunel. Zároveň si vás dovoľujem pozvať na pripravovanú konferenciu Tunely a Podzemné stavby 2018, ktorá sa uskutoční v máji v Žiline.

**SOŇA MASAROVÍČOVÁ,**  
*členka redakčnej rady*

## Dear TUNEL journal readers,

You are getting this year's first issue of the journal, building on the twenty six-year history of its publishing, informing the professional public about new knowledge from the field of underground construction.

There are several interesting papers from various regions of the world in the current issue, which are dedicated to projects implemented by the company of SAMSON PRAHA spol. s r.o. and TuCon, a. s.

The first paper will take you to Georgia, where ŠKODA PRAHA, a. s., in collaboration with SAMSON PRAHA spol. s r.o. participate in the construction of a hydropower plant on the river Mtkvari in a complicated Alpine environment in the role of the Project Engineer for the project owner and the geotechnical supervisor. It will inform you in detail about the geology in the area of operations, which the company encounters during the excavation of a 9.7km long tunnel using a TBM.

The second paper by SAMSON PRAHA spol. s r.o. is dedicated to the excavation of a 60m long gallery for a hot-water pipeline under a busy intersection in Prague, where the company carried out geotechnical monitoring. It acquaints the readers with the complications they encountered during the work.

In the last paper, the company describes the problems of designing work and exploratory activities in the environment of abandoned mine workings and possibilities of their use. This particular paper informs about the Richard repository of low-level radioactive waste above the town of Litoměřice. The author even acquaints us with the history of the use of the abandoned mine working during the past hundred years.

Other published papers are by the company of TuCon, a. s. We will learn from them about the company experience with constructing tunnels abroad, concretely the De Champel tunnel in Switzerland and the Oberau and Rosenstein road tunnels in Germany.

Regularly repeating columns, such as The world of underground construction or News from tunnelling conferences, are not missing in the journal conclusion.

I wish the readers to enjoy pleasant moments spent with TUNEL journal. At the same time I invite you to the Tunnels and Underground Construction 2018 Conference, which will take place in Žilina in May.

**SOŇA MASAROVÍČOVÁ,**  
*Member of Editorial Board*





## VÁŽENÍ ČTENÁŘI A PŘÍZIVCI ČASOPISU TUNEL,

Je mi velkou ctí, i ostatním kolegům, že nám byla dána příležitost prezentovat naši společnost a oslovit vás prostřednictvím časopisu Tunel. Je to pro nás i svým způsobem symbolické, že v tomto roce naše společnost slaví 25. výročí od svého založení. SAMSON PRAHA, spol. s r.o. se v posledních letech rozvíjela do inženýrsko-dodavatelské a konzultační společnosti zaměřující se nejen na dopravní a podzemní stavby, ale i na pozemní stavby a geodézii. Poskytujeme komplexní služby počínající průzkumnou činností přes projektovou přípravu, technický dozor až po realizaci menších staveb na území nejen České republiky, ale i v zahraničí.

Jsmo multidisciplinární společností, ale s ohledem na zaměření časopisu Tunel se nebudu rozepisovat o všech činnostech a službách naší společnosti, ale zaměřím se pouze na vybrané, které tematicky souvisejí. Již hezkou řádku let rozvíjíme celou škálu činností, které můžeme v podzemním stavitelství nabídnout. Vybudované projektové oddělení se mimo jiné zabývá navrhováním podzemních staveb, od záměru projektu až po realizační dokumentace staveb, jsme např. autory projektů Štola pod železniční tratí pro horkovod ve Vysočanech nebo dokumentace Vnitřní vybavení propojek železničního tunelu Ejpvovice. Provádíme inženýrsko-geologické, hydrogeologické a geotechnické průzkumy pro všechny stupně projektových dokumentací. Jeden z těchto průzkumů je pro tunel Vinohrady v Brně, kde jsme se jako člen „Sdružení Tunel Vinohrady – GTP průzkum“ podíleli na průzkumných pracích. V loňském roce jsme již pokračovali samostatně v průzkumu a monitoringu potenciálních svahové deformace v příportálové oblasti pro I/42 Brno, VMO tunel Vinohrady. Těžiskem průzkumných prací byla realizace tří inklinometricky vstrojených vrtů periodicky měřených, doplněných geofyzikálním a karotážním průzkumem. Jsme dodavatelem komplexního geotechnického monitoringu v průběhu všech etap výstavby. Jak geodetická, tak geotechnická měření realizujeme vlastními kapacitami. Výsledky jsou poté prezentovány v informačním systému „CUBULA“. Disponujeme kvalifikovanými odborníky a experty, kteří jsou schopni realizovat kontrolní, supervizní a konzultantskou činnost při provádění tunelových částí stavby, jako např. v minulosti pro SOKP 513 a 514 pro investora ŘSD ČR.

Aktuálně provádíme předstihový geotechnický monitoring pro stavbu D3 0310/I Úsilné – Hodějovice včetně hloubeného tunelu Pohúrka o délce 999,5 m a jeho odvodnění převážně raženou kanalizací DN1000 o délce 918 m. V rámci úspěšně podané nabídky ve „Sdružení D8 0805 – GTM“ je naším úkolem realizace všech geodetických 3D měření po dobu záruky díla. V dané oblasti sesuvného území na D8 se již pohybujeme řadu let. Máme zde vybudovanou obsáhlou síť stabilizovaných bodů pro přesná geodetická měření. Specializujeme se také na budování mikrosítí pro mostní objekty.

Společnost SAMSON PRAHA, spol. s r.o. je plně nezávislá organizace s vlastním kapitálem, jsme schopni klientům a partnerům nabídnout komplexní služby prostřednictvím týmu zkušených odborníků. Je pro nás také výhodou, že naše společnost disponuje jak vlastním přístrojovým vybavením, tak technickým a strojním zázemím včetně kolových vrtných souprav. Věřím, že v dnešní době ekonomického růstu přijdou opět časy velkých podzemních projektů nejen v hlavním městě Praze, ale i v dalších koutech naší vlasti. Samozřejmě to závisí na odvaze, schopnostech a ochotě našich volených politických zástupců prosazovat ambiciózní projekty.

V tomto vydání časopisu Tunel jsme pro vás připravili celkem tři příspěvky. Hlavní je věnován projektu výstavby vodní elektrárny na řece Mtkvari poblíž města Akhaltsikhe v Gruzii, kde působí naši experti v roli technického dozoru na straně investora a geotechnického dohledu ve spolupráci s firmou ŠKODA PRAHA, a. s. Následuje ražba štoly teplovodu pod rušnou pražskou křižovatkou, kde jsme prováděli geotechnický monitoring stavby štoly. Poslední článek jsme věnovali projektu pro uvolnění komor k ukládání RAO se zabezpečením pracovní komunikace chodbou v důlním komplexu Richard v severozápadní části Litoměřic.

Závěrem bych rád poděkoval svým kolegům, partnerům a České tunelářské asociaci za jejich práci a dovolte mi popřát vám mnoho úspěchů v pracovním i osobním životě, zdravý rozum a šťastnou volbu při obtížných rozhodnutích.  
Zdař bůh!



## DEAR READERS AND TUNEL JOURNAL SYMPATHISERS,

It is a great honour for me and other colleagues that we are given the opportunity to present our company and speak to you through TUNEL journal. It is symbolic for us in its own way that this year our company celebrates the 25<sup>th</sup> anniversary of its foundation. SAMSON PRAHA, spol. s r. o. has developed in recent years into an engineering supply and consultancy company focusing itself not only on transport-related and underground construction, but also on building and land surveying. We provide comprehensive services starting from exploration through project preparation, engineering supervision, up to realisation of smaller construction projects not only in the Czech Republic but also abroad.

We are a multidisciplinary company but, with respect to the focus of TUNEL journal, I am not going to expand on all activities and services provided by our company. I will only focus on the selected, thematically related ones. It has already been a long time for which we have been developing a whole range of activities we can offer in the field of underground construction. The designing department we have established engages itself in designing underground structures, starting from conceptual design up to detailed design documentation; we are, for example, authors of designs for The gallery for hot water pipeline under a railway track in Vysočany or the documentation for the Internal equipment of cross passages between the Ejpvovice tunnel tubes. We carry out engineering geological surveys, hydrogeological surveys and geotechnical investigations for all degrees of design documentations. One of these explorations was for the Vinohrady tunnel in Brno, where we participated as a member of the consortium „Sdružení Tunel Vinohrady – GTP průzkum“ in exploratory operations. Last year we continued independently in exploring and monitoring potential slope deformations in the pre-portal area for the I/42 road Brno project, the Vinohrady tunnel on the Large City Ring Road in Brno. The centre of gravity of the exploration lied in the realisation of three boreholes with periodically measured inclinometers installed in them, complemented by geophysical and borehole survey. We are a contractor for comprehensive geotechnical monitoring during the course of all construction stages. We realise land surveying and geotechnical measurements using our own capacities. The results are subsequently presented in the „CUBULA“ information system. We have got qualified professionals and experts at our disposal, who are capable of realising checking, supervising and consulting work in the process of carrying out tunnel parts of a project, such as for example, in the past for the Prague City Ring Road sections 513 and 514 for the Road and Motorway Directory of the Czech Republic, the project owner.

Currently we carry out advanced geotechnical monitoring for the D3 motorway construction project section 0310/I Úsilné – Hodějovice, including the 995.5m long Pohúrka cut-and-cover tunnel and its drainage by a 918m long, mostly mined DN1000 sewer. Our task within the framework of the successful tender in the consortium „Sdružení D8 0805 – GTM“ is to realise all land surveying 3D measurements during the defects liability period. We have operated in the particular area of the landslide area on the D8 motorway for many years. We have got an extensive network of stabilised points for precision land surveying measurements built there. We also specialise ourselves in building micronets for bridge structures.

The company of SAMSON PRAHA, spol. s r. o. is a fully independent organisation with its own capital. We are able to offer comprehensive services to our partners through a team of experienced professionals. The fact that our company has got its own instrumentation, both the technical and mechanical background including wheeled drilling rigs, is also an advantage for us. I believe that the times of large underground construction projects will come again in the current time of economic growth, not only in the capital city of Prague but also in other places of our country. Of course, it depends on the bravery, abilities and willingness of our elected representatives to enforce ambitious projects.

In this TUNEL journal issue, we prepared three papers for you. The main paper is dedicated to the construction of a hydropower plant on the river Mtkvari near the town of Akhaltsikhe in Georgia, where our experts work in the role of the Project Engineer for the project owner and geotechnical supervisor in collaboration with ŠKODA PRAHA, a. s. The excavation of a gallery for a hot-water pipeline under a busy Prague intersection follows. We carried out geotechnical monitoring on this gallery construction site. The last paper of ours is dedicated to a project for clearing the RAW disposal chambers with ensuring an operating route through a gallery in the Richard mining complex in the north-western part of the town of Litoměřice.

To conclude, I would like to thank my colleagues, partners and the Czech Tunnelling Association for their work. Let me to wish you many successes in your working and personal lives, sanity and lucky choice in making difficult decisions.

God speed you!

**ING. MARCEL RÜCKL**

*Jednatel a majitel společnosti SAMSON PRAHA, spol. s r.o.  
Executive head and owner of SAMSON PRAHA, spol. s r.o.*



## VÁŽENÁ ODBORNÁ VEREJNOSŤ, VÁŽENÍ ČITATELIA,

na úvod chcem srdečne pozdraviť všetkých čitateľov časopisu Tunel.

Všetkých nás teší, že sa výstavba tunelov na Slovensku po dlhom období nečinnosti a mnohých slov skutočne rozbehla. Dnes sme svedkami toho, že aj u nás dokážeme postaviť náročné tunelové stavby. Chcel by som však upozorniť na kvalitu realizovaných prác a na dodržiavanie plánovaného času výstavby. Mám možnosť vidieť a porovnávať úroveň prípravy stavieb a prístup investorov a zhotoviteľov k výstavbe tunelov u nás a v zahraničí. Je zarážajúce, ako sa na Slovensku ľahko menia pravidlá a podmienky nastavené do verejnej súťaže s podmienkami, ktoré investor v čase realizácie od zhotoviteľa vyžaduje. Kvalitné vykonanie prác je možné len za predpokladu dostatočne dobre pripravenej stavby zo strany investora a odborného a náročného prístupu stavebného dozoru na dodržiavanie kvality práce a plánovaného času výstavby.

Žiaľ, na Slovensku sme často svedkami predlžovania doby výstavby z dôvodu neschopnosti zainteresovaných pripraviť všetku potrebnú dokumentáciu k stavbe tak, aby práce mohli začať bez zbytočných prietahov už na začiatku realizácie. Potom je snaha všetkých zainteresovaných dobehnúť stratený čas mnohokrát aj na úkor kvality a čo považujem za horšie, aj na úkor bezpečnosti vykonávaných prác. Výstavbe tunelov sa venujem už mnoho rokov a dovoľm si tvrdiť, že ak stavba nedostane to, čo má dostať, ak sa neúmerne šetrí na nákladoch a je jedno, či je to na pracovníkoch, strojoch alebo materiáli, určite sa to negatívne prejaví na kvalite prác, a tým aj na celkovej životnosti diela.

Preto si myslím, že dozrel čas, aby sa naši investori začali správať ako zodpovední správcovia verejných prostriedkov a dôsledne dozerali na to, aby všetky procesy stavby boli riadené efektívne. To znamená, že už v čase prípravy verejnej súťaže musia byť pripravené všetky potrebné dokumenty a povolenia. Nemalo by sa stať, že po ukončení verejného obstarávania a výbere zhotoviteľa sa zistí, že nám chýba napríklad EIA a stavba musí od samého začiatku improvizovať a strácať drahocenný čas, ktorý sa už len ťažko dobieha.

Myslím si, že nepíšem nič nové. Nedostatky vo verejnom obstarávaní a samotnej realizácii prác vidia všetci zainteresovaní, avšak pevne verím, že sa kompetentní na Slovensku sústredia na nápravu nezdravého stavu v našom stavebníctve a na jeho rozvoj a kultiváciu.

Ďakujem Českej tunelárskej asociácii a Slovenskej tunelárskej asociácii za príležitosť mať úvodné slovo v čísle, ktoré je venované prezentácii spoločnosti TuCon. Dúfam, že toto číslo časopisu prinesie čitateľom mnoho podnetných a zaujímavých informácií.

Zdar Boh!



## DEAR PROFESSIONAL PUBLIC, DEAR READERS,

We all are pleased that the process of developing tunnels in Slovakia has really started, after the long period of inactivity and lots of words. Today we are witnessing the fact that even in our country we are capable of carrying out complex tunnel structures. Nevertheless, I would like to highlight the quality of the realised work and observance of planned construction deadlines.

I have the opportunity to observe and compare the level of planning of projects and the approach of project owners and contractors to the construction of tunnels in our country and abroad. It is surprising how easy it is in Slovakia to change the rules and conditions set in public tenders in comparison with those required by project owners of contractors at the time of the works implementation. Good quality construction work is possible only under the condition that the project is properly planned by its owner and the approach of the resident engineer regarding adhering to the works quality and the planned duration of the construction is highly professional and demanding.

Unfortunately, in Slovakia, we have often witnessed the extension of construction time due to the inability of the parties involved to prepare all documents required for the construction works, to be able to start without unnecessary delays already at the beginning of the realisation. Subsequently, all the parties involved strive to catch up with the delays, many times at the expense of quality, even at the expense of construction work safety, which fact I consider to be worse. I have been working on the construction of tunnels for many years and I daresay that if a construction project is not provided with what it is entitled to, if saving on costs, no matter whether reached on workers, machines or materials, is inadequately high, it certainly negatively influences the quality of works, thus also the overall durability of the structure.

For that reason I suppose that the time has come for project owners to start to behave as responsible administrators of public funds and consistently oversee that all construction processes are managed effectively. It means that all required documents and permits have to be prepared already during the preparation of public tenders. It should not happen that it is found after the conclusion of the process of procurement that, for example, the EIA is missed and the project has to improvise from the very beginning and lose precious time, for which it can be already difficult to catch up with.

I think that what I am writing is not at all new. Shortcomings in the procurement and the realisation of projects can be seen by all stakeholders. But I firmly believe that competent authorities and persons in Slovakia will concentrate on correcting the unhealthy state in our construction industry and on the development and cultivation of the industry.

I thank the Czech Tunnelling Association and the Slovak Tunnelling Association for the opportunity to have the introductory word in the journal issue dedicated to the presentation of TuCon, a. s. I hope that this issue will bring a lot of inspiring and interesting information.

God speed!

**ING. JOZEF HRIC**

*predseda predstavenstva a generálny riaditeľ TuCon, a. s.  
Chairman of the Board of Directors and Chief Executive Officer of TuCon, a. s.*



# RAŽBA TBM TUNELU VODNÍ ELEKTRÁRNY V GRUZII S ČESKOU ÚČASTÍ TBM DRIVING OF A TUNNEL FOR HYDROPOWER PLANT IN GEORGIA WITH CZECH PARTICIPATION

PETR JAKEŠ, LEOŠ VALIGURSKÝ, MARCEL RÜCKL, SIMONA POHORILJAK

## ABSTRAKT

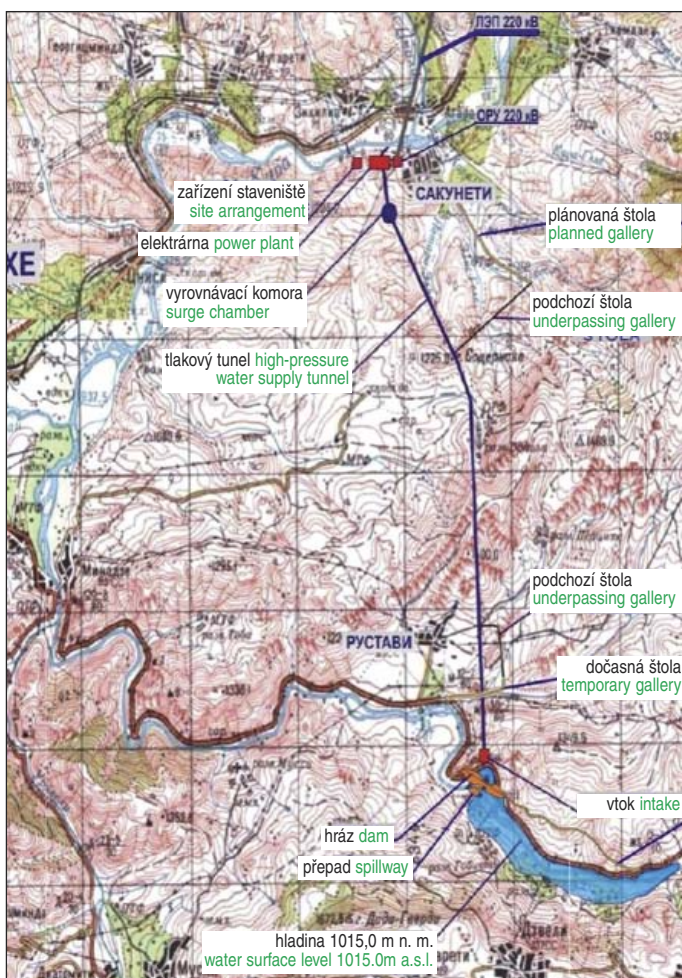
ŠKODA PRAHA a.s. v těsné spolupráci se společností SAMSON PRAHA, spol. s r.o., se v roli technického dozoru na straně investora a geotechnického dohledu podílí na výstavbě vodní elektrárny o výkonu 53 MW na řece Mtkvari o spádu 100 m. Výstavba je prováděna v horském prostředí v nadmořské výšce 1016 m n. m. poblíž okresního města Akhaltsikhe, které je centrem regionu Samcche-Džavachetie v Gruzii. Jedná se o elektrárnu pokrývající odběrové špičky, s vodní nádrží, tlakovým přiváděčem se dvěma soustrojími, kde má každé soustrojí vertikální Francisovu turbínu a generátor.

## ABSTRACT

ŠKODA PRAHA joint-stock company, in close collaboration with SAMSON PRAHA, Inc., participates in the role of the Project Engineer for the project owner and geotechnical supervisor in the construction of a 53MW hydropower plant on the Mtkvari river with the fall of 100m. The project is being implemented in a mountainous environment at the altitude of 1016m a.s.l., near the district town of Akhaltsikhe, which is the centre of the Samcche-Džavachetie region in Georgia. The hydropower plant covers peaks in power consumption. It comprises a water reservoir, a high-pressure water supply tunnel with two power generating sets, where each set has got a vertical Francis turbine and a generator.

## POPIS PROJEKTU

Pro situování elektrárny, tj. přehradní nádrže (přehrady a zátopové oblasti) a umístění strojovny, byl využit přirozený oblouk toku řeky Mtkvari, obtékající a prorážející horský hřbet (obr. 1, 2, 3). Tlakový přiváděč (tunel) má projektovanou



Obr. 1 Situace zájmové oblasti s umístěním tunelu  
Fig. 1 Map of the area of interest with the tunnel location marked in it

## PROJECT DESCRIPTION

A natural bend of the Mtkvari river, flowing around and breaking through a mountain ridge (see Figures 1, 2, 3), was used for the location of the power plant, i.e. the dam reservoir (the dam and the flood-prone area) and the turbine house. The design length of the high-pressure water supply tunnel (internal diameter of 5.26m) amounts to 9.6km. The total height of the surge chamber preventing water hammering is 84m. It consists of a 5m-diameter and 46m deep shaft with a 20m-diameter and 38m deep circular chamber located above it. An independent 3m-diameter penstock leads from the tunnel to each turbine. The dam is designed as an earthfill structure with clay seal and a 12m-wide spillway at the upper part of the reservoir. The height of the dam measured from the dam base amounts to 27m. The crest of the dam is located at the altitude of 1016m a.s.l. The reservoir is 2.5km long and the total volume amounts to 6.13 million m<sup>3</sup>. The external substation is placed next to the river. The 220kV power line is 2.7km long.

### Dam structure

The dam is designed as an earthfill dam structure. The designer preferred the construction of a 675m long dam crossing twice the bed of the river Mtkvari. This solution was probably adopted because of the necessity for diverting an interstate road, which is led along the crown of the dam with respect to unfavourable morphologic conditions. The higher wing of the dam is designed as a filtration structure, i.e. a leaking structure; its main function is to be a load-bearing structure carrying the road. The downstream lower dam is designed as an earth-stone fill structure with internal clay sealing.

The material of the stabilisation parts of the dam body consists of loose rock with the 10–500mm fraction of grain-size, sandy coarse-grained gravel and boulders up to 400mm in diameter. The central clay-based sealing core formed by clayey loam, which is the product of weathering of local argillite excavated from a landslide above the body of the higher dam and from the flood-prone area. Sand fraction is deficient in the



Obr. 2 Vyšší křídlo sypané přehradní hráze  
Fig. 2 The higher wing of the earthfill dam

délku 9,6 km s vnitřním průměrem 5,26 metru. Vyrovnávací komora proti vodnímu rázu má celkovou výšku 84 m. Sestává ze šachty průměru 5 m, hloubky 46 m a nad ní situované kruhové komory o průměru 20 m, hloubky 38 m. Z tunelu vede pro každou turbínu samostatný přívaděč o průměru 3 m. Hráz je sypaná s jílovým těsněním a s přelivem horní části nádrže širokým 12 m. Výška přehrady od paty hráze je 27 m. Koruna hráze je umístěna v 1016 m n. m. Rezervoár má délku 2,5 km a celkový objem činí 6,13 mil. m<sup>3</sup>. Venkovní rozvodna je umístěna vedle řeky. Vedení 220 kV je dlouhé 2,7 km.

### Přehradní hráz

Těleso přehrady je navrženo jako sypaná zemní hráz. Projektant upřednostnil výstavbu 675 m dlouhé hráze, přetínající koryto řeky Mtkvari hned dvakrát. K tomuto řešení se pravděpodobně přistoupilo z důvodu nutnosti převedení mezinárodní komunikace, která je, vzhledem k nepříznivým morfologickým poměrům, vedena po temeni hráze. Vyšší křídlo hráze je filtrační, tj. netěsněné, a jeho hlavní funkcí je nosná konstrukce silnice. Po proudu nižší hráz je navržena jako zemito-kamenitá sypaná, s vnitřním jílovým těsněním.

Materiálem stabilizačních partií tělesa hráze je skalní sypalina ve frakci 10–500 mm, písčité hrubozrnny šterk a valouny do frakce 400 mm. Jílové těsnící jádro je středové, tvořené jílovitou hlínou – zvětralinou místních argilitů, těženou ze sesuvu nad tělesem vyšší hráze a ze zátopové oblasti. Písková frakce je v místních poměrech deficitní, protože je získávána drcením šterku. Ten se v dostatečném množství nachází v aluviálních sedimentech recentních i starších, situovaných na temeni ostrohu meandru. Ze stejného materiálu se produkuje i šterková drť frakce 0–70 mm, která je používána jako druhá přechodová mezivrstva mezi jádrem hráze a stabilizačními partiemi.

Zemníky pro získání suroviny pro stavbu hráze byly vyhledány v bezprostředním okolí stavby. Problematickým faktorem jsou v dané oblasti seismika a především sesuvné procesy. Celá řada sesuvů se nachází nad břehy zátopové oblasti či dokonce v bezprostřední blízkosti vyššího křídla hráze, a proto budou vyžadovat stabilizační opatření. Byly zjištěny i sesuvy, které jsou v současnosti aktivní. Po naplnění nádrže se očekává další významná aktivace sesuvů s oživením pohybů nestabilních svahů. Značná seismická aktivita oblasti je dokumentována historickými záznamy.

Významnou součástí výstavby hráze je zřízení těsnící clony v podloží hráze. U té se, vzhledem k reálným podmínkám, uvažuje o změně konstrukčního pojetí od projektem doporučené klasické tlakové injecktáže k jílocementové podzemní stěně



Obr. 3 Nižší, těsněné křídlo přehrady  
Fig. 3 The lower, sealed wing of the dam

local conditions. It is therefore obtained by crushing gravel. Gravel is found in a sufficient amount in recent and older alluvial sediments located at the top of the promontory in the meander. Crushed gravel fraction 0–70mm, which is used as the second intermediate transition layer between the dam core and the stabilisation parts, is produced from the same material.

Borrow pits required for obtaining material for the construction of the dam were sought in the immediate surroundings of the construction site. The problematic factor in the particular area comprises the seismic and, first of all, land sliding processes. Many landslides exist above the banks of the flood-prone area or even in the intermediate vicinity of the higher wing of the dam. For that reason they will require stabilisation measures. Even currently active landslides were detected. Other significant activation of landslides with reactivation of instable slopes is expected after the dam reservoir is filled with water. The considerable seismic activity of the area is documented by historical records.

The construction of a sealing diaphragm in the dam base is an important part of the dam construction. With respect to the real conditions, a change in the structural concept of the diaphragm is under consideration. The classical pressure injection of grout recommended by the design would be changed to a 1500mm thick clay-cement diaphragm wall. Even jet grouting has been taken into account, but this idea will probably be abandoned with respect to the prevailing presence of boulders with the sizes reaching up to 40cm.

### Development of the tunnel excavation method

The original design assumed the tunnel realisation carried out using a conventional method with a standard set of mechanical equipment. This method was applied to the excavation of the initial ca 300m length of the tunnel. But the excavation advance rate was too low with respect to the required deadline for the completion (2 years after the excavation commencement). For that reason the project owner decided to have the original design reworked and use the offer made by the company of Herrenknecht to supply a refurbished tunnel boring machine – a double shield hard rock TBM.

### GEOLOGY

The tunnel is being driven through folded rock of the Eocene-age volcano-sedimentary complex. The area of the Lesser Caucasus, the Samcche-Džavachetie region, in which the area of interest is located, is just characterised by the prevalence or nearly exclusive occurrence of such rock types. The rock was folded in an Alpine-type process in the Pyrenees



tloušťky 1500 mm. Zvažována byla i trysková injektáž, od které bude zřejmě upuštěno, vzhledem k hojnému až převažujícímu zastoupení valounů o velikosti dosahující až 40 cm.

### Vývoj způsobu provádění tunelu

Původní projekt předpokládal realizaci tunelu konvenčním způsobem s pomocí standardní strojní sestavy. Tímto způsobem bylo také vyraženo prvních cca 300 m tunelu. Postup razících prací však byl příliš pomalý vzhledem k požadovanému termínu dokončení za dva roky od zahájení ražeb. Proto se investor rozhodl tento původní návrh přepracovat a využít nabídky společnosti Herrenknecht na dodávku repasovaného tunelovacího stroje TBM double shield hard rock.

### GEOLOGIE

Tunel se rází zvrásněnými horninami vulkanosedimentárního komplexu eocenního stáří. Oblast Malého Kavkazu – region Samcche-Džavachetie, ve kterém se zájmové území rozprostírá, se vyznačuje právě převládáním či až téměř výhradním výskytem takovýchto hornin. Horniny byly zvrásněny alpinotypně v pyrenejské fázi alpinské orogeneze. Vulkanismus vrásnění částečně předcházela jako iniciální, částečně probíhal jako synorogenní. Chemismus vulkanismu je vesměs andezitický. Horniny jiné než vulkanické či vulkanosedimentární geneze se v oblasti prakticky nenacházejí. Sedimentace se dělí v nejhrubějším pohledu na dvě dále popsané fáze.

Na bordžomském spodnoeocenním flyšovém komplexu (v zájmovém území nevycházejícím) spočívá středněeocenní komplex tvořený převážně vulkanickými, masivními a tlustě vrstevnatými tufitickými aglomeráty/vulkanickými brekciami, tufy i andezitovými lávovými příkrovy s proplásky (tufitických) pískovců a prachovců, tedy pravděpodobně popelových a pískových tufů, možná ale do značné míry geneticky spíše tufitů. Andezity tvoří příkrovy s náznaky hrubě sloupovité odlučnosti, místně mají charakter subakvatických výlevů – polštářových láv.

Svrchní eocén je reprezentován převážně prachovci s proplásky pískovců a tufů. Zdrojem jejich materiálu jsou nepochybně opět buď přímo sopečné popely, nebo zvětraliny všech druhů vulkanických hornin. Horninám tohoto sedimentárního komplexu patrně odpovídají ve valné většině tzv. argility (ruská/sovětská terminologie), ve kterých probíhá ražba naprosto převažující délky tunelu. Ty lze popsat jako tmavě šedé, proměnlivě zpevněné homogenní, zřetelně nebo skrytě laminované, vizuálně masivní jílovitoprachovité horniny – jílovité prachovce nebo prachovité jílovce, sedimentované v obrovských mocnostech. Vrstvy a laminy (prachovitější či písčitéjší) jsou mocností od několika mm do několika m. Nežádka jsou argility/prachovce vápnité – světleji šedé barvy. Mívají písčitéjší proplásky nebo dokonce proplásky „mastných“ tmavě šedých jílu. Ty působí vážné geotechnické obtíže, viz níže.

Geneticky jsou argility pravděpodobně produktem sedimentace zvětralin popelových tufů nebo přeplavených zvětralin ostatních vulkanoklastik v jezerním/mořském prostředí. Z průběhu a rovnoměrnosti vrstev je patrné, že jde o tercierní sedimentaci, která probíhala ve značně rozlehlých a relativně klidných vodních prostředích, umožňujících vznik velmi mocných, rovnoměrně vrstevnatých a laminovaných sedimentů. Pánve byly pravděpodobně odděleny „ostrov“ s mohutnou

phase of the Alpine orogenesis. Volcanism partially preceded the folding as the initial phenomenon, partially developing as a synorogenic process. The chemistry of the volcanism is mostly andesitic. We encounter virtually no other rock types than volcanic or volcano-sedimentary genesis rock types in the area. In the roughest terms, the sedimentation process is divided into two phases described below.

A Middle-Eocene complex lies on the Borjomi Lower-Eocene flysh complex (not cropping in the area of interest). The complex is formed mostly by volcanic, massive breccias and heavy-bedded tuffitic agglomerates /volcanic breccias, tuff and andesite lava overthrust sheets with (tuffitic) sandstone and siltstone intercalations (probably ash and sandstone tuffs, possibly genetically to a large extent rather tuffites. The andesites create nappes with marks of roughly columnar jointing, locally with the character of sub-aquatic effusion – pillow lavas.

The Upper Eocene is represented mainly by siltstone with sandstone and tuff intercalations. The source of this material undoubtedly lies again directly in volcanic ash or in products of weathering of all types of volcanic rock. The so-called argillite (Russian/Soviet terminology), through which the majority of the tunnel length is driven, probably corresponds in the vast majority to rock types of this sedimentary complex. It can be described as dark grey, variably solidified, homogeneous, with visible or hidden lamination, visually massive clayey-silty rock – clayey siltstone or silty claystone, sedimented in very thick beds. The thickness of the layers and laminae (more silty or more sandy) ranges from several centimetres to several metres. The argillite/siltstone is often calcareous – lighter grey colour. The beds often contain more sandy intercalations or even “greasy” dark grey clay intercalations. They cause serious geotechnical difficulties, see below.

Genetically, the argillite is probably a product of sedimentation of products of weathering of ash tuff or redeposited products of weathering of other volcanoclastic rock types in the lacustrine/marine environment. It is obvious from the course of the layers and their uniformity that it is the Tertiary sedimentation, which continued in significantly large and relatively still water environments allowing for the origination of very thick, regularly bedded and laminated sediments. The basins were probably separated by “isles” with massive subaerial volcanogene, mostly volcanoclastic sedimentation. But overall, argillite rock types are visually homogeneous, forming very massive series of strata.

These rock types are encountered along the tunnel route (layers dipping ca 45° in the direction of the tunnel excavation) at a many kilometre length. A certain role is played by tectonic repetition of beds following from the folding or overthrust tectonics.

The overall thickness of the Middle and Late Miocene is stated at 1100m. The fact that these sediments form nearly the whole ten-kilometre length of the mined tunnel, where the dip of layers about 45° prevails, gives evidence of the tectonic repetition of the folding.

The Late Miocene up to the Medium Pliocene is represented by dolerite and andesitic lava/intrusive bodies and their pyroclastics. The generally mentioned thickness exceeds 300m.

There are tuffites, tuffs, tuffitic breccias /agglomerates of andesitic volcanism with andesitic overthrust bodies – lavas with quasi-columnar jointing there, locally with the character

subaerickou vulkanogenní, převážně vulkanoklastickou sedimentací. Souhrnně jsou ale argility horninami vizuálně homogenními, tvořícími velmi masivní souvrství.

V trase tunelu se tyto horniny vyskytují (při upadání vrstev cca 45° ve směru ražby) v mnohakilometrové délce. Jistou roli hraje tektonické opakování vrstevního sledu, plynoucí ze zvrásnění, případně násunové tektoniky.

Úhrnná mocnost středního a svrchního miocénu je udávána 1100 m. Skutečnost, že tyto sedimenty tvoří bezmála celou, téměř desetakilometrovou délku raženého tunelu, přičemž převažuje sklon vrstev okolo 45°, vypovídá o tektonickém opakování vrásnění.

Svrchní miocén až střední pliocén je reprezentován dolerity a andezitickými lávami/intruzivními tělesy a jejich pyroklastiky. Zmiňovaná mocnost je přes 300 m. Jedná se o tufity, tufitické brekcie/agomeráty andezitického vulkanismu s andezitovými příkrovovými tělesy – lávami s kvazisloupoovitou odlučností, místy s charakterem polštářových láv, s žilnými proniky těšinitů, místně i výchozy/tělesy andezitických porfyrů. Lokální jsou polohy rozsivkových laminovaných silicitů. V okolí žil či podkladu lávových výlevů se nalézají kontaktní rohovce vzniklé právě většinou z argilitů.

Oligocén a spodní miocén je ve zdejší oblasti pravděpodobně hiátem, vzhledem k tomu, že ve stratigrafických tabulkách není zmiňován. Bylo by logické, že tufitické sedimenty vznikaly právě v období nejsilnější eroze, a mohou tudíž mít z velké části právě toto stáří.

V mnoha geologických profilech bylo zaznamenáno rychlé střídání tufitů, popelových (prachovitých) i písčítých, lokálně jemně laminovaných, pravděpodobně rozsivkových, křemitých horizontů (limnokvarcitů) bělavé, růžové a nahnědlé barvy, chaotických laharových sedimentů a nejrůznějších diskordantních přechodů do terigenních subaerických pyroklastik nebo i příkrovových lávových výlevů. Výlevy jsou lokálně subakvatické s charakterem polštářových láv. V trase tunelu nicméně naprosto převažují „argility“.

### Geotechnické vlastnosti hornin

*Poznámka: Pro geotechnickou klasifikaci pevnosti hornin byl použit standard doporučený asociací ISRM (1981), kde je odlišná škála tříd (R0 až R6) od tříd pevnosti používaných v ČR.*

Geotechnickými vlastnostmi spadají nejvíce zastoupené argility (jílovité prachovce, prachovité jílovce) pod poloskalní horniny R2 až R3, lokálně dokonce proložené proplástkami zajímavých tmavě šedých „mastných“ jílovců třídy R1, dost možná tektonicky/kinematically pozměněných (anchimetamorfovaných). Tufitické pískovce jsou naopak horniny třídy R4, možná i vyšší, překvapivě pevné a houževnaté, modravě šedé barvy. Specifikem argilitů je jejich rychlé zvětvávání za přístupu vzduchu, kdy se na odvalu rozpadají během několika dnů. To způsobuje jistě nebezpečí v případě nedostatečně kvalitně provedené výplňové injektáže za rubem segmentů. Doprovodným jevem větrání argilitů je vznik sádrovce.

V argilitech je ražba velmi snadná a rychlá. Výrub tunelu je při včasné instalaci ostění a výplňové injektáži stabilní. Deformace výrubu jsou v těchto úsecích malé.

Vzhledem k jílovcovité povaze a tedy jisté plastičnosti hornin jsou pukliny sevřené a hornina vcelku působí jako nepropustná. K přítokům do tunelu skrze takovéto horninové prostředí prakticky nedochází. Je to způsobeno také tím,

of cushion lavas, with venous intrusions of teschenit, locally even outcrops /bodies of andesitic porphyrites. Local layers of kieselguhr laminated silicate occur locally. Contact hornfels originating from argillites are encountered in the vicinity of veins or of the basement of lava effusions.

The Oligocene and Early Miocene is probably a hiatus in the local area with respect to the fact that it is not mentioned in stratigraphic tables. It would be logical that tuffitic sediments originated just during the period of strongest erosion, and for that reason their age could be mostly derived from it.

Rapid alternation of tuffites, ash (silty) and sandy, locally finely laminated, probably kieselguhr-type, quartzose horizons (limnoquartzite), whitish, pink and brownish, chaotic lahar sediments and various discordant transitions to terrigenous subaerial pyroclastics or even overthrust lava effusions were recorded in many geologic profiles. The effusions are locally subaquatic with the character of cushion lavas. Nevertheless, “argillites” totally prevail along the tunnel route.

### Geotechnical properties of rock

*Note: The geotechnical classification is American – ISRM (1981) Rock Characterization Testing and Monitoring. Brown, E., Ed., Pergamon Press, Oxford, 211 p.*

By their geotechnical properties, the most represented argillites (clayey siltstone, silty claystone) come under semi-rock classes R2 up to R3, locally even containing intercalations formed by interesting dark-grey “greasy” claystone class R1, quite possibly tectonically/kinematically altered (anchimetamorphosed). Just opposite, the tuffitic sandstone is classified as R4, possibly even higher. It is surprisingly strong, resilient; the colour is bluish grey. A specific property of argillite is the rapid weathering in the presence of air, causing the disintegration on stockpiles during several days. It poses certain danger in the case of insufficient quality of backgrouting (grouting behind lining segments). The origination of gypsum is an accompanying phenomenon of the weathering of argillites.

Driving tunnels through argillites is very easy and quick. Tunnel excavation is stable when the lining and back grouting is carried out timely. Excavation deformations in those sections are small.

With respect to the claystone-like nature, therefore certain plasticity of rock, fissures are tight and the rock acts as impermeable mass. Inflows into the tunnel through such the rock environment virtually do not occur. It is also caused by the fact that surface weathering products of argillite are formed by a mantle of low permeability clayey loams, which does not allow for more significant infiltration of rain. Storm water is mostly evacuated through erosion ravines (ovrags) i.e. in the form of surface run off. However, even quartziferous parts or parts indurated by firing on contact with volcanic bodies, veins and intrusive beds exist. In these cases it is already rock classified as R4, stronger and significantly brittle, often crushed and saturated with water. In such the places water and crushed rock breakouts into the tunnel and excavation instability occurred.

On the contrary, “greasy” claystone intercalations with the paraffin stickiness, giving the impression of steatite additions, occurred during the tunnel excavation. Their strength is at the limit of R1–R0 soils. The plasticity of these parts has still caused serious problems for the excavation advance. The squeezing property of the intercalations causes significant plastic



že povrchové zvětraliny argilitů tvoří plášť jílovitých hlín s malou propustností nedovolujících významnější infiltraci srážek. Srážky jsou většinou odváděny erozními stržemi (ovragy) povrchovým odtokem. Existují ale i partie prokřemenělé nebo zpevněné vypálením na kontaktu s vulkanickými tělesy, žilami a vrstevními intruzivními tělesy. V těchto případech se již jedná o horninu třídy R4, pevnější a značně křehkou, namnoze podrcenou a zvodnělou. V takových místech docházelo k průvalům vody a drtí horniny do tunelu a k nestabilitě výrubu.

Při ražení tunelu se vyskytovaly naopak „mastné“ jílovcové proplásky parafinové mazlavosti vzbuzující dojem přítomnosti příměsí mastku. Jejich pevnost je na hranici zemin R1-R0. Plasticita těchto partií dosud činí velké potíže při postupu ražby. Tlačivost proplásků způsobuje významné plastické deformace – zúžení konvergence profilu tunelu až o 10 cm.

Dolerity, těšínity a různé druhy andezitů nacházející se v trase tunelu jsou pevnými horninami třídy R5 až R6. Ty se projevují abrazivitou na rozpojovacích dlátech stroje a vykazují značnou prašnost při ražbě. Nejpodstatnější je ale jejich puklinová propustnost, která při zvodnění nadloží opakovaně způsobuje průvaly vody a horninového materiálu k hlavě stroje TBM a do stroje. Tím dochází ke vzniku kaveren, komínujících do výšky i přes 15 m. Kaverny je nutné následně plombovat výplňovým betonem.

Takto komplikované podmínky se však vyskytly v dosavadním průběhu ražeb naštěstí pouze omezeně. Ke vzniku kaveren pak, na zatím vyražené délce tunelu, došlo ve dvou případech na úsecích dlouhých cca 30 m.

#### Geomorfologické charakteristiky terénu a pozice tunelu

Kromě „měkkého“ erozně-denudačního charakteru terénu, rozčleněného mnohými výraznými erozními rýhami a sesuvy v měkkých, snadno erodovatelných argilitech jako nejvýraznější morfologický/reliéfotvorný prvek v ose tunelové ražby, vystupuje výrazná kuesta (geomorfologický termín, označující asymetrický vrchol hory nebo hřebenu, tvořeného mírně ukloněnými vrstvami odolných hornin (do 7°), které se střídají s vrstvami méně odolných hornin) s úklonem vrstev 30° k SZ. Tunel ji proráží téměř kolmo. Tato kuesta může být buď čelem možného přesmyku, nebo projevem inverzního reliéfu. Díky členitosti reliéfu jsou úseky tunelu v různých hloubkách. Pod hřebenem kuesty je tunel v hloubce cca 300 m, v průchodu pod nejhlubší erozní rýhou (ovragem) je hloubka jen cca 28 m. Zvrásnění argilitů se morfologicky projevuje minimálně.

#### Tektonika – geologická struktura oblasti

Jak bylo řečeno, zájmová oblast je interpretována jako dílčím zvrásněním postižená součást antiklinoria bez významnějších prvků disjunktivní tektoniky. Podle tektonických měření v tunelu, ale i podle doplňkového geologického mapování má

deformations – increasing the tunnel profile convergence by up to 10cm.

Dolerite, teschenit and various kinds of andesite existing along the tunnel route are hard rock types, classes R5 to R6. They manifest themselves by abrasivity on cutting tools of the machine and exhibit significant rate of airborne dust during the excavation. But their fissure permeability is most substantial. When the overburden is saturated with water, it repeatedly causes water and rock material flowing to the TBM cutterhead and inside the machine. As a result, caverns develop reaching the height even over 15m. The caverns have to be subsequently packed with backfill concrete.

Fortunately, so complicated conditions were encountered during the previous excavation only to a limited extent. Caverns in the so far excavated tunnel length originated only in two cases, in ca 30m long sections.

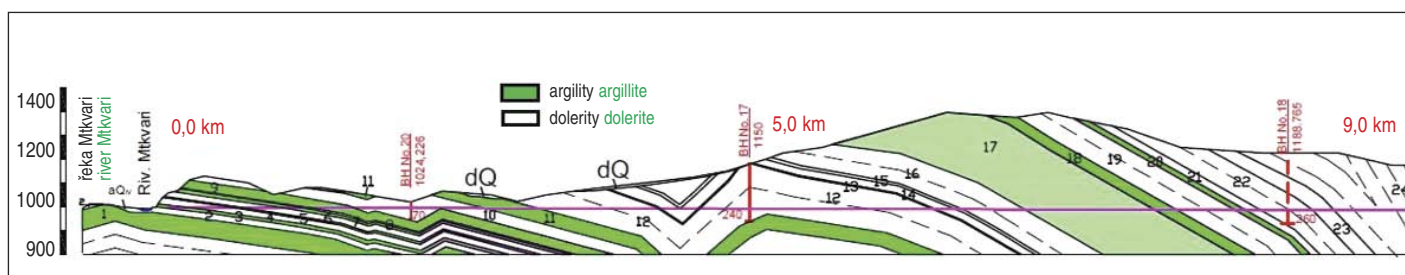
#### Geomorphological characteristics of terrain and the tunnel location

Apart from the “soft” erosion-denudation character of the terrain, which is divided by many significant erosion ravines and landslides in weak, easy to erode argillite, a significant cuesta (a geomorphological term marking an asymmetric peak of a mountain or a ridge formed by slightly dipping (up to 7°) layers of durable rock, alternating with layers of less durable rock), dipping NW at 30°, rises as the most distinct morphological/relief-forming element on the tunnel excavation centre line. The tunnel breaks through it nearly perpendicularly. This cuesta can be either the front end of a possible overthrust or a manifestation of an inverse relief. Owing to the dissected relief, the tunnel sections are at various depths. Under the cuesta ridge, the tunnel is at the depth of ca 300m; at the passage under the deepest erosion ravine (the ovrag) the depth is only ca 28m. The folding of argillites manifests itself morphologically only minimally.

#### Tectonics – geological structure of the area

As mentioned above, the area of interest is interpreted as a part of an anticlinorium affected by partial folding, without more significant elements of disjunctive faulting. According to tectonic measurements inside the tunnel, but also according to complementary mapping, it has rather the monoclinical character with the prevalent NNW trend of strata, probably with brittle tectonics, manifesting itself by the overthrust, see the cutout from the geological section in Fig. 4. It is possible to agree with the opinion that it may be the northern wing of a mega-anticline.

With respect to the not too detailed geological probing of the area and availability of geological maps of only smaller scales, the knowledge obtained from the complementary geological mapping and from the documentation of the tunnel excavation itself partially differs from assumptions. Nevertheless, even



Obr. 4 Podélný geologický řez  
Fig. 4 Longitudinal geological section



Obr. 5 Čelo významné kuesty, tunel proráží kuestu kolmo v bezprostředním okolí obce Rustavi (na obrázku nahoře)

Fig. 5 Front end of the important cuesta; the tunnel breaks through the cuesta perpendicularly in the immediate vicinity of the village of Rustavi (at the top of the picture)

však charakter spíše monoklinální, s převládajícím úklonem vrstev k SSZ, s pravděpodobnou křehkou tektonikou, projevující se přesmykem, viz výsek geologického řezu na obr. 4. S tím, že se může jednat o severní křídlo megaantiklinály, lze souhlasit.

Vzhledem k ne příliš podrobné geologické prosondovanosti území a dostupnosti geologických map pouze menších měřítek, se poznatky získané z doplňkového geologického mapování a z dokumentace samotné ražby částečně liší od předpokladů. Nicméně ani nově získané informace neumožňují detailní jednoznačnou interpretaci geologické struktury. Jde spíše o strukturální hypotézy. K hypotéze o tom, že ražba procházela ve značném úseku porušenou zónou násunové plochy přesmyku, přispěly obtíže, které se v těchto místech objevily (viz zmíněná mylonitizace a tlačivost). Morfologicky pro subhorizontální přesmyk svědčí poloha kuesty (se sklonem cca 30°) k SZ (obr. 5).

Alternativou subhorizontálního přesmyku, projevujícího se výše zmíněnou kuestou, může být i inverzní reliéf, ponechávající morfologicky vystupovat jedno rameno antiklinály jako kuestu. Tím ovšem není dobře vysvětlena tektonická porušenost zastížená ražbou právě pod kuestou.

Základní geologická mapa ukazuje pro předmětnou oblast v VSV pokračování kuesty geologický přesmyk se strmým úklonem k jihu. Morfologické pozorování a poznatky z dokumentace postupu ražby by hovořily spíše pro přesmyk s mírným úklonem k severu a násunem severních mas na masy jižněji položené. Tento násun by probíhal částečně po vrstevních plochách, částečně zřejmě po zvlněných plochách novotvořených s možným vlekem vrstev a případnou digitací (obr. 6).

Z dokumentovaných geologických projevů v tunelu pro tento násun hovoří naražení mylonitizované zóny charakteru sypké kamenitopísčité zeminy a naražení „rozkluzaných“ (výše zmínovaných) jílovců s velmi výraznými tektonickými „zrcadélky“.

V první čtvrtině ražby tunelu byla proražena zóna s výskytem mastkové břidlice, indikující kontakt bazaltické dajky s vápnným prachovcem (argilitem), v zóně subvertikálního zlomu. Germanotypní tektonika je tedy rovněž přítomna.

## RAŽBA TBM

Postup ražby je pravidelně dokumentován místními geology dodavatele. Přístupnost čelby je velmi omezená. Strukturálně-tektonická měření jsou velmi problematická. Horninový typ je

the newly obtained information does not allow for detailed unambiguous interpretation of the geological structure. It is rather the case of structural hypotheses. The problems which appeared (see the above-mentioned mylonitisation and the squeezing property) contributed to the hypothesis that the tunnel excavation passed along a significant section disturbed by an overthrust plane. Morphologically, the NW position of the cuesta (dipping at ca 30°) (see Fig. 5) gives evidence of a sub-horizontal overthrust.

Even the inverse relief, letting one shoulder of the anticline rise as the above-mentioned cuesta, may be an alternative of the sub-horizontal overthrust manifesting itself by the cuesta. But the tectonic disturbance encountered by the tunnel excavation just under the cuesta is not well explained by the hypothesis.

The basic geological map for the particular area in the ENE continuation of the cuesta shows a geological overthrust dipping steeply south. The morphological observation and the knowledge obtained from the documentation of the excavation process would rather suggest an overthrust moderately dipping north and the northern masses slipping over the masses lying more southerly. This overthrust would proceed partially along bedding planes and partially, obviously, along newly developed folded surfaces, with the possible dragging of the strata and possible digitations (see Fig. 6).

Encountering the mylonitised zone with the character of loose stony-sandy soil and encountering the above-mentioned “greasy” claystone with highly marked faulting polishes is a documented geological manifestation speaking up for this overthrust.

A zone with the occurrence of steatite shale, indicating a contact of the basalt dajka with calcareous limestone (argillite) in the sub-vertical fault zone was driven through in the first quarter of the tunnel excavation. It means that German type faulting is also present.

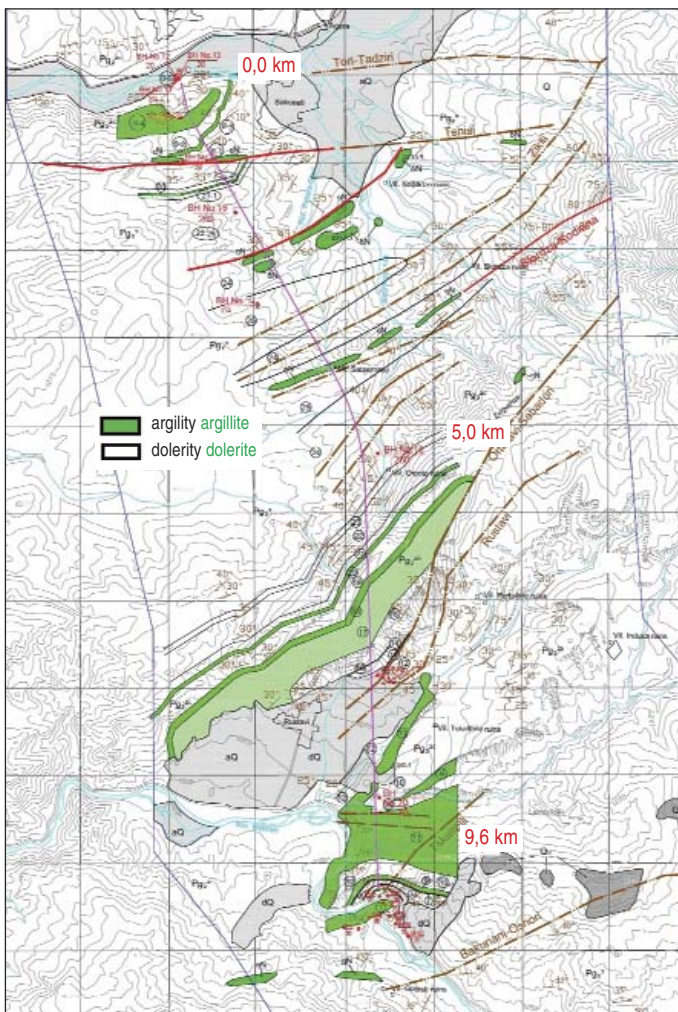
## TBM TUNNELLING

The tunnel excavation advance is regularly documented by contractor’s local geologists. The access to the excavation face is very limited. Tectonic and sedimentological measurements are very problematic. The ground type is observed continually on the belt conveyor. Apart from the ground type, the bedding, degree of tectonic disturbance, other structural elements and, of course, saturation with water are observed during visits to the excavation heading.

### Tunnel excavation advancing

The excavation mostly passes through dry and little crushed argillite, where the advance is relatively smooth and very fast – rates up to 30m per day (20 lining rings). Problems were encountered when the water-bearing brittle rock forming an aquifer between impermeable argillite layers were tapped. In those locations groundwater and crushed rock broke out into the machine space. Another very problematic section was encountered when the excavation arrived at a crushed zone filled with tectonic mylonite (probably the above-mentioned fault/overthrust zone). Caverns developed and even “daylight” collapses occurred in these sections. But after some time the crushed zone disappeared from the excavation profile. A little later, the tunnel excavation got to squeezing manifestations caused by highly plastic claystone intercalations in the argillite. Very pronounced faulting polishes, slickensides, are visible in the claystone. They are situated both along and across the





Obr. 6 Účelová geologická mapa  
Fig. 6 Purpose-made geological map

sledován průběžně při odvozu na dopravníku. Při návštěvách čelby se sleduje kromě horninového typu i vrstevnatost, míra tektonického porušení, další strukturální prvky a samozřejmě zvodnění.

#### Postup ražby

Ražba převážně prochází v suchých a málo drcených argilitech, kdy je průběh poměrně hladký a velmi rychlý – až 30 m (20 prstenců) za den. Problémy nastaly při naražení zvodnělých křehkých hornin, které jsou zvodní mezi nepropustnými argilitovými vrstvami. Tam docházelo k průvalům podzemní vody a horninové drti do stroje. Dalším velmi problematickým úsekem bylo naražení drcené zóny vyplněné tektonickým mylonitem, pravděpodobné zóny zlomu/přesmyku (viz výše). Zde docházelo ke vzniku kaveren a dokonce vykomínování k povrchu. Tato drcená zóna však po nějakém čase z profilu ražby vymizela. O něco dále se ražba tunelu dostala do tlačivých projevů způsobených silně plastickými jílovcovými proplásky v argilitech. V jílovcích jsou patrné velmi zřetelné ohlasy tzv. tektonická zrcadla. Tyto jsou situovány jak po vrstevních plochách, tak i napříč nimi. Je patrné tektonické prohnětení. Je možné, že se jedná o pokračování zóny přesmyku, násunové plochy, která si našla nejměkčí/nejslabší plochy stříhu. Dokládá to pravděpodobnost ražby napříč významnou geologickou poruchou (jednou z dílčích násunových ploch).

Z povrchového mapování je patrný výchoz smykových ploch, podcenění a překocení vrstev v úpatích svahů nad vesnicí Rustavi.

bedding planes. Tectonic kneading is obvious. It is possible that it is the continuation of the overthrust zone, which found the softest/weakest shearing planes. It is the evidence that the excavation runs crosswise an important geological fault (one of the partial overthrust planes).

An outcrop of shear planes, crushing and inverted strata at the bases of slopes above the village of Rustavi are obvious from the mapping.

#### Effects during the course of tunnelling – geotechnical conditions

The occurrence of semi-rock or disintegrated weak rock represents significant problems for the tunnel excavation using the double-shield-type Herrenknecht S-674 TBM. In some locations the strength drops to class R1 or even down to R0 (according to ISRM 1981). In such the conditions, ground starts to exert pressure on the TBM and the tunnel lining and the cutting effectiveness drops to a minimum.

The fissure-type saturation of brittle rock types lying between impermeable argillite layers represents other complications. It caused water and crushed rock breakouts into the machine space. The crushed zone with the character of mylonitic sandy soil also caused breakouts and development of caverns.

Certain problems had to be overcome even in the locations where the TBM drove through an inhomogeneous environment, where the excavation profile comprised a hard volcanic vein – basalt (dark andesite) on one side and semi-rock argillite on the opposite side. It caused mechanical failures of the hydraulic cutterhead extension system. The whole section had to be driven through in the single shield mode.

#### Basic technical data on the tunnel

The tunnel excavation diameter is 6m, the tunnel length amounts to ca 9.7km. The horizontal alignment is nearly straight; the vertical alignment is inclined at 0.5%. The tunnel is driven from the future power plant in an uphill gradient.

The lower ca 300m long section of the tunnel was driven conventionally using blasting and a roadheader. The excavation was temporarily supported only with a thin layer of shotcrete and, in selected locations, in addition with welded mesh and frames from steel H-sections. Welded steel lining forming a pressure tube will be in addition installed into the final cast-in-place tunnel lining in this section. This tube will pass into the high-pressure penstock behind the tunnel, through which water is supplied to turbines.

A 46m deep shaft with a 38m deep subsurface surge chamber above it is designed at the distance of ca 200m from the portal.

#### Launching the TBM from a completely excavated tunnel section

During the assembly of the TBM in front of the tunnel portal, the TBM was gradually shifted into the in advance excavated tunnel part, as described above. After the completion, the machine was moved in steps along a reinforced concrete cradle up to the end of the above-mentioned 300m long section excavated in advance, where the full-face TBM excavation and installation of tunnel lining consisting of reinforced concrete segments commenced (see Figures 7, 8, 9 and 10).

### Efekty při tunelování – geotechnické poměry

Pro ražbu strojem TBM Herrenknecht S-674, který je typu double shield, představuje výskyt poloskalních nebo rozrušených měkkých hornin značné obtíže. V některých místech pevnost hornin klesá ke třídě R1 nebo až na R0 (dle ISRM 1981). V takových podmínkách horniny začínají tlačit na štít i tunelové ostění a řezná účinnost hlavy klesá na minimum.

Puklinové zvodnění křehkých hornin ležících mezi polohami nepropustného argilitu představuje další komplikaci a způsobilo průvaly vody a horninové drti do stroje. Drcená zóna charakteru mylonitické písčité zeminy rovněž působila průvaly a kavernování.

Jisté problémy byly překonávány i v místech, kde štítrazil v nehomogenním prostředí – v profilu tvořeném z jedné strany tvrdou vulkanickou žilou – čedičem (tmavým andezitem) a z druhé strany poloskalním argilitem. To způsobilo mechanické poruchy na hydraulickém systému výsuvu řezné hlavy štítu. Úsek musel být proražen v modu single shield.

### Základní technické údaje tunelu

Průměr výrubu tunelu je 6 m, délka tunelu cca 9,7 km. Směrově je tunel téměř v přímé linii, výškově má sklon 0,5 %. Ražba tunelu probíhá dovrchně od budoucí elektrárny.

Dolní úsek tunelu v délce cca 300 m byl vyražen konvenčně pomocí trhacích prací a tunelové frézy. Výrub je dočasně zajištěn pouze slabou vrstvou stříkaného betonu a ve vybraných místech navíc s výztužnými sítěmi a rámy z ocelových I-profilů. Do definitivního monolitického tunelového ostění bude v tomto úseku instalováno ještě ocelové svařované opláštění, které tvoří tlakové potrubí. To plynule přejde v konstrukci tlakového přivaděče za tunelem, kterým je voda přiváděna na turbíny.

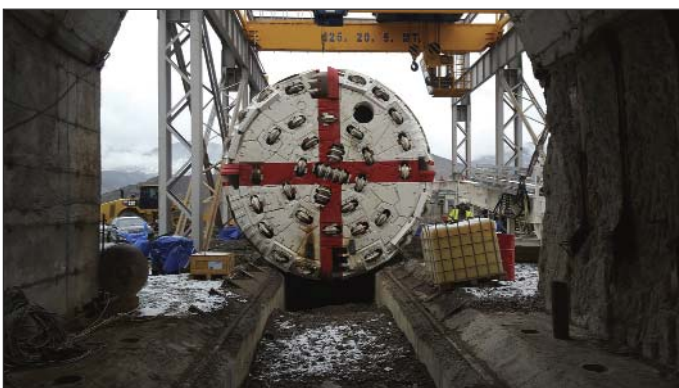
Ve vzdálenosti cca 200 m od portálu je nad tunelem navržena šachta hloubky 46 m a nad ní podpovrchová komora proti vodnímu rázu hluboká 38 m.

### Zahájení ražby TBM ve vyraženém tunelu

Při montáži TBM před portálem tunelu byl postupně zasouván do předem vyražené části tunelu, jak bylo popsáno výše. Po kompletaci stroje byl stroj postupnými posuny po železobetonové kolébce dopraven na konec zmíněného 300 m dlouhého předem vyraženého úseku, kde začalo ražení štítem plným profilem s montáží tunelového ostění z železobetonových dílců (obr. 7, 8, 9, 10).

### Technické řešení tunelu a postup ražby TBM

Úsek tunelu od 9,700 km až k hornímu portálu u vtokového objektu v 0,000 km je ražen tunelovacím strojem TBM double shield hard rock. Kruhové ostění je montováno z železobetonových segmentů (5+1). Styčná spára jednotlivých prstenců



Obr. 7 Pohled na razicí hlavu  
Fig. 7 A view of the cutter head

### Technical solution to the tunnel and the TBM excavation procedure

The tunnel section from the chainage of 9.700 km up to the upper portal at the intake structure at chainage 0.000 km is being driven by a double shield hard rock TBM. The circular lining is assembled from reinforced concrete segments (5+1). The circumferential joints between individual lining rings are not designed to be conical. The machine is guided only by irregular squeezing of the rubber sealing between segments of the rings. Muck is hauled from the tunnel on a conveyor belt; lining segments are transported on rail-mounted flat cars each carrying segments for 2 rings. Pea gravel and cement for the primary and secondary grouting is also transported on rails. Dry grouting mixture is mixed with water later, on the TBM trailing gear.

The lining is 250mm thick; one ring is 1.5m long. The inner diameter of the tunnel lining rings is 5.26m. The shield diameter is 5.49m, the cutter head diameter ranges from 6.02m to 6.09m, depending on the chosen cutting tools. The intermediate space between segments and the excavation is being filled with grout (backgrouting). The tunnel is designed as a pressure resisting structure for the maximum 10bar pressure.

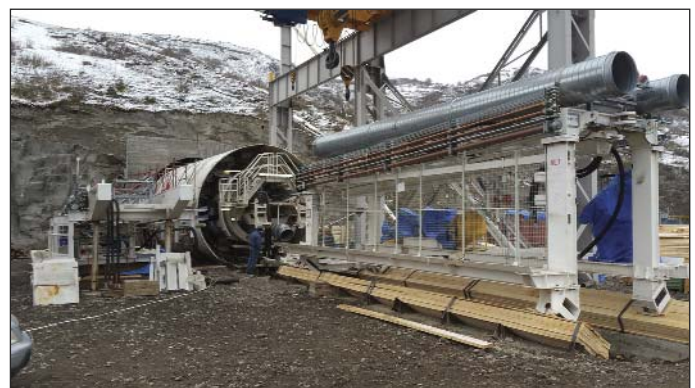
After initial complications, the TBM excavation commenced in June 2016. With its best performance, the contractor reached the excavation rate up to 900m per month, 500m per month as the average. As of the time of writing the paper, ca 6000m of excavation had been completed.

### Solution to the exit portal (water intake structure)

The exit portal for the TBM is currently in the phase of adjusting the design. The design counts on receiving the TBM in a small portal pit, where it will be dismantled in steps together with the trailing gear. After lifting them up from the pit, the individual parts of the machine will be transported to the storage area. The reason for this complicated and time intensive dismantling operation lies in the limited spatial conditions, which do not allow for pulling the entire machine out of the tunnel. The set will again be pulled along the reinforced concrete cradle. When the dismantling of the machine in front of the portal is finished, an intake structure will be constructed in front of the portal as a water inlet into the tunnel.

### TBM

As described in detail above, the TBM is of the double-shield hard rock type supplied by the company of Herrenknecht (see Figures 11 and 12). Owing to its technical solution the machine excavates the tunnel and concurrently installs the tunnel lining. In this way the time when the machine does not excavate



Obr. 8 Postupná montáž stroje a jeho zasouvání do tunelu  
Fig. 8 Stepwise assembly of the machine and shifting it into the tunnel





Obr. 9 Pohled na návěs TBM  
Fig. 9 A view of the TBM trailing gear

ostění není navržena kónická. Stroj je veden pouze nerovnoměrným svíráním gumového těsnění mezi segmenty prstence. Doprava rubaniny z tunelu je zajišťována dopravníkovým pásem, segmenty ostění se dopravují kolejovou drážkou, přičemž se na vlaku z plošinových vozů vezou vždy dílce pro 2 prstence. Po kolejích se dopravuje také kačírek a cement pro primární i sekundární injektáž. Injektážní směs se míchá s přidáváním vody až na návěsu tunelovacího stroje.

Tloušťka ostění je 250 mm, délka jednoho prstence je 1,5 m. Vnitřní průměr kroužků tunelového ostění je 5,26 m. Průměr štítu je 5,94, průměr řezné hlavy je v závislosti na zvolených řezných nástrojích od 6,02 do 6,09 m. Mezilehlý prostor mezi segmenty a výrubem je vyplňován výplňovou injektáží. Tunel je navržen jako tlakový pro maximální tlak 10 bar.

Ražba TBM byla zahájena po úvodních komplikacích v červnu 2016. Svým nejlepším výkonem dodavatel dosáhl až 900 m/měsíc, průměrně pak 500 m/měsíc. V době psaní článku bylo vyraženo cca 6000 m.

### Řešení výjezdového portálu (vtok do tunelu)

Výjezdový portál pro TBM je v současné době ve fázi ladění projektového řešení. Návrh počítá s vyjetím TBM do malé portálové jámy, kde proběhne postupná demontáž stroje včetně jeho technologických návěsů. Po vytažení z jámy budou jednotlivé části stroje přepraveny do skladovacího prostoru. Důvodem pro tuto komplikovanou a časově náročnou demontáž jsou omezené prostorové podmínky, které nedovolí vyjet celým strojem z tunelu. Vyjízďet se bude opět na železobetonovou kolébkku. Po rozebrání stroje bude před portálem zbudován nátokový objekt jako vpust' vody do tunelu.

### TBM

Jak je popsáno detailně výše, jedná se o typ stroje TBM double shield hard rock dodaný společností Herrenknecht (obr. 11, 12). Díky svému technickému řešení stroj současně razí i montuje ostění tunelu. Tak je minimalizován čas, kdy stroj nerazí (jinak je tomu u ražby strojem single shield). Tím je podstatně urychlen pracovní cyklus stroje.

Řezná hlava stroje je navržena pro pevné horninové prostředí (hard rock) tak, jak předpokládalo zadání projektu. V případě nepředvídaných geotechnických podmínek blízkých se charakteristikám zemin se již však opakovaně prokázalo, že může docházet k obtížným situacím vyžadujícím sanační opatření na čelbě výrubu.

Segmenty jsou osazovány do pozic v prstenci erektorem, který je na tomto stroji mechanický, nikoliv vakuový. Segmentové jeřáby fungují na principu mechanických zámek.



Obr. 10 Provádění výplňové injektáže – část cementace  
Fig. 10 Execution of back grouting – cementation

the tunnel is minimised (it is different in the case of tunnel excavation using a single-shielded machine). Thanks to this design the working cycle of the machine is substantially accelerated.

The cutter head of the machine is designed for hard rock environment, as the project tender documents assumed. On the other hand, it has been repeatedly proved that difficult situations requiring stabilisation measures at the excavation face may occur in the case of encountering unpredictable geotechnical conditions approximating the characteristics of soil.

Lining segments are placed into their positions within the lining ring using an erector, which is of the mechanical type on this machine, not vacuum-assisted. Segment-lifting cranes



Obr. 11 Popis TBM  
Fig. 11 TBM description



Obr. 12 Popis řezných nástrojů  
Fig. 12 Description of cutting tools



Obr. 13 Plnění segmentových forem  
Fig. 13 Filling the segment moulds

Segmentový podavač pak je klasicky hydraulický. Návěs za štítem sestává z dvanácti portálů a pásového dopravníku a je délky 175 m. Připočte-li se k tomu délka štítové části, měří stroj téměř 200 m.

### Segmenty

Tunelové segmenty jsou vyráběny zhotovitelem přímo v místě stavby. Výrobní segmentů je vybavena sedmi sety forem s technologií propařování. Tím je urychlován proces zrání čerstvého betonu. Zhotovitel je tak schopen každou dvanáctihodinovou směnu vyrobit jednu plnou várku 42 segmentů, což představuje sedm kompletních prstenců (obr. 13, 14).

### ZAVĚR

ŠKODA PRAHA a.s., jako tradiční česká inženýrsko-dodavatelská společnost investičních celků v energetice na klíč, v tomto projektu vystupuje jako inženýr investora. Technický konzultant SAMSON PRAHA, spol. s r.o. byl vybrán ŠKODOU PRAHA, díky své specializaci na podzemní stavby a geologii, pro spolupráci v místě výstavby elektrárny v Gruzii. V současné době tým SAMSON PRAHA, spol. s r.o. v místě sestává z pěti pracovníků, a to experta na ražbu tunelu, geologa, senior inženýra dozorujícího stavební část, specialistu dohlížejícího na hydromechanického dodavatele a specialistu kontrolujícího kvalitu dodávaných prací. ŠKODA PRAHA a.s. poskytuje veškerou podporu pro činnost SAMSON PRAHA, spol. s r.o. v místě. Takto sestavený tým je tak platným členem týmu investora, kterému se daří udržet přijatelnou kvalitu prováděných prací v souladu s projektovou dokumentací, včetně časového plánu definovaného ve smlouvách s jednotlivými dodavateli.

*Ing. PETR JAKEŠ, jakes@samsonpraha.cz,*

*Mgr. LEOŠ VALIGURSKÝ,*

*valigursky@samsonpraha.cz,*

*Ing. MARCEL RÜCKL, ruckl@samsonpraha.cz,*

*SAMSON PRAHA, spol. s r. o.,*

*Ing. SIMONA POHORILJAK, MBA,*

*ŠKODA PRAHA a. s.*

*Recenzovali Reviewed: Ing. Vladimír Prajzler,*

*Ing. Pavel Polák*



Obr. 14 Propařovací zkouška  
Fig. 14 Steam curing test

work on the principle of mechanical locks. The segment erector is classical, hydraulic. The trailing gear consists of twelve portals and a belt conveyor; it is 175m long. If we add the length of the shielded part, the machine is nearly 200m long.

### Lining segments

Tunnel lining segments are produced by the contractor directly on site. The segment casting yard is equipped with seven moulds with the steam curing equipment. The process of curing green concrete is accelerated in this way. The contractor is therefore capable of producing one complete set of 42 segments, which represents seven complete rings (see Figures 13 and 14).

### CONCLUSION

ŠKODA PRAHA joint-stock company, a traditional Czech engineering company delivering turnkey investment units for power generating industry, acts in this project in the position of the engineer for the project owner. Owing to its specialisation for underground construction and geology, SAMSON PRAHA, Ltd. was chosen by ŠKODA PRAHA for the position of the technical consultant for the collaboration in the location of the power plant construction in Georgia. At present, the SAMSON PRAHA, Ltd. team consists of five workers, namely a tunnel excavation expert, a geologist, a senior engineer supervising the civil engineering part, a specialist overseeing the hydromechanical contractor and a specialist checking the quality of the work being supplied. ŠKODA PRAHA provides all support for the SAMSON PRAHA, Ltd. activity on site. The team assembled in this way is therefore a valid member of project owner's team succeeding in maintaining acceptable quality of the works in compliance with the design documentation, including the construction schedule defined in the contracts with individual contractors.

*Ing. PETR JAKEŠ, jakes@samsonpraha.cz,*

*Mgr. LEOŠ VALIGURSKÝ,*

*valigursky@samsonpraha.cz,*

*Ing. MARCEL RÜCKL, ruckl@samsonpraha.cz,*

*SAMSON PRAHA, Ltd.,*

*Ing. SIMONA POHORILJAK, MBA,*

*ŠKODA PRAHA a. s.*

### LITERATURA / REFERENCES

ISRM (1981) Rock Characterization Testing and Monitoring. Brown, E., Ed., Pergamon Press, Oxford, 211 p.

Dokumentace pro provedení stavby.

2014 Mapy Google map

Foto autoři



# RAŽBA ŠTOLY TEPLOVODU POD RUŠNOU PRAŽSKOU KŘÍŽOVATKOU A KOMPLIKACE BĚHEM VÝSTAVBY

## EXCAVATION OF A GALLERY FOR A HEAT DUCT UNDER A BUSY PRAGUE INTERSECTION; COMPLICATIONS DURING CONSTRUCTION

OTAKAR HASÍK, VÍT JÁNOŠ

### ABSTRAKT

Pro vedení ocelového potrubí teplovodu byla realizována podzemní štola pod rušnou křižovatkou s tramvajovými tratěmi v pražských Holešovicích. Štola podkovitého průřezu zajištěná rámy z ocelové důlní výztuže, pažnicemi union a stříkaným betonem měla plochu výrubu 8,9 m<sup>2</sup> a délku 60 m. Štola propojuje dvě svislé šachty hloubky cca 10 m. Ražba byla zahájena ve skalním podloží tvořeném břidlicemi souvrství libeňského a postupně se přibližovala horizontu pokryvných vrstev, které tvoří štěrky a písky. Geologické sledování při ražbě upřesnily polohu a propustnost tohoto výrazně zvodnělého prostředí terasových sedimentů Vltavy. Z tohoto důvodu byly zvažovány tři varianty možností, jak bezpečně postupovat dál a jak adekvátně snížit rizika při ražbě. Příspěvek se bude podrobně zabývat komplikacemi při ražbě štoly a hloubení šachet v náročných geologických podmínkách.

### ABSTRACT

An underground gallery for a steel heat duct was carried out under a busy intersection with tramway tracks in the district of Holešovice, Prague. The excavation of the horseshoe shaped profile gallery was supported with steel colliery arches, UNION steel lagging and sprayed concrete. The excavated cross-sectional area and the length of the gallery amounted to 8.9m<sup>2</sup> and 60m, respectively. The gallery interconnects two ca 10m deep vertical shafts. The excavation started in the bedrock formed by the Libeň formation shale and gradually moved closer to the overlying horizon formed by gravel and sand. Geological monitoring during the course of the underground excavation refined the location and permeability of this significantly water-bearing environment formed by terrace sediments of the river Vltava. It was the reason why three variants of the possibilities of safe proceeding ahead and adequate reducing the risks during excavation were taken into consideration. The paper will deal in detail with complications encountered during the course of the gallery excavation and sinking the shafts in difficult geologic conditions.

### ÚVOD

Stavba tepelného napáječe podchází křižovátku frekventovaných ulic Partyzánská – Na Zátorách poblíž nového Trojského mostu v Holešovicích (obr. 1). Nad štolou je křižovátka tramvajových tratí. Podél chodníku stojí stará třípodlažní budova s restaurací. Zhotovitelem díla byla společnost Prominecon a.s., společnost SAMSON PRAHA, spol. s r.o. prováděla geotechnický monitoring.

Výstavba štoly délky 60 m a dvou svislých šachet (obr. 2) byla podle projektu i při realizaci prováděna konvenčním způsobem od



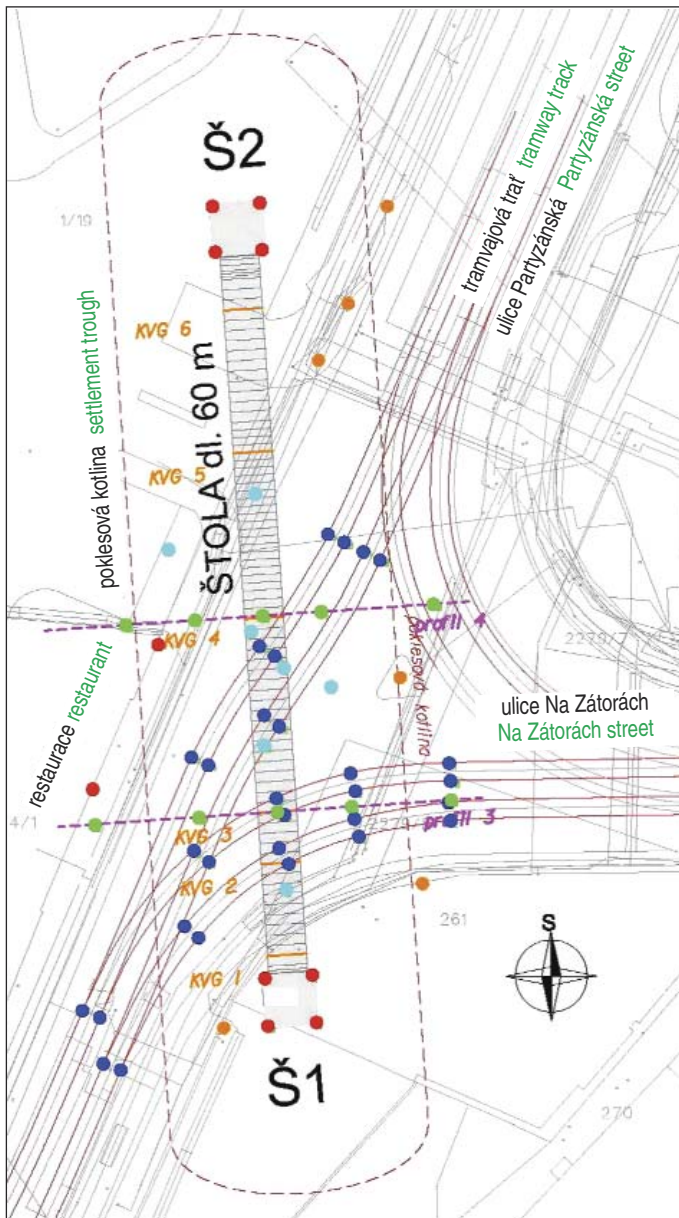
Obr. 1 Křižovátka Partyzánská – Na Zátorách pod níž proběhla ražba štoly  
Fig. 1 Intersection between Partyzánská and Na Zátorách streets, under which the gallery excavation passed

### INTRODUCTION

The construction of the heat duct passes under the intersection between busy Partyzánská – Na Zátorách streets near the new Troja bridge in the municipal district of Holešovice (see Fig. 1). An intersection of tramway tracks is above the gallery. An old three-storey building with a restaurant stands along the pavement. The works were carried out by Prominecon a. s.; SAMSON PRAHA, limited liability company, conducted geotechnical monitoring.

The construction of the 60m long gallery and two vertical shafts (see Fig. 2) was carried out according to the design as well as during the realisation using a conventional method from March 2015 to April 2016. The operations were suspended for the complications described below from June 2015 to September 2015. At the beginning of the excavation, the gallery was driven on a down gradient from Š1 hoisting shaft to Š2 shaft at a gradient of ca 2‰. The gallery alignment is straight, connecting to the vertical shafts. Muck was transported horizontally manually, using a muck car running on rails. Vertical transport to a container placed on the surface was provided by a crane. Soil and rock was disintegrated during shaft-sinking and gallery excavation operations mechanically using a mini-excavator and hand-held picks without blasting.

The excavation of the gallery and shafts was supported with a primary lining with steel colliery frames. Vertical sheeting and steel sheet forepoling was installed behind the frames. Horizontal sheeting additionally covered with shotcrete and welded mesh was used in slightly weathered to fresh Libeň shale. The basic ground plan of both the start and target hoisting shafts was a square 4300/4300mm. The horseshoe shaped profile gallery in the mined gallery section is 3080mm wide and 2750mm high. The final liners of the gallery and vertical shafts were designed to be from water-retaining reinforced



Obr. 2 Situace štoly s vyznačením bodů geodeticky měřených na povrchu  
Fig. 2 Gallery situation with points measured by surveyors on the surface marked in it

března 2015 do dubna 2016, přitom byla ražba přerušena z důvodu dále uvedených komplikací od června 2015 do září 2015. Štola byla z důvodu nedostatku prostoru u šachty Š2 v počátku stavby ražena úpadně z těžní šachty Š1 k šachtě Š2 ve sklonu cca 2 ‰. Trasa štoly je přímá a navazuje na svislé šachty. Vodorovná doprava rubaniny byla ruční pomocí vozu na kolejkách. Svislá doprava do přistaveného kontejneru na povrchu byla zajištěna jeřábem. Rozpojování zemin a hornin při hloubení šachet i ražení štoly bylo prováděno strojně minirypadlem a ruční sbíječkou bez použití trhacích prací.

Štola i šachty byly zajištěny primárním ostěním s rámy z ocelové dlužní výztuže. Za rámy se upevňovaly zátažné nebo hnané ocelové pažiny. V navětralých až zdravých libeňských břidlicích se použilo příložné pažení, které bylo dostatečně zastříkané betonem s výztužnými sítěmi. Těžní startovací i koncová šachta měly základní čtvercový půdorys 4300/4300 mm. Štola podkovitého tvaru je v raženém profilu široká 3080 mm, vysoká 2750 mm. Definitivní ostění štoly a svislých šachet bylo navrženo z vodonepropustného železobetonu a muselo být vodotěsné proti pronikání podzemní vody. Nebyla navržena hydroizolace. Podzemní voda je agresivní na beton.

concrete. It had to be impermeable for penetration of ground water. No waterproofing system was designed. The groundwater has got a corrosive effect on concrete.

## GEOLOGIC STRUCTURE

Geologic conditions in the area of interest can be in general characterised as complicated for a mined working.

### Bedrock

The Pre-Quaternary bedrock through which the excavation was realised is formed by the Ordovician rock types of the Barrandian Synclinorium. From the lithologic point of view, it is the Libeň formation belonging to the Lower Beroun Formation. The monotone facies are formed by clayey shale with a weak silty or sandy addition and scales of mica. The black to black-grey colour is caused by imperfect oxidation at the bottom of the sedimentation basin. Laminated bedding (thickness of layers of 2–20mm), thinly tabular bedding (20–60mm) and tabular bedding (60–200mm) was encountered. The near-surface weathering is usual for the older Ordovician sediments in the area of Prague, including the Libeň formation sediments. It manifests itself mainly by lower up to significantly lower rock strength and coated discontinuities. The degree of weathering decreases with the growing depth.

### Superficial deposits

The superficial deposits lying on the bedrock are formed by terrace fluvial sediments of the Vltava valley terrace. It is a relatively thick layer mainly consisting of purely graded S2 SP sand and well graded S1 SW sand; it can even contain layers of S3 S-F sand with addition of fine-graded soil. According to additional survey, compact sandy gravel classes G1 GW, G2 GP and G3 G-F with very high permeability for water predominate in the lower part of the terrace. The thickness of the sediment layer ranges from 4 to 14m.

Man-made ground overlying the terrace sediments are mainly formed by dug soils and rubble.

## COMPLICATIONS DURING EXCAVATION

The original design assumed the excavation of the gallery and sinking two about 10m deep vertical shafts.

The problem-free sinking of the Š1 start shaft and the excavation of initial meters of the gallery towards shaft Š2 did not signal the later complications which virtually made the safe continuation of the excavation according to the originally proposed solution impossible. The horizontal cored boreholes ahead of the excavation face (see Fig. 3) were carried out within the framework of the geotechnical monitoring conducted concurrently with the progressing excavation. The second borehole encountered significantly water-bearing terrace sediments, which were attended by uninterrupted high water inflows from the borehole (10L/s flew from the DN 76mm borehole). The course of the interface between shale and gravel-sand forming the terrace and the groundwater table level were refined by additional survey boreholes – angled upward from the excavation face and vertical one at Š2 shaft. The gallery excavation would have encountered this interface as early as at chainage 30 m and would have continued through an environment formed by heavily permeable gravel and sand, under the groundwater table. A pumping test in the hydrology borehole confirmed that the communication between this aquifer and water in river Vltava is probable. For that reason the possibility of lowering the groundwater table to a safe level under the level of the gallery was not an option. The mining designer suspended the next excavation and the project owner was forced to solve the new situation.

### Excavation options for elimination of risks

The project owner, in collaboration with the contractor, developed several variants on securing the excavation of the gallery eliminating the originating risks, in particular the three possible methods presented below:



## GEOLOGICKÁ STAVBA

Všeobecně lze geologické poměry zájmového území charakterizovat jako složité pro ražené dílo.

### Skalní podklad

Předkvartérní skalní podklad, v němž bylo dílo realizováno, je tvořen horninami ordoviku barrandienského synklinoria. Z litologického hlediska jde o libeňské souvrství náležející ke spodnímu berounu. Zastižená monotónní facie je tvořena jílovitými břidlicemi se slabou prachovitou či písčitou příměsí a šupinkami slíd. Jejich černá až černošedá barva je způsobena nedokonalým prokysličením při dně sedimentační pánve. Vrstevnatost byla zaznamenána laminovaná (mocnost vrstev 2–20 mm), tence deskovitá (20–60 mm) a deskovitá (60–200 mm). Pro ordovické i starší sedimenty v oblasti Prahy, včetně sedimentů libeňského souvrství, je obvyklé přípovrchové zvětrání, které se zejména projevuje nižší až výrazně nižší pevností horniny a povlaky limonitu na diskontinuitách. S rostoucí hloubkou se stupeň zvětrání snižuje.

### Pokryvné útvary

Na skalním podloží ležící pokryvné útvary jsou tvořené terasovými fluvialními sedimenty údolní vltavské terasy. Jde o poměrně mocnou vrstvu, kterou převážně tvoří písek špatně zrněný S2 SP a písek dobře zrněný S1 SW a může obsahovat i polohy písku s příměsí jemnozrnné zeminy S3 S-F. Ve spodní části terasy podle dodatečného průzkumu převažuje štěrk písčité, ulehlý, třídy G1 GW, G2 GP a G3 G-F s velmi vysokou propustností pro vodu. Mocnost sedimentů se pohybuje v rozmezí 4 až 14 m.

Navážky uložené nad terasovými sedimenty jsou převážně tvořeny překopanými zeminami a stavebním rumem.

## KOMPLIKACE PŘI RAŽBĚ

Původní návrh předpokládal ražbu štoly ze dvou svislých šachet hlubokých přibližně 10 m.

Bezproblémové vyhloubení startovací šachty Š1 i ražba prvních metrů štoly směrem k šachtě Š2 nenaznačovaly pozdější komplikace, které prakticky znemožnily bezpečné pokračování ražby v původně navrženém řešení. V rámci geotechnického monitoringu byly s postupem ražby prováděny projektem předepsané horizontální jádrové předvrty (obr. 3). Druhým předvrtem byly zastíženy výrazně zvodnělé terasové sedimenty, což bylo provedeno neustávajícími vysokými přítoky z vrtu (z vrtu DN 76 mm vytékalo 10 l/s). Dalšími průzkumnými vrty – šikmo nahoru z čelby a svislým u šachty Š2 – byl upřesněn průběh rozhraní mezi břidlicemi a štěrkopískovou terasou a úroveň hladiny podzemní vody. Ražba štoly by toto rozhraní zastihla už ve staničení 30 m a dále by pokračovala v prostředí silně propustných štěrků a písků pod hladinou podzemní vody. Čerpací zkouška v hydrovrtu potvrdila pravděpodobnou komunikaci této zvodně s vodou v řece Vltavě. Nepřípadala tedy v úvahu možnost snížení úrovně hladiny podzemní vody na bezpečnou výšku pod úroveň štoly, báňský projektant další ražbu zastavil a investor byl nucen vzniklou situaci řešit.

### Varianty ražby pro eliminaci rizik

Investor, ve spolupráci se zhotovitelem, vypracoval několik variant zabezpečení ražby štoly s eliminací vzniklých rizik a to zejména níže uvedené tři možné způsoby:

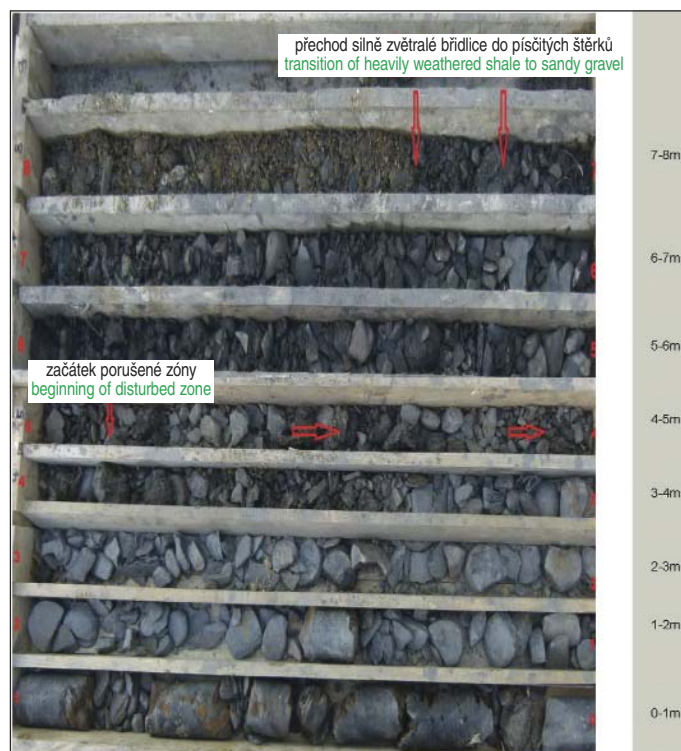
#### Zabezpečení tryskovou injektáží (TI)

Zabezpečení tryskovou injektáží bylo uvažováno ve dvou podvariantách. První možnost byla horizontální TI ze štoly a ze šachty Š2 včetně několika místních zainjektování čelby (přepážky).

Druhá možnost byla vertikální TI z povrchu, tato varianta se ale ani nerozpracovala z důvodu velkého množství inženýrských sítí pod povrchem a komplikací při omezení dopravy.

#### Zainjektování celého (resp. zvětšeného) průřezu výrubu

V této variantě by bylo nutno zainjektovat (zpevnit) horninu v celém (resp. zvětšeném) průřezu výrubu štoly vhodným médiem, odzkoušeným materiálem, který by stmelil štěrkopísek a současně zabránil přítokům vody.



Obr. 3 Vrtné jádro horizontálního předvrtu J2, silně porušená ordovická břidlice přechází do hrubozrnných písčitého štěrku

Fig. 3 Borehole core from the horizontal borehole J2 carried out ahead of excavation face; heavily disturbed Ordovician shale passes to coarse-grained sandy gravel

### Stabilisation by jet grouting (JG)

Stabilisation by jet grouting was taken into consideration in two sub-variants. The first option lied in horizontal JG carried out from the gallery and from shaft Š2, including several local injection of grout into the excavation face (a partition).

The other option lied in vertical JG from the terrain surface. But this sub-variant was not further developed with respect to the large number of utility networks under the surface a complications during traffic restrictions.

### Injecting grout into the whole (respectively enlarged) excavation profile

In this variant it was necessary to inject grout (to reinforce) into the ground within the whole (respectively enlarged) profile of the gallery excavation using a suitable medium, a tried out material which would cement the gravel-sand and at the same time prevent water inflows.

### Changing the vertical alignment of the excavation of the remaining part of the gallery to run through stable ground

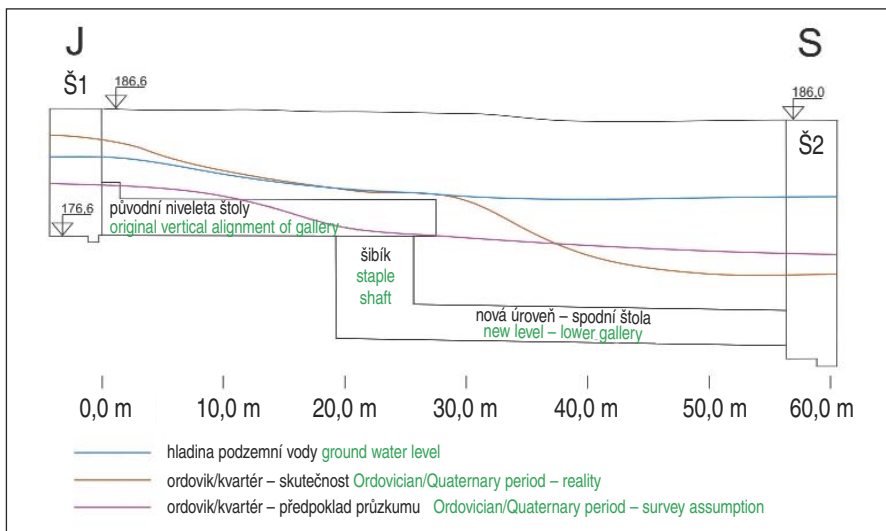
This change would mean sinking an 8.5m deep shaft ahead of the excavation face from the so far excavated gallery (working name “staple shaft”) and continue to excavate the gallery at that level (“the lower gallery”) to shaft Š2 safely under the level of the interface between gravel-sand and shale, with the whole profile excavated through the bedrock. The design for shaft Š2 with the new level of the gallery bottom would be also changed adequately.

(In the mining terminology, the staple shaft means a shaft vertically interconnecting mine levels of an underground mine and not having its mouth on the surface.)

This variant (see Fig. 4) was chosen by the project owner for realisation with respect to the cost lowest of all above-mentioned options.

### Continuation of excavation

The engineering-geological conditions greatly complicated even the excavation of the “lower gallery” through the environment formed



Obr. 4 Schéma nového řešení ražby štoly

Fig. 4 Chart of the new solution to the gallery excavation

### Změna výškového vedení ražby zbývající části štoly ve stabilní hornině

Tato změna by znamenala z dosud vyražené štoly před čelbou vyhloubit svislou šachtu hlubokou 8,5 m (do nižšího patra) s pracovním názvem „šibík“ a v této úrovni pokračovat se štolou („spodní štola“) do šachty Š2 bezpečně pod úroveň rozhraní šterkopísku a břidlice, tedy celým profilem ve skalním podloží. Adekvátně by se změnil i návrh šachty Š2 s dnem v nové úrovni počvy štoly.

(V hornické terminologii se šibíkem rozumí šachta, která vertikálně propojuje důlní patra hlubinného dolu a nemá vyústění na povrch.)

Tato varianta (obr. 4) byla investorem vybraná k realizaci vzhledem k nejnižší ceně ze všech výše uvedených návrhů.

### Pokračování ražby

Inženýrskogeologické podmínky silně komplikovaly i ražbu „spodní štoly“ v prostředí skalních hornin (obr. 5). Ražba byla do staničení 21,5 m realizována z šibíku směrem k Š2, kde byla komplikována strmým úklonem vrstev směrem do výrubu a značnými přítoky podzemní vody (i více než 50 l/s). Ordovické břidlice jsou obvykle považovány za velmi málo propustné s pouze puklinovou propustností a jen omezeně komunikující s případnou zvodní v nadložních útvarech, jak ukazují zkušenosti z jiných podzemních děl v obdobných geologických poměrech. Abnormální přítoky vody do podzemního díla byly pravděpodobně způsobeny kombinací několika faktorů. Větší část ražby byla prováděna v místě pod přehloubeným korytem Vltavy. Řeka pravděpodobně erodovala méně odolné zvětralé partie při povrchu břidlic. Ty jsou tvořeny jílovitou zeminou s velmi malou propustností obvykle znesnadňující komunikaci mezi puklinovou zvodní v břidlicích a případnou zvodní v jejich nadloží. Strmě ukloněné vrstvy břidlic umožnily přítoky vody po těchto převažujících a průběžných diskontinuitách a způsobovaly nestabilitu díla, kdy hrozilo vyjždění bloků hornin do vytěženého prostoru.

Velké přítoky vody rovněž zkomplikovaly hloubení šachty Š2 (obr. 6). Hladina podzemní vody byla zastížena v terasových písčích a štercích v hloubce necelých 7 m, další hloubení bylo možné až po původně neplánované realizaci tryskových injektáží kolem obvodu šachty. Po dohloubení do břidlicí skalního podloží (zde hranice v hloubce 12 m, obr. 7) a pod patu tryskových injektáží došlo k vyjetí bloku horniny po strmě ukloněných vrstvách z prostoru pod a za sloupy tryskové injektáže s následným průvalem vody do šachty a jejím rychlým nastoupením o několik metrů na úroveň hladiny podzemní vody. Odhadovaná velikost přítoku přesáhla 100 l/s. Při následném nepřetržitém čerpání tohoto i většího množství vody se po několika dnech podařilo snížit hladinu podzemní vody v okolních vrtech pouze o 1,8 m a vzniklá kaverna musela být

by rock (see Fig. 5). Up to the chainage 21.5m, the excavation was carried out from the staple shaft in the direction of shaft Š2, where it was complicated by a steep dip of the layers toward the excavated space and large groundwater inflows (rates even exceeding 50L/s). The Ordovician shale is usually considered to be very little permeable, only with fissure permeability and communicating with a contingent aquifer in the overlying formations only in a limited way, as the experience from other underground excavation through similar geologic conditions shows. The abnormal groundwater inflows to the underground excavation were probably caused by a combination of several factors. The majority of the excavation was carried out under the over-deepened Vltava bed. The river probably eroded the less resistant weathered parts at the surface of the shale layer. They are formed by clayey soil with very low permeability, which usually makes the

communication between a fissure aquifer in shale and a contingent difficult aquifer in its cover difficult. The steeply dipping shale layers allowed for groundwater inflows along the prevailing and persistent discontinuities and caused the instability of the excavation, where the sliding of rock blocks into the excavated space posed a threat.

The large groundwater inflows in addition complicated the sinking of shaft Š2 (see Fig. 6). The water table was encountered in terrace sand and gravel at the depth of nearly 7m. The shaft sinking work could continue only after the originally unplanned realisation of jet grouting around the shaft circumference. When the excavation reached the shale bedrock (in that location at the depth of 12m, see Fig. 7) and the level under the bottom of the jet grouting, a block of rock slipped from the space under and behind the jet grouted columns along the steeply dipping layers. Inrush of water into the shaft followed and the water surface level rapidly rose several meters, up to the water table level. The estimated inflow rate exceeded 100L/s. During several days of the subsequent continuous pumping of this and even greater amount of water, the water table level in adjacent boreholes was lowered only by 1.8m and the reconnaissance of the originated cavern and its filling had to be carried out by divers. Additional chemical grouting into the space under the jet grouted columns had to be carried out before the final level of the shaft bottom was reached.

The remaining section of the lower gallery was driven from shaft Š2.



Obr. 5 Ražba spodní štoly

Fig. 5 Excavation of the lower gallery





Obr. 6 Silné přítoky do šachty Š2  
Fig. 6 Strong inflows into shaft Š2

rekognoskována a tamponována potápěči. Před dohloubením šachty na konečnou úroveň bylo nutno prostor pod tryskovými injektážemi doinjektovat chemickou injektáží.

Zbývající úsek spodní štoly byl ražen od šachty Š2.

### VLIV RAŽBY NA OKOLNÍ PROSTŘEDÍ

V rámci geotechnického monitoringu byl mimo jiné zjišťován vliv ražby na okolní prostředí s důrazem na nivelační měření poklesů kolejnic tramvajových tratí, povrchu terénu a blízkého objektu Partyzánská 218/5. Náklony sloupů trakčního vedení tramvajových tratí byly sledovány trigonometricky. Přes všechny výše uvedené problémy při ražbě lze výsledky těchto měření označit za příznivé. Poklesy nedosáhly předpokládaných hodnot a zpravidla se pohybovaly do 4 mm s maximem 5 mm. Nebyly zjištěny žádné poklesy objektu Partyzánská 218/5 a náklony sloupů trakčního vedení se pohybovaly pod úrovní přesnosti trigonometrického měření.

### ZÁVĚR

Původní řešení štoly vycházelo ze zkušeností z ražby obdobných děl v Praze, kdy zpravidla bylo možné hladinu podzemní vody účinně snížit, protože voda se nacházela v ohraničeném kolektoru. Za těchto podmínek by i v popsaném případě byla ražba bezpečně proveditelná. Zaznamenané výrazné přítoky podzemní vody z terasových sedimentů byly však natolik velké, že bylo nutné zvolit bezpečné technické řešení, které by eliminovalo rizika v hustě obydlené oblasti.

Geotechnický monitoring výrazně přispěl k řešení problematické situace ražby. Byl zvolen modifikovaný postup ražby, který uvažoval se změnou výškového vedení ve střední části štoly, jeho snížením až do skalního podloží. Je nutné poznamenat, že i v tomto prostředí skalního podloží nebyla následující ražba lehká, neboť ji ztěžovaly silné přítoky podzemní vody z průběžných otevřených puklin horninového masivu, které následně způsobovaly vyjíždění bloků hornin do vytěženého prostoru.

Ing. OTAKAR HASÍK, [hasik@samsonpraha.cz](mailto:hasik@samsonpraha.cz),  
Mgr. VÍT JÁNOŠ, [janos@samsonpraha.cz](mailto:janos@samsonpraha.cz)  
SAMSON PRAHA, spol. s r.o.

Recenzovali Reviewed: Ing. Jaromír Zlámal,  
Ing. Karel Franczyk



Obr. 7 Přechod ze šterků na bázi terasových sedimentů do zdravých břidlic v šachtě Š2  
Fig. 7 Transition from gravel at the base of terrace sediments to fresh shale in shaft Š2

### EXCAVATION INFLUENCE ON SURROUNDING ENVIRONMENT

Among other things, the geotechnical monitoring examined the influence of excavation on the surrounding environment, with stress placed on surveying the subsidence of tramway track rails, the terrain surface and the near building No. 218/5 in Partyzánská street. The tilt of tramway overhead catenary posts was monitored trigonometrically. Despite all of the above-mentioned problems encountered during the excavation, the results of the measurements can be considered as favourable. Settlement values did not reach the expected levels and usually fluctuated up to 4mm, with the maximum of 5mm. No settlement of building No. 218/5 in Partyzánská street was detected and the tilt of overhead catenary posts stayed under the level of trigonometric measurement accuracy.

### CONCLUSION

The original solution to the gallery excavation was based on the experience from the excavation of similar workings in Prague, where it was usually possible to lower the water table effectively because water was located in a bounded aquifer. Under these conditions, the excavation could have been safely carried out even in the case described above. However, the significant inflows of groundwater from terrace sediments were so large that it was necessary to choose a safe technical solution, which would eliminate risks in the densely developed area.

Geotechnical monitoring significantly contributed to the solution to the problematic excavation situation. A modified excavation procedure was selected, assuming a change in the vertical alignment in the middle part of the gallery, lowering it down into the bedrock. It is necessary to note that even in this environment the following excavation was not easy because it was made difficult by strong groundwater inflows from persistent open fissures in the ground massif, which subsequently caused slipping of ground blocks into the excavated space.

Ing. OTAKAR HASÍK, [hasik@samsonpraha.cz](mailto:hasik@samsonpraha.cz),  
Mgr. VÍT JÁNOŠ, [janos@samsonpraha.cz](mailto:janos@samsonpraha.cz)  
SAMSON PRAHA, spol. s r.o.

### LITERATURA / REFERENCES

Tepelný napaječ Libeň – Holešovice, úsek Partyzánská – Na Zátorách. Podrobný geotechnický průzkum. Pudis, 8/2014  
Dokumentace pro provedení stavby. Ingutis, 12/2014

# ÚLOŽIŠTĚ RADIOAKTIVNÍHO ODPADU RICHARD – ROZŠÍŘENÍ KAPACITY VYUŽITÍM STARÝCH DŮLNÍCH DĚL

## RADIOACTIVE WASTE REPOSITORY RICHARD – EXPANSION OF CAPACITY BY USING OLD MINE WORKINGS

JIŘÍ ČINKA

### ABSTRAKT

*Příspěvek popisuje problematiku projektových a průzkumných prací v prostředí starých důlních děl, neboli „stařin“, s cílem adaptovat důlní prostory pro následné využití. Adaptací starých důlních děl dojde v tomto případě k rozšíření ukládací kapacity současného úložiště nízkoaktivních radioaktivních odpadů „ÚRAO Richard“ nad městem Litoměřice. Staré důlní prostory určené pro následné využití prošly za posledních bezmála 100 let zajímavým historickým vývojem, který bylo nutné zmapovat a zohlednit při projektových pracích. Návrh zajištění a úprava podzemí zohledňuje historické, geologické, geotechnické, statické a technologické aspekty jako podklad pro moderní postupy dnešního podzemního stavitelství.*

### ABSTRACT

*The paper describes the problems of design and exploratory work in the environment of old mine workings, or “abandoned workings”, with the aim of adapting mine spaces for subsequent use. In this particular case, by adapting old mine workings; the storage capacity of the existing “ÚRAO Richard” repository of low-level radioactive waste above the town of Litoměřice will be expanded. The old mine spaces intended for subsequent use have undergone interesting historical development over the past nearly 100 years, which required mapping and taking into consideration when designing. The design for securing and adapting the underground takes into account the historical, geological, geotechnical, structural and technological aspects as a basis for modern procedures used by the current underground construction industry.*

### POPIS LOKALITY

Důlní komplex Richard leží v severozápadní části katastrálního území města Litoměřic (obr. 1). Pod vrchem kopce Bídnice se zde nachází rozsáhlý systém důlních chodeb vzniklý těžbou vápence pro potřeby stavebnictví. V jeho střední části pojmenované za 2. světové války jako „Richard II“ je v současnosti provozováno úložiště nízkoaktivních radioaktivních odpadů (dále již jen úložiště RAO). Těžbou vápence zde vznikla postupně od poloviny 19. století rozsáhlá síť chodeb a komor dosahující svou délkou několika desítek km a plochu několika ha. Většina těchto prostor je stále v současnosti přístupná a kromě již zmíněného úložiště RAO nevyužívána.

Ukládají se zde tzv. institucionální odpady, které vznikají ve zdravotnictví, průmyslu, zemědělství či výzkumu. Uložení se rozumí jejich trvalá izolace od životního prostředí bez úmyslu odpad znovu vyjmout. Nejedná se v žádném případě o vyhořelé palivo z jaderných elektráren. Odpad je uložen do 100litrového nerezového sudu, ten do 200litrového sudu. Meziprostor je vyplněn betonem a poté je sud uzavřen víkem a opatřen speciálním nátěrem a označen. Takto upravený sud je nazýván obalovým souborem (dále již jen OS).

### HISTORIE DOBÝVÁNÍ

První zmínka o těžbě vápence v Litoměřicích je již ze šedesátých let 19. století. Větším producentem cementu a vápna v 19. století byly totiž severní Čechy, než dnes daleko známější barrandienská oblast. Jen v okolí Teplíc pracovalo v té době 20 vápenek. Křídové jílové vápence s obsahem 65–90 % CaCO<sub>3</sub> se zde těžily podzemním způsobem na několika místech. Největším „gigantem“ podzemní těžby však byl důl pod vrchem Bídnice. Ložisko Litoměřice je tvořeno polohou jílovitého vápence obsahujícího 70–85 % CaCO<sub>3</sub>, které je cca 3 km dlouhé a cca 1,5 km široké. Těžná poloha jílovitého vápence je subhorizontálně uložená a 3–5 m mocná. Nadloží této vápencové

### LOCALITY DESCRIPTION

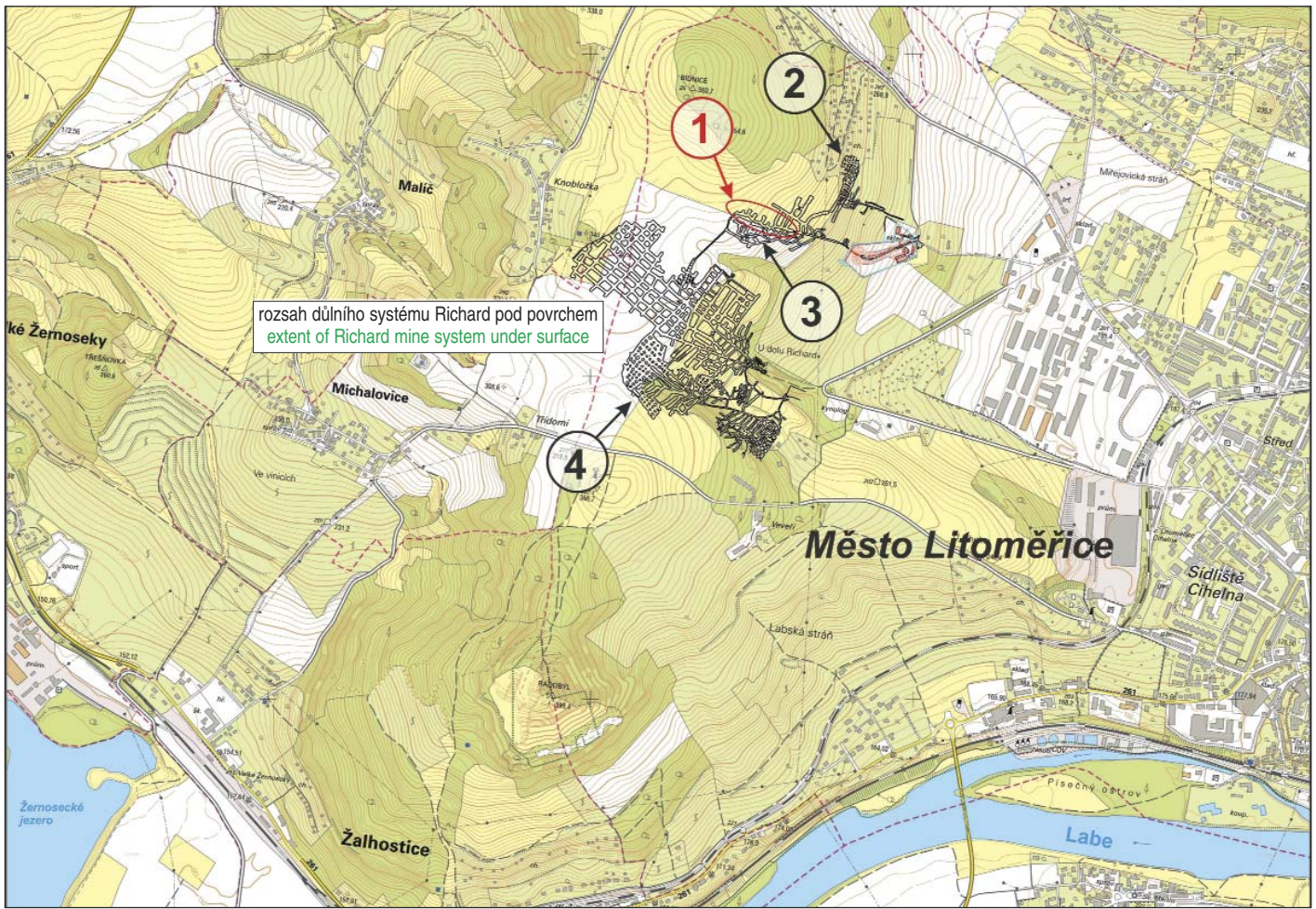
Richard mining complex lies in the north-western part of the cadastral district of Litoměřice (see Fig. 1). Under the surface of Bídnice hill, there is an extensive system of galleries which originated by the extraction of limestone for the needs of construction industry. The repository of low-level radioactive waste (hereinafter referred to as the RAW repository) is today operated in its central part, which was named “Richard II” during Second World War. As a result of the lime extraction, an extensive network of galleries and chambers with the length reaching several tens of kilometres and area of several hectares has gradually originated here since the half of the 19<sup>th</sup> century. The majority of those spaces are still currently accessible and, with the exception of the above-mentioned RAW repository, unused.

The so-called institutional waste, produced in the field of healthcare, industry, agriculture or research, is disposed here. The disposal means permanent isolation from the environment, without intending to remove the waste again. In no case is the spent fuel from nuclear power plants in question. The waste is deposited in a 100 litre stainless steel barrel and this barrel is placed into a 200 litre barrel. The intermediate space is filled with concrete and, subsequently, the barrel is closed with a lid, provided with special coating and marked. The barrel treated in this way is called a waste package (hereinafter referred to as WP).

### HISTORY OF MINING

The first mention of the extraction of limestone in Litoměřice is dated as early as the 1860s. The reason is the fact that Northern Bohemia was a larger producer of cement and lime in the 19<sup>th</sup> century than the today much more popular Barrandian area. Twenty lime kilns worked only in the





Obr. 1 Rozsah celého důlního systému v rámci širšího okolí (průmět na povrch) 1 – oblast, která je předmětem adaptace, 2 – část dolu Richard III., 3 – část dolu Richard II. – současné úložiště RAO, 4 – část dolu Richard I.

Fig. 1 Extent of the entire mine system within the wider surroundings (projection to the surface) 1 – area subjected to adaptation; 2 – part of Richard III mine; 3 – part of Richard II mine – current RAW repository; 4 – part of Richard I mine

polohy je až k povrchu tvořeno šedými slínovci v celkem monotónním vývoji. Podloží je tvořeno rovněž turonskými slínovci, které jsou však výrazně jílovitější a místy přecházejí až do vápnitých jílovců. Vápencová poloha je tvořena několika vrstvami masivního vápence o přibližně metrové mocnosti oddělené drobnými vrstvičkami slínovce.

První zmínky o těžbě pod Bídnicí se objevují okolo roku 1860. Dnes se lze jen dohadovat, jak probíhala těžba v počátcích. Některé informace o pozdější těžbě se objevují v knize Lomy, lomařství I. (Hájek, 1925). Prvotní těžba probíhala na povrchu Bídnicí povrchoвым lomovým způsobem, teprve až když skrývka dosáhla značné mocnosti, začalo se s hloubením pod převisy podepřenými ochrannými pilíři a postupným ražením chodeb a komor. Podle analogie s jinými lokalitami se předpokládá, že byl vápenec zpočátku z čelby ručně vylamován. Pro tento účel byl do měkkých podložních jílovců a slínovců vytvořen zářez a do tohoto vybraného prostoru byl podstatně tvrdší vápenec sbíjen. Teprve v pozdějších dobách byly jednotlivé desky vápence odspodu navrtávány a pomocí černého střelného prachu sestřelovány. Používaly se ruční pákové vrtačky se šroubovou vrtanou tyčí zakončenou vrtákem zvaným „rybina“. Vrtáno bylo do hloubky max. 1 m. Zpočátku byl natěžený materiál vyvážen pomocí dřevěných ručních koleček, později se v dole objevily stáje pro koně, kteří vyváželi narubaný materiál ke kruhovým pecím umístěným před dolem.

Pod Bídnicí se těžil vápenec hlubinným způsobem na třech místech. Nejseverněji těžila vápenec malá firma „Kalkbruch Lopata“. Střední část byla těžena firmou „Kalkbruch Josef

surroundings of the town of Teplice. Cretaceous clayey lime with the content of 65–90% of  $\text{CaCO}_3$  was extracted in this area by underground mining in several locations. The largest “giant” of underground extraction was the mine under Bídnicí hill. The Litoměřice deposit is formed by a layer of clayey limestone containing 70–85% of  $\text{CaCO}_3$ , which is ca 3km long and ca 1.5km wide. The layer of the clayey limestone being extracted is bedded sub-horizontally and is 3–5m thick. The overburden of this limestone layer is formed up to the surface by generally monotone evolution grey marlstone. The underlying bed is formed by Turonian marlstone, which is however significantly more clayey and locally passes even to calcareous mudstone. The limestone layer is formed by several layers of massive limestone about one metre thick, which are separated by thin layers of marlstone.

The first mentions of mining under Bídnicí hill appeared about 1860. Today it is only possible to guess on how mining proceeded in the beginning. Some information about the later mining is contained in the book Lomy, lomařství I. (Hájek, 1925). Initially, limestone was extracted on the surface of Bídnicí hill using the open cast mining system. It was only when the overburden reached significant height that miners started to excavate limestone under overhangs supported by protective pillars, and gradually excavate galleries and chambers. It is assumed by analogy with other localities that limestone was in the beginning broken out of the excavation face by hand. This was the reason why a cut was carried out into the



Höring“. Jižní a zároveň nejrozsáhlejší oblast těžby patřila akciové společnosti „Leitmeritzer Kalk und Ziegelwerke A. G.“, která tu těžila vápencem asi po 80 let, až do roku 1943. Těžba probíhala pilířovým způsobem v chodbách širokých 3–5 m a vysokých 2–3 m, jejichž bezpečnostní zajištění odpovídalo těmto malým rozměrům. Tyto tři oblasti těžby odpovídají pozdějšímu rozdělení stavby podzemní továrny na Richard I., Richard II. a Richard III.

V zimě 1943 po vyhlášení totální války se uskutečnila v Německu, ale i v okolních zemích, rozsáhlá pátrací akce s cílem objevit vhodná místa pro budování podzemních továren. A tak byly také objeveny vápencové doly u Litoměřic. Těžba byla okamžitě zastavena a na podzim roku 1943 se rozjíždí obrovský stavební projekt s krycím názvem „Richard“ (právě z této doby pochází současné pojmenování dolu a jeho částí). Ačkoli se v té době upravovaly pro podzemní výrobu i jiné prostory v českých zemích (jeskynní prostory v Moravském krasu, Českém krasu atd.), žádné nedosahovaly ani zlomkem takových rozměrů jako projekt „Richard“. Německé působení lze v kostce charakterizovat jako upravování a rozšiřování už dříve existujících chodeb, vybudování dopravních tras, položení inženýrských sítí a na povrchu vybudování rozsáhlé dopravní a obslužné infrastruktury. Do práce bylo nasazeno 1200 civilních zaměstnanců včetně lidí tzv. totálně nasazených. Dále zde pracovalo několik tisíc vězňů (asi 4000 denně), a to jak z blízkého koncentračního tábora v Terezíně (asi 4 km jihovýchodně odtud), tak i vězňové z menšího litoměřického koncentračního tábora, pobočky koncentračního tábora Flossenbürg. Koncentračním táborem Litoměřice prošlo asi 18 000 vězňů určených na výstavbu továrny. Je odhadováno, že nejméně 4500 vězňů se nikdy nedočkal konce války.

## ČÁST RICHARD II. – DNEŠNÍ ÚLOŽIŠTĚ RAO

Označení Richard II. dnes nese střední část dolového pole těžená původně firmou „Kalkbruch Josef Höring“. Tato část podzemí byla v letech 1943–1945 upravována stejně jako části Richard I. a Richard III. Pod krycí firmou Kalkspat zde měla být rozběhnuta výroba elektrotechnické pobočky berlínské drátovny „Osram“. Pro nedostatek materiálu a pracovních sil byl termín dokončení neustále oddalován. Firma „Osram“ nicméně do poslední chvíle pokračovala s dovozem strojního zařízení. Zvláštní pozornost byla věnována úpravě budoucích hal v podzemí. Některé haly měly být obloženy impregnovaným dřevem a také vrstva betonu na podlahách měla být pokryta dalšími ochrannými hmotami. V dubnu 1945 byly některé haly v Richardu II. dokončeny, ale firma „Osram“ zde výrobu nikdy nezahájila.

Na počátku 60. let byla tato lokalita vytipována jako úložiště radioaktivních odpadů o nízké aktivitě. Nikdy nepoužívané podzemní tovární haly v různém stadiu dokončení se k tomu vyloženě nabízely. Velmi příznivá zde byla i geologická situace. V nadloží i podloží důlních chodeb se nacházejí stabilní nepropustné vrstvy slínovců. Na základě projektu, který vypracoval "Chemoprojekt", započaly „Báňské stavby Most“ s úpravou podzemních prostor pro provoz budoucího úložiště. Nejprve byl vyzmáhán zavalený hlavní vchod, který byl několik let po válce z bezpečnostních důvodů sestřelen, a vybudováno zajištění hlavní dopravní komunikace. Zajištění (vyztužení) budoucího úložiště vycházelo převážně ze systému použitého ve válečném období. Zajištění chodeb v dnešním úložišti se tak skládá z železobetonových rámců, doplněných v přístropi železobetonovými pažinami a zakládkou (obr. 2).

softer underlying mudstone and marlstone and the significantly harder limestone was hewed down to the space of the cut. It was only in later times that holes were drilled into individual slabs from the bottom for blasting the slabs down using black gunpowder. Hand drills and screw drill rods ending with bits called “dovetail” were used. The drill holes were 1m deep as the maximum. In the beginning, the excavated material was hauled using wooden hand-held barrows. Stables for horses moving the excavated material to circular furnaces located in front of the mines appeared later inside the mines.

Under Bídnice hill, limestone was extracted underground at three locations. Small “Kalkbruch – Lopata” firm extracted limestone at the northernmost location. The middle part was mined by “Kalkbruch Josef Höring” firm. The southern mining area, which was the largest one, belonged to “Leitmeritzer Kalk und Ziegelwerke A. G.” firm, which had been extracting limestone in this location for about 80 years, until 1943. The breast-and-pillar method was applied. The galleries were 3–5m wide and 2–3m high. The excavation safety system corresponded to the small dimensions. The above-mentioned three mining areas correspond to the later division of the construction of the underground factory into “Richard I, Richard II and Richard III” mines.

In the winter of 1943, after the declaration of total war, an extensive search was organised in Germany and neighbouring countries with the aim of finding locations suitable for developing underground factories. The limestone mines at Litoměřice were found during that event. Mining activities were immediately terminated and, in the autumn of 1943, a huge construction project started under the code name “Richard” (this is just the time during which the current name of the mine and its parts originated). Even though other spaces in Czech lands were being adapted for the underground production (cave spaces in the Moravian Karst, Czech Karst etc.), none of them reached a fraction of the sizes of the “Richard” project. The German activities can be in a nutshell characterised as adapting and expanding the previously existing galleries, building transport routes, laying utility networks and, on the surface, developing an extensive transport and service infrastructure. About 1200 civil employees, including the so-called totally deployed persons, were put to work. In addition, several thousands of prisoners (about 4000 a day) from the near concentration camp existing in the town of Terezín (about 4km south-east of the construction site) and prisoners from a smaller Litoměřice concentration camp (a branch of the Flossenbürg concentration camp) worked there. About 18,000 prisoners assigned to build the factory passed through the Litoměřice concentration camp. It is estimated that at least 4500 prisoners had never seen the end of the war.

## PART RICHARD II – CURRENT RAW REPOSITORY

The designation Richard II today belongs to the middle part of the mining area, which was originally administered by “Kalkbruch Josef Höring”. In 1943–1945, this part of the underground was subjected to the same adaptation as parts Richard I and Richard III. The intention was that the production of “Osram”, an electrotechnical branch of the Berlin-based wire works, would start there under the cover firm name Kalkspat. Due to the lack of material and work forces, the completion deadline was permanently postponed. Nevertheless, “Osram” firm continued until the last moment to transport mechanical equipment to the site. Special attention was





Obr. 2 Pohled do provozovaného úložiště RAO Richard a ukládacích komor  
Fig. 2 A view down the operating Richard RAW repository and disposal chambers

Na některých místech však již byla hornina jak ve stropěch, tak v bocích mezi rámy stabilizována modernějším systémem zajištění (kombinace výztužného pletiva, injektovaných svorníků a stříkaného betonu). Ve většině prostor byly zhotoveny znovu betonové podlahy včetně drenážního systému. Zavalený komín v zadní části dolu Richard II. se nepodařilo vyčistit, proto byl pro větrání úložiště realizován větrací vrt.

V neprovozovaných a nezajištěných prostorách části Richard II., které sousedí s úložištěm, lze vidět stavební úpravy z válečného období v různém stadiu rozpracovanosti. Na počvách leží po nedokončených stavebních úpravách značné množství neodklizené horniny. V drtivé většině se nejedná o horninu napadanou vlivem přirozeného stárnutí důlního díla, nýbrž o horninu sestřelenou nebo opadanou těsně po hornických přibírkách, kterými se chodby rozšiřovaly pro potřeby podzemní továrny (obr. 3).

Tyto práce vykonávaly za války totálně nasazené hornické čety z Mostecka, ale i z Německa. Na několika místech části dolu Richard II. se dochovaly původní chodby z předválečného období (těžba fy Kalkbruch Josef Höring) o malém průřezu. Tato část dolového pole byla přístupná tzv. vchodem F, což je i dnes hlavní přístupová cesta do provozovaného úložiště.

## STRUČNÝ POPIS ŘEŠENÍ

Hlavní dopravní chodba v prostoru sařin s odbočujícími komorami bude postupně od svého západního konce opatřena



Obr. 3 Pohled do starých rozšířených a nezajištěných chodeb dolu Richard II.  
Fig. 3 A view down the old expanded and unsupported galleries of Richard II mine

paid to the design of the future underground halls. Some halls were to be clad with impregnated wood and also the concrete layer on the floors was to be covered with additional protective materials. In April 1945, some halls in Richard II were completed; nevertheless, “Osram” had never started the production there.

At the beginning of the 1960s, this locality was tipped as a repository of low-level radioactive waste. The never used underground factory halls in the low stage of completion downright offered themselves for that purpose. Even the geological situation was very favourable in that location. Stable impermeable marlstone layers are both in the overburden and the basement of the mine galleries. “Báňské stavby Most” company started to modify the underground spaces for the operation of the future repository on the basis of a design supplied by the “Chemoprojekt” designing office. In the beginning, the collapsed main entrance, which was blasted down several years after the war for safety reasons, was vacated and excavation support was installed along the main transport route. The excavation support for the future repository was based mainly on the system used during the war. The excavation support in the galleries in the current repository consists of reinforced concrete frames supplemented in the top heading by reinforced concrete lagging slabs and packing (see Fig. 2).

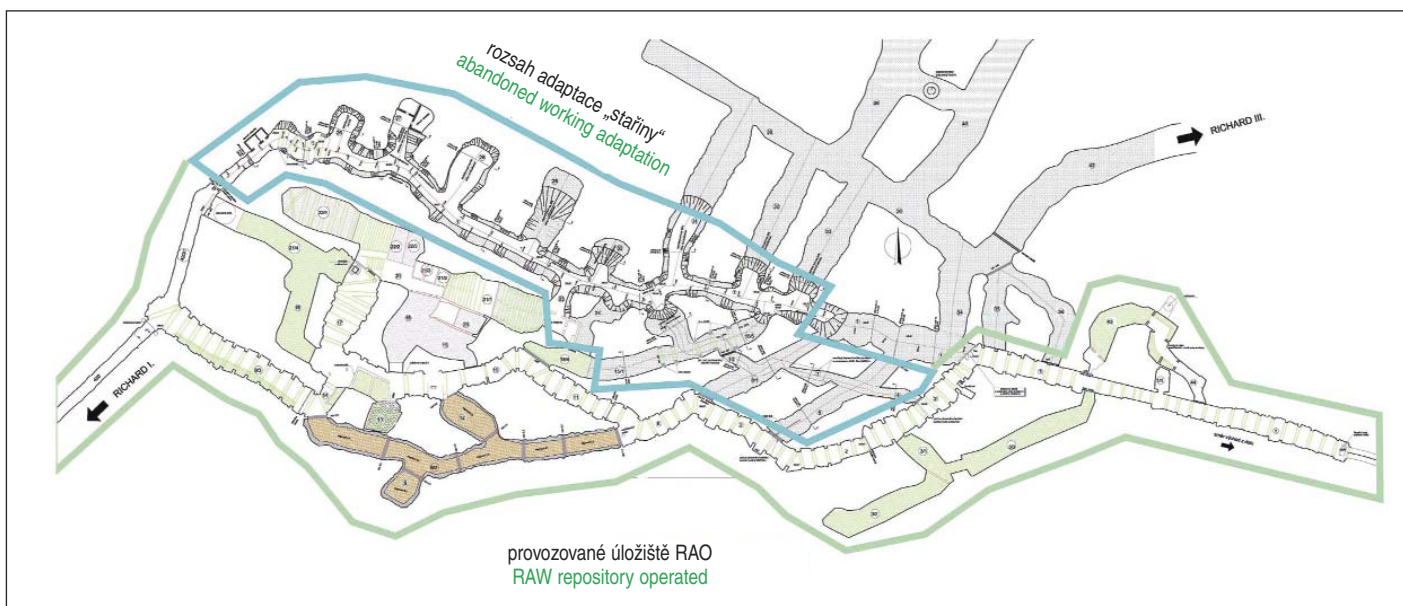
In some places the rock in the roofs and side walls between the frames was stabilised using a more modern support system (combination of welded mesh, grouted rock bolts and sprayed concrete). Concrete floors including a drainage system were again carried out in the majority of the spaces. Attempts to clean up the collapsed shaft in the rear part of the Richard II mine failed. For that reason a ventilation borehole was carried out for the repository ventilation.

In the unused and unsupported excavation spaces of the Richard II part adjoining the repository, it is possible to see construction work from the war period found at various stages of completion. Significant amount of rubble lies on the bottoms after unfinished construction work. In the overwhelming majority the rubble did not fall down due to natural ageing of the mine working. It is the rock blasted down or flaked off just after the ripping carried out for the needs of the underground factory (see Fig. 3).

This work was carried out during the war by totally deployed mining crews from the area of the town of Most, but also from Germany. Original small-profile galleries from the pre-war period were preserved in several places of the Richard II mine (mining by Kalkbruch Josef Höring). This part of the mining area was accessible through Entrance F, which is today the main access route to the operating repository.

## BRIEF DESIGN DESCRIPTION

The main underground haulage passage in the area of old workings with branching chambers will be provided in steps from its western end with continual excavation support (rock bolts and sprayed concrete reinforced with welded mesh). The support will be installed in several predefined sections into which the particular spaces of the galleries and chambers are divided. The excavation support consisting of rock bolts and sprayed concrete will be always installed throughout the section length, including low protective walls on the sides protecting the basement marlstone against weathering. After one section is finished, the work can commence on the following section, from which material will be shifted to the spaces of the already finished sections. The length of a technology step of



Obr. 4 Rozsah současné adaptace, situace části dolu Richard II.

Fig. 4 Extent of the current adaptation, layout of a part of Richard II mine

kontinuálním zajištěním výrubu (svorníky a stříkaný beton vyztužený sítěmi). Zajišťovací práce budou prováděny v několika vymezených sekcích, do kterých jsou předmětné prostory chodeb a komor rozdělány. Práce na zajištění výrubu svorníky a stříkaným betonem budou vždy kompletně provedeny v celé sekci včetně bočních ochranných betonových zídek proti zvětrávání podložního slínovce. Po dokončení jedné sekce mohou být zahájeny práce na následné sekci, odkud bude materiál přesouván do prostor sekcí již dokončených. Délka technologického kroku zajišťování, který je projektem pro jednotlivé sekce předepsán, vychází z výsledků statických výpočtů a geotechnických podkladů (mechanika hornin, strukturní analýza) a bude v rozmezí 1,5–2,5 m. Postupně bude takto zajištěn celý předmětný prostor.

Stávající komory v prostoru stařin budou obtrhány tak, aby jejich profil splňoval požadavky na minimální průchozí profil. V zajištěných chodbách a komorách budou na některých místech vybudovány železobetonové rámy a přepážky. Přepážky jsou železobetonové stěny, které zcela oddělují prostor chodeb od prostoru nových ukládacích komor.

Po dokončení prací na zajištění výrubu a ostatních stavebních konstrukcích budou namontována silnoproudá a slaboproudá zařízení a zařízení měření a regulace (obr. 4).

## GEOLOGICKÁ STAVBA

Zájmové území je tvořeno křídovými sedimentárními horninami stáří cenoman – senon, které ve vzdálenějším okolí ojediněle prorážejí terciární vulkanické horniny. Úložiště RAO se nachází v poloze jílovitých vápenců spodní části svrchního turonu. Průměrná mocnost slínovců nadloží úložiště je cca 50–68 m a mocnost slínovců podloží úložiště je také cca 50 m. Podloží křídvy je tvořeno prekambričnými metamorfovanými horninami a permokarbonskými sedimenty. Kvarterní pokryv je tvořen jílovitými eluviálně deluviálními hlínami a lokálně sutěmi.

Celý důlní komplex je v současnosti suchý. Přítoky či průsaky po puklinách se v podzemí nevyskytují.

V prostoru posuzovaných důlních chodeb se vyskytují tři kvalitativně odlišné typy hornin. Rozložení jednotlivých horninových typů v současném průřezu dopravní chodby určené k sanaci je vyznačeno na obr. 5. Schematicky jsou vyznačeny

the installation of the support is prescribed by the design for individual sections. It is based on results of structural calculations and geotechnical source documents (rock mechanics, structural analysis) and will vary within a range of 1.5–2.5m. The entire space in question will be provided in steps with excavation support.

The existing chambers in the area of old workings will be scaled so that their profiles meet the requirements for the minimum pavement clearance profile. Reinforced concrete frames and partitions will be built in some places in the galleries and chambers where the excavation support has already been finished. The partitions are reinforced concrete walls completely separating the space of galleries from the space of new disposal chambers.

After the work on the excavation support and other structures is finished, heavy-current and weak-current equipment and instrumentation and control equipment will be installed (see Fig. 4).

## GEOLOGICAL STRUCTURE

The area of interest is formed by cretaceous sedimentary rock types of the Cenomanian – Senonian age, sporadically broken through by Tertiary volcanic rocks in the more distant surroundings. The RW repository is located in the layer of clayey limestone of the lower part of the Upper Turonian sequence. The average thickness of the marlstone forming the repository overburden is ca 50–68m and the thickness of marlstone in the basement of the repository is also ca 50m. The base of the Cretaceous layer is formed by Pre-Cambrian metamorphosed rock types and Permian-Carboniferous sediments. The Quaternary cover is formed by clayey eluvial-deluvial loams and local rubble.

The entire mining complex is currently dry. Inflows or seepage along the fissures are not encountered in the underground.

There are three qualitatively different rock types in the area of the mine galleries being assessed. The distribution of individual rock types within the current cross-section through an underground haulage passage intended for rehabilitation is shown in Fig. 5. Even the basic existing systems of discontinuity surfaces conditioning the stability of the excavated opening are schematically marked in it. They are formed by sub-horizontal bedding planes and sub-vertical fissure systems.



i základní přítomné systémy ploch nespojitosti, které podmiňují stabilitu otevřeného výlomu. Jedná se o subhorizontální vrstevní plochy a subvertikální puklinové systémy.

Pro zjištění základních geotechnických vlastností prostředí, ve kterém se nachází současné úložiště, byl proveden ucelený soubor laboratorních zkoušek mechaniky hornin. Pro tento účel byly v podzemí odebrány velké kusy horniny, z nichž byly v laboratoři vyřezány vzorky pro jednotlivé zkoušky. V tabulce 1 jsou uvedeny hodnoty pevnosti a přetvárnosti horninového masivu odvozené z laboratorních zkoušek.

### VLIV STRUKTURNÍ STAVBY NA STABILITU VÝRUBU

Stabilita výrubu ve skalních horninách v menších hloubkách pod povrchem je podmíněna výhradně systémy přirozených odlučných ploch, které jsou místy výrazného oslabení pevnosti skalního masivu. V prostoru sanované dopravní chodby 1 a přilehlých rozrážek se nejčastěji vyskytují tři hlavní systémy ploch odlučnosti.

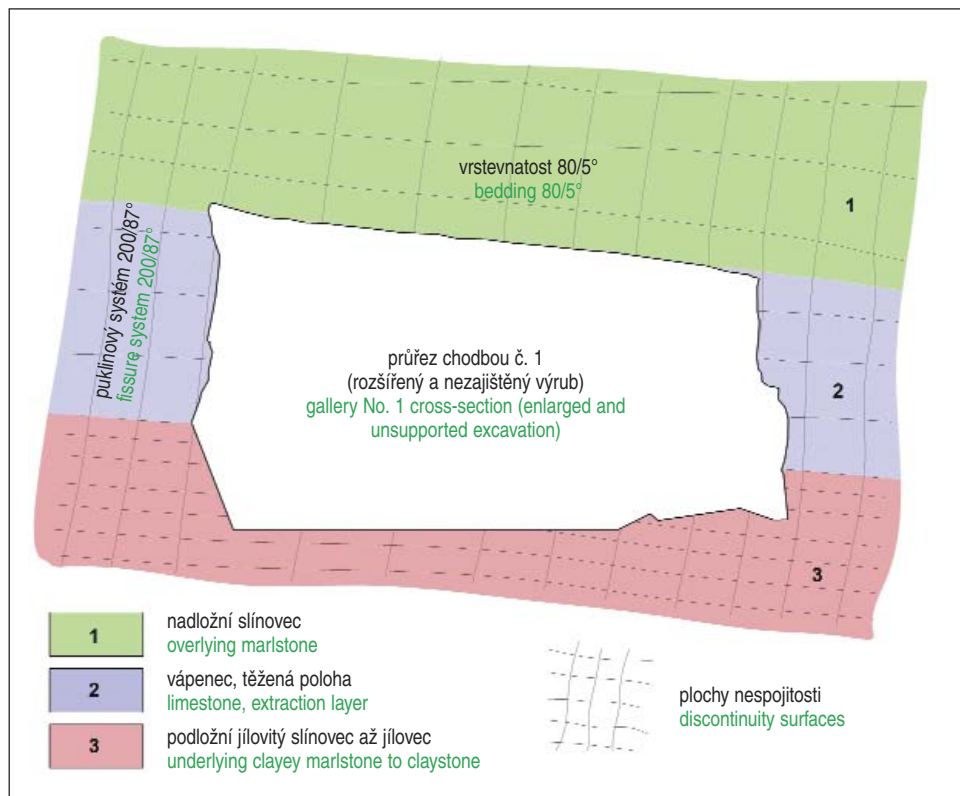
Hlavním dominantním systémem je vrstevnatost, která ve sklonu 5–8° upadá k severovýchodu, a 2 nejčastější puklinové systémy. Jedná se o tyto generelní směry sklonů diskontinuit: 80/5° – vrstevnatost (četnost 0,3–0,8 m), 200/87° – puklinový systém (četnost 0,10–0,50 m), 280/70° – puklinový systém (četnost 0,20–0,60 m).

Tyto odlučné plochy vymezují ve skalním masivu pevné bloky, které se mohou dostat do pohybu do volného prostoru účinkem vlastní tíhy, případně dalších sil.

Primárně nejkritičtější bloky jsou rohy stropní klenby nezajištěného a rozšířeného výrubu a dále některé části mezichodbových pilířů, jak je vidět na obr. 6.

Tab. 1 Geotechnické parametry horninového masivu

parametr		1. slínovec nadložní	2. vápenec ložisková poloha	3. slínovec podložní
pevnost v prostém tlaku	$\sigma_c$ (MPa)	9 (6–12)	19 (17–22)	10 (5–15)
modul přetvárnosti	$E_{def}$ (MPa)	1 180 (1 106–1 290)	6 220 (5 460–6 654)	1 990 (1 710–2 248)
modul pružnosti	E (MPa)	1 600 (1 520–1 800)	7 600 (6 850–8 065)	2 800 (2 450–3 070)
Poissonovo číslo	$\nu$ (1)	0,20	0,18	0,20
úhel vnitřního tření	$\varphi$ (°)	31°	32°	31°
počáteční pevnost (smyková pevnost při nulovém normálovém namáhání)	$\tau_0$ (MPa)	1,3	2,7	1,1



Obr. 5 Geologická stavba v prostoru adaptovaných důlních chodeb  
Fig. 5 Geologic structure in the area of adapted mine galleries

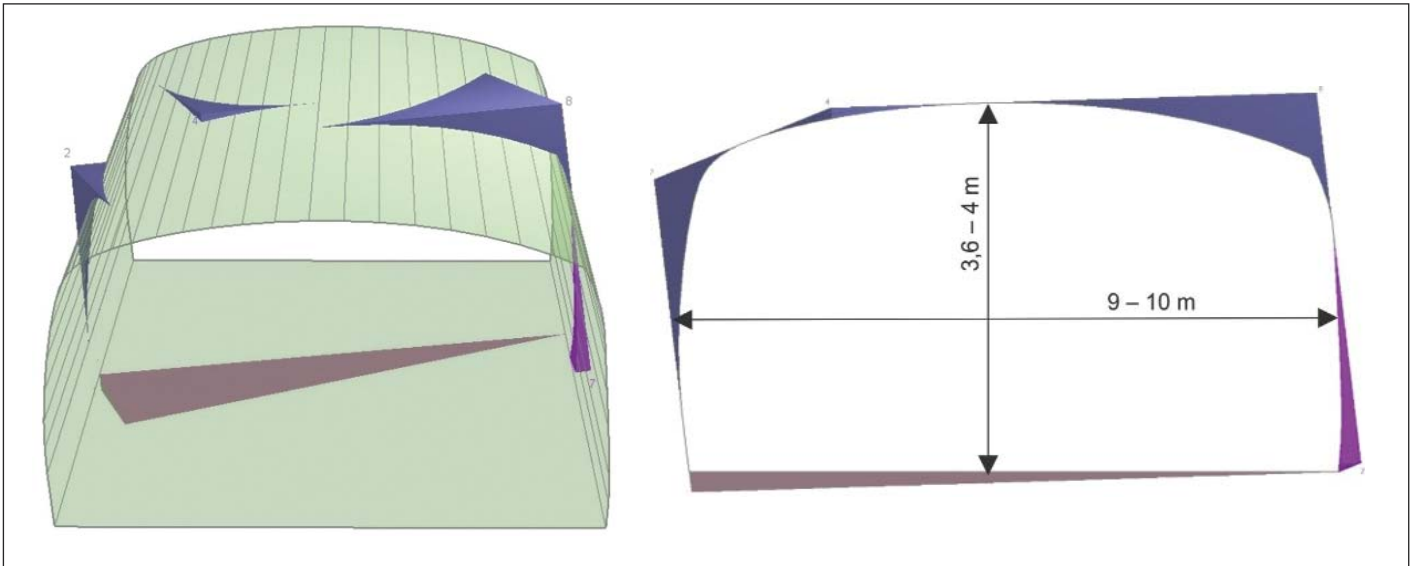
A comprehensive set of laboratory rock mechanics tests was conducted with the objective to determine basic geotechnical properties of the environment in which the current repository is located. Large pieces of rock were taken in the underground for that purpose. Specimens were cut out from them in the laboratory for individual testing. The values of rock mass strength and deformation derived from the laboratory tests are presented in the table below.

### INFLUENCE OF ROCK STRUCTURE ON EXCAVATION STABILITY

The stability of excavation in hard rock at smaller depths under the surface is solely conditioned by systems of natural

Table 1 Geotechnical parameters of the rock mass

parameter		1. overlying marlstone	2. limestone in deposit location	3. underlying marlstone
unconfined compressive strength	$\sigma_c$ (MPa)	9 (6–12)	19 (17–22)	10 (5–15)
modulus of deformation	$E_{def}$ (MPa)	1 180 (1 106–1 290)	6 220 (5 460–6 654)	1 990 (1 710–2 248)
modulus of elasticity	E (MPa)	1 600 (1 520–1 800)	7 600 (6 850–8 065)	2 800 (2 450–3 070)
Poisson's ratio	$\nu$ (1)	0.20	0.18	0.20
angle of internal friction	$\varphi$ (°)	31°	32°	31°
initial strength (shear strength at zero normal loading)	$\tau_0$ (MPa)	1.3	2.7	1.1



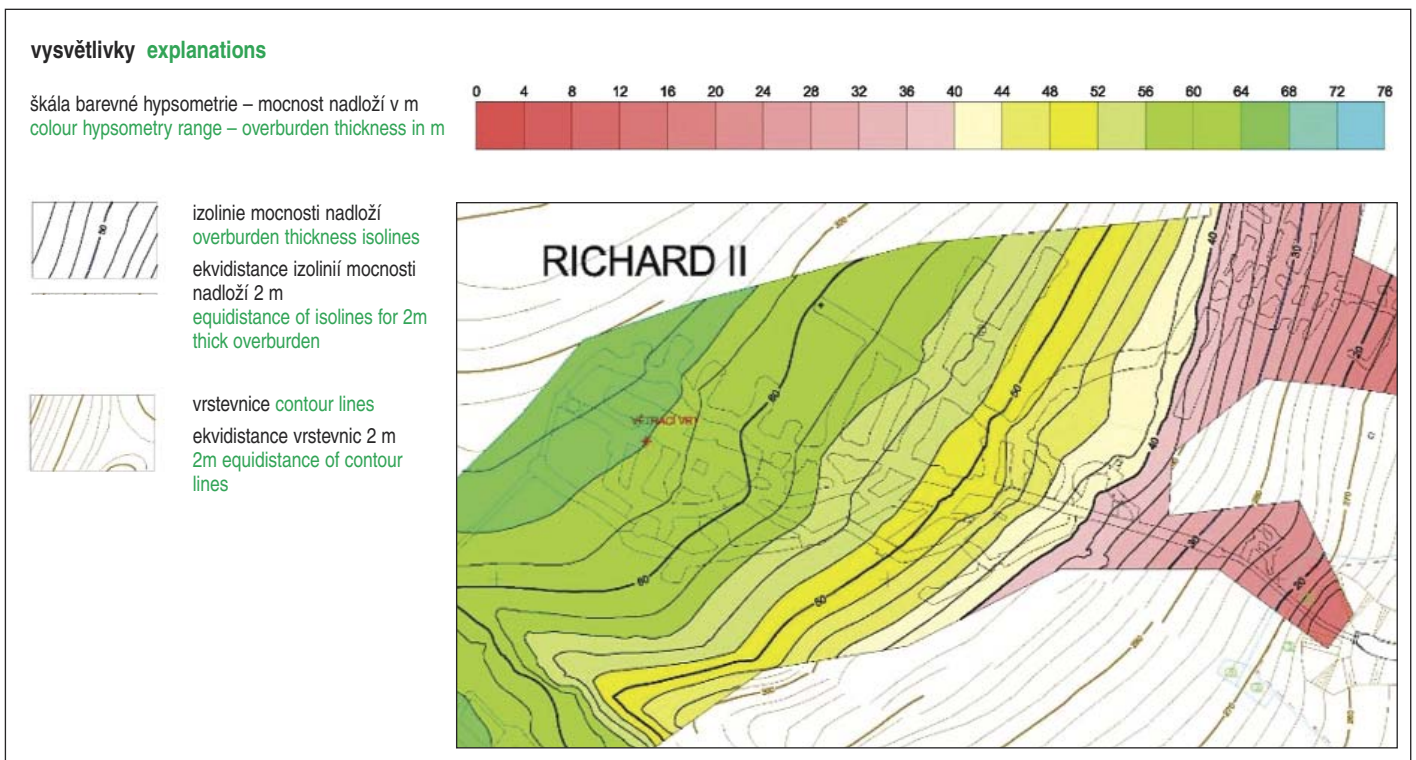
Obr. 6 Strukturální analýza, vymezení kritických bloků  
Fig. 6 Structural analysis, delimitation of critical blocks

Po opadu zbytků vápencové lavice je na mnoha místech strop rozšířeného výrubu tvořen subhorizontální kontaktní vrstevní plochou s nadložními slínovci. V prostředí sedimentárních hornin s deskovitou odlučností je pak strop tvořen deskami nadložních slínovců. Při značném rozpětí nezajištěného výrubu (šířka až 12 m) a četnosti subvertikálních diskontinuit 0,5–2 m pak dochází na některých místech k prolomení stropní slínovcové desky a k tendenci zarovnat strop do přirozené horninové klenby. Hornina v zóně odlehčení pod přirozenou horninovou klenbou drží ve stěnách převážně vlivem soudržnosti, kterou představují smykové parametry na plochách nespojitosti. Desky horniny uvolňující se ze stropu mají mocnost 0,5–2 m. Výška odlehčené zóny při šířce výrubu 12 m může dosáhnout až 5 m. Nad touto zónou není již hornina významně ovlivněná otevřeným výrubem a strukturální

joint surfaces, which are the locations of significant reduction of the rock mass strength. Three main systems of joint surfaces most frequently exist in the space of gallery No. 1 and the adjacent gallery stubs being rehabilitated. The main dominating system is represented by the bedding descending north-east at the gradient of 5–8° and 2 most frequent fissure systems. There are the following general trends/dips: 80/5° – bedding (frequency 0.3–0.8 m), 200/87° – fissure system (frequency 0.10–0.50m) and 280/70° – fissure system (frequency 0.20–0.60 m).

Those joint surfaces delimit compact blocks in the rock mass which can get moving into the free space due to their own weight or other forces.

Primarily most critical are the corners (rock wedges) above the sides of the vault of the unsupported and expanded excavation



Obr. 7 Izolinie mocnosti nadloží nad zájmovou částí podzemí  
Fig. 7 Isolines for the overburden thickness above the underground part of interest





Obr. 8 Pohled do chodby č. 32 (současný stav)  
Fig. 8 A view down gallery No. 32 (current conditions)

nestabilita se zde již neprojevuje, neboť hornina je sevřena původní napjatostí.

### MOCNOST NADLOŽÍ

Na obr. 7 jsou znázorněny barevně izolované mocnosti nadloží nad částí Richard II. vytvořené v rámci geodetického zaměření. Ve vysvětlivkách je uvedena škála barevné hypsometrie (mocnost nadloží v m). Ekvidistance izoliní mocnosti nadloží je 2 m.

Z tohoto geodetického grafického zpracování vyplývá, že mocnost nadloží nad prostorem, který je předmětem tohoto projektu, je 48–68 m.

### PODROBNÁ PASPORTIZACE STARÝCH DŮLNÍCH DĚL

Pro podrobné poznání stavu starých důlních děl v sousedství úložiště (určených k adaptaci) byla provedena jejich podrobná pasportizace a fotodokumentace.

Pasportizace se soustředila na změření rozměrů důlních chodeb, množství sutě a napadávek na počvách, šířku mezichodbových pilířů, na predispozici pro porušení vlivem strukturní stavby, průsaky, sklon počvy, betonové konstrukce z 2. sv. války a jiné údaje, které dávají celkový obraz o stavu důlního díla.

Na obr. 8 je pohled do jedné z rozrážek. Chodba byla rozšířena za 2. sv. války. Na počvě leží neodklizená suť. Boky důlního díla jsou tvořeny polohou vápence, subhorizontální strop



Obr. 9 Nedokončené zajištění v chodbě 15/5  
Fig. 9 Unfinished excavation support in gallery 15/5

and some parts of pillars between galleries, as shown in the pictures attached (see Fig. 6).

After the flaking of the remains of the limestone bank is finished, the roof of the expanded excavation is formed in many places by a sub-horizontal contact bedding plane with overlying marlstone. The roof in the environment formed by sedimentary rock types with tabular jointing is formed by plates of overlying marlstone. At the significant span of the unsupported excavation (the width up to 12m) and the frequency of sub-vertical discontinuities of 0.5–2m, the marlstone roof plate occasionally falls down, with a tendency for the roof to assume the contour of the natural rock arch. The rock in the zone of relaxation under the natural rock arch is kept in side walls mainly due to cohesion, which is given by the shear parameters of discontinuity surfaces. The rock tables being released from the roof are 0.5–2m thick. The height of the zone of relaxation at the excavation width of 12m can reach up to 5m. Above this zone, rock is no more significantly influenced by the excavated opening and the structural instability no more manifests itself here because the rock is squeezed by the original state of stress.

### OVERBURDEN THICKNESS

Fig. 7 presents colour isolines for the thickness of the overburden above a part of Richard II, which were created within the framework of topographical survey. The colour hypsometry range (overburden thickness in m) is presented in explanatory notes. The equidistance of isolines for the overburden thickness is 2m.

It follows from this graphic processing that the thickness of the overburden above the space dealt with by this design is 48–68m.

### DETAILED CONDITION SURVEY OF OLD MINE WORKINGS

Detailed condition survey and photodocumentation was conducted for the purpose of obtaining detailed knowledge of the condition of old mine workings in the neighbourhood of the repository (intended for adaptation).

The condition survey was concentrated on measuring the dimensions of mine galleries, the amount of rubble and materials fallen on the bottoms, the width of pillars between galleries, the predisposition towards failure due to the rock mass structure, seepage, the gradient of the bottom, concrete structures from World War II and other data providing the overall picture of the mine working condition.

A view inside one of the gallery side stubs is presented in Fig. 8. The gallery was expanded during WWII. Unremoved rubble lies at the bottom. The side walls of the mine working are formed by a layer of limestone; the sub-horizontal roof is formed by a contact bedding plane between limestone and overlying marlstone.

Fig. 9 shows an incomplete reinforced concrete frame from 1945, with a geologically conditioned overbreak developed above it. Rock released from side walls and the roof lies at the bottom.

Partially unstripped reinforced concrete frames from 1945 can be seen in Fig. 10. The depth of cutting into the basement clayey marlstone within the framework of the expansion work can be seen in the left part of the picture. The clayey marlstone is exposed here up to the height of 1.5m. It is subject to very rapid weathering, volumetric changes and quarrying.



Obr. 10 Dopravní chodba č. 1 směrem k úložišti RAW

Fig. 10 Underground haulage passage No. 1 in the direction of the RAW repository

je tvořen kontaktní vrstevní plochou mezi vápencí a nadložními slínovci.

Na obr. 9 je nedokončený železobetonový rám z roku 1945, nad nímž se vytvořil značný geologicky podmíněný nadvým. Na počvě leží hornina uvolněná ze stěn a stropů.

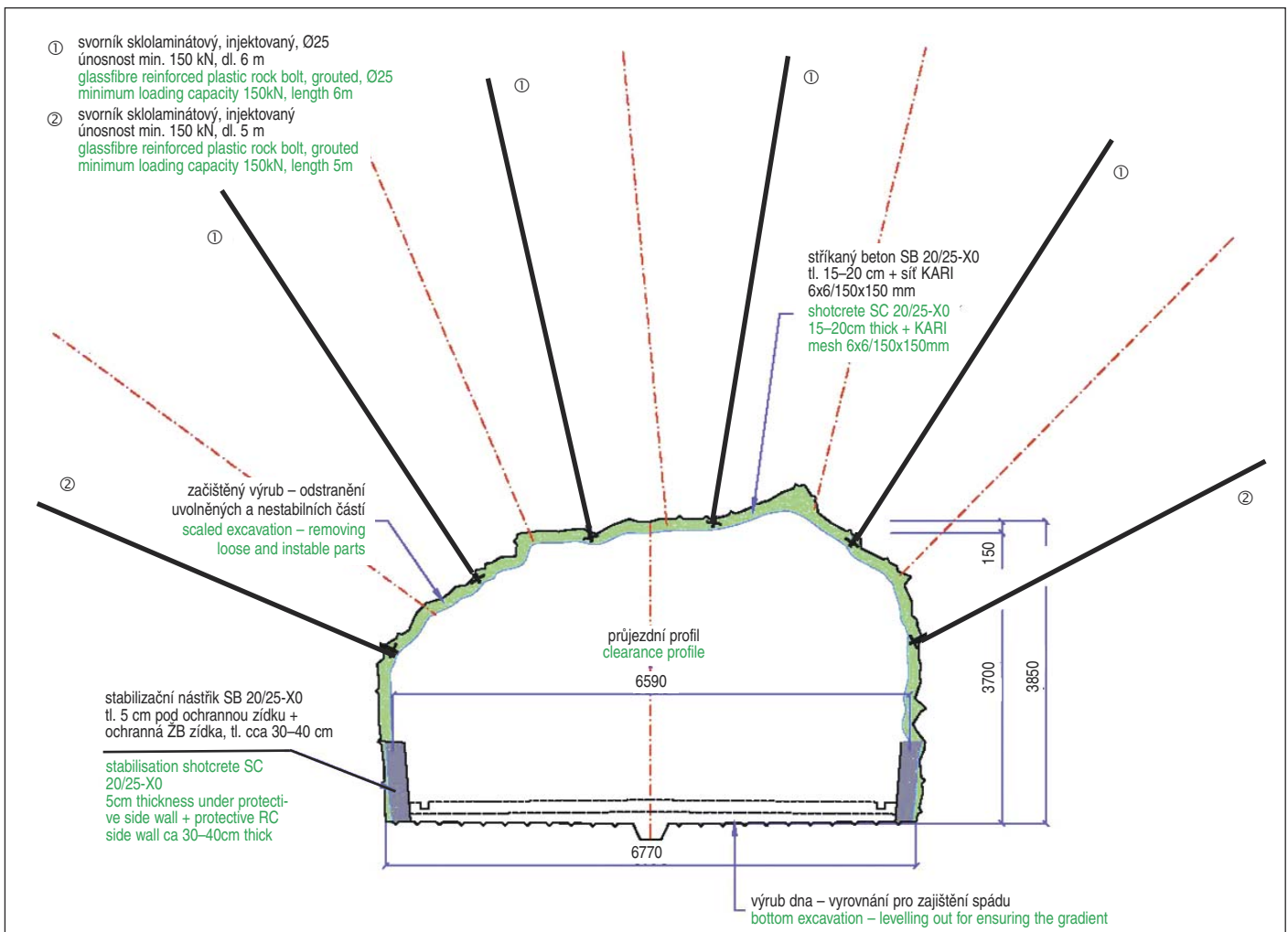
Na obr. 10 jsou vidět ještě částečně neodbedněné železobetonové rámy z roku 1945. V levé části snímku je patrné, k jakému zahloubení do podložních jílovitých slínovců zde v rámci rozšiřovacích prací došlo. Tyto jílovité slínovce jsou

## CONSTRUCTION PROCEDURE AND TECHNOLOGY

The basic work steps can be summed up in the following points:

- ensuring safety of work in chambers;
- removing loosened rock, old supporting structures and rubble;
- installing definitive excavation support;
- installing continual support of side walls and roofs of galleries and chambers;
- constructing support frames (in the locations of obstacles and intersections of disposal chambers with the underground haulage passage);
- carrying out floors in galleries and disposal chambers, including drainage.

The temporary excavation support will be realised to adhere to the conditions of safety at work. It will also be installed during the course of the work designed to ensure the final stability of excavated openings. Bigger and instable blocks of rock will be broken into smaller pieces. Additional excavation support will be installed concurrently with vacating and levelling the bottom required for the work and operation of mechanical equipment. The main stabilisation element will comprise 4–8m long groutable glassfibre plastic rock bolts/anchors and sprayed concrete reinforced with welded mesh, which will be installed to the extent that reliably ensures permanent stability and safety of work operations. Rubble will be removed in advance lengths adequate to the geotechnical situation and the



Obr. 11 Ukázka II. technologické třídy zajištění

Fig. 11 Example of excavation support class II



zde obnaženy na výšku až 1,5 m. Podléhají rychle zvětrání, objemovým změnám a rozpadají se na střípky.

## POSTUP A TECHNOLOGIE VÝSTAVBY

Základní pracovní kroky lze shrnout do těchto bodů:

- zajištění bezpečnosti práce v komorách;
- odstranění uvolněné horniny a starých podpěrných struktur a sutí;
- instalace definitivního vyztužení;
- zajištění stěn a stropu chodeb a komor kontinuální výztuží;
- vybudování podpěrných rámu – pasů (v místech přepážek a průniků ukládacích komor s transportní chodbou);
- zhotovení podlah v chodbách a ukládacích komorách včetně drenážního systému.

Dočasné zajištění výrubů bude realizováno pro dodržení podmínek bezpečnosti práce a rovněž během provádění definitivního zabezpečení stability výrubů. Větší a nestabilní bloky horniny budou rozbity na menší kusy. Současně s uvolňováním a zarovnávaním počvy pro práci a manipulaci s mechanizmy bude prováděno další zajištění výrubu. Hlavní stabilizační prvky budou tvořit sklolaminátové injektované svorníky/kotvy dl. 4–8 m a stříkaný beton vyztužený sítěmi v rozsahu, který spolehlivě zajistí trvalou stabilitu a bezpečnost prací. Odstranění sutí bude prováděno v délkových záběrech odpovídajících geotechnické situaci a technologickému schématu zajištění. V případě nebezpečných částí výrubu bude na vhodných místech provedeno podchycení vyklínovacími stojkami a provedeno zesílení nárožních pilířů stříkaným betonem vyztuženým sítěmi. Detaily jednotlivých dílčích pracovních operací bude nutno upřesňovat a odsouhlasit na pravidelných kontrolních poradách na stavbě podle skutečně zastížených podmínek v dole.

## SCHÉMATA ZAJIŠTĚNÍ VÝRUBU A OSTATNÍ KONSTRUKCE

Vzhledem k výskytu více typů důlních děl byla navržena geometrická schémata zajištění výrubu včetně jejich rozmístění v řešeném důlním prostoru. Schémata zajištění výrubu jsou navržena jako technologické třídy pro charakteristické průřezy

technology scheme of the support. In the case of dangerous parts of the excavation, underpinning will be carried out with the props tightened with wedges; corner pillars will be strengthened with sprayed concrete reinforced with welded mesh. Details of individual work operations will have to be refined and approved at regular control meetings on site according to actually encountered conditions in the mine.

## EXCAVATION SUPPORT SCHEMES AND OTHER STRUCTURES

With respect to the occurrence of several types of mine workings, geometric schemes of excavation support and their positions in the mine space being solved were designed. The schemes are designed as excavation support classes for characteristic cross-sections of the mine working. They take into account the dimensions of the mine working, the state of stress, the representation of rock types and rock structure (discontinuity surfaces) in particular locations. They differ in the positions, lengths, types of rock bolts/anchors and other structural elements forming the final shotcrete lining.

The following 3 excavation support classes were designed:

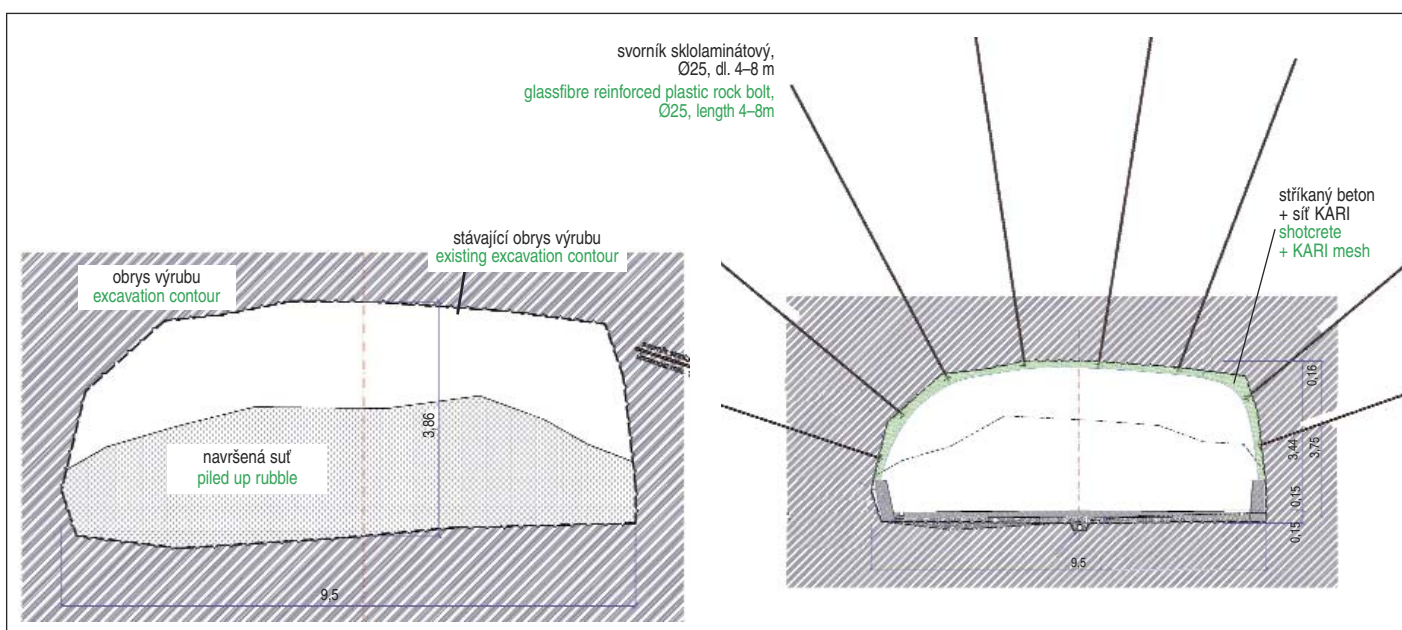
Excavation support class I – applicable to cross-sections of mine galleries or chambers ca 4–5m wide and 3–3.5m high;

Excavation support class II – applicable to cross-sections of mine galleries or chambers ca 5–7m wide and 3.5–4m high (see Fig. 11);

Excavation support class III – applicable to cross-sections of mine galleries or chambers ca 7–10m wide or wider and 4–4.5m high in the current condition

The following criteria were determined for each excavation support class:

- the length of the block to be provided with support;
- the method of moving the rubble and removing instable blocks from the excavation periphery;
- adjustment of the excavation in the area of the bottom to the prescribed geometry and level;
- application of stabilisation shotcrete;
- installation and anchoring of welded mesh around excavation circumference;



Obr. 12 Vyklizení a zajištění nejširších výrubů

Fig. 12 Emptying and supporting the widest excavated openings

důlního díla a zohledňují rozměry důlního díla, napětový stav, zastoupení horninových typů a strukturní stavbu (plochy nespojitosti) v daném místě. Liší se rozmístěním, délkou a typem kotevních výztuží a ostatních konstrukčních prvků, které tvoří definitivní ostění ze stříkaného betonu.

Navrženy byly 3 technologické třídy:

- I. technologická třída platí pro profil důlních chodeb nebo komor s šířkou cca 4–5 m a výškou 3–3,5 m;
- II. technologická třída platí pro profil důlních chodeb nebo komor s šířkou cca 5–7 m a výškou 3,5–4 m (obr. 11);
- III. technologická třída platí pro profil důlních chodeb nebo komor s šířkou cca 7–10 m, případně více a výškou 4–4,5 m ve stávajícím stavu.

Pro každou technologickou třídu byla stanovena tato kritéria:

- délka zajišťovaného pásu;
- způsob přemístění suti a začišťování výrubu od nestabilních bloků;
- úprava výrubu v prostoru podlahy do předepsaného tvaru a úrovně;
- stabilizační nástřik stříkaného betonu;
- montáž a ukotvení ocelových sítí po obvodu výrubu;
- vrtání, osazení a aktivace svorníků nejpozději o 1 záběr zpět;
- dostříkání betonu na plnou tloušťku 15–20 cm nejpozději o dva záběry zpět.

Na obr. 12 je zachycen stav v jednom z nejméně příznivých profilů důlního díla. Jedná se o chodbu původně menšího průřezu rozšířenou ve válečném období na komoru širokou cca 10–11 m a vysokou cca 4–4,5 m. Nezajištěný výrub se vlivem strukturní nestability dorovnal do obdélníkového průřezu. Levý obrázek je současný stav před sanací. Výška napaďavky a suti na počevě zabírá téměř polovinu průřezu důlního díla. Pravý obrázek zobrazuje budoucí stav – výrub je po celém obvodu opatřen kontinuálním zajištěním. Z důvodu velmi nepříznivého tvaru bude nutné prokotvit vrstvy sedimentární horniny svorníky o délce až 8 m.

Vznik geologicky podmíněného nadvýrubu se v zájmovém prostoru předpokládá především vlivem strukturní stavby. Během začišťování výrubu (obtrhání) či rozšiřovacích prací může vlivem strukturní nestability dojít k vypadnutí bloků horniny ze stropů a stěn výrubu. Pak bude výrub stabilizován dodatečným kotvením a stabilizačními nástřiky betonem, nebo speciální konsolidační směsí, případně se postupným stříkáním betonu provede betonová plomba.

Na některých místech bude zvýšena trvalá stabilita transportních chodeb a ukládacích komor pomocí podpěrných železobetonových ráků, resp. klenebních pasů. Budou vybudovány v místech nároží průniku ukládacích komor do dopravní chodby 1 a v místě pozdějších železobetonových přepážek mezi komorami s RAO, kde budou tvořit rám pro tyto mezistěny. Tloušťka ráků bude cca 0,6–1 m. Protože přepážky musí být schopné převzít zatížení horninou z nadložních vrstev, musí být vybudování podpěrných ráků a spodní vrstvy provedeno tak, aby podpěrné ráky byly v přímém kontaktu s nadložím i podložním slínovcem. Po obvodu ráku bude do masivu provedena mělká „nika“ cca 30 cm, pro zavázání ráku do horniny. Zavázání ráku ve stěnách a stropě bude provedeno prostřednictvím kotevních trnů do horniny z armovací výztuže. Obnažené spodní části chodeb tvořené jílovitým slínovcem se sklonem k objemovým změnám a podléhající při kontaktu s vodou nebo vzdušnou vlhkostí

- drilling for, insertion and activation of rock bolts and their number at least one excavation round back;
- completion of the application of shotcrete to reach full thickness of 15–20cm, at the latest two excavation rounds back.

The Fig. 12 shows the condition in one of the least favourable sections through the mine working. It is a gallery with the originally smaller cross-section, which was expanded during the war period to a chamber ca 10–11m wide and ca 4–4.5m high. The unsupported excavation cross-section changed into a rectangle due to structural instability. The left picture shows the current condition before rehabilitation. The thickness of the layer of materials fallen on the bottom and rubble occupies nearly half of the mine working cross-section. The other picture shows the future condition – the excavated opening is provided with continual support throughout its circumference. Because of the unfavourable geometry it will be necessary to stabilise the layers of sedimentary rock by up to 8m long rock bolts.

It is expected that geologically conditioned overbreaks will originate in the space of interest first of all due to the rock mass structure. During the course of the excavation scaling or the expansion of excavation, rock blocks can fall from the excavation roof and side walls due to structural instability. In such a case, the excavation will be stabilised by additional anchoring and stabilisation shotcrete, or by a special consolidation mixture, or the cavity will be filled in steps with shotcrete.

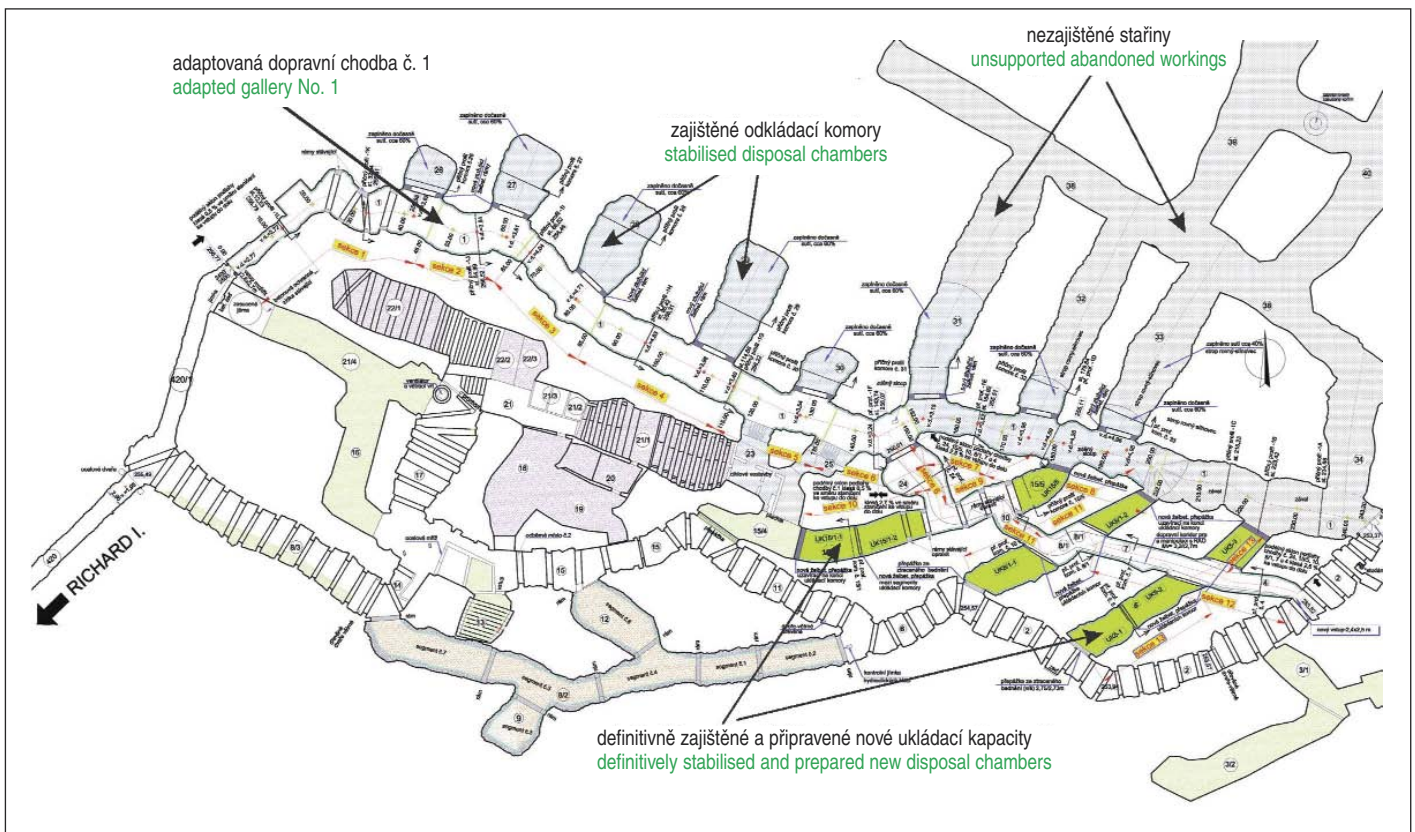
In some places the permanent stability of the haulage passages and disposal chambers will be increased by reinforced concrete supporting frames or, as the case may be, narrow vaults. They will be constructed in the locations of corners at the penetration of disposal chambers into underground haulage passage No. 1 and in the locations of later reinforced concrete partitions between chambers containing the RAW, where they will form a frame for intermediate walls. The frames will be ca 0.6–1m thick. Because of the fact that the partitions have to be capable of taking over the load exerted by the rock from the overlying layers, the supporting frames and the lower layer have to be in direct contact with the overburden as well as the underlying marlstone. A shallow niche, ca 30cm deep, along the frame circumference will be carried out for keying the frame into rock mass. The frame will be keyed into the side walls and the roof with concrete reinforcement anchoring bars stuck into the rock mass. The exposed lower parts of the galleries formed by clayey marlstone, tending to volumetric changes, rapidly degrading upon contact with water or airborne humidity, will be covered with a ca 30cm thick concrete reception wall

The bottom of the system of galleries and chambers will be levelled and covered with a gravel layer so that the safety at work is ensured. The bottom will subsequently be covered with a levelling concrete layer. A trench will be cut in the middle of the bottom of the chambers and tubes of the future drainage will be embedded in concrete cast into the trench.

## WORK PROCEDURE IN SECTIONS

The procedure of work during the realisation of this project is determined first of all by the necessity for depositing the material removed from the galleries and chambers being provided with support in the underground space of the mine. The space in question was divided into several work sections with similar volumes of work, where the process of the installation





Obr. 13 Situace navrženého stavu v části Richard II.  
Fig. 13 Layout of the designed state in the Richard II part

rychlé degradaci budou opatřeny betonovou přízdívkou o tloušťce cca 30 cm.

Pro přístup a zajištění bezpečnosti práce bude dno systému chodeb a komor vyrovnáno a zakryto vrstvou šterku. Následně bude dno pokryto vyrovnávací vrstvou betonu. Uprostřed dna komor budou do prohloubené rýhy zabetonována trubní vedení průběžné budoucí drenáže.

## POSTUP PRACÍ V SEKČÍCH

Postup prací při realizaci tohoto projektu je určován především nutností vyklizený materiál ze zajišťovaných chodeb a komor dočasně ukládat do podzemního prostoru stavby. Předmětný prostor byl rozdělen do několika pracovních sekcí o podobném objemu prací, pro které bude proces zajišťování a zpřístupnění probíhat vždy po ucelených činnostech tak, aby pro práce v sekcích následujících byly chodba a komory předchozí sekce již zajištěny. To znamená, že postupně od první sekce ze západního konce sanované oblasti budou zajišťovány v předepsaných technologických krocích sekce kompletně vždy celé včetně provedení bočních ochranných betonových zídek. Do takto vyztužené sekce bude umístován materiál z dalšího následného zajišťovaného úseku.

Rozpojování horniny bude prováděno mechanickými prostředky bez použití trhacích prací. Způsob rozpojování zohledňuje vliv na stabilitu výrubu, dodržování požadovaných tolerancí výrubu a snahu o minimalizaci případné tvorby nadměrných nadvýrubů včetně omezení daných podmínkami v dole. Nedotěžená vrstva ve dně se odteží až před betonáží podkladních betonů pro výztuž opěrných patek a před pokládáním konstrukčních vrstev pod podlahu.

of support and making the spaces accessible will proceed in cohesive sets of activities so that the support in the gallery and chambers of the preceding section is finished before starting the work in the next section. It means that the support in the sections will be carried out in prescribed technology steps completely, starting from the first section from the western end of the area being rehabilitated, always including the construction of protective concrete side walls. Material from the next section being provided with the support will be placed into the section supported in the above-mentioned way.

Rock will be disintegrated using mechanical equipment without the application of blasting. The disintegration method takes into account the influence on the excavation stability, maintaining the required excavation tolerances and the effort for minimising the potential development of excessive overbreaks, including restrictions following from the conditions existing in the mine. The rock layer remaining to be excavated at the bottom will be excavated just before the blinding concrete under the concrete reinforcement of the footings is cast and the structural layers under the floor are placed.

## MATERIALS USED AND OTHER TECHNOLOGIES

Wet concrete mixture will be used for the shotcrete applied to the lining as a standard. Dry concrete mixture will be used only for filling overbreaks. Shotcrete as the primary support ensuring the excavation stability, but at the same time forming final structures, will, together with the other support elements (welded mesh and groutable glassfibre plastic rock bolts) ensure permanent static stability of the galleries and chambers. The rock in the relaxed zone in the vicinity of the excavation will be stabilised with rock bolts connecting it to the undisturbed massif. Groutable anchoring rods from glass fibres bound together with polyester or epoxy resin will be used. The rock

## POUŽITÉ MATERIÁLY A OSTATNÍ TECHNOLOGIE

Pro nástřik ostění se bude standardně používat mokrá betonová směs. Suchá betonová směs se použije pouze pro vyplnění nadvýlomů. Stříkaný beton jakožto primární zajištění stability výrubu, ale současně i definitivní konstrukce, bude zajišťovat spolu s ostatními výztužnými prvky (ocelové výztužné sítě a sklolaminátové injektované svorníky) trvalou statickou stabilitu chodeb a komor.

Pro přichycení odlehčené zóny horniny v okolí výrubu k neporušenému masivu bude hornina prokotvena radiální svorníkovou výztuží. Použity budou injekční kotevní tyče vyrobené ze skelných vláken spojených polyesterovou, nebo epoxidovou pryskyřicí. Délky kotevní výztuže budou od 3 do 8 m. Jejich rozmístění pro vymezené charakteristické typy výrubu je dáno „schémata zajištění“. Součástí technologie kotvení pomocí sklolaminátových kotevních tyčí je injektáž instalovaných prvků. Tím dojde ke spolupůsobení kotevních prvků s horninou a k jejich uchycení v hornině. Použita bude rychle reagující, nenapěňující, dvousložková elastifikovaná organicko-minerální injekční pryskyřice s dobrou přilnavostí i na mokřím povrchu. Navržený způsob aktivace svorníků s vyloučením mokřích procesů minimalizuje riziko degradace vrstvy slínovců tvořících strop podzemního díla.

Do vrstvy stříkaného betonu je navržena ve všech schématech zajištění výrubu výztužná síť KARI Q188A Ø 6/150x6/150. Veškeré použité typy stavebních materiálů budou podrobeny kontrolním a průkazným zkouškám.

Během výstavby je navržen sací způsob separátního větrání. Odvod prachu a znečištěných větrů bude realizován pomocí stávajícího radiálního vysokotlakého ventilátoru, který je umístěn poblíž v provozovaném úložišti RAO a lutnový tah je vyveden do stávajícího větracího vrtu D 800 mm. Délka sacího lutnového tahu je 370 m. Přívod čerstvých větrů z povrchu bude přes dopravní štolu v provozovaném úložišti RAO. Prostory a zařízení provozovatele úložiště dotčené realizací se provizorně zakryjí a ostatní štolu úložiště RAO se oddělí větrnými hrázemi.

## GEOTECHNICKÝ MONITORING A OSTATNÍ INSTALACE V PODZEMÍ

Součástí zajišťovacích prací v podzemí bude geotechnický monitoring. Pro měření deformací výrubu bude použita geodetická metoda. Systém měření bude spočívat ve vytvoření měřických profilů z pevných bodů, jejichž posun v čase bude během stavebních prací sledován a vyhodnocován.

## ZÁVĚR

Po dokončení adaptace této části podzemí dojde ke zprovoznění chodby 1 jako další nové dopravní cesty (obr. 13), dále k zajištění odkládacích komor (světle modrá) a k vybudování nových ukládacích kapacit (zelená barva) v definitivní podobě. Adaptované prostory budou na závěr opatřeny osvětlením, telefonními rozvody, kamerovým systémem a prvky měření a regulace. V nově zajištěných prostorách bude i nadále používán sací způsob separátního větrání do stávajícího větracího vrtu.

Projekt sanace a adaptace starých nevyužívaných důlních děl v sousedství provozovaného úložiště RAO je velmi efektivní způsob, jak tyto „stařiny“ využít a minimalizovat tak náklady na vybudování nových bezpečných ukládacích prostor. Ve spojení s fungující infrastrukturou na povrchu

bolts will be 3 up to 8m long. The spacing of the rock bolts is prescribed by “bolting patterns” designed for individual characteristic excavation types. Injecting grout into the installed glassfibre reinforced plastic anchoring rods is part of the technology. In this way the composite action of the anchoring elements with the rock mass develops and the rods are fixed in the rock mass. Rapid reacting, non foaming two-component elastified organomineral grouting resin with good bonding even to a wet surface will be used. The method proposed for the activation of rock bolts with the wet processes excluded minimises the risk of the degradation of the marlstone layer forming the roof of the underground working.

Welded mesh KARI Q188A Ø 6/150x6/150 is designed to reinforce the shotcrete layer in all excavation support schemes. All types of building materials to be used will be subjected to control tests and preconstruction tests.

An extraction system of separate ventilation is designed to be used during the course of the construction. Dust and polluted air will be evacuated by means of the existing high-pressure radial fan, which is located near the operating RAW repository; the air duct is connected to the existing D800mm ventilation borehole. The air extraction duct is 370m long. Fresh air will be supplied from the surface through the underground haulage passage in the operating RAW repository. The spaces and equipment of the repository operator which will be affected by the realisation will be temporarily covered and the other galleries of the RAW repository will be separated by air dams.

## GEOTECHNICAL MONITORING AND OTHER UNDERGROUND INSTALLATIONS

Geotechnical monitoring will also be part of the excavation support operations. Excavation deformations will be measured using the topographic survey method. The measurement system will lie in establishing measurement profiles consisting of fixed survey points. Their displacement will be monitored and assessed during the construction operations.

## CONCLUSION

When the adaptation of this part of the underground is finished, gallery No. 1 will be put into operation as another new transport route (see Fig. 13), the disposal chambers will be stabilised (light-blue) and new disposal capacities will be built (green) in the definitive form. In the end, the adapted spaces will be provided with lighting, telephone installations, a camera system and instrumentation and control elements. The use of the ventilation system driving extracted air into the existing ventilation borehole will continue even in the newly stabilised spaces.

The project of rehabilitation and adaptation of old unused mine workings in the neighbourhood of the operating RAW repository is a very effective way of using the old workings, thus minimising the costs of developing new safe disposal spaces. In connection with the functioning infrastructure on the surface and the favourable geological situation this is the best possible solution for this locality.

In comparison with classical new underground excavation, the adaptation of old mine workings brings a number of changes. The redistribution of stress due to opening free spaces by the excavation is not solved here. Underpinning of the deforming rock massif by excavation support elements and continual monitoring of this development is also not solved. In this location the redistribution of stresses took place and the state



a příznivou geologickou situací se jedná v této lokalitě o nejlepší možné řešení.

Adaptace starých důlních děl přináší oproti klasické nové ražbě v podzemí celou řadu změn. Neřeší se zde přerozdělení napjatosti vlivem otevření volného prostoru ražbou. Neřeší se podchycení deformujícího se horninového masivu prvky zajištění za neustálého sledování tohoto vývoje. Zde už k přerozdělení napjatosti a dosažení rovnovážného stavu došlo již před dlouhými desítkami let. Výrub dokonce prošel procesem dlouhodobého dotvarování vlivem strukturní nestability a zvětrávání. Řeší se zde však zajištění takových tvarů výrubu, které nebyly navrženy a výpočtem ověřeny. Vstupuje se do už daných geometrických podmínek. Hektické rozšiřování podzemních chodeb trhacími pracemi na závěr 2. sv. války, prováděné za každou cenu s cílem získat rozsáhlé podzemní prostory pro válečnou výrobu, šlo za logiku a empirické zkušenosti původních těžařů, kteří se drželi pouze v prostoru vápencové lavice. Vzhledem k nasazení vězňů z koncentračních táborů zde lidský život a bezpečnost neměly žádnou váhu. Nezbylo nic jiného, než se s tímto výsledkem vypořádat a pochopit, proč tomu tak je. Navržené technické řešení definuje, co je nutné při zajištění bezpečnosti a dlouhodobé stability výrubu odstranit a co zůstane ve víceméně původním tvaru.

Téma je popisované především z pohledu geotechnika, který hraje u podobných návrhů nezastupitelnou roli. Mezi důležitými vstupními parametry, které ovlivňují v současnosti stav a stabilitu výrubu, je kromě mocnosti nadloží a mechanických vlastností již zmíněná „strukturní stavba“, tedy orientace, četnost a charakter ploch nespojitosti. Cílem geotechnické „metody kritického bloku“ je stanovit strukturním měřením dosah nestabilních bloků za profil výrubu a stanovit kubaturu horniny, kterou je nutné dodatečným vyztužením zajistit proti vypadnutí. Této disciplíně se dnes často při přípravě podzemních staveb nevěnuje dostatečná pozornost. Metoda kritického bloku zde hrála kromě statického výpočtu důležitou roli pro návrh prokovení masivu svorníkovou výztuží.

Bude zajímavé sledovat, s jakými jevy se stavební a sanační činnost v historickém podzemí setká. Potenciál pro adaptaci dalších nevyužívaných chodeb v důlním systému Richard je obrovský a nelze nic jiného, než jen doporučit, aby se plánování a koncepce ukládání RAO na této lokalitě ubírala tímto směrem. Proto budou zkušenosti získané při realizaci neocenitelné při bezpečném a ekonomickém návrhu dalšího případného rozšiřování podzemního úložiště.

*Ing. JIŘÍ ČINKA, cinka@samsonpraha.cz,  
SAMSON PRAHA, spol. s r.o.*

*Recenzovali Reviewed: Ing. Libor Mařík,  
Ing. Vladimír Prajzler*

of equilibrium was achieved long decades ago. The excavation even underwent the process of long-term creep due to structural instability and weathering. On the other hand, geometries of excavated openings which were not designed and verified by calculations are solved here. The already given conditions are entered. Hectic expanding of underground galleries using blasting processes at the end of WWII, which was carried out at any cost with the objective to obtain large underground spaces for war production, went beyond the logics and empiric experience of original mining company-founders, who stuck only in the area of the limestone bank. With respect to the deployment of prisoners from concentration camps, human lives and safety were worthless. There was nothing left but to cope with this result and understand why it was so. The designed technical solution defines what has to be removed to ensure safety and long-term stability of the excavation and what will remain in a more or less original condition.

The theme is described mainly from the point of view of a geotechnician, who plays an irreplaceable role in the cases of similar designs. Among important input parameters influencing the current condition and stability of the excavation there is, apart from the overburden thickness and mechanical properties, the above-mentioned rock mass “structure”, i.e. the orientation, frequency and character of discontinuity surfaces. The objective of the geotechnical “Critical Block Method” is to determine, using structural measurements, the reach of instable blocks beyond the excavation profile and the volume of the rock which has to be secured against falling by additional reinforcing. This discipline is often paid insufficient attention during the preparation of underground construction. In addition to the role in structural analysis, the Critical Block Method played a role important for the design of anchoring the rock massif with rock bolts.

It will be interesting to observe which phenomena will the construction and rehabilitation activities in the historic underground encounter. The potential for the adaptation of other unused galleries in the Richard mine system is great and there is nothing more than to recommend that the planning and the concept of disposing the RAW in this locality should proceed in this direction. For that reason the experience obtained during the realisation will be invaluable for safe and economic design for the possible next expansion of the underground repository.

*Ing. JIŘÍ ČINKA, cinka@samsonpraha.cz,  
SAMSON PRAHA, spol. s r.o.*

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] VRBATA, L., ČINKA, J. *Inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum a monitoring na lokalitě ÚRAO Richard u Litoměřic*. Geotip spol. s r.o., 2001–2002
- [2] ČINKA, J., ZEMÁNEK, I. *Inženýrskogeologický a geotechnický průzkum na dole Richard*. Stavební geologie-Geotechnika a.s., 1992
- [3] ČINKA, J. *Geotechnické sledování na úložištích RAO (ÚRAO Richard u Litoměřic a ÚRAO Jáchymov – Bratrství)*. GT – IG s.r.o., 1993 – doposud
- [4] KOCHÁNEK, M. a kol. *Rekonstrukce úložiště radioaktivního odpadu na dole Richard*. METROPROJEKT Praha a.s., 2016

# VÝSTAVBA ŽELEZNIČNÉHO TUNELA DE CHAMPEL, ŠVAJČIARSKO DE CHAMPEL RAILWAY TUNNEL CONSTRUCTION, SWITZERLAND

OLIVER HORVÁTH

## ABSTRAKT

Výstavba tunela de Champel v Ženeve bola začatá na jar v roku 2014 a je súčasťou projektu novej dvojkolajovej železničnej trate CEVA, spájajúcej hlavnú ženevskú železničnú stanicu Cornavin s pohraničným francúzskym mestom Annemasse. Trata má celkovú dĺžku 16 km a veľká časť tunelových objektov s profilom 106–128 m<sup>2</sup> bola razená v hustej mestskej zástavbe s nízkym nadložíom. Geologické prostredie tvorili wurmské morény a štrk, čo spolu s malým prekrytím vyžadovalo komplikovanú raziacu metódu. Princípom razenia bolo zabezpečenie predpočia axiálnymi kotvami v čelbe a ochranným dáždnikom z ocelových rúr v klenbe s následnou injektážou, s ocelovou oblúkovou výstužou a striekaným betónom. Náročným podmienkam bol prispôsobený aj výkonný vrtný stroj Soilmec, špeciálne vyvinutý na vrtanie dáždnikov v nesúdržných horninách. Zamestnanci spoločnosti TuCon, a. s. vyrazili 670 m z najdlhšieho úseku etapy projektu 25.11 v celkovej dĺžke 928 m, západne od stanice Gare Eaux Vives, smerom k budúcej stanici Hôpital. Celý projekt má byť odovzdaný do užívania v decembri 2019.

## ABSTRACT

The construction of the tunnel de Champel in Geneva commenced in the spring of 2014. It is part of the project for a new double-track railway line CEVA connecting Cornavin, the main Geneva railway station, with the French town of Annemasse. The total length of the rail line amounts to 16 km. A major part of tunnels with cross-sections ranging from 106–128 m<sup>2</sup> were driven through a high-density urban development, under a low overburden. The geologic environment was formed by Wurmian moraines and gravel. This fact and the low overburden required a complicated excavation method to be used. The excavation principle lied in stabilising the face-advance core with axial anchors and installing canopy tube pre-support over the top heading followed by grouting, lattice girders and shotcrete. A high-performance drill rig Soilmec was adapted to the difficult conditions. It was specially developed for drilling into cohesionless ground for canopy tubes. TuCon, a. s. employees excavated 670m of the longest section of 25.11 project stage at the total length of 928m, west of Gare Eaux Vives station, in the direction of the future Hôpital station. The entire project is to be put into service in December 2019.

## ÚVOD

Viac ako storočná úvaha o železničnom prepojení švajčiarskej Ženevy a francúzskeho Annemasse dostala zelenú až v roku 2011. Svoj názov projekt CEVA získal spojením začiatkových písmen dôležitých uzlov, ktoré má po ukončení prepojiť: Cornavin – Eaux Vives – Annemasse (obr. 1). Projekt má byť zrealizovaný za 72 mesiacov pri celkovej dĺžke trate 16 km. Vybudované budú dva

## INTRODUCTION

The over one-hundred-year idea of the rail link between Swiss Geneva and French Annemasse got a go-ahead as late as 2011. The CEVA project name originated by connecting initial letters of the important nodes to be linked after the completion: Cornavin – Eaux Vives – Annemasse (see Fig. 1). The project at the total rail track length of 16 km is to be realised in



Obr. 1 Trasa projektu CEVA

Fig. 1 CEVA project route





Obr. 2 Vrtacia súprava Soilmec ST 120  
Fig. 2 Soilmec ST 120 drill rig

nové tunely de Champel a de Pinchat v súhrnnej dĺžke 3,7 km, dva nové mosty a päť zastávok, z toho dve podzemné stanice. Po ukončení a spustení do prevádzky bude v dosahu do 500 m od zastávok CEVA pracovať alebo bývať 240 tisíc obyvateľov. Medzi Cornavin a Annemasse bude premávať šesť vlakov za hodinu v každom smere, čo výrazne odľahčí prehustenú automobilovú dopravu v Ženeve a zjednoduší dochádzanie do práce z francúzskej pohraničnej oblasti.

Objednávateľom je švajčiarska federálna železničná spoločnosť SBB-CFF-FFS. Spoločnosť TuCon, a. s. realizovala práce pre zhotoviteľa stavby Marti Tunnelbau AG, ktorá buduje dva tunelové úseky tunela de Champel: Val d'Arve (503 m) a Eaux Vives (928 m).

## PROCES VÝSTAVBY

Prvé raziace práce začali na úseku Val d'Arve na jar 2014. Prípravné práce na razení z protiahlého portálu Eaux Vives sa začali v máji 2014 a prvý záber sa uskutočnil dňa 7. augusta 2014. Zhotoviteľ stanovil ako raziacu metódu tunela razenie na plný profil pod ochranným dáždnikom. Vzhľadom na umiestnenie stavby v hustej mestskej zástavbe bola pracovná doba objednávateľom stanovená od pondelka do piatku v čase 06:00–22:00. Na vrtanie dáždnika bola zakúpená nová vrtacia súprava Soilmec ST-120, ktorá bola uvedená do prevádzky v lete 2014 (obr. 2). Súprava je schopná vrtáť horizontálne vrty až vo výške 10 m a lafeta môže mať vrtne tyče dĺžky až 20 m. Rozdiel oproti klasickému vrtacej súprave je ten, že vrtané kladivo je súčasťou vrtnej tyče (ako prvý kus) a je poháňané stlačeným vzduchom pri tlaku cca 17 bar.

Pre úvodné etapy dĺžky 10 m bol stanovený dvojité ochranný dáždnik zo 73 ks oceľových rúr dĺžky 15 m a priemere 139,7 mm. Vrtacie práce boli komplikované rozdelením čelby na dve geologicky odlišné časti (obr. 3):

- spodnú časť (cca 75 %) tvoril štrk – wurmské morény;
- vrchnú časť (cca 25 %) tvoril íl.

Mechanické vlastnosti a rozpojitelnosť týchto hornín vyžadovali použitie rôznych typov vrtných korúnok a cit operátorov pre ich správnu voľbu a zvolenie optimálneho prítlaku pri vrtaní. Súčasťou zabezpečenia čelby bolo aj inštalovanie sklolaminátových kotiev dĺžky 20 m, typ FLY 55. Kotvy sa inštalovali tak, že sa lafetou vrtacej súpravy Soilmec ST-120 navrtal 20 m dlhý vrt, vystužený oceľovou chráničkou (oceľová rúra rovnakého priemeru D 139,7 mm ako pre dáždnik), ktorá sa následne z vrtu vytiahla a do nezapaženého vrtu sa okamžite ručne zatlačila sklolaminátová kotva. Systém zainjektovaných axiálnych kotiev bol dostatočne spoľahlivý, aby udržal čelbu stabilnú, aj keď sa obnažila na plný profil. V priebehu vrtacích prác prebiehala paralelne injektáž – najskôr kotiev v čelbe



Obr. 3 Rozdelenie geologických vrstiev  
Fig. 3 Division of geologic layers

72 months. The construction will comprise two new tunnels, de Champel and de Pinchat, at the aggregate length of 3.7km, two new bridges and five intermediate stations, two of them underground. After the project is completed and brought into service, 240 thousand residents will work or dwell within 500m of the CEVA stations. Six trains per hour will be operated between Cornavin and Annemasse in each direction. It will significantly ease the overloaded vehicular traffic in Geneva and will simplify commuting to work from the French border area.

The project is owned by Swiss Federal Railways, SBB-CFF-FFS. The company of TuCon, a. s. carried out the work for the contractor, Marti Tunnelbau AG, which builds two sections of the tunnel de Champel: Val d'Arve (503m) and Eaux Vives (928m).

## CONSTRUCTION PROCESS

Initial tunnelling operations started in the Val d'Arve section in the spring of 2014. The preparations for driving the tunnel from the opposite portal, Eaux Vives, commenced in May 2014 and the initial excavation round was carried out on 7<sup>th</sup> August 2014. The contractor prescribed the following tunnel excavation method: full-face excavation under the protection of canopy tube pre-support. With respect to the fact that the construction site is located within a high-density urban development, the working days were limited by the contractor from Monday through to Friday, from 06:00 to 22:00 hours. A new drill rig Soilmec ST-120 was purchased for drilling for the canopy tubes. It was brought into service in the summer of 2014 (see Fig. 2). The drill rig is capable of drilling horizontal holes up to the height of 10m above the bottom. Drill rods up to 20m long can be used. The difference from a classical drill rig is that the drifter is part of the drill rod (as the initial piece) and is driven by compressed air at the pressure of 17bar.

The initial 10m-long stages of the tunnel excavation were to be carried out under the protection of double pre-support consisting of 73 pieces of 15m long, 139.7mm diameter steel tubes. The drilling operations were complicated by the division of the excavation face into two geologically different parts (see Fig. 3):

- the lower part (ca 75%) formed by gravel – the Würmian moraines;
- the upper part (ca 25%) formed by clay.



Obr. 4 Injektážne čerpadlo Häny  
Fig. 4 Häny grouting pump

a potom dáždnika. Na injektáž sa používalo injektážne čerpadlo Häny švajčiarskej výroby (obr. 4).

Na zabránenie prieniku injektážnej zmesi na povrch, ktorý bol len 8 m nad stropom tunela, bol stanovený limitný injekčný tlak pre kotvy 10 barov a pre dáždnik 5 barov.

Povrch nad úrovňou tunela bol neustále monitorovaný sieťou meračských bodov, pretože pohyby nadložia nastávali hlavne počas vrtacích prác. V priebehu raziacich prác bol tunel monitorovaný systémom piatich radiálnych kovergenčných bodov umiestnených približne každých 10 m, t.j. v každej etape postupu. Okrem toho objednávateľ nariadil sporadicky inštaláciu inklinometra a extensometra.

S výlomovými prácami, realizovanými hydraulickým pásovým rýpadlom Liebherr 936 (obr. 5) s nakladaním na dumpre Belloli M 3227, sa začalo vždy až po zainjektovaní kotiev a dáždnika.

Najprv bola oddelená časť tvorená štrkom a materiál dopravený na medziskládku. Potom sa odťahil osobitne ťavivý materiál a dopravil sa na oddelené miesto na medziskládke. K znečisteniu štrku nesmelo dôjsť, pretože ten sa po recyklácii používal na výrobu striekaného betónu. Z vlastných zdrojov, tzn. z razenia, tak bolo pokrytých až 90 % jeho potreby. Dĺžka záberu bola najprv projektom stanovená na 1 m, s rezervou cca 0,5 m na založenie ocelových oblúkov. Po obnažení výlomu sa ocelový oblúk zaistil bezpečnostnou vrstvou striekaného betónu s ocelovým vláknom C25/30 (E 1000) hrúbky 7 cm, aplikovaným striekacím robotom Meyco Potenza.

Ocelová oblúková výstuž sa skladala z 5 oblúkových a 2 rovných priehradových nosníkov, rohových prvkov a spodnej klenby



Obr. 5 Výlom tunela v stmelených štrkoch  
Fig. 5 Tunnel excavation through compacted gravel

Mechanical properties and breaking characteristic of these ground types required the use of various types of drill bits, operators having sense for proper selection of the bits and optimum drilling thrust. The installation of 20m long FLY 55 glass fibre reinforced plastic anchors was part of the excavation face support. The anchors were installed by drilling 20m long holes using the boom of the Soilmec ST-120 drill rig. The drill holes were reinforced with steel casings (steel tubes with the diameter D 139.7mm, identical with the diameter of the canopy tubes). The casing tubes were subsequently pulled out of the boreholes and glass fibre reinforced plastic anchors were immediately pushed into the uncased boreholes. The system of grouted axial anchors was sufficiently reliable for maintaining the excavation face stability even when the full profile is exposed. Grouting operations continued during the drilling – first for anchors into the face and later for the canopy tubes. Swiss production Häny grouting pump was used for grouting (see Fig. 4).

The grouting pressure limits of 10 bars, respectively 5 bars, were prescribed for the anchors and canopy tubes to prevent the grouting mixture ingress to the surface, which was only 8m above the tunnel roof.

The terrain surface above the tunnel was continuously monitored by a network of survey points since the movement of the overburden occurred mainly during the drilling operations. During the course of the tunnel excavation, the tunnel was monitored by a system of five radial convergence points installed approximately every 10m, i.e. at each excavation advance stage. In addition, the contractor ordered sporadic installation of an inclinometer and extensometer.

The excavation was carried out using a Liebherr 936 hydraulic tracked excavator (see Fig. 5) loading the muck on Belloni M 3227 dumpers. The work always started only after the completion of filling the holes for the axial anchors and canopy anchors with grout.

First, the part of the muck consisting of gravel was separated and the material was transported to an intermediate stockpile. Subsequently the clayey material was loaded and transported to a separate place on the intermediate stockpile. Polluting the gravel was not allowed because it was, after recycling, used for the production of shotcrete. In this way up to 90% of the need for gravel were covered from construction own sources, i.e. from the excavation. The length of the excavation advance per round of 1m with a reserve of ca 0.5m for setting the steel arches was in the beginning prescribed by the design. After exposing the excavation, the steel arch was stabilised with a 7cm thick safety layer of shotcrete reinforced with steel wires C25/30 (E 1000). The shotcrete was applied using a Meyco Potenza spraying robot.

The supporting steel arches consisted of 5 lattice arches and two straight lattice girders, corner elements and the invert was reinforced with HEB 200 (later HEB 260) steel sections. The whole set was assembled in situ, directly at the excavation face. It was the most risky work operation. After assembling and surveying the arch, the whole excavation round was stabilised with ca 18m<sup>3</sup> of C25/30 (E 700) shotcrete. In this way, 10 excavation rounds were carried out and, after the completion of the last round, the excavation face was covered with an additional 5cm thick reinforcing layer of shotcrete.

Using this technology procedure, working a 2 shift operation, ca 20m of full-face excavation was carried out per month.

In December 2014, a serious worksite accident happened. A worker moving close to the excavation face was hit with a piece of shotcrete and clay released from the already stabilised lining. The project owner suspended the excavation operations and the whole process was subjected to a thorough examination.





Obr. 6 Inštalácia priehradových oblúkov v klenbe  
Fig. 6 Installation of lattice arches in the upper vault

z profilu HEB 200 (neskôr HEB 260). Celý komplet sa montoval „in situ“, teda priamo na mieste výlomu, čo predstavovalo najrizikovejšiu pracovnú operáciu. Po osadení a zameraní oblúka sa celý záber vyplnil striekaným betónom C25/30 (E 700) v množstve cca 18 m<sup>3</sup>. Takto sa vyhotovilo 10 záberov a po poslednom bola čelba zatriekaná dodatočnou spevňujúcou vrstvou betónu v hrúbke 5 cm.

Týmto technologickým postupom sa vyrazilo cca 20 m mesačne v plnom profile pri 2zmennej prevádzke.

V decembri 2014 došlo k vážnemu pracovnému úrazu, keď bol pracovník pohybujúci sa v blízkosti čelby zasiahnutý uvoľneným kusom striekaného betónu a ílu zo zaisteného ostenia. Objedávateľ pozastavil raziace práce a celý technologický postup prešiel dôkladnou revíziou. Po viac ako dvojmesačnej prestávke sa raziace práce znova rozbehli. Bol zmenený postup výlomu čelby z jednej etapy na dve:

1. výlom a zabezpečenie hornej časti klenby (obr. 6);
2. výlom a zabezpečenie spodnej klenby (obr. 7) s odstupom 3–5 m.



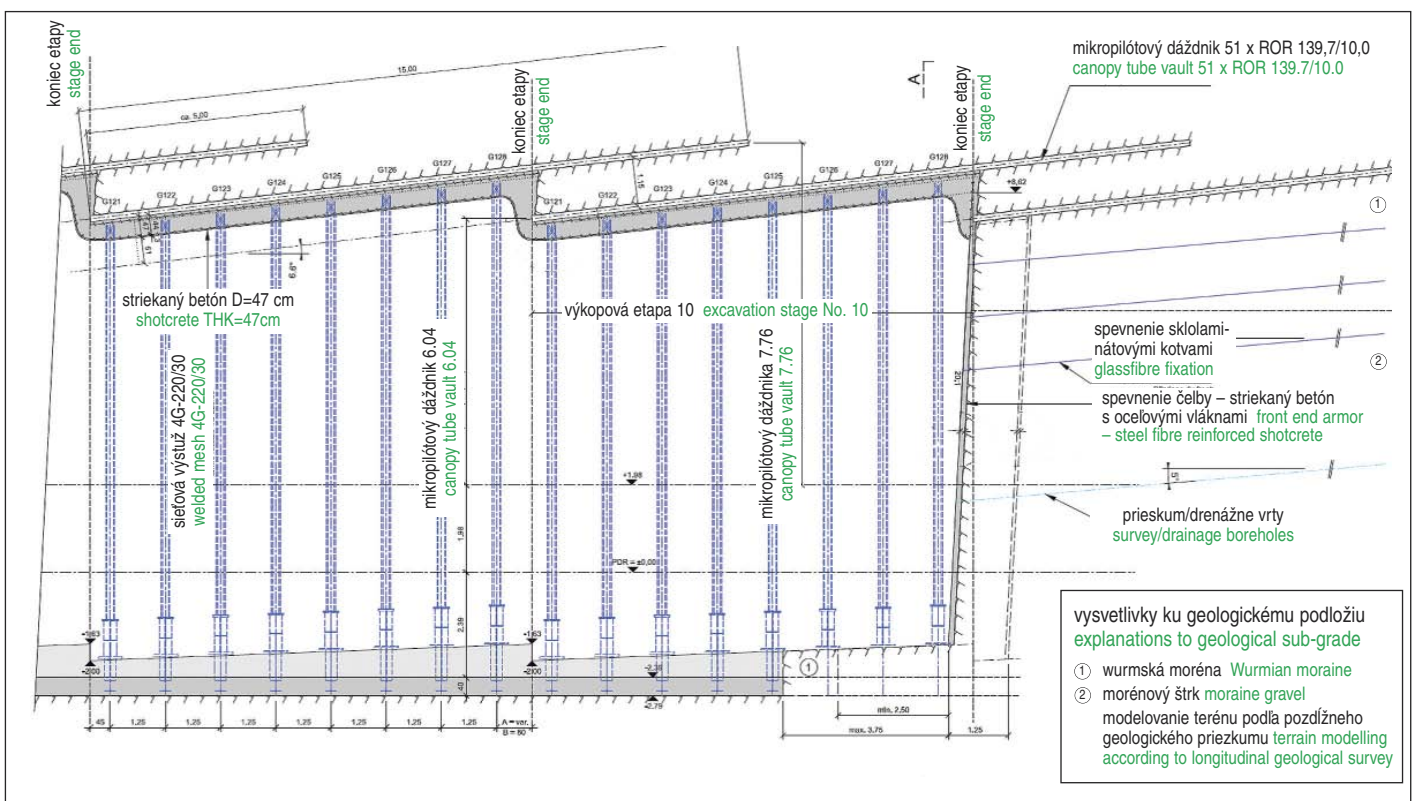
Obr. 7 Inštalácia válcovaných profilov v spodnej klenbe  
Fig. 7 Installation of a rolled-steel section in the invert

The excavation resumed after an over 2 months long interruption. The face excavation sequence was changed from one stage to two stages:

1. excavation and installation of support of the upper part of the vault (see Fig. 6);
2. excavation and installation of support of the invert (see Fig. 7) back at the distance of 3–5 m.

The invert was worked on at a distance of 3–5 m behind the completed upper vault, therefore workers did not move under the unsupported upper part of the excavation. At the same time, the waiting time for hardening of the safety application of shotcrete on the vault was extended to 30 minutes and nobody was allowed to move during that time under the excavation vault covered with shotcrete.

Geological conditions changed concurrently with the change in the excavation technology – the clay layer rose up to the



Obr. 8 Postup razenia pod mikropilóťovým dáždnikom  
Fig. 8 Tunnel excavation sequence under the canopy tube pre-support

Tab. 1 Sumár vyrazených metrov na tuneli de Champel

Table 1 Summary of the excavated sections of the tunnel de Champel

úsek tunela (TM) tunnel section (TM)	metráž (m) length (m)	etapy stages	vystrojovacia trieda excavation support class	zaistenie čelby protiklenba excavation face support	odstup klenba (m) distance between upper vault and invert (m)	dĺžka záberu (m) excavation round length (m)
0–10	10	201	2 A	c	0	1,00
10–80	70	202–208	2 C	c	0	1,00
80–250	170	209–221	2 C	c	3,0–5,0	1,00
250–270	20	222–223	2 C–125	c	2,5–3,75	1,25
270–670	400	224–79	1 B–125	b	2,5–3,75	1,25
spolu together	670					

Vysvetlenie tabuľky: • Číslovanie etáp bolo od 201 do 257 a následne od 88 do 79. Vystrojovacia trieda 2A platila len pre úvodnú etapu 201 a odlišovala sa od ostatných plánovanou vysokotlakou tryskovou injektážou, tzv. „jettingom“. Objednávateľ však kvôli nízkemu nadložíu túto injektáž zrušil.

• Označenie vystrojovacej triedy 2C resp. 1B sa odvíja od spôsobu zaistenia čelby (tvaru ochranného dáždnika). Písmeno c znamená dvojité dáždnik a označenie b je pre jednoduchý dáždnik.

Table explanation: • The stages were numbered from 201 to 257 and subsequently from 88 to 79.

• Excavation support class 2A was applicable only to the initial stage No. 201 and differed from the other stages in the planned high-pressure jet grouting, the so-called “jetting”. The client, however, cancelled this grouting with respect to the low overburden.

• The designation of excavation support class 2C, respectively 1B, is based on the system of the excavation face support (the shape of the protective tube canopy). Letter c means the double canopy and designation b is for a simple canopy.

Medzi klenbou a spodnou klenbou bol odstup 3–5 m, takže pracovníci sa nepohybovali pod hornou, nezabezpečenou časťou výlomu. Zároveň bola čakacia doba na vytvrdenie bezpečnostného nástreku klenby predĺžená na 30 minút a v tom čase sa nesmel pod zastriekaným výlomom nikto pohybovať.

Súčasne, so zmenou technológie razenia, sa zmenili aj geologické pomery – ílová vrstva vystúpila do nadložia a celý profil tunela tak bol v takmer homogénnom štrku. V dôsledku toho, a zároveň v snahe skrátiť dobu razenia, bol technologický postup upravený v priebehu etáp 222–224 takto:

- zdvojený dáždnik bol zmenený na jednoduchý s počtom rúr 51;
- znížil sa počet kotiev na 41;
- 10m etapa sa rozdelila na 8 záberov, tj. dĺžka záberu sa zvýšila na 1,25 m (obr. 8);
- zvýšená dĺžka záberu bola kompenzovaná použitím masívnejšieho profilu oceľovej výstuže protiklenby z profilu HEB 260;
- odstup medzi klenbou a protiklenbou sa zmenil na 2,5–3,75 m.

Zmenou technológie sa razenie urýchlilo a priemerný postup sa tým zvýšil na cca 24 m za mesiac.

Touto technológiou práce pokračovali až do celkového prerazenia tunela, ktoré sa uskutočnilo 8. júna 2017.

## ZÁVER

Stavba železničného tunela de Champel overila schopnosti našich razičov pri razení v zložitých geologických podmienkach bez použitia trhacích prác a umožnila im získať skúsenosti s použitím výnimočného vrtacieho stroja Soilmec ST 120.

Ing. OLIVER HORVÁTH,  
oliver.horvath@tucon.sk, TuCon, a. s.

Recenzovali Reviewed: Ing. Ján Kušnir,  
Ing. Róbert Zwilling

overburden and the whole tunnel profile was driven through nearly homogeneous gravel. As a result, and at the same time in an effort to reduce the excavation time, the technology procedure was modified during stages 222–224 as follows:

- the double canopy tube pre-support was changed to single one with 51 tubes;
- the number of anchors was changed to 41;
- the 10m long stage was divided into 8 excavation rounds, i.e. the excavation advance length was increased to 1.25m (see Fig. 8);
- the increased length of the excavation round was compensated for by using a more massive HEB 260 steel section for the invert;
- the distance between the upper vault and invert was changed to 2.5–3.75m.

Owing to the changed technology the excavation rate was accelerated and the average advance rate increased to ca 24m per month.

Using this technology, the excavation continued until the overall breakthrough of the tunnel, which took place on 8<sup>th</sup> June 2017.

## CONCLUSION

The construction of the railway tunnel de Champel verified the ability of our miners in the process of driving tunnels in complicated geologic conditions without blasting. It allowed them to obtain experience with the use of the exceptional Soilmec ST 120 drill rig.

Ing. OLIVER HORVÁTH,  
oliver.horvath@tucon.sk, TuCon, a. s.

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] 1<sup>er</sup> coup de pioche de CEVA: c'est parti pour le chantier du siècle! [online]. 2011 [cit. 09.10.2017]. Dostupné na internete <[http://www.ceva.ch/geneve/\\_inc/upf/m\\_files/1er-coup-de-pioche-de-ceva.pdf](http://www.ceva.ch/geneve/_inc/upf/m_files/1er-coup-de-pioche-de-ceva.pdf)>
- [2] Présentation Tunnel de Champel le 17. 3. 2016
- [3] Plan CEVA Nr. EX-50B-PN-GEC2-6042



# CESTNÝ TUNEL OBERAU, NEMECKO

## OBERAU ROAD TUNNEL, GERMANY

IGOR SCHNIERER

### ABSTRAKT

Prípravné práce na nemeckom cestnom tuneli Oberau, ktorý je súčasťou obchvatu obce Oberau v oblasti horného Bavorska, prebiehajú už od septembra 2015 a podľa predbežného odhadu výstavba bude trvať až do polovice roka 2020. Takmer trojkilometrový dvojrúrovňový tunel bude na severnom portáli začínať hĺbeným úsekom v dĺžke 140 m v obdĺžnikovom profile, na ktorý nadväzuje 2,80 km dlhý úsek klenbového profilu razený banským spôsobom. Z hľadiska realizácie obzvlášť náročnú časť predstavuje razenie v úseku údolia Gießebach, kde tunel prechádza rozvolnenými kamennými vrstvami kvartéru s minimálnym nadložíom o hrúbke 7 metrov. Ukončenie výstavby a oficiálne otvorenie diaľničného úseku s budúcim najdlhším dvojrúrovňovým tunelom Bavorska je naplánované na koniec roka 2021.

### ABSTRACT

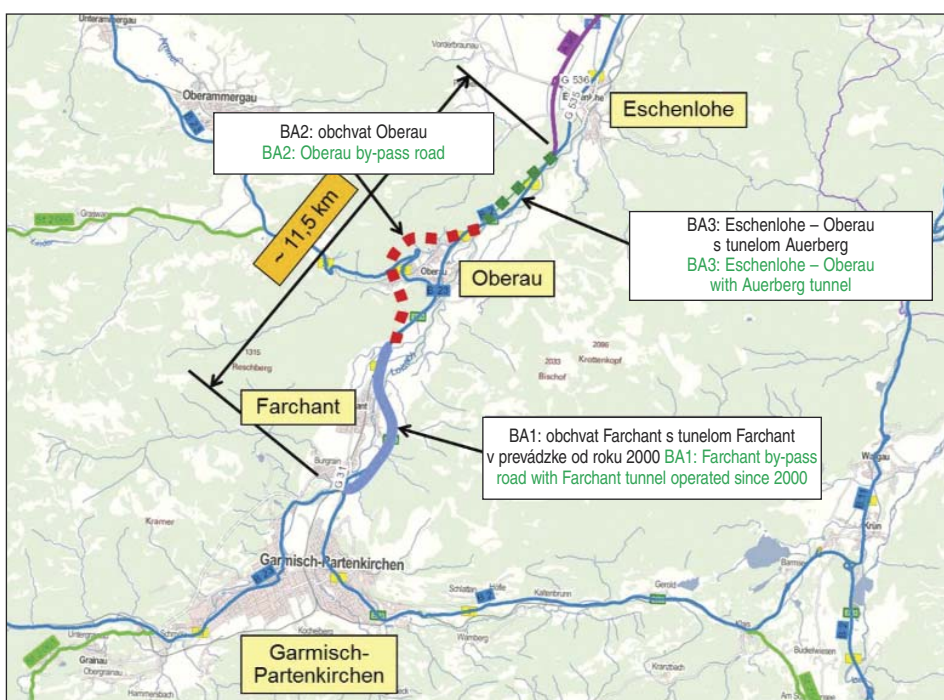
The preparation work on the German road tunnel Oberau, which is part of the road by-pass of the village of Oberau in the area of Upper Bavaria, has been continuing since September 2015. According to a preliminary estimate, the construction will last until mid-2020. The nearly three-kilometre twin-tube tunnel will begin at the northern portal by a 140m long cut-and-cover section with a rectangular cross-section. It will be followed by a 2.80km long section with a vaulted cross-section, which will be excavated using mining methods. From the aspect of the realisation especially difficult part is represented by tunnel excavation in the Gießebach valley section, where the tunnel passes through loose Quaternary rock strata under the minimum overburden 7 metres thick. The end of the construction and the official inauguration of the motorway section containing the longest twin-tube tunnel in Bavaria is planned for the end of 2021.

### ÚVOD

S cieľom odľahčenia intenzívnej automobilovej premávky v úseku Oberau-Garmisch sa začiatkom 80. rokov minulého storočia začalo s plánovaním výstavby diaľničného úseku v Loisachšskom údolí, medzi obcou Eschenlohe a strediskom Garmisch-Partenkirchen. Na konci diaľnice A95 a na ďalšom úseku štátnej cesty sa doprava začína zhusťovať obzvlášť v lyžiarskej sezóne počas víkendov a prázdnin, keď je komunikácia zablokovaná turistami v dĺžke aj niekoľko kilometrov. Doteraz sa na tejto trase podarilo zrealizovať obchvat obce Farchant s diaľničným tunelom „Farchant“ (2390 m), ktorý je zároveň najdlhším dvojrúrovňovým tunelom Bavorska. Pre úsek okolo obce Oberau boli

### INTRODUCTION

With the aim of easing the intense vehicular traffic in the Oberau-Garmisch section, the planning of the construction of the motorway section in the Loisach river valley between the village of Eschenlohe and the Garmisch-Partenkirchen centre commenced at the beginning of the 1980s. The traffic at the end of the A95 motorway and the following section of the national road begins to become busier especially during the ski season on weekends and during holidays, when the road is blocked by tourists even at the length of several kilometres. So far a by-pass road around the village of Farchant (2390m) was successfully realised on this route. This tunnel is at the same time the longest twin-tube tunnel in Bavaria. Various



Obr. 1 B2, výstavba 4prúdovej štátnej cesty, Eschenlohe – Garmisch-Partenkirchen  
Fig. 1 B2, construction of 4-lane national road, Eschenlohe – Garmisch-Partenkirchen

variants of the alignment were proposed for the section around the village of Oberau. At the beginning of 2010, the Upper Bavarian government adopted the zoning and planning decision to develop a 4.2km long by-pass road, for the most part designed as an underground working. The project came to the fore with the candidacy of Munich and Garmisch-Partenkirchen for winter Olympic Games 2018. The preparation work was accelerated so that it was possible to open the section to traffic exactly on the occasion of the opening of the games in the autumn of 2018. After the candidacy failure, the project, for which prequalification invitations had at that time been released, was suspended. Independently of it, preparation work on the rehabilitation of a former landfill of waste in the area of the connection of the Oberau-Nord traffic artery commenced at the end of 2011.

After the construction approval for the construction of the by-pass road was issued in 2014, the preparation work on the tunnel commenced. The preparation has been continuing since

navrhnuté rôzne varianty trasy. Začiatkom roka 2010 vláda horného Bavorska prijala územné rozhodnutie vybudovať obchvat v dĺžke 4,2 km z väčšej časti naprojektovaný ako podzemné dielo. S kandidatúrou Mníchova a Garmisch-Partenkirchenu na zimné olympijské hry 2018 sa projekt dostal do popredia a prípravné práce sa urýchlili, aby bolo možné odovzdať úsek do užívania presne k otvoreniu hier na jeseň 2018. Po neúspešnej kandidatúre bol už v tom čase vypísaný projekt pozastavený. Nezávisle na tom začali koncom roka 2011 prípravné práce na sanácii bývalej skládky odpadu v oblasti napojenia dopravnej tepny Oberau-Nord.

Po tom, ako bolo v roku 2014 vydané stavebné povolenie na výstavbu obchvatu, sa následne začalo s prípravnými prácami na tuneli. Tie prebiehajú už od septembra 2015 a podľa predbežného odhadu bude výstavba trvať až do polovice roka 2020. Z hľadiska realizácie obzvlášť náročnú časť predstavuje raziene v úseku cez údolie Gießenbach, kde tunel prechádza rozvoľnenými kamennými vrstvami kvartéru s minimálnym nadloží hĺbky 7 m. Predpokladané ukončenie výstavby a oficiálne otvorenie obchvatu s budúcim najdlhším dvojúrovňovým tunelom Bavorska pripadá na koniec roka 2021.

## VŠEOBECNÉ INFORMÁCIE

Štátna cesta B2 s dĺžkou 845 km je najdlhšia a zároveň jedna z najstarších štátnych ciest Nemecka. Prechádza od Berlína, cez Lipsko, Norimberg, Augsburg a Mníchov až po Mittenwald. Južne od Eschenlohe vytvára pokračovanie tam končiacej diaľnice A95 od Mníchova do Garmisch-Partenkirchenu (obr. 1). V oblasti Oberau sa pripája k štátnej ceste B23, prichádzajúcej od Schongau. Denná intenzita v tomto úseku predstavuje 26 000 vozidiel, maximálna víkendovej premávky sú ešte vyššie.

So štvorprúdovým obchvatom obce Oberau, spoločne so štvorprúdovým obchvatom Farchant a plánovaným štvorprúdovým obchvatom Eschenlohe vznikne hodnotné cestné spojenie od A95 do Garmisch-Partenkirchenu, ktoré zvýši bezpečnosť a odľahčí prejazd cez obec Oberau.

Obchvat dlhý 4,2 km sa začína na severe napojením na cestu B23 po jej prekládke z obce.

Bezprostredne po pripojení Oberau-Nord začína dvojúrovňový tunel Oberau dĺžky takmer 3 km, ktorý obchádza obec zo západnej strany.

Celkové náklady na obchvat obce Oberau predstavujú 210 mil. eur, z toho 140 mil. eur pripadá na tunel a obslužné objekty. Na vybavenie tunela je odhadovaných ďalších 20 mil. eur.

Trasa prechádza cez chránenú krajinnú oblasť, cez viaceré chránené vtáčie územia a vodné nádrže, slúžiace ako zásobárne pitnej vody pre Mníchov – hlavné mesto spolkovej krajiny Bavorsko. Všetky tieto faktory sa museli pri plánovaní trasy zohľadniť a preto nevyhovoval tunelový obchvat východnou trasou cez chránené územie Loisachtal ako možná alternatíva (obr. 2).

## VÝSTAVBA

Už v priebehu roku 2011 sa začalo s prípravnými prácami na sanácii bývalej skládky odpadu v mieste napojenia úseku Oberau-Nord. Výstavba tunela prebieha od roku 2015 a ukončenie sa plánuje do konca roka 2020. Následne budú pokračovať práce na technologickom vybavení tunela. Paralelne s výstavbou tunela bude prebiehať od roku 2018 výstavba obslužných objektov na severnom a južnom portáli a výstavba prípojok a mostných úsekov s napojením na štátnu cestu B2.

Celkové dokončenie obchvatu obce Oberau je naplánované na koniec roka 2021.

## STAVEBNÉ DIELO – TUNEL

### 1.1 Základné údaje

Jadrom celého obchvatu je takmer 3 km dlhý dvojúrovňový tunel (obr. 3). Obe tunelové rúry majú dva jazdné pruhy s obojstrannými núdzovými chodníkmi. Šírka vozovky medzi obrubníkmi je 7,5 m.

September 2015 and, according to a preliminary estimation, the construction will last until the middle of 2020. From the aspect of the realisation, an exceptionally difficult part is represented by the tunnel excavation in the section crossing the Gießenbach valley, where the tunnel passes through loose Quaternary stone layers under the minimal overburden only 7m thick. The completion of the construction and official opening of the by-pass road with the future longest twin-tube tunnel in Bavaria to traffic is expected at the end of 2021.

## GENERAL INFORMATION

The B2 national road with its length of 845km is the longest and at the same time one of oldest national roads in Germany. It runs from Berlin via Leipzig, Nuremberg, Augsburg and Munich up to Mittenwald. South of Eschenlohe it creates the continuation of the A95 motorway from Munich to Garmisch-Partenkirchen, ending at that place (see Fig. 1). In the area of Oberau it links the B23 national road coming from Schongau. The daily traffic flow volume in this section amounts to 26,000 vehicles; maximums of weekend traffic are even higher.

The development of the four-lane by-pass road around the village of Oberau, together with the four-lane by-pass of Farchant and the planned four-lane bypass of Eschenlohe will give rise to a valuable road connection from the A95 to Garmisch-Partenkirchen, which will increase safety and will remove the burden of traffic through the village of Oberau.

The 4.2km long by-pass road begins in the north by connecting to the B23 road after its relocation outside the village.

The nearly 3km long twin-tube Oberau tunnel begins immediately after the Oberau-Nord connection. It bypasses the village from the west.

The total cost of the Oberau village by-pass amounts to 210 million Euros; of this amount, 140 million Euros are attributable to the tunnel and service structures. Additional 20 million Euros are estimated for the tunnel equipment.

The route passes across a protected landscape area, several protected bird areas and water reservoirs used as sources of drinking water for the capital of the federal state Bavaria, Munich. All of these factors had to be taken into account in planning of the alignment. This was the reason why the tunnel by-pass following the advantageous route across the Loisachtal protected landscape area was unsuitable as a possible alternative (see Fig. 2).

## CONSTRUCTION

It was already in 2011 that preparation work on the rehabilitation of a former refuse dump in the location of the Oberau-Nord section connection commenced. The tunnel construction has been continuing since 2015 and the completion is planned for the end of 2020. The work on the tunnel equipment will follow. The construction of service structures at the northern and southern portals and the construction of entry and exit slip roads and bridge sections connecting to the B2 national road will proceed in parallel with the tunnel construction from 2018.

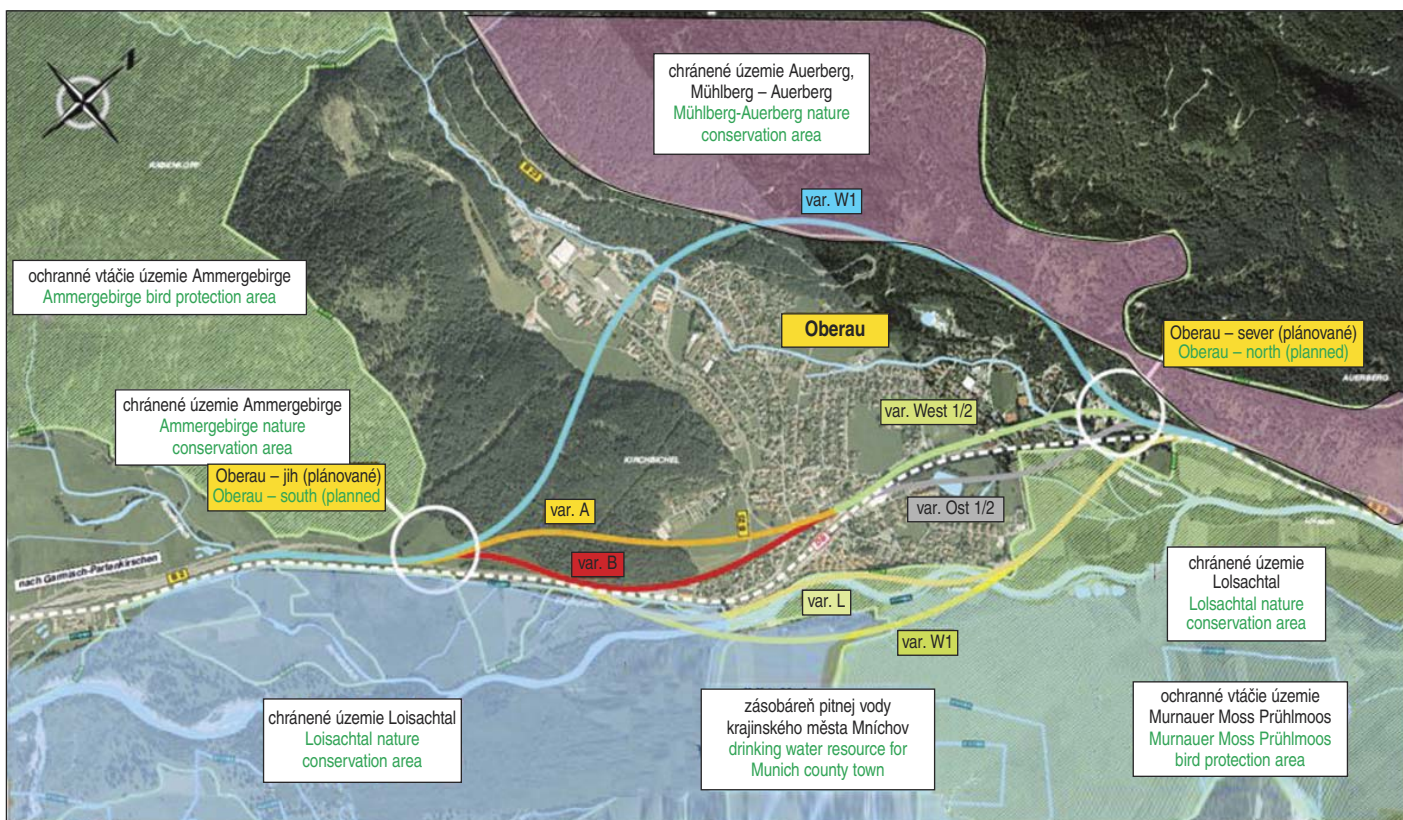
The overall completion of the by-pass road around the village of Oberau is planned for the end of 2021.

## TUNNEL CONSTRUCTION WORK

### 1.1 Basic data

The core of the entire by-pass road is represented by the nearly 3km long, twin-tube tunnel (see Fig. 3). Both tunnel tubes contain two traffic lanes with emergency walkways on both sides. The roadway kerb-to-kerb width is 7.5m. Slotted drains on the shoulders are designed for safe evacuation of flammable liquids. The distance between the centres of the





Obr. 2 Plánované varianty

Fig. 2 Planned variants

Pre bezpečné odvedenie horľavých kvapalín sú na krajnici zriadené štrbinové žľaby. Osová vzdialenosť tunelových rúr je v priemere 40 m. Tunelové rúry sú medzi sebou prepojené piatimi priečnymi a piatimi prejazdými priečnymi prepojeniami, ktoré sú od seba vzdialené max. 300 m. Oproti prejazdým tunelovým chodbám na portálových úsekoch sa nachádzajú núdzové zálivy. Vo vzdialenosti max. 150 m od seba sa nachádzajú SOS výklenky, ktoré sú integrované na vonkajšej strane tunelovej rúry v sekundárnom ostení. Zrýchľovacie a spomaľovacie pruhy v mieste privádzajúča Oberau-Nord zasahujú 200 m do tunela a vyžadovali si rozšírenie profilu o 3,5 metra.

V štandardnom profile (obr. 4) razeného úseku sú tunelové rúry vyhotovené v dvoch osteniach. Pod otvorenou klenbovou konštrukciou s vonkajším primárnym ostením z armovaného striekaného betónu je vnútorné sekundárne ostenie z prevažne prostého monolitického betónu.

V geologicky nepriaznivých úsekoch je profil so spodnou klenbou, s uzavretým hydroizolačným systémom proti tlakovej vode pôsobiacej z horninového masívu a sekundárne ostenie je plne vystužené. Betonáž sekundárneho ostenia (hr. od 30 do 70 cm) sa realizuje pomocou debniaceho voza. Štandardná dĺžka bloku je 10 m, v núdzových zálivoch 8 m. Hĺbený úsek sa taktiež čiastočne nachádza v oblasti s podzemnou vodou a je zhotovený konvenčne z vodotesného betónu.

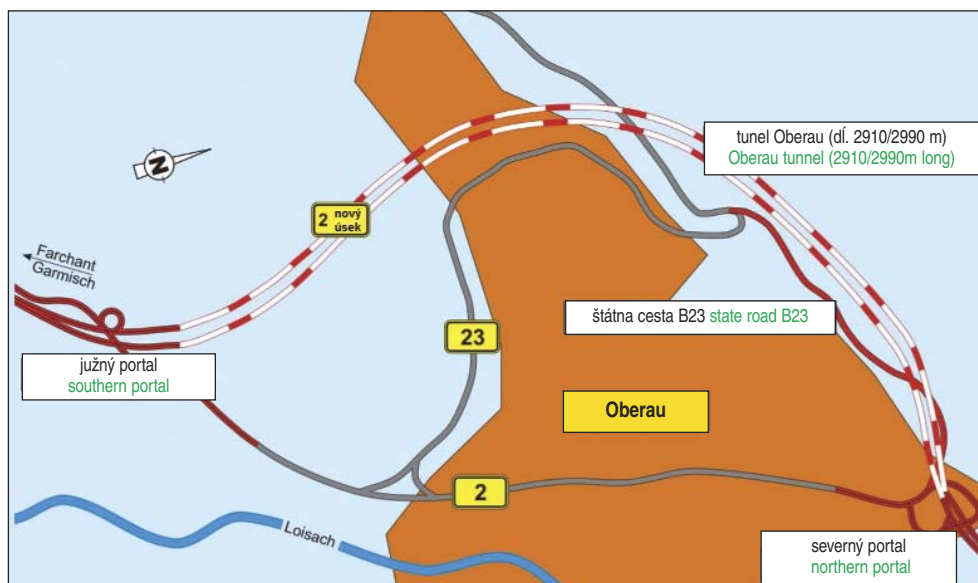
## 1.2 Geologické podmienky

Pre prieskum geologických podmienok boli počas projektovania tunela preskúmané rozsiahle oblasti odkryvov. Hraničné podmienky týkajúce sa geológie a hydroológie sú veľmi odlišné.

Južná a severná časť tunela je z veľkej časti v málo priepustnej

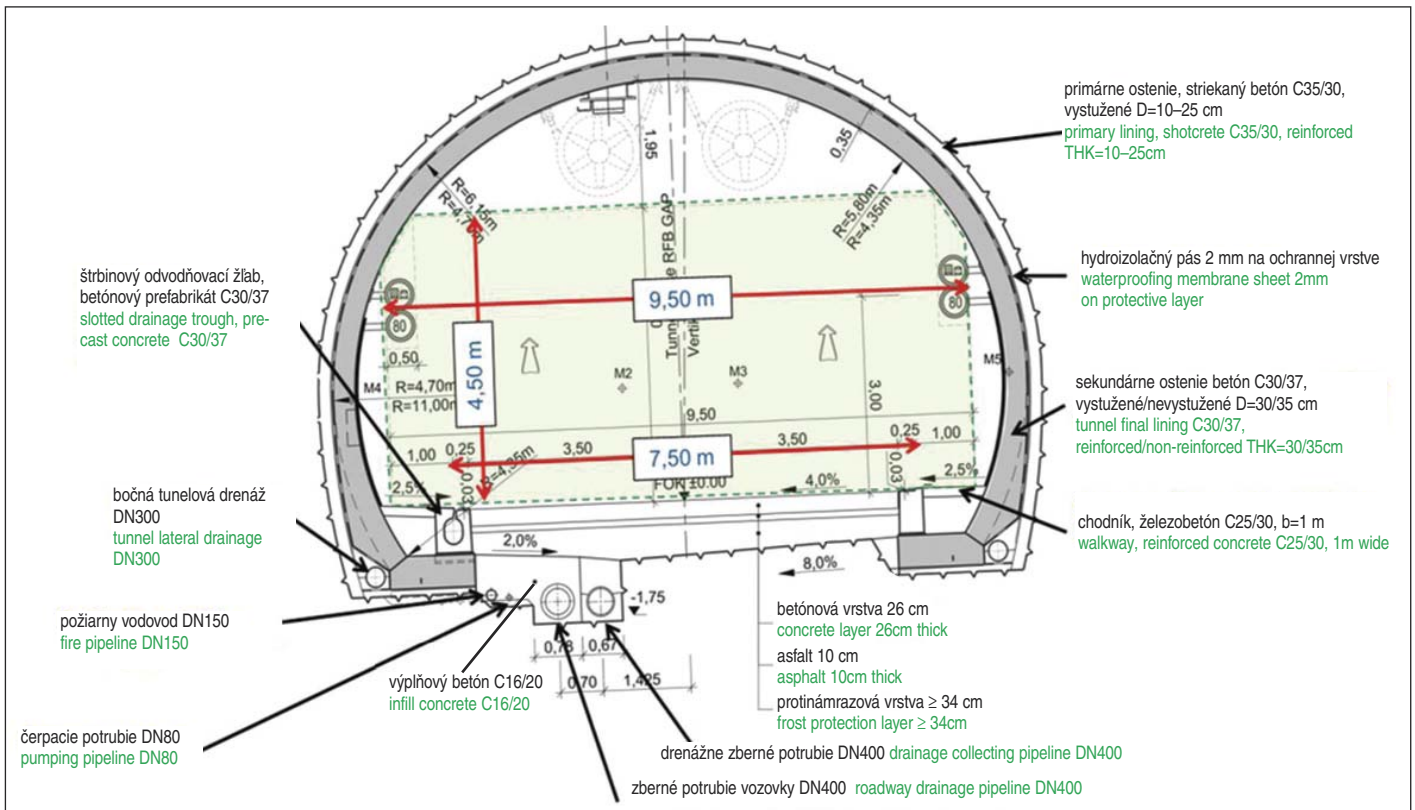
tunnel tubes is 40m on average. The tunnel tubes are interconnected by five cross passages for persons and five cross passages for vehicles. They are spaced at 300m as the maximum. Emergency lay-bys are located at the mouths of the cross passages passable for vehicles at the portal sections. Emergency call niches are located at intervals of 150m as the maximum. They are integrated in the secondary lining on the outer side of the tunnel tube. The acceleration and deceleration lanes in the location of the Oberau-Nord slip road reach 200m into the tunnel and required increasing the profile width by 3.5 metre.

In the standard profile of the mined section, the tunnel tubes are provided with two liners. Under the open vault structure



Obr. 3 Členenie tunela

Fig. 3 Tunnel division



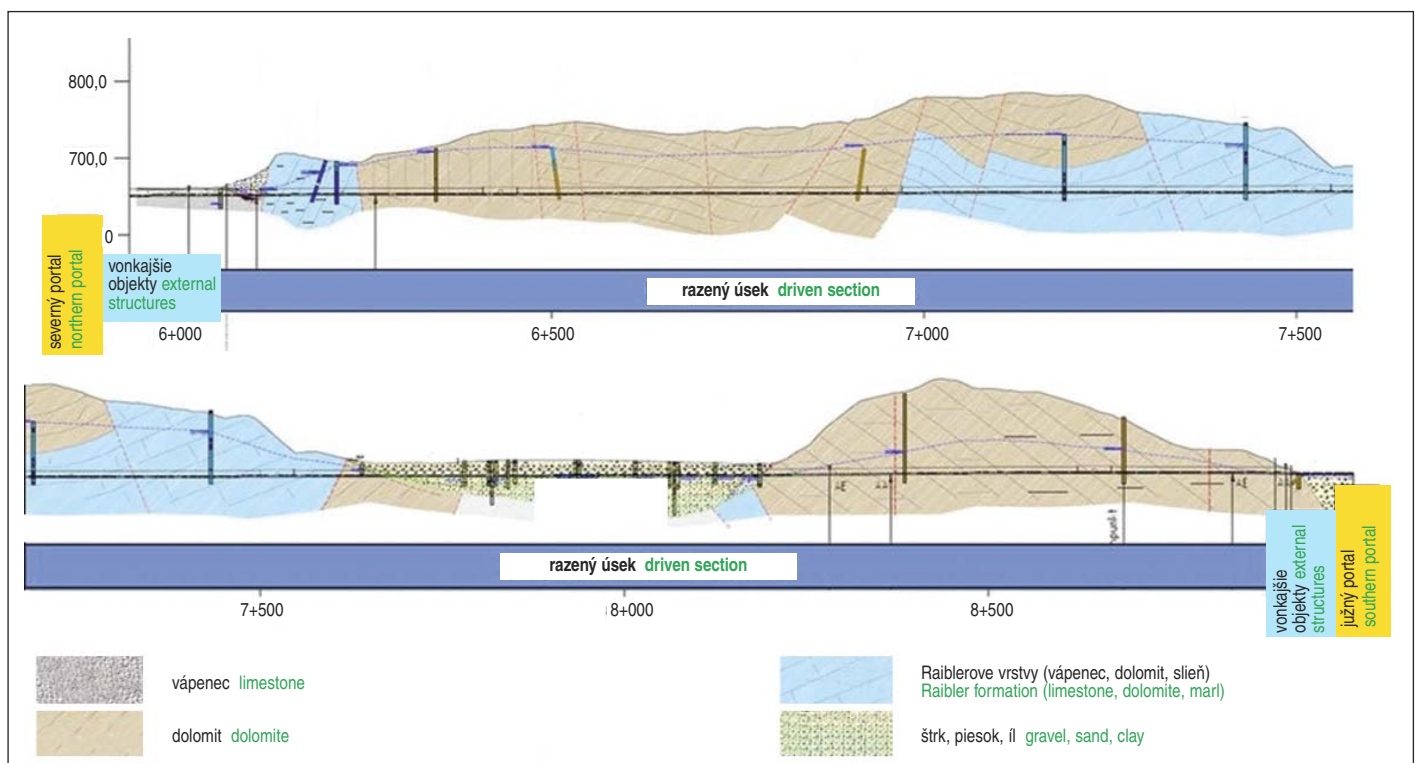
Obr. 4 Vzorový priečny rez tunela  
Fig. 4 Typical tunnel cross-section

pevnej hornine (vápeneč a dolomit), v tzv. Raiblerových vrstvách a v hlavných vrstvách dolomitu do 75 m pod prirodzenou hladinou spodnej vody. V týchto oblastiach je tunel prekrytý až 120 m vrstvou nadložia (obr. 5).

V strednej časti prechádza tunel pod oblasťou s minimálnym prekrytím len 7 m. Nadložie v tomto úseku je tvorené rozvolnenými kamennými vrstvami (štrkom) údolia Gießebach. Pre zaradenie portálových častí a hĺbených úsekov bolo v prvom rade nevyhnutné

with the external primary lining from reinforced shotcrete, the inner secondary lining is mostly from unreinforced cast-in-situ concrete.

In geologically unfavourable conditions, the secondary lining in the fully reinforced closed profile is provided with a closed waterproofing system protecting against high-pressure water acting from the ground massif. The 30 to 70cm thick secondary lining concrete is cast behind travelling



Obr. 5 Geologický pozdĺžny rez  
Fig. 5 Geological longitudinal section





Obr. 6 Raziace práce v oblasti Gießenbach (delené otváranie čelby)  
Fig. 6 Tunnel excavation operations in the Gießenbach area (sequential excavation)

zabezpečiť zaistenie svahov. Komplikované zaistenie z dôvodu rozvolnených hornín oddialilo začiatok raziacich prác. Dôležitým faktorom, ktorý neočakávane skomplikoval priebeh raziacich prác, bolo zistenie prítomnosti chemického prvku tálium v hornine. Vyťažená hornina sa musela separovať na skládke a laboratórne sa skúmal obsah uvedeného prvku, čo významne ovplyvnilo postup raziacich prác a vyžiadalo si zvýšené náklady na odvoz a separáciu vhodných skládok.

### 1.3 Razenie tunela

Razenie tunela v oblasti kompaktného horninového masívu prebieha vrtno-trhačmi prácami. V oblasti tvorenej rozvolnenými kamennými vrstvami sa používa mechanický spôsob rozpojovania horniny strojnými zariadeniami (napr. tunelový bager). Dočasné zaistenie výlomu prebieha za pomoci kotiev, ihliel, oblúčkovej výstuže, sietoviny a striekaného betónu podľa Novej rakúskej tunelovacej metódy (NRTM). V prvom pracovnom postupe sa realizuje výrub hornej časti profilu v kalote (obr. 6). Následne prebieha výlom strednej časti a spodnej časti profilu.

Dĺžka záberu je závislá od geologických podmienok a veľkosti profilu, pohybuje sa v rozmedzí 1,0 až 4,4 metra. So štyrmi zábermi pri razení v štandardnom profile je možné docieľiť priemernú rýchlosť denného postupu 10 m. Nahromadená voda z horninového masívu musí byť až do realizácie sekundárneho ostenia provizórne odklonená hlavne v oblasti rozvolnených horninových vrstiev v údolí Gießenbach, kde je neustále vysoký prítok vody.

### 1.4 Razenie v oblasti Gießenbach

Asi najväčšie nároky na razenie boli počas výstavby na približne 600 m úseku cez rozvolnené kamenné vrstvy v údolí Gießenbach. V aluviálnych údolných nánosoch a v natesno uložených štrkových vrstvách bolo k zaisteniu stability nevyhnutné použitie dodatočných vystrojovacích prvkov – viacvrstvého ihlového dáždника s dĺžkou 8 m so zaistením čelby kotvami (obr. 7). V najhorších geologických podmienkach (oblasť razenia v oblasti Gießenbach) bolo hlavným predpokladom uzatváranie celého profilu výrubu s realizáciou dočasného ostenia („dočasná výplň“), ktoré sa potom odstraňovali v ďalších krokoch výstavby (pri razení Strosse). Dočasná výplň tzv. „Protiklenba kaloty“ – sa využívala na spomalenie deformácií čiastkového výrubu (kaloty). Použitie dočasnej protiklenby (aj tzv. dno kaloty) bolo zaistené striekaným betónom o hrúbke 30 cm a jednou vrstvou sieťovej výstuže.

Dodatočne bolo z dôvodu zamedzenia nežiaduceho poklesu nadlžia v niektorých úsekoch potrebné rozdelenie čelby na pilotnú stropnú stôľňu, razenú v predstihu a za ňou nasledujúcimi postrannými kalotami. V obzvlášť náročných geologických podmienkach (napr. vo vrstvách riečného štrku) boli potrebné dodatočné opatrenia, ako napríklad spevnenie predpolia injektážou, alebo delená otvarka čelby. Okrem obmedzujúcich podmienok počas razenia v údolí Gießenbach môže hladina spodnej vody, ktorá sa nachádza pod úrovňou dna tunela, počas výdatných dažďov neoča-

vať tunnel formwork. The standard block length is 10m, in emergency lay-bys the blocks are 8m long. The cut-and-cover tunnel section is also partially located in an area with ground water and is carried out conventionally from water resistant concrete.

### 1.2 Geological conditions

Large areas of outcrops were investigated during the work on the tunnel design for the purpose of surveying the geological conditions. The boundary conditions regarding geology and hydrology are very different.

The southern and northern parts of the tunnel are largely from little permeable solid rock (limestone and dolomite), in the so-called Raibler formation and in the main dolomite strata, down to the depth of 75m under the natural groundwater table. In these areas the tunnel is covered by up to 120m thick overburden (see Fig. 5).

In the central part, the tunnel passes under an area with the minimum overburden thickness of only 7 metres. The overburden in this section is formed by loose stone layers (gravel) of the Gießenbach valley. For commencing the excavation of the portal parts and cut-and cover sections it was first of all necessary to stabilise the slopes. The complicated work on the stabilisation due to the loose rock delayed the beginning of the tunnel excavation. The detection of the presence of the chemical element thallium in the ground was an important factor unexpectedly complicating the course of the tunnel excavation. The excavated ground had to be separated on a stockpile and the content of the element had to be examined in a laboratory. It significantly affected the tunnel excavation rate and even required increased cost of the removal and separation on suitable stockpiles.

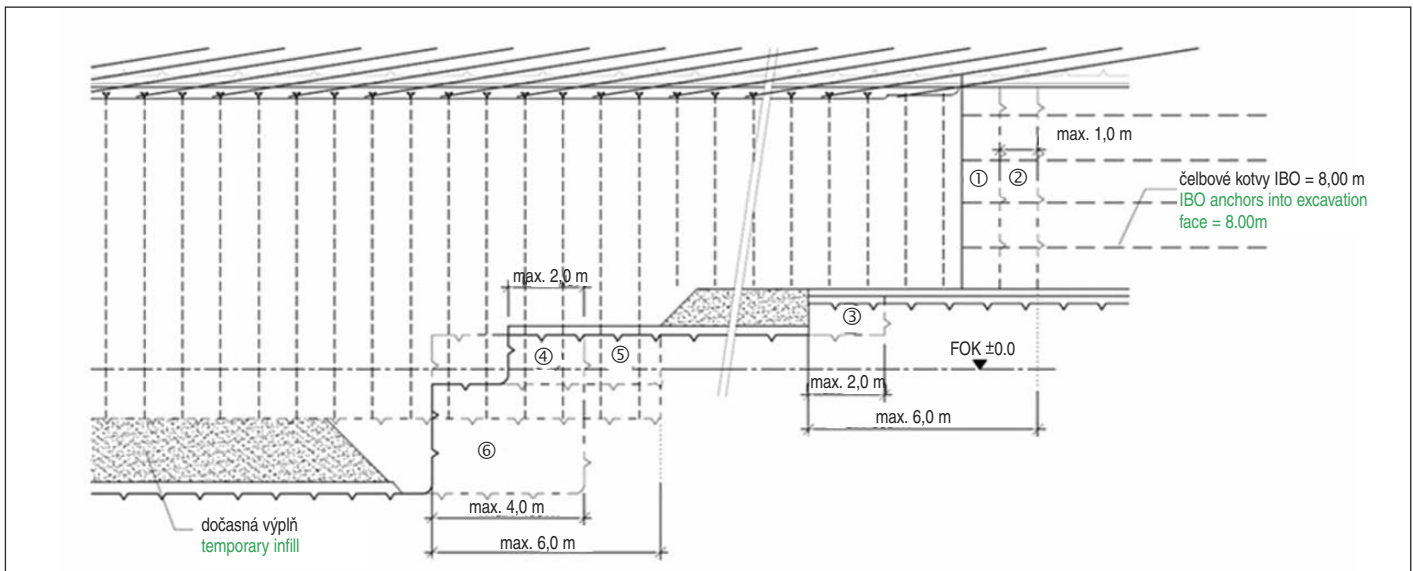
### 1.3 Tunnel excavation

The tunnel in the area of compact rock mass is driven using the drill-and-blast technique. The mechanical disintegration method using mechanical equipment (e.g. a tunnel excavator) is used in the area formed by loose stone layers. The temporary excavation support is provided by anchors, spiles, lattice arches, welded mesh and shotcrete according to the New Austrian Tunnelling Method (NATM). In the first working phase, the upper part of the excavation, the top heading, is carried out (see Fig. 6). The core and bottom excavation follows.

The excavation advance length depends on geological conditions and the dimensions of the profile. It varies between 1.0 and 4.4 metres. With four rounds of excavation in the standard profile it is possible to achieve the average daily rate of 10m. Accumulated water from the ground massif has to be diverted until the completion of the secondary lining, first of all in the area of loose ground strata in the Gießenbach valley, where the water inflow rate is permanently high.

### 1.4 Tunnel excavation in the Gießenbach area

Probably the greatest demands for the tunnel excavation had to be coped with during the construction of a 600m long section across the loose stone layer in the Gießenbach valley. In the river valley alluvial deposits and in the tightly deposited gravel layers it was necessary to apply additional support elements to ensure excavation stability – an 8m long multi-layer spiling umbrella and anchors stabilising the excavation face (see Fig. 7). In the worst geological conditions (the tunnel excavation in the Gießenbach area), the main assumption was that the whole profile was closed and the temporary lining was installed. The lining was subsequently removed (during the excavation of the bench). The temporary lining, the so-called “top heading invert” was used for reducing the rate of deformations of the partial excavation. The temporary invert (the so called bottom) was stabilised by a 30cm thick layer of shotcrete and one layer of welded mesh.



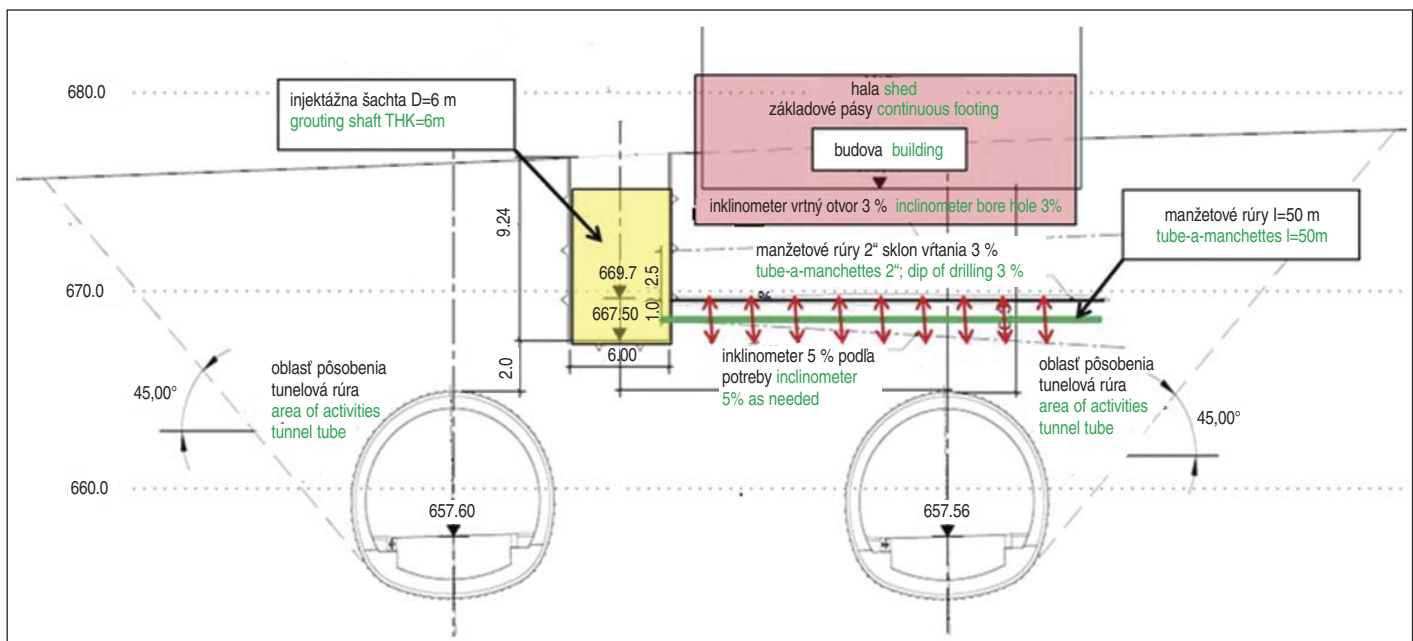
Obr. 7 Postup razenia v oblasti Gießenbach (8 m dáždnik – Tubespile R51)

Fig. 7 Tunnel excavation procedure in the Gießenbach area (8m long umbrella – Tubespile R51)

kávane stúpnuť až o niekoľko metrov po úroveň kaloty. Pre zabezpečenie stavby proti zaplaveniu, prípadne zabráneniu nekontrolovateľného prítoku cez čelbu sa podnikli rozsiahle opatrenia v oblasti vodného hospodárstva, napr. z povrchu vrtané 45 m hlboké studne. Čerpacie zariadenie je nadimenzované na výkon čerpania až 3000 l/s. Prevádzka zariadenia na čerpanie vody prebieha na základe vyhodnotenia meraní z monitorovacích zariadení. Ako recipient slúži počas razenia križujúci potok Gießenbach.

Tunel prechádza v dĺžke 300 m popod obytnú a prevádzkovú budovu a obecnú infraštruktúru (cesty, inžinierske siete). Na základe veľmi nízkeho nadložia tunela sa predpokladá sadanie terénu s hodnotami až 5 cm. Na zabránenie škodám je plánované vyrovnávacie zdvíhanie budov, pri ktorom sa zo šiestich šachiet, rozmiestnených medzi stropom klenby tunela a základmi budovy, navrtávajú polia vejárovitého tvaru. V nich sú osadené manžetové rúry, cez ktoré sa v odstupňovaných krokoch, v závislosti od postupu razenia, injektuje horninové prostredie cementovou suspenziou postupu (obr. 8, 9, 10). Táto veľmi komplexná technológia prebieha za pomoci zabudovaných inklinometrov a meraní sadania terénu a objektov. Prostredníctvom injektáže

It was additionally necessary for preventing undesirable settlement in some sections to divide the excavation face into a pilot crown drift driven in advance and the following top heading side-wall drifts. Additional measures, for example strengthening the face-advance core by grouting or sequential excavation of the face, were required in especially difficult geological conditions. Apart from the restricting conditions during the tunnel excavation in the Gießenbach valley, the water table located under the tunnel bottom level may unexpectedly rise even several metres up to the top heading level. Extensive measures from the field of water management, for example 45m deep wells bored from the surface, were implemented with the aim of securing the construction against inundation or preventing uncontrollable inflow through the excavation face. The pumping equipment is designed for the pumping rate up to 3000L/s. The operation of the water pumping equipment depends on the assessment of measurements provided by the monitoring sensors. The route crossing the Gießenbach brook is used as the recipient during the excavation.



Obr. 8 Schéma šácht pre kompenzačnú injektáž

Fig. 8 Layout of shafts for compensation grouting





Obr. 9 Šachta s ostením z prevrtávaných pilot  
Fig. 9 Shaft with secant pile lining



Obr. 11 Zastavané územie Gießenbach nad tunelom (Firma Langmatz – injektážne šachty a odvodňovacie potrubie)  
Fig. 11 Developed Gießenbach area above the tunnel (Langmatz company – shafts for injecting grout and a drainage pipeline)

cementovou suspenziou sa dosiahlo zdvihnutie podtunelovaného objektu (výrobnej haly firmy Langmatz – obr. 11) až o 3,5 cm pri použití viac ako 2 000 000 litrov suspenzie.

## ZÁVER

Realizáciou obchvatu Oberau sa dopravné podmienky na štátnej ceste B2 v Loisachtal medzi obcami Eschenlohe a Garmisch-Partenkirchen výrazne zlepšia. Nosným objektom tohto 4,2 km dlhého úseku v cene 210 mil. eur je tunel Oberau, ktorý po dokončení svojou dĺžkou takmer 3 km nahradí tunel Farchant na pozíciu najdlhšieho cestného tunela v Bavarsku. Dokončenie obchvatu a jeho odovzdanie do prevádzky je naplánované na koniec roka 2021.

Ing. IGOR SCHNIERER, igor.schnierer@tucon.sk,  
TuCon, a. s.

Recenzovali Reviewed: Ing. Soňa Masarovičová,  
Ing. Jozef Frankovský



Obr. 10 Realizácia injektážnych prác v oblasti Gießenbach (hĺbené šachty a vrtanie injektážnych vrtov)  
Fig. 10 Realisation of grouting in the Gießenbach area (sunk shafts and drilling of grouting holes)

The tunnel runs at the length of 300m under residential and operational buildings and general infrastructure (roads, utility networks). With respect to the very low overburden, the surface settlement is expected to reach up to 5cm. Compensating lifting of buildings is planned for preventing damage. Fan-shaped fields of boreholes will be carried out from six shafts distributed between the tunnel vaulted roof and foundations of buildings. Tube-a-manchettes are inserted in the boreholes and cement suspension is injected through them into the ground environment in graded steps, depending on the tunnel excavation advance (see Figures 8, 9, 10). This highly complex technology is implemented with the help of inclinometers installed in the ground and surveying the terrain and buildings. Lifting of a structure crossed under by the tunnel (Langmatz company's production shop – see Fig. 11) by up to 3.5cm was managed by injecting over 2,000,000 litres of cement suspension grout.

## CONCLUSION

The traffic conditions on the B2 national road in Loisachtal between the village of Eschenlohe and the Garmisch-Partenkirchen centre will be significantly improved by the realisation of the Oberau by-pass road. The Oberau tunnel is the main structure of this 4.2km long section with the cost of 210 million Euros. After its completion this nearly 3km long tunnel will replace the Farchant tunnel in the position of the longest road tunnel in Bavaria. The completion of the by-pass road and opening it to traffic is planned for the end of 2021.

Ing. IGOR SCHNIERER, igor.schnierer@tucon.sk,  
TuCon, a. s.

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] BREITKOPF, M. Tunneldurchbruch Oberau ist geschafft [online]. 2017 [cit. 21.11.2017]. Dostupné na internete <<https://www.br.de/nachrichten/oberbayern/inhalt/tunneldurchbruch-oberau-steht-unmittelbar-bevor-100.html>>
- [2] BRINKMANN, T. Tunnel Oberau: Das Bier zum Durchbruch zahlt Dobrindt [online]. 2017 [cit. 20.11.2017]. Dostupné na internete <<https://www.merkur.de/lokales/garmisch-partenkirchen/oberau-ort60590/tunnel-oberau-bier-zum-durchbruch-zahlt-alexander-dobrindt-8796915.html>>
- [3] JAZBEC, A. Tunnel Oberau "B2 neu, Sprengung!" [online]. 2017 [cit. 20.11.2017]. Dostupné na internete <<https://www.kreisbote.de/lokales/garmisch-partenkirchen/tunnel-oberau-neu-sprengung-8461829.html>>
- [4] Projektová dokumentácia k stavbe „Štátna cesta Bundesstraße 2 (B2) München – Garmisch-Partenkirchen, obchvat obce Oberau, Tunel Oberau“, Nemecko

# PROJEKT VÝSTAVBY CESTNÉHO TUNELA ROSENSTEIN, NEMECKO

## ROSENSTEIN ROAD TUNNEL CONSTRUCTION PROJECT IN GERMANY

LUBOŠ PODOLEC

### ABSTRAKT

V príspevku je predstavená výstavba dvojrúrového cestného tunela v centrálnej časti Stuttgartu, hlavného mesta nemeckej spolkovej krajiny Bádensko-Württembersko. Potreba výstavby projektu vznikla z dôvodu zložitej dopravnej situácie.

### ABSTRACT

This paper introduces the construction of a double-tube road tunnel in the central part of Stuttgart, the capital of the Baden-Württemberg federal state of Germany. The need for the project development originated because of a complicated traffic situation.

### ÚVOD

V meste Stuttgart, v ktorom žije 630 tis. obyvateľov, (v administratívnej oblasti Stuttgart žije 2,7 mil. obyvateľov a v celej metropolitnej oblasti Stuttgart až 5,4 mil obyvateľov), je vysoko rozvinutá priemyselná infraštruktúra. Svoje výrobné závody tu majú spoločnosti, ako sú Daimler AG (Mercedes Benz), Porsche, Bosch, Hewlett-Packard, IBM a mnohé ďalšie, čomu zodpovedá aj stupeň automobilovej premávky. Podľa spoločnosti TomTom (svetový výrobca autonavigácií) v žiadnom inom nemeckom meste nestoja ľudia v dopravných zápchach tak často a tak dlho ako v Stuttgarte. Niekoľkokilometrové dopravné kolóny sú na dennom poriadku. V roku 2015 v nich strávili vodiči v tomto meste priemerne 73 hodín. V celoeurópskom porovnaní indexu dopravných zápch sa Stuttgart spolu s Rímom nachádzajú na 5. mieste a medzi nemeckými mestami práve Stuttgart so svojím indexom 29 % jednoznačne vedie.

Mesto Stuttgart rozhodlo riešiť neúnosnú dopravnú situáciu v jednom z kritických miest na cestách B10 a B14 v blízkosti zoologickej záhrady Wilhelma, kde hustá každodenná premávka a vysoký počet návštevníkov ZOO (obr. 1) mnohokrát úplne zablokovali frekventovanú cestu B10/14 na Neckartalstraße. Vybudovaním nového tunela Rosenstein, ktorý obíde križovatku ulíc Pragstraße a Neckartalstraße, dôjde k výraznému odľahčeniu dopravy.



Obr. 1 Každodenná dopravná situácia na mieste výstavby projektu – ulica Neckartalstraße

Fig. 1 Daily traffic situation on the project construction site – Neckartalstraße street

### INTRODUCTION

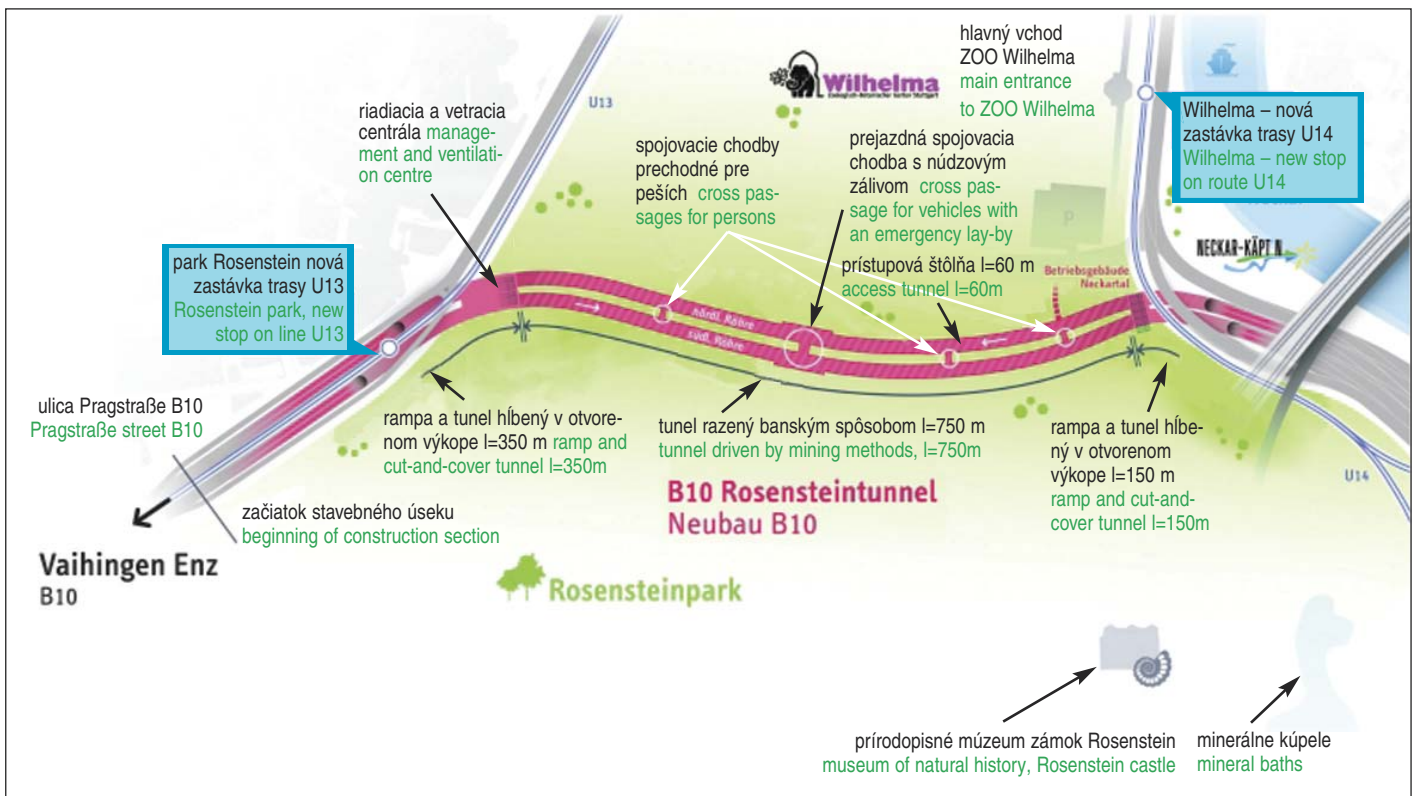
A highly developed industrial infrastructure exists in the city of Stuttgart with a population of 630 thousand (a population of 2.7 million living in the Stuttgart administrative region and up to 5.4 million in the whole Stuttgart metropolitan region). Companies, such as for example Daimler AG (Mercedes Benz), Porsche, Bosch, Hewlett-Packard, IBM and many others, have got their manufacturing plants in the city and the degree of vehicular traffic corresponds to this fact. According to TomTom company, a global producer of car navigation technology, in no other German city do people get stuck in traffic jams so often and long as in Stuttgart. Several kilometres long traffic columns are on a daily occurrence. In 2015, drivers spent 73 hours on average in traffic jams. In a Europe-wide comparison, Stuttgart and Rome rank 5<sup>th</sup> and among German cities it is Stuttgart that clearly leads with its index of 29%.

The City of Stuttgart decided to solve the unbearable traffic situation in one of critical places on the B10 and B14 roads in the vicinity of Wilhelma ZOO, where the high-density daily traffic flow and the high number of the ZOO visitors (see Fig. 1) have many times completely blocked the busy road B10/14 on Neckartalstraße street. By constructing the new tunnel, Rosenstein, which will bypass the intersection between Pragstraße and Neckartalstraße streets, the traffic flow will be significantly reduced.

### BASIC PROJECT DATA

Project owner	City of Stuttgart
Total length	2x1300m
Cut-and-cover part length	550m
Mined part length	750m
Volume of excavation in the mined part	175,000m <sup>3</sup>
Volume of excavation	
in the cut-and-cover part	ca 130,000m <sup>3</sup>
Volume of shotcrete	35,000m <sup>3</sup>
Surface area of new roads	ca 50,300m <sup>2</sup>
Surface area of new pavements	ca 1,800m <sup>2</sup>
Construction time	ca 6 years





Obr. 2 Situácia projektu tunela Rosenstein  
Fig. 2 Layout of Rosenstein tunnel project

**ZÁKLADNÉ ÚDAJE O PROJEKTE**

Investor	..... mesto Stuttgart
Celková dĺžka	..... 2x1300 m
Dĺžka hĺbenej časti	..... 550 m
Dĺžka časti razenej banským spôsobom	..... 750 m
Objem vytáženej horniny razenej časti	..... cca 175 000 m <sup>3</sup>
Objem vytáženej horniny hĺbenej časti	..... cca 130 000 m <sup>3</sup>
Objem striekaného betónu	..... cca 35 000 m <sup>3</sup>
Plocha nových ciest	..... cca 50 300 m <sup>2</sup>
Plocha nových chodníkov	..... cca 1 800 m <sup>2</sup>
Doba výstavby	..... cca 6 rokov

**CHARAKTERISTIKA PROJEKTU**

Celému projektu predchádzal v rokoch 2007–2010 intenzívny prieskum na odhalenie nevybuchnutej munície, pretože miesto výstavby sa nachádza na území bombardovanom spojencami počas 2. svetovej vojny. Prieskum uskutočnila spoločnosť KMBD (Kampfmittelbeseitigungsdienst Baden-Württemberg), ktorej sa podarilo v priestoroch parku Rosenstein v smere trasy budúceho tunela odhaliť a zneškodniť desiatky trhavých a fosforových – termitových zápalných bômb.

Tunel Rosenstein je dvojrúrový cestný tunel, ktorý prechádza z väčšej časti pod parkom Rosenstein a z menšej časti popod zoologickú záhradu Wilhelma a bude slúžiť ako dopravné prepojenie medzi mestskými časťami Stuttgart-Zufenhhausen a Stuttgart-Ost s napojením na minerálne kúpele Leuze (obr. 2).

Z dôvodu obmedzeného priestoru na zariadenie staveniska sa muselo prístupit' ku vyrazeniu 40 m dlhej prístupovej štôlne (obr. 3) z autobusového parkoviska ZOO Wilhelma. Následne sa z tejto prístupovej štôlne vyrazila kalotová časť južnej a severnej tunelovej rúry, najskôr smerom ku ulici Neckartalstraße a následne smerom ku ulici Pragstraße (obr. 4, 5, 6) Celková dĺžka tunela je 1300 m, z čoho 750 m bolo razených banským spôsobom. V pozdĺžnom smere od západu na východ má tunel sklon +4 %. Definitívny profil tunela má šírku 10,38 m a výšku 9,42 m. Výrubová plocha má veľkosť 110 m<sup>2</sup>,

**PROJECT CHARACTERISTICS**

The work on the entire project was preceded in 2007–2010 by an intense survey project to locate unexploded ammunition because the location of the construction lies in an area bombed by the allies during World War II. The survey was carried out by the company of KMBD (Kampfmittelbeseitigungsdienst Baden-Württemberg), which managed to find and defuse tens of explosive bombs and white phosphorus – termite incendiary bombs in the area of Rosenstein Park, in the direction of the route of the future tunnel.

The Rosenstein is a double-tube road tunnel with the major part running under the Rosenstein Park and a smaller part under the Wilhelma zoological park. It will provide traffic link between the Stuttgart-Zufenhhausen and Stuttgart-Ost urban districts, with a connection to the Leuze mineral baths (see Fig. 2).



Obr. 3 Celková stiesnená plocha zariadenia staveniska s portálom prístupovej štôlne na bývalom autobusovom parkovisku ZOO Wilhelma  
Fig. 3 The overall confined area of the construction site facilities with the portal of the access tunnel on the former ZOO Wilhelma bus parking lot





Obr. 4 Začatie razenia prístupovej štôlne  
Fig. 4 The beginning of driving the access tunnel

v mieste núdzového zálivu 145 m<sup>2</sup>. Obe tunelové rúry sú vzájomne spojené štyrmi únikovými chodbami vo vzdialenosti približne 165 m od seba. Únikové chodby č. 1, 3 a 4 sú určne výhradne pre evakuáciu osôb. Úniková chodba č. 2, ktorá sa nachádza medzi núdzovými zálivmi, je určená taktiež pre prejazd vozidiel záchranných zložiek. Dva 55 m dlhé núdzové zálivy sa nachádzajú približne v strede tunela. Primárne ostenie tunela je zo striekaného betónu a definitívne ostenie zo železobetónu. V tuneli, približne s odstupom 150 m, sa nachádza celkovo 12 požiarnych výklenkov a 12 výklenkov pre SOS volania. Ďalej sa v tuneli nachádzajú 3 výklenky pre obsluhu ventilátorov a 4 výklenky so svetelnou signalizáciou. V staničení od km 0+543,959 po km 0+650,500 (južná tunelová rúra) a od km 0+552,019 po km 0+647,600 (severná tunelová rúra) sa nachádza v tuneli 16 výklenkov pre geotermálnu technológiu určenú na vykurovanie, alebo chladenie priestorov so zvieratami v zoologickej záhrade Wilhelma, čím by sa malo ročne ušetriť viac ako 200 ton CO<sub>2</sub>. Na zlepšenie odvedenia použitého vzduchu sa vo väčšej časti tunela vybuduje železobetónový medzistrop, ktorý je napojený na ventilátorovú vetráciu šachtu, ktorá je umiestnená v technicko-riadiacom centre na ulici Pragstraße. Tunel sa nachádza v hĺbke od 6 m do 20 m pod povrchom. Súčasťou projektu je aj náročná prekládka elektrických tratí, výstavba novej elektrickej zástavky priamo pred ZOO Wilhelma, prekládka ciest B10/B14, demontáž dreveného mosta ponad rieku Neckar, výstavba nových ciest a chodníkov, výstavba dočasného autobusového parkoviska a prekládka kanalizácií.

## GEOLOGICKÉ PODMIENKY

Celý tunel sa nachádza v triasových horninových formáciách vápencov, ílov, ílovcov, pieskocov a bridlíc s veľmi nízkou pevnosťou. Zo strany ulice Pragstraße sa cca od tm 650 objavila formácia nestabilných hornín s obsahom sádrovca, čo malo značný dopad na vrtné práce s použitím vodného výplachu. Hrúbka nadložia 5–6 m zo strany ulice Pragstraße predstavovala zvýšené riziko raziacich prác s ohľadom na hroziaci zával. Približne na staničení tm 0 až tm 400 zo strany ulice Neckartalstraße sa nachádzali v oblasti počvy a lavice silno zvodnene horniny tzv. Bochinger horizont a porézne vápence (Zellenkalk), ktoré boli tiež značne rizikové pre raziace práce. Z tohto dôvodu bolo nevyhnutné vodonosné horninové vrstvy v predstihu utesniť cemento-bentonitovou injektážou (obr. 7, 8), aby sa zamedzilo priesakom vody do tunela.

Konvergencie nadložia počas razenia kaloty dosahovali v priemere hodnoty 1 až 3 cm. Tieto hodnoty sa po následnom vyrazení lavice navýšili na výsledných 4 až 5 cm.

Tunel sa nachádza v ochranej zóne liečivých prameňov Stuttgart-Bad Cannstatt a Stuttgart-Berg, preto bolo potrebné



Obr. 5 Otváranie kaloty severnej tunelovej rúry pomocou tunelového bágra CAT 328D

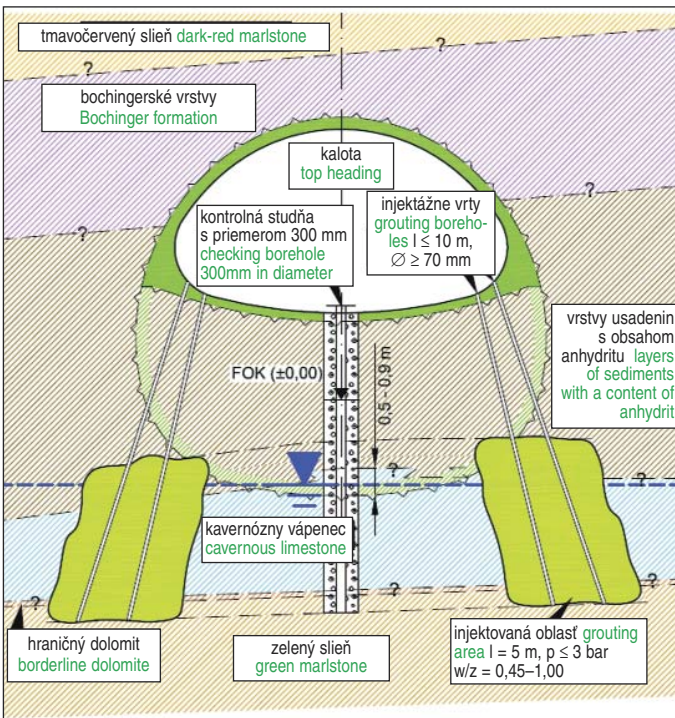
Fig. 5 Opening the excavation of the northern tunnel tube top heading using CAT 328D tunnel excavator

With respect to the limited space available for construction site facilities, it was necessary to proceed to driving a 40m long access tunnel (see Fig. 3) starting at the Wilhelma ZOO bus parking. The top heading parts of the southern and northern tunnel tubes were subsequently excavated from the access tunnel, first in the direction of Neckartalstraße street and then in the direction of Pragstraße street (see Figures 4, 5, 6). The total tunnel length amounts to 1300m, of which the length of 750m was driven by mining methods. The west-east longitudinal gradient of the tunnel is +4%. The final tunnel cross-section is 10.38m wide and 9.42m high. The excavated cross-sectional area amounts to 110m<sup>2</sup>, at the emergency lay-by to 145m<sup>2</sup>. The two tunnel tubes are interconnected by four escape cross passages spaced approximately at 165m. Escape cross passages No. 1, 3 and 4 are intended solely for the evacuation of persons. Escape passage No. 2, which is located between the emergency lay-bys, is in addition designed for the passage of vehicles of rescue units. Two 55m long emergency lay-bys are located approximately in the middle of the tunnel. The primary lining of the tunnel is from sprayed concrete and the final lining is from reinforced concrete. There are in total 12 fire equipment recesses and 12 SOS niches in the tunnel, approximately at intervals of 150m. In addition, 3 recesses for operators of fans and 4 niches for traffic light signals are in the tunnel. There are 16 recesses for geothermal equipment at chainage from km 0+543.959 to km 0+650.500



Obr. 6 Vystužovanie prieniku severnej tunelovej rúry s prístupovou štôľňou  
Fig. 6 Installation of concrete reinforcement at the intersection between the northern tunnel tube and the access tunnel





Obr. 7 Systém cemento-bentonitovej injektáže vodonosného horizontu poréznych vápencov

Fig. 7 The system of cement-bentonite grouting into the water-bearing horizon of porous limestone

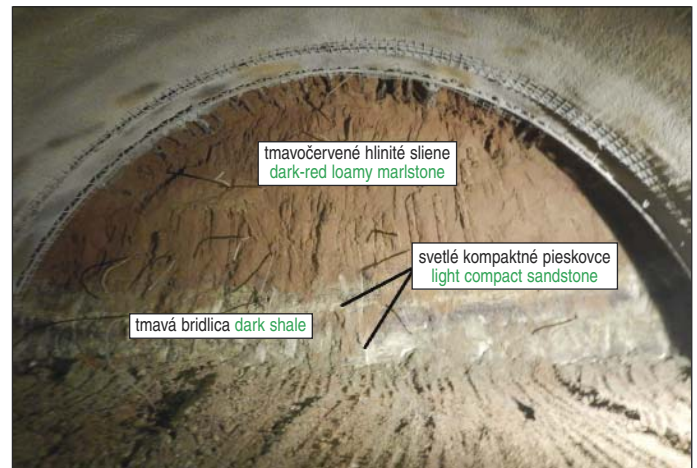
venovať problematike utesnenia zvýšenú pozornosť. Taktiež bolo nevyhnutné zamedziť počas razenia tunela akémukoľvek prenikaniu ropných látok do podzemnej vody, ktorá bola využívaná priamo v zoologickej záhrade Wilhelma a jej kontaminácia by mala katastrofálne následky pre faunu a flóru zoologickej záhrady.

## PROCES VÝSTAVBY

Z dôvodu obmedzených priestorových pomerov sa pristúpilo k výstavbe tunela Rosenstein až po vyrazení cca 40 m dlhej prístupovej štôlne. Tunel sa razil metódou NRTM, ktorá cielene a vedome využíva nosné vlastnosti horninového masívu s cieľom optimalizovať proces razenia a zabezpečenia výrubu a minimalizovať s tým spojené ekonomické náklady (obr. 9).

Vzhľadom na geologickú štruktúru horninového masívu, v ktorom sa tunel razil (horniny s nízkou pevnosťou), sa na razenie použil tunelový bager CAT 328 D. Odtážba z tunela na medziskládku v priestoroch staveniska sa realizovala pomocou nakladačov Toro 501 D, Liebherr 566 a CAT 966 K. Z dôvodu nízkej kapacity medziskládky boli kladené zvýšené nároky na logistiku odtážby pomocou nákladných áut, ktoré museli zvládnuť hustú premávku v Stuttgarte. Po rozpojení horniny a jej odtážení nasledovala fáza zabezpečenia stability výrubu konštrukciou zo striekaného betónu, zváraných sietí Q257A/Q335A a priehradových nosníkov (obr. 10). Výrub bol zaistený ochranným dáždnikom s 4 m dlhými IBO ihlami typu R32 L alebo narážanými 4 m dlhými oceľovými ihlami Ø 36 mm. Na radiálne kotvenie výrubu sa použili IBO svorníky typu R32 L o dĺžke 4 m. V oblasti prechodu tunela popod ZOO Wilhelma sa na zaistenie výlomu používal ochranný dáždnik z oceľových mikropilót dĺžky 15 m, Ø 114,30 mm a Ø 139,70 mm. Na vrtanie ihli, kotiev a mikropilótového dáždnika sa používal dvojlafetový vrtný voz Atlas-Copco E2C (tab. 1).

Proces razenia tunela Rosenstein prebehol v období marec 2015 až apríl 2017.



Obr. 8 Geologická stavba južnej tunelovej rúry – kalota

Fig. 8 Geologic structure along the southern tunnel tube – top heading

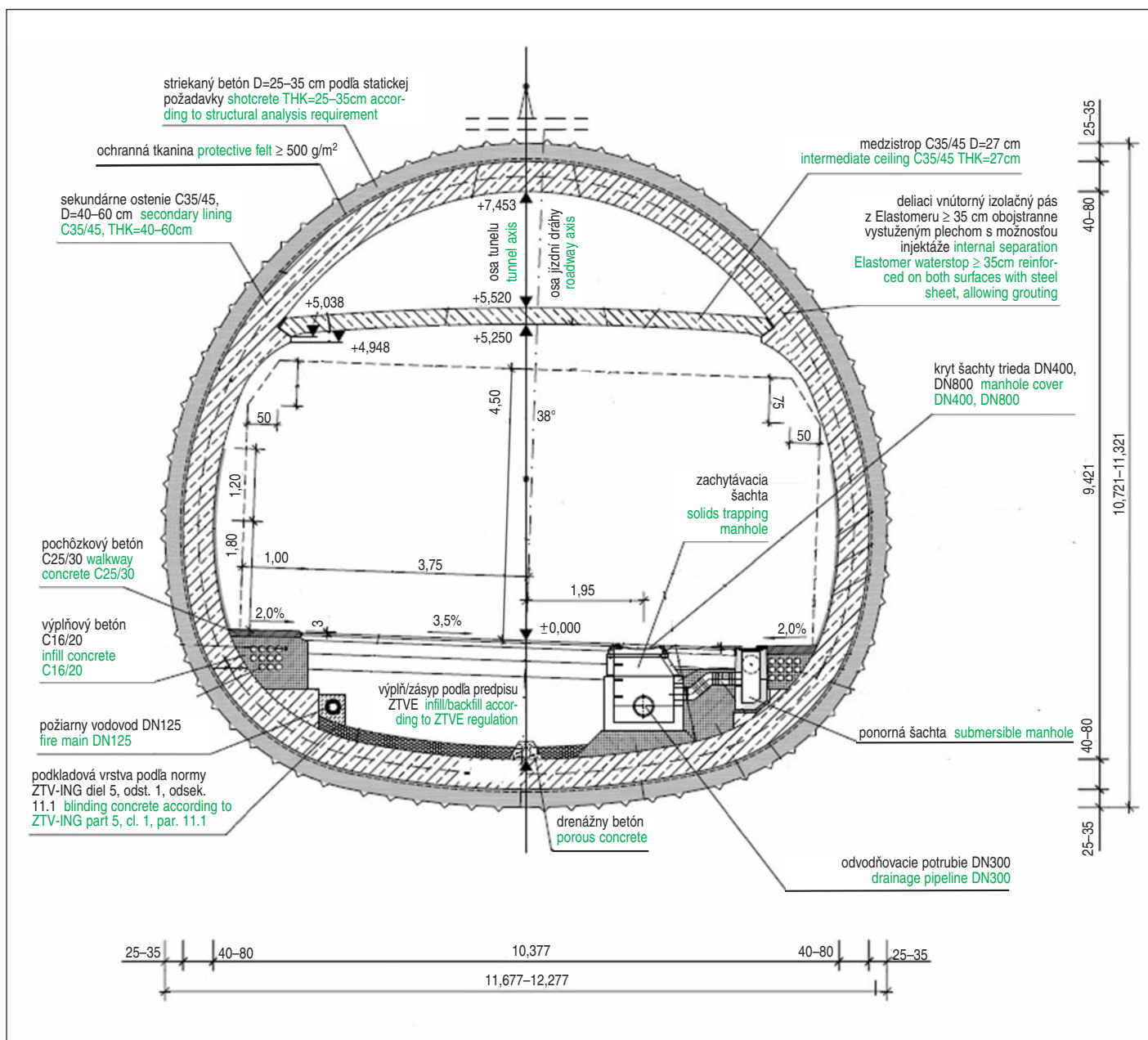
(the southern tunnel tube) and from km 0+552.019 to km 0+647.600 (the northern tunnel tube) in the tunnel. The equipment is designed for heating or cooling of rooms for animals in the Wilhelma zoological garden. This system should annually save over 200 tonnes of CO<sub>2</sub>. A reinforced concrete intermediate deck connected to the ventilation shaft equipped with fans will be built in a major part of the tunnel for enhancing the evacuation of the polluted air. The shaft is located in the technical-management centre in Pragstraße street. The tunnel lies at the depth ranging from 6m to 20m under the terrain surface. The project in addition comprises the exacting relocation of tramway tracks, construction of a new tramway stop directly in front of ZOO Wilhelma, relocation of the B10/B14 roads, dismantling of a wooden bridge over the river Neckar, construction of new roads and pavements, construction of a temporary bus parking and relocation of sewers.

## GEOLOGIC CONDITIONS

The whole tunnel is located in Triassic ground formations formed by limestone, clay, mudstone, sandstone and very low strength shale. A formation of instable ground types with content of gypsum appeared from the side of Pragstraße street, approximately from the tunnel chainage m 650. This fact significantly affected the drilling operations using flushing with water. The overburden thickness of 5–6m from the side of Pragstraße street posed an increased risk to the tunnel excavation operations with respect to the danger of the excavation collapse. Heavily water-bearing ground, the so-called Bochinger horizon, and porous limestone (Zellenkalke) were located in the area of the bottom and bench approximately at tunnel chainage m 0–400 from the side of Neckartalstraße street. They were also significantly dangerous for the tunnel excavation operations. It was for that reason necessary to seal the water-bearing ground layers in advance by cement-bentonite grouting (see Figures 7, 8), so that the seeping of water into the tunnel was prevented.

The overburden convergence values during the course of the top heading excavation reached 1 to 3cm on average. These values increased after the subsequent excavation of the bench to final 4 to 5cm.

The tunnel is located within the protected zone of Stuttgart-Bad Cannstatt and Stuttgart-Berg healing springs. For that reason the problem of sealing required increased attention. It was in addition necessary to prevent the penetration of petroleum substances into ground water, which was used directly in



Obr. 9 Vzorový priečný rez tunelovej rúry

Fig. 9 Typical cross-section through the tunnel tube



Obr. 10 Južná tunelová rúra – zaistovanie výrubu oblúkovým priehradovým nosníkom

Fig. 10 Southern tunnel tube – excavation support using an arched lattice girder

the Wilhelma zoological garden. Its contamination would have had catastrophic consequences for the fauna and flora of the zoological garden.

### CONSTRUCTION PROCESS

Because of limited space conditions, the Rosenstein tunnel excavation commenced only after the excavation of a 40m long access tunnel had been finished. The Rosenstein tunnel was driven using the NATM, which purposefully and wilfully utilises the load-bearing properties of rock mass with the objective to optimise the excavation process and the excavation support and to minimise economic costs associated with it (see Fig. 9).

CAT 328 D tunnel excavator was used for the tunnel excavation, taking into consideration the geology structure of the ground massif through which the tunnel was driven (low-strength rock types). The muck was loaded and removed from the tunnel and stored on an intermediate stockpile using Toro 501 D, Liebherr 566 and CAT 966 K loaders. Because of the



Tabuľka 1 Porovnanie výrubových tried v oboch tunelových rúrach  
Table 1 Comparison of excavation support classes in both tunnel tubes

južná tunelová rúra southern tunnel tube					
staničenie chainage (tm)		výrubová trieda excavation support class	dĺžka záberu excavation round length (m)	hrúbka striek. betónu shot- crete thickness (cm)	typ KARI siete KARI mesh type
0,00	10,50	7A-K-2-1	1,00	30	Q 335 A
10,50	69,80	6A-K-1	1,20	25	Q 257 A
69,80	88,80	7A-K-1	1,00	30	Q 257 A
88,80	390,50	6A-K-3	1,20	25	Q 257 A
390,50	451,90	6A-U-1	1,20	30	Q 257 A
451,90	467,20	6A-K-1	1,20	25	Q 257 A
467,20	482,80	6A-K-3	1,20	25	Q 257 A
482,80	527,20	6A-K-1	1,20	25	Q 257 A
527,20	530,20	7A-K-1	1,20	30	Q 257 A
530,20	742,20	7A-K-2-1	1,00	25	Q 257 A
severná tunelová rúra northern tunnel tube					
staničenie chainage (tm)		výrubová trieda excavation support class	dĺžka záberu excavation round length (m)	hrúbka striek. betónu shot- crete thickness (cm)	typ KARI siete KARI mesh type
0,00	10,80	7A-K-2-1	1,00	30	Q 335 A
10,80	70,80	6A-K-1	1,20	25	Q 257 A
70,80	89,20	7A-K-1	1,00	30	Q 257 A
89,20	144,40	6A-K-1	1,20	25	Q 257 A
144,40	370,80	6A-K-3	1,20	25	Q 257 A
370,80	434,40	6A-U-1	1,20	30	Q 257 A
434,40	515,40	6A-K-1	1,20	25	Q 257 A
515,40	517,40	7A-K-1	1,20	30	Q 257 A
517,40	733,30	7A-K-2-1	1,00	25	Q 257 A

## ZÁVER

Mesto Stuttgart plánuje na vyriešenie celkovej dopravnej situácie vybudovať 63 km cestných a železničných tunelov, z čoho sa už zrealizovalo alebo je zatiaľ vo výstavbe 13 km.

Riešenie dopravného prepojenia ciest B10 a B14 výstavbou tunela Rosenstein sa javí ako najšetrnejší zásah do prírodného prostredia parku Rosenstein a zoologickej a botanickej záhrady Wilhelma s ohľadom na ochranu liečivých minerálnych prameňov kúpeľov Leuze. Projekt taktiež citlivo rieši možnosť bezproblémového priameho napojenia cyklotrás a ciest pre peších na Rosensteinpark a ZOO Wilhelma. Náklady projektu sa pohybujú na úrovni 96 mil. eur bez DPH. Projekt bude uvedený do prevádzky začiatkom roku 2020.

Ing. LUBOŠ PODOLEC, lubos.podolec@tucon.sk,  
TuCon, a. s.

Recenzovali Reviewed: Ing. Viktória Chomová,  
Ing. Miloslav Frankovský

low capacity of the intermediate stockpile, increased demands were placed on the logistics of transport by trucks, which had to cope with the intensity of traffic in Stuttgart. After the ground disintegration and removal of muck, the phase of ensuring the stability of excavation followed, using shotcrete, welded mesh Q257A/Q335A and lattice girders (see Fig. 10). The excavated space was secured by canopy pre-support consisting of 4m long R32 L-type IBO spiles or 4m long, Ø 36mm steel spiles driven into the face. Radial anchoring of the excavated opening was carried out using 4m long, R32 L-type IBO rock bolts. Canopy tube pre-support using 15m long steel tubes Ø 114.30 mm and Ø 139.70 mm was used for the excavation support in the area of the passage of the tunnel under ZOO Wilhelma. Drilling for the spiles, anchors and canopy tubes was carried out using an Atlas-Copco E2C twin-boom drill rig (table 1).

The Rosenstein tunnel excavation continued from March 2015 through to April 2017.

## CONCLUSION

To solve the overall traffic situation, the City of Stuttgart plans to build 63km of road and rail tunnels. Of this length, 13km have already been completed or are under construction.

The solution to the transportation link between the B10 and B14 roads by the construction of the Rosenstein tunnel appears to be the most considerate intervention into the natural environment of the Rosenstein park and the Wilhelma zoological garden and botanic garden taking into consideration the protection of healing mineral springs of the Leuze bath. The project in addition sensitively solves the possibility of trouble-free direct connection of cycling routes and pedestrian routes to the Rosensteinpark and the ZOO Wilhelma. The project cost fluctuates about 96 million Euros without VAT. The project will be inaugurated at the beginning of 2020.

Ing. LUBOŠ PODOLEC, lubos.podolec@tucon.sk,  
TuCon, a. s.

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] Bauprojekt Rosensteintunnel [online]. 2017 [cit. 21.11.2017]. Dostupné na internete < <http://www.stuttgart.de/rosensteintunnel/> >
- [2] Stuttgart bleibt Stau-Hauptstadt [online]. 2015 [cit. 20.11.2017]. Dostupné na internete < <http://www.stuttgarter-nachrichten.de/inhalt.tomtom-verkehrsindex-2014-stuttgart-bleibt-stau-hauptstadt.df52d478-b621-43d1-a6b1-4768787e2545.html> >
- [3] DURCHDENWALD, T. Staus sind donnerstags besonders lang [online]. 2016 [cit. 20.11.2017]. Dostupné na internete < <http://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.tomtom-verkehrsanalyse-fuer-stuttgart-staus-sind-donnerstags-besonders-lang.5a3e8933-6e6b-4351-be4a-72cedbcbfc32.html> >
- [4] STAUgart statt Stuttgart [online]. 2014 [cit. 20.11.2017]. Dostupné na internete < <http://www.bild.de/auto/auto-news/stau/tomtom-ranking-stau-stadt-deutschland-stuttgart-36228824.bild.html#fromWall> >
- [5] Projektová dokumentácia B10 Rosensteintunnel, Stuttgart 2014
- [6] <http://www.stuttgart.de/rosensteintunnel///item/show/565055>



# FOTOREPORTÁŽ Z VÝSTAVBY KOLEKTORU HLÁVKŮV MOST

## PICTURE REPORT FROM CONSTRUCTION OF HLÁVKŮV BRIDGE UTILITY TUNNEL

FOTO / PHOTO VLADIMÍR DINDA



**Obr. 1 Šachta J102 – dohloubení dojezdu šplhavého výtahu**  
**Fig. 1 Shaft J102 – completion of the excavation of the shaft pit for the mast climbing lift**



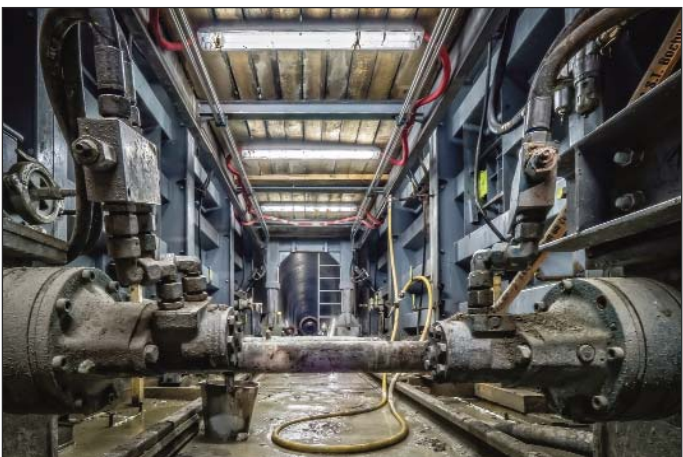
**Obr. 2 Technická komora TK 101 – provádění definitivního ostění a injektáže primárního ostění**  
**Fig. 2 Technical chamber TK 101 – installation of final lining and back grouting behind primary lining**



**Obr. 3 Kolektorová trasa J102–TK103 – montáž armatury kleneb**  
**Fig. 3 Utility tunnel route J102–TK103 – installation of reinforcement of vaults**



**Obr. 4 Kolektorová trasa J102–J101 – primární ostění kolektoru k šachtě J102**  
**Fig. 4 Utility tunnel route J102–J101 – primary utility tunnel lining toward shaft J102**



**Obr. 5 Kolektorová trasa J102–J101 – provádění definitivního ostění kleneb z pohledu přes bednicí formu**  
**Fig. 5 Utility tunnel route J102–J101 – installation of final lining of vaults viewed over the formwork**



**Obr. 6 Šachta J101 – primární ostění**  
**Fig. 6 Shaft J101 – primary lining**



## FOTOREPORTÁŽ Z OTVORENIA TUNELU POVAŽSKÝ CHLMEC PICTURE REPORT FROM OPENING OF POVAŽSKÝ CHLMEC TUNNEL



*Dňa 2. 12. 2017 bol slávnostne uvedený do užívania tunel Považský Chlmec ako súčasť diaľničného úseku D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno).  
The ceremonial opening to traffic of the Považský Chlmec tunnel, a part of the Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno) section of the D3 motorway, to traffic was held on 2<sup>nd</sup> December 2017.*







- Hlubkové vibrační zhutňování
- Velkopřůměrové piloty
- Malopřůměrové piloty
- Deep Soil Mixing
- Trysková injektáž
- Zemní (horninové) kotvy
- Hřebíkování zemin
- Dynamické zhutňování
- Štětovnicové stěny
- Pažící a těsnicí stěny
- Hlubkové odvodnění

www.KellerGrundbau.cz

KELLER - speciální zakládání, spol. s r.o.  
 Na Pankráci 30, 140 00 Praha 4  
 Tel.: +420 226 211 301  
 E-mail: office.praha@kellergrundbau.cz

Kancelář Brno:  
 Vídeňská 120, 619 00 Brno  
 Tel.: +420 547 424 381  
 E-mail: office.brno@kellergrundbau.cz

Kancelář Zlín  
 K Cihelně 246, 763 02 Zlín  
 Tel.: +420 577 103 700  
 E-mail: office.zlin@kellergrundbau.cz



# TUNELY A PODZEMNÉ STAVBY 2018

23.-25. 5. 2018 | hotel Holiday Inn, Žilina  
 www.tps2018.sk | tps2018@guarant.sk



ASSOCIATION  
 INTERNATIONALE DES TUNNELS  
 ET DE L'ESPACE SOUTERRAIN  
**ITA**

**AITES**

INTERNATIONAL TUNNELLING  
 AND UNDERGROUND SPACE  
 ASSOCIATION







## POZVÁNKA

16. ročník mezinárodní konference

## GEOTECHNIKA 2018

konaná u příležitosti významného životního jubilea  
prof. Ing. Josefa Aldorfa, DrSc.

**18. - 19. 10. 2018**

Horský hotel Soláň, Bzové 339, 756 05 Karolinka

Konference je organizována Katedrou geotechniky a podzemního stavitelství Fakulty stavební  
VŠB-TU Ostrava a koná se pod záštitou České tunelářské asociace ITA-AITES



### Hlavní témata konference

- Nové technologie a materiály v geotechnickém, podzemním a hornickém stavitelství
- Pokrokové metody zakládání staveb a progresivní základové konstrukce
- Aktuální geotechnické problémy podzemního a dopravního stavitelství
- Environmentální geotechnika a hydrogeologie (svahové poruchy a sesuvy, výsypky, zaplavovaná území, protipovodňové hráze, odkaliště, úložiště jaderného odpadu, šíření kontaminantů)
- Energetická geotechnika (problematika geotermální energie, energetické geotechnické konstrukce, zásobníky energetických produktů apod.)
- Geotechnický monitoring a riziková analýza v geotechnice
- Vybrané problémy inženýrské geologie, geomechaniky a geofyziky v geotechnice a podzemním stavitelství
- Výuka geotechniky na vysokých školách

### Účastnický poplatek

- Poplatek za účast na konferenci je při včasné registraci do 30. 4. 2018 **3.700,- Kč** vč. DPH (€ 140), **4.200,- Kč** (€ 155) při platbě do 31. 8. 2018.

### Kontaktní osoba

Hana Sedlářová, T: +420 597 321 943, E: hana.sedlarova@vsb.cz

Bližší informace získáte na adrese: <http://www.fast.vsb.cz/geotechnika>

## ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

### MOZAIKA ZE SVĚTA

#### ■ Zmrazování při ražbě tunelu Albula II ve Švýcarsku

O rozhodnutí železniční společnosti Rhätische Bahn vybudovat nedaleko od sv. Mořice souběžně s více než 100 let starým 5864 m dlouhým tunelem Albula I nový železniční tunel Albula II místo složité a za provozu prováděné rekonstrukce starého tunelu, jsme informovali v Tunelu č. 3/2015. Navíc by se při rekonstrukci musely velmi složitě a nákladně vybudovat únikové cesty, které u starého tunelu zcela chyběly. Při stavbě nového tunelu se z něj vyrazí do starého tunelu propojky a po jeho uvedení do provozu se starý tunel upraví na únikovou cestu.

Velkou výhodou při projektování a stavbě nového tunelu byla geologická dokumentace vyhotovená při ražbě tunelu Albula I i při jeho stavbě získané zkušenosti. Tehdy totiž raziči narazili na 150 m dlouhou poruchovou zónu, jejíž jedna část byla vyplněna zvodnělým na prach podrceným dolomitem, který se provalil pod velkým tlakem do výrubu.

Porucha se nachází asi 1300 m od severního portálu, kde za převažujícími břidlicemi následuje méně mocná vrstva dolomitu, která sousedí se žulovým masivem, ve kterém se směrem k jihu razily více než tři čtvrtiny tunelu. Bylo jasné, že porucha vznikla tektonickými posuny, kdy došlo k tření dolomitu o masiv tvrdé žuly.

Průchod poruchou stavbu tenkrát zdržel o 15 měsíců.

Překonání této poruchové zóny bylo klíčovým problémem i při stavbě tunelu Albula II. V nočních přestávkách provozu železnice byl ze starého tunelu vyražen v žulovém masivu v místě budoucí propojky přístup k plánované trase nového tunelu a následně zde byla vyrubána kaverna pro průzkumné a další práce. Z vyhodnocení dvou vodorovných jádrových vrtů vyplynuly následující závěry.

Poruchu, která šikmo upadá ve směru ražby, lze rozdělit na tři části. Ve směru od kaverny je nutné nejprve projít na délce asi 20 m zvodněným dolomitickým práškem, pak asi 90 m dvěma sekcemi celkem pevného dolomitu prostoupeného drobnými krasovými dutinami. Pak už následují břidlice.

Při zvládnutí poruchy při stavbě tunelu Albula I došlo k velkému snížení hladiny podzemní vody v nadloží tunelu. Jedna z podmínek pro stavbu nového tunelu stanovila zákaz jejího dalšího poklesu.

Zvažovány byly dvě varianty opatření pro překonání poruchy: injektáž nebo zmrazování. Z průzkumů a laboratorních zkoušek vyplynulo, že sekce zvodněného dolomitického prášku se zainjektovat nedá. Bylo proto rozhodnuto využít technologii zmrazování.

Definitivní příčný profil tunelu v tomto úseku má vejčitý tvar s vnitřními světlými rozměry 5,77x7,56 m. Ostění bude dvouplášťové s mezilehlou izolací, tloušťka vnějšího (primárního) silně vyztuženého ostění je navržena 65 cm, tloušťka

vnitřního bude 60 cm. Výrub má maximální vnější rozměry 8,17x10,06 m.

Na základě výpočtů bylo stanoveno, že okolo teoretického výrubu bude zmražen horninový prstenec tloušťky 2,5 m s vnějšími rozměry cca 13x15 m. Délka zmrazovaného úseku bude 60 m od pracovní kaverny, přičemž měřeno na vrcholu obálky 17 m bude v mylonitické hornině, 20 m ve zvodnělém dolomitickém prášku a 23 m v dolomitu. Podmínkou bylo, aby i spodní část zmraženého prstence dostatečně zasahovala do dolomitu.

Celkem se včetně kontrolních a také několika drenážních vrtů v ose raženého profilu provedlo 122 vrtů. Mrazící směs tvořil solný roztok, jehož pracovní teplota byla minimálně  $-35^{\circ}\text{C}$ .

Ražba poruchou byla zahájena po třech měsících zmrazování pomocí důlního bagru vybaveného také impaktorem. Po každém záběru byl ihned zahájen nástřik vyztuženého primárního ostění s cílem zabránit deformacím zmraženého prstence. Na projektovanou tloušťku 65 cm muselo být primární ostění dostříkáno do 7 dnů od data výrubu konkrétního záběru. Ražený profil měl plochu  $65\text{ m}^2$ , průměrný postup byl  $0,7\text{ m/den}$ .

Dokončení tunelu Albula II se předpokládá v roce 2018.

*Pozn.: Vřele doporučuji zakoupit tří denní Swisspas a vydat se na okružní jízdu z Churu, přes Disentis, Andermatt, tunel Furka, Zermatt, Brig, Simplonský tunel, Domodossolu, Centovalli, Locarno, Lugano, kolem Lago di Como do Tirana, přes sedlo Bernina, kolem sv. Mořice do tunelu Albula a podél horního Rýnu zpět do Churu. Úžasné putování!*

#### ■ Nejhlubší podvodní silniční tunel na světě prorazen

Na důležité silnici vedoucí po západním pobřeží Norska byl mezi městy Solbakk a Tau prorazen 7980 m dlouhý tunel, který je nejhlubším podvodním tunelem na světě. Prorážka jeho první trouby se odehrála 26. října 2017, ražba druhé trouby má být ukončena v lednu 2018. Tunely mají běžný příčný profil  $68\text{ m}^2$ , v každém budou dva jízdní pruhy. Propojek je celkem 16 s profily od  $17\text{ m}^2$  do  $41\text{ m}^2$ . Na trase byly vyraženy vedle dvou kaveren s profilem až  $308\text{ m}^2$  také čerpací stanice, sedimentační nádrže a technické niky.

Čtyři roky trvající ražby probíhaly v rulách metodou drill and blast. Primární ostění tvořil stříkaný beton a svorníky, v případě potřeby bylo zesíleno sítěmi a příhradovými rámy. Na vodonepropustnou membránu je prováděno definitivní ostění opět ze stříkaného betonu.

#### ■ Pokrok v přípravě stavby druhé trouby Gotthardského automobilového tunelu

O stavbě druhé trouby Gotthardského automobilového tunelu rozhodli celkem těsně švýcarští voliči v referendu v únoru 2016 (viz Mozaika v Tunelu č. 3/2016). Výsledek referenda umožnil plně rozběhnout přípravy, čehož důsledkem bylo, že švýcarský parlament mohl na své schůzi 25. října 2017 schválit generální projekt stavby (general project), takže švýcarský Federální silniční úřad (obdoba našeho ŘSD) pokračuje v zajišťování dalšího stupně dokumentace, který by měl být na jaře roku 2018 předložen ke schválení Federálnímu ministerstvu pro životní prostředí, dopravu, energetiku a spoje.

Při stavbě, která začne nejdříve v roce 2020, budou využity portály připravené při stavbě první trouby na obou jejích koncích, rovněž se využijí čtyři stávající ventilační šachty

a samozřejmě znalost geotechnických podmínek zdokumentovaných při stavbě první trouby.

Uvedení do provozu druhé trouby se předpokládá v roce 2027, pak bude následovat rekonstrukce první trouby a provoz v obou troubách by měl být zahájen v roce 2030.

Ještě je vhodné připomenout, že různými opatřeními, z nichž podstatné je, že v každé troubě bude provoz omezen jen na jeden jižní pruh, má být zajištěno nepřekročení současné provozní kapacity tunelu, což je 1000 vozidel za hodinu v každém směru.

#### ■ Zahájení ražeb tunelu Albvorland

Na nové vysokorychlostní trati Stuttgart – Ulm byla v říjnu 2017 slavnostně zahájena ražba dvoutrubového 8176 m dlouhého tunelu Albvorland, který po dokončení bude desátým nejdelším německým železničním tunelem. Tunel byl současně posledním, který čekal na zahájení prací.

Jeho ražbu zajišťují dva zeminové štíty (EPBs) o průměru 10,82 m a délce 120 m. Délka ražby se předpokládá 18 měsíců při plánovaném průměrném denním postupu 20 m/den. Segmenty definitivního ostění budou mít tloušťku 45 cm a nově vyvinutý těsnicí profil zajišťující vodotěsnost spojů při výšce hladiny podzemní vody nad tunelem až 45 m. Propojky obou trub budou budovány po 500 m.

Je mimořádné, že z celé délky trasy budou polovinu tvořit tunely. Projekt se pyšní ještě jedním objektem. Je jím most přes údolí Fils mezi tunely Bossler a Steinbühl, který je s výškou 85 m třetím nejvyšším železničním mostem v Německu.

#### ■ Stavba vysokorychlostní železnice Stuttgart – Ulm: křížení s dálnicí A8

Na náhorní planině švábských Alb v prakticky nejvyšším bodě celé trasy podchází nová dvojkolejná trať pod ostrým úhlem dálnici A8. V místě křížení se buduje 377 m dlouhý hloubený dvojkolejný tunel a pro jeho stavbu se musela provizorně přeložit část trasy dálnice.

Železobetonová rámová konstrukce světlé výšky 7,55 m má dno a stěny tl. 1 m a tloušťka stropu je 1,3 m. Asi 190 m konstrukce bude vystaveno zatížení dálnicí A8 a provozem na ní. V této části je rámová konstrukce rozdělena na dvě poloviny středovou nosnou stěnou, čímž jsou vytvořeny dva jednokolejné tubusy vnitřní šířky 8,09 m. Ve zbytku délky tubus nemá střední nosnou stěnu, je tedy dvojkolejný s vnitřními rozměry  $15,51 \times 7,55\text{ m}$ .

Hlavním problémem výstavby byly zkrasovatělé polohy vápenců pod dnem stavební jámy. Dvě fáze průzkumu následovaly po jejím vykopání (na jejích bocích i ve dně byly krasové jevy při zemních pracích zastiženy): nejprve se prováděl nepřímý geofyzikální seismický a gravimetrický průzkum, pak následoval přímý průzkum pomocí jádrových a bezjádrových vrtů.

Úkolem průzkumných prací byla identifikace krasových prostor, jejichž průměr rostl s hloubkou pod základovou spárou. Požadovalo se, aby v hloubce 0,0 až  $-2,0\text{ m}$  byly objeveny dutiny s průměrem nad 1,5 m; od  $-2,0$  do  $-6,0\text{ m}$  dutiny pr. přes 2,5 m; od  $-6,0$  do  $-10,0\text{ m}$  dutiny pr. přes 5,0 m a v hloubce přes  $-10,0\text{ m}$  dutiny větší než 10,0 m.

Zaplnění dutin bylo prováděno podle speciálně zpracovaných pokynů.



### ■ Ražby poslední tunelové sekce bážového tunelu Semmering (SBT) zahájeny

V Tunelu č. 4/2016 jsme informovali, že v květnu 2016 byly zahájeny práce na třetí a poslední části SBT, kterou je tunel Grautschenhof délky 7 km. Součástí přípravných prací bylo vyhloubení dvou šachet, ze kterých budou probíhat ražby na obě strany pomocí tunelových bagrů s využitím trhačích prací. Hloubka těchto šachet je 1000 m, nikoliv 100 m, jak bylo chybně uvedeno v Mozaice v Tunelu 4/2016, za což se omlouvám. Ražby ze dna šachet byly zahájeny 30. června 2017.

### ■ Ještě k mimořádné události na tunelu Rastatt

Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D., pohotově informoval v Tunelu č. 4/2017 o kolapsu východní trouby tunelu Rastatt již vyražené pod důležitou železnicí vedoucí podél Rýna mezi Karlsruhe a městem Baden-Baden. Kolaps zcela zastavil na uvedené železnici provoz. V osobní dopravě bylo přerušeno 70 dálkových a 50 regionálních spojů denně. Jejich provoz byl zajišťován pomocí až 70 autobusů, které denně převážely přibližně 3000 cestujících mezi Rastattem a Baden-Badenem. Pro cca 200 nákladních vlaků, které tudy denně projíždí, se rychle musely najít objízdne trasy v části Francie přiléhající k Rýnu a na německém území východně od Rýna.

V nadloží tunelu se po demontáži poškozeného železničního svršku a dalších sanačních pracích vybudovala v trase železnice 120 m dlouhá a 1 m vysoká železobetonová deska, na kterou se následně provedl železniční svršek. Současně byla v místě budoucí ražby západní trouby pod železniční tratí provedena obdobná železobetonová deska.

Při sanačních pracích byl betonem vyplněn úsek východní trouby pod železničním tělesem v délce 160 m, přičemž byl zabetonován i razicí stroj. Jak uvedl Ing. Ebermann, při této sanaci bylo spotřebováno 10 500 m<sup>3</sup> betonu.

Rozhodnutí investora o způsobu znovuprovedení části východního tunelu pod tratí není dosud známé.

### ■ Stavba poslední části tunelu Koralm zahájena

Stavba tunelu Untersammelsdorf délky 665 m, který je poslední ze šesti tunelů na úseku mezi Mittlernem a Althofenem, byla zahájena 7. července 2017. Jedná se ale o největší geotechnikou výzvu na celém tunelu Koralm. Hloubený tunel Untersammelsdorf většinou prochází jemnozrnnými mořskými jíly, pod kterými se nacházejí vrstvy ledovcových sedimentů a morén. Teprve pod nimi je pevné skalní podloží tvořené fylity.

Proto muselo být nejprve provedeno 1000 pilot délky až 38 m a 6000 sloupů tryskové injektáže zakončených u skalního podloží.

### ■ Prorážka tunelu Ulriken u Bergenu

O postupu ražeb tohoto 7688 m dlouhého tunelu (jeho ražená část má 6896 m), který má zdvojnásobit kapacitu důležité tratě u přístavu Bergen, jsme informovali v Mozaice v Tunelu č. 4/2016. Jeho prorážka byla mohutně oslavena 29. srpna 2017. Pozváno bylo 1000 hostů a asi 250 tis. lidí mohlo sledovat průnik griper TBM posledním 1,5 m tvrdé skály pomocí televize nebo na internetu.

Při ražbě, která byla zahájena v lednu 2016, si stroj úspěšně poradil s horninami o pevnosti v tlaku i přes 300 MPa. Tunel Ulriken je prvním železničním tunelem v Norsku, který byl ražen razicím strojem a ten byl současně svým průměrem 9,3 m největším strojem, který byl kdy v Norsku nasazen.

### ■ Postupné dokončování rakouské dálnice A9

Rakouská dálnice A9 (Pyhrn Autobahn) se možná dá, ale jen trochu, srovnat s nekonečným dokončováním dálnic v České republice. Dost dlouho trvalo, než v roce 2004 byla dálnice A9 v celé své délce od odbočení z A1 u křižovatky Voralpenkreuz průjezdná až k slovinské hranici, byť v některých úsecích byla provozována obousměrně v jednom dálničním pruhu.

To stále platí v horním Rakousku u tzv. řetězu tunelů Klaus a ve Štýrsku, kde tunel Gleinalm je stále ještě provozován obousměrně. Nicméně i v těchto úsecích práce výrazně pokročily.

Od roku 2014 se staví tunely Sperring (2,9 km) a Falkenstein (0,75 km) a od května 2015 tunely Klauser (2,2 km) a Traunfried (0,45 km) patřící do zmíněného řetězu tunelů nazvaného podle blízkého městečka Klaus. Dokončeny a uvedeny do provozu společně s několika mosty byly v září 2017. Následně se uzavřel přiléhající starý úsek dálnice, aby na něm mohly proběhnout nutné opravy a rekonstrukce, což se týká především původních tunelů. Provedení těchto renovací by mělo skončit v závěru roku 2018 a následně by mohl být zahájen normální dálniční provoz.

Původní tunel Gleinalm dlouhý 8,3 km je v provozu od roku 1978. Souběžně vyražená druhá trouba byla uvedena do obousměrného provozu v červenci 2017, což umožnilo zahájit v polovině září 2017 rozsáhlou renovaci staré trouby. V ní bude vybourána stará a provedena nová vozovka, kompletně bude sanován mezistrop a instalovány zcela nové zabezpečovací systémy. Obě trouby propojí 34 únikových cest, z nichž 8 bude průjezdných pro vozidla záchranářů a hasičů. Provoz renovované trouby by mohl být zahájen koncem roku 2019.

Tedy by nastal dlouho očekávaný okamžik – celá trasa A9 by byla provozována v normálním dálničním provozu.

### ■ Vysokorychlostní železnice Norimberk – Berlín v plném provozu

Německý parlament vzápětí po sjednocení obou částí Německa odhlasoval v roce 1991 spojení Norimberku s Berlínem vysokorychlostní železnicí. Projekt byl nazván Dopravní stavba německého sjednocení. Z 500 km dlouhé trasy se upravilo pro vysokorychlostní provoz 270 km stávajících tratí a na 230 km byla vybudována zcela nová trasa. Stavba byla zahájena v roce 1996 a dvě její části byly uvedeny do provozu v roce 2006 a v roce 2015. Vysokorychlostní provoz v celé délce 500 km byl zahájen 10. prosince 2017.

Jednotlivé úseky trasy jsou vybudovány pro provozní rychlost 200, 230 a 300 km/hod. Pro nejvyšší z těchto rychlostí jsou připraveny nové úseky: Ebensfeld – Erfurt (dl. 107 km) a Erfurt – Lipsko (dl. 123 km).

Úsek Ebensfeld – Erfurt, na jehož stavbu vedl před lety odborný zájezd pořádaný CzTA, má nejvyšší podíl „umělých“ staveb. Ty tvoří skoro polovinu trasy – 29 mostů celkové délky 12 km a 22 tunelů s celkovou délkou 41 km, z nichž nejdelší tunel Blessberg má 8,3 km. Je to v současnosti třetí nejdelší německý železniční tunel. Tunely jsou dvojkolejné a mají pevnou jízdní dráhu.

Na trase Erfurt – Lipsko jsou tři dvojtrubové tunely také s pevnou jízdní dráhou: tunel Finne (dl. 6970 m) ražený dvěma razicími stroji a tunely Bibra (dl. 6466 m) a Ostrerberg (dl. 2082 m) ražené NRTM.

Ing. MILOSLAV NOVOTNÝ, mila\_novotny@volny.cz

## ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

TUNELÁŘSKÉ ODPOLEDNE 4/2017  
TUNNEL AFTERNOON 4/2017

The Tunnel Afternoon 4/2017 topic was focused on the Ejpvovice tunnel. An excursion to this construction site, where the tunnel boring machine was just being disassembled, waterproofing layers were being installed, the final lining was being installed in the cross passages and preparations for internal tunnel structures were underway, was organised for interested persons in the morning. Milan Majer presented the topic *Project owner's experience from the realisation of a construction project*. Kamil Štrobl continued with the topic *Modernisation of Rokycany – Plzeň rail track from the perspective of The State Fund for Transport Infrastructure (SFDI)*. In the third lecture named *Necessity for client's supervision engineer in the process of the realisation of an underground working* Lubor Šmíd spoke about client's supervision engineer on the Ejpvovice tunnel construction site. Jiří Velebil prepared a lecture on *Technical solution to selected parts of the construction* (the mined northern tunnel, cut-and-cover sections, final structures). Štefan Ivor introduced *The use of experience from the excavation of the Southern tunnel tube for the excavation of the Northern tunnel tube using the TBM technology*. Pavel Vížďa presented an interesting topic *Divergence of assumed and really encountered geotechnical conditions*. Tomáš Ebermann dedicated himself to *Interesting results of geotechnical monitoring, i.e. the terrain settlement in a low overburden section, application of an automatic monitoring system for measuring deformations, geophysical verification of the homogeneity of the tunnel overburden and hydrogeological monitoring*.

Poslední Tunelářské odpoledne roku 2017 se uskutečnilo ve středu 8. listopadu na téma *Tunel Ejpvovice*. V dopoledních hodinách byla pro zájemce uspořádána exkurze na tuto stavbu, celkem 22 zájemců mělo možnost vidět rozebírání tunelovacího stroje Viktorie (obr. 1), realizaci vodotěsných izolací a definitivního ostění tunelových propojek a úpravy pro realizaci vnitřních konstrukcí tunelů. Vzhledem k tomu, že se stroj již nacházel mimo samotnou tunelovou troubu, byla daleko zřetelnější jeho velikost.

Odpolední část zahájil předseda CzTA Ing. Ivan Hrdina. Poukázal na to, že prorážkou tunelu Ejpvovice skončily ražby velkých rozměrů v celé České republice a že lze jen doufat, že tato neradostná situace v dohledné době skončí. Dále se již ujal moderování Ing. Alexandr Butovič (SATRA, spol. s r.o.), který celé Tunelářské odpoledne připravil po odborné stránce.

Jako první vystoupil Ing. Milan Majer (SŽDC, s. o.) s tématem *Zkušenosti investora při realizaci stavby*. Uvedl data o základních údajích stavby, o její dlouholeté přípravě, dopadu změny technologie, roli technického dozoru investora, geotechnickém monitoringu a geotechnickém konzultantovi i radě monitoringu.

Ing. Kamil Štrobl, Ph.D. (SFDI) pokračoval tématem *Modernizace trati Rokycany – Plzeň z pohledu SFDI*. Popsal financování dopravní infrastruktury v letech 2010–2016, čerpání prostředků v roce 2017 a nastínil klíčové informace rozpočtu na rok 2018. Ukázal přehled projektů SŽDC v střednědobém horizontu a dotkl se i otázky supervize staveb.



Autor Vojta Pruška Author Vojta Pruška

Obr. 1 Exkurze na tunely Ejpvovice, rozebírání tunelovacího stroje  
Fig. 1 An excursion to Ejpvovice tunnel, the disassembled tunnel boring machine

Ve třetí přednášce s názvem *Nezbytnost TDI při realizaci podzemního díla* Ing. Lubor Šmíd (Sdružení INŽ, a.s., SATRA, spol. s r.o.) hovořil o technickém dozoru investora na stavbě tunelů Ejpvovice, který probíhal v letech 2014–2017. Zjednodušeně řečeno, jeho úkolem je sledovat „čas, peníze a kvalitu“. Zmínil složení týmu TDI i z hlediska profesního zastoupení a zkušenosti, které lze využít v budoucnu na dalších stavbách.

Ing. Jiří Velebil (METROPROJEKT Praha a.s.) připravil přednášku na téma *Technické řešení vybraných částí stavby (ražný severní tunel, hloubené úseky, definitivní konstrukce)*. Popsal jednotlivé stavební objekty, tunelové propojky, technologickou šachtu, vjezdový a výjezdový portál a další.

Ing. Štefan Ivor (Metrostav a.s.) představil *Využití zkušeností z ražby jižního tunelu pro ražbu tunelu severního pomocí technologie TBM*. Nejprve shrnul poznatky z ražeb jižního tunelu. Zvládnutí komplikací při jeho ražbě pomohlo přijmout taková opatření, díky nimž následně proběhly ražby druhého tubusu téměř bez problémů a v kratším čase.

Mgr. Pavel Vížďa (GEOtest, a.s.) uvedl zajímavé téma *Rozdílnost předpokládaných a skutečně zastižených geotechnických podmínek*. Ražba probíhala v obtížných geotechnických podmínkách, kdy byly velké rozdíly mezi předpokládanými a skutečně zastiženými podmínkami.

Poslední přednášející Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D., (GEOtest, a.s.) se věnoval *Zajímavým výsledkům geotechnického monitoringu*, tj. sedání terénu v úseku nízkého nadloží, nasazení automatického monitorovacího systému pro měření deformací, geofyzikální ověřování homogenity nadloží tunelu a hydrogeologický monitoring.

Celkem se Tunelářského odpoledne zúčastnilo asi 90 posluchačů. Všechny prezentace jsou umístěny na webových stránkách CzTA [www.ita-aites.cz](http://www.ita-aites.cz).

Ing. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,  
CzTA ITA-AITES, z. s.



## ŽELEZNIČNÍ MOSTY A TUNELY 2018 RAILWAY BRIDGES AND TUNNELS 2018

The already 23<sup>rd</sup> annual conference Railway Bridges and Tunnels 2018 was held on 18<sup>th</sup> January 2018 in the congress hall of Olšanka hotel. As in previous years, even this year the conference was divided into three blocks, where block No. 1 and block No. 3 were dedicated to bridges and block No. 2 dealt with tunnels. The total of six technical lectures were presented in the tunnelling block No. 2. Jiří Patzák shared with the audience the experience from the reconstruction of the Alter-Kaiser-Wilhelm tunnel in Germany. Ján Kušník presented construction operations in progress on the portals of the Diel and Milochovo tunnels within the framework of upgrading the railway track in the Púchov – Považská Bystrica section. Michal Uhrin explained for the audience the importance of a document called “the GBR” or the Geotechnical Baseline Report, which is unknown in our region but is frequently used abroad. In the fourth lecture of the tunnel construction part, Radek Vičar dealt with the diagnostics of the passing space in railway tunnels. The paper by Bohuslav Kučera followed. It was dedicated to regulations on the protection of bridge and tunnel structures against effects of stray currents. The block dedicated to tunnels was ended by Pavel Bulejko by his presentation of technically very elegantly solved realisations of grade-separated intersections on railway tracks using pre-cast structures.

Dne 18. ledna 2018 se v kongresovém sálu hotelu Olšanka konal již 23. ročník konference Železniční mosty a tunely. Stejně jako v předchozích ročnících byla i letos konference rozdělena do tří bloků, kde I. a III. blok byl věnován mostům a II. blok se zabýval tunely. V II. tunelářském bloku bylo prezentováno celkem šest odborných přednášek.

První přednášku měl pan Ing. Jiří Patzák ze spol. Subterra, a.s., který se s posluchači podělil o zkušenosti z rekonstrukce tunelu Alter – Kaiser – Wilhelm v Německu.

Druhá přednáška byla rovněž ze stavební praxe. Pan Ing. Ján Kušník se spol. REMING CONSULT, a.s. prezentoval stavební práce probíhající na portálech tunelů Diel a Milochovo v rámci modernizace železniční tratě na úseku Púchov – Považská Bystrica.

Ve třetí přednášce pan Ing. Michal Uhrin ze spol. SUDOP PRAHA a.s. osvětlil posluchačům význam v našem regionu neznámého, zato v zahraničí hojně využívaného dokumentu, zvaného „GBR“ neboli Geotechnical Baseline Report.

Ve čtvrté přednášce tunelářské části se pan Ing. Radek Vičar ze SŽDC, s.o. zabýval diagnostikou prostorové průchodnosti železničních tunelů. Ve své přednášce shrnul nejruznější metody měření, od historických až po ty nejmodernější, používané v současnosti.

Následoval příspěvek pana Ing. Bohuslava Kučery ze společnosti JEKU, s.r.o. věnovaný, pro železniční stavby velmi důležité oblasti a sice, předpisům pro ochranu mostních a tunelových staveb před účinky bludných proudů.

Tunelářský blok zakončil pan Ing. Pavel Bulejko ze spol. ABM Mosty s.r.o. s prezentací technicky velmi elegantně řešených realizací mimoúrovňového křížení na železničních tratích, s využitím prefabrikovaných konstrukcí.

Ačkoli tato konference nepatří z hlediska podzemního stavitelství k nejvýznamnějším událostem roku, za dlouhá léta pořádání se již stala tradičním místem setkávání milovníků železnice z řad správců, investorů, projektantů a stavitelů, kteří tak mají možnost předat si své odborné zkušenosti získané v oblasti železničních mostů a tunelů.

*Ing. TOMÁŠ ZÍTKO, CEng MICE, EUR ING  
SUDOP PRAHA a.s.*

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

### ČESKÁ REPUBLIKA

#### MODERNIZACE TRATI ROKYCANY – PLZEŇ

Po ukončení ražeb tunelovacím strojem jménem Viktorka začátkem října loňského roku probíhaly do konce roku 2017 na projektu Ejpovických tunelů razičské práce již jen na propojkách obou tunelových trub. Bylo to konkrétně na propojkách č. 7 a 8, které se nacházejí v prostředí zdravých spilítů dosahujících pevnosti v tlaku až 280 MPa. Jejich ražba probíhala podle zásad NRTM. Rozpojování horniny bylo prováděno pomocí trhacích prací. Současně s ražbou posledních propojek bylo v ostatních propojkách realizováno jejich definitivní ostění. To je navrženo z litého betonu ukládaného do formy, a to s výjimkou propojky č. 8, která bude vystrojena definitivním ostěním ze stříkaného drátobetónu. V jižní tunelové troubě jsou již také prováděny

### THE CZECH REPUBLIC

#### MODERNISATION OF ROKYCANY – PLZEŇ RAILWAY TRACK SECTION

After the completion of the excavation using the tunnel boring machine named Viktorka at the beginning of October 2017, tunnel excavation work on the Ejpovice tunnels project continued only on cross passages between the two tunnel tubes. Concretely, the work was carried out on cross passages No. 7 and 8, which are located in the environment formed by fresh spilite with the compressive strength reaching up to 280MPa. The excavation of the cross passages was carried out using the principles of the NATM. Rock was disintegrated by blasting. The final lining was being realised in the other cross passages, concurrently with the excavation of the last cross passages. Concrete cast in situ

práce spojené s betonáží chodníků včetně kabelovodů a požárního sluchovodu.

Významný objem prací tvořily v posledních měsících loňského roku demontáže technologického vstrojení severního tunelu tehdy potřebného pro provádění ražeb, byly a jsou to například demontáže konstrukcí pásového dopravníku a především pak demontáž vlastního tunelovacího stroje. Po dorazení byly nejdříve odděleny jeho štítová a závěsová část. Štítová část byla potom následně na provizorních stojkách vyzvednuta, podbetonována a přemístěna na předem připravené betonové pásy. Po těchto pásích byla pomocí hydraulických táhel přemístěna na závěrečnou pozici pro demontáž. Díly závěsově části byly pak samostatně demontovány po jednotlivých vozících před samotným portálem severního tunelu.

Závěrem lze konstatovat, že všechny tyto i ostatní práce (obr. 1) probíhají podle aktuálního harmonogramu stavby.

*Ing. BORIS ŠEBESTA, boris.sebesta@metrostav.cz*

## KOLEKTOR HLÁVKŮV MOST

Stavbu provádí sdružení firem Subterra a.s. a HOCHTIEF CZ a.s. Zadavatelem stavby je Magistrát hl. m. Prahy. Jedná se o novostavbu kolektoru raženého (s použitím trhacích prací a mechanického rozpojování) i hloubeného (s kruhovým profilem hloubení do 8 m), s technickými a kabelovými komorami a odbočnou větví na Štvanickém ostrově. Nový kolektor bude propojen se stávajícími kolektory na nábřeží L. Svobody (NLS), resp. na severním předmostí Hlávkova mostu (SPHM). Celková délka ražených úseků (hlavní trasa a komory) je cca 416 m, souhrnná hloubka čtyř šachet je přibližně 130 m (obr. 2).

Na začátku roku 2017 byly zahájeny ražby. Jako první v lednu technická komora TK103, v únoru hlavní kolektorová trasa a na konci března technická komora TK101. Postupně se ražby na hlavní kolektorové trase prováděly na třech čelbách současně a byly kompletně dokončeny 30. 9. 2017. Po jejich dokončení následovalo vyčištění protikleneb a profilace primárního ostění. Současně se prováděla instalace organizovaných svodů, injektáže primárního ostění a montáže mezilehlých izolací. Následně byly v říjnu zahájeny práce na definitivním ostění, konkrétně armování, montáž



*Obr. 2 Kolektor Hlávkův most*

*Fig. 2 Hlávkův bridge utility tunnel*

*Autor Vladimír Dinda Author Vladimír Dinda*



*Autor Vojta Pruška Author Vojta Pruška*

*Obr. 1 Provádění hydroizolací v propojkách tunelu Ejpvovice*

*Fig. 1 Installation of waterproofing in crosscuts of Ejpvovice tunnels*

behind formwork is designed for the cross passages, with the exception of the excavation of cross passage No. 8, which will be supported with final lining from steel fibre reinforced shotcrete. In the southern tunnel tube, the work on concrete walkways including cable ducts and the dry fire water main is already also underway.

Disassembly of the technical equipment of the northern tunnel tube which was at that time necessary for the execution of the excavation, for example the disassembly of the belt conveyor structures and, first of all, disassembly of the tunnel boring machine itself formed a significant volume of work in the last months of the past year. After the completion of the tunnel excavation, the shield part was detached first and the trailing gear followed. The shield part was subsequently lifted on temporary props, concrete was cast under it and the shield was moved on concrete plinths prepared in advance. It was moved along the plinths to the final position for the disassembly, using hydraulic pulling rods. The components of the trailing gear were subsequently disassembled car-by-car in front of the northern tunnel tube portal.

In conclusion it is possible to say that all these operations as well as other operations (Fig. 1) are proceeding in compliance with the current construction schedule.

*Ing. BORIS ŠEBESTA, boris.sebesta@metrostav.cz*

## HLÁVKŮV BRIDGE UTILITY TUNNEL

The construction is carried out by a consortium consisting of Subterra s. s. and HOCHTIEF CZ a. s. The employer is the Prague City Hall. It is a new construction of a utility tunnel carried out both by mining methods (using blasting and mechanical disintegration) and cut-and-cover (with a circular cross-section at the depth of up to 8m), with technical and cable chambers and a branch on Štvanice Island. The new utility tunnel will be interconnected with existing utility tunnels e. The total length of the mined sections (the main route and chambers) amounts to ca 416m. The aggregated length of the four shafts reaches approximately 130m (Fig. 2).

The tunnel excavation operations started at the beginning of 2017. The excavation of the technical chamber TK103 started first, in January, the excavation of the



bednění a betonáž v úseku hlavní trasy mezi šachtami J101 a J102.

V současné době (polovina ledna 2018) jsou dokončeny práce na instalaci mezilehlé izolace v hlavní kolektorové trase a v šachtě J104, a provádí se betonáž protikleneb a kleneb, kdy je nyní zabetonováno 30 protikleneb a 15 kleneb z celkového počtu 48. Současně probíhají betonáže trvalé výztuže v šachtě J104 a technické komoře TK101 a dokončují se práce na definitivním napojení na stávající kolektory NLS a SPHM.

Počátkem ledna 2018 byly dále zahájeny práce na montáži plynovodu DN500 v části mezi šachtami J101 a J102, postupně bude montáž pokračovat směrem k šachtě J104. V linii za montáží plynovodu budou postupně montovány koleje S18 v podlaze a ocelové konstrukce v kolektoru. Po dokončení definitivních obezdívek hl. kolektorové trasy se budou realizovat definitivní konstrukce na jednotlivých šachtách. Následovat bude opět montáž plynovodu a ocelových konstrukcí a dále práce spojené se zajištěním provozu v kolektoru, jako jsou např. osvětlení a el. vybavení, provozní telefon, vodorovná doprava apod. V konečné fázi budou vybudovány technologické objekty (čerpací stanice, šplhavý výtah, pomocné řídicí stanoviště a měření a regulace) a definitivní úpravy povrchů dotčených stavbou, tj. nové asfaltové povrchy a úpravy zeleně. Konečný termín předání stavby je 31. 10. 2018.

*Ing. VÁCLAV DOHNÁLEK, Subterra a.s.,  
Ing. RADEK KOZUBÍK, HOCHTIEF CZ a. s.*

## SLOVENSKÁ REPUBLIKA TUNELY NA DIAĽNIČNEJ SIETI

### Tunely Ovčiarsko a Žilina

Na úseku D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka s délkou 13,2 km sa nachádzajú dva diaľničné dvojrúrové tunely: Ovčiarsko a Žilina.

Tunel Ovčiarsko s délkou 2367 m sa začal raziť 12. 9. 2014.

Sekundárne ostenie severnej tunelovej rúry (STR) bolo dokončené v októbri 2017 spolu s hĺbenými časťami. Následne sa celá technológia presunula do južnej tunelovej rúry (JTR) a sekundárne ostenie pokračovalo v oboch smeroch.

Na JTR sekundárne ostenie bolo ukončené začiatkom decembra 2017. V súčasnosti prebieha demontáž debniacej zostavy a vozíkov. Rovnako je kompletne zrealizované aj sekundárne ostenie na všetkých ôsmich priečných prepojeniach medzi STR a JTR.

Momentálne pokračujú práce na vnútorných konštrukciách STR a JTR (obrubičky, štrbinové žľaby, požiarny vodovod, výplňové a spádové betóny dna tunela). Súbežne sa realizujú práce na inžinierskych sieťach a budovách v predportálových častiach ZP a VP (káblové šachty, kábelovody, havarijná nádrž, prevádzkové budovy, požiarna nádrž, kanalizácia požiarneho vodovodu, drenážne odvodnenie, odvodnenie vozovky) a na definitívnych úpravách ZP a VP (obkladové a oporné múry).

Tunel Žilina je 687 m dlhý dvojrúrový tunel na stavbe D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka. Slávnostné prerazenie JTR bolo 5. 12. 2016 a STR 9. 2. 2017.

main utility tunnel route followed in February and the technical chamber TK101 excavation at the end of March. The excavation on the main excavation tunnel route was gradually carried out concurrently at three headings. It was completely finished on 30<sup>th</sup> September 2017. After the completion, clearing of inverts and profiling of the primary lining followed. The installation of the organised water collection system, grouting behind the primary lining and installation of intermediate waterproofing were carried out at the same time. Subsequently, in October, the work commenced on the final lining, concretely the installation of concrete reinforcement, assembly of formwork and casting concrete in the main route section between shafts J101 and J102.

At the moment (mid-January 2018), the installation of intermediate waterproofing on the main utility tunnel route and shaft J104 has been finished and concreting of inverts and vaults is underway. Till now, concreting of 30 inverts and 15 vaults out of the total of 48 has been finished. At the same time, the casting of permanent concrete lining is in progress in shaft J104 and technical chamber TK101; the work on the definitive connection to existing utility tunnels on the L. Svobody Embankment and the utility tunnel on the northern Holešovice-side head of the Hlávkův Bridge is under completion.

At the beginning of January 2018, the work commenced on the installation of a DN500 gas pipeline between shafts J101 and J102. The installation will gradually continue in the direction of shaft J104. In the line behind the installation of the gas pipeline, rails S18 will be gradually installed on the floor and steel structures will be installed in the utility tunnel. After the completion of final linings along the main utility tunnel route, final structures will be realised in individual shafts. The installation of the gas pipeline and steel structures, as well as operations associated with securing the operation in the utility tunnel, for example lighting, and electrical equipment, service telephone, horizontal transport etc. will again follow. In the final phase, technical structures will be carried out (a pumping station, mast climbing lift, the auxiliary control station and the instrumentation and control system) and final surfaces affected by the construction, e.g. new asphalt surfaces and the care of public greenery, will be carried out. The final deadline for the construction handover is 31<sup>st</sup> October 2018.

*Ing. VÁCLAV DOHNÁLEK, Subterra a.s.,  
Ing. RADEK KOZUBÍK, HOCHTIEF CZ a. s.*

## THE SLOVAK REPUBLIC TUNNELS ON MOTORWAY NETWORK

### Ovčiarsko and Žilina tunnels

There are two twin-tube motorway tunnels on the 13.2km long Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway: the Ovčiarsko and the Žilina.

The excavation of the Ovčiarsko tunnel with the length of 2367m commenced on 12<sup>th</sup> September 2014.

The secondary lining of the northern tunnel tube (NTT) was finished in October 2017, together with cut-and-cover parts. Subsequently the whole technology was moved to the

Na oboch tunelových rúrach je už ukončené aj sekundárne ostenie tunela na razenej aj hĺbenej časti, taktiež aj na priečnych prepojeniach.

V súčasnom období sa v oboch tunelových rúrach prebiehajú dokončovacie betonárske práce (pokládka obrubníkov, montáž štrbinových žlabov, odvodnenie vozovky). Na predportálových oblastiach sa realizujú práce, ktoré sú nevyhnutné pre stavebnú pripravenosť na začiatok betonáže cementobetónového krytu vozovky v oboch tunelových rúrach (betonáž káblových šácht a kábelovodov, betonáž základovej dosky na osadenie havarijnej nádrže pre odvodnenie vozovky tunela, základy obkladových múrov definitívnej úpravy portálov).

Začínajú sa práce na technologickom vybavení tunela, najmä osvetlenia v JTR.

Priamym zhotoviteľom tunela je Združenie spoločností Doprastav, a.s. Bratislava a Metrostav a.s.

### Tunel Čebrať

Súčasťou diaľničného úseku D1 Hubová – Ivachnová je dvojrúrový tunel Čebrať (1994 m).

V uplynulých mesiacoch boli diagnostikované rozsiahle problémy so stabilitou územia na západnom portáli tunela Čebrať a nadväzujúcom úseku diaľnice, ktoré si vyžadujú rozsiahle zmeny v technickom riešení. Z tohto dôvodu sú aj k 29. 1. 2018 ešte stále práce na tomto tuneli pozastavené.

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

### Tunel Považský Chlmec

Dvojrúrový diaľničný tunel Považský Chlmec (južná tunelová rúra 2186,5 m, severná tunelová rúra 2249 m) je súčasťou diaľničného úseku, ktorý tvorí juhozápadný obchvat mesta Žilina D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno).

Dňa 2. 12. 2017 bol spoločným prestrihnutím pásky slávnostne spustený do prevádzky tunel Považský Chlmec vrátane príslušných objektov a časti stavby (estakáda cez Hričovskú priehradu a most cez rieku Kysuca) napojenia na existujúcu cestnú sieť.

Tunel a jeho technologické vybavenie spĺňa najvyššie kvalitatívne a bezpečnostné kritériá.

Zhotoviteľom stavby je združenie Eurovia a.s., HOCHTIEF CZ a.s. a Stavby mostov Slovakia, a.s.

### Tunel Višňové

V druhej polovici roku 2017 prebiehala a začiatkom roku 2018 pokračuje aj výstavba najdlhšieho slovenského diaľničného tunela Višňové s dĺžkou 7537 m. Tunel je súčasťou úseku diaľnice D1 Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala a jeho zhotoviteľom je združenie firiem Salini Impregilo S.p.A a Dúha, a.s.

V januári 2018 prebieha razenie od oboch portálov v oboch tunelových rúrach. Od západného portálu je na konci januára vyrazených 2770 m STR a 2481 m JTR. Od východného portálu je v celkovo priaznivejších geologických podmienkach vyrazených 3537 m STR a 3469 m JTR. Spolu je teda po 33 mesiacoch razenia vyrazených 12 258 m čiže viac ako 80 % dĺžky razených tunelových rúr. Zároveň s razením tunelových rúr prebieha aj razenie priečných prepojení, pričom v súčasnosti je prerazených 23 priečných prepojení z celkového počtu 29. Celková dĺžka vyrazených vodorovných diel na tuneli Višňové zahrňujúca tunelové

southern tunnel tube (STT) and the installation of the secondary lining proceeded in both directions.

The secondary lining in the STT was completed at the beginning of December 2017. The formwork set and the carriages are currently being disassembled. The secondary lining in all eight cross passages between the NTT and STT has also been finished.

At the moment the work proceeds on internal structures in the NTT and STT (kerbs, slotted drain pipes, fire main, mass fill concrete and sloped concrete on the bottom). The work on the utility networks and buildings in the pre-portal parts of the WP and EP (cable shafts, cable ducts, emergency reservoir, operational buildings, fire protection reservoir, fire main drainage, drainage, roadway drainage) and on finishes in the WP and EP (cladding and retaining walls) is being realised concurrently.

The Žilina tunnel is a 687m long twin-tube tunnel on the Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway. The STT and NTT breakthrough ceremony took place on 5<sup>th</sup> December 2016 and 9<sup>th</sup> February 2017, respectively.

The secondary tunnel lining in both tunnel tubes as well as in cross passages has already been finished.

Finishing concrete casting operations (laying of kerbs, installation of slotted drain pipes, roadway drainage) are currently in progress. In the pre-portal areas, operations unavoidable for the completion of structures required for commencing the casting of the concrete roadway cover in both tunnel tubes (concreting cable shafts and cable ducts, concreting the base slab for the placement of the emergency tank for drainage of the tunnel roadway, foundations for cladding walls for finishing the portals).

The work on the technology equipment of the tunnel, first of all the lighting in the STT, has started.

The direct contractor for the tunnel is a consortium consisting of Doprastav, a. s. Bratislava and Metrostav a.s.

### Čebrať tunnel

The 1994m long twin-tube Čebrať tunnel is part of the Hubová – Ivachnová section of the D1 motorway.

Extensive problems with the stability of the area at the western portal of the Čebrať tunnel and the following section of the motorway have been diagnosed in recent months. They require major changes in the technical solution. For that reason the work on this tunnel has still be suspended (even as of 29<sup>th</sup> January 2018).

The contractor is a consortium consisting of OHL ŽS, a. s. and Váhostav – SK, a. s.

### Považský Chlmec tunnel

The Považský Chlmec twin-tube motorway tunnel (the southern tunnel tube 2186.5m long, the northern tunnel tube 2249m long) is part of the D3 motorway section forming the south-western by-pass of the town of Žilina, Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno).

On 2<sup>nd</sup> December 2017, the Považský Chlmec tunnel, including adjacent structures and a part of the construction of the connection to the existing road network (a viaduct over the Hričov dam and a bridge over the river Kysuca) were opened to traffic by ceremonial joint cutting of the ribbon.



rúry, priečne prepojenia a nové úseky odvodňovacej štôlne už predstavuje takmer 14 km, čím prekonáva súčet dĺžok všetkých vodorovných diel vyrazených v rámci výstavby tunelov Poľana, Svrčinovec, Považský Chlmec, Ovčiarsko a Žilina.

V súbehu s razením prebieha tiež betonáž sekundárneho ostenia od oboch portálov, pričom je na konci januára 2018 ukončených celkom 4,7 km hornej klenby, čo už predstavuje takmer tretinu dĺžky tunelových rúr. Pokračuje tiež výstavba vetracej šachty betonážami definitívneho ostenia a razením vetracieho kanálu spájajúceho šachtu a tunelové rúry.

Zhotoviteľom stavby je združenie firiem Salini Impregilo S.p.A a Dúha, a.s.

*Ing. MILAN MAJERČÍK, milan.majercik@ndsas.sk,  
NDS a.s.*

## TUNELY NA MODERNIZOVANEJ ŽELEZNIČNEJ TRATI

### Tunel Diel

Tunel Diel prechádza masívom vrchu Diel, ktorý tvorí centrálnu časť meandru rieky Váh. Tunel dlhý 1081,7 metrov bude razený v masíve popod kúpele Nimnica. Západný portál je situovaný na okraji obce Nimnica, východný portál (obr. 3) bude zrealizovaný v území lesa nad cestou druhej triedy II/507, ktorá vedie z Púchova so Považskej Bystrice po pravom brehu priehrady. Tunel Diel bude mať únikovú štôľňu, ktorá bude ústiť do priestoru východného portálu.

Západný portál tunela je dočasne ukončený. Je základňou pre práce prebiehajúce v tunelovej rúre. Postup razenia tunela



Obr. 3 Tunel Diel, východný portál  
Fig. 3 Diel tunnel, eastern portal

The tunnel and its technical equipment meet the highest quality and safety criteria.

The contractor is a consortium consisting of Eurovia a. s., Hochtief a. s. and Stavby mostov Slovakia, a. s.

### Višňové tunel

The construction of the Višňové tunnel, the longest Slovakian motorway tunnel (7537m long) proceeded in the second half of 2017 and continues at the beginning of 2018. The tunnel is part of the Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala section of the D1 motorway. The contractor is a consortium consisting of Salini Impregilo S.p.A and Dúha, a. s.

In January 2018, the excavation proceeds from both portals in both tunnel tubes. From the western portal, the excavation of 2770m and 2481m of the NTT and STT, respectively, was finished. From the eastern portal, the excavation of 3537m and 3469m of the NTT and STT, respectively, was finished in generally more favourable geological conditions. It means that together, the excavation of 12,258m, i.e. 80% of the length of the mined tunnel tubes, has been finished after 33 months of then work. The excavation of cross passages proceeds concurrently with the excavation of the tunnel tubes. At present, the excavation of 23 cross passages of the total number of 29 has been finished. The total length of the completely excavated horizontal workings on the Višňové tunnel comprising the tunnel tubes, cross passages and new sections of the drainage gallery already represents nearly 14km. It exceeds the summary of the lengths of all horizontal workings excavated within the framework of the construction of the Poľana, Svrčinovec, Považský Chlmec, Ovčiarsko and Žilina tunnels.

Concreting of the secondary lining proceeds from both portals concurrently with the excavation. As of the end of January 2018, 4.7km of the upper vault, representing nearly one third of the length of the tunnel tubes, have been completed. The construction of the ventilation shaft continues by concreting the final lining and driving a ventilation duct linking the shaft and the tunnel tubes.

The contractor is a consortium consisting of Salini Impregilo S.p.A and Dúha, a. s.

*Ing. MILAN MAJERČÍK, milan.majercik@ndsas.sk*

## TUNNELS ON THE MODERNISED RAILWAY LINE

### Diel tunnel

The Diel tunnel passes through the Diel hill massif forming a central part of a meander of the river Váh. The 1081.7 metres long tunnel will be driven through the massif under Nimnica spa. The western portal is located at the edge of the municipality of Nimnica; the eastern portal (Fig. 3) will be located in the area of a forest above the II/507 secondary road leading from Púchov to Považská Bystrica, along the right-hand bank of the dam reservoir. The Diel tunnel will have an escape gallery, which will have its mouth in the area of the eastern portal.

The work on the western tunnel portal has been temporarily suspended. It is a base for the work being carried out in the tunnel tube. The tunnel excavation proceeds continually. A certain section is excavated in the top heading and the excavation of the bench and bottom follows subsequently. Approximately from tunnel chainage m 120, the excavation technique moved to the application of blasting and excavation



Obr. 4 Tunel Milochovo, západný portál  
Fig. 4 Milochovo tunnel, western portal

prebieha kontinuálne. Vyrazí sa určitý úsek v kalote, následne sa doberie stupeň a dno. Zhruba od tunelmetra 120 sa prešlo na trhavinové razenie a postupne sa prešlo do vystrojovacej triedy č. 3. K dátumu 19. 1. 2018 bolo vyrazených 254 metrov tunela a po stránke geológie razenie prebiehalo v zdravom ílovci triedy R3.

Na východnom portáli sa dokončuje výstavba prístupovej komunikácie záverečnými úrovňami gabiónového oporného múru. Zároveň prebehla aktualizácia projektovej dokumentácie na spresnené geologické podmienky a zhotoviteľ sa pripravuje na začiatok hĺbenia portálovej oblasti.

### Tunel Milochovo

Na prekľutie úpätia vrchu Stavná, južne od miestnej časti Horný Milochovo mestskej časti Milochovo mesta Považská Bystrica, je navrhnutý nový tunel Milochovo. Projektovaná dĺžka tunela je 1861 metrov. Tunel bude mať jednu únikovú štôľňu.

Západný portál tunela (obr. 4) sa pred Vianocami podarilo dokončiť a pripraviť na započatie razenia. V polovici januára 2018 sa začalo raziť pod ochranou mikropilótového dáždnika na delenú čelbu (kalotu, stupeň, dno). K dátumu 19. 1. 2018 bolo vyrazených prvých 7,5 metra a geologickú skladbu tvorili zvetrané a tektonicky porušené ílovce s blokmi zvetraných pieskocov.

Na východnom portáli (obr. 5) bola dokončená realizácia spevnenia podlažia tryskovou injektážou. Takto spevnené podlažie v smere budúceho tunela umožnilo ukotviť roznášacie prahy na čelnej stene portálovej jamy a tá sa následne vyhlbila až na úroveň dna. Ďalej bol pred začiatkom razenia navrhnutý mikropilótovej dáždnik. Z dôvodu prostredia tvoreného plastickými ílmi sa prepracovala projektová dokumentácia na razenie tunela od portálu do vzdialenosti asi 200 m. Statickými výpočtami sa určila potreba rozdelenia profilu na čiastkové čelby.

Celú stavbu realizuje združenie Nimnica zložené zo spoločností Doprastav – TSS Grade – SUBTERRA – EŽ Praha. Tunel Diel bude realizovať spoločnosť TUBAU, a.s. a tunel Milochovo spoločnosť Subterra a.s. Generálnym projektantom pre investora Železnice Slovenskej republiky je spoločnosť REMING CONSULT a.s.

Ing. JÁN KUŠNÍR, kusnir@reming.sk,  
REMING CONSULT a. s.



Obr. 5 Tunel Milochovo, východný portál  
Fig. 5 Milochovo tunnel, eastern portal

support class No. 3 started to be used. As of 19<sup>th</sup> January 2018, 254m of the tunnel excavation have been finished. As far as geology is concerned, the excavation proceeded through fresh claystone class R3.

At the eastern portal, the construction of the access road is being completed by final levels of a gabion retaining wall. At the same time, the design documentation was upgraded according to refined geological conditions and the contractor is preparing for starting the excavation in the portal area.

### Milochovo tunnel

The new Milochovo tunnel is designed to cross the bottom of Stavná hill, south of the local part Horný Milochovo of Milochovo, the municipal district of the town of Považská Bystrica. The design length of the tunnel amounts to 1861 metres. The tunnel will have one escape gallery.

The contractor managed to finish the western tunnel portal (Fig. 4) before Christmas and prepare it for the commencement of the tunnel excavation. The excavation under the protection of canopy tube pre-support commenced in the middle of January, using the excavation sequence consisting of top heading, bench and bottom. As of 19<sup>th</sup> January 2018, initial 7.5 metres of the excavation had been finished. The geology was formed by weathered and tectonically disturbed claystone with blocks of weathered sandstone.

At the eastern portal (Fig. 5), the realisation of strengthening of the sub-grade by jet grouting has been finished. The sub-graded strengthened in this way in the direction of the future tunnel allowed us to anchor the walers on the front wall of the portal pit. The pit was subsequently excavated down to the bottom level. Further on, drilling for the canopy tube pre-support was finished prior to the beginning of the tunnel excavation. The design documentation for driving the tunnel from the portal up to the distance of about 200m was reworked with respect to the geologic environment formed by plastic clay. Structural analyses determined the necessity for sequential excavation of the profile.

The whole project has been realised by the Nimnica consortium, consisting of the companies of Doprastav – TSS Grade – SUBTERRA – EŽ Praha. The Diel tunnel will be realised by TUBAU, a. s. and the Milochovo tunnel will be carried out by Subterra a.s. The general designer for the project owner, Slovak Republic's Railways, is REMING CONSULT a. s.

Ing. JÁN KUŠNÍR, kusnir@reming.sk,  
REMING CONSULT a. s.



## Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

### 155 LET OD UVEDENÍ LONDÝNSKÉHO METRA DO PROVOZU 155 YEARS SINCE BRINGING LONDON METRO INTO SERVICE

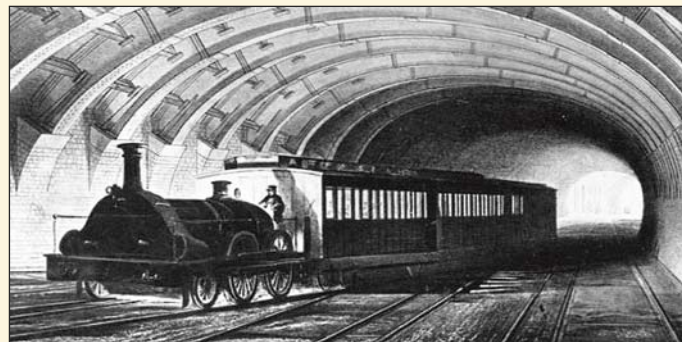
The construction of the London metro (the Underground or Tube) was started in 1860 by a firm registered in the Commercial Register under the name of METROPOLITAN by constructing a 6km long section between Bishop Road (today the Paddington station) and Farrington Street. With respect to the steam engine operation and the limited capacity of the stack ventilation system, the vertical alignment of the tunnels was designed at a small depth (6 to 8 metres). The double-track horseshoe shaped profile tunnels were bricked up on wooden scaffolding in pits excavated in the street space and were backfilled after completion. The first metro line in the world, with wooden cars pulled by a locomotive, was inaugurated with great success on 10<sup>th</sup> January 1863 – 38,000 visitors used the Underground on the first day of the operation, 25,000 passengers on average used it subsequently. In the following years this subsurface variant of the London metro was further intensely expanded. Only the start of electrification of the Underground allowed for the construction of the deep variant of the London Underground with pairs of 3.6m-diameter single-track tunnels and specially modified trains.

Roku 1825 zahájil anglický strojník George Stephenson veřejný provoz parního vlaku na trati mezi Stocktonem a Darlingtonem. Nově vynalezené válcované kolejnice (1825) se plně osvědčily, po závodu lokomotiv (1829) byla vítězná Stephensonova parní lokomotiva Rocket vybrána k používání pro pravidelný provoz. V roce 1830 se objevila na trati Manchester – Liverpool předzvěst budoucí podzemní dráhy, neboť byl otevřen první železniční tunel na trati s parním provozem (tunel Edge Hill, dl. 1066 m). V londýnském Crystal Palace se konala v roce 1851 první světová průmyslová výstava, na níž byla možnost výstavby podzemní dráhy poprvé veřejně zmíněna. Rokem 1859 vstoupila do historie městské dopravy parní tramvaj (New York, Londýn, Boston a další města).



Obr. 2 Porovnání velikostí vozů podpovrchové (vpravo) a hlubinné (vlevo) dopravy

Fig. 2 Comparison of the sizes of cars for subsurface tunnels (for the right) and deep tunnels (for the left)



Obr. 1 Typ původních tunelů metra vybudovaných firmou METROPOLITAN v letech 1860 až 1863

Fig. 1 The type of original Underground tunnels carried out by the firm of METROPOLITAN from 1860 to 1863

Na povrchových tratích byla vyzkoušena řada zásadních věcí potřebných k zahájení provozu podzemní dráhy – parní lokomotivy s potřebným výkonem, osobní vozy, válcované kolejnice a jejich upevňování, úprava pláně, signální zařízení...

Stavbu londýnského metra zahájila v roce 1860 firma zapsaná v obchodním rejstříku pod názvem METROPOLITAN budováním 6 km dlouhého úseku mezi Bishop Road (dnes Paddington Station) a Farrington Street. Vzhledem k parostrojnímu provozu a k omezeným možnostem komínového větrání byla niveleta tunelů vedena v malé hloubce (6 až 8 metrů). V hloubených jamách v uličním prostoru byly na dřevěných skružích vyzdívány dvoukolejné tunely podkovovitého tvaru, které byly po dokončení zasypány. První linie metra na světě, s dřevěnými vagony taženými parní lokomotivou, byla s velkým úspěchem uvedena do provozu 10. 1. 1863. První den provozu využilo metro 38 000 návštěvníků, pak v průměru denně 25 000 cestujících (obr. 1). V dalších letech byla tato podpovrchová varianta londýnského metra dále intenzivně rozšiřována. Teprve zahájení elektrifikace podzemní dráhy v roce 1890 umožnilo výstavbu hlubinné varianty londýnského metra (tube) s dvojicemi jednokolejných tunelů o průměru pouhých 3,6 m, se speciálně upravenými soupravami (obr. 2).

Velmi zajímavá je souvislost 1. linie metra s legendárním Temžským tunelem (Thames tunnel), který vybudoval pod řekou, v bahnotopísčítých náplavech, stavitel Marc Isambard Brunel pomocí prvního tunelářského štítu. Temžský tunel byl po řadě obtíží a prodlev s velkou slávou otevřen v roce 1843 (25. března 2018 bude mít 175 výročí), kdy tento první tunel pod Temží navštívila i královna Viktorie a princ Albert. Temžský tunel sloužil zpočátku jen jako tunel pro pěší a stal se na více než 20 let velkou turistickou atrakcí. V roce 1865 byl koupen společností East Railway, která do tunelu v roce 1869 zavedla železniční dopravu na trati East London Line, začleněně následně do systému metra. Legendární Brunelův tunel, který předznamenal pozdější éru ražení tunelů plnoprofilovými tunelovacími stroji, slouží v podpovrchové variantě londýnské podzemní dráhy dodnes.

prof. Ing. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.

## POHLEDNICE S ŽELEZNIČNÍMI TUNELY V RAKOUSKU I PICTURE POSTCARDS WITH RAILWAY TUNNELS IN AUSTRIA I

A number of picture postcards showing railway tunnels located in Austria were already presented in previous issues of TUNEL journal. This part of the series fluently continues with this programme. With respect to the complex morphology of the territory and the today already long history of the development of railways in Austrian lands, we encounter many picture postcards especially presenting, among other things, railway tunnels. It at the same time confirms a quip well known in technical circles, which says that “the Austrians love tunnels”!

Již v předchozích číslech časopisu TUNEL byla uvedena řada pohlednic s železničními tunely nacházejícími se v Rakousku. Tento díl seriálu plynule pokračuje v tomto programu. S ohledem na složitou morfologii území a na dnes již dlouhou historii

vývoje železnice se v rakouských zemích setkáváme se značnou řadou pohlednic zobrazujících, mimo jiné, právě železniční tunely. Současně to potvrzuje i bonmot známý v technických kruzích, který říká, že „Rakušané mají tunely rádi“!

### TUNEL HOCHSTEG

Tunel Hochsteg je jednokolejný tunel dl. 121 m. Nachází se ve Štýrsku na Enžské dráze (Ennstalbahn) vedené údolím řeky Enže (Enns) – obr. 1 až 3. Tato železnice byla původně součástí Rudolfovy dráhy, vystavěné pod jménem korunního prince v l. 1868 až 1873. V té době šlo v Rakousku, vedle dráhy Semmeringové na východě a Brennerské na západě, o třetí severojižní železniční přechod Alp. V r. 1884 byla, tato původně soukromá, dráha znárodněna. Dnes je elektrifikovaná.

Tunel Hochsteg se nalézá v traťovém úseku Amstetten – Bischofshofen (č. trati 102 01). [1, 2]

### TUNEL RATTENBERG

Dvoukolejný tunel Rattenberg, dlouhý 182,29 m, se nalézá na traťovém úseku č. 101 04 Wörgl hl. n. – Innsbruck hl. n. Jedná se o jeden ze dvou tunelů elektrifikované hlavní trati spojující Kufstein (při hranici s SRN) s Innsbruckem (a dále do Itálie). Tato železnice byla jako první záporakouská stavěná od r. 1853, s otevřením 24. 11. 1858. Tunel Rattenberg se nachází mezi stanicemi Rattenberg-Kramsach a Brixlegg – obr. 4. [1, 3]

### TUNELY „NA STĚNĚ 1“ A „NA STĚNĚ 2“

Oba jednokolejné elektrifikované tunely se nacházejí na Mittenwaldské dráze, spojující Innsbruck Wbf. a Scharnitz (trať č. 351 01). Stručná historie a vedení předmětné železnice byly v tomto seriálu již popsány v časopisu TUNEL č. 4/2014

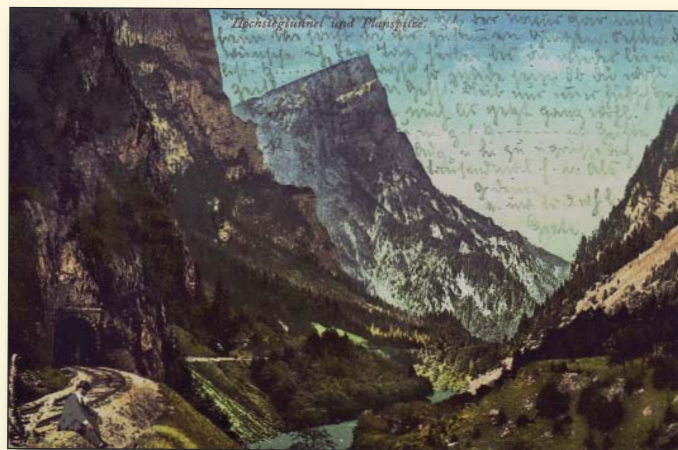


Obr. 1 Tunel Hochsteg a Planspitze 2117 m. Gesäuse. 4174 C. Ledermann jr. Wien I. Fleischmarkt 12. 1902. [sbírka autorů]

Na pohlednici je východní portál tunelu od nádraží Hieflau. V pozadí se tyčí štít hory Planspitze, dominanty národního parku Gesäuse. Trať sleduje v bezprostřední blízkosti tok řeky Enže (Enns), zde prolamující právě oblast Gesäuse.

Fig. 1 Hochsteg and Planspitze tunnels 2117m. Gesäuse. 4174 C. Ledermann jr. Wien I. Fleischmarkt 12. 1902. [authors' collection]

The picture postcard show the eastern portal of the tunnel viewed from the Hieflau railway station. The shield of the Planspitze mountain, a dominant of the Gesäuse national park, rises in the background. The track follows the flow of the Enns river in the immediate vicinity, breaking through the Gesäuse region in this location.



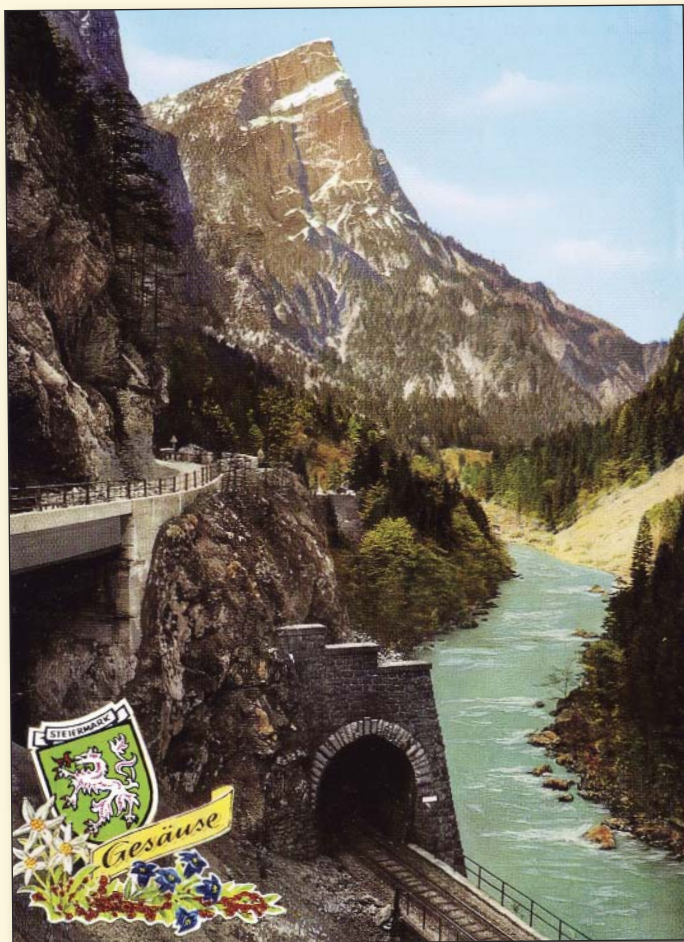
Obr. 2 Tunel Hochsteg a Planspitze. Ferd. V. Kleinmayr, Klagenfurt 1910. Kolorovaná fotografie. 1907. [sbírka autorů]

Za pozornost stojí osoba v obleku odpočívající na okraji kolejového lože nad řekou Enží. Jde patrně o dobového výletníka do parku Gesäuse... Pohlednice je na rubu i líci popsaná 30 hustými řádky (tužkou, kurentem) dobového sdělení adresátovi.

Fig. 2 Hochsteg and Planspitze tunnels. Ferd. V. Kleinmayr, Klagenfurt 1910. Coloured photo. 1907. [authors' collection]

The person in suit relaxing on the edge of the track bed above the Enns river is worth the attention. It is probably a contemporary sightseer heading to the Gesäuse park. The picture postcard is covered with writing both on the obverse and reverse by 30 dense lines of a contemporary information to the addressee (written with a pencil, with running hand).



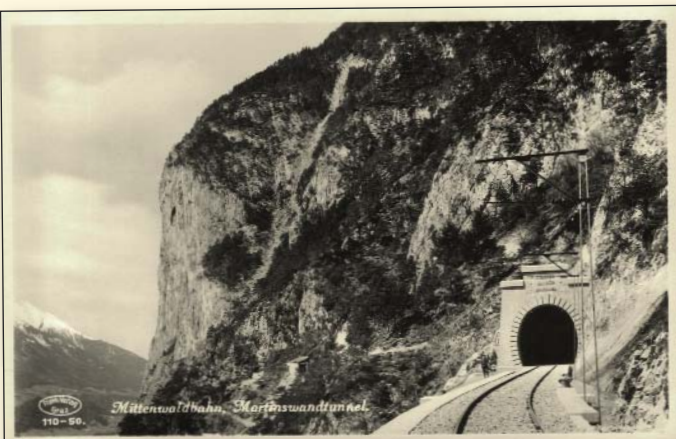


Obr. 3 Krásné zelené Štýrsko. Gesäuse, tunel Hochsteg s Planspitze 2117 m. Jízda divokou a romantickou krajinou údolí Enns mezi Admontem (vstup do Gesäuse) a Hieflau (výstup z Gesäuse). Gesäuse je pro každého nádherným zážitkem. Cosy-Verlag. Alfred Gründler, A-5013 Salzburg, Münchener Bundesstr. 156. 1976. [sbírka autorů]

Na úseku železnice, dlouhém 22,8 km, procházejícím národním parkem Gesäuse je 5 krátkých tunelů a 7 galerií, a to o celkové délce přibližně jednoho kilometru.

Fig. 3 Beautiful green Styria. Gesäuse, Hochsteg tunnel with Planspitze 2117m. A ride through the wild and romantic landscape of the Enns river valley between Admont (entrance to Gesäuse) and Hieflau (exit from Gesäuse). Gesäuse is a great experience for anybody. Cosy-Verlag. Alfred Gründler, A-5013 Salzburg, Münchener Bundesstr. 156. 1976. [authors' collection]

There are 5 short tunnels and 7 rock protection galleries at the aggregate length of approximately one kilometre in the 22.8km long railway section running across the Gesäuse national park.



Obr. 5 Mittenwaldská dráha. Martinswandtunnel. Purger & Co. München. Frank-Verlag Graz 110-50. 1930. [sbírka autorů]

Oproti tvrzení popisky na pohlednici se nejedná o Martinswandtunnel, nýbrž, jak to také potvrzuje nápis nad záklenkem objektu, jde o tunel „Na stěně 1“ (An der Wand-Tunnel 1). Zobrazen je jeho východní portál.

Fig. 5 Mittenwald railway. Martinswandtunnel. Purger & Co. München. Frank-Verlag Graz 110-50. 1930. [authors' collection]

Against the assertion of the caption in the picture postcard, this is not the Martinswandtunnel; it is, as even confirmed by the inscription above the discharging arch of the structure, the “On the wall No. 1” tunnel (An der Wand-Tunnel 1). Its eastern portal is in the picture.



Obr. 4 Rattenberg na Innu. Tirolsko. Verlag Innsbruck, Innstraße 3. Aufnahme Sepp Kirchner. 1955. [sbírka autorů]

Na obrázku je představeno malé historické město Rattenberg, ležící na řece Inn. Vpravo je historizující jihozápadní portál tunelu Rattenberg od stavědla Brixlegg 2. Tunel prochází skalním ostrohem, na kterém se nachází hrad z 10. stol.

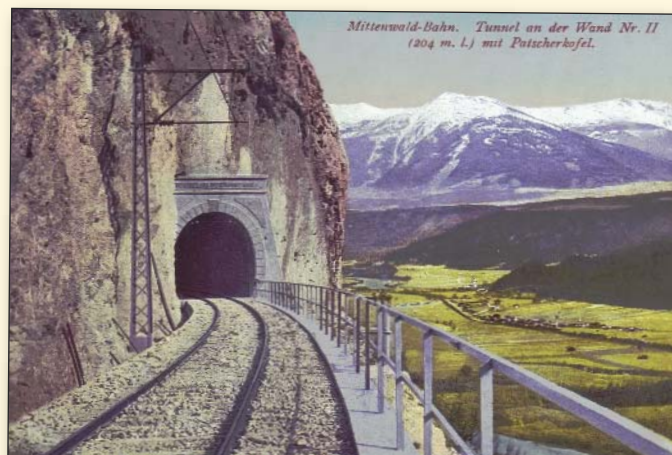
Fig. 4 Rattenberg on Inn river. Tyrol. Verlag Innsbruck, Innstraße 3. Aufnahme Sepp Kirchner. 1955. [authors' collection]

The picture introduces Rattenberg, a small historic town lying on the Inn river. Pictured right, there is a historicising south-western portal of the Rattenberg tunnel from the Brixlegg 2 interlocking facility. The tunnel passes through a rock promontory with a castle from the 10th century standing its top.

a č. 1/2016, a to v souvislosti s pohlednicemi zobrazujícími tunely Martinswand 2 a Vorberg IV. Pro stručně připomenutí: Dráha byla postavena v l. 1910 až 1912, když od samého počátku měla zásadní vliv na standardy provozu elektrických vlaků ve střední Evropě.

Tunel pojmenovaný „Na stěně 1“ (An der Wand-Tunnel 1) – obr. 5 – je dlouhý 109,50 m, tunel „Na stěně 2“ (An der Wand-Tunnel 2) – obr. 6 – je potom dlouhý 202,43 m.

Tunely „Na stěně 1“ a „Na stěně 2“ jsou vedeny známou „Martinovou stěnou“ (Martinswand) nad řekou Inn. Od toho lze odvodit i jejich, ne zcela standardní, pojmenování. Mezi stanicemi Martinswand a Hochzirl se na traťovém úseku dl. 5,5 km, vedle dvou předmětných tunelů, nachází 4 další a také 1 galerie. Celková délka podzemních objektů



Obr. 6 Mittenwaldská dráha. Tunel „Na stěně č. II“ 204 m n. m. s obcí Patscherkofel. Purger & Co. München. Photochromiekarte Nr. 12616. Kolorovaná fotografie. Cca 1914. [sbírka autorů]

Na pohlednici je západní portál tunelu. Obec Patscherkofel se rozkládá vpravo, hluboko dole, v širokém údolí řeky Inn.

Fig. 6 Mittenwald railway. The “On the wall No. 2” tunnel 204m a.s.l., with the village of Patscherkofel. Purger & Co. Munich. Coloured picture card No. 12616, ca 1914. [authors' collection]

The western portal of the tunnel is in the picture postcard. The village of Patscherkofel lies on the right side, deep down, in a wide Inn river valley.



zde potom činí 2,82 km, což je 51 % délky příslušné pasáže. [1, 4]

*doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.,  
Ing. RICHARD SVOBODA, Ph.D.,  
Ing. MARTIN ZÁVACKÝ*

*Poděkování: Příspěvek byl vypracován s finanční pomocí EU „OP Výzkum a vývoj pro inovace“, projekt reg. č. CZ.1.05/2.1.00/03.0097, v rámci činnosti regionálního centra AdMaS „Pokročilé stavební materiály, konstrukce a technologie“ a programu Centra kompetence Technologické agentury České republiky (TAČR) v rámci projektu Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI), číslo projektu TE01020168.*

## LITERATURA / REFERENCES

- [1] Eisenbahn-Tunnel in Österreich [online]. [cit. 2017-12-06]. Dostupné na internetu <<http://www.eisenbahntunnel.at>>
- [2] Rudolfsbahn [online]. [cit. 2017-12-06]. Dostupné na internetu <<https://austria-forum.org/af/AustriaWiki/Rudolfsbahn>>
- [3] Bahnstrecke Kufstein–Innsbruck [online]. [cit. 2017-12-06]. Dostupné na internetu <[https://de.wikipedia.org/wiki/Bahnstrecke\\_Kufstein%E2%80%93Innsbruck](https://de.wikipedia.org/wiki/Bahnstrecke_Kufstein%E2%80%93Innsbruck)>
- [4] Mittenwaldbahn [online]. [cit. 2017-12-06]. Dostupné na internetu <<https://de.wikipedia.org/wiki/Mittenwaldbahn>>

## Z ČINNOSTI PRACOVNÍCH SKUPIN CZTA / CZTA WORKING GROUPS

### DALŠÍ KROK K UNIVERZÁLNÍMU TM, ANEB „BUDE TO STAČIT“? ANOTHER STEP TO A UNIVERSAL TM, OR „WILL IT DO“?

A dream of many sellers of TMs (Tunnel Machines) is to offer one universal machine capable of coping with all pitfalls of planned tunnels. A dream of many tunnellers is to own such a machine and excavate tunnels with it rashly. This paper is focused on the technical aspect of combining various types of TMs and overshadows the possibilities of changing the sizes. Traditionally, the manufacturers did not cudgel their brains about terminology, therefore similar technologies have different names. Herrenknecht calls combined machines Multi-mode TBMs and adds a description of the particular combination to them. Robbins approached it systematically with the “Crossover TBMs” set. Crossover is abbreviated to X, in combinations XRE, XSE, XRS.

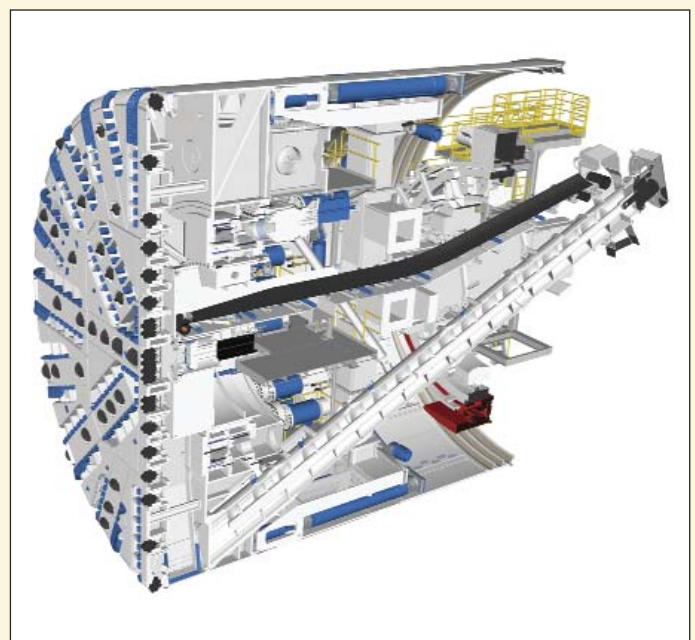
Snem mnoha prodejců TM (tunelovací stroj, Tunnel Machine) je nabízet jeden univerzální stroj schopný zvládnout veškeré záležitosti plánovaných tunelů. Snem mnoha razičů je takový stroj vlastnit a razit s ním „hlava nehlava“. Tento článek se zaměřuje na technickou stránku kombinování různých typů TM a upozorňuje na možnosti změny velikosti. S terminologií si výrobci tradičně nelámali hlavu, takže obdobné technologie mají rozličné názvy. Herrenknecht kombinované stroje nazývá Multi-mode TBM a doplňuje k nim popis dané kombinace. Systémově to pojal Robbins s kolekcí „Crossover TBMs“. Crossover, zkráceně X, v kombinacích XRE, XSE, XRS.

### CROSSOVER TBM – XRE/KOMBINOVANÝ TBM S JEDNODUCHÝM ŠTÍTEM A ZEMINOVÝM ŠTÍTEM

Pravděpodobně nejznámější kombinací plnoprofilových razičích strojů je TM pro skalní a zeminové podmínky. Stroj má pro odtěžbu jak šnekový, tak i pásový dopravník. Ve skalním módu ražeb je do odtěžovací komory (v místě hlavní podélné osy tunelu) prodloužen pásový dopravník. Pro ražbu v zeminových podmínkách se pásový dopravník vysune z odtěžovací komory a odtěžbu zajišťuje šnekový dopravník.

TM se hodí pro zeminové podmínky s nízkou propustností, v kombinaci se skalními podmínkami. Ukázkou může být stroj S-799 od Herrenknechtu, se kterým Metrostav vyrazil 8,2 km Ejpovického tunelu. V podání firmy Robbins je tato sestava znázorněná na obr. 1.

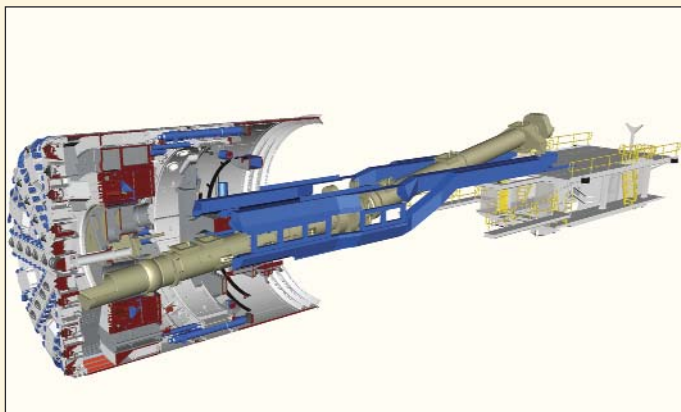
Odvážným řešením je pro kombinovaný stroj (skalní s jednoduchým štítem/zeminový) použití pouze šnekového dopravníku umístěného v hlavní, podélné ose stroje. Ten transportuje rubaninu jak v režimu zeminového štítu, tak i v režimu skalních ražeb. Šnekový dopravník je rozdělen do dvou částí, kvůli možnému výskytu metanu, hermeticky spojených (obr. 2). Následný transport rubaniny tunelem se zpravidla řeší pásovým dopravníkem.



Zdroj The Robbins Company Source The Robbins Company

**Obr. 1** Kombinovaný TM pro skalní a zeminové podmínky  
**Fig. 1** Combined TM for hard rock and earth conditions





Zdroj The Robbins Company Source The Robbins Company

Obr. 2 XRE pro uhelný důl Grosvenor  
Fig. 2 XRE for the Grosvenor coal mine

TM byl použit pro ražbu dvou přístupových tunelů v uhelném dole Grosvenor v Austrálii. Ražby probíhaly v pískách, jílu, uhlí, ale také v pískovci a čediči s pevností do 120 MPa UCS. Tento stroj je natolik zajímavý, že se k němu vrátíme v některém dalším čísle.

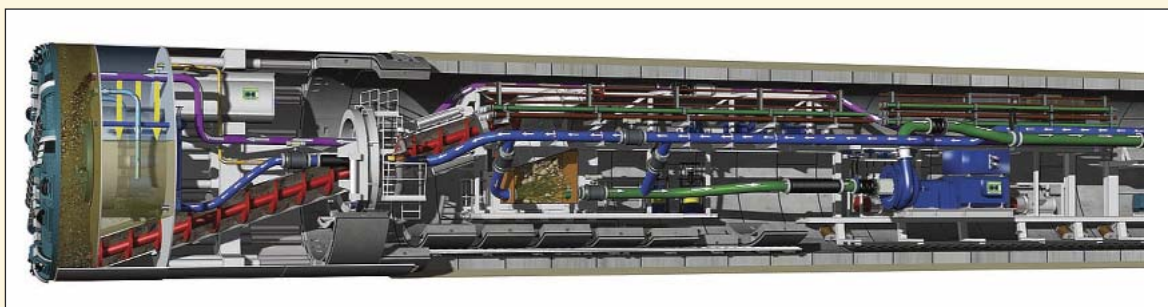
### CROSSOVER TBM – XSE / KOMBINOVANÝ TM BENTONITOVÝ SE ZEMINOVÝM ŠTÍTEM

Crossover TBM XSE kombinuje bentonitový stroj se zeminovým. Do odtěžovací komory je přiveden jak bentonitový systém pro odtěžbu, tak i šnekový dopravník (obr. 3), což výrazně zkracuje čas potřebný pro změnu módu. Ovšem pro transport rubaniny na povrch se musí tunel vystrojit jak pásovým dopravníkem, tak i sestavou potrubí pro bentonit.

TM je ideální pro ražby v zeminách, téměř bez ohledu na jejich propustnost a přítomnost podzemní vody, s přesahem do poloskálních zemin. Ražby mohou probíhat v režimu zeminového stroje, odtěžba je řízena šnekovým dopravníkem. Při přechodu do zemin s vyšší propustností, případně s výraznějším výskytem důlních vod, lze přejít do režimu bentonitového stroje a odtěžbu rubaniny (řízení protitlaku) realizovat pomocí bentonitové suspenze. Celá odtěžovací komora je vyplněna suspenzí a ražba může pokračovat i ve ztížených geologických podmínkách. Při zlepšení podmínek lze přejít do levnějších ražeb zeminového módu. Hodí se pro ražbu v zastavěné oblasti, a to pro možnost precizní práce s protitlakem na čelbě, což vede k minimalizování rizika sedání povrchu.

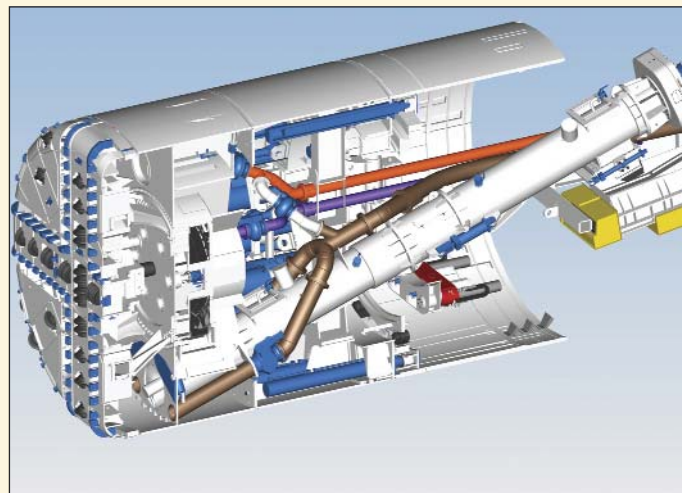
### VARIABLE DENSITY TBM/KOMBINOVANÝ TM BENTONITOVÝ A ZEMINOVÝ ŠTÍT

Sjednocení transportu rubaniny v tunelu ukázal Herrenknecht u své technologie „Variable density machine“



Zdroj Herrenknecht AG Source Herrenknecht AG

Obr. 4 Kombinovaný TM bentonitový se zeminovým štítem s rozplavovací jednotkou  
Fig. 4 Bentonite TM combined with an EPB TBM with an earth dilution unit



Zdroj The Robbins Company Source The Robbins Company

Obr. 3 Kombinovaný TM bentonitový se zeminovým štítem  
Fig. 3 Combined bentonite and EPB TM

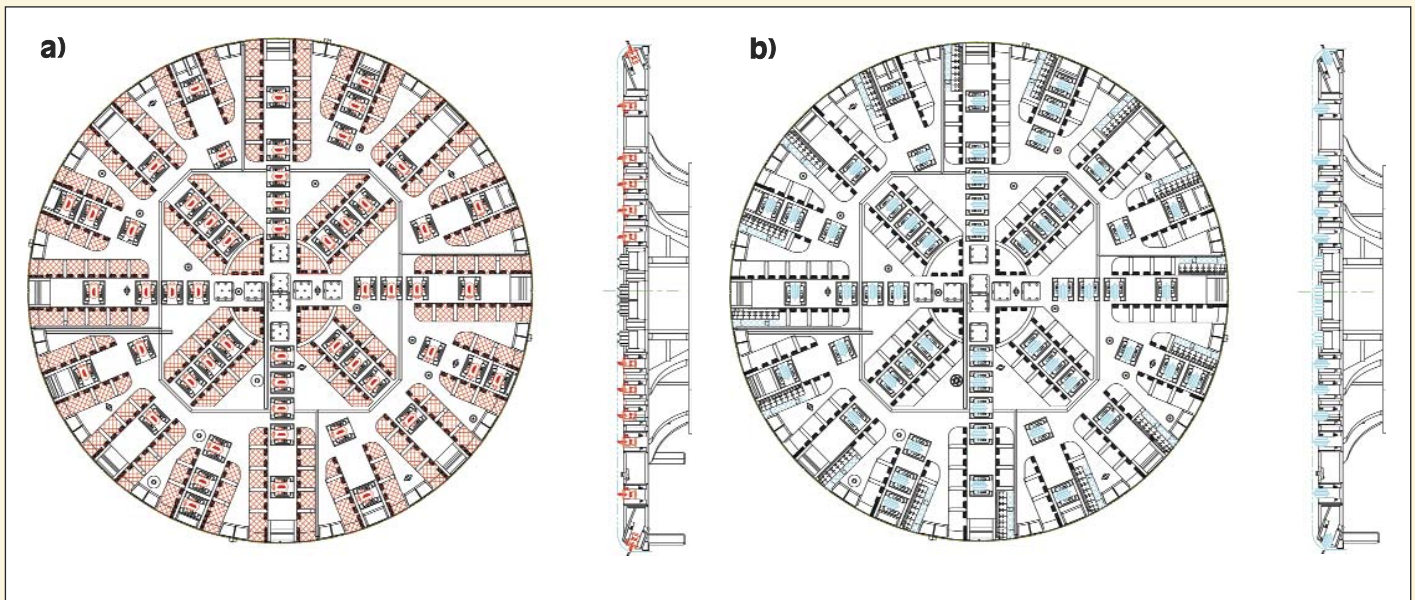
(obr. 4). Ve štítové části stroje má také bentonitový systém kombinovaný se zeminovým, ale na rozdíl od XSE firmy Robbins sjednocuje transport rubaniny do „rozplavovací jednotky“. V té se i rubanina ze šnekového dopravníku smíchává s bentonitem (rozplavuje), aby byla následně transportována potrubím až na povrch. Výhodami jsou jednak jeden transportní systém pro rubaninu v tunelu a rychlá změna módu ražeb. Nevýhodou je, že i rubanina z ražeb v zeminovém módu musí projít nákladným separačním systémem bentonitového recyklačního hospodářství.

### MODIFIKOVANÁ ŘEZNÁ HLAVA

Pro kombinované stroje je nutné vyvinout i kombinovanou řeznou hlavu. Při jejím návrhu se často musí řešit protichůdné požadavky. Například požadavky na maximální otevření u bentonitového módu s o poznání menším otevřením pro zeminový mód a s tím související problémy se zalepováním prostupů lepivými jemnozrnnými částicemi. Případně velké procento otevření pro zeminový mód neposkytuje dostatek prostoru pro uložení velkého počtu valivých dlát (pro skalní mód), snižuje celkovou tuhost hlavy a při ražbě ve skalním módu jsou větší prostupy na škodu a musí se zaslepit. Názornou ukázkou je řezná hlava osmi-metrového stroje firmy Robbins, kombinující ražby ve skalním a zeminovém módu (obr. 5). U adaptace pro skalní mód ražeb nejsou znázorněny přídatné konstrukce na zadní straně řezné hlavy.

K lepšímu vypořádávání se se změnami geologie pomáhá unifikované ukotvení (lůžko) řezných nástrojů. Díky nim lze jednoduše vyměnit valivá dláta do skalních podmínek, s řez-

nými zuby pro zeminy. Případně lze ukotvení navrhnout tak, aby bylo možno osadit i valivá dláta s větším průměrem, vyskytnou-li se na čelbě horniny s vyšší pevností.



Obr. 5 Řezná hlava pro zeminový a skalní mód ražeb, a) zeminový mód s 35% otevřením a rotací v obou směrech, b) skalní mód s 8% otevřením a rotací pouze ve směru hodinových ručiček

Fig. 5 Cutterhead for EPB and hard rock excavation modes, a) EPB mode with 35% opening and rotation in both directions b) hard rock mode with 8% opening and only clockwise rotation

## ZÁVĚR

Kombinování typů TM je dozajista budoucnost mechanizovaných ražeb, kdy po boku čistokrevných speciálů zaměřených na jeden typ ražeb budou stát i kombinované stroje pro „geologicky pestré“ projekty. Výrobci tunelovacích strojů už řeší kombinaci technologických protipólů: bentonitového

a skalního štítu – Crossover TBM XRS. Čas ukáže, zda budou kombinované stroje jen doplňkem „speciálů“, anebo cestou k univerzálnímu razičímu stroji.

*Ing. FILIP SCHIFFAUER, člen pracovní skupiny pro mechanizované tunelování*

## ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES CZECH TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORTS

[www.ita-aites.cz](http://www.ita-aites.cz)

## ČINNOST SEKCE TUNELY ČSS V ROCE 2017

Činnost Sekce tunely ČSS v předávání nejnovějších informací týkajících se tunelových úseků pozemních komunikací pokračovala v roce 2017 obvyklou formou čtvrtletních jednání, organizováním článků a zpráv v časopisu ČSS Silniční obzor a organizováním spolupráce na činnostech ČSS.

Na březnovém jednání Sekce u společnosti Satra s.r.o. byli jeho účastníci informováni o zkušenostech z více než dvouletého provozování tunelu Blanka MO Praha včetně zkušeností ze cvičení IZS v tomto tunelu v roce 2016, dále o koncepci a zahájení výstavby Multifunkčního centra tohoto tunelu, o projektové přípravě tunelu Homole dálnice D35 a o důvodech a průběhu výměny kamerového vybavení v tunelech staveb 513 a 515 Pražského dálničního okruhu.

Červnové jednání Sekce bylo uspořádáno u společnosti Subettra a.s. a přineslo jeho účastníkům informace o zahraničních aktivitách této společnosti na výstavbě tunelů dálničního obchvatu města Stockholm, o ukončení průzkumných prací na tunelu Radlické radiály v Praze, informace o projektu silničního tunelu Pohůrka dálnice D3 a o dokončování výstavby na tunelech stavby Povážský Chlmec na Slovensku.

Jednání Sekce v září bylo uspořádáno na provozním úseku ŘSD v Praze. Účastníci jednání byli podrobně seznámeni se současným organizováním provozování a údržby tunelů silnic a dálnic ve správě ŘSD a o dalším postupu přípravy podání žádosti investora ŘSD o vydání územního rozhodnutí na výstavbu střežského úseku dálnice D3.

Prosincové jednání Sekce bylo tradičně uspořádáno u společnosti Metroprojekt Praha. Jednání bylo informováno o činnostech zástupců ČSS ve Výboru D5 společnosti PIARC a jednání jeho pracovních skupin, o výsledcích zkušebního provozu tunelů Prackovice a Radejčín dálnice D8, o návrhu a prvních zkušenostech z provozování garáží Letná a o návrhu nového způsobu hodnocení klasifikace prostředí v tunelech pozemních komunikací.

Sekce v průběhu roku opakovaně spolupracovala na činnostech spolupráce v rámci ČSS a CzTA, zejména v radě časopisu Silniční obzor a při prezentaci současných informací o tunelech silnic na Silniční konferenci 2017 v Brně.

Březnové jednání 2018 Sekce tunely ČSS bude organizováno u společnosti Satra s.r.o.

*Ing. JIŘÍ SMOLÍK*



**BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ  
 UVEŘEJNĚNÝCH V TUNELU, ČASOPISU ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE  
 A SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE ITA-AITES V ROCE 2017  
 BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED IN THE JOURNAL TUNEL  
 OF THE CZECH TUNNELLING ASSOCIATION AND THE SLOVAK TUNNELLING  
 ASSOCIATION ITA-AITES WITHIN THE YEAR 2017**

<b>BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED</b>	Číslo Issue	Strana Page	<b>BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED</b>	Číslo Issue	Strana Page
<b>1. ÚVODNÍK EDITORIAL</b>					
Ing. Miroslav Novák, člen redakční rady	1/2017	1	■ Stavba dálnice D8 – 0805 Lovosice – Řehlovice, výstavba tunelů Prackovice a Radejčín <i>Motorway D8 – 0805 Lovosice – Řehlovice Project, Construction of Prackovice and Radejčín Tunnels</i>	2/2017	4
RNDr. Lubomír Klímeck, MBA, ředitel GEOTest, a.s.	1/2017	2	■ Tunely Ejpovice, ražba jižní tunelové trouby, přesun a úpravy stroje pro ražbu severní tunelové trouby <i>Ejpovice Tunnels, Driving the Southern Tunnel Tube; Shifting and Modifying the TBM for Driving the Northern Tunnel Tube</i>	2/2017	26
Ing. Petr Hlaváček, jednatel společnosti Angermeier Engineers, s.r.o.	1/2017	3	■ Výstavba tunelového „řetězce“ Granitztal <i>Development of the Granitztal Tunnel “Chain”</i>	3/2017	4
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., člen redakční rady	2/2017	1	■ Dlouhé dopravní tunely v indických Himálajích, dokončené, ve výstavbě, připravované <i>Long Transport Tunnels in Indian Himalaya, Finished, Progressing, in Preparation</i>	3/2017	23
Ing. Roman Fuksa, ředitel divize 5, Metrostav a.s.	2/2017	2	■ Förbifart Stockholm – projekt FSE209, ražený tunel Skärholmen <i>Förbifart Stockholm – Project FSE209, Skärholmen Mined Tunnel</i>	4/2017	17
prof. Ing. Radim Čajka, CSc., děkan, Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava	2/2017	3	■ A44 – tunel Spitzenberg <i>A44 – Spitzenberg Tunnel</i>	4/2017	30
doc. Dr. Ing. Jan Pruška, člen redakční rady časopisu Tunel	3/2017	1	■ BIM v dopravním stavitelství ve Spolkové republice Německo s příkladem jeho použití na tunelu Rastatt <i>BIM in Transport Engineering Construction in the Federal Republic of Germany, with an Example of its Application to Rastatt Tunnel</i>	4/2017	54
Ing. Martin Srb, Ph.D., partner a jednatel společnosti 3G Consulting Engineers s.r.o.	3/2017	2	■ Bezbariérové zpřístupnění stanice metra Anděl – geotechnický monitoring <i>Step-Free Access for Anděl Metro Station – Geotechnical Monitoring</i>	1/2017	4
prof. Ing. Alena Kohoutková, CSc., děkanka Fakulty stavební ČVUT a manažerka projektu CESTI	3/2017	3	■ Monitorovací měření na stavbě okružní trasy Metra v Kodani <i>Monitoring Measurements on the Infrastructure Project “Cityringen of Copenhagen”</i>	1/2017	37
Ing. Otakar Krásný, člen redakční rady časopisu Tunel	4/2017	1	<b>4. METRO SUBWAY</b>		
Ing. Ondřej Fuchs, generální ředitel Subterra a.s.	4/2017	2	■ KANALIZACE, KOLEKTORY, MALÉ PROFILY SEWERAGE, UTILITY TUNNELS, SMALL PROFILE TUNNELS		
Ing. Petr Kučera, ředitel společnosti Minova Bohemia s.r.o.	4/2017	3	■ Tunel El Volcán – stavba vodní elektrárny Alto Maipo, Chile <i>Tunnel El Volcán – HPP Alto Maipo, Chile</i>	3/2017	15
<b>2. PODZEMNÍ URBANISMUS, VÝHLEDOVÉ STAVBY, NORMY UNDEGROUND CITY PLANNING, PROSPECTIVE PROJECTS, STANDARDS</b>					
■ Geotechnické riziko: jak to vidí soudci? <i>Geotechnical Risk: What Judges Think about it?</i>	2/2016	20	■ Kolektor Hlávčkův most – zkušenosti po zahájení ražeb <i>Hlávčkův Bridge Utility Tunnel Experience after Tunnel Excavation Commencement</i>	4/2017	4
Mgr. David Hruška, JUDr. Lukáš Klee, Ph.D.					
■ Připravované brněnské tunely <i>Brno Tunnels under Preparation</i>	1/2017	26	■ Tříkilometrový překop v tisícimetrové hloubce <i>Three Kilometre Long Cross Tunnel at One Thousand Metre Depth</i>	4/2017	43
Ing. David Rupp					
■ BIM v dopravním stavitelství ve Spolkové republice Německo s příkladem jeho použití na tunelu Rastatt <i>BIM in Transport Engineering Construction in the Federal Republic of Germany, with an Example of its Application to Rastatt Tunnel</i>	4/2017	54	<b>6. SANACE, REKONSTRUKCE, ÚDRŽBA, OPRAVY RECONSTRUCTION, REINSTATING, MAINTENANCE, REPAIRATION</b>		
Ing. Linda Černá Vydrová, Ph.D., Ing. Pavel Růžička, Ph.D.					
<b>3. DOPRAVNÍ STAVBY TRANSPORT-RELATED PROJECTS</b>					
■ Tunely Ejpovice – geotechnický monitoring <i>Ejpovice Tunnels – Geotechnicals Monitoring</i>	1/2017	12	■ Bezbariérové zpřístupnění stanice metra Anděl – geotechnický monitoring <i>Step-Free Access for Anděl Metro Station – Geotechnical Monitoring</i>	1/2017	4
Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D., Ing. Ondřej Hort, Mgr. Lukáš Hubinger, RNDr. Jindra Oberhelová, Mgr. Pavel Vižďa					
■ Připravované brněnské tunely <i>Brno Tunnels under Preparation</i>	1/2017	26	■ Rekonstrukce, údržba, opravy <i>Reconstruction, Reinstiting, Maintenance, Repairation</i>		
Ing. David Rupp					
■ Geodetická odchylka na prorážce podzemních liniiových děl <i>Survey Deviation after Breakthrough of Underground Linear Workings</i>	1/2017	45			
Ing. Petr Hlaváček					
■ Förbifart Stockholm – projekt FSE210 <i>Förbifart Stockholm – FSE210 Project</i>	1/2017	62			
Bc. Tomáš Němeček, Ing. Michal Přenosil					
■ Sekundární ostění tunelu Považský Chlmec, konstrukční řešení, provádění a ošetřování <i>Secondary Lining of the Považský Chlmec Tunnel, Structural Solution, Construction and Concrete Curing</i>	1/2017	74			
Ing. Libor Mařík					

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ  
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHEDČíslo Strana  
Issue Page

- Moderní materiály pro efektivní sanace ostění tunelů  
*Modern Materials for Effective Rehabilitation of Tunnel Linings*  
Zbyněk Drienovský 4/2017 49

7. TEORIE, VÝZKUM, SLEDOVÁNÍ  
THEORY, RESEARCH, MONITORING

- Bezbariérové zpřístupnění stanice metra Anděl – geotechnický monitoring  
*Step-Free Access for Anděl Metro Station – Geotechnical Monitoring*  
Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D., Mgr. Lukáš Hubinger,  
Ing. Radek Klesnil, Mgr. Pavel Vižďa, Ing. Vladimír Nosek 1/2017 4
- Tunely Ejpvovice – geotechnický monitoring  
*Ejpvovice Tunnels – Geotechnicals Monitoring*  
Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D., Ing. Ondřej Hort, Mgr. Lukáš Hubinger,  
RNDr. Jindra Oberhelová, Mgr. Pavel Vižďa 1/2017 12
- Monitorovací měření na stavbě okružní trasy Metra v Kodani  
*Monitoring Measurements on the Infrastructure Project  
“Cityringen of Copenhagen”*  
Dipl.-Ing. Dieter Heinz 1/2017 37
- Geodetická odchylka na prorážce podzemních liniových děl  
*Survey Deviation after Breakthrough of Underground  
Linear Workings*  
Ing. Petr Hlaváček 1/2017 45
- Sekundární ostění tunelu Považský Chlmec, konstrukční řešení,  
provádění a ošetřování  
*Secondary Lining of the Považský Chlmec Tunnel, Structural  
Solution, Construction and Concrete Curing*  
Ing. Libor Mařík 1/2017 74
- Geotechnika a podzemní stavitelství na dvacetileté  
Fakultě stavební VŠB-TU v Ostravě  
*Geotechnics and Underground Structures at the Twenty Years  
Old Faculty of Civil Engineering of the VŠB – Technical  
University of Ostrava*  
doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D., prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc. 2/2017 33
- Analýza koeficientů přenosu prostředí na třech mělce ražených tunelech  
*Analysis of Coefficients of Vibration Transmission through  
Ground Environment Carried out on Three Shallow Driven  
Tunnel Construction Sites*  
prof. RNDr. Zdeněk Kaláb, CSc., Ing. Martin Stolárik, Ph.D.,  
Ing. Miroslav Pinka 2/2017 41
- Statické řešení dvouplášťového tunelového ostění  
*Structural Design of Double-Shell Tunnel Linings*  
doc. Ing. Karel Vojtasík, CSc., Ing. Marek Mohyla,  
doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D., Ing. Lukáš Duriš, Ph.D. 2/2017 48
- Výzkumné centrum CESTI – aplikační výsledky  
*Cesti Research Centre – Application Results*  
Ing. Petr Bílý, Ph.D., Ing. Marcela Pavlíková, CSc. 3/2017 30
- Výpočet kondenzace vodní páry v tunelech  
*Calculation of Water Vapour in Tunnels*  
Ing. Michaela Mračková, prof. Dr. Ing. Bořek Patzák,  
doc. Ing. Vít Šmilauer, Ph.D., doc. Dr. Ing. Jan Pruška 3/2017 40
- Beton vyztužený vlákny a jeho aplikace v tunelech  
*Fibre Reinforced Concrete and its Application in Tunnels*  
prof. Ing. Jan L. Vitek, CSc., FEng., Dr. Ing. Petr Vitek 3/2017 48
- Problematika vnitřního prostředí během realizace podzemních staveb  
*Problems of Internal Environment During Realisation  
of Underground Construction*  
Ing. Jan Klečka, Ing. Jaroslav Synek 3/2017 64
- Životní cyklus stavebních materiálů a principy trvale udržitelného rozvoje  
*Life Cycle of Building Materials and Principles of Sustainable Development*  
Dr. Alun Thomas, Ing. Adam Janiček, Ing. Jana Kodymová, Ph.D.,  
Dipl.-Ing. Markus Will 4/2017 35
- BIM v dopravním stavitelství ve Spolkové republice Německo  
s příkladem jeho použití na tunelu Rastatt  
*BIM in Transport Engineering Construction in the Federal  
Republic of Germany, with an Example of its Application  
to Rastatt Tunnel*  
Ing. Linda Černá Vydrová, Ph.D., Ing. Pavel Růžička, Ph.D. 4/2017 54

8. HISTORIE  
HISTORY

- Geotechnika a podzemní stavitelství na dvacetileté Fakultě  
stavební VŠB-TU v Ostravě  
*Geotechnics and Underground Structures at the Twenty Years  
Old Faculty of Civil Engineering of the VŠB – Technical  
University of Ostrava*  
doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D., prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc. 2/2017 33

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ  
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHEDČíslo Strana  
Issue Page

- Tříkilometrový překop v tisícimetrové hloubce  
*Three Kilometre Long Cross Tunnel at One Thousand Metre Depth*  
Ing. Petr Čada, Ph.D., Pavel Čespiva, Ing. et Ing. Pavel Dvořák,  
Ing. Jiří Golasowski, Ph.D., Tadeusz Konieczny 4/2017 43
  - Moderní materiály pro efektivní sanace ostění tunelů  
*Modern Materials for Effective Rehabilitation of Tunnel Linings*  
Zbyněk Drienovský 4/2017 49
9. RŮZNÉ  
MISCELLANEOUS
- Geodetická odchylka na prorážce podzemních liniových děl  
*Survey Deviation after Breakthrough of Underground  
Linear Workings*  
Ing. Petr Hlaváček 1/2017 45
  - Tunely Ejpvovice, ražba jižní tunelové trouby, přesun a úpravy  
stroje pro ražbu severní tunelové trouby  
*Ejpvovice Tunnels, Driving the Southern Tunnel Tube; Shifting  
and Modifying the TBM for Driving the Northern Tunnel Tube*  
Ing. Štefan Ivor, Ing. Petr Hybský, Libor Sýkora, Václav Anděl 2/2017 26
  - Geotechnika a podzemní stavitelství na dvacetileté  
Fakultě stavební VŠB-TU v Ostravě  
*Geotechnics and Underground Structures at the Twenty Years Old Faculty  
of Civil Engineering of the VŠB – Technical University of Ostrava*  
doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D., prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc. 2/2017 33
  - Analýza koeficientů přenosu prostředí na třech mělce ražených tunelech  
*Analysis of Coefficients of Vibration Transmission through Ground Environment  
Carried out on Three Shallow Driven Tunnel Construction Sites*  
prof. RNDr. Zdeněk Kaláb, CSc., Ing. Martin Stolárik, Ph.D.,  
Ing. Miroslav Pinka 2/2017 41
  - Statické řešení dvouplášťového tunelového ostění  
*Structural Design of Double-Shell Tunnel Linings*  
doc. Ing. Karel Vojtasík, CSc., Ing. Marek Mohyla,  
doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D., Ing. Lukáš Duriš, Ph.D. 2/2017 48
  - Tunel El Volcán – stavba vodní elektrárny Alto Maipo, Chile  
*Tunnel El Volcán – HPP Alto Maipo, Chile*  
Dr., Ass.-Prof. i. R. Kurt Klima 3/2017 15
  - Výpočet kondenzace vodní páry v tunelech  
*Calculation of Water Vapour in Tunnels*  
Ing. Michaela Mračková, prof. Dr. Ing. Bořek Patzák,  
doc. Ing. Vít Šmilauer, Ph.D., doc. Dr. Ing. Jan Pruška 3/2017 40
  - Beton vyztužený vlákny a jeho aplikace v tunelech  
*Fibre Reinforced Concrete and its Application in Tunnels*  
prof. Ing. Jan L. Vitek, CSc., FEng., Dr. Ing. Petr Vitek 3/2017 48
  - Problematika vnitřního prostředí během realizace podzemních staveb  
*Problems of Internal Environment During Realisation  
of Underground Construction*  
Ing. Jan Klečka, Ing. Jaroslav Synek 3/2017 64
  - Kolektor Hlávčkův most – zkušenosti po zahájení ražeb  
*Hlávčkův Bridge Utility Tunnel Experience after Tunnel  
Excavation Commencement*  
Ing. Václav Dohnálek, Ing. Radek Kozubík, Ing. Martin Špeta 4/2017 4
  - Životní cyklus stavebních materiálů a principy trvale udržitelného rozvoje  
*Life Cycle of Building Materials and Principles of Sustainable Development*  
Dr. Alun Thomas, Ing. Adam Janiček, Ing. Jana Kodymová, Ph.D.,  
Dipl.-Ing. Markus Will 4/2017 35
  - Tříkilometrový překop v tisícimetrové hloubce  
*Three Kilometre Long Cross Tunnel at One Thousand Metre Depth*  
Ing. Petr Čada, Ph.D., Pavel Čespiva, Ing. et Ing. Pavel Dvořák,  
Ing. Jiří Golasowski, Ph.D., Tadeusz Konieczny 4/2017 43
  - Moderní materiály pro efektivní sanace ostění tunelů  
*Modern Materials for Effective Rehabilitation of Tunnel Linings*  
Zbyněk Drienovský 4/2017 49
  - BIM v dopravním stavitelství ve Spolkové republice Německo  
s příkladem jeho použití na tunelu Rastatt  
*BIM in Transport Engineering Construction in the Federal  
Republic of Germany, with an Example of its Application to Rastatt Tunnel*  
Ing. Linda Černá Vydrová, Ph.D., Ing. Pavel Růžička, Ph.D. 4/2017 54
10. STAVEBNÍ MATERIÁLY  
BUILDING MATERIAL
- Sekundární ostění tunelu Považský Chlmec, konstrukční řešení,  
provádění a ošetřování  
*Secondary Lining of the Považský Chlmec Tunnel, Structural  
Solution, Construction and Concrete Curing*  
Ing. Libor Mařík 1/2017 74



<b>BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ</b> <b>BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED</b>	Číslo Issue	Strana Page	<b>BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ</b> <b>BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHED</b>	Číslo Issue	Strana Page
■ Hydroizolace skandinávských tunelů <i>Water and Frost Protection of Scandinavian Tunnels</i> Ing. Aleš Gothard, Ing. Jiří Šach, Ing. Josef Malknecht	2/2017	18	■ Kolektor Hlávkův most <i>Hlávka Bridge Utility Tunnel</i> Ing. Libor Mařík	1/2017	99
■ Beton vyztužený vlákny a jeho aplikace v tunelech <i>Fibre Reinforced Concrete and its Application in Tunnels</i> prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc., FEng., Dr. Ing. Petr Vítek	3/2017	48	■ Tunely Diel a Milochov <i>Diel and Milochov Tunnels</i> Ing. Ján Kušnír	1/2017	101
■ Moderní materiály pro efektivní sanace ostění tunelů <i>Modern Materials for Effective Rehabilitation of Tunnel Linings</i> Zbyněk Drienovský	4/2017	49	■ Tunely Poľana a Svrčinovec <i>Poľana and Svrčinovec Tunnels</i> Tunely Ovčiarsko a Žilina <i>Ovčiarsko and Žilina Tunnels</i> Tunel Považský Chlmec <i>Považský Chlmec Tunnel</i> Tunel Višňové <i>Višňové Tunnel</i> Ing. Milan Majerčík, Ing. Libor Mařík	1/2017	102
<b>11. TECHNOLOGIE EQUIPMENT</b>			■ Modernizace trati Rokycany – Plzeň <i>Modernisation of Rokycany – Plzeň Railway Track Section</i> Ing. Boris Šebesta	2/2017	64
■ Sekundární ostění tunelu Považský Chlmec, konstrukční řešení, provádění a ošetřování <i>Secondary Lining of the Považský Chlmec Tunnel, Structural Solution, Construction and Concrete Curing</i> Ing. Libor Mařík	1/2017	74	■ Kolektor Hlávkův most <i>Hlávka Bridge Utility Tunnel</i> Ing. Václav Dohnálek, Ing. Radek Kozubík	2/2017	64
■ Tunely Ejpvovice, ražba jižní tunelové trouby, přesun a úpravy stroje pro ražbu severní tunelové trouby <i>Ejpvovice Tunnels, Driving the Southern Tunnel Tubes; Shifting and Modifying the TBM for Driving the Northern Tunnel Tube</i> Ing. Štefan Ivor, Ing. Petr Hybský, Libor Sýkora, Václav Anděl	2/2017	26	■ Tunely Poľana a Svrčinovec <i>Poľana and Svrčinovec Tunnels</i>		
■ Výstavba tunelového „řetězce“ Granitztal <i>Development of the Granitztal Tunnel “Chain”</i> Mgr. Jiří Zmítko	3/2017	4	■ Tunely Ovčiarsko a Žilina <i>Ovčiarsko and Žilina Tunnels</i> Tunel Čerbať <i>Čerbať Tunnel</i> Tunel Považský Chlmec <i>Považský Chlmec Tunnel</i> Tunel Višňové <i>Višňové Tunnel</i> Ing. Milan Majerčík, Ing. Libor Mařík	2/2017	65
■ Tunel El Volcàn – stavba vodní elektrárny Alto Maipo, Chile <i>Tunnel El Volcàn – HPP Alto Maipo, Chile</i> Dr., Ass.-Prof. i. R. Kurt Klima	3/2017	15	■ Tunely Diel a Milochov <i>Diel and Milochov Tunnels</i> Ing. Ján Kušnír	2/2017	67
<b>12. ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS</b>			■ Modernizace trati Rokycany – Plzeň <i>Modernisation of Rokycany – Plzeň Railway Track Section</i> Ing. Boris Šebesta	3/2017	85
■ Mozaika ze světa Ing. Miloslav Novotný	1/2017 2/2017 3/2017 4/2017	92 60 81 73	■ Kolektor Hlávkův most <i>Hlávka Bridge Utility Tunnel</i> Ing. Václav Dohnálek, Ing. Radek Kozubík	3/2017	86
■ Tunel Karl-Friedrich-Strasse v Karlsruhe – ražba tunelu v přetlaku <i>Karl-Friedrich-Strasse Tunnel in Karlsruhe – Compressed Air Tunnelling</i> Ing. Jiří Patzák	1/2017	93	■ Tunely Poľana a Svrčinovec <i>Poľana and Svrčinovec Tunnels</i> Tunely Ovčiarsko a Žilina <i>Ovčiarsko and Žilina Tunnels</i> Tunel Považský Chlmec <i>Považský Chlmec Tunnel</i> Tunel Višňové <i>Višňové Tunnel</i> Ing. Milan Majerčík, Ing. Viktor Petráš	3/2017	86
■ Oficiální švýcarská pamětní mince na zahájení provozu Gotthardským bázovým tunelem <i>Official Swiss Commemorative Coin Dedicated to the Inauguration of the Gotthard Base Tunnel</i> doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., Ing. Vlastimil Horák	1/2017	94	■ Tunel Diel <i>Diel Tunnel</i> Tunel Milochov <i>Milochov Tunnel</i> Ing. Ján Kušnír	3/2017	88
■ Medaile na ukončení ražeb tunelů Ejpvovice <i>Commemorative Coin Dedicated to the Completion of the Excavation of Ejpvovice Tunnels</i> Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D.	4/2017	72	■ Modernizace trati Rokycany – Plzeň <i>Modernisation of Rokycany – Plzeň Railway Track Section</i> Ing. Boris Šebesta	4/2017	77
■ Kontrola požárněbezpečnostních zařízení firmy Promat dle vyhlášky 246/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů v tunelovém komplexu Blanka Ing. Petr Kejklíček	4/2017	72	■ Tunely Ovčiarsko a Žilina <i>Ovčiarsko and Žilina Tunnels</i> Tunel Čerbať <i>Čerbať Tunnel</i> Tunel Považský Chlmec <i>Považský Chlmec Tunnel</i> Tunel Višňové <i>Višňové Tunnel</i> Ing. Milan Majerčík	4/2017	78
<b>13. AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLICE CURRENT NEWS FROM THE CZECH AND SLOVAK UNDERGROUND CONSTRUCTION</b>					
■ Modernizace trati Rokycany – Plzeň Dálnice D8 – 0805 Lovosice – Řehlovice <i>Modernisation of Rokycany – Plzeň Railway Track Section D8 Motorway – Construction Lot 805: Lovosice – Řehlovice</i> Ing. Boris Šebesta	1/2017	97			
■ Průzkumná štola pro Radlickou radiálu Jihozápadní Město – Smíchov <i>Exploratory Gallery for the Radlice Radial Road Linking the South-Western Satellite Town and Smíchov</i> Ing. Jan Vintera	1/2017	98			

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ  
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHEDČíslo Strana  
Issue Page

- Tunel Diel  
*Diel Tunnel*  
Tunel Milochovo  
*Milochov Tunnel*  
Ing. Ján Kušnár 4/2017 79
- 14. ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ  
NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCE**
- 44. ročník konference Zakládání staveb Brno 2016  
*44<sup>th</sup> Annual Foundations Brno 2016 Conference*  
Ing. Jan Korejčík 1/2017 95
- Tunelářské odpoledne 2/2016  
*Tunnel Afternoon 2/2016*  
Ing. Markéta Prušková, Ph.D. 1/2017 96
- Konference Betonářské dny 2016 v Litomyšli  
*Concrete Days 2016 Conference in Litomyšl*  
Ing. Libor Mařík 1/2017 96
- 22. ročník mezinárodního semináře zpevňování, těsnění  
a kotvení horninového masivu a stavebních konstrukcí v Ostravě  
*22<sup>nd</sup> Annual Seminar on Stabilisation, Scaling and Anchoring  
of Ground Mass and Civil Engineering Structures in Ostrava*  
doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D. 2/2017 61
- Tunelářské odpoledne 1/2017  
*Tunnel Afternoon 1/2017*  
Ing. Markéta Prušková, Ph.D. 2/2017 62
- Zintenzivnění spolupráce mezi obory podzemního stavitelství  
a územního plánování  
*Enhanced Cooperation between Underground Constructions  
and Urban Planning Professions*  
CEng., CMgr., MSc. Petr Salák 2/2017 63
- Světový tunelářský kongres 2017  
*World Tunnel Congress 2017*  
Ing. Markéta Prušková, Ph.D. 3/2017 82
- Tunelářské odpoledne 2/2017  
*Tunnel Afternoon 2/2017*  
Ing. Markéta Prušková, Ph.D. 3/2017 83
- Eurock 2017  
*Eurock 2017*  
doc. Ing. Petr Koníček, Ph.D. 3/2017 84
- Swiss Tunnel Congress 2017 v Luzernu  
*Swiss Tunnel Congress 2017 in Luzern*  
Ing. Vlastimil Horák 3/2017 84
- 66. Geomechanické kolokvium v Salzburku  
*66<sup>th</sup> Geomechanics colloquium in Salzburg*  
Ing. Libor Mařík 4/2017 75
- Tunelářské odpoledne 3/2017  
*Tunnel Afternoon 3/2017*  
Ing. Markéta Prušková, Ph.D. 4/2017 76
- VI. ročník mezinárodní konference Požární bezpečnosti tunelů 2017  
*VI<sup>th</sup> Annual International Conference Fire Safety in Tunnels 2017*  
Ing. Miroslav Novák 4/2017 77
- 15 ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES  
CZECH TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORTS**
- Činnost sekce tunely ČSS v roce 2016  
Ing. Jiří Smolík 1/2017 113
- Valné shromáždění CzTA ITA-AITES  
*General Assembly of the ITA-AITES CzTA*  
Ing. Markéta Prušková, Ph.D. 3/2017 93
- Zpráva z odborného zájezdu České tunelářské asociace do Rakouska  
ve dnech 4. až 7. října 2017  
*Report from the Technical Excursion of the Czech Tunnelling Association to Austria  
held on 4<sup>th</sup> to 7<sup>th</sup> October 2017*  
Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D. 4/2017 85

BIBLIOGRAFIE ČLÁNKŮ A STATÍ  
BIBLIOGRAPHY OF ARTICLES PUBLISHEDČíslo Strana  
Issue Page**16 SPRAVODAJSTVO SLOVENSKEJ TUNELÁŘSKEJ ASOCIÁCIE ITA-AITES  
ITA-ITES SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION REPORT**

- Spravodajstvo STA/ITA-AITES  
*ITA-AITES STA News*  
Ing. Jozef Frankovský 1/2017 112

**17. VÝROČÍ  
ANNIVERSARIES**

- Devadesát let Ing. Karla Závory  
*Ing. Karel Závora Nonagenarinn*  
Ing. Miroslav Novák 1/2017 104
- Životné jubileum Ing. Jozefa Frankovského  
*Ing. Jozef Frankovský's Anniversary*  
Ing. Viktória Chomová 1/2017 105
- 75 Let Ing. Petra Vozarika  
*75<sup>th</sup> Birthay Anniversary of Ing. Petr Vozarik*  
Ing. Miloslav Novotný 1/2017 106
- prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc.  
*prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc.*  
Kolektiv redakce časopisu Tunel 2/2017 67
- Vzpomínka na Ing. Bohumíra Štátného, CSc.  
*Commemorating Ing. Bohumír Štátný, CSc.*  
Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D., Ing. Roman Smida 2/2017 70

**18. Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB  
FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS**

- Pohlednice s železničními tunely v severovýchodních Čechách  
*Picture Postcards with Railway Tunnels in North-Eastern Bohemia*  
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., Ing. Richard Svoboda, Ph.D.,  
Ing. Martin Závacký 1/2017 107
- Pohlednice s tunelem Mont Blanc  
*Picture Postcards Showing Mont Blanc Tunnel*  
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., Ing. Richard Svoboda, Ph.D.,  
Ing. Martin Závacký 2/2017 71
- Pohlednice s městskými tunely porůznu po Evropě  
*Picture Postcards with Various Urban Tunnels Across Europe*  
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., Ing. Richard Svoboda, Ph.D.,  
Ing. Martin Závacký 3/2017 90
- Pohlednice s městskými tunely – pokračování  
*Picture Postcards with Urban Tunnels – Continuation*  
doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., Ing. Richard Svoboda, Ph.D.,  
Ing. Martin Závacký 4/2017 81

**19. Z ČINNOSTI PRACOVNÍCH SKUPIN CZTA  
CZTA WORKING GROUPS**

- Informace pracovní skupiny mechanizovaného tunelování o TBM ražbě tunelu  
Mtkvari v Gruzii s českou účastí  
*Information of CzTA Working Group Mechanized Tunneling on the Mtkvari Tunnel  
TBM Excavation in Georgia with Czech Participation*  
Ing. Otakar Hasík, Ing. Marcel Rückl, Ing. Petr Jakeš 1/2017 110
- Informace pracovní skupiny mechanizovaného tunelování  
o tendru hluboké kanalizace (DTSS2) v Singapuru  
*Information of CzTA Working Group Mechanized Tunneling  
on the Deep Tunnel Sewage System (DTSS2) Tender in Singapore*  
Ing. Petr Makásek, Ph.D. 2/2017 73
- Informace o vzniku nové pracovní skupiny CzTA pro legislativu  
a technickou pomoc  
*Information on Establishment of a New CzTA Working  
Group for Legislation and Technical Assistance*  
Ing. Libor Mařík 3/2017 92
- Mimořádná událost na stavbě tunelu Rastatt  
*Extraordinary Event on Rastatt Tunnel Construction Site*  
Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D. 4/2017 84



**JMENNÝ REJSTŘÍK AUTORŮ STATÍ ČASOPISU TUNEL ZA ROK 2017**  
**NAME INDEX OF AUTORS OF ARTICLES PUBLISHED**  
**IN THE TUNEL JOURNAL IN THE YEAR 2017**

Jméno: name:	číslo: number:	strana: page:	Jméno: name:	číslo: number:	strana: page:	Jméno: name:	číslo: number:	strana: page:
<b>A</b>			<b>K</b>			Pavlíková, Marcela	3/2017	30
Aldorf, Josef	2/2017	33	Kaláb, Zdeněk	2/2017	41	Petráš, Viktor	3/2017	86
Anděl, Václav	2/2017	26	Kedzierski, Wojciech	4/2017	30	Pinka, Miroslav	2/2017	41
<b>B</b>			Kejklíček, Petr	4/2017	72	Přenosil, Michal	1/2017	62
Bílý, Petr	3/2017	30	Klečka, Jan	3/2017	64	Pruška, Jan	3/2017	1, 40
<b>Č</b>			Klestil, Radek	1/2017	4	Prušková, Markéta	1/2017	96
Čada, Petr	4/2017	43	Klima, Kurt	3/2017	15		2/2017	62
Čajka, Radim	2/2017	3	Klímecký, Lubomír	1/2017	2		3/2017	82, 83, 93
Černá Vydrová, Linda	4/2017	54	Kodymová, Jana	4/2017	35		4/2017	76
Čespiva, Pavel	4/2017	43	Kohoutková, Alena	3/2017	3	<b>R</b>		
<b>D</b>			Konieczny, Tadeusz	4/2017	43	Rupp, David	1/2017	26
Dohnálek, Václav	2/2017	64	Koníček, Petr	3/2017	84	Rückl, Marcel	1/2017	110
	3/2017	86	Korejčík, Jan	1/2017	95	Růžička, Pavel	4/2017	54
	4/2017	4	Kozubík, Radek	2/2017	64			
Drienovský, Zbyněk	4/2017	49		3/2017	86	<b>S</b>		
Đuriš, Lukáš	2/2017	48	Krásný, Otakar	4/2017	1	Salák, Petr	2/2017	63
Dvořák, Pavel	4/2017	43	Kučera, Petr	4/2017	3	Smida, Tomáš	2/2017	70
<b>E</b>			Kuděj, Pavel	2/2017	4	Smolík, Jiří	1/2017	113
Ebermann, Tomáš	1/2017	12	Kušnír, Ján	1/2017	101	Stolárik, Martin	2/2017	41
	2/2017	70		2/2017	67	Srb, Martin	3/2017	2, 23
	4/2017	72, 84, 85		3/2017	88	Svoboda, Jiří	2/2017	4
<b>F</b>			<b>M</b>			Svoboda, Richard	1/2017	107
Fischer, Martin	4/2017	30	Majerčík, Milan	1/2017	102		2/2017	71
Fuchs, Ondřej	4/2017	2		2/2017	65		3/2017	90
Fuksa, Roman	2/2017	2		3/2017	86	Sýkora, Libor	2/2017	26
Frankovský, Jozef	1/2017	112		4/2017	78	Synek, Jaroslav	3/2017	64
<b>G</b>			Makásek, Petr	2/2017	73	<b>Š</b>		
Golasowski, Jiří	4/2017	43	Malknecht, Josef	2/2017	18	Šach, Jiří	2/2017	18
Gothard, Aleš	2/2017	18	Mařík, Libor	1/2017	74, 96, 99, 102	Šebesta, Boris	1/2017	97
<b>H</b>				2/2017	65		2/2017	64
Hasík, Otakar	1/2017	110		3/2017	92		3/2017	85
Heinz, Dietr	1/2017	37		4/2017	92		4/2017	77
Hlaváček, Petr	1/2017	3, 45	Matějčík, Jiří	4/2017	75	Šmilauer, Vít	3/2017	40
Hnilička, Michal	2/2017	4	Mohyla, Marek	2/2017	30	Špeta, Martin	4/2017	4
Horák, Vladislav	1/2017	94, 107	Mračková, Michaela	3/2017	48	<b>T</b>		
	2/2017	1, 71			40	Thomas, Alun	4/2017	35
	3/2017	90	<b>N</b>			Trochta, Jiří	2/2017	4
	4/2017	81	Němeček, Tomáš	1/2017	62	<b>V</b>		
Horák, Vlastimil	1/2017	94		4/2017	17	Vintera, Jan	1/2017	98
	3/2017	84	Nosek, Vladimír	1/2017	4	Vítek, Jan L.	3/2017	48
Hort, Ondřej	1/2017	12	Novák, Miroslav	1/2017	1, 104	Vítek, Petr	3/2017	48
Hrubešová, Eva	2/2017	33, 48, 61		4/2017	77	Vižďa, Pavel	1/2017	4, 12
Hubinger, Lukáš	1/2017	4, 12	Novotný, Miloslav	1/2017	92, 106	Vojtasík, Karel	2/2017	48
Hybský, Petr	2/2017	26		2/2017	60	<b>W</b>		
<b>CH</b>				3/2017	81	Will, Markus	4/2017	35
Chomová, Viktória	1/2017	105		4/2017	73	<b>Z</b>		
<b>I</b>			<b>O</b>			Závadský, Martin	1/2017	107
Ivor, Štefan	2/2017	26	Oberhelová, Jindra	1/2017	12		2/2017	71
<b>J</b>			<b>P</b>				3/2017	90
Jakeš, Petr	1/2017	110	Patzák, Bořek	3/2017	40		4/2017	81
Janíček, Adam	4/2017	35	Patzák, Jiří	1/2017	93	Zmítko, Jiří	3/2017	4
				4/2017	30			



PODZEMNÍ  
STAVBY

PRAHA  
2019

# 14. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2019

3.–5. 6. 2019 | PRAHA, ČESKÁ REPUBLIKA

[www.ps2019.cz](http://www.ps2019.cz) | [ps2019@guarant.cz](mailto:ps2019@guarant.cz)



ASSOCIATION  
INTERNATIONALE DES TUNNELS  
ET DE L'ESPACE SOUTERRAIN

AITES

ITA

INTERNATIONAL TUNNELLING  
AND UNDERGROUND SPACE  
ASSOCIATION

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







rychlost a přesnost ...



**optimální řešení ...**

