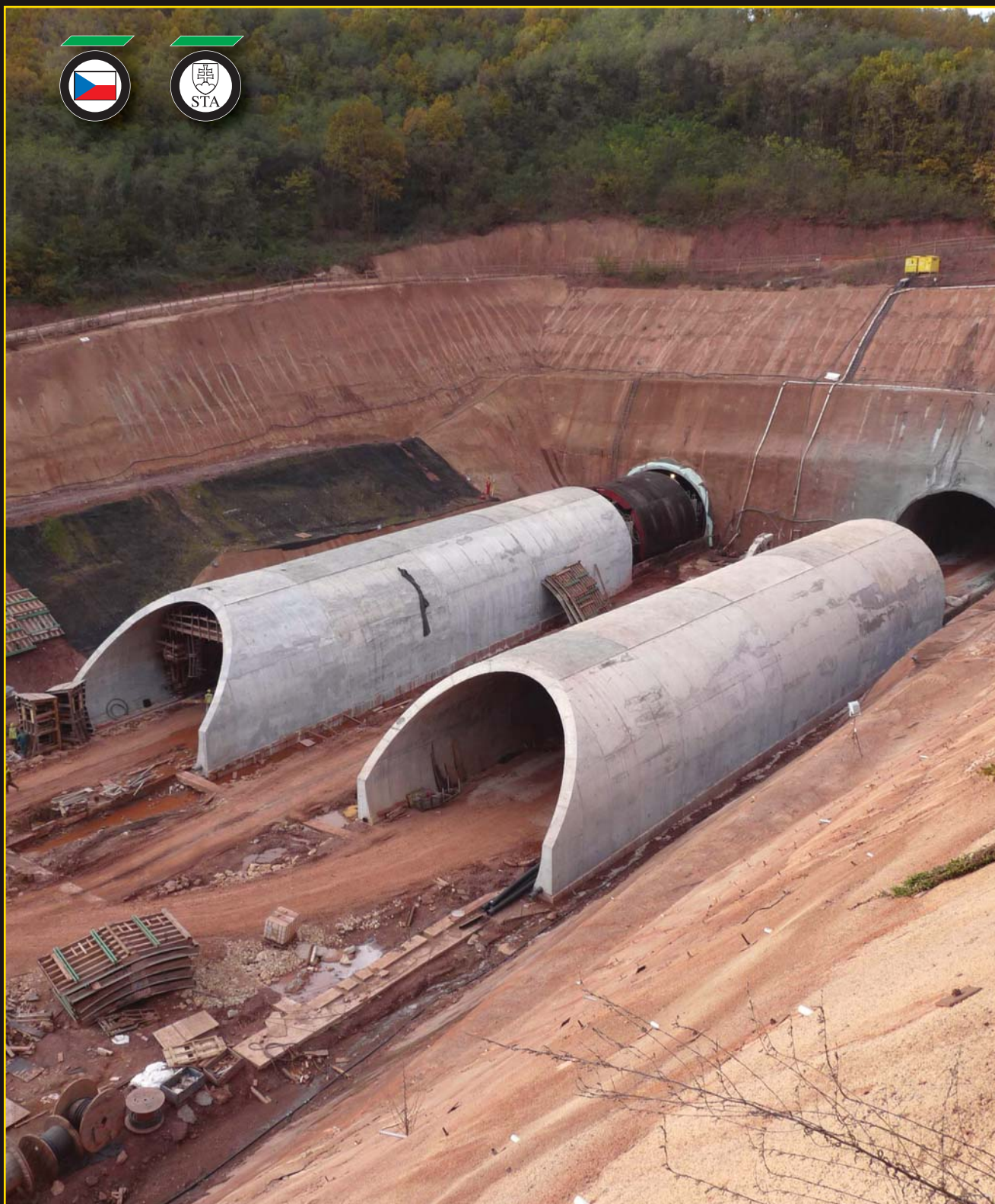


TuNEL

č. 4
2014

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



Stavba roku 2013 – Silnice I/42 Brno, VMO Dobrovského B



Dopravní stavba roku 2013 – Modernizace trati Votice–Benešov



Jsme spolehlivý partner v podzemí,
na železnici i na povrchu,
působíme v České republice
i v zahraničí.

SUBTERRA 

www.subterra.cz

Nedržíme se při zemi

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

Podzemní stavby (vývoj, výzkum, navrhování, realizace)

Časopis České tunelářské asociace a Slovenskej tunelárskej asociácie ITA-AITES

Založen Ing. Jaroslavem Gránem v roce 1992

OBSAH

Editorial:

Ing. Jan Korejčík, člen redakční rady časopisu Tunel 1

Úvodníky:

Ing. Ondřej Fuchs, generální ředitel společnosti Subterra a.s. 2

Ing. Václav Hořejší, MBA, ředitel divize Geotechnika
a člen představenstva ARCADIS CZ a.s. 3

Rekonstrukce tunelu Alter Kaiser Wilhelm, VP07

Ing. Jiří Matějčák, Ing. Jiří Patzák, Subterra a.s. 4

Tunel Bancarevo – Srbsko

Ing. Josef Bača, Ing. Miroslav Rypáček, Bc. Tomáš Němeček,
Subterra a.s. 11

Radlická radiála – geotechnický průzkum

a průzkumná štola tunelu Radlický

Ing. Václav Dohnálek, Ing. Jan Panuška, Subterra a.s.,
Ing. Alexandr Butovič, Ph.D., SATRA spol. s r. o.,
RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D., PUDIS, a. s. 22

Výzkum tepelného namáhání hornin

RNDr. Karel Sosna, Ing. Jiří Záruba, MBA, ARCADIS CZ a. s.,
Mgr. Jan Franěk, Ph.D., ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA 33

Ražba Sudoměřického tunelu na IV. tranzitním koridoru

z pohledu geotechnika

Ing. Milan Kössler, Mgr. Marián Steiger, ARCADIS CZ a. s.,
Vladimír Tábořský, SŽDC s.o. 43

Geotechnický monitoring tunela Šibeník

RNDr. Tomáš Molčan, Mgr. Lubomír Lauko, GEOFOS, s. r. o. 54

Fotoreportáž z odborného zájezdu do Německa 61

Ze světa podzemních staveb 66

Zprávy z tunelářských konferencí 68

Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice 73

Výročí 77

Z historie podzemních staveb 87

Zpravodaj České a Slovenské tunelářské asociace 92

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.

Ing. Otakar Hasík – METROPROJEKT Praha a. s.

doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D. – 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 – NÁRODNÁ DIALIČNÁ SPOLOČNOSŤ, a. s.

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

Ing. Ján Kušnir – REMING CONSULT a. s.

Ing. Josef Kutil – Inženýring dopravních staveb a.s.

Ing. Libor Mařík – IKP Consulting Engineers, s.r.o.

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

prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc. – ELTODO, a.s.

Ing. Boris Šebesta – METROSTAV 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./fax: +420 266 793 479

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,

Ing. Jozef Frankovský

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

Task: H.R.G. spol. s r. o., Litomyšl

Foto na obálce: Tunel Bancarevo, Srbsko, foto Ing. Miroslav Rypáček

Underground Construction (Development, Research, Design, Realization)

Magazine of the Czech Tunnelling Association and the Slovak Tunnelling Association ITA-AITES

Established by Ing. Jaroslav Grán in 1992

CONTENTS

Editorials:

Ing. Jan Korejčík, Member of the Editorial Board 1

Ing. Ondřej Fuchs, President and Chairman
of the Board of Subterra a.s. 2Ing. Václav Hořejší, MBA, Director of Geotechnika Division
and member of the Board of Directors, ARCADIS CZ a.s. 3

Reconstruction of Alter Kaiser Wilhelm Tunnel, VP07

Ing. Jiří Matějčák, Ing. Jiří Patzák, Subterra a.s. 4

Bancarevo Tunnel – Serbia

Ing. Josef Bača, Ing. Miroslav Rypáček, Bc. Tomáš Němeček,
Subterra a.s., Ing. Ota Jandejsek, ARCADIS CZ a.s. 11

Radlice Radial Road – Geotechnical Investigation

and Exploratory Gallery for Radlice Tunnel

Ing. Václav Dohnálek, Ing. Jan Panuška, Subterra a.s.,
Ing. Alexandr Butovič, Ph.D., SATRA spol. s r. o.,
RNDr. Radovan Chmelař, Ph.D., PUDIS, a. s. 22

Research into Thermal Stress of Ground

RNDr. Karel Sosna, Ing. Jiří Záruba, MBA, ARCADIS CZ a. s.,
Mgr. Jan Franěk, Ph.D., ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA 33Sudomerice Tunnel Excavation on 4th Railway Transit

Corridor from Geotechnical Engineer's Perspective

Ing. Milan Kössler, Mgr. Marián Steiger, ARCADIS CZ a. s.,
Vladimír Tábořský, SŽDC s.o. 43

Geotechnical Monitoring of Šibeník Tunnel

RNDr. Tomáš Molčan, Mgr. Lubomír Lauko, GEOFOS, s. r. o. 54

Picture Report from the Technical Excursion to Germany 61

The World of Underground Constructions 66

News from Tunnelling Conferences 68

Current News from the Czech and Slovak Underground

Construction 73

Anniversaries 77

From the History of Underground Constructions 87

Czech and Slovak Tunnelling Association ITA-AITES Report 92

Ing. Václav Veselý – ARCADIS CZ a.s.

Ing. Ondřej Vida – SKANSKA SK, a. s.

Ing. Jan Vintera – Subterra a.s.

Ing. Jaromír Zlámal – POHL CZ, a.s.

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

Zahraniční členové / International Members

Prof. Georg Anagnostou – ETH Zürich, Switzerland

Dr. Nick Barton – NICK BARTON & ASSOCIATES, Norway

Prof. Adam Bezuijen – GHENT UNIVERSITY, Belgium

Prof. Tarcisio B. Celestino – UNIVERSITY OF SÃO 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,

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: The Bancarevo Tunnel, Serbia,
photo courtesy of Ing. Miroslav Rypáček

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:

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

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

Ankra Tech s.r.o.
U Tesly 1825
735 41 Petřvald u Karviné

ANTON VOREK
Kunín 316
742 53 Kunín

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

ARCADIS CZ a.s.
Geologická 4/988
152 00 Praha 5

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

Stavební fakulta ČVUT v Praze
Tháškova 7
166 29 Praha 6

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

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

Energie - stavební a báňská a.s.
Vašíčkova 3081
272 04 Kladno

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

IKP Consulting Engineers, s.r.o.
Classic 7 – budova C
Jankovcova 1037/49
170 00 Praha 7

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

MAPEI, spol. s r.o.
Smetanova 192/33
772 11 Olomouc

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

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

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

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

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

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

Pöyry Environment a.s.
Botanická 834/56
656 32 Brno

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

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

PROMINECON CZ a.s.
Revoluční 25/767
110 00 Praha 1

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

ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR
Čerčanská 12
140 00 Praha 4

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

SIKA CZ, s.r.o.
Bystřická 1132/36
624 00 Brno

SMP CZ, a.s.
Pobřežní 667/78
186 00 Praha 8

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

Subterra a.s.
Koželužská 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

FAKULTA STAVEBNÍ VUT v Brně
Veveří 331/95
602 00 Brno

VYSOKÁ ŠKOLA BAŇSKÁ
TU OSTRAVA
tř. 17. listopadu
708 33 Ostrava-Poruba

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

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

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.
Jašíkova ul. 6
821 03 Bratislava

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

APOLLOPROJEKT, s. r. o.
Vlčie hrdlo
P.O. BOX 56
820 03 Bratislava

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

BASF Slovensko, s. r. o.
Prievozská 2
821 09 Bratislava

BASLER & HOFMANN SLOVAKIA,
s. r. o.
Panenská 13
811 03 Bratislava

BEKAERT Hlohovec, a. s.
Mierová ul. 2317
929 28 Hlohovec

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

GEOCONSULT, spol. s r. o.
Miletičova 21
P.O.BOX 34
820 05 Bratislava

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

GEOMONTA-HARMANEC, spol. s r. o.
Majerská cesta 36
974 01 Banská Bystrica

GEostatik, a. s.
Kragujevská 11
010 01 Žilina

HYDROBETON, s. r. o.
Staviteľ'ská 3
831 04 Bratislava

HYDROTUNEL, spol. s r. o.
Mojmírova ul.14
P.O.BOX 16
927 01 Bojnice

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

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

MACCAFERRI CENTRAL EUROPE,
spol. s r. o.
Štvorník 662
906 13 Brezová pod Bradlom

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

MC – BAUCHEMIE, s. r. o.
Na Pántoch 10
831 06 Bratislava

NÁRODNÁ DIAĽNIČNÁ
SPOLOČNOSŤ, a. s.
Mlynské nivy 45
821 09 Bratislava

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

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

PRÍRODOVEDECKÁ 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

SLOVENSKÉ TUNELY, a. s.
Lamačská cesta 99
841 03 Bratislava

SM 7, a. s.
Organizačná zložka
Mlynské nivy 41
821 09 Bratislava

SOLHYDRO, spol. s r. o.
Ponónska cesta 17
P.O.BOX 169
850 00 Bratislava

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

STU, Stavebná fakulta
Katedra geotechniky
Radlinského 11
813 68 Bratislava

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

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

TERRAPROJEKT, a. s.
Podunajská 24
821 06 Bratislava

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.
Fraňa Kráľa 2
052 80 Spišská Nová Ves

ÚSTAV GEOTECHNIKY SAV
Watsonova ul. 45
043 53 Košice

VÁHOSTAV-SK, a. s.
Hlínská 40
010 18 Žilina

VUIS-Zakladanie stavieb, spol. s r. o.
Kopčanska 82/c
851 01 Bratislava

ŽELEZNICE SR
Klemensova 8
813 61 Bratislava

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



Vážené čtenářky a čtenáři časopisu Tunel,

po uplynutí docela příjemného podzimu, který kromě práce a zábavy jistě mnozí z vás využili k návštěvě některé z mnoha konaných odborných exkurzí nebo konferencí, dostáváte do rukou poslední letošní číslo časopisu Tunel. Rovným dílem se o něj podělily dvě společnosti, které již dlouhou dobu působí na významných tunelových a geotechnických stavbách u nás i v zahraničí a které není třeba nijak zvlášť představovat.

Společnost Subterra a.s. slaví letos dokonce padesátiny a kromě příspěvku o své historii pro vás připravila dva zajímavé články o svých zahraničních zakázkách – organizačně velmi náročné rekonstrukci železničního tunelu Alter Kaiser Wilhelm v Německu a nelehké výstavbě nového dálničního tunelu Bancarevo v Srbsku. Třetí článek zahrnuje informace o nedávno zahájené ražbě průzkumné štoly pro plánované tunely Radlické radiály v Praze.

Společnost ARCADIS CZ a. s. přichystala článek o geotechnickém dozoru a monitoringu Sudoměřického železničního tunelu, který je právě ve výstavbě, a dále novinky z výzkumu tepelného namáhání hornin prováděném in-situ v prostorách podzemní laboratoře Josef ve středních Čechách. Poslední příspěvek pojednává o geotechnickém monitoringu dálničního tunelu Šibeník na Slovensku a zpracovala ho dceřiná společnost Geofos, s. r. o.

Na dalších stránkách již tradičně naleznete informace z podzemních staveb a odborných konferencí u nás i ve světě a také krátké ohlédnutí do historie. Zajímavostí jsou aktualita ze slovenských dálničních tunelů. Možná mnohé překvapí počet nedávno rozestavěných tunelů na Slovensku. V Čechách si zřejmě na takto čilý tunelářský ruch budeme muset nějaký čas počkat. Kvůli nedostatku domácích projektů byla v poslední době řada našich společností nucena obrátit svou pozornost také na zahraniční trhy. Jejich počínání jste mohli často sledovat také na našich stránkách. Je pozitivní, že i přes množství problémů způsobených jazykovými, technickými nebo kulturními odlišnostmi úspěšně reprezentují naši tunelářskou tradici od Skandinávie až po Balkán. Přál bych jim, aby dostaly více příležitostí uplatnit své zkušenosti získané v zahraničí také na domácích stavbách.

Nejblíží významnou tunelářskou událostí u nás bude zahájení zhruba rok odkládané ražby tunelu Ejovice s prvním využitím moderního mechanizovaného tunelování na českých železnicích. Jinak se jeví první polovina roku 2015 spíše ve znamení ukončování několikaletých rozsáhlých projektů. Na jaře by mělo dojít k dlouho očekávanému zprovoznění Tunelového komplexu Blanka, který pomůže lépe zvládat stále narůstající automobilovou dopravu v Praze. Zahájení provozu na prodloužení trasy A pražského metra se čtyřmi novými stanicemi zase uleví cestujícím. Budme však do nového roku optimisté a věrme, že i díky politickému zklidnění po podzimních volbách nastanou co nejdříve vhodné podmínky pro přípravu a realizaci velkých infrastrukturních projektů zahrnujících i tunelové stavby.

ING. JAN KOREJČÍK,
člen redakční rady

Dear readers of TUNEL journal,

After the passage of the quite pleasant autumn, which many of you used, in addition to work and entertainment, for a visit to some of the numerous technical excursions or conferences which were organised, you are getting into your hands the last this year's issue of TUNEL journal. Two companies, which have participated in important domestic and foreign tunnelling and geotechnical projects and which do not have to be especially introduced, shared its preparation equally.

Subterra a.s. this year even celebrates the fiftieth birthday and, apart from a paper on its history, has prepared two interesting papers on its foreign contracts – the organisationally very complicated reconstruction of the Alter Kaiser Wilhelm tunnel in Germany and the difficult construction of the new Bancarevo motorway tunnel in Serbia. The third paper contains information about the recently commenced excavation of an exploratory gallery for the planned tunnels on the Radlice Radial Road in Prague.

ARCADIS CZ a. s. has prepared a paper on the geotechnical surveillance and monitoring of the Sudoměřice railway tunnel, which is currently under construction, and new information about the research into the thermal stress of ground conducted in-situ in the spaces of the Josef underground laboratory in Central Bohemia. The last paper deals with the geotechnical monitoring of the Šibeník motorway tunnel in Slovakia. It was prepared by Geofos, s. r. o., its daughter company.

Other pages present, already traditionally, information about from domestic and foreign underground construction and technical conferences and a short look back into history. An interesting point are current news from Slovak motorway tunnels, which may surprise many readers by the number of recently started constructions of tunnels in Slovakia. In Bohemia, we will probably have to wait for a similar tunnel construction boom for some time. Because of the lack of domestic projects, many of our companies were forced to turn their attention even to foreign markets. You could often follow their activities also on our pages. It is a positive fact that, despite numerous problems caused by language, technical or cultural differences, they successfully represent our tunnelling tradition from Scandinavia to the Balkans. I would like to wish them to get more opportunities for applying the experience gained both abroad and on domestic construction projects.

The nearest important tunnel construction event in the Czech Republic will be the approximately the one year postponed commencement of driving the Ejovice tunnel using a modern mechanised tunnelling method on Czech railways. In other respects, the first half of 2015 appears to be rather in the sign of finishing several years lasting extensive projects. The opening of the Blanka complex of tunnels to traffic is expected to take place in the spring. It will help to better cope with the permanently growing vehicular traffic in Prague. The putting of the extension of the Prague metro Line A comprising four new stations will relieve the problems of passengers. Nevertheless, let us be optimists in the new year and believe that conditions suitable for the planning and realisation of large infrastructural projects comprising even tunnel structures will come about even thanks to the political calming down after the autumn elections.

ING. JAN KOREJČÍK,
Editorial Board Member



VÁŽENÍ ČTENÁŘI,

číslo, které máte před sebou, vám nabízí možnost seznámit se s padesátiletou historií naší firmy – firmy známé od roku 1990 pod jménem Subterra. Toto jméno příslušelo nejdříve státnímu podniku, počínaje rokem 1992 pak akciové společnosti. Historie firmy však sahá mnohem hlouběji, až do roku 1964, od něhož odvozujeme naše letošní výročí. Odštěpný závod Želivka, jenž byl součástí koncernu Uranové doly Příbram, zahájil tehdy práce na stavbě padesátikilometrového přivaděče pitné vody z vodní nádrže Želivka do Prahy. To byl začátek historie podniku, který se pak v průběhu dalších let postupně vyvíjel až do podoby dnešní akciové společnosti.

Z této historie vystupuje impozantní řada významných a často unikátních staveb, které Subterra v segmentu podzemního stavitelství za půl století vytvořila, či se na nich významně podílela. Výrazné stopy za sebou zanechala při výstavbě vodohospodářských děl, kanalizačních sběračů, kolektorů, silničních a železničních tunelů včetně výstavby pražského metra. Z tohoto výčtu si jmenovitě připomeňme alespoň stavbu, která v nedávné době zvítězila v internetové soutěži „Sedm divů Česka“; jde o přečerpávací vodní elektrárnu Dlouhé Stráně.

Hodnocení významu či prospěšnosti jednotlivých projektů je na vaší úvaze, avšak nezpochybnitelným faktem je skutečnost, že Subterra byla opravdovým průkopníkem tunelářských technologií a podzemního stavitelství v naší zemi. Pomohla je vybudovat a pozvednout na úroveň srovnatelnou se světovou konkurencí. Ve svém dalším vývoji pak diverzifikovala svoji činnost do mnoha dalších stavebních oborů, podzemní stavitelství však vždy bylo a stále je její vlajkovou lodí. Tato loď má svoje pevné kotviště v České republice, vzhledem k neutěšenému stavu v domácím přístavu se však v posledních letech rozjela i po Evropě. Pracuje tak v současné době na „živých“ tunelových projektech ve třech evropských zemích – Srbsku, Německu a Švédsku.

Ve starověku byl 50. rok rokem výjimečným. Byl považován za jubileum, kdy lidé, po uplynutí sedmi sedmiletých údobí–heptád, v nichž se tehdy čas počítal, bilancovali předchozích 49 let. Alespoň tak to praví Starý zákon. Celý rok měli tehdy lidé na to, aby zvažovali, co se za tu dobu událo, čeho dosáhli, co ztratili, v čem chybovali a co všechno jde ještě napravit, aby očištění a poučení mohli vykročit do dalších sedmiletí. Bilancujeme i my. Ohlédnutí zpět po našich stavbách, po úsilí našich předchůdců i našem vlastním, nás může naplnit pocitem hrdosti. Současně si uvědomujeme, že historii firmy píší lidé. Lidé mající vizi, odvahu, pevnou vůli a chuť tvořit hodnoty. Přeji si, aby Subterra měla takových lidí co nejvíce. Ať ti, co za dalších padesát let přijdou po nás, mohou mít ve svém štítu „Subterra – since 1964“.

Na závěr mně, vážení čtenáři, dovolte popřát vám příjemné a ničím nerušené prožití vánočních svátků a mnoho štěstí, zdraví a spokojenosti v novém roce.



DEAR READERS,

The journal issue you have just in front of you offers you an opportunity to get acquainted with the fifty-year history of our company, which has been known since 1990 under the name of Subterra. This name was initially born by a state-owned company; since 1992 it has been the name of our joint-stock company. However, the history of our company goes much deeper, back to 1964, which is the year we derive our current anniversary from. In that year, the Želivka branch plant, which was part of the Uranové Doly Příbram concern (the Uranium Mines Příbram), commenced with the work on the project for the construction of a fifty-kilometre aqueduct tunnel designed to supply drinking water from a water reservoir on the river Želivka to Prague. It was the beginning of the history of our company, which gradually developed during the following years up to the present form - a joint-stock company.

Many important and often unique construction projects emerge from the history that were completed, or significantly participated in by Subterra in the underground construction segment of civil engineering during the half-century. The company left behind distinct traces in the development of hydraulic engineering works, trunk sewers, road tunnels and railway tunnels, including Prague metro tunnels. From this list, let us remember at least a structure which recently placed first in the Internet survey “the Seven Wonders of Czechia” – the Dlouhé Stráně pumped storage scheme.

The assessment of the importance or benefits of particular projects depends on your discretion. Nevertheless, the fact that Subterra has been a real pioneer in tunnelling technologies and underground construction in our country is unquestionable. It helped to develop them and raise them to a level comparable with the global competition. During the subsequent development, the company diversified its activities into many other construction sectors, but underground construction remains to be the company's flagship. This ship has its permanent mooring in the Czech Republic, but with respect to the dismal state in the domestic harbour, it has taken off around Europe. At the moment we are working on “live” tunnel construction projects in three European countries – Serbia, Germany and Sweden.

In antiquity, the 50th year was an exceptional year. It was considered to be a jubilee when people balanced the past 49 years after the passage of seven seven-year periods – heptads, which were the ancient measures of time. At least this is what the Old Testament says. People had all year available then for thinking what had happened, what they had achieved, what they had lost, where they had made mistakes and what it was still possible to correct for them to be able to step into the next seven-year periods. We also balance. Looking back at construction projects completed by our company, the efforts of our predecessors and our own efforts can fill us with the feelings of pride. At the same time, we realise that the history of a company is written by people - people having the vision, courage, strong will, people eager to create values. I wish that such people were as many as possible in Subterra so that those who will come after the next fifty years can have “Subterra – since 1964” on their signboard.

Dear readers, let me, in conclusion, wish you pleasant and undisturbed Christmas holiday and lots of happiness, good health and contentment in the New Year.

ING. ONDŘEJ FUCHS

generální ředitel Subterra a.s.
General Director of Subterra a.s.

VÁŽENÍ ČTENÁŘI ČASOPISU TUNEL,

možnost seznámit vás v tomto respektovaném časopise s rozsahem činností naší společnosti ARCADIS CZ a. s., se zaměřením na aktivity a záměry divize Geotechnika v oboru podzemního stavitelství, je pro mne i pro celou naši společnost významnou poctou.

K firmě jako takové jistě není zapotřebí uvádět mnoho. Jsem přesvědčen, že nás všichni pravidelní i náhodní čtenáři časopisu velmi dobře znají. To, o co neustále usilujeme, je snaha, aby při vyslovení jména ARCADIS se vám vybavily pojmy jako odbornost, kvalita, spolehlivost, důvěryhodnost a mnoho dalších, které lze shrnout pod námi často používaným heslem – spolehlivý partner.

Výše uvedená slova se snažíme naplňovat tím, že se v rámci podnikatelské strategie dlouhodobě orientujeme na komplexní konzultační a inženýrskou činnost v oboru geotechniky. A samozřejmě i v oblasti geotechniky pro podzemní stavitelství chceme poskytovat tyto služby našim klientům na odpovídající, to znamená co nejlepší úrovni.

Posledních patnáct let je ve firmě obdobím nové úrovně rozvoje aplikované geotechniky pro tunely na pozemních komunikacích a železničních koridorech. Impulzem k tomu byla rozsáhlá účast na výstavbě městského silničního tunelu Mrázovka. Tento projekt byl podnětem pro zahájení intenzivní aplikace moderních geotechnických monitorovacích postupů. Dnes už nikoho na stavbě nepřekvapí využívání takových metod, jako jsou laserové skenování, optické sledování deformací totálními automatickými stanicemi či využívání databázového systému BARAB®. Vynechat nemohu ani pokrok v metodách a metodikách používaných laboratoří mechaniky hornin a zemin, matematické modelování geotechnických problémů, oblast terénního zkušebnictví a inženýrské geodézie.

Výsledkem činnosti našich zaměstnanců je účast firmy na více než 30 tunelových stavbách u nás i v zahraničí za oněch zmiňovaných 15 let. Pro potvrzení rozsahu aktivit firmy snad stojí za zmínku fakt, že v současnosti se v různém stupni rozpracovanosti podílíme na 11 tunelových stavbách. A to nezmiňuji naše další aktivity například v báňském stavitelství.

Konstantou podnikatelské strategie firmy je pozornost věnovaná na jedné straně investicím do přístrojového vybavení a metod a na druhé straně samozřejmě účast specialistů firmy na výzkumných a rozvojových projektech a úkolech. Výstupy z těchto projektů se v mnohých případech už staly rutinními metodami a postupy v naší práci.

K vysoké úrovni konzultačních služeb v oblasti podzemního stavitelství v posledních letech přispívá i to, že ARCADIS CZ a. s. je součástí mezinárodního uskupení inženýrských firem, z nichž některé se na světové úrovni věnují konzultační a inženýrské činnosti právě pro tunely.

Je jen přirozené, že naše společnost ARCADIS CZ a. s. soustavně podporuje aktivity národní skupiny CzTA. Byla například zlatým sponzorem 12. mezinárodní konference Podzemní stavby Praha 2013. Naši specialisté se podílejí na činnosti redakční rady časopisu Tunel a aktivně se účastní Tunelářských odpolední. A velice nás těší, že i díky organizační struktuře naší firmy přispíváme k rozvoji vztahů v tunelářské komunitě mezi Čechy a Slováky.

Přeji všem čtenářům časopisu Tunel a členům CzTA mnoho úspěchů v podnikatelské činnosti i radosti v osobním životě.

**DEAR TUNEL JOURNAL READERS,**

The opportunity to acquaint you with the scope of activities of our company, ARCADIS CZ a. s., with the focus on the activities and plans of the Geotechnika Division in the field of underground construction, is a significant honour for the entire company and me.

It is certainly not necessary to present much information regarding the company. I am convinced that all regular as well as random readers of the journal know us very well.

What we constantly seek is that whenever you hear our name ARCADIS, such terms as expertise, quality, reliability, trustworthiness and many other, which can be summed up under the motto used by us – a reliable partner, come to your mind.

We try to fulfil the above-mentioned terms by the long-term orientation of our business strategy also towards comprehensive consultancy and engineering in the field of geotechnics. Of course, we want to provide our clients with these services at the appropriate, which means as high as possible, level even in the field of geotechnics for the underground construction industry.

The period of the last fifteen years is for our company a period of a new level of the development of applied geotechnics for tunnels on roads and railway corridors. The impetus for it was given by the extensive participation in the construction of the Mrázovka urban road tunnel. This project was an impulse towards the commencement of the intense application of state-of-the-art geotechnical monitoring procedures. Nobody at construction sites is any more surprised by the use of such methods as laser scanning, optical observation of deformations using automatic total stations or the use of the BARAB® database system. I cannot leave out the progress in methods and methodologies used by the laboratory of rock and soil mechanics, mathematical modelling of geotechnical problems, the area of field testing and engineering geodesy.

The activities of our employees yielded during the above-mentioned 15 years the participation of our company in over 30 tunnel construction projects at home and abroad. The fact is probably worth mentioning for the confirmation of the scope of our company activities that at the moment we are participating in 11 tunnel construction projects at various stages of completion. By the way, I am not mentioning other our activities, for example in the mining industry.

A constant of the business strategy is the attention devoted on the one hand to investments into instrumentation and methods and, on the other hand, of course, to the participation of company specialists in research and development projects and problems. Outputs of these projects have in many cases become routine methods and procedures in our work.

The fact that ARCADIS CZ a. s. is part of the international group of engineering companies, some of which are dedicated to consulting and engineering activities specifically for tunnels, has in recent years contributed to the high level of consulting services in the field of underground construction.

It is only natural that our company, ARCADIS CZ a. s., systematically supports the activities of the national branch of the CzTA. It was, for example, becoming a Golden Sponsor of the 12th International Conference Underground Construction Prague 2013. Our specialists participate in the work of the Editorial Board of TUNEL journal and actively attend the Tunnel Afternoon events. And we are very pleased that it is also owing to the organisational structure of our company that we contribute to the development of relationships between Czech and Slovak tunnelling communities.

I wish all TUNEL journal readers and CzTA members much success in business activities and lots of delight in personal lives.

ING. VÁCLAV HOŘEJŠÍ, MBA

ředitel divize Geotechnika a člen představenstva ARCADIS CZ a.s.

Director of Geotechnika Division and member of the Board of Directors ARCADIS CZ a.s.

REKONSTRUKCE TUNELU ALTER KAISER WILHELM, VP07

RECONSTRUCTION OF ALTER KAISER WILHELM TUNNEL, VP07

JIŘÍ MATĚJÍČEK, JIŘÍ PATZÁK

ABSTRAKT

Článek popisuje stavbu „Rekonstrukce tunelu Alter Kaiser Wilhelm“ v Německu (dále jen AKWT). Tento železniční tunel leží na trati Koblenz – Perl a jeho stáří je přibližně 140 let (obr. 1). Rekonstrukce spočívá v kombinaci sanace stávajícího tunelu, částečné ražby (prohloubení dna tunelu) včetně zajištění primárním ostěním a výstavby nového definitivního ostění. Profil tunelu bude zmenšen ze stávajícího dvoukolejného na profil jednokolejného. Druhá kolej je v současnosti provozována v novém, paralelně vybudovaném tunelu (NKWT), zprovozněném v dubnu 2014. Generálním zhotovitelem stavby je Subterra a. s.

ABSTRACT

The paper describes the project for “Reconstruction of the Alter Kaiser Wilhelm tunnel” in Germany (hereinafter referred to as the AKWT). This railway tunnel is located on the Koblenz – Perl track. It is approximately 140 years old (see Fig. 1). The reconstruction lies in the combination of refurbishment of the existing part of the tunnel and partial tunnel excavation (increasing the tunnel bottom depth) including the installation of a primary lining and construction of a new final lining. The tunnel cross-section will be reduced from the current double-track design to a single-track profile. The second track is at the moment operated in the new tunnel (the NKWT), which was carried out in parallel and was brought into service in April 2014. Subterra a. s. is the general contractor.

ÚVOD

Rekonstrukce AKWT je svým rozsahem ojedinělá, velmi čelnitá a rozmanitá stavba, protože kombinuje prvky rekonstrukce s prvky novostavby. Jejím předmětem (objekt VP07) je úprava profilu tunelu a vybudování nového definitivního ostění tunelu. Navazující práce (pevná jízdní dráha, trakční vedení, dokončovací práce) jsou obsahem dalších stavebních objektů.

Projekt je zajímavý tím, že ačkoliv je tunelová trouba pod hladinou podzemní vody, je vestavba navržena bez mezilehlé izolace. Vestavba je tedy navržena jako „bílá vana“ (beton s omezeným průsakem vody, dříve označován jako vodostavební beton). Těsnění konstrukce bude provedeno pouze v pracovních a dilatačních spárách pomocí těsnících spárových profilů.

Tunel je součástí koridorové trati. Cílem výstavby nového a rekonstrukce starého tunelu je zvýšení traťové rychlosti z 90 km/h na 120 km/h a zároveň zvýšení bezpečnosti provozu na trati – nahrazení dvoukolejného tunelu dvěma jednokolejnými vč. zřízení únikových cest nově vybudovanými tunelovými propojkami.

ZÁKLADNÍ ÚDAJE O STAVBĚ

název:	Erneuerung Alter Kaiser Wilhelm Tunnel, VP07
investor stavby:	DB ProjektBau, oblast střed
zhotovitel stavby:	Subterra a.s.
trať:	3010 Koblenz – Perl
umístění stavby:	spolková země Porýní – Falc, Německo (obr. 2) město Cochem (severní portál) obec Ediger – Eller (jižní portál)
rok výstavby:	květen 1874 (zahájení prací) – leden 1878 (zkušební provoz)
délka tunelové trouby:	4205 m
materiál původní	řádkové kamenné zdivo, střídavě pískovec
obezdívky:	a břidlice
termín stavby:	červen 2014 (zahájení prací v tunelu) – leden 2016 (předání stavby)
náklady stavby:	25 mil. eur (objem prací Subterra a.s. – VP07)

HISTORIE TUNELU

Výstavba AKWT začala v roce 1874 ze strany portálu Eller, o tři měsíce později z cochemské strany. Teprve v roce 1875 začali stavbaři používat stavební stroje, do té doby probíhala

INTRODUCTION

The AKWT reconstruction is a project unique in terms of its extent, very dissected and diverse because it combines elements of reconstruction with elements of a new construction. Its subject (structure VP07) is the modification of the tunnel profile and construction of a new final tunnel lining. The follow-up work (slab track, catenary, finishing work) is contained in other construction objects.

The design is interesting because the built-in structure is designed without intermediate waterproofing despite the fact that the tunnel tube is located under water table. The built-in structure is designed as a “white tank” (concrete with limited seepage of water, formerly referred to as hydrostructural concrete). The structure sealing will be carried out only in construction and expansion joints using joint sealing profiles.

The tunnel is part of a railway corridor track. The objective of the construction of the new tunnel and reconstruction of the old tunnel is to increase the speed limit over the track from 90km/h to 120km/h and, at the same moment, to improve the operational safety along the track – to replace the double-track tunnel with two single-track tubes including installing escape routes by building new cross passages.

BASIC PROJECT DATA

name:	Erneuerung Alter Kaiser Wilhelm Tunnel, VP07
project owner:	DB ProjektBau, region Middle
contractor:	Subterra a.s.
track:	3010 Koblenz – Perl
project location:	Rhineland – Palatinate, Germany (Fig. 2) Cochem (northern portal), Ediger – Eller (southern portal),
year of construction:	May 1874 (works commencement) – January 1878 (trial operation)
tunnel tube length:	4205m
original lining	
material:	range masonry, alternating sandstone and schist
project deadlines:	May 2014 (commencement of work in the tunnel) – January 2016 (construction acceptance)
project cost:	EURO 25 mill. (the volume of Subterra a.s. work – VP07)



Obr. 1 Historický pohled na portál Cochem (1934)

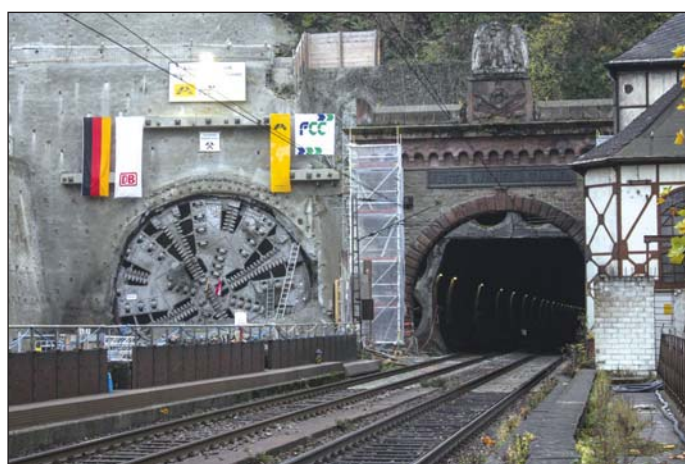
Fig. 1 Historic view of the Cochem portal (1934)

stavba pouze s využitím lidské síly. Prorážka proběhla v roce 1877. Ve stejném roce byla vybudována obezdívka tunelu z kamenného rádkového zdiva. Do provozu byl tunel oficiálně uveden v srpnu 1879 (zprovoznění tratěvého úseku).

Až do roku 1988 byl AKWT nejdelším železničním tunelem v Německu. Jeho výstavbou byla zkrácena trasa mezi Cochemem a obcí Neef z původních 30 km na 5 km. Tuto zkratku tvoří kromě AKWT ještě ocelový dvokolejný most přes řeku Moselu a tunel Petersberg dlouhý 367 m.

S nárůstem počtu vlaků, nasazením výkonnějších a rychlejších lokomotiv a tedy se zvýšenou exhalací zplodin museli němečtí inženýři již počátkem 20. století vyřešit problém s odvětráním tunelu. Řešením bylo zabudování dvojice ventilátorů o průměru 3,5 m a výkonu 100 m³/s na cochemském portálu (v roce 1904). Tyto ventilátory však nebyly svým výkonem dostačující. Proto byla v letech 1913–1915 vybudována odvětrávací šachta. Její poloha je asi 1125 m od ellerského portálu, průměr je 4 m, hloubka 230 m. Ani dobře fungující komínový efekt nestačil k dostatečnému odvětrání tunelu, a bylo nutné osadit na ústí šachty sací zařízení. Veškerá tato opatření se později opět ukázala jako nedostatečná. V roce 1937/1938 byly dva velké ventilátory u portálu Cochem nahrazeny deseti vysoce výkonnými turbínovými ventilátory značky Siemens-Bentz. Z těchto deseti vždy byly v chodu jen čtyři. Při zapnutí všech deseti ventilátorů bylo možné pouštět do tunelu 400 m³ vzduchu rychlostí 8 m/s.

V roce 1974 byla trať elektrifikována. Větrací šachta tím pozbyla na významu, bylo ale nutné vyřešit její nechtěnou funkci sběrné šachty pro podzemní vodu v okolí. Šachta prakticky fungovala jako studna hloubky 230 m, se značnými přítoky vody. Docházelo k vymývání pojiva z obezdívky šachty



Obr. 3 Portály obou tunelů v Cochemu v době dokončení ražeb NKWT, vpravo historický portál

Fig. 3 Portals of both tunnels in Cochem at the time of excavation completion NKWT, the historical portal on the right side



Obr. 2 Mapa dotčené oblasti

Fig. 2 Map of the affected area

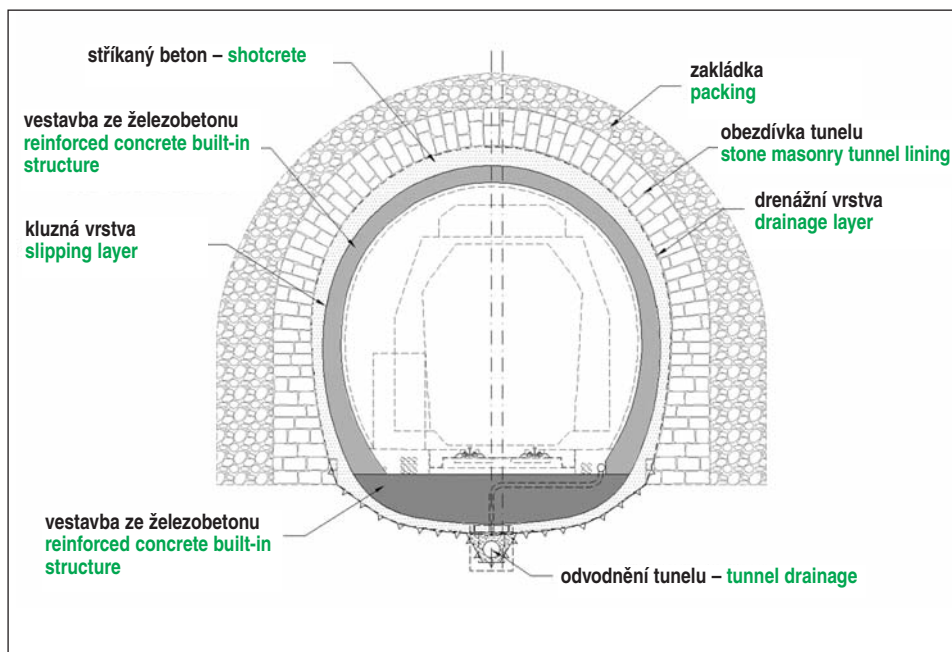
TUNNEL HISTORY

The AKWT construction commenced in 1874. The excavation proceeded from the Eller portal and, three months later, it started from the Cochem portal. It was only in 1875 that builders started to use construction machines; till that time only human power was used for the construction. The breakthrough took place in 1877. The coursed masonry tunnel lining was carried out in the same year. The tunnel was officially brought into service in August 1879 (inauguration of the track section).

The AKWT was the longest tunnel in Germany till 1988. Its construction reduced the length of the route between Cochem and the village of Neef from original 30km to 5km. This shortcut contains, in addition to the AKWT, a double-track steel bridge across the river Mosel and the 367m long Petersberg tunnel.

With the growing number of trains, the deployment of more powerful and faster locomotives, therefore with the production of higher amounts of exhalations, German engineers had to solve as early as the beginning of the 20th century the problem with the tunnel ventilation. It was solved by the installation of a pair of fans with the diameter of 3.5m and output of 100m³/s on the Cochem portal (1904). However, these fans were insufficient in terms of the output. A ventilation shaft was for that reason built in 1913–1915. It is located about 1125m from the Eller portal; its diameter and the depth are 4m and 230m, respectively. However, the chimney effect, even though functioning well, was not still sufficient for the evacuation of smoke from the tunnel and it was necessary to install a suction device on the shaft mouth. All these measures later again turned out to be insufficient. The two big fans at the Cochem portal were replaced in 1937/1938 by ten Siemens-Bentz high-performance turbine fans. Only four of the ten fans were always in operation. When all ten fans were switched on, it was possible to supply 400m³ of air to the tunnel, with the velocity of 8m/s.

The track was electrified in 1974. The ventilation shaft therefore lost importance. It was however necessary to solve its undesired function of a shaft collecting groundwater from the



Obr. 4 Vzorový příčný řez
Fig. 4 Typical cross-section

a postupnému rozpadání zdiva. Sanace by byla možná pouze hornickým způsobem a tedy velice nákladná. Bylo tedy rozhodnuto šachtu zaplnit a nahoře zaslepit.

NOVÝ TUNEL (NKWT)

Nový tunel Kaiser Wilhelm byl vyražen paralelně s AKWT technologií TBM s vnitřním průměrem 8,8 m, vnější průměr 10,15 m (obr. 3). Ostění tunelu je ze železobetonových tubingů.

Realizace trvala od srpna 2008 do dubna 2014. V tunelu je železniční svršek řešen pevnou jízdní dráhou.

KONCEPT TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ

Rekonstrukce AKWT spočívá v celoplošném zajištění stávajícího ostění tunelu vestavbou ze železobetonu. Profil definitivní obehádky je dán normovým průjezdným průřezem pro jednokolejnou trať a minimální staticky nutnou tloušťkou ostění 40 cm. Zbývající prostor mezi rubem definitivního a lícem stávajícího ostění bude vyplněn stříkaným betonem (obr. 4). Maximální přípustná tloušťka definitivy bude činit 1,5násobek standardní tloušťky, tj. 60 cm.

Dno tunelu bude prohloubeno tak, aby bylo možné vybudovat protiklenbu z litého železobetonu a nahradit stávající nefunkční odvodnění novým. Výškový posun nivelety koleje bude o 35 cm směrem dolů.



Obr. 5 Pohled do tunelu v době demontáže kolejového svršku
Fig. 5 A view down the tunnel at the time of dismantling the trackwork

surroundings. The shaft virtually worked as a 230m deep well with significant water inflows. Binder was gradually washed out from the shaft lining and the masonry dilapidated. The rehabilitation was possible only by a mining way, which means very high costs. The decision was therefore made to backfill the shaft and close its top with a deck.

THE NEW TUNNEL (NKWT)

The new Kaiser Wilhelm tunnel with the inner diameter of 8.8m and the outer diameter of 0.15m (see Fig. 3) was driven in parallel with the AKWT using the TBM technology. Reinforced concrete segments were used for the lining.

The realisation lasted from August 2008 to April 2014. The trackwork in the tunnel is solved by the slab track system.

TECHNICAL SOLUTION CONCEPT

The AKWT reconstruction lies in the stabilisation of the whole surface of the existing tunnel lining by a reinforced concrete structure built in the tunnel. The definite lining profile is given by the standard clearance profile for a single-track line and the minimum structurally necessary lining thickness of 40cm. The remaining space between the outer surface of the final lining and the outer surface of the existing lining will be filled with shotcrete (see Fig. 4). The maximum allowable thickness of the final lining will be 1.5 times the standard thickness, i.e. 60cm.

The depth of the tunnel bottom will be increased so that an invert from cast-in-situ reinforced concrete can be installed and the non-functional existing drainage can be replaced with a new system. The vertical alignment will be shifted 35cm down.

Both historic legacy portals with stone female eagles will be preserved and will be rehabilitated.

Dismantling of the tunnel equipment

It will be necessary to dismantle the existing equipment of the tunnel before the main construction work starts (see Fig. 5). The items to be dismantled comprise complete cable lines (installed on the tunnel walls and in a cable duct), railway signalling equipment, the cable duct, the dry fire main and the tunnel lighting. Part of the tunnel equipment will be handed over to the project owner to be reused.

In the conclusion, the trackwork will be dismantled on both rails and in portal areas. Trackwork (sleepers and rails) will be dismantled to separated track lengths using two-way facilities. They will be transported to an intermediate stockpile where they will be disassembled into individual components. Ballast will be excavated using a front-end loader or an excavator and will be transported by trucks to a recycling plant.

Stone masonry lining stabilisation

At the entrance (northern) portal, where the greatest intervention into the lining is necessary (virtually the lining will be broken), the space behind the lining (which is currently filled with stone packing) will be filled with cement grout along the length of about 18m (see Fig. 6). A protective umbrella formed by self-drilling spiles and anchors will be installed subsequently. The stone masonry lining up to 40cm thick will be gradually dismantled under the temporary lining created in

Oba historické, památkově chráněné portály s kamennými orlicemi, budou zachovány a bude provedena jejich sanace.

Demontáž vystrojení tunelu

Před zahájením hlavních stavebních prací bude nutno provést demontáž stávajícího vystrojení tunelu (obr. 5). Demontáž se bude týkat kompletních kabelových vedení (umístěných na stěnách tunelu a v kabelovém kanálu), drážního zabezpečovacího zařízení, kabelového kanálu, požárního suchovodu a osvětlení tunelu. Část vybavení tunelu bude předána investorovi stavby pro opětovné využití.

Na závěr bude demontován kolejový svršek obou kolejí v tunelu a příportálových oblastech. Kolejový svršek (pražce a kolejnice) bude pomocí dvoucestných zařízení demontován po jednotlivých kolejových polích a dopraven na mezideponii, kde proběhne jeho rozebrání na jednotlivé součásti. Kolejový šterk bude odtěžen pomocí čelního nakladače, resp. bagru a nákladními vozidly odvezen na recyklaci.

Zajištění stávající kamenné obezdívky

Na vjezdovém (severním) portálu, kde je nutný největší zásah do obezdívky (prakticky dojde k přebourání obezdívky), bude na délce cca 18 m zajištěn prostor za obezdívkou (který je v současné době vyplněn kamennou zakládkou) cementovými injektážemi (obr. 6). Poté bude proveden ochranný deštník ze samozávrtných jehel a kotev. Pod takto vytvořeným dočasným ostěním bude postupně probíhat odbourání kamenné obezdívky v tloušťce až 40 cm. Navazovat bude montáž svařovaných sítí, příhradových rámu a aplikace stříkaného betonu.

V částech tunelu, kde původní obezdívka zasahuje do teoretického obrysu vestavby, bude ofrézována a poté zajištěna stříkaným betonem. V úsecích, kde nebude potřeba obezdívku frézovat, bude přídržnost stříkaného betonu zajištěna otryskáním zdiva speciální směsí.

Ještě před profilací stříkaným betonem budou pravidelně po vzdálenosti 10 m téměř na celé délce tunelu připevněny 1 m široké příčné pásy drenážního systému. Ty budou sloužit pro odvedení průsaků vody z ostění. Případné významnější přítoky vody na líc obezdívky budou svedeny buď pásem nopové fólie, nebo drenážními svodnicemi – tzv. omega žlábků. Všechna tato drenážní opatření budou svedena do nově zbudované středové stoky.

Průměrný postup profilačních prací je v harmonogramu uvažován 80 m za den.

Prohloubení a zajištění dna

Kvůli nutnosti vybudovat protiklenbu bude stávající dno tunelu prohloubeno o cca 130 cm. Ražba bude probíhat v břidlicích a pískovcích pomocí tunelového bagru. Podle dosavadních průzkumů je možné, že v určitých partiích tunelu bude nutné pro rozvolnění horninového prostředí použít trhací práce. Součástí ražeb je i vyhloubení rýhy pro uložení tunelové drenáže.

Zajištění výrubu dna je rozděleno do pěti tříd, které se liší tloušťkou stříkaného betonu a stupněm vyztužení v závislosti na zastižených geologických poměrech. Tyto třídy se liší také maximální povolenou délkou záběru (odstupem ražby od zajištění). V nejvyšší = nejhorší třídě (třída ražby 4.5), kdy je očekávána nesoudržná hornina, je délka kroku pouze 80 cm. Vzhledem k tomu, že současně s ražbou musí být nainstalována i drenáž včetně revizních šachtic, příčné a podélné drenážní pásy s následnou aplikací stříkaného betonu, bude tato oblast celkové délky cca 60–80 m z hlediska provádění velice náročná. Ve zbývajících, majoritně zastoupených technologických třídách, se délka záběru pohybuje v rozpětí 3 až 15 m.

Ražbu dna bude nutno vzhledem k technologickým a logistickým možnostem zahájit na portálu Cochem. Rubanina bude odvážena tunelem na mezideponii v blízkosti jižního portálu (Eller).

Předpokládaná průměrná rychlost ražby je stanovena 30 m za den.



Obr. 6 Vrtná souprava při provádění vrtů pro cementovou injektáž
Fig. 6 Drilling set during the execution of drillholes for cement grouting

this way. The installation of welded mesh, lattice girders and the application of shotcrete will follow.

In the tunnel parts where the original lining interferes with the theoretical contour of the built-in structure, the lining will be milled and subsequently stabilised with shotcrete. In the sections where there will be no need for milling the lining, the adhesion of shotcrete will be ensured by blasting the masonry with special mixture.

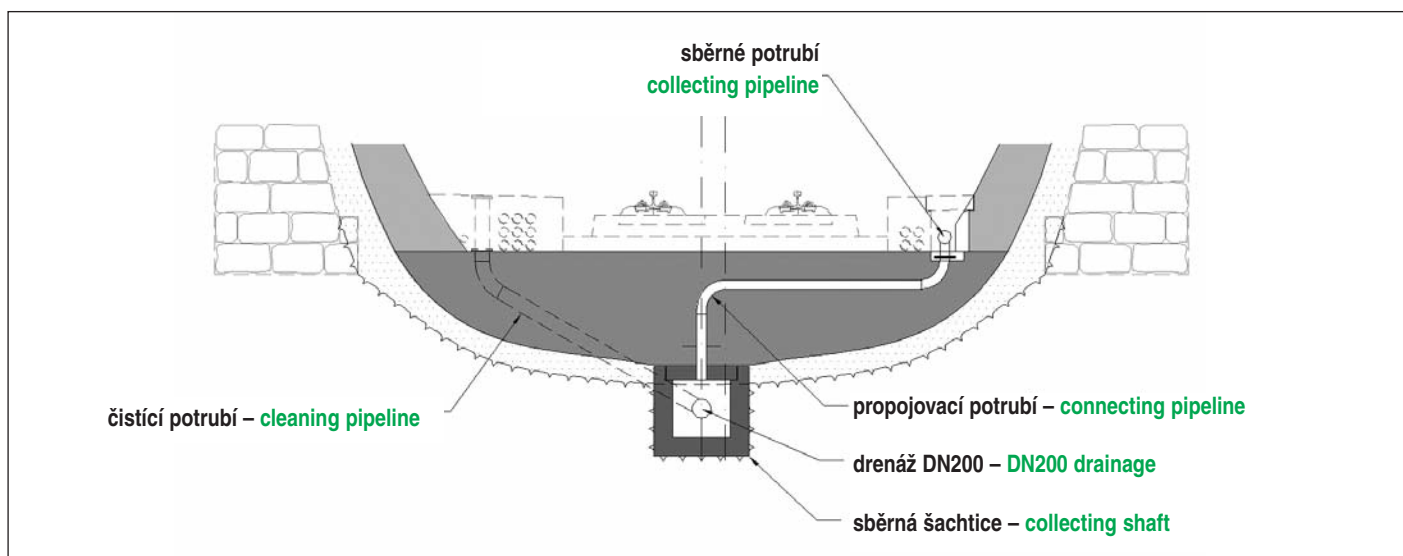
One metre wide transverse strips of the drainage system will be attached to the substrate at regular 10m intervals nearly throughout the tunnel length before the profiling with shotcrete starts. The strips will serve to divert water seepage from the lining. Contingent more significant flows of water on the inner surface of the lining will be channelled either by a strip of dimpled sheet membrane or by drainage collecting ducts – the so-called “Omega grooves”. All these drainage measures will be directed to a newly built central duct.

The average profiling advance rate is assumed in the program to be 80m per day.

Increasing the depth and installing the support of the bottom

The existing tunnel bottom depth will be increased by ca 130cm with respect to the necessity of constructing the invert. The excavation will proceed through shales and sandstone using a tunnel excavator. It is possible according to the till now completed surveys that it will be necessary to use blasting in some parts of the tunnel with respect to the loosening of the rock environment. Part of the excavation is in addition the digging of a trench for the placement of tunnel drainage.

The support of the bottom excavation is divided into five classes differing in the thickness of shotcrete and the reinforcement content, depending on the geological conditions encountered. These classes in addition differ in the maximum permitted length of the excavation round (the distance of excavation face from the installed support). In the highest = worst case class (excavation class 4.5), where incoherent rock is expected, the excavation round length is a mere 80cm. With respect to the fact that the drainage including manholes, transverse and longitudinal drainage strips, with the subsequent application of shotcrete have to be installed concurrently with the excavation, this area with the total length of 60–80m will be very difficult in terms of the work execution. In the remaining majority excavation support classes the excavation round length ranges from 3 to 15m.



Obr. 7 Odvodnění tunelu
Fig. 7 Tunnel drainage

Odvodnění tunelu

Odvodnění tunelu je řešeno středovou drenáží. Do vyražené rýhy bude uložena perforovaná drenážní roura DN200 (v cochemské portálové oblasti DN400), v obsypu z filtračního štěrku. Po vzdálenosti 50 m budou na drenáži umístěny šachtice, které po vybudování definitivního ostění nebudou přístupné (fungují pouze jako sběrné). Ze šachtic bude voda odváděna propojovacím potrubním DN100 do sběrného potrubí DN150, které bude osazeno na povrchu desky protiklenby a bude napojeno na odvodnění mimo tunel. Vedle šachtic bude ještě umístěno čistící potrubí DN150 pro možnost pozdějších revizí drenáže a jejího čištění tlakovou vodou (obr. 7).

Těsnost „bílé vany“ je požadována do vnějšího tlaku podzemní vody 3 bary. Odvodňovací systém bude napojen na čerpací šachtu u portálu Eller. Jakmile dosáhne tlak vody 3 barů, sepne se automaticky čerpání a voda bude odváděna mimo tunel. Z tohoto důvodu je veškeré propojovací a odváděcí potrubí dimenzováno jako tlakové potrubí s těsností všech spojů minimálně 3 bary. To klade velký důraz na kvalitu provádění a materiál potrubí.

Definitivní ostění

Definitivní ostění je navrženo z litého železobetonu C30/37 XC4 XF1 XA1 WU, vyztuženého betonářskou výztuží B500B. Bude děleno na dilatační celky o délce 10 m. Z důvodů zvýšení požární odolnosti definitivního ostění bude použit beton s příměsí polypropylenových vláken. Dodávku betonu zajistí mobilní betonárka umístěná na ploše zařízení staveniště v Elleru.

Spodní klenba bude betonována s využitím ztraceného bednění (elementy Trigosys® výrobce Trigoform GmbH). Tyto elementy urychlí betonáž, jejich dvoudílné provedení umožňuje poměrně jednoduché osazení spárového pásu.

Výztuž definitivního ostění je navržena z jednoosých sítí, kladených vždy ve dvou vrstvách na sebe. Důvodem je zejména snadnější manipulace. Tyto sítě budou zavěšené na samonosné lehké příhradové rámy. Nosná výztuž bude doplněna konstrukční prutovou výztuží. Instalace výztuže horní klenby bude probíhat z armovacího vozu.

Betonáž začne s časovým odstupem za ražbou na portálu v Cochemu. Pro spodní klenbu počítá harmonogram stavby s průměrnou rychlostí 2 bloky za den, pro horní klenbu 1 blok za den. Po dokončení ražeb bude zahájena betonáž v protisměru. Ve špičce bude tedy rychlost prováděných prací 4 spodní a 2 horní klenby za den.

Horní klenba bude betonována pomocí dvou betonážních komplexů, sestávajících z celkem 15 vozů (1 x profilační,

The bottom excavation will have to start at the Cochem portal with respect to the technological and logistic possibilities. Muck will be transported along the tunnel to an intermediate stockpile at the vicinity of the southern portal (Eller).

The assumed average excavation rate is set at 30m per day.

Tunnel drainage

The tunnel drainage is solved by a central duct. A perforated tube DN200 will be laid into an excavated trench (DN 400 in the area of the Cochem portal) in gravel pack. Shaft will be located at intervals of 50m. They will be inaccessible after the completion of the final lining (they will work only as collecting structures). Water will be directed from the manholes through DN100 connecting lines to a DN150 collecting pipeline, which will be installed on the surface of the inverted slab and will be connected to the drainage system outside the tunnel. In addition to the manholes, a DN150 cleaning pipeline will be installed to allow subsequent checks of the drainage and its cleaning with pressurised water (see Fig. 7).

The sealing capacity of the “white tank” is required up to the external pressure of 3 bars. The drainage system is connected to the pumping shaft located at the Eller portal. Immediately when the pressure reaches 3 bars, automatic pumping will be switched on and water will be evacuated outside the tunnel. For that reason the dimensions of all connecting and discharging pipelines are designed as pressure pipeline with the minimum tightness of joints of 3 bars. This requirement places great stress on the quality of work and material of the pipeline.

Final lining

Cast-in-situ C30/37 XC4 XF1 XA1 WU concrete reinforced with B500B steel bars is designed for the final lining. The lining will be divided into 10m long expansion blocks. Concrete with the admixture of polypropylene fibres will be used because of a requirement for increasing the fire resistance of the final lining. Concrete will be supplied by a mobile batching plant located in the area of the construction site arrangement in Eller.

The concrete invert will be cast using sacrificial formwork (Trigosys® elements manufactured by Trigoform GmbH). These elements will accelerate the concrete casting process; the two-piece design allows the relatively simple installation of water-bars.

The reinforcement of the final lining will be formed by two layers of single-axis mesh. The reason is that the handling is easier. The mesh will be suspended from self-supporting lightweight lattice girders. The main reinforcement will be supplemented by structural bar reinforcement. The reinforcement of the upper vault will be installed from a travelling scaffold.

2 x izolační, 2 x armovací, 2 x kontrolní, 2 x betonážní, 6 x ošetrovací vůz).

Pracovní spáry mezi spodní a horní klenbou budou těsněny spárovými plechy 300x1,5 mm, zároveň pozinkovanými. Dilační spáry mezi jednotlivými bloky budou těsněny vnitřními spárovými pásy z elastomeru, s ocelovými pásnicemi (obr. 8). Pásnice budou také z pozinkovaného ocelového plechu a mají připravenou perforaci pro uchycení pásů k armatuře a pro jednodušší osazení injektážních hadiček. Tyto hadičky budou sloužit jako opatření k zatěsnění spár v případě, že bude docházet k průsakům vody ve spárách. Jsou navrženy perforované jednopláštěvé hadičky DN6 pro chemickou injektáž. Napojení spárových plechů a pásů bude provedeno navařením.

Mezi primárním ostěním ze stříkaného betonu a definitivním ostěním z litého betonu bude instalována separační vrstva z PE fólie. Původně byla navržena HDPE fólie tloušťky 0,5 mm. S ohledem na manipulaci byla zvolena alternativa z třívrstvé bublinkové fólie. Pokládka této fólie bude prováděna nastřelením do stříkaného betonu.

Tunelové propojky

Vzdálenost obou tunelů je cca 30 m. Po vzdálenosti cca 500 m bylo při výstavbě NKWT vyraženo 8 tunelových propojek, sloužících jako únikové cesty a prostor pro umístění technologického vybavení tunelu. Propojky jsou cca do 2/3 své délky provedeny v definitivním ostění. Součástí rekonstrukce AKWT je doražení stávajícího profilu propojky v úseku přiléhajícím k AKWT (zvětšení profilu propojek, zajištění radiálními kotvami a primárním ostěním ze stříkaného železobetonu) a napojení definitivního ostění propojek na tunel.

ATYPICKÉ ASPEKTY PROJEKTU

Na závěr si autoři dovoří malé shrnutí zajímavých technických aspektů této stavby.

Ačkoliv je tunel pod hladinou podzemní vody, nemá ani deštníkovou, ani uzavřenou izolaci. Těsnost konstrukce je zajištěna železobetonovým ostěním se spárovými těsnícími vložkami. Při zvýšeném tlaku podzemní vody bude fungovat automatický čerpací systém, udržující v systému tlak do 3 barů.

The casting of concrete will start with a time lag after the excavation of the portal in Cochem. The average rate of the casting of the invert and the upper vault is planned in the schedule to be 2 blocks per day and 1 block per day at the invert and the upper vault, respectively. After the completion of excavation, the casting of concrete will commence in the opposite direction. It means that during the peak period the rate of casting will be 4 blocks of the invert and 2 blocks of the upper vault per day, respectively.

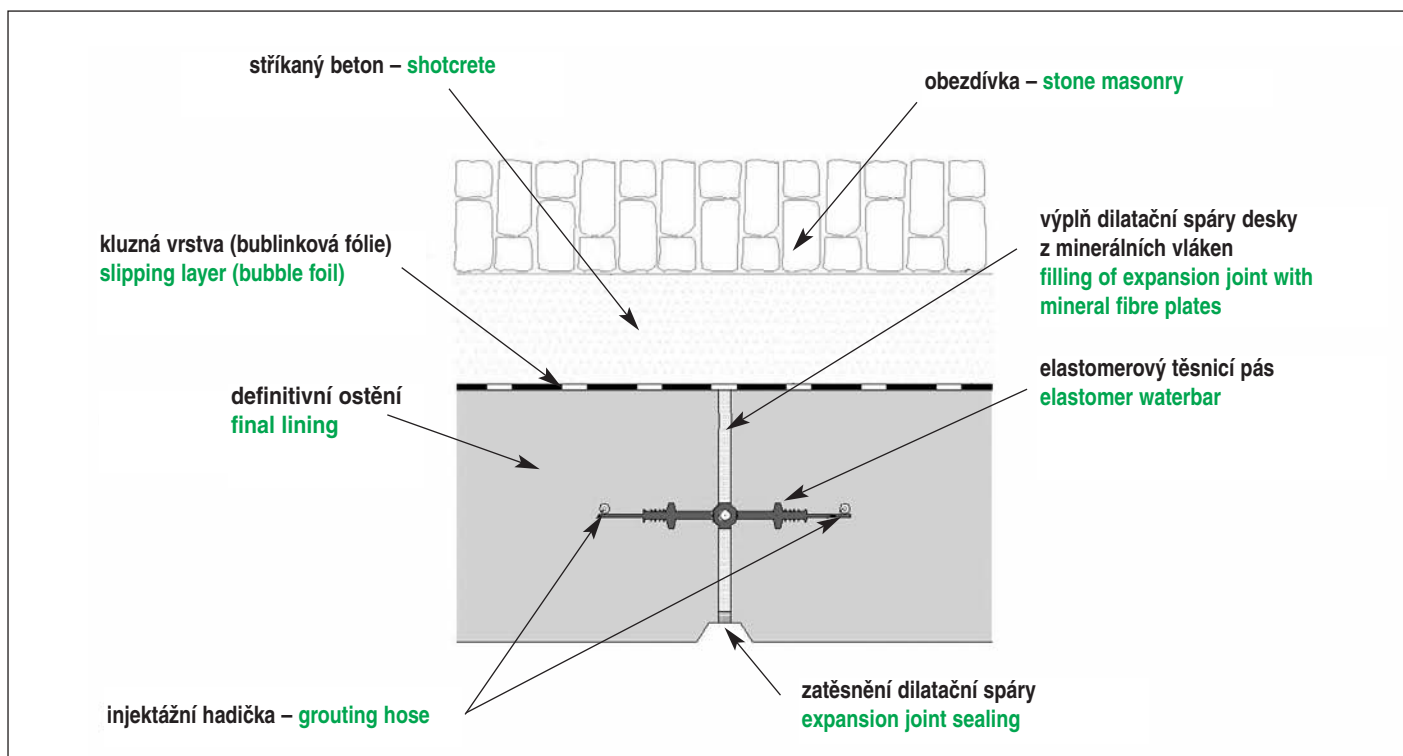
The upper vault will be cast using two concrete casting complexes consisting of 15 scaffolds (1 x for profiling, 2 x for the installation of waterproofing, 2 x for placing reinforcement, 2 x for checking, 2 x for casting concrete, 6 x for curing).

Construction joints between the upper vault and the invert will be sealed by 300x1.5mm, hot dip galvanised metal waterbars. Expansion joints between individual blocks will be sealed by inner elastomer waterbars with steel flanges (see Fig. 5). The flanges will also be from galvanised steel sheet; they have perforation prepared for fixing the flanges to reinforcement bars and for simpler installation of grouting hoses. The hoses will serve as a measure for sealing joints in a case that water seepage through joints appears. Perforated single-shell hoses DN6 for chemical grouting are proposed. The metal waterbars and strips will be connected together by welding.

A separation PE membrane will be installed between the shotcrete primary lining and the cast-in-situ final lining. HDPE membrane 0.5mm thick was originally designed. With respect to the handling process, the alternative with a triple-layer bubble foil was adopted. The foil will be fixed to the shotcrete lining by shotfiring.

Tunnel passages

The distance between the two tunnels is approximately 30m. Eight cross passages were excavated at intervals of ca 500m during the course of the NKWT excavation. They serve as escape routes and spaces for the installation of tunnel equipment. The cross passages are provided with the final lining up to two thirds of their lengths. Part of the AKWT reconstruction is the completion of the excavation of the cross passage existing pro-



Obr. 8 Detail dilační spáry
Fig. 8 Detail of an expansion joint



Obr. 9 Zařízení staveniště Ediger – Eller
Fig. 9 Ediger – Eller construction site arrangement

Tunel je dlouhý 4205 m. Veškerá logistika a postupy prací musí tento fakt zohledňovat. I když se jedná „pouze“ o rekonstrukci starého tunelu, svým rozsahem a složitostí odpovídá spíše nové ražbě ve složitých geotechnických podmínkách, navíc se spoustou neznámých vlivů typických pro rekonstrukce starších podzemních staveb.

Vnější podmínky (zejména rozsah a umístění ploch zařízení staveniště a investorem poskytnutý čas pro provedení stavby) do značné míry determinují i POV stavby. Zatímco na ellerské straně je k dispozici poměrně velká plocha pro zařízení staveniště, prakticky neomezený příjezd do tunelu a mezideponie (obr. 9), v Cochemu téměř žádný manipulační prostor před tunelem není. Z důvodu nutnosti dodržení termínů musí veškeré pracovní operace probíhat paralelně a většina materiálů bude navážena po mostní konstrukci v centru historického města. Teprve po dokončení betonáže protiklenby bude tunel průjezdný pro nákladní vozidla a zásobování bude možno realizovat z výhodnější strany jižního portálu. Z těchto důvodů byla do určité doby zvažována technická varianta přemostění pracovišť mobilní příhradovou konstrukcí délky asi 100 m, umožňující přepravu rubaniny pásovým dopravníkem nad pracovištěm betonáže protiklenby, a tedy zásobování a odvoz rubaniny z ražby z jednoho směru. Od této varianty bylo upuštěno zejména z důvodu malého efektu urychlení výstavby a finanční náročnosti tohoto řešení.

Všechny pracovní postupy – ražba a zajištění protiklenby, pokládka kluzné vrstvy, instalace výztuže, spárových plechů a pásů, injektážních hadiček, montáž prvků odvodnění, betonáž – budou probíhat paralelně. Při požadovaném maximálním denním výkonu to znamená, že nesmí dojít k přerušení dodávek jednotlivých materiálů, že bude nutné detailně koordinovat jednotlivé činnosti, neustále hledat časové rezervy a úspory, a to vše při zajištění požadované kvality prováděných prací pod dohledem náročného investora.

Ing. JIŘÍ MATĚJÍČEK, jmatejicek@subterra.cz,
Ing. JIŘÍ PATZÁK, jpatzak@subterra.cz,
Subterra a.s.

Recenzovali: prof. Ing. Josef Aldorf, DrSc., Ing. Pavel Polák

file in the section adjacent to the AKWT (expanding the profiles of the cross passages, installation of support with radial anchors and reinforced shotcrete primary lining) and the connection of the final lining of cross passages to the tunnel.

DESIGN ATYPICAL ASPECTS

To conclude, the authors will take the liberty of presenting a brief summary of the technical aspects of the project.

Despite the fact that the tunnel is under the water table, it has neither “umbrella” waterproofing nor a closed waterproofing system. The sealing capacity of the lining is secured by the reinforced concrete lining with waterbars sealing the joints. In the case of increased groundwater pressure an automatic pumping system maintaining the pressure in the system under 3 bars will be started.

The tunnel is 4205m long. All logistics and work procedures have to take this fact into account. Even though it is only reconstruction of an old tunnel, it rather corresponds in terms of its extent and complexity to new excavation through complicated geotechnical conditions, moreover covering numerous unknown effects typical for the reconstruction of older underground structures.

External conditions (in the first place the extent and location of construction site arrangement areas and the time allowed by the project owner for the construction) significantly determine the project planning. Whilst a relatively large area for the site arrangement is provided with virtually unrestricted access to the tunnel and an intermediate stockpile on the Eller side (see Fig. 9), nearly no space for handling is available in front of the Cochem portal. Because of the necessity to meet deadlines, all working operations have to proceed in parallel and the majority of materials will be transported along a bridge structure in the centre of the historic town. Only after the completion of the casting of the invert will the passage through the tunnel be possible for trucks and supplies from the other more suitable side of the southern portal. For these reasons a certain technical variant of bridging over the workplaces by an about 100m long mobile trussed structure was considered till a certain time. It would have allowed the transport of muck on a belt conveyor above the invert concrete casting workplace, therefore the supplies and removal of muck from one direction would have been possible. This variant was abandoned mainly because of the small effect on the works acceleration and financial demands of this solution.

All working procedures – the invert excavation and support, installation of the slipping layer, placement of reinforcement, installation of metal waterbars and elastomer waterbars and grouting hoses, the assembly of the elements of drainage and casting of concrete – will proceed in parallel. It means, taking into consideration the required maximum daily advance rate, that supplies of individual materials must not be interrupted, that it will be necessary to coordinate in detail individual activities, permanently seek time reserves and savings, all of that with ensuring the required quality of work under the supervision of the demanding project owner.

Ing. JIŘÍ MATĚJÍČEK, jmatejicek@subterra.cz,
Ing. JIŘÍ PATZÁK, jpatzak@subterra.cz,
Subterra a.s.

LITERATURA / REFERENCES

www.nkwt.de Willkommen auf nkwt.de (28.7.2014)
de.wikipedia.org (28.7.2014)

TUNEL BANCAREVO – SRBSKO

BANCAREVO TUNNEL – SERBIA

JOSEF BAČA, OTA JANDEJSEK, MIROSLAV RYPÁČEK, TOMÁŠ NĚMEČEK

ABSTRAKT

Zahranční zakázka, kterou v současné době realizuje společnost Subterra a. s. v Srbsku, je dobrou příležitostí ke srovnání zkušeností a praxe získané při realizaci tunelových staveb podobného charakteru v České republice, se kterými má firma Subterra bohatou zkušenost. Následující text popisuje srbský projekt výstavby tunelu Bancarevo včetně nastínění přístupu místních Inženýrů (pozn. pojem Inženýr je podle terminologie smlouvy používán pro technický dozor projektu, a proto je takto používán i v textu) a projektantů. V jednotlivých kapitolách jsou popsány obecné informace o významu stavby, technických parametrech stavby, některých použitých technologiích, některých vzniklých komplikacích a o aktuálním vývoji projektu.

ABSTRACT

The foreign contract Subterra a. s. is currently working on in Serbia is a good opportunity for comparing the experience and practice gained during the realisation of tunnel structures of a similar character in the Czech Republic, which Subterra a. s. has wealth of experience with. The following text describes the Serbian project for the development of the Bancarevo tunnel, including outlining the approach of local engineers (note: the term "Engineer" is used in the contract for technical supervision and is for that reason used for Engineer's team also in this paper). Individual chapters contain the description of general information about the project importance, technical parameters of the construction, some technologies used, some complications encountered and the current development.

1 ÚVOD

Srbsko je svou polohou důležité pro země střední a západní Evropy zejména jako tranzitní země, skrze kterou povede jeden z hlavních panevropských dálničních koridorů, Koridor X, jehož účelem bude spojit Evropu s rychle se rozvíjejícím Tureckem a také dokončit napojení řecké dálniční sítě. Značné zdroje na výstavbu tohoto koridoru jsou proto poskytovány z evropských institucí, jako jsou Evropská banka pro rekonstrukci a rozvoj (EBRD) či Evropská investiční banka (EIB).

Dálniční síť Srbska, respektive Koridor X na srbském území, je funkční od hranic s Maďarskem až po město Niš na jihu země. Srbsko momentálně intenzivně pracuje na dokončení úseku mezi městem Leskovac, jež se nachází jižně od města Niš, a hraničním přechodem s Makedonií a dále na úseku mezi městem Niš a hraničním přechodem s Bulharskem. Součástí právě této větve, Niš – hraniční přechod Dimitrovgrad, je stavba tunelu Bancarevo, která se nachází v hornaté oblasti 20 km na východ od města Niš (obr. 1).

1 INTRODUCTION

Serbia's location is important for Central and West European states, mainly as a transit country which Corridor X, one of the main pan-European motorway axes the purpose of which will be to connect Europe with rapidly developing Turkey and to finish the connection of the Greek network, will pass across. Significant sources required for the development of this corridor are therefore provided from European institutions, such as the European Bank for Reconstruction and Development (the EBRD) or the European Investment Bank (the EIB).

The Serbian motorway network, or the Corridor X on Serbian territory, is functional from the border with Hungary up to the town of Niš in the south of the country. Serbia is at the moment working on the completion of the section between the town of Leskovac, which is located south of Niš, and the border crossing to the Former Yugoslav Republic of Macedonia and further the section between Niš and the border crossing to Bulgaria. Part of this particular branch, the



Obr. 1 Lokalita stavby (www.maps.google.com)

Fig. 1 Construction location (www.maps.google.com)



Obr. 2 Pohled na nestabilní levý svah západního portálu
Fig. 2 View of the instable left-hand slope at the western portal

Výstavbu tunelu koordinuje státní organizace Koridori Srbije d.o.o. prostřednictvím sdružení firem, které zajišťují dozorování výstavby (tzv. Inženýr). V případě tunelu Bancarevo se jedná o španělskou firmu Eptisa, která provádí technický dozor na většině úseků dálnice.

2 TECHNICKÝ POPIS STAVBY

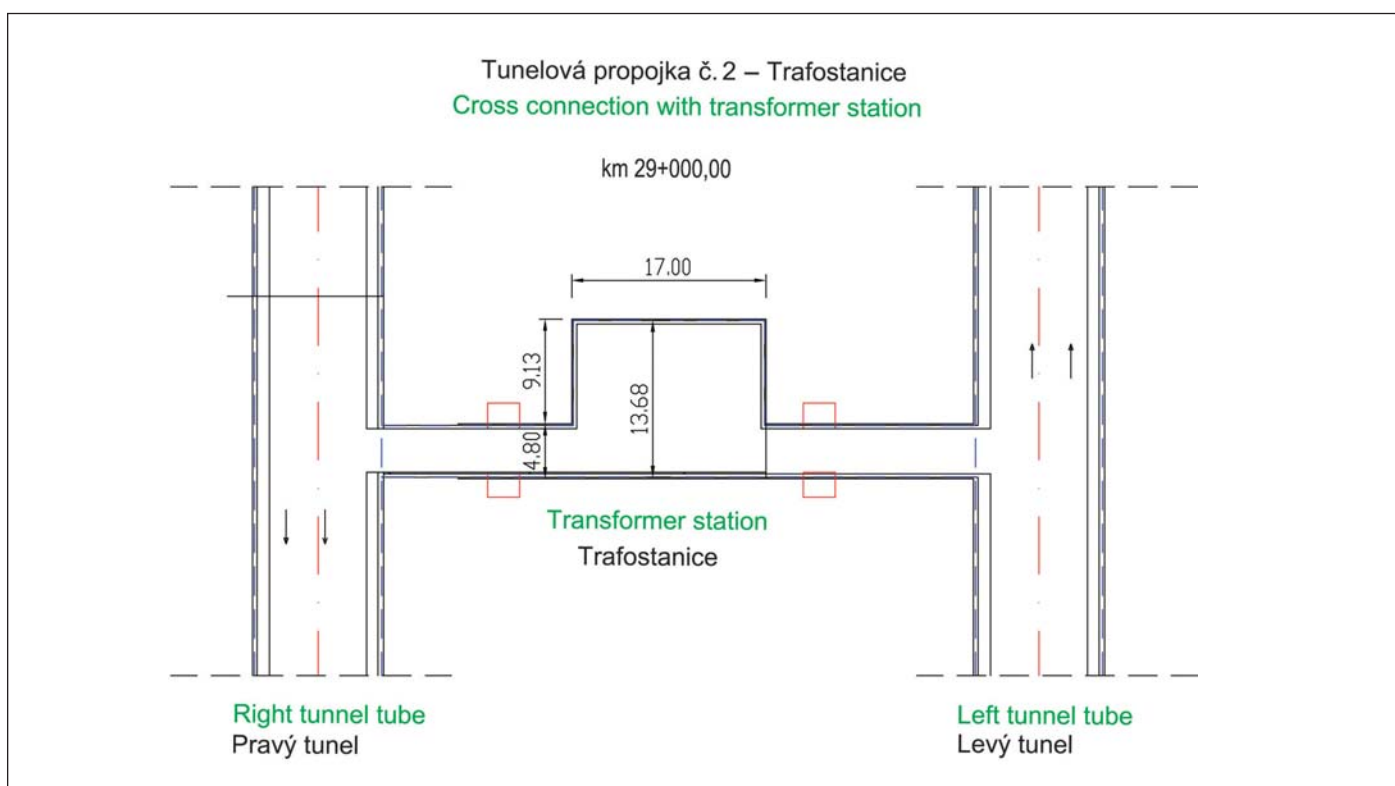
Tunelová stavba je složena ze dvou samostatných tunelových trub, každá pro příslušný jízdní směr, ražených podle zásad NRTM. Levá trouba měří 685 m, pravá pak 705 m. Součástí tunelů jsou značně rozsáhlé hloubené portálové úseky, patří mezi největší, které firma Subterra a. s. realizovala co do objemu zemních prací (vyhloubeno okolo 260 000 m³). Hloubená část východního portálu je dlouhá 89 m, na západním portále pak nově 40 m. Projektant přistoupil k prodloužení západního hloubeného tunelu o 20 m, aby tak vyřešil problémy se stabilitou svahu západního portálu (obr. 2). Levá tunelová trouba je vedena v přímé trase, zatímco pravá v oblouku tak, aby mezi tubusy vznikl

Niš – Dimitrovgrad border crossing, is the Bancarevo tunnel project. The tunnel construction site is located in a mountainous region, 20km east of the town of Niš (see Fig. 1).

The construction of the tunnel is coordinated by Koridori Srbije d. o. o. state organisation through a consortium of companies providing supervision over the works (the Engineer). In the case of the Bancarevo tunnel it is Eptisa, a Spanish company, which fulfils the role of the Engineer on the majority of the motorway sections.

2 TECHNICAL DESCRIPTION OF THE CONSTRUCTION

The tunnel structure consists of two separate tunnel tubes, each one for the respective direction of traffic, which are driven in accordance with the NATM principles. The left-hand tunnel tube and right-hand tunnel tube are 685m and 705m long, respectively. Extensive cut-and-cover portal sections are parts of the tunnels. They belong among the largest Subterra a. s. has ever realised as far as the volume of earthmoving is concerned (about 260,000 m³). The cut-and-cover part of the eastern portal is 89m long; its length at the western portal is newly 40m. The designer decided to extend the length of the western tunnel tube by 20m to solve problems with the stability of the slope at the western portal (see Fig. 2). The left-hand tunnel tube route is straight, whilst the right-hand tunnel tube route is on a curve. In this way a 30–45m wide rock pillar originates between them. Seven fire protection niches and seven SOS niches are in each tunnel tube (five in the mined tunnel and two in the cut-and-cover tunnel). Both tunnel tubes are interconnected by three cross passages so that escaping to safety in emergency cases is possible. Cross passage No. 2 in addition contains a structure for the installation of a diesel generator providing power if necessary. This structure is not easy to realise. The cross passage cross-section is rapidly enlarged within a 17m long section from 4.8m to 13.8m (see Fig. 3).



Obr. 3 Skokové rozšíření propojovacího tunelu
Fig. 3 Rapid enlargement of the cross passage cross-section

30–45 m široký horninový pilíř. V každé tunelové troubě je navrženo sedm protipožárních a sedm SOS výklenků, z toho pět v raženém a dva v hloubeném tunelu. Pro možnost úniku do bezpečí v případě nouze jsou obě tunelové trouby v celé délce propojeny třemi propojkami. Propojka č. 2 navíc obsahuje realizačně nelehký objekt pro umístění diesel agregátu zajišťujícího dodávku energie v případě potřeby. Propojka se na úseku dlouhém 17 m skokově rozšiřuje ze 4,8 m na 13,8 m (obr. 3).

Obě tunelové trouby jsou projektované pro dva jízdní pásy o celkové šířce 8,5 m. Na každém boku tunelu jsou pochozí chodníky o šířce 1,15 m. Minimální výška tunelu nad vozovkou činí 4,75 m, nad chodníky pak 2,25 m. Příčný sklon vozovky se pohybuje od 2,5 % do 4,5 %. Obě tunelové trouby klesají od západního portálu po východní ve sklonu pohybujícím se od 0,3 % do 3,8 %.

3 GEOLOGICKÉ POMĚRY

Zájmová oblast se nachází na jižních svazích pohoří zvaného Suva Planina. Suva Planina je rozsáhlým antiklinálním komplexem, který je dominantní morfologickou jednotkou celého jižního Srbska. Regionální horizontální pohyby vedly k nasunutí vápenců spodní křídy přes starší permské pískovce a prachovce s následnými četnými fázemi vrásnění vytvářejícími antiklinální tvar (obr. 4). Oblast výstavby tunelu je odvodňována toky Kunovacka a Crvena reka. Největší vliv na formování krajinného reliéfu má zejména tektonická a fyzikálně-chemická degradace horninového materiálu společně s erozními procesy. Vysoké rozdíly v mechanické odolnosti horninového masivu proti degradaci a denudaci vedou ke vzniku selektivní eroze, jejímž výsledkem je vytváření rozmanitých morfologických tvarů s velmi proměnlivými sklony svahů. Proces eroze a denudace je dominantní i přes velmi krátké vzdálenosti mezi nejvyššími body krajiny a erozními údolími. Kvůli těmto procesům je terén velmi členitý, s častým výskytem hlubokých roklí, zejména v místech tektonických poruch. Na obou portálových oblastech takovéto rokly dosahovaly hloubek v rozmezí 10 až 20 m a šířek větších než 15 m (obr. 5). Hlavní svahy roklí jsou dále tvarovány druhotnými erozními rýhami.

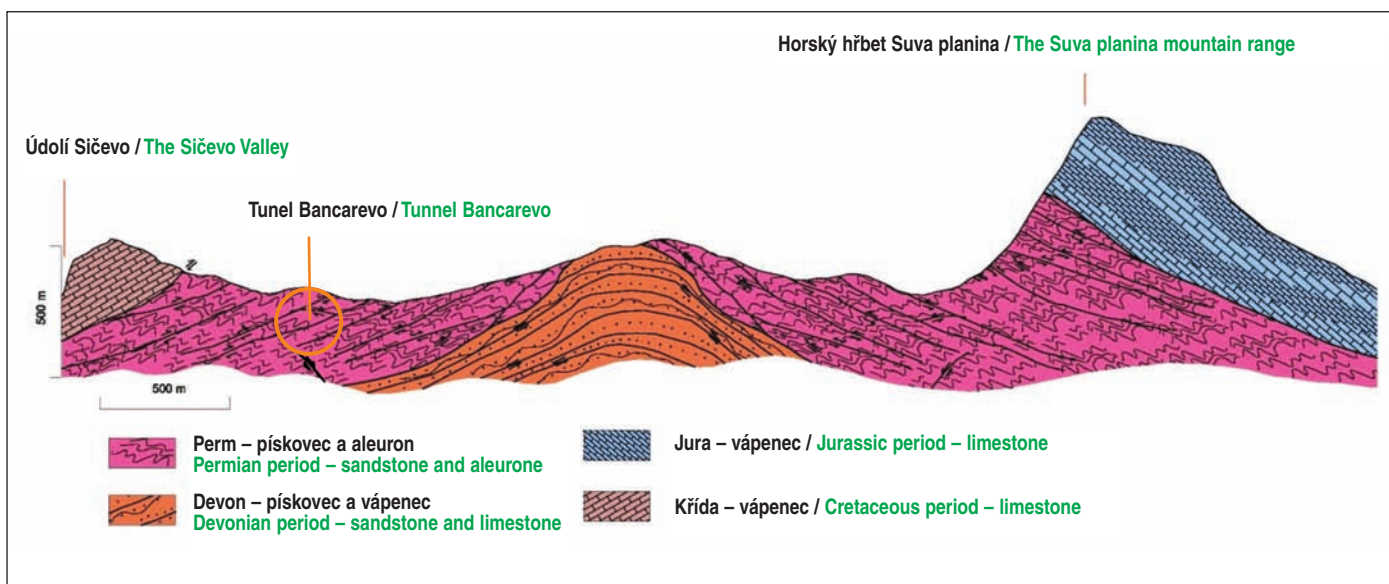
Oblast západního portálu se nachází v nadmořské výšce cca 490 m n. m., sklony okolních svahů se zde pohybují kolem 25°.

Both tunnel tubes are designed for two traffic lanes, with the roadway width of 8.5m. Walkways 1.15m wide are on either side of the tunnel tube. The minimum tunnel height above the roadway and above the walkways is 4.75m and 2.25m, respectively. The roadway transverse gradient ranges from 2.5% to 4.5%. Both tunnel tubes descend from the western portal to the eastern portal on a gradient ranging from 0.3% to 3.8%.

3 GEOLOGICAL CONDITIONS

The area of operations is located on the southern slopes of the mountain range called Suva Planina. The Suva Planina is an extensive anticline complex, which forms a dominant morphological unit of the entire southern Serbia. Regional horizontal movements led to the thrusting of lower-Cretaceous limestones over older Permian sandstones and siltstones, with subsequent numerous folding phases forming the anticline shape (see Fig. 4). The tunnel construction area is drained by the Kunovacka and Crvena Reka Rivers. The greatest influence on the formation of the landscape relief has, in the first place, the physical and chemical degradation of the rock material, together with erosion processes. High differences in the mechanical resistance of the rock mass against degradation and denudation lead to the origination of selective erosion the result of which is the development of various morphological shapes with very variable gradients of slopes. The erosion and denudation processes are dominant even despite very short distances between the highest points of the landscape and erosion valleys. Owing to these processes, the terrain is very dissected, with the frequent occurrence of deep ravines, first of all in the locations of tectonic failures. The depths of such the ravines reached 10 to 20m at both portals and their width exceeded 15m (see Fig. 5). The main slopes of the ravines are, in addition, shaped by secondary erosion gullies.

The area of the western portal is located at the altitude of ca 490m a. s. l.; the gradients of the surrounding slopes fluctuate about 25°. The eastern portal is at the altitude of ca 460m a. s. l. and the gradients of surrounding slopes are about 16°. The area of the highest, 75m high, tunnel overburden is located in the central part of the tunnel, where the terrain is nearly flat, with the altitude ca 575m a. s. l.



Obr. 4 Geologický profil celého pohoří Suva Planina s vyznačením umístění tunelu Bancarevo

Fig. 4 Geological profile of the whole Suva Planina mountain range with the Bancarevo tunnel location marked in it



Obr. 5 Původní terén výjezdového portálu po odstranění vegetace (květen 2012)

Fig. 5 The original terrain at the exit portal after the removal of vegetation (May 2012)

Východní portál je ve výšce cca 460 m n. m. se sklony přilehlých svahů okolo 16°. Oblast nejvyššího nadloží tunelu vysokého 75 m se nachází ve střední části tunelu, kde je terén téměř rovinatý s nadmořskou výškou cca 575 m n. m.

Vrch, kterým tunel Bancarevo prochází, je tvořen výhradně prachovitými (písčitými) jílovci permského stáří, které jsou charakteristické svou červenou barvou. Během hloubení jámy východního portálu a ražby tunelu byly tyto jílovce dokumentovány jako silně degradované, s velmi hustou a všesměrnou sítí diskontinuit vyplněných jílovitým materiálem. Pokryvné útvary tvoří jílovitopísčité deluvia s proměnlivým obsahem hrubozrnných částic. Mocnost těchto kvaternárních pokryvů je také velmi proměnlivá od 2 do 10 m.

V průběhu hloubení portálů a ražeb tunelů byly odhaleny výrazné odlišnosti reálně zastížené geologie od projektem předpokládané. Vrstva deluviálních, resp. deluviálně-fluviálních písčitých hlín dosáhla až dvojnásobné mocnosti oproti projektu. Prachovité (písčité) jílovce, které jsou dominantním geologickým typem, byly výrazně postižené jak erozí, tak zejména tektonickou činností. V hloubkových úrovních výkopu, kde projekt předpokládal skalní materiál, byl reálně těžen materiál na rozhraní zemin a poloskalního masivu.



Obr. 6 Ukázka vrtání SN kotev pomocí vysokozdvížných plošin

Fig. 6 Demonstration of drilling for SN anchors using a lifting platform

The hill the Bancarevo tunnel passes under is formed solely by silty (sandy) claystones of the Permian age, which are characterised by their red colour. During the course of the excavation of the pit for the eastern portal and the tunnel excavation, these claystones were documented as heavily degraded, with very dense and omni-directional network of discontinuities filled with a clayey material. The cover is formed by clayey-sandy deluvia with a variable content of coarse-graded particles. The thickness of these Quaternary deposits is very variable, ranging from 2m to 10m.

Significant differences between the actually encountered geology and the geology assumed by the design were discovered during the course of the excavation for portals and the tunnel. The layer of deluvial or deluvial-fluvial sandy loams was even twice as thick as that anticipated by the design. The silty (sandy) claystone, which is the dominant geological type, was significantly affected by both erosion and, first of all, tectonic action. The material bordering with soils and semi-rock mass was really excavated at the excavation depth levels where the design assumed hard rock.

4 ADDITIONAL MEASURES AND THEIR IMPACT ON WORKS SCHEDULE

Worsened engineering geological conditions resulted into the need for changing the slope stabilisation design, which originally took into account only the stabilisation of the portal face by means of 5m long SN anchors, Q139 mesh (4.2mm-dia rods spaced at 100x100mm) and a 10cm thick layer of shotcrete. The new design for the portals prescribed backfilling of the already excavated pit (32,000m³), the application of 5–10m long SN anchors at the total length of 32km, 70 ton of steel mesh, 1800m³ of MMB 30 shotcrete (note: the designation MMB-Marka Mlznok Betona is used in Serbia for sprayed concrete and the number behind it is for cube strength); the volume increase amounts to 70,000m³. These amounts, including the difficult access and the necessity for installing 20% of anchors from lifting platforms, resulted into a delay of the construction by 9 months (see Fig. 6).

The driving of the right-hand tunnel tube commenced in October 2012. The work was interrupted during the period of the stabilisation of the portal slopes according to the new design, i.e. from December 2012 to June 2013. Several shorter interruptions were necessary because of very unfavourable geological conditions in the locations of tectonic faults, which always caused the necessity for new solutions unexpected by the design. Nevertheless, the tunnel was successfully broken through in March 2014. The breakthrough ceremony was held even in the presence of the Serbian minister of transport and the Czech ambassador.

It was proved after the completion of the underground excavation that the excavation had been completed in geological conditions differing from those assumed by the design. The geological structure of the massif was documented in detail and a longitudinal geological profile of the tunnel was developed on the basis of regular geological mapping of the headings (see Fig. 7). The difference between the real geology and design assumptions is obvious from Fig. 8. It presents in a simplified way the excavation support classes in the right-hand tunnel tube as they were determined in the design and as they were encountered in reality. The worsened conditions, which were more demanding in terms of the work execution, and the additional stabilisation elements ordered by the designer, resulted in the extension of the tunnel excavation time by 7 months.

4 DODATEČNÁ OPATŘENÍ A JEJICH DOPAD NA HARMONOGRAM PRACÍ

Kvůli zhoršeným inženýrskogeologickým poměrům vyplynula potřeba změnit projekt zajištění svahů, který původně uvažoval pouze s jištěním čela portálu pomocí SN kotev dlouhých 5 m, sítě Q139 (pruty $\varnothing$ 4,2 mm, rozteč 100x100 mm) a 10 cm vrstvou stříkaného betonu. Nový projekt portálů nařídil zpětné zásypy již vyhloubené jámy ($32\,000\text{ m}^3$), použití 32 km SN kotev délky 5–10 m, 70 tun ocelových sítí, 1800 m^3 stříkaného betonu MMB 30 (pozn. označení MMB-Marka Mlaznog Betonu je v Srbsku používané značení pro stříkaný beton, číslo za ním pak určuje krychelnou pevnost v tlaku) a navýšení objemu výkopů o $70\,000\text{ m}^3$. Tyto rozsahy prací včetně obtížného přístupu a nutnosti instalace 20 % kotev z vysokozdvížných plošin měly za následek zpoždění výstavby o 9 měsíců (obr. 6).

Ražba pravé tunelové trouby byla zahájena v říjnu 2012. V období zajišťování portálových svahů podle nového projektu, tj. od prosince 2012 do června 2013, byly práce přerušeny. Dále došlo ještě k několika kratším přerušením vlivem velmi nepříznivých geologických podmínek v místech tektonických zlomů, které vždy vyvolaly nová, projektem nepředpokládaná řešení. Nicméně tunel byl zdárně proražen v březnu 2014 a patřičně oslaven i za přítomnosti srbského ministra dopravy a české velvyslankyně.

Po dokončení ražeb se prokázalo, že ražby proběhly v odlišných geologických podmínkách, než jaké projekt stavby předpokládal. Geologická stavba masivu byla podrobně zdokumentována a na základě pravidelného geologického mapování čeleb (obr. 7) byl vytvořen podélný geologický profil tunelu. Rozdíl mezi skutečnou geologií a předpokladem projektu je patrný z obr. 8, který zjednodušeně znázorňuje tunelové třídy v pravé tunelové troubě, tak jak je udával projekt a jak byly skutečně zastiženy. Zhoršené, na provádění náročnější geologické podmínky a projektantem nařízené dodatečné zajišťovací prvky způsobily prodloužení ražby tunelu o 7 měsíců.



Obr. 7 Ukázka čelby v pravé tunelové troubě (TM 190 478,8)

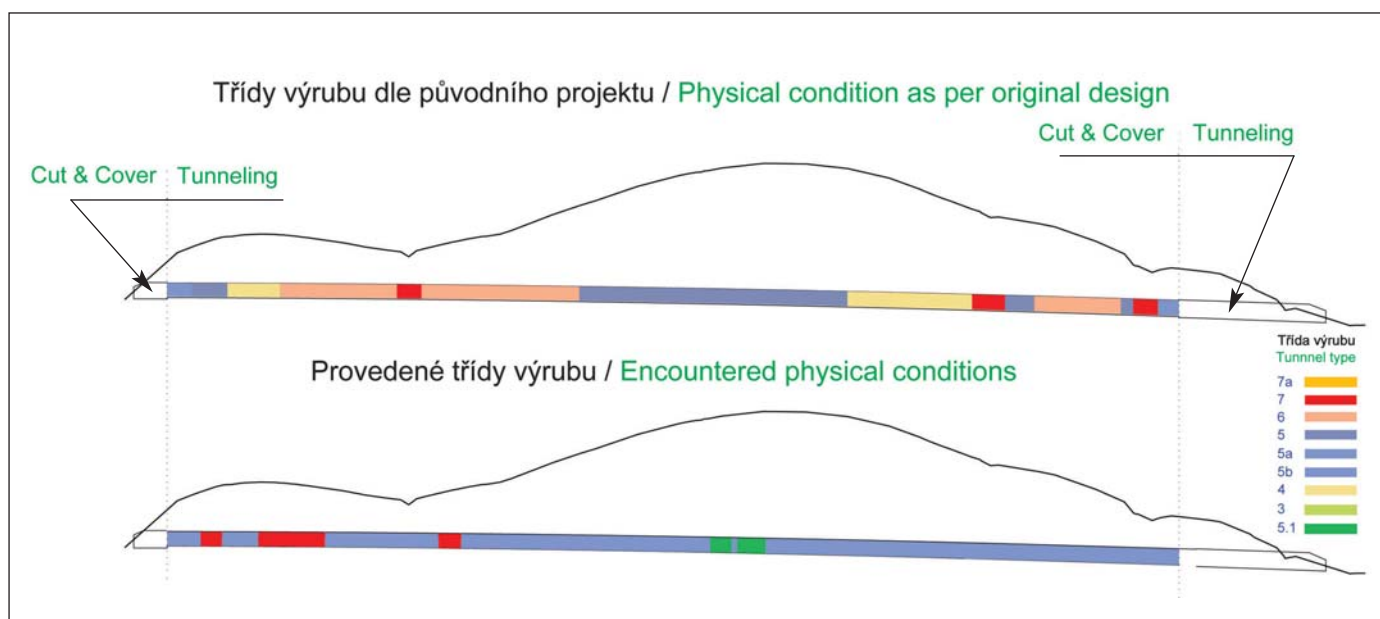
Fig. 7 Demonstration of the excavation heading in the right-hand tunnel tube (TM 190 478.8)

5 TECHNOLOGY

5.1 Excavation and primary support of excavated opening

Six types of primary support were designed for the Bancarevo tunnel. The excavation support class 7/7a is designed for the passage across the anticipated tectonic weakness zones; it is the only class at which the tunnel profile is closed by an invert. Remaining support classes (6, 5, 4 and 3) are designed for the variable geological conditions both tunnel tubes were expected to pass through. The tunnel lining geometry is horseshoe shaped, which means semicircular top heading and flat bench for all tunnel types (see Fig. 9).

The primary lining consists of basic elements typical for the NATM excavation, i.e. lattice girders (BTX), KARI mesh reinforced shotcrete (from 7.5 to 30cm) and SN anchors ($\varnothing$ 20, $\varnothing$ 28). The main parameters (dimensions, spacing, geometry, amount etc.) are variable for all above mentioned elements, depending on the particular excavation support class. The design did not consider any stabilisation of the face-advance core or stabilisation of the excavation



Obr. 8 Porovnání projektem plánovaných a skutečně realizovaných typů primárního ostění v pravé tunelové troubě

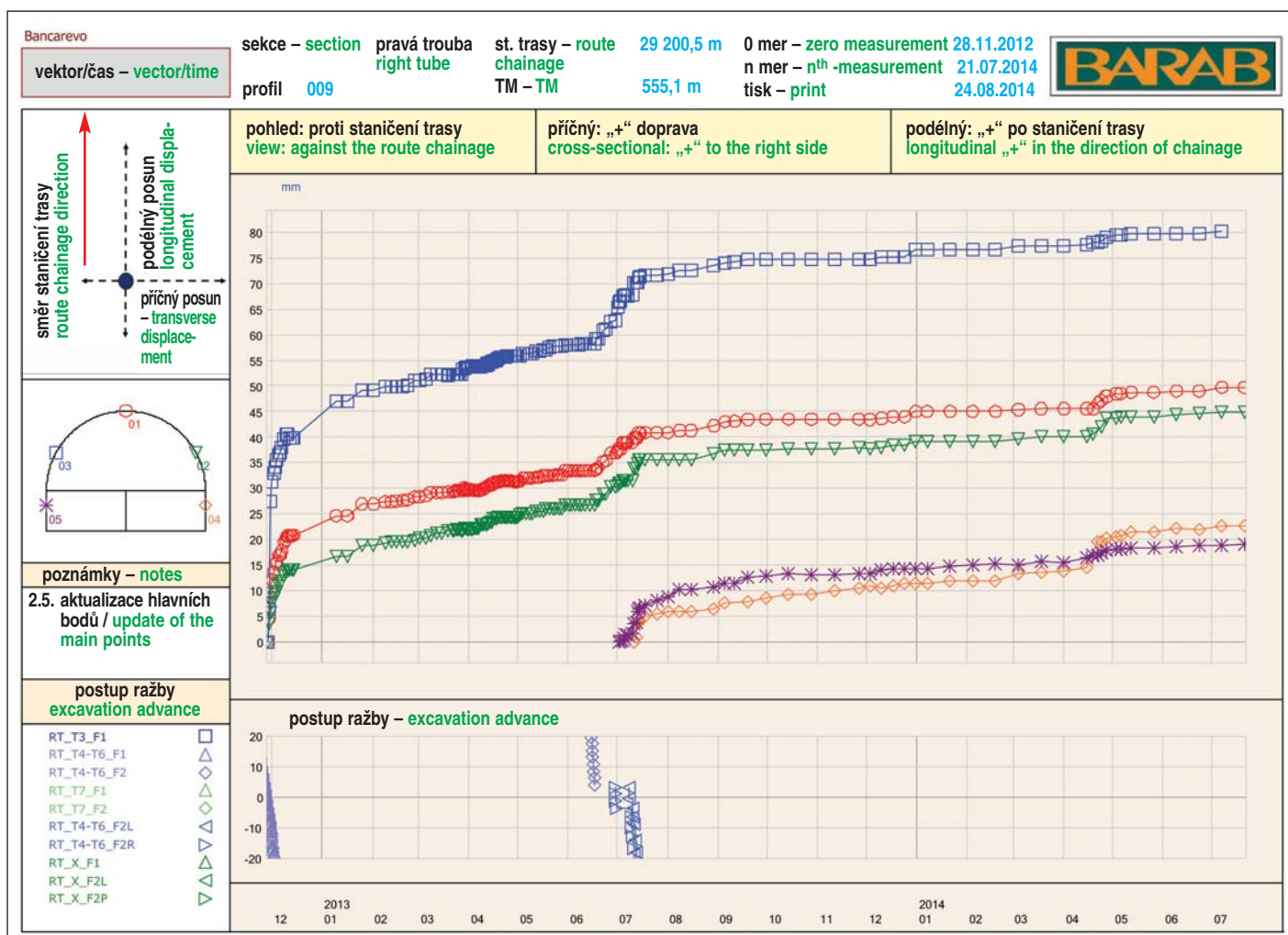
Fig. 8 Comparison of the planned-by-design and actually realised types of the primary lining in the right-hand tunnel tube



5.1 Ražba a primární zajištění výrubu

Primární ostění sestává ze základních prvků typických pro ražby pomocí NRTM. Jedná se o příhradové ramenáty (BTX), stříkaný beton (od 7,5 do 30 cm) vyztužený KARI sítěmi a SN kotvy ($\varnothing$ 20, $\varnothing$ 28). U všech výše zmíněných prvků jsou proměnné jejich hlavní parametry (rozměry, rozteč, geometrie, množství apod.) v závislosti na dané tunelové třídě. Projekt neuvažoval s žádným jištěním předpolí výrubu ani žádným zajištěním čelby. Krátce po zahájení ražeb se ukázalo, že bude nutné vzhledem k nepředpokládaným geologickým podmínkám přijmout dodatečná opatření ke zvýšení stability čelby a kaloty. Převážně byla používána jištění předpolí pomocí SN jehel dlouhých 4–9 m. V místech, kde toto řešení selhávalo, byly instalovány IBO kotvy o průměru 32–51 mm s délkou do 9 m. Dále se v úsecích se zhoršenou kvalitou horninového masivu čelba zajišťovala pomocí sklolaminátových kotev dlouhých 6–9 m v kombinaci se stříkaným betonem.

The excavation advance per round set by the design is variable, ranging from 0.75m to 5m. The actually performed maximum advance per round at the top heading was 1.25m. The excavation support class 3 was the only class which was designed for full-face excavation. Classes 4–6 are designed with the so-called horizontal excavation sequence consisting of top heading and bench. The excavation of the tunnel bottom is supplemented for class 7. The disintegration of rock depends on the quality of rock mass. Both the mechanical disintegration of rock using a heavy tunnel excavator and disintegration by blasting were taken into account. Nevertheless, it was never applied during the construction. The Type 5a, Type 5.1 (newly introduced) and Type 7 were the only types applied.



Graf 1 Typický průběh deformací

Graf 1 Typical development of deformations

Délka záběru ražeb podle projektu je proměnlivá, a to od 0,75 m po 5 m. Skutečný provedený maximální záběr v kalotě tunelu byl 1,25 m. Jediná tunelová třída 3 byla projektována na ražbu v plném profilu. Třídy 4–6 jsou navrženy s horizontálním členěním na kalotu a opěří. U třídy 7 je doplněna ražba dna tunelu. Rozpojování hornin je odvislé od kvality horninového masivu. Počítalo se jak s mechanickým rozpojováním horniny těžkým tunelbagem, tak i za pomoci trhačích prací, ke kterým se však během výstavby ani jednou nepřistoupilo. Jedinými uplatněnými typy byly Typ 5a, Typ 5.1 (nově zavedený) a Typ 7.

5.2 Hydroizolace

Pro tunel Bancarevo není navržena celopláštová izolace, ale varianta „deštník“, kde je zaizolována pouze klenba a boky tunelu. Podzemní voda zachycená membránovou izolací je svedena do bočních drenáží a následně odváděna mimo tunel. Hydroizolační fólie byla původně navržena z materiálu LDPE (low-density polyethylene) tloušťky 1,5 mm. Po dohodě s hlavním projektantem tunelu bude použito PVC tloušťky 2 mm. Materiál PVC stejné tloušťky bude použit také v hloubených tunelech, přičemž bude chráněn vrstvou geotextilie a stříkaného betonu proti porušení při zpětném zasypávání hloubených tunelů.

5.3 Sekundární ostění

Sekundární ostění je konstrukce zajišťující stabilitu a tvarovou stálost tunelu po dobu jeho životnosti a také je na

5.2 Waterproofing

No closed waterproofing system is designed for the Bancarevo tunnel. Instead of it an “umbrella” variant is designed, where only the vault and sidewalls are provided with waterproofing. Groundwater collected on the waterproofing membrane is directed to side drains and subsequently is discharged outside the tunnel. The waterproofing membrane was originally designed to be from LDPE (low-density polyethylene) material 1.5mm thick. It was agreed by the main tunnel designer that a PVC membrane 2mm thick would be used instead of it. PVC material with the same thickness will also be used in cut-and-cover tunnels, where it will be protected by a layer of felt and shotcrete against damage suffered during the course of backfilling of the cut-and-cover tunnels.

5.4 Secondary lining

The secondary lining is a structure ensuring the structural and geometrical stability of the tunnel structure throughout its life; in addition, the majority of tunnel equipment is installed on it. The Bancarevo tunnel final lining is designed as a structure 30cm thick, with radii $R1 = 5.5\text{m}$ and $R2 = 5.8\text{m}$, respectively. With respect to the significantly exceeded convergence limits, probably caused by the improper geometry of the primary tunnel lining, the designer introduced a new design for the final lining, which allows of local reducing the thickness to 20cm. Another consequence of the exceeded convergences is the necessity for substantial reprofiling of the primary lining. The approach of the tunnel designer, who, in his own words, designed the final lining as

něj instalována většina technické vybavenosti tunelu. Definitivní ostění tunelu Bancarevo je projektováno o tloušťce 30 cm a poloměrech $R1 = 5,5$ m, resp. $R2 = 5,8$ m. Vzhledem k značně překročeným konvergenčním limitům, pravděpodobně způsobených nevhodnou geometrií primárního ostění tunelu, představil projektant nový projekt definitivního ostění, který dovoluje lokálně redukovat tloušťku ostění na 20 cm. Dalším důsledkem překročených konvergencí je nutnost značné reprofilace primárního ostění. Zajímavý je rovněž přístup projektanta tunelu, který, podle jeho slov, projektoval definitivní ostění jako konstrukci sloužící pouze k upevnění technologií v tunelu. Stabilitu po celou dobu životnosti stavby tak podle něj zajišťuje primární ostění.

Po obou stranách tunelu jsou navrženy obslužné chodníky, pod kterými jsou vedeny energetické rozvody. Veškeré kapaliny jsou z vozovky odváděny průběžnými podélnými kanály, které jsou umístěny u obrubníků vyvýšených chodníků, v nejnižším místě příčného sklonu komunikace. Kanály jsou prefabrikáty z polymerbetonu zakryté mříží. Každých 25 m jsou kapaliny zachycené kanály svedeny přes kontrolní a čistící šachty do hlavního odvodnění kontaminovaných vod.

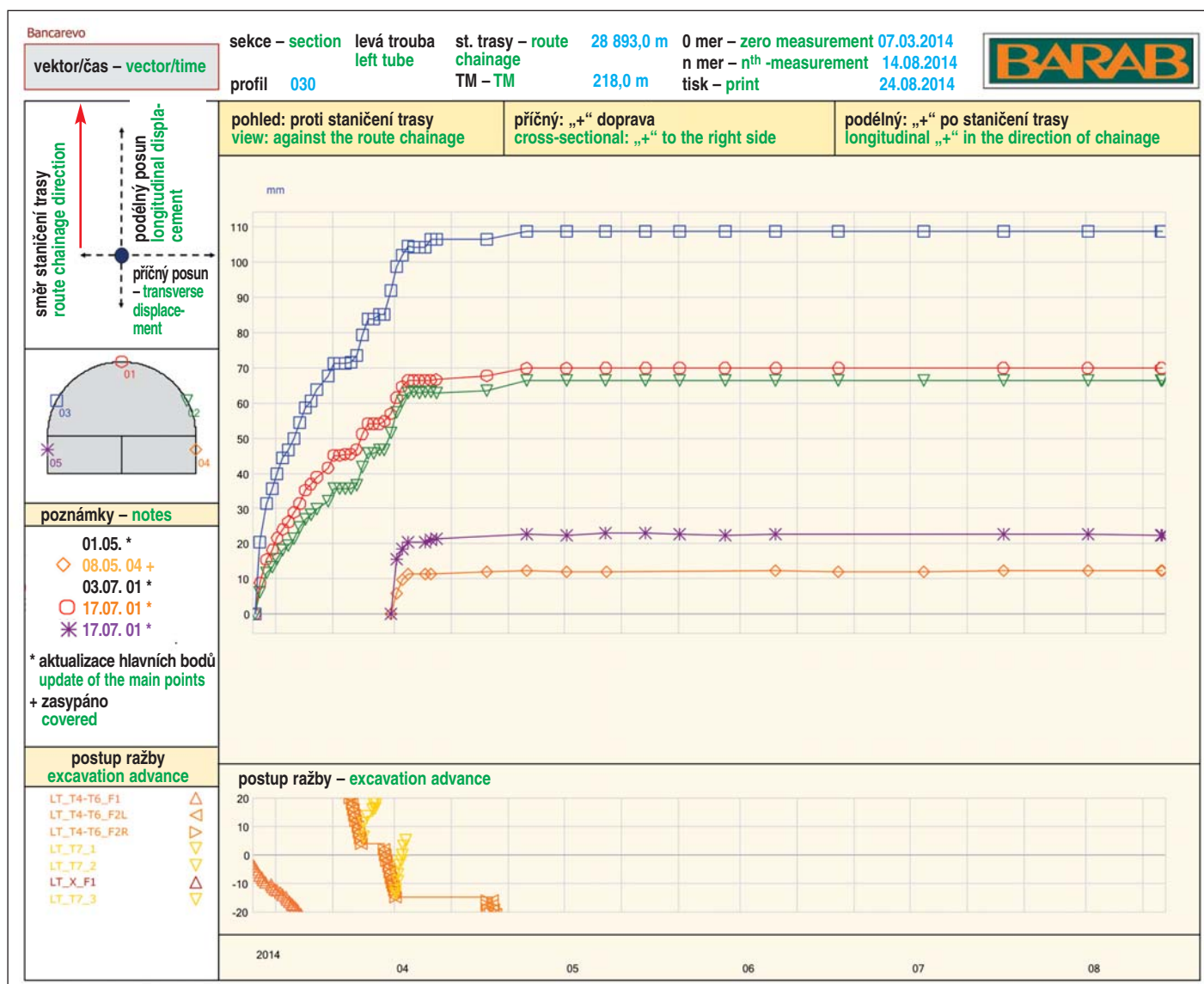
a structure serving only to fixing tunnel equipment to it, is also interesting. In his opinion, the stability is provided by the primary lining throughout the structure life.

Service walkways with power distribution channels under them are designed on either side of the tunnel. All liquids are evacuated through continual longitudinal ducts, which run along the kerbs of elevated walkways, at the lowest point of the transverse slope of the roadway. The ducts are polymer-based concrete pre-cast elements covered with grating. The liquids collected by the ducts are directed through inspection and cleaning manholes to the main drainage for contaminated water.

6 GEOTECHNICAL MONITORING

6.1 Convergence measurements of tunnel tubes

The convergence measurement of the primary lining was determined by the design documentation to be the main tool of geotechnical monitoring (GTM). It serves to the monitoring of geometrical changes in the primary lining on the basis of repeated measurements on stabilised points installed on the lining in vertical profiles perpendicular to the tunnel axis. The development of a change in the spatial position of a monitored point serves to the interpretation of the deve-



Graf 2 Charakteristický vývoj deformací profilů s realizovanou spodní klenbou

Graf 2 Characteristic development of deformations of profiles with the invert installed in them

6 GEOTECHNICKÝ MONITORING

6.1 Konvergenční měření tunelových trub

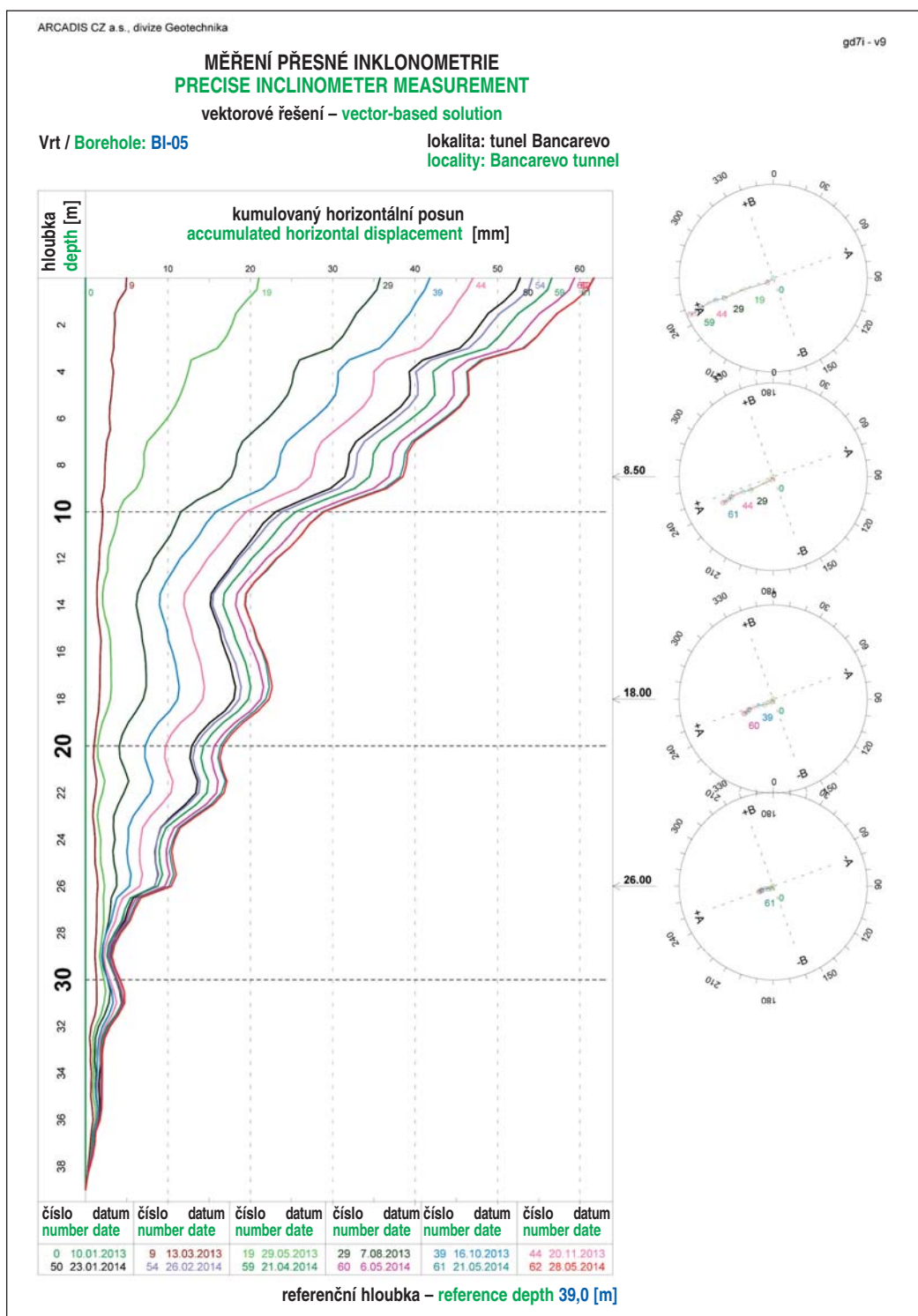
Hlavním nástrojem geotechnického monitoringu (GTM) bylo projektovou dokumentací určeno konvergenční měření primárního ostění, které slouží ke sledování tvarových změn primárního ostění tunelu, na základě opakovaného měření stabilizovaných bodů osazených do ostění ve svislých profilech kolmých na osu tunelu. Vývoj prostorové změny sledovaného bodu slouží k interpretaci vývoje deformace. Naměřené hodnoty by měly být porovnávány s výsledky, které předpokládá statický výpočet zpracovaný projektantem stavby.

Pro ražby tunelu Bancarevo byly navrženy pětibodové konvergenční profile. Tři body byly umístěny v kalotě, dva v úrovni opěří tunelu. V tunelových propojkách pak byly osazeny tříbodové měřičské profile.

Vzdálenost měřičských profilů byla navržena v závislosti na technologických třídách výrubu. Ve skutečnosti byly v důsledku nepříznivých geologických podmínek konvergenční profile osazovány po celé délce obou tunelových trub v rozteči 10–15 m. V místech s velmi nepříznivou geologií po 5 metrech.

Charakteristický průběh deformací je zobrazen v grafu 1. Téměř u všech konvergenčních profilů byly sledovány dlouhodobé trendy uklidnění deformací. Hlavní faktory, které tento nepříznivý stav zapříčinily, lze hledat v nepříznivých IG podmínkách a nevhodné volbě geometrie výrubu spolu s nechtutí Investora/Inženýra tento stav změnit.

V několika úsecích s velmi nepříznivou geologií (tektonické poruchy), kde konvergenční měření kaloty vykazovaly mimořádně rychlé nárůsty deformací (převážně sedání), Inženýr stavby přistoupil k realizaci protiklenby. Charakteristické průběhy deformací profilu s realizovanou protiklenbou jsou znázorněny v grafu 2. Z obou grafů je zřejmé, že realizovaná protiklenba vedla k okamžitému zastavení deformací. Bohužel tato skutečnost nepřiměla Inženýra stavby protiklenbu používat častěji zejména v portálových oblastech.



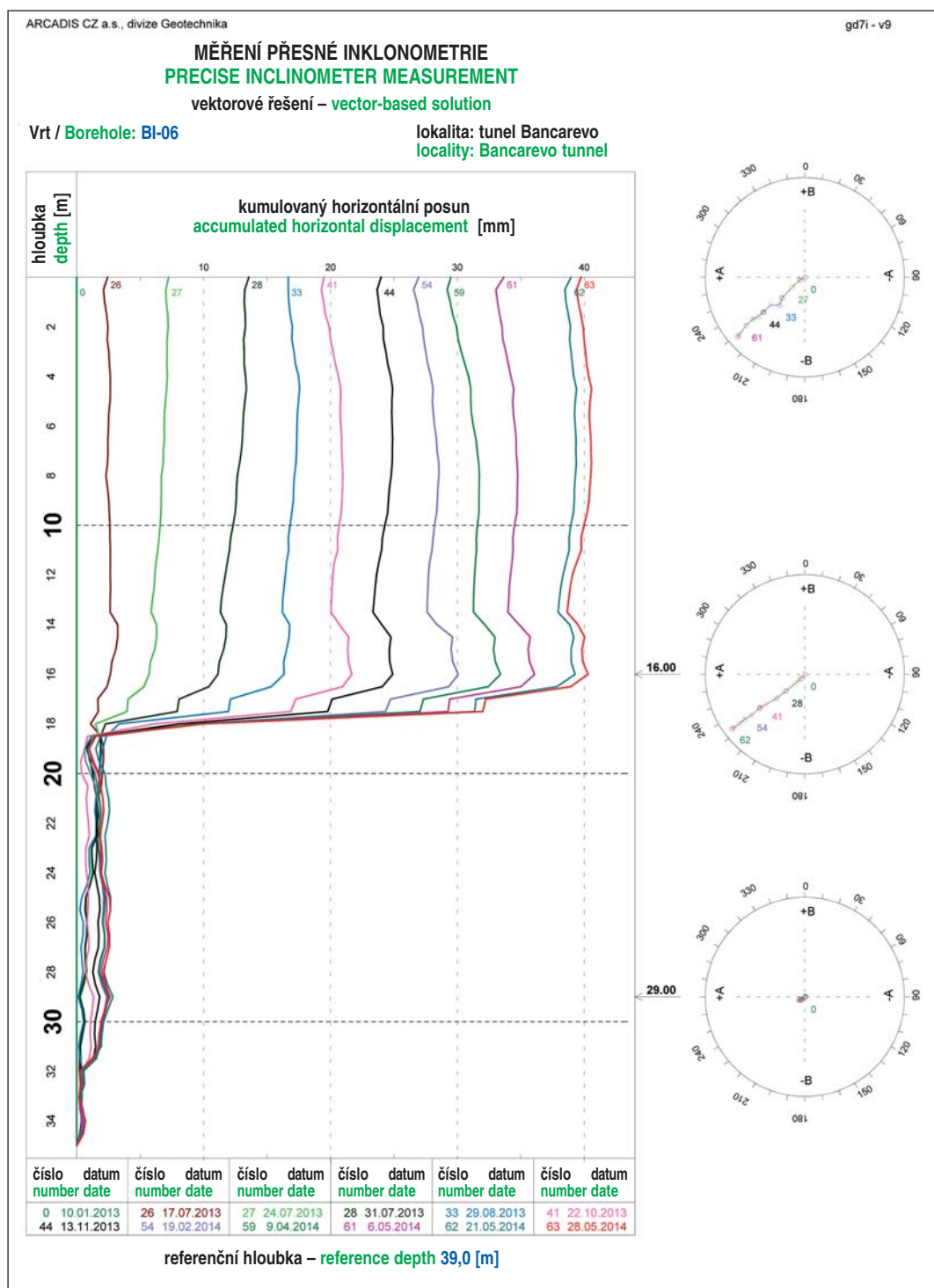
Graf 3 Grafické znázornění měření přesné inklinometrie BI-5

Graf 3 Graphic representation of precise inclinometry BI-5 measurements

lopment of deformation. The measured values should be compared with the results which are assumed by the structural analysis carried out by the construction designer.

Five-point convergence profiles were designed for the Bancarevo tunnel excavation. Three points were installed in the top heading, two at the tunnel bench level. Three-point measurement profiles were installed in cross passages.

The spacing of the measurement profiles was designed depending on the excavation support classes. In reality, they were installed throughout the length of both tunnel tubes at 10–15m spacing, which resulted from the unfavourable geological conditions. In places with highly unfavourable geology the profiles were spaced at 5m.



Graf 4 Grafické znázornění měření přesné inklinometrie BI-6

Graf 4 Graphic representation of precise inclinometry BI-6 measurements

6.2 Monitoring portálových jam

Původní projektová dokumentace neobsahovala požadavek na realizaci geotechnického monitoringu hloubených portálových jam. Z důvodů zásadních rozdílů mezi IG stavbou horninového masivu popisovanou v PD a zastiženou realitou, které vyvolaly realizaci nového projekčního řešení zajištění svahů zejména u východního portálu, vzešel i požadavek na rozšíření GTM.

Na východním portálu bylo celkem naistalováno 87 geodetických bodů seskupených do 12 měřicích profilů. Na západním portálu 25 geodetických bodů tvořilo 8 měřicích profilů. Hlavní deformace portálů byly registrovány v průběhu hloubení a během průchodů jednotlivých výrubů tunelových rour. Po odeznění vlivu těchto prací byly měřeny pozvolné, plou-

The characteristic development of deformations is presented in the Graph 1. Long-term trends toward stabilisation were observed on nearly all profiles. The main factors which caused this development can be sought in the unfavourable EG conditions and the improper selection of the excavated opening geometry, together with Engineer's distaste for changing the state.

The Engineer set about the realisation of the invert in several sections with very unfavourable geology (tectonic failures), where convergence measurements of the top heading displayed exceptionally rapid growths of deformations (mostly settlement). The characteristic profile deformation curves with the invert realised are presented in the Graph 2. It is obvious from the graphs that the realised invert led to immediate stopping of deformations. Unfortunately, this fact did not force the Engineer to use the invert more frequently, in the first place in the portal areas.

6.2 Monitoring of portal pits

The original design documentation did not contain the requirement for the realisation of geotechnical monitoring of portal pits for cut-and-cover tunnels. The requirement for the extension of the GTM came up for the reasons of fundamental differences between the EG structure of the rock mass described in the design and the struc-

ture encountered in reality, which brought about the realisation of the new design solution to the stabilisation of slopes, first of all at the eastern portal.

The total of 87 survey points were installed at the eastern portal. They were grouped into 12 measurement profiles. At the western portal, 25 survey points made up 8 measurement profiles. The main deformations of the portals were registered during the pit excavation and during the passage of individual tunnel tubes. After the influence of these operations faded away, only gradual, slowly developing deformations were measured, which visibly accelerated in the periods rich in rains.

The decision to monitor the eastern portal by means of precise inclinometry was adopted concurrently with the requirement for the realisation of the geodetic survey monitoring of portal pits.

živé deformace, které byly viditelně akcelerovány ve srážkově bohatých obdobích.

Spolu s požadavkem na realizaci geodetického sledování portálových jam bylo přijato rozhodnutí východní portál sledovat pomocí přesné inklinometrie.

Po obvodu stavební jámy východního portálu bylo celkem instalováno 6 ks vertikálních inklinometrů, 2 inklinometry byly zhotoveny v čele portálu, po dvou pak na každém z bočních svahů. Nejvyšší deformační aktivity byly sledovány u inklinometrů (BI-5 a BI-6) instalovaných za levým svahem (po směru staničení), 40 m hluboký inklinometr BI-5 vykazoval pozvolný, avšak dlouhodobě plynulý náklon osy vrtu směrem do stavební jámy s dosaženým maximem k 6/2014 60 mm (graf 3). Na inklinometru BI-6 byl naopak sledován projev deformace po smykové ploše s dosaženým maximem k 06/2014 cca 40 mm (graf 4).

Všechna naměřená data získaná výkonem GTM byla ukládána do informačního databázového systému BARAB, k němuž měli přístup všichni zástupci jednotlivých účastníků výstavby.

7 ZÁVĚR

Dovrchní ražba obou tunelových trub opakovaně zaznamenala velké časové skluzky oproti smluvnímu harmonogramu. Díky různým organizačním opatřením (změna pořadí ražeb, prodloužení protiražby, ražby na více čelbách zároveň) se podařilo zmírnit dopad mnohem nepříznivějších geologických podmínek než predikovaných v původním projektu stavby. Například před definitivním vyhloubením a zajištěním portálových jam již bylo vyraženo 300 m v kalotě a 220 m v opěři. Přesto poslední metr levé tunelové trouby byl vyražen 26. 7. 2014 a kompletní dokončení všech primárních ostění proběhlo 6. 8. 2014.

V současné době (konec srpna 2014) jsou vybetonovány základy v celé pravé a v 80 % levé tunelové trouby, 8 ze 14 bloků hloubené části východního portálu a 6 bloků ražené části pravé tunelové trouby. Souběžně s betonáží ražených částí probíhají v dostatečném předstihu reprofilace zdeformovaného primárního ostění, hydroizolace a armování sekundárního ostění. Zpětné zásypy jsou plánované na jaro 2015 souběžně s prováděním kabelovodů, kanalizace, požárního vodovodu, chodníků a vozovky. Termín dokončení je nyní plánován na podzim roku 2015.

Firma Subterra využívá při výstavbě svých dlouholetých zkušeností s obdobnými tunely v České republice a v jiných tunelářsky vyspělých zemích. Při zastižení neočekávaných problémů poskytuje Investrovi/Inženýrovi vítané náměty k překonání situace a zároveň vykonává práce k plné spokojenosti Investora. Za kvalitu odvedeného díla je firma Subterra Investorem vysoce ceněna a jsou jí nabízeny další zakázky v regionu.

*Ing. JOSEF BAČA, jbaka@subterra.cz,
Ing. MIROSLAV RYPÁČEK, mrypacek@subterra.cz,
Bc. TOMÁŠ NĚMEČEK, tnemecek@subterra.cz,
Subterra a.s.,
Ing. OTA JANDEJSEK, ota.jandejsek@arcadis.cz
ARCADIS CZ a.s.*

Recenzovali: Ing. Vladimír Prajzler, Ing. Pavel Růžička

The total of 6 vertical inclinometers were installed around the circumference of the construction pit; 2 inclinometers were installed at the front end of the portal and 2 pieces were installed on each of the side slopes. The highest deformational activities were observed on inclinometers (BI-5 a BI-6) installed beyond the left-hand slope (viewed in the direction of chainage). The 40m deep inclinometer BI-5 displayed slow but continual in the long-term inclination of the borehole axis in the direction into the construction pit, with the maximum of 60mm registered as of 06/2014 (see Graph 3). On inclinometer BI-6, the manifestation of deformation along a shear plane was observed, with the maximum of ca 40mm registered as of 06/2014 (see Graph. 4).

All measured data obtained by the realisation of the GTM was stored in the information database system BARAB, which was accessible for all representatives of individual parties to the project.

7 CONCLUSION

The uphill excavation of both tunnel tubes repeatedly experienced significant time delays in comparison with the contractual schedule. Owing to various organisational measures (a change in the excavation sequence, extension of the counter-heading, excavation at more headings simultaneously), the impact of much more unfavourable geological conditions than predicted in the original project design was successfully mitigated. For example, the excavation of 300m and 220m of the top heading and bench, respectively, was completed in an advance, before the final excavation of the portal pits and their stabilisation. Despite this fact, the excavation of the last meter of the left-hand tunnel tube was finished on 26/07/2014 and all primary linings were completed on 06/08/2014.

At the moment (the end of August 2014), the casting of concrete foundations is finished in the whole right-hand tunnel tube and 80% of the work is finished in the left-hand tunnel tube; 8 of 14 blocks of the cut-and-cover part of the eastern portal and 6 blocks of the mined part of the right-hand tunnel tube. The reprofiling of the deformed primary lining, the installation of waterproofing and placement of the secondary lining reinforcement proceeds concurrently in a sufficient advance. Backfilling is planned for the spring of 2015, concurrently with the work on cable ducts, sewerage, the fire water main, walkways and the roadway. The completion deadline is currently planned for the autumn of 2015.

During the construction, Subterra a. s. has used its years-long experience with similar tunnels in the Czech Republic and other countries advanced in the field of tunnelling. When unexpected problems are encountered, the company provides the Engineer with welcomed proposals how the situation should be overcome and, at the same time, performs the work to full project owner's satisfaction. Subterra a. s. is highly appreciated by the project owner for the completed work quality and new contracts are being offered to it in the region.

*Ing. JOSEF BAČA, jbaka@subterra.cz,
Ing. MIROSLAV RYPÁČEK, mrypacek@subterra.cz,
Bc. TOMÁŠ NĚMEČEK, tnemecek@subterra.cz,
Subterra a.s.,
Ing. OTA JANDEJSEK, ota.jandejsek@arcadis.cz
ARCADIS CZ a.s.*

LITERATURA / REFERENCES

INSTITUT ZA PUTEVE. Stavební projekt tunelu BANCAREVO. Všeobecná dokumentace. Bělehrad.
INSTITUT ZA PUTEVE. Stavební projekt tunelu BANCAREVO. Geologické podmínky. Bělehrad.

RADLICKÁ RADIÁLA – GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM A PRŮZKUMNÁ ŠTOLA TUNELU RADLICKÝ

RADLICE RADIAL ROAD – GEOTECHNICAL INVESTIGATION AND EXPLORATORY GALLERY FOR RADLICE TUNNEL

VÁCLAV DOHNÁLEK, JAN PANUŠKA, ALEXANDR BUTOVIČ, RADOVAN CHMELAR

ABSTRAKT

Radlická radiála má v systému páteřní uliční sítě hlavního města Prahy nezpochybnitelný význam. V budoucnosti bude propojovat vnější silniční a vnitřní městský okruh v území Jihozápadního města. Tím převezme část dopravního zatížení zejména ulic Radlická, Plzeňská a K Barrandovu. Na západním okraji města bude napojená na pražský okruh a dálnici D5 a v prostoru Zlíchova bude zaústěna na městský okruh s pokračováním na Barrandovský most, ulici Strakonickou, nebo do tunelu Mrázovka. Území, kterým má Radlická radiála od západu na východ projít, vytváří pro trasu specifické terénní i urbanistické podmínky, jež provázely její složitý vývoj a nedovolují její čistě povrchové vedení. Proto je z celkové délky cca 5,50 km řešeného úseku vedeno 2,68 km povrchově a zbytek, tedy prakticky polovina, v hloubených a ražených tunelech. Nejdelším z nich bude ve východní části trasy ražený tunel Radlický s délkou 2,2 km. V trase tohoto díla se však mohou vyskytovat nebezpečné krasové jevy, které způsobily nemalé škody při budování jiného podzemního díla v této lokalitě. Proto je nutné co nejdůkladněji zmapovat tuto zájmovou oblast. Nejen z toho důvodu bylo rozhodnuto, že součástí geotechnického průzkumu bude i průzkumná štola pro východní část trasy tunelu Radlický. Realizace tohoto díla je v současné době (3. čtvrtletí 2014) zahajována a bude vyžadovat profesionální a vysoce odborný přístup všech zúčastněných stran výstavby.

ABSTRACT

The Radlice Radial Road has unquestionable importance in the arterial system of the street network in the City of Prague. In the future it will connect the outer City Ring Road with the inner City Circle Road in the area of the South-Western Satellite Town. It will take over a part of the volume of traffic, mainly that existing on Radlická, Plzeňská and K Barrandovu Streets. On the western outskirts of the city, it will be connected to the Prague City Ring Road and the D5 motorway and, in the area of Zlíchov, it will be connected to the City Circle Road and will further continue to the Barrandov Bridge, Strakonická Street or to the Mrázovka tunnels. The area the Radlice Radial Road is to pass across from the west to the east forms a specific terrain and urban planning conditions for the alignment. These conditions attended the complex development of the area and they do not allow a purely at-grade design. For that reason the length of 2.68km of the total length of the section being designed of the about 5.50km long alignment is designed to run at grade and the remaining part, virtually a half, will run through cut-and-cover and mined tunnels. The longest of them will be the 2.2km long Radlice mined tunnel, which will be located in the eastern part of the alignment. Unfortunately, karst formations may be encountered along the tunnel alignment. They caused significant damage during the work on another underground structure in this location. It is therefore necessary to map this area of activities as thoroughly as possible. It was not only for this reason that the decision was made that even an exploratory gallery would be part of the geotechnical investigation for the eastern portion of the Radlice tunnel. The realisation of this working is currently (the 3rd quarter of 2014) being commenced and will require a professional and highly expert approach.

HISTORIE, KONCEPCE A AKTUÁLNÍ STAV

Radlická radiála je součástí systému nadřazených komunikací (NKS) hlavního města Prahy (obr. 1). Jedná se o dopravní stavbu prioritního významu, nezbytnou součást zvolené dopravní koncepce radiálně-okružního systému, který je dlouhodobě, již asi 30 let, připravován a po etapách realizován. Situování Radlické radiály je v souladu s platným územním plánem hl. m. Prahy (dále ÚP) z roku 1999, se zrušeným konceptem ÚP z roku 2009 i strategickým plánem z roku 2008.

Z dopravního hlediska se jedná o dokončení již provozované části (tzv. Rozvadovské spojky), její napojení na městský okruh (dále MO). Zprovozněním této stavby dojde k významnému poklesu intenzit dopravy na dnes přetěžovaných komunikacích, zejména Plzeňská, Vrchlického, Duškova, Bucharova, Jinonická, Řeporyjská, Karlštejnská, Radlická (v dolních Radlicích), Peroutkova a K Barrandovu. Soustředěním dopravy na nově vybudovanou komunikaci, která je pro tyto účely navržena, dojde v předmětné lokalitě ke zrychlení vybraných dopravních vazeb, snížení emisí výfukových plynů a tím ke zlepšení životních podmínek obyvatel.

V rámci projektové přípravy stavby byl veden spor, zda trasu Radlické radiály vést co možná nejvíce ve stopě stávající ulice Radlická (tzv. varianta městská), nebo mimo obytnou zástavbu (varianta segregovaná). Výsledná varianta, vybraná na základě

HISTORY, CONCEPT AND CURRENT CONDITION

The Radlice Radial Road is part of the system of higher-ranking roads in the City of Prague (see Fig. 1). It is a transportation structure of priority importance, a necessary part of the approved transportation concept of the radial-circular system which has been under preparation for a long time, about 30 years, and has been realised in stages. The Radlice tunnel is situated in line with the valid Master Plan of the City of Prague from 1999, with the cancelled concept of the Master Plan from 2009 and the strategic plan from 2008.

From the transportation aspect, it is the problem of the completion of the already operating part (the so-called Rozvadov Link Road), its connection to the City Circle Road. After this structure is brought into service the intensity of traffic will significantly decrease on the today overloaded roads, in the first place Plzeňská, Vrchlického, Duškova, Bucharova, Jinonická, Řeporyjská, Karlštejnská, Radlická (in the district of Dolní Radlice), Peroutkova and K Barrandovu Streets. By concentrating traffic on the newly built road, which has been designed for these purposes, the selected transportation links will be accelerated, exhaust emissions will be reduced, therefore the living conditions of residents will be improved.

There was a dispute within the framework of the design preparation whether the Radlice Radial Road alignment was to follow the current Radlická Street as much as possible (the so-called "urban variant") or was to lead outside the residential area (the so-called "segregated variant"). The resultant variant which was selected on the basis of a multicriterial

multikriteriálního hodnocení, je varianta segregovaná, která byla doporučena k dalšímu dopracování v rámci dokumentace vlivu stavby na životní prostředí (2009) a dokumentace pro územní rozhodnutí (2013). V současné době probíhají její drobné úpravy na základě podnětů dotčených občanů a občanských sdružení. Předpoklad vydání územního rozhodnutí je asi v polovině roku 2015.

Celková délka navrhované stavby je cca 5,5 km, z toho 2,68 km ve volné trase a zbytek, tedy více než polovina, v tunelech (obr. 2). Z hlediska kategorizace se jedná o čtyřpruhovou směrově rozdělenou místní sběrnou komunikaci s přídatnými pruhy podle potřeby, navrženou tak, že návrhové parametry se postupně snižují od komunikace dálničního typu Rozvadovské spojky ke komunikaci charakteru městského okruhu. Místní uliční síť je napojována prostřednictvím pěti mimoúrovňových křižovatek.

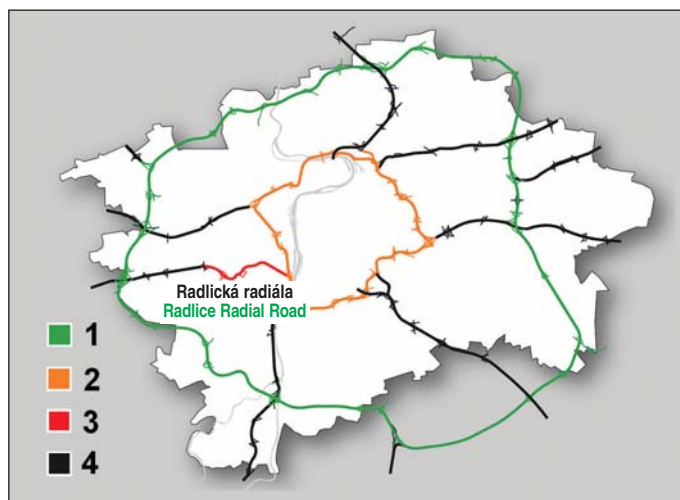
Stavba obsahuje mimo jiné 15 mostních objektů, tři lávky pro pěší, opěrné a zárubní zdi a další související objekty. Kromě samotné hlavní komunikace řeší projekt i poměrně obsáhlé návaznosti na širší území, zejména na městskou infrastrukturu vybavenost. Na celé trase Radlické radiály jsou navrhovány celkem tři tunely. Ražený tunel Radlický o celkové délce cca 2220 m a hloubené tunely Jinonický a Butovický shodné délky 299 m.

Ražený tunel Radlický

Vlastní tunelová trasa je tvořena tunelovými tubusy severní (dále STT) a jižní (dále JTT) a dvěma vjezdovými a dvěma výjezdovými rampami napojujícími se na již zmíněnou část MO. Celková délka tunelových trub ražených je 4089 m, hloubených 616 m.

Z pohledu šířkového uspořádání se jedná o tunely třípruhové a dvoupruhové. Z hlediska konstrukčního se jedná o tunely klenbové i tunely s rovným stropem. Z hlediska požárního o tunely s odvodem kouře pod stropem nad komunikací a z hlediska ochrany proti podzemní vodě o tunely s uzavřenou tlakovou izolací i s úseky tunelů s tzv. izolací deštníkovou.

K tunelu Radlický dále přísluší celkem 2 průjezdné a 5 průchodých propojek (tj. cca po 250 m), technologická centra západ a východ, čerpací stanice a odvodňovací stoka sloužící pro odvod podzemních vod z úseku tunelů s deštníkovou izolací. Výška průjezdného profilu je uvažována 4,5 m. Příčný profil dále zohledňuje umístění a rozměry dopravních značek, toleranci na jejich osazení a údržbu, dále tolerance nutné pro provádění primárního a definitivního ostění, tloušťku požadovaného keramického obkladu ostění tunelů provedeného do výšky cca 3,25 m nad chodníkem.



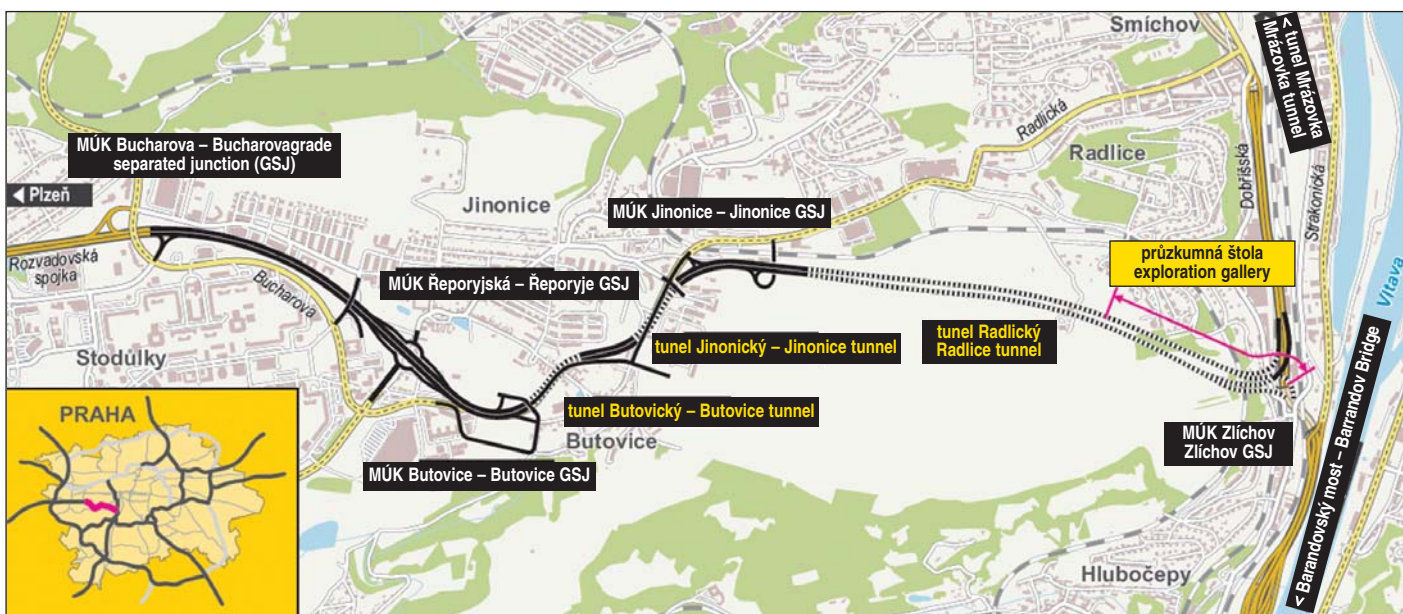
Obr. 1 Schéma systému hlavních komunikací hl. m. Prahy, 1 – pražský okruh, 2 – městský okruh, 3 – Radlická radiála JZM – Smíchov, 4 – radiály a navazující komunikace

Fig. 1 The system of main roads in the City of Prague: 1 – Prague City Ring Road; 2 – City Circle Road; 3 – Radlice Radial Road SWST – Smíchov; 4 – radial roads and roads linking to them

assessment is the segregated variant, which was recommended to further development within the framework of the documentation for the Environmental Impact Assessment (2009) and the documentation for the zoning and planning decision (2013). At the moment, minor modifications of this variant based on requirements of citizens and civic associations affected by the project are being carried out. The zoning and planning decision is assumed to be issued around the half of 2015.

The total length of the structure being designed is about 5.5km; 2.68km of this length runs in the open air and the remaining part, i.e. over a half, in tunnels (see Fig. 2). From the aspect of categorisation, it is a four-lane, dual carriageway local collector road with lanes added as needed; the design parameters are gradually reduced from the motorway type of the Rozvadov Link Road to the City Circle Road character road. The local street network is connected via five flyover junctions.

The project comprises, among other structures, 15 bridges, three pedestrian bridges, retaining and revetment walls and other associated structures. In addition to the main road, the design even solves extensive linking to a wider area, in the first place linking to the urban infrastructural amenities. Three tunnels in total are being proposed along the whole route of the Radlice Radial Road: the about 220m long Radlice mined



Obr. 2 Přehledná situace trasy Radlické radiály s vyznačením tunelových úseků

Fig. 2 Synoptic layout of the Radlice Radial Road with tunnelled sections marked in it

Hloubené tunely Butovický a Jinonický

Konstrukci tunelů tvoří uzavřený monolitický rám ze železobetonu, který respektuje tvar průřezného profilu a nezbytný prostor pro umístění dopravního značení a dalších zařízení. Pro rozměrnější ventilátory požárního větrání jsou ve stropě navržena navýšená. Železobetonová stropní deska je uložena jak na krajních stěnách, tak i na střední stěně. Ze statických důvodů je navržena v proměnné tloušťce s náběhy ke střední stěně. Uzavřená železobetonová konstrukce tunelu bude chráněna proti vodě a zemní vlhkosti hydroizolací.

V současné době se provádí podrobný geotechnický průzkum nejen pro tunel Radlický (včetně ražby průzkumné štolky), ale i pro celou trasu Radlické radiály od Rozvadovské spojky po Zlíchov (včetně hloubených tunelů Jinonický a Butovický). Investorem této zakázky s názvem *Stavba č. 9567 Radlická radiála JZM – Smíchov, Podrobný inženýrskogeologický průzkum* je odbor strategických investic hlavního města Prahy, zastoupený na základě plné moci společností VIS a. s. Zhotovitelem je Subterra a. s. s dvěma hlavními podzhotoviteli. Těmi jsou společnost PUDIS a. s., která zajišťuje kompletní průzkumné práce jak v průzkumné štolce tunelu Radlický, tak i v celé trase Radlické radiály, a společnost SATRA a. s. zpracovávající realizační dokumentaci a dokumentaci skutečného provedení průzkumné štolky.

GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY TUNELU RADLICKÝ

Tunel Radlický je převážně umístěn do náhorní plošiny Dívčích hradů, která je omezena strmými údolím (např. známého Prokopského údolí) a údolím Vltavy.

Předpokládaná geologická stavba okolí tunelu Radlický je z pohledu geologa „klasická“, neboť toto místo je také nalezištěm zkamenělin a působištěm otce české, ale i evropské paleontologie Joachima Barranda (1799–1883). Geologické poměry tunelu Radlický jsou dobře patrné z podélného geologického řezu (obr. 3). Horniny skalního podloží, ve kterých je tunel Radlický navržen, jsou horniny paleozoického stáří. Patří do regionálněgeologického útvaru Barrandien. Jsou to od západu jednak horniny ordovické (bohdalecké, královodvorské a kosovské souvrství), dále

tunel and the cut-and-cover Jinonice and Butovice tunnels with identical lengths of 299m.

Mined Radlice tunnel

The tunnel route itself consists of two tunnel tubes, the northern tunnel tube (the NTT) and the southern tunnel tube (the STT), two entry ramps and two exit ramps, which are connected to the above-mentioned part of the City Circle Road. The total lengths of the mined tunnel tubes and cut-and cover tunnels amount to 4089m and 616m, respectively.

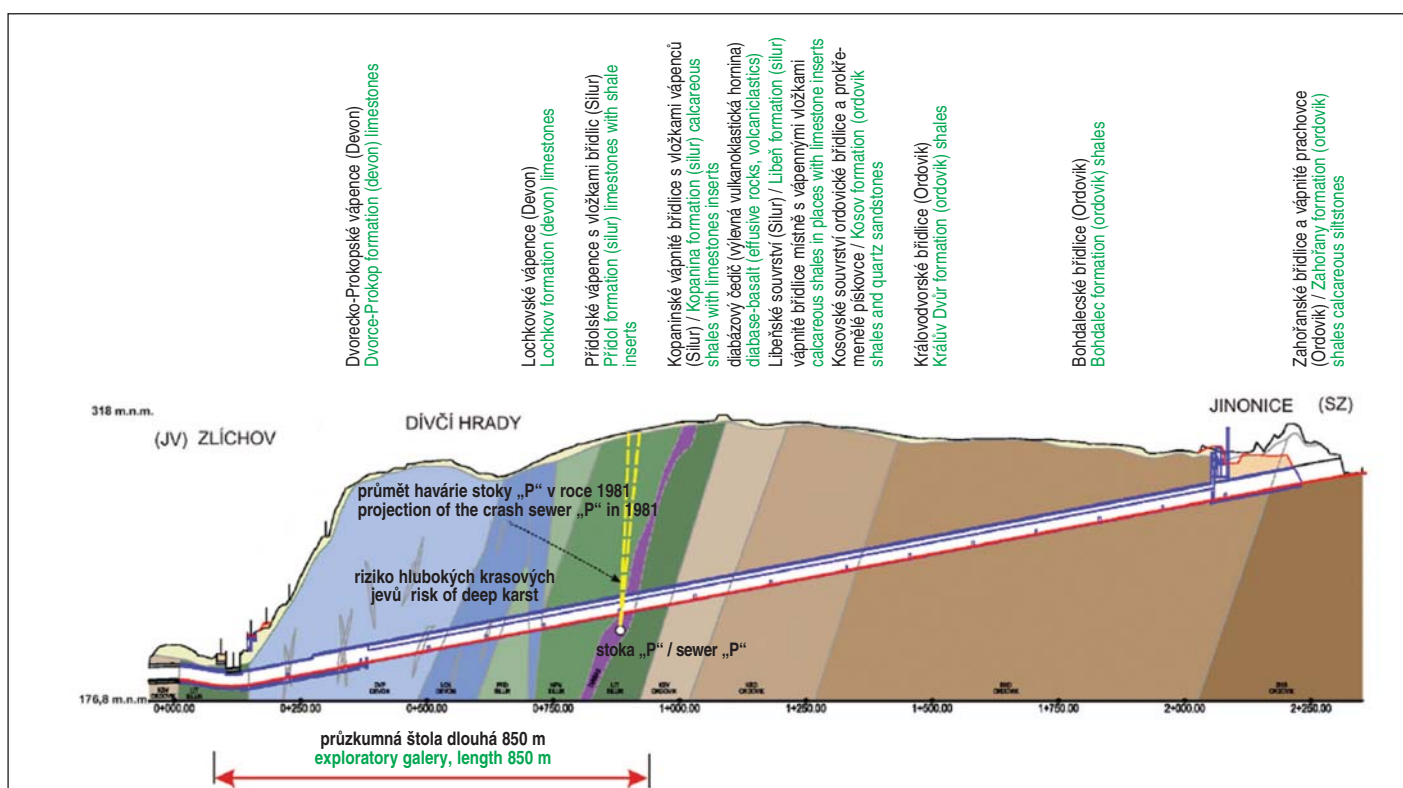
From the aspect of the roadway width geometry, there are triple-lane and double-lane sections there. From the structural point of view, there are both vaulted and flat-roof-deck tunnel structures. From the aspect of fire safety, smoke is evacuated from the tunnel tubes under the tunnel crown, above the intermediate deck; from the aspect of the groundwater protection, there are tunnel sections with a closed pressure-resisting waterproofing system and sections with the so-called “umbrella” waterproofing system.

The other structures making up the Radlice tunnel comprise the total of 2 cross passages passable for vehicles and 5 cross passages for pedestrians (carried out approximately at 250m spacing), service centres West and East, pumping stations and a drainage duct evacuating water from the tunnel section provided with the “umbrella” waterproofing system. The height of the traffic clearance is assumed at 4.5m. The cross-section further takes into consideration the placement and dimensions of traffic signs, tolerances for their placement and maintenance, tolerances required for the execution of the primary and secondary liners, the thickness of the tunnel lining cladding of the tunnels, which is carried out up to the height of ca 3.25m above the walkway.

Butovice and Jinonice cut and cover tunnels

The structure of these tunnels is formed by a closed cast-in-situ reinforced concrete frame, which respects the geometry of the traffic clearance profile and the space necessary for the placement of road signalling and other facilities. Extended-height recesses are designed in the ceiling to house rather big fire ventilation fans. The reinforced concrete roof deck is supported both by side walls and the central wall. A variable thickness of the deck diminishing towards the central wall is designed for structural reasons. The closed reinforced concrete tunnel structure will be protected against water and ground dampness by waterproofing.

The detailed geotechnical investigation is currently being carried out not only for the Radlice tunnels (including the excavation of the exploratory



Obr. 3 Podélný geologický řez tunelem Radlický s průzkumnou štolou

Fig. 3 Longitudinal section through the Radlice tunnel with the exploratory gallery

pak silurské (liteňské, kopaninské a přídolské souvrství) a na východě, nejbližší k Vltavě, horniny devonské (lochkovské a dvořecko-prokopské souvrství).

Na horninách paleozoika v některých místech spočívají subhorizontálně uložené reliktů křídových sedimentů, které modelovaly celou náhorní plošinu. Kvartérní pokryvné útvary, tvořící nejvyšší geologickou vrstvu, tvoří v prostoru plošiny Dívčích hradů především eolické a deluviální sedimenty. V údolí Vltavy pak to jsou ještě fluviální terasové sedimenty Vltavy a navážky.

Hydrogeologické poměry v dané lokalitě jsou závislé jednak na geologické stavbě přírodního prostředí, jeho fyzikálních vlastnostech, na vydatnosti srážek, případně na lokální dotaci podzemí vody z reliktů křídových sedimentů do horninového prostředí tunelu Radlický. Generálně lze podzemní vody v zájmovém území řadit ke dvěma typům. Jednak je to podzemní voda v horninovém prostředí s průlinovou propustností (v kvartérních pokryvných útvarech, reliktů křídových sedimentů nebo v zeminných výplních hlubokých krasových jevů) a jednak podzemní voda v prostředí s puklinovou propustností v horninách paleozoického skalního podloží. Hydrogeologické poměry jsou tedy poměrně komplikované.

V předstihu před realizací průzkumné štoly bylo provedeno v roce 2009 v rámci podrobného hydrogeologického průzkumu v oblasti východní části průzkumné štoly 5 hydrogeologických vrtů, které jsou dlouhodobě monitorovány a nyní budou doplněny o další vrty. Při ražbě průzkumné štoly by se pomocí těchto měření měla potvrdit, či vyvrátit možnost ovlivnění předpokládané přípovrchové zvodně v lokalitě Dívčích hradů ražbou budoucích tunelů.

KRASOVÉ JEVY A HAVÁRIE STOKY „P“ V ROCE 1981

Mimořádná událost (havárie) při ražbě kanalizační stoky „P“ v úseku Hlubočepy – Radlice se stala v roce 1981 a objevila v zájmové oblasti Dívčích hradů do té doby zde nepředpokládané výrazné a velmi hluboké vertikální krasové porušení devonských a silurských hornin (převážně vápenců). Tyto krasové jevy, hluboké až 120 m a mocné až 30 m (ověřeno ve stoce „P“), jsou vyplněné křídovými zvětralinami charakteru zvodnělých zemin (písky a jíly). Nafárání zmíněných hlubokých krasových jevů s výplní zvodněných nesoudržných zemin je reálným rizikem pro ražbu navrženého tunelu Radlický. Stoka „P“ (o průřezu cca 3,5x3 m) je v úseku Dívčích hradů situovaná více než 100 m pod povrchem a kolmo mimoúrovňově protíná trasu budoucího tunelu Radlický, cca 800 m od šachty navržené průzkumné štoly. Dne 2. 7. 1981, po odpalu v noční směně, došlo k proražení štoly do výrazné krasové dutiny vyplněné zvodněným pískem. Dříve než mohlo dojít k jejímu zajištění výztuží, došlo k vyvalení přibližně 800–1000 m³ silně zvodněného materiálu charakteru hlinitých a jílovitých jemnozrnných písků s vločkami písčitých jílů. V zeminách závalu byly zjištěny i proplásky a úlomky uhlí a zuhelnatělých rostlinných zbytků křídového stáří.

Vlivem průvalu zmíněné zeminové výplně krasového útvaru došlo ke vzniku kaverny cca 800–1000 m³. Zával ve štolě stoky „P“ tvořil plochý kužel, dlouhý 140–150 m (obr. 4, 5). Těsně po průvalu byl odhadován podle čerpání podzemní vody přítok do štoly 50–60 l.s⁻¹. Tento přítok klesl za asi 10 dní na 13 l.s⁻¹. Přítok do štoly se nakonec ustálil cca 1 měsíc po úvodním závalu na 8 l.s⁻¹.

Následně realizované průzkumné vrty z povrchu terénu v místě závalu sběrače „P“ v rámci doplňujícího IG průzkumu potvrdily existenci dalších velmi hlubokých krasových depresí v devonských vápencích na Dívčích hraděch. Nafárání zmíněných hlubokých krasových jevů s výplní zvodněných nesoudržných zemin je reálným rizikem pro ražbu navrženého tunelu Radlický.

VOLBA ZPŮSOBU PODROBNÉHO GEOTECHNICKÉHO PRŮZKUMU

S ohledem na výše uvedené skutečnosti a dokumentovaná geologická rizika byl zvolen způsob geotechnického průzkumu v oblasti horninového prostředí tam, kde lze očekávat hluboké

gallery) but also for the entire alignment of the Radlice Radial Road from the Rozvadov Link Road up to Zlíchov (including the Jinonice and Nové Butovice cut-and-cover tunnels). The owner of this project named “Construction package No. 9567 – the Radlice Radial Road from the South-Western Satellite Town to the district of Smíchov; detailed engineering geopological survey” is the Department of Strategic Investment of the City of Prague, which is represented by VIS a. s. on the basis of a power of attorney. The contractor is Subterra a. s. with two main sub-contractors – PUDIS a. s., ensuring complete survey work both in the exploratory gallery of the Radlice tunnel and throughout the Radlice Radial Road alignment, and SATRA a. s., preparing the detailed design and as-built design for the exploratory gallery.

GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE RADLICE TUNNEL

The Radlice tunnel is mostly located under the Dívčí Hrad plateau, which is bounded by steep valleys (for example the well known Prokopské Valley) and the Vltava River valley.

The assumed geological structure of the Radlice tunnel surroundings is, from geologist's point of view, “classical” because this location is also a fossil site and the place of activities of Joachim Barrande (1779–1883), the father of the Czech as well as European palaeontology. The geological conditions of the Radlice tunnel are well obvious from the longitudinal geological section (see Fig. 3). The rocks of bedrock which the Radlice tunnel is designed to pass through are of the Palaeozoic age. They are parts of the Barrandian regionally geological formation. Viewed from the west, there are Ordovician rock types (the Bohdalec, Králův Dvůr and Kosov members) followed by Silurian rock types (the Liteň, Kopanina and Přídolí measures) and, in the east, closest to the Vltava River, Devonian rock types (the Lochkov and Dvorce-Prokop Measures).

Sub-horizontal relics of Cretaceous sediments, which modelled the entire plateau, locally lay on the Palaeozoic rocks. The Quaternary superficial deposits forming the uppermost geological layer in the area of the Dívčí Hrad plateau, are formed by aeolian and deluvial sediments. In the Vltava River valley they are in addition made up of the Vltava terrace sediments and made-ground.

Hydrogeological conditions in the particular location depend on the geological structure of the natural environment, its physical properties, the amount of precipitation or on the local supply of groundwater from the relics of the Cretaceous sediments into the rock environment of the Radlice



Obr. 4 Zával ve štolě stoky „P“ v roce 1981

Fig. 4 Collapse of the sewer “P” gallery in 1981



Obr. 5 Detail závalu ve štolě stoky „P“ (1981)

Fig. 5 Detail of the sewer “P” gallery collapse (1981)

krasové porušení horninového masivu (devonské a silurské horniny s polohami vápenců) – tedy od východního portálu až po mimoúrovňové křížení se stokou „P“, formou průzkumné štolky. Jiný způsob geotechnického průzkumu (např. pomocí vrtů z povrchu) nemůže dostatečně a hodnověrně poskytnout podklady pro následný návrh raženého tunelu Radlický. Omezující skutečností pro realizaci vrtných průzkumných prací z povrchu je i rozsah přírodní památky Ctirad. Navíc terén je zde velmi svažité a vrtné práce by musely dosahovat hloubky až 100 m. Výsledkem by byly pouze bodové informace, které by s velkou pravděpodobností neodhalily kritická místa s krasovým porušením, tak jak se to stalo při ražbě stoky „P“ (obr. 6). Pozitivním přínosem realizace průzkumné štolky je i možnost sanovat problematická místa v horninovém masivu již s předstihem před ražbou tunelů – například pomocí injektáží. Co je též velmi důležité –

tunnels. In general, groundwater in the area of activities can be assigned to two types. It is groundwater in the rock environment with interstitial permeability (in the Quaternary cover, relics of Cretaceous sediments, or in the earth filling the karst formations) or groundwater in the environment with fissure permeability in the Palaeozoic rocks forming the bedrock. The hydrological conditions are therefore relatively complicated.

Five hydrogeological boreholes were carried out in 2009, in advance of the realisation of the exploratory gallery, within the framework of the detailed hydrogeological survey in the area of the eastern part of the exploratory gallery. They have been monitored in the long term and now they will be supplemented by additional boreholes. The possibility of influencing the assumed aquifer located shallow under the surface of the Dívčí Hradý location by the excavation of the future tunnels should be verified during the excavation of the exploratory gallery.

KARST FORMATIONS AND A COLLAPSE OF SEWER “P” TUNNEL IN 1981

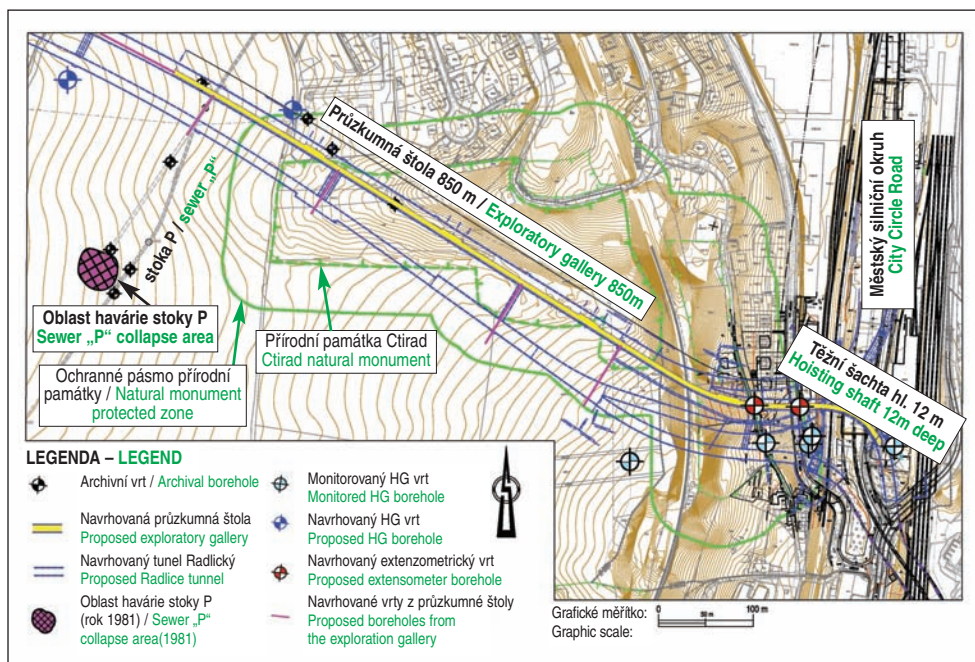
An extraordinary event (excavation collapse) happened during the excavation of the tunnel for Sewer “P” in its Hlubočepy – Radlice section in 1981. It revealed a significant and very deep vertical karstic failure of the Devonian and Silurian rock (mostly limestone), which had not been assumed in the area of Dívčí Hradý till that time. These up to 120m deep and up to 30m thick karst formations (verified in sewer “P”) are filled with Cretaceous products of weathering of the character of saturated earth (sands and clays). Hitting the above-mentioned deep karst formations filled with saturated incohesive earth is a realistic risk for the excavation of the proposed Radlice tunnels. Sewer “P” (with the cross-section of 3.5x3m) is in the Dívčí Hradý section located over 100m under the surface; it perpendicularly intersects the alignment of the future Radlice tunnels in a grade-separated way, about 800m from the shaft on the proposed exploratory gallery. On 02/07/1981, after blasting during the night shift, the gallery broke through to a pronounced karst cavity filled with saturated sand. Approximately 800–1000m³ of heavily saturated material with the character of loamy and clayey fine-grained sands with sandy clay intercalations broke into the excavation before it could be secured with the support. Intercalations and fragments of coal and carbonised plant remains of the Cretaceous age were even identified in the collapsed material.

A cavern of about 800–1000m³ developed as the result of the breakout of the above-mentioned earth which filled the karst formation. The collapsed material formed a 140–150m long flat cone in Sewer “P” (see Figures 4 and 5). The rate of the groundwater flow into the gallery immediately after the collapse was estimated to be 50–60L.s⁻¹. Approximately after 10 days this rate dropped to 13L.s⁻¹. After approximately 1 month, the rate of the inflow eventually stabilised at 8L.s⁻¹.

The survey boreholes realised subsequently from the terrain surface in the location of the collector sewer “P” within the framework of a supplementary EG survey confirmed the existence of other deep karst depressions in the Devonian limestones on Dívčí Hradý. The hitting of the above-mentioned deep karst formations filled with saturated inconsistent earth is a realistic risk for the excavation of the proposed Radlice tunnels.

SELECTION OF THE DETAILED GEOTECHNICAL SURVEY SYSTEM

Taking into consideration the above-mentioned facts and the documented geological risks, the system of the geotechnical investigation for the area of the rock environment where deep karst failures of the rock mass (Devonian and Silurian rocks with limestone interbeds) are expectable, i.e. from the eastern portal up to the grade-separated crossing with the sewer “P”, by means of an exploratory gallery was chosen. Another method of geotechnical investigation (e.g. by means of boreholes drilled



Obr. 6 Situace průzkumné štolky tunelu Radlický

Fig. 6 Layout plan of the exploratory gallery for the Radlice tunnel

z výsledků monitoringu hladiny podzemní vody v okolí ražby průzkumné štolý lze poskytnout seriózní podklady k rozhodnutí o rozsahu jednotlivých navrhovaných systémů izolace ostění tunelů.

V navazující západní oblasti horninového prostředí tunelu Radlický, kde převládají ordovické horniny (tj. bez rizika krasového porušení), byl prozatím zvolen geotechnický průzkum realizovaný pouze z povrchu terénu. Aktuální výsledky těchto průzkumných prací však zastihly i mimo rizikovou oblast možného krasového porušení (řešenou průzkumnými pracemi z průzkumné štolý) i výrazné tektonické narušení horninového masivu v oblasti ordovických hornin (mimo dosah 850 m dlouhé průzkumné štolý).

V celém průběhu investorské a projektové přípravy stavby se nezbytnost průzkumné štolý potvrdila. Je požadována ve vyjádření Obvodního báňského úřadu v Kladně a podpořena odborným stanoviskem České geologické služby.

LOKALIZACE PRŮZKUMNÉ ŠTOLY

Návrhu technického řešení průzkumné štolý byla věnována značná pozornost. V roce 2006 byla zpracována studie realizovatelnosti, která specifikovala 4 technicky přijatelné způsoby realizace.

Jednalo se o realizaci:

- s těžní šachtou hloubky 91 m umístěnou cca ve staničení STT km 4,450 (lokalita Dívčí hrady),
- s těžní šachtou hloubky 21 m umístěnou cca ve staničení JTT km 5,340 (u ulice Nový Zlíčov),
- z portálu rampy „I“ v blízkosti ulice Nový Zlíčov (bez šachty),
- s těžní šachtou hloubky 13,5 m umístěnou cca ve staničení STT km 5,460 (u ulice Ke Sklárně).

Na základě multikriteriálního hodnocení byla pro realizaci vybrána 4. varianta, a to i za stavu, kdy procházela pod již provozovanou částí městského okruhu, kde požadavky na získání informací o inženýrskogeologických podmínkách jsou minimální. Mezi hodnotící kritéria patřila efektivnost realizace, celkové náklady, vliv na okolní prostředí, dopravní napojení a dostupnost nezbytných pozemků. Pro vybranou variantu byla zpracována dokumentace pro zadání stavby.

GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM PRO TUNEL RADLICKÝ

Dosud poslední ucelenou etapu průzkumných prací pro zájmovou stavbu představuje archivní rešerše pro DUR Inženýrskogeologický průzkum stavby Radlická radiála JZM – Smíchov k 5/2007 (PUDIS, 2007), z jejichž výsledků byla v závěru opět jednoznačně doporučená realizace horizontální průzkumné štolý s umístěním v jednom z navrhovaných tunelů. Následně byly v roce 2009 provedeny podrobné hydrogeologické průzkumy pro průzkumnou štolu a další nové poznatky shrnuty v předběžném geotechnickém průzkumu pro průzkumnou štolu Radlice (PUDIS, 2009). V rámci navrženého podrobného geotechnického průzkumu, realizovaného pomocí průzkumné štolý v části tunelu Radlický, bude realizován komplexní soubor průzkumných prací a měření. Základní typy průzkumných prací zahrnují zejména detailní průběžnou geotechnickou a geologickou dokumentaci vlastní průzkumné štolý, dále dokumentaci geologických vrtů, realizovaných jak z povrchu, tak z podzemí, soubory presimetrických zkoušek a zatěžovacích zkoušek deskou, hydrogeologické sledování, doprovodné laboratorní zkoušky mechaniky skalních hornin a zemin i zkoušky technologických vlastností (u hornin abrazivnost, rozpojitelnost, vrtatelnost), korozní průzkum a dále zejména různá geofyzikální měření jak z průzkumné štolý, tak i z povrchu terénu.

Realizace podrobného geotechnického průzkumu pro tunel Radlický, uskutečňovaného převážně z průzkumné štolý, je prováděna ve třech základních časových etapách: průzkumné práce a měření před ražbou průzkumné štolý, v průběhu ražby a po vyražení průzkumné štolý.

from the surface) cannot provide sufficient and credible basis for the subsequent design for the Radlice mined tunnels. Another fact limiting the realisation of drilling survey operations from the surface lies in the extent of the Citrad natural monument. In addition, the terrain slope in this location is quite steep and the drilling operations would have to reach the depths up to 100m. The survey results would provide information only in points, which, with great probability, would not reveal critical places with karst failures, similarly to the survey for the excavation of the tunnel for sewer “P” (see Fig. 6). The possibility of stabilising problematic places in the rock mass in advance of the tunnel excavation – for example by grouting – is a positive contribution of the realisation of the exploratory gallery. What is also very important is the fact that it is possible to provide serious source documents for deciding on the extent of individual proposed systems of the waterproofing of the tunnel lining from the results of the monitoring of the groundwater table in the exploratory gallery excavation surroundings.

Geotechnical investigation realised from the terrain surface system was selected for the time being for the linking western area of the Radlice tunnel rock environment, where the Ordovician rock types (without the risk of karst failures) prevail. However, the current results of these survey activities revealed a significant tectonic disturbance of the rock mass in the area of the Ordovician rock (beyond the reach of the 850m long exploratory gallery), outside the area with the risk of potential karst failures (which is solved by exploration from the exploratory gallery).

The necessity for the exploratory gallery was confirmed during the whole course of the project investment and design preparation. The gallery is required in the opinion of the Regional Mining Authority in Kladno and is supported by an expert opinion of the Czech Geological Survey.

DETERMINATION OF THE EXPLORATORY GALLERY LOCATION

Considerable attention was devoted to the proposal for the technical solution to the gallery. The feasibility study was carried out in 2006. It specified 4 technically acceptable ways of the realisation. They comprised the following excavation systems:

- a system with a 91m deep hoisting shaft located approximately at the NTT chainage km 4.450 (the Dívčí Hrad locality),
- a system with a 21m deep hoisting shaft located approximately at the STT chainage km 5.340 (near Nový Zlíčov Street),
- excavation from the portal of ramp “I” near Nový Zlíčov Street (without any hoisting shaft),
- a system with a 13.5m deep hoisting shaft located approximately at the NTT chainage km 5.460 (near Ke Sklárně Street).

The variant No. 4 was selected on the basis of a multicriterial assessment, even despite the fact that it passed under the already operating part of the City Circle Road where the requirements of obtaining information about engineering geological conditions are minimum. Among the assessment criteria there were the effectiveness of the realisation, the total cost, the influence on surrounding environment, the linking traffic and accessibility of necessary plots of land. The tender documentation was prepared for the selected variant.

GEOTECHNICAL INVESTIGATION FOR THE RADLICE TUNNEL

The till now last comprehensive stage of the investigation work is represented by the archival research for the Construction Location Decision titled “The Engineering geological survey for the South-Western Satellite Town (SWST) – Smíchov Radlice Radial Road as of 5/2007” (PUDIS, 2007). The realisation of a horizontal exploration gallery following the alignment of one of the proposed tunnel tubes was again recommended on the basis of the survey results. Detailed hydrogeological surveys for the exploratory gallery were carried out subsequently in 2009 and the additional new findings were summarised in a preliminary geotechnical investigation for the Radlice exploratory gallery (PUDIS, 2009). A comprehensive set of exploratory operations and measurements will be realised within the framework of the proposed detailed geotechnical investigation to be carried out by means of the exploratory gallery in a part of the Radlice tunnel. The basic types of exploration work comprise, in the first place, the detailed continual geotechnical and geological documentation of the exploration

Průzkumné práce a měření před ražbou průzkumné štoly

Před zahájením razičských prací bylo prováděno dlouhodobé hydrogeologické sledování hladiny podzemní vody na již vybudované síti monitorovaných hydrogeologických vrtů. Hladina podzemní vody v těchto vrtech je sledována již od roku 2009. Tato síť monitorovaných vrtů se nyní rozšiřuje o vrt u konce průzkumné štoly a v dostatečném předstihu před ražbou budou i tyto vrt monitorovány. Souběžně proběhla i aktualizace pasportů studní a přirozených pramenů.

V dostatečném předstihu před postupem ražby průzkumné štoly se provádí soubor geofyzikálních měření z povrchu podél celé průzkumné štoly. Tato měření zahrnují komplex geofyzikálních měření za použití seismických, geoelektrických, gravimetrických a georadarových metod. Cílem zmíněných měření je v předstihu lokalizovat průběhy poruchových zón a především indikaci primárních krasových jevů (závrťů, korozních diskontinuit, kaveren s různou zeminovou výplní).

Průzkumné práce a měření v průběhu ražby průzkumné štoly

Základní činností podrobného geotechnického průzkumu realizovaného ve štole je geotechnické a geologické sledování nezajištěného čela výrubu štoly a dna i stěn těžní šachty. Tato činnost je prováděna každý záběr při nepřetržitém provozu a musí být velmi podrobná s ohledem na její využití k následné interpretaci (prognóze) složitých geologických poměrů do obou tubusů tunelu Radlický, ale i jako vstupní parametry pro zařazení horninového masivu do geotechnických klasifikací horninového masivu QTS, RMR či GSI. Na základě vyhodnocení diskontinuit v horninovém masivu je průběžně prováděna strukturní kinematická analýza nezajištěného horninového masivu s ohledem na možné vyjždění a vypadávání horninových bloků z nezajištěné části čela výrubu štoly a následně predikce pro samotné tubusy.

V návaznosti na průběžné geotechnické a geologické sledování budou operativně vyhodnocovány bezpečnostní jádrové předvrtvy o délce 20 m v místech s předpokládaným zvýšeným geologickým rizikem pro ražbu štoly.

S určitým odstupem za ražbou se budou, obdobně jako na průzkumných štolách Mrázovka, Blanka či na stavbě SO 514 (tunel Lochkov), realizovat z průzkumné štoly radiální presiometrické vřejře, v rámci kterých se ve vrtech provedou soubory presiometrických měření za účelem zjištění přetvárných vlastností horninového masivu. Tyto vrtvy budou též využity pro geofyzikální měření.

V průběhu ražby průzkumné štoly bude s větší intenzitou prováděno měření hladiny podzemní vody v monitorovaných vrtech a samozřejmě bude i zaznamenáván jak iniciální přítok podzemní vody na čele výrubu, tak i celkový přítok z průzkumné štoly měřený indukčním průtokoměrem. V součinnosti s ražbou bude provedeno i korozní geoelektrické měření bludných proudů.

Průzkumné práce a měření po vyrazení průzkumné štoly

Po vyrazení průzkumné štoly v celé své délce budou realizovány průzkumné vrtvy (vrtné profily) do oblasti jižního tubusu. Jejich umístění bude zvoleno na základě vyhodnocení a interpretace geologických poměrů zastížených průzkumnou štolou. Tyto průzkumné vrtvy budou geologicky popsány, geotechnicky odzkoušeny a bude v nich proveden soubor geofyzikálních měření. Z konce průzkumné štoly bude vyvrtán, obdobně jako na průzkumné štole Blanka, 70 m dlouhý subhorizontální vrt ve směru ražby budoucího tunelu. Po vyrazení průzkumné štoly budou v místech zpracovávaných statických výpočtů pro tunel Radlický realizovány v průzkumné štole rozpěrné zatěžovací zkoušky deskou a případně provedena další geofyzikální měření. Bude také nadále pokračovat jak měření hladin podzemní vody na síti monitorovaných vrtů, tak i měření celkového přítoku ze štoly.

PRŮZKUMNÁ ŠTOLA

Průzkumná štola v předpokládané délce 850 m s převažujícím příčným profilem 13,46 m² je vedena v profilu rampy G budoucího

gallery itself, the documentation of the geological boreholes carried out both from the terrain surface and from the underground, sets of pressure-meter tests and plate load tests, hydrogeological monitoring, accompanying laboratory tests of rock and soil mechanics, tests on technological properties (abrasiveness, breaking characteristic of rock), corrosion investigation and, first of all, various geophysical measurements both from the exploratory gallery and from the terrain surface.

The detailed geotechnical investigation for the Radlice tunnel, which is realised mostly from the exploratory gallery, is carried out in the following three basic time stages: exploration work and measurements prior to the excavation of the exploratory gallery, during the course of the excavation and after the completion of the exploratory gallery excavation.

Exploration work and measurements prior to the exploratory gallery excavation

A long-term hydrogeological observation of groundwater table was conducted on the already completed network of the monitored hydrogeological boreholes prior to the commencement of the excavation. The groundwater table has been monitored on these boreholes since 2009. This network of monitored boreholes is currently being expanded by the addition of boreholes located at the end of the exploration gallery; these boreholes will be also monitored in a sufficient advance of the excavation. The condition survey of wells and natural springs was checked concurrently and records will be updated.

A package of geophysical measurements from the surface is being carried out in a sufficient advance before the progress of the exploratory gallery excavation along the whole exploratory gallery. These measurements comprise a complex of geophysical measurements with the use of seismic, geoelectric, gravimetric and georadar methods. The objective of the above-mentioned measurements is to locate the courses of failure zones and, above all, to indicate primary karst formations (sinkholes, corrosion discontinuities, caverns with various earth filling) in an advance.

Survey work and measurements during the course of the exploratory gallery excavation

The geotechnical and geological observation of the unsupported excavation face of the gallery and the bottom and walls of the hoisting shaft is the fundamental activity of the detailed geotechnical investigation realised in the gallery. This activity is carried out in each excavation round during the uninterrupted operation and it has to be very detailed with respect to its use not only for subsequent interpretation (prognosis) of the complex geological conditions in both tubes of the Radlice tunnel, but also as input parameters for the categorisation of the rock mass into the QTS, RMR or GSI geotechnical classes. A structural kinematic analysis of the unsupported rock mass is carried out on the basis of the assessment of discontinuities in the rock mass, with respect to the potential slipping and falling of rock blocks from the unsupported part of the excavation face of the gallery and subsequent prediction for the tunnels themselves.

As a follow-up to the continual geotechnical and geological observation, 20m long safety cored boreholes carried out into the gallery excavation front zone in locations with an increased geological risk for the gallery excavation will be operatively assessed.

Radial pressuremeter fans will be realised from the exploratory gallery at a certain distance behind the excavation face, similarly to those carried out in exploratory galleries for the Mrázovka and Blanka tunnels or in construction lot SO 514 (the Lochkov tunnel). Sets of pressuremeter measurements will be carried out in the boreholes with the aim of determining the deformational properties of the rock mass. These boreholes will in addition be used for geophysical measurements.

Measurements of the groundwater table level in the monitoring boreholes will be conducted with greater intensity during the course of the exploratory gallery excavation. Of course, both the initial groundwater inflow at the excavation heading and the total inflow from the exploratory gallery measured using an induction flowmeter will be recorded. Corrosion geo-electric measurement of stray currents will be carried out in cooperation with the excavation team.

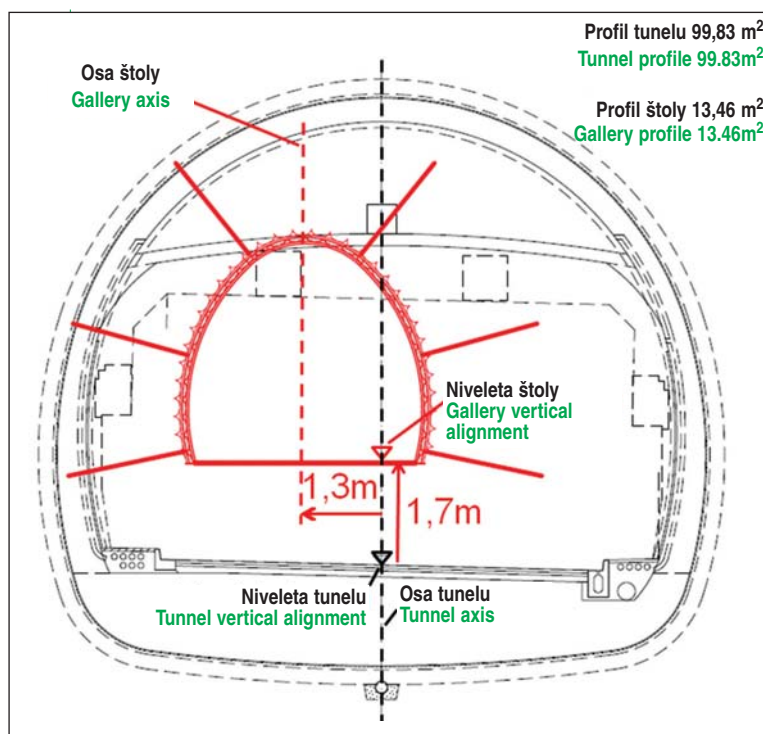
tunelu Radlický do oblasti za její křižení s kmenovým sběračem „P“, který štolu výškově nadchází. Profil štolu je umístěn excentricky uvnitř kaloty budoucího profilu tunelu (obr. 7). Během následných ražeb tunelu Radlický bude celé ostění průzkumné štolu likvidováno.

Ražba štolu je prováděna z těžní šachty o hloubce 13,5 m nepravidelného šestiúhelníkového tvaru s profilem 56 m², umístěné 15 m jižně od výjezdového portálu provozovaného tunelového podjezdu Zlíchov – Radlická. Maximální podélný sklon průzkumné štolu je 6,06 %. Z tohoto důvodu je pro realizaci navržena doprava kolová, nikoli kolejová.

Ražba se bude provádět observační metodou – technologií NRTM se strojním rozpojováním směrem od šachty na délku cca 53 tunelmetrů při podchodu již provedené masivní ochranné desky komunikace městského okruhu a místní komunikace Ke Sklárně. Od 53 tunelmetru do konce štolu se předpokládá použití trhacích prací. V případě, že strojní způsob rozpojování nebude do 53 tunelmetru realizovatelný, je v projektu trhacích prací navržen způsob „opatrné trhací práce“, a to ve spodní polovině profilu štolu. Technologická třída NRTM je definována jako vztah kvality horniny vyjádřené počtem klasifikačních bodů QTS, velikosti výrubu a reakcí horniny na otevření výrubu. Z vyhodnocení parametrů plyne odpovídající technologické a bezpečnostní opatření. Součástí průzkumné štolu jsou 4 výhybny (obr. 8), každá délky 25 m o příčném profilu 23,35 m². Podle projektové dokumentace se předpokládá tento rozsah technologických tříd (zkr. TT):

– TT 2M	50,69 m
– TT 2	176,84 m
– TT 3	273,85 m
– TT 4	145,00 m
– TT 5a	54,75 m
– TT 5b	48,87 m
– TT 3 výhybna	100,00 m

Během realizace průzkumné štolu bude zajišťován pro investora geotechnický průzkum a geotechnický monitoring jako prvotní



Obr. 7 Umístění štolu v příčném profilu budoucího tunelu

Fig. 7 Location of the gallery within the future tunnel cross-section

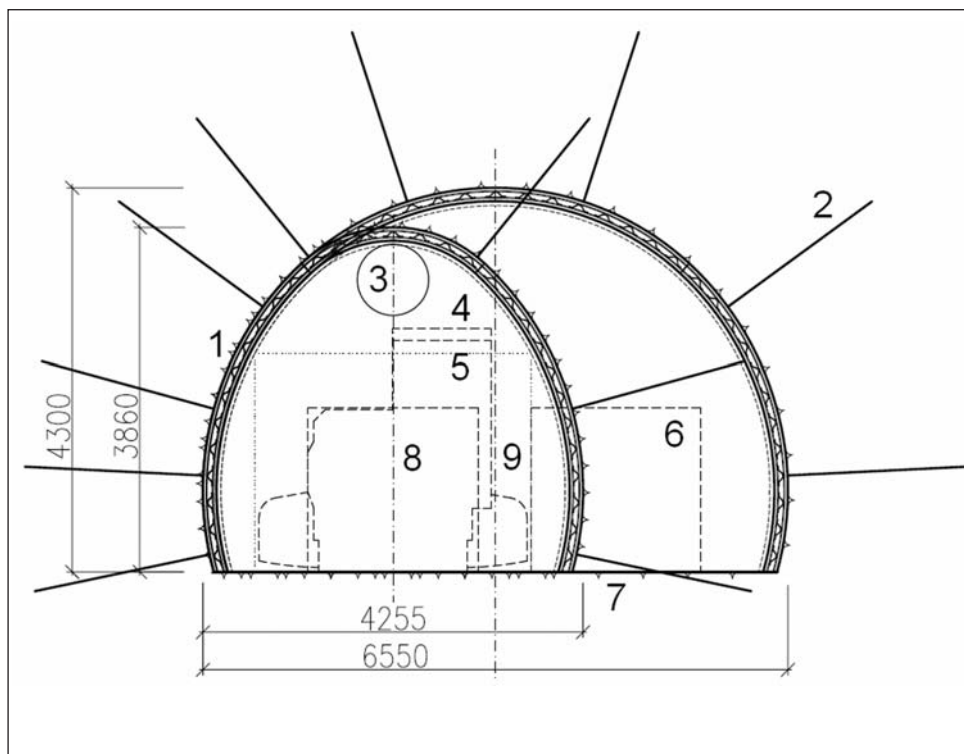
Survey work and measurements after the completion of the exploratory gallery excavation

Survey boreholes to the southern area of the southern tunnel tube will be carried out after the completion of the whole length of the exploratory gallery excavation. Their locations will be chosen on the basis of the assessment and interpretation of the geological conditions encountered by the exploratory gallery. These survey boreholes will be geologically

logged, geotechnically tested and a set of geophysical measurements will be conducted in them. A 70m-long sub-horizontal borehole will be carried out from the end of the exploratory gallery in the direction of the future tunnel excavation, similarly to the drilling from the exploratory gallery for the Blanka tunnel. After the completion of the exploratory gallery excavation, the bracing plate load test and other required geophysical measurements will be realised in the exploratory gallery in the locations of the preparation of structural analyses for the Radlice tunnels. The measurement of the water table levels on the network of monitored boreholes as well as the measurement of the total inflow from the gallery will also continue.

EXPLORATORY GALLERY

The exploratory gallery with the expected length of 850m and the prevailing cross-sectional area of 13.46m² is led inside the profile of the G ramp of the future Radlice tunnel to the area behind its intersection with the trunk sewer “P”, which is crossed over by the gallery. The gallery profile is placed eccentrically inside the top heading of the future tunnel profile (see Fig. 7). The complete lining of the exploratory gallery will be removed during the subsequent excavation for the Radlice tunnel.



Obr. 8 Technologická třída 4 a 3 – výhybna, 1 – primární ostění ze stříkaného betonu s 2 KARI sítěmi a příhradovým rámem, 2 – radiální svorník délky 2 m, 3 – lůtnový tah, 4, 5 a 6 – profily strojů, 7 – dno štolu bez výztuže, 8 – osa štolu, 9 – osa výhybny

Fig. 8 Excavation support classes 4 and 3 – the passing bay: 1 – primary lining from shotcrete with 2 layers of KARI mesh and a lattice girder; 2 – radial rock bolt 2m long; 3 – ventilation duct; 4, 5 and 6 – profiles of machines; 7 – gallery bottom without support; 8 – gallery axis; 9 – passing bay axis



Obr. 9 Fotografie zařízení staveniště průzkumné štoly s těžní šachtou a jeřábem RDK 300-1, v pozadí na horizontu vrch Dívčí hrady s přírodní památkou Čtítad

Fig. 9 Photo of the exploratory gallery construction site arrangement with the hoisting shaft and RDK 300-1 crane; Dívčí Hrad hill with Čtítad natural monument on the horizon is in the background

cíl ražby. Proto jsou nároky u těchto činností na prostor a čas nadřazeny potřebám realizace štoly. Při ražení budou prováděna následující měření geotechnického monitoringu:

- nivelační měření povrchu terénu,
- trigonometrické měření objektů nadzemní zástavby,
- měření a sledování poruch objektů nadzemní zástavby,
- konvergenční měření
- měření na klouzavých deformetrech,
- seismická a akustická měření,
- měření namáhání primárního ostění,
- měření na šachtách,
- kontrolní zkoušky betonů a svorníků,
- měření vlhkosti půdních horizontů.

Omezení a očekávané komplikace výstavby průzkumného díla

Vzhledem k umístění a vedení podzemního díla v intravilánu a v bezprostřední blízkosti provozovaných dopravních staveb provází výstavbu mnohé negativně působící faktory.

Při realizaci šachty a štoly budou povrchové objekty ovlivňovány deformacemi a seismickými účinky trhačích prací. Navržený projekt se snaží účinky minimalizovat. Pro stavbu to přináší určitá omezení. Základní činností z tohoto hlediska bude podchod železniční tratě č. 122 Praha – Smíchov – Hostivice v 61,16 tunelometru, kde je dovoleno provádět trhačí práce jen mimo období průjezdu vlaků (v současnosti 28x denně), a to v koordinaci s Českými drahami. V tomto místě je délka záběru omezena na 1,25 m bez možnosti prodloužení. Trhačí práce jsou vyloučeny již při podchodu rampy Zlíčovského podjezdu, jenž je součástí provozovaného městského okruhu. Dalším omezením na počátku výstavby zařízení staveniště a těžní šachty je stanovení pracovního času pouze od 7 do 22 hodin. Podstatným limitujícím faktorem je také rozloha zařízení staveniště (obr. 9), které je situováno v okolí těžní šachty u bývalé opravny vozů Zlíčov v ulici Ke Sklárně. Návrh rozsahu zařízení staveniště vychází především z místních podmínek a částečně z potřeb realizace štoly. Velmi omezený rozsah ZS značně ovlivňuje jeho provoz a v důsledku vyžaduje striktní požadavek na dodávky materiálů pro stavbu v režimu „just in time“, který byl uveden již v zadávací dokumentaci stavby. Dalším významným faktorem jsou přítoky podzemních vod do díla, které jsou předpokládány v objemu 7 l/s z horninového prostředí s uvažovaným maximem 20 l/s. Jak je výše zmíněno, v průběhu ražeb je predikováno zastižení krasových jevů, obdobných jako při výše uvedené havárii v rámci provádění stokového přivaděče „P“. Z tohoto důvodu jsou navrženy geologické předvrty v každé čelbě při ražbě ve vápencích a vápnitých břidlicích.

The gallery excavation is carried out from the 13.5m deep hoisting shaft. The shaft is hexagonal in ground plan; its cross-sectional area is 56m³. It is located 15m south of the exit portal of the operating Zlíčov tunnel. The maximum longitudinal gradient of the exploratory gallery is 6.06%. For that reason a wheeled transportation system is designed for the realisation instead of track haulage.

The excavation will be excavated using an observational method – the NATM with mechanical disintegration proceeding in the direction from the shaft along the length of 53 tunnel metres during the passage under the already completed massive protective slab of the City Ring Road and the local road Ke Sklárně Street. The application of blasting is assumed to continue from tunnel metre 53 up to the end of the gallery. In the case that the mechanical disintegration method is not viable up to tunnel metre 53, a “careful blasting” technique is described in the blasting design to be used for the lower part of the gallery profile. The NATM excavation support class is defined as a relationship between the rock mass quality expressed by the number of the QTS classification points, the size of the excavated opening and the response of rock mass to the opening of the excavation. The relevant technological and safety measures follow from the assessment of the parameters. Parts of the exploratory gallery are 4 passing bays (see Fig. 8), 25m long each, with cross-sectional areas of 23.35m². The following extent of excavation support classes (SC) is expected:

– SC 2M	50.69 m
– SC 2	176.84 m
– SC 3	273.85 m
– SC 4	145.00 m
– SC 5a	54.75 m
– SC 5b	48.87 m
– SC 3 passing bay	100.00 m

Geotechnical investigation and geotechnical monitoring will be ensured for the project owner as a primary objective of the exploratory gallery excavation. For that reason the demands of these activities for space and time are given preference over the requirements of the realisation of the gallery. The following geotechnical monitoring measurements will be conducted during the excavation:

- levelling of the terrain surface,
- trigonometric survey of existing buildings,
- measurement and observation of defects on existing buildings,
- convergence measurements,
- measurements on sliding deformeters,
- seismic and acoustic measurements,
- measurements of stresses in the primary lining,
- measurements on shafts,
- check testing of concrete and rock bolts,
- measurements of moisture of soil horizons.

Restrictions on the construction of the exploratory gallery and expected complications

With respect to the location and alignment of the underground working in an urban area and at an immediate vicinity of operating traffic structures, the construction is attended by numerous negatively acting factors.

Surface structures will be affected by deformations and the seismic effects of blasting operations during the construction works. The proposed design tries to minimise the effects. It causes certain restrictions for the construction. The passage under the Prague – Smíchov – Hostivice railway track No. 122 at tunnel metre 61.16, where blasting is permitted only outside the periods of the passage of trains (at the moment 8 times a day) and in coordination with Czech Railways, will be the activity fundamental from this point of view. The excavation round length is restricted in this location to 1.25m, without any possibility of extending. Blasting operations are excluded already during the passage under the Zlíčov tunnel ramp, which is part of the operating City Circle Road. Another restriction lies in the limiting of the working time only from 7 a.m. to 10 p.m. at the beginning of the development of the construction site utility and the hoisting shaft. The size of the construction site arrangement (see Fig. 9), which is located at the vicinity of the hoisting shaft near the former Zlíčov car repair shop in Ke Sklárně Street is another

Příprava a zahájení výstavby

Ve 2. čtvrtletí 2014 byla výstavba průzkumné štoly na svém počátku. Od května do června probíhaly práce na vybudování zařízení staveniště, jež spočívaly v úpravě terénu, výstavbě buňkoviště, připojce vody, vysokého napětí a kanalizace.

Souběžně s výstavbou ZS byly na konci měsíce května zahájeny práce na těžní šachtě. Nejprve byly provedeny záporý a na začátku června pak započalo hloubení těžní šachty. Zajištění stěn šachty je řešeno dvojím způsobem. V pokryvných útvarech záporovým pažením s lanovými kotvami a převážkami. Níže ve skalním podloží stříkaným betonem se svařovanou KARI sítí a kotvami z ocelových tyčí. V září 2014 bylo hloubení a zajištění šachty provedeno do hloubky cca 10 m.

Tato šachta je zásadním objektem celého díla průzkumné štoly. Jedná se o jediný přístupový bod a spojnici mezi podzemím a povrchem. Dopravovat se tudy budou jak pracovní osádky, materiály a stroje směřující do podzemí, tak i rubanina, čerpaná voda a mdlé větry aj. z podzemí. Klíčovou roli tedy hraje správně navržené vyztužení šachty a svislá doprava se zdvihacím prostředkem – jeřábem RDK 300-1.

Předpoklad zahájení ražeb profilu štoly byl v říjnu 2014. V dostatečném předstihu byla navržena optimální strojní sestava pro ražbu ve specifických podmínkách projektu. Omezujícími faktory přitom byly půdorysné rozměry těžní šachty (světlná plocha po vyztužení 40 m²), příčný profil díla (světlný 11,5 m²), sklonové poměry, absence prostoru pro opravu strojů a také vzdálenost výhyben navržených v projektu (po 150 m). Důležitými faktory návrhu se stalo nakládání s rubaninou, doprava betonu, vrtání pro trhačí práce, požadované geologické předvrty, kotvení výrubu a v neposlední řadě také zajištění optimálního klimatu (návrh větrání) v podzemním díle s celkovou délkou 850 m.

Nakládání s rubaninou je řešeno speciálními kontejnery („strager vany“) o objemu 6,5 m³. Část kontejnerů byla zároveň upravena pro přepravu suché betonové směsi z betonárky a k její dopravě na čelbu díla s následným dávkováním přímo do násypky stroje na aplikaci stříkaného betonu. Rozpojování rubaniny a její přímé naložení do kontejnerů (obr. 10) zajistí kolový kontinuální nakladač Haggloader 7HR-B (Atlas Copco) s hřeblovým dopravníkem a kombinovaným pohonem (elektro/diesel). Jeho hlavní výhodou je elektropohon hydraulické soustavy, který snižuje nároky na větrání a náklady na rozpojování a odtěžení. Kontejner s rubaninou (případně se suchou betonovou směsí) bude nesen důlním vozidlem PAUS Universa 50-2, které muselo být pro tyto účely upraveno. Kontejner s rubaninou v jámě vyzdvihne na povrch výše zmíněný jeřáb a odsud jej převezme Tatra 815 – nosič kontejnerů. Jelikož je doprava rubaniny kontejnery na povrchu vzhledem k celkovému přepravovanému objemu velmi nákladná, byla ve vzdálenosti 1,5 km od stavby zajištěna mezideponie rubaniny.

Pro provádění vrtných prací byl vybrán jednolafetový vrtačí stroj Boomer T1 D (Atlas Copco) s kombinovaným pohonem (elektro/diesel), který je vhodný do malých profilů do max. plochy 23 m². Důležitým kritériem výběru byla délka lafety, umožňující vrtání radiálních kotev a vývrtů pro trhačí práce ve vysokém výkonu.

Návrh způsobu větrání pro zajištění optimálního klimatu na pracovišti v podzemí byl značně komplikovaný. Původně byla navržena varianta sacího lutnového tahu průměru 630 mm se čtyřmi důlními ventilátory APXE 630 zapojenými v sérii a pomocným foukacím lutnovým tahem s ventilátorem APXE 315 v blízkosti čelby. Tato varianta vzhledem ke své neekonomičnosti z hlediska spotřeby elektrické energie a dlouhého času pro odvětrání po odstřelu byla revidována. Výsledkem byl nový projekt větrání, ve kterém je navržen lutnový tah průměru 700 mm kombinovaný s jedním dvoustupňovým ventilátorem Zitron GEL/dEL 7-74 G/GF a odprašovací jednotkou OM-800. Kombinovaný způsob spočívá ve využití foukacího větrání s ventilátorem umístěným na povrchu pro ražbu prvních 300 m (po druhou výhybnu) a v následném přesunutí ventilátoru do

substantial restricting factor. The proposal for the extent of the construction site arrangement is based, in the first place, on local conditions and, partially, on the needs of the realisation of the gallery. The highly restricted extent of the site arrangement significantly affects its operation and, consequently, it poses a strict requirement for the just-in-time system of supplying construction materials. This regime was contained in requirements as early as the project tendering design. Another significant factor is the inflows of groundwater into the underground working. Their rate is expected to amount to 7L/s, with the maximum assumed at 20L/s. As mentioned above, encountering karst formations similar to the above-mentioned collapse during the execution of the collector sewer “P” is predicted for the course of the excavation. Geological boreholes into the excavation core are designed to be carried out for each excavation round when limestones and calcareous shales are to be passed through.

Preparation and commencement of construction

In the 2nd quarter of 2014, the construction of the exploratory gallery was at its beginning. The work on the development of the site arrangement, consisting of the shaping of ground, the development of the container yard and the installation of connection lines for water, high tension power and sewerage continued from May to June.

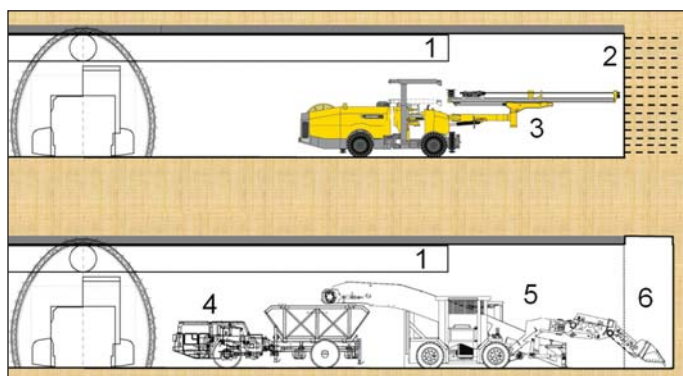
The work on the hoisting shaft commenced concurrently with the development of the site arrangement at the end of May. The first operation lied in the installation of soldier beams and lagging. The sinking of the shaft started at the beginning of June. The support of the shaft walls is solved by two ways. Soldier beams and lagging with cable anchors and waling are designed for the superficial deposits. Lower, in the bedrock, shotcrete, KARI welded mesh and anchor rods are used. In September 2014 the shaft sinking and the support installation was completed approximately up to the depth of 10m

This shaft is a fundamental structure of the whole exploratory gallery construction. It is the only access point and link between the underground and the surface. It will serve to the transport of not only working crews but also materials and machines to the underground; muck, pumped water and exhaust air etc. will pass through it from the underground. The key role is therefore played by correctly designed shaft support and vertical transport using hoisting equipment – RDK 300-1 crane.

The commencement of the gallery profile excavation was assumed to take place in October 2014. An equipment set optimal for the excavation in the specific project conditions was designed in an advance. The limiting factors comprised the ground-plan dimensions of the hoisting shaft (the net area after the installation of support of 40m²), the cross-sectional area (net) of 11.5m², the gradient conditions, the absence of space for equipment repairs and also the spacing of designed passing bays (every 150m). The handling of muck, transport of concrete, drilling for blasting operations, the required boreholes ahead of the excavation face, the installation of anchors and, at last but not least, also ensuring optimal climate (ventilation design) in the underground working with the total length of 850m became important factors of the design.

The handling of muck is solved by special containers (“Strager dumpsters”) with the volume of 6.5m³. A proportion of the containers were at the same time modified for transporting dry concrete mix from the batching plant and its transport to the excavation heading, with subsequent dosing directly to the shotcreting machine hopper. Muck will be disintegrated and directly loaded into the containers (see Fig. 10) by Haggloader 7HR-B (Atlas Copco) wheeled continual loader with a scraper conveyor and combined drive (electro/diesel). The main advantage of this machine is the electric drive, which reduces demands for ventilation and the cost of disintegration and loading. A container with the muck (or dry concrete mix) will be carried by PAUS Universa 50-2 mine vehicle, which had to be modified for these purposes. The container loaded with muck will be lifted from the shaft bottom up to the surface by the above-mentioned crane. Then it will be taken over by a TATRA 815 container carrier. Because of the fact that the transport of containers on the surface was very expensive with respect to the total volume to be transported, an intermediate stockpile of muck was ensured at the distance of 1.5km from the construction site.

A Boomer T1 D (Atlas Copco) single-boom drilling set with a combined drive (electrical / diesel), which is suitable for small profiles



Obr. 10 Návrh strojní sestavy (podélný řez s vloženým příčným řezem), 1 – Lutnový tah, 2 – čelba s vývrtky pro trhací práce, 3 – vrtací stroj Boomer TD-1, 4 – důlní vozidlo PAUS Universa, 5 – kolový kontinuální nakladač Haggloader 7HR-B

Fig. 10 Equipment set design (longitudinal section with a cross-section inserted in it): 1 – ventilation duct line; 2 – excavation face with boreholes for blasting; 3 – Boomer TD-1 drilling set; 4 – PAUS Universa mine vehicle, 5 – Haggloader 7HR-B wheeled continual loader

podzemí (do druhé výhybny) před foukací tah. Před ventilátorem bude tah sací pro zbývajících 550 m štolý.

ZÁVĚR

Realizace průzkumné štolý v rámci geotechnického průzkumu pro tunel Radlický je náročným dílem zejména z hlediska koordinace prací ve štolě a v území ovlivněném výstavbou díla. Z tohoto důvodu jsou plánovány výluky v razičských pracích pro nejnáročnější inženýrskogeologické a monitorovací činnosti ve štolě. Ostatní práce budou probíhat současně s ražbami, což vyžaduje vysoké nároky na součinnost a bezpečnost pracovníků v celém rozsahu raženého díla. Komplexní geotechnický průzkum zájmového území celé Radlické radiály včetně průzkumné štolý tunelu Radlický v plánovaném rozsahu a podrobnosti lze jednoznačně považovat za velmi přínosný proces. Profitovat z něj budou následně všechny strany zúčastněné na výstavbě Radlické radiály, a to jak v povrchové části, tak v částech hloubených a ražených. Objem a druh prováděných zkoušek odpovídají rozsahu, složitosti a rizikům stavby, což nebývalo v minulosti pravidlem. Stavební projekty, jimž nepředcházela dostatečná geotechnická průzkum, se v rámci českého stavebního trhu objevovaly velmi často. Negativní dopad byl v průběhu jejich výstavby více než patrný. Nezbyvá než vyslovit přání, aby se způsob přípravy této stavby stal určitým standardem v podmínkách našeho stavebnictví a to především při realizaci podzemních staveb.

Ing. VÁCLAV DOHNÁLEK, vdohnalek@subterra.cz,
Ing. JAN PANUŠKA, jpanuska@subterra.cz, Subterra a.s.,
Ing. ALEXANDR BUTOVIČ, Ph.D.,
alexandr.butovic@satra.cz, SATRA spol. s r. o.,
RNDr. RADOVAN CHMELAR, Ph.D.,
radovan.chmelar@pudis.cz, PUDIS, a. s.

Recenzovali: Ing. Jan Čeněk, Ing. Josef Rychtecký

with the maximum cross-sectional area of 2m² was selected for the execution of drilling. The length of the boom, which allows the drilling for radial anchors and boreholes for blasting at high drilling rates, was an important criterion for the selection.

The design for the ventilation system providing optimum climate at the underground workplace was very complicated. The original variant of the proposal contained a suction ventilation duct 630mm in diameter, with four APXE 630 mine fans connected in series and an auxiliary blowing ventilation duct with an APXE 315 fan near the excavation face. This variant was reviewed with respect to its uneconomic characteristics as far as power consumption and the long time required for the evacuation of smoke after blasting is concerned. The new ventilation design comprised a ventilation duct 700mm in diameter combined with one Zitron gEL/dEL 7-74 G/GF two-stage fan and an OM-800 dust extractor. The combined technique lies in the use of a blowing ventilation system with a fan located on the surface for the excavation of the initial length of 300m (up to the second passing bay) and subsequent shifting of the fan underground (to the second passing bay) ahead of the blowing ventilation duct. An exhausting ventilation duct to be used for the remaining 550m of the gallery will be installed ahead of the fan.

CONCLUSION

The realisation of the exploratory gallery within the framework of the geotechnical investigation for the Radlice tunnels is a demanding work mainly in terms of the coordination of operations inside the gallery and in the area affected by the construction. Breaks in mining works are for that reason planned for the most demanding engineering geological and monitoring activities inside the gallery. The other activities will proceed concurrently with the excavation operations. This system places demands on the cooperation and safety of workers throughout the length of the mined working. The comprehensive geotechnical investigation of the area of operations for the Radlice Radial Road, including the exploratory gallery for the Radlice tunnel, in the planned extent and detail, can be unambiguously considered to be a very beneficial process. Its profit will subsequently serve to all parties participating in the Radlice Radial Road construction project, both in the at-grade part and the mined tunnel and cut-and-cover tunnel parts. The volume and types of the conducted tests is adequate to the extent, complexity and risks of the construction, which fact usually was not a custom in the past. Construction designs which were not preceded by sufficient geotechnical investigation appeared on the Czech construction market very frequently. The negative impact during the construction was more than obvious. We can only express a wish for the system of the preparation of this project to become a certain standard in the conditions of our construction industry, in the first place during the realisation of underground structures.

Ing. VÁCLAV DOHNÁLEK, vdohnalek@subterra.cz,
Ing. JAN PANUŠKA, jpanuska@subterra.cz, Subterra a.s.,
Ing. ALEXANDR BUTOVIČ, Ph.D.,
alexandr.butovic@satra.cz, SATRA spol. s r. o.,
RNDr. RADOVAN CHMELAR, Ph.D.,
radovan.chmelar@pudis.cz, PUDIS, a. s.

LITERATURA / REFERENCES

- MERTA, A., KOŘINEK, L., PETRŽILKA, V. Tunely na radlické radiále Jihozápadní město – Smíchov. *Tunel*, 2011, č. 4, s. 9
CHMELAR, R., BUTOVIČ, A., KOLEČKÁŘ, M. Exploratory gallery of Radlice tunnel in Prague.
In: *Proceedings of the World Tunnel Congress 2014 May 9th to 15th 2014 – Iguassu Falls – Brazil (PAP547)*
Zpráva o inženýrskogeologickém sledování v průběhu výstavby nesídlíštního spleškového sběrače „P“
v úseku Hlubočepy – Radlice v Praze 5. Praha : PUDIS 1983
Radlická radiála JZM – Smíchov, stavba 9567, tunel Radlice – Podrobný inženýrskogeologický průzkum, průzkumná štola.
Praha : VIS, a. s., 8/2006
Radlická radiála JZM – Smíchov – Inženýrskogeologický průzkum (geologická rešerše) pro DUR. PUDIS 2007
Předběžný inženýrskogeologický průzkum pro průzkumnou štolu Radlice. Praha : PUDIS 2009
Podrobný hydrogeologický průzkum pro průzkumnou štolu. Praha : PUDIS 2009

VÝZKUM TEPELNÉHO NAMÁHÁNÍ HORNIN

RESEARCH INTO THERMAL STRESS OF GROUND

KAREL SOSNA, JIŘÍ ZÁRUBA, JAN FRANĚK

ABSTRAKT

Výzkum tepelného namáhání hornin spojený s podzemním skladováním tepelné energie v prostředí horninového masivu při teplotách do 100 °C je zapříčiněn současnou celoevropskou snahou o úsporu energií. Spolehlivé zpracování zvoleného tématu vyžaduje podrobné studium teplotních, hydrodynamických, mechanických a chemických vztahů (THMC coupling), které při zahřívání hornin probíhají. Zvolený přístup tak umožňuje zodpovědět řadu obecnějších otázek spjatých se šířením a působením tepla v granitoidech. Výsledky jsou přínosné nejen v oboru skladování tepla, ale poskytnou užitečné informace pro hydrogeologii, geomechaniku, geochemii, posuzování rizika tepelného zatížení, plánování hlubinného geologického ukládání radioaktivního odpadu či posuzování vlivu vysokých teplot vzniklých např. při požáru v tunelových stavbách. Dosavadní výsledky in-situ cyklického zahřívání granitického horninového prostředí ukazují výrazné in-situ termálně indukované napětí, které je řádově shodné s tahovou pevností horninového masivu. V závislosti na fluktuacích vytápění horniny dochází k velmi rychlému nárůstu/relaxaci napětí a deformace. Termálně indukovaná deformace je plně reverzibilní. Dále dochází ke zvýšené mikrobiologické aktivitě, pravděpodobně spjaté s ohřevem horninového masivu. Termální ovlivnění horninového masivu má měřitelný vliv na hydraulické propustnosti horninového prostředí.

ABSTRACT

The research into the thermal stress of ground associated with underground storing of thermal energy in an environment formed by ground mass at temperatures up to 100°C is brought about by the current Europe-wide effort for energy savings. The reliable processing of the chosen theme requires detailed studying of thermal, hydrodynamical, mechanical and chemical relationships (THMC coupling), which take place during the heating of ground up. In this way the chosen approach allows of answering many more general questions associated with the propagation and action of heat in granitoids. The results are beneficial not only in the field of storing heat, but they will also provide information useful for hydrogeology, geomechanics, geochemistry, assessing the risk of thermal loading, planning of deep geological repositing of radiocactive waste or assessing the impact of high temperatures originating, for example, during a fire in a tunnel structure. The till now obtained results of in-situ cyclic heating of a granitic rock environment show a significant stress induced thermally in-situ, which is identical in the order of magnitude with the tensile strength of the rock mass. Very quick increase/relaxation of stress and strain originates, depending on the rock heating fluctuation. A thermally induced deformation is fully reversible. In addition, increased microbiological activity takes place; it is probably associated with the rock mass heating. The thermal influence on rock mass has a measurable effect on hydraulic permeability of a rock environment.

ÚVOD

Studium podzemního skladování tepelné energie v prostředí krystalinických hornin při relativně nízkých teplotách (cca 95 °C) vychází ze současné celoevropské snahy o úsporu energií a zároveň z dlouhodobého trendu zdražování tepelné energie spolu s postupným vyčerpáváním primárních geologických zásob fosilních energetických surovin. Spolehlivé zpracování zvoleného tématu vyžaduje podrobné studium teplotních, hydrodynamických, mechanických a chemických vztahů (THMC coupling), které při zahřívání hornin probíhají. Zvolený přístup tak umožňuje zodpovědět řadu obecnějších otázek spjatých se šířením a působením tepla v granitoidech. Je nutné uvažovat několik kvalitativně odlišných fyzikálních veličin, jejich adekvátní monitoring a relevanci získaných dat s ohledem na další známé nebo pravděpodobné jevy mající vliv na jejich objektivní zhodnocení. Výsledky jsou přínosné nejen v oboru skladování tepla, ale poskytnou užitečné informace pro hydrogeologii, geomechaniku, geochemii, posuzování rizika tepelného zatížení či plánování geologického ukládání.

K reverzibilnímu skladování elektřiny i termální energie slouží řada technologických zařízení využívajících různá média všech skupenství. Z nich nejčastější je voda. Skladování elektrické energie z nadprodukce, která je přeměněna na termální energii, je většinou projektováno do podzemí, kde je horninové prostředí jako vhodný izolant i zásobník zárukou čerpání této energie v době zvýšené poptávky. Ekonomický přínos podzemního skladování termální energie vychází dosud většinou z modelů a empirie poloprovozních zkoušek podle geologických podmínek a petrofyzikálních charakteristik

INTRODUCTION

The study of underground storage of thermal energy in the environment formed by crystalline rocks under relatively low temperatures (ca 95°C) stems from the current Europe-wide effort to save energies and, at the same time, from the long-term trend towards increasing the cost of thermal energy in conjunction with the gradual depletion of primary geological stock of fossil raw materials. The reliable processing of the selected theme requires detailed studying of thermal, hydrodynamical, mechanical and chemical relationships (the THMC coupling), which exist during the process of heating rocks. In this way the chosen approach allows of answering many more general questions associated with the propagation and action of heat in granitoids. It is necessary to consider several qualitatively different physical quantities, the adequate monitoring of the quantities and the relevance of obtained data with respect to other known or probable phenomena having influence on the objective assessing of them. The results are beneficial not only in the field of heat storage; they in addition provide information useful for hydrogeology, geomechanics, geochemistry, assessing the risk of thermal loading or planning of geological storage.

Several technological facilities using various media in all states are used for the reversible storage of electrical power and thermal energy. Water is used most frequently. The storage of electrical power from the overproduction which is converted into thermal energy is mostly designed to be in the underground, where the rock environment provides both a suitable insulator and a storage reservoir for this energy during a period of increased demand. The economic contribution of the underground

hornin na konkrétních lokalitách. Realizace podzemního skladování termální energie není bez rizika ireverzibilního poškození horninového prostředí. K tomu dochází zejména při jeho příliš rychlém a vysokém zahřátí. Výsledkem mohou být ireverzibilní změny původních vlastností hornin, tak potřebných k cyklické akumulaci a těžbě uskladněné termální energie. Dokazují to výsledky in-situ experimentů s ohřevem hornin, dokonce jen na teplotu nepřesahující 100 °C, v podzemních laboratořích ve Švýcarsku, Skandinávii a v Kanadě zabývajících se skladováním radioaktivních odpadů. Například Kwon et al., 2013, Chan et al., 1981, Andersson and Martin, 2009, Schneefuß et al., 1989 a Berchenko et al., 2004.

V rámci in-situ cyklického ohřevu granitického masivu v opuštěném zlatém dole Josef ve středních Čechách (GPS: 49,7306183°N, 14,3484903°E) probíhá monitoring, který je možné rozdělit na dvě skupiny:

- kontinuální sběr dat;
- kampaňová měření v závislosti na průběhu experimentu.

Samotný in-situ experiment pak zahrnuje cyklické zahřívání horninového prostředí a následné ochlazení na původní teplotu, obojí až po dosažení semiustáleného stavu. Projekt je naplánován na čtyři roky, v nichž proběhnou dva cykly dlouhodobé (délka trvání jednoho asi devět měsíců) a dále čtyři cykly krátkodobé, které budou trvat asi čtrnáct dní. Účelem těchto krátkých cyklů je simulace rychlejšího, krátkodobého dodání, resp. odběru tepla. V souvislosti s in-situ podzemním experimentem bylo provedeno větší množství laboratorních testů a experiment malého a středního měřítka. Některé z laboratorních a zejména in-situ experimentů, jsou paralelně simulovány 3D numerickými modely. Projekt je prezentován na webové adrese <http://www.geology.cz/mokrsko/>, kde lze mimo jiné sledovat aktuální stav vybraných měřicích bodů v podzemí formou grafů. Podrobné výsledky geotechnických měření jsou prezentovány v článku Sosny et al. (2014).

POPIS HORNINOVÉHO PROSTŘEDÍ STUDOVANÉ LOKALITY

Podzemní výukové středisko Josef Stavební fakulty ČVUT využívá podzemních děl a povrchových prostor, které od konce 70. let do počátku 90. let 20. století sloužily k průzkumu zlatonosných ložisek Čelina a Mokrsko historického revíru Psí hory. Rozsah průzkumných prací detailně popisovaných v knize Morávka (1996) umožnil podrobné studium geologické stavby celé oblasti. Vzhledem k tomu, že se nachází na styku dvou významných stavebních prvků Českého masivu – granitoidů středočeského plutonického komplexu variského stáří (cca 350 mil. let) a vulkanosedimentárních hornin jřlovského pásma neoproterozoického stáří (650–540 mil. let), je tato oblast unikátní nejen z hlediska surovinového potenciálu zlata, ale i přítomností hornin různých petrogenetických typů, odlišného složení a fyzikálně-mechanických vlastností – a to v relativně malém prostoru.

Horniny neoproterozoického vulkanosedimentárního komplexu zahrnují dvě skupiny:

- spodní kralupsko-zbraslavskou skupinu tvoří vulkanické a vulkanosedimentární horniny bazického až kyselého složení. Nejsvrchnější davelské souvrství včetně černých tufitických břidlic jsou produktem doznívající vulkaniko-exhalační aktivity;
- svrchní štěchovickou skupinu tvoří sedimenty flyšového charakteru – břidlice, prachovce a droby, s polohami slepenců na její bázi.

Celý tento horninový komplex byl na konci neoproterozoika postižen kadomským vrásněním, které mu vtisklo základní strukturní rysy: vrásovou stavbu, lineární usměrnění, zbrzdličnatění

storage of thermal energy has been till now based mostly on models and empiricism of semi-operational tests depending on geological conditions and petrophysical characteristics of rocks in particular localities. The realisation of underground storage of thermal energy is not free of the risk of irreversible damaging the rock environment. It happens first of all during excessively quick and high heating of the environment. It can result into irreversible changes in the original properties of rocks, which are so needed for cyclic accumulation and exploitation of the stored thermal energy. This fact is proved by results of in-situ experiments with the heating of rocks even only to temperatures not exceeding 100°C which are conducted in underground laboratories in Switzerland, Scandinavia and Canada, dealing with the storage of radioactive waste. For example, Kwon et al., 2013, Chan et al., 1981, Andersson and Martin, 2009, Schneefuß et al., 1989 and Berchenko et al., 2004.

The monitoring which is in progress within the framework of cyclic heating of a granitic massif in the abandoned Josef gold mine in central Bohemia (GPS: 49,7306183°N, 14,3484903°E) can be divided into the following two groups:

- continual data collection;
- measurement campaigns depending on the development of the experiment.

The in-situ experiment itself comprises cyclic heating of rock environment and subsequent cooling to the original temperature (both activities only after the semi-steady state is reached). The project is planned for four years, during which two long-term cycles will take place (one cycle duration about nine months) and four short-term cycles, which will last approximately for a fortnight. The purpose of these short cycles is to simulate the quicker, short-term supply or extraction of heat. A larger number of laboratory tests and a small-scale and medium-scale experiment were conducted in the context of the in-situ experiment. Some of the laboratory tests and, first of all, the in-situ experiment are simulated in parallel by 3D numerical models. The project is presented on <http://www.geology.cz/mokrsko/> web address, where it is possible, apart from other things, to follow the current state of selected measurement points in the underground in the form of graphs. The detailed results of geotechnical measurements are presented in a paper by Sosna et al. (2014).

DESCRIPTION OF ROCK ENVIRONMENT IN THE LOCALITY BEING STUDIED

The Josef underground educational centre of the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical University uses the underground workings and premises on the surface which served to the survey of the Čelina and Mokrsko gold ore beds in the Psí Hory historic district from the end of the 1970s till the beginning of the 1990s. The extent of the survey, which is described in detail in a book by Morávek (1996) allowed of detailed studying the geological structure of the whole area. With respect to the fact that it is located at the contact between two significant structural elements of the Czech massif – the granitoids of the central Bohemian plutonic complex of the Variscan age (about 350 million years) and the volcanosedimentary rocks of the Jřlové zone of the Neo-Proterozoic age (650–540 million years), this area is unique not only in terms of the raw material potential – gold, but also in terms of the presence of various types of petrogenetic types of rocks with different composition and physically mechanical properties – all of that within a relatively small space.

Neo-Proterozoic rocks of the volcanosedimentary complex comprise the following two groups:

hornin a systém jejich rozpukání. Vulkanické a vulkanosedimentární horniny kralupsko-zbraslavské skupiny vystupují v antiklinálních částech této vrásové stavby a tvoří kozohorské a jílovské pásmo. Jílovské pásmo, které je podstatně významnější a horninově pestřejší, ve stavbě centrální části Českého masivu tvoří lukovitě prohnutý, 65 km dlouhý a 1–5 km široký pás směru SSV–JJZ, probíhající od Jílového u Prahy až do okolí Březnice. Oblast Psích hor se štolou Josef je situována ve střední části tohoto pruhu.

Západní hranici jílovského pásma a nadložních neoproterozoických sedimentů tvoří hlubinné vyvřeliny středočeského plutonu variského stáří, reprezentované amfibolicko biotitickým granodioritem (podle proměnného obsahu plagioklasů až tonalitem) sázavského typu, resp. jeho slapskou apofýzou. Tento intruzivní kontakt upadá podle výsledků vrtného průzkumu strmě k V (hloubkově ověřeno do 700 m), místy je provázený vznikem plochých až subhorizontálních apofýz. Žilný doprovod granitoidů středočeského plutonu je podle jeho geologické pozice představován třemi horninovými typy:

- apofýzy a žíly v endokontaktu sázavského granodioritu s neoproterozoikem, reprezentované biotitickými granodiority, aplity a pegmatity;
- granitové porfyry až gabrové porfyryty, aplity, biotitické granity a spessartity tvoří horninové žíly směru převážně V–Z, situované v příčných zónách s extenzním režimem;
- nehojné kersantity a minety jsou většinou vázány na mladší zlomy směru V–Z až SZ–JV, které porušují západní kontakt jílovského pásma se středočeským plutonem.

V rámci podrobného strukturního mapování byla vyčerpávajícím způsobem popsána vybraná podzemní lokalita. Identifikovány a popsány byly především základní struktury křehkého porušení (zlomy, zlomové zóny, střížné a extenzní pukliny). Na základě těchto dat byl vygenerován 3D strukturní model křehkého porušení rozrážky (obr. 1), využitý pro extrapolaci struktur do prostoru budoucího in-situ experimentu za čelbu a přesný návrh experimentální vrtné sítě. Topidlo/chladič se skládá z elektrokotle, tepelného čerpadla, rezervoáru na chladnou vodu, oběhových čerpadel a PEX-AL-PEX trubek. Centrální horizontální (vyhřívací) vrt, který má

- the Lower Kralupy – Zbraslav group is formed by volcanic and volcanosedimentary rocks with the composition ranging from basic to alkaline. The uppermost Davle Measures, including black tuffitic shales, are the product of the fading-away volcanic-exhalation activity;
- the upper Štěchovice group is formed by flysch-character rock – shales, siltstone and greywacke, with intercalations of conglomerates at its base.

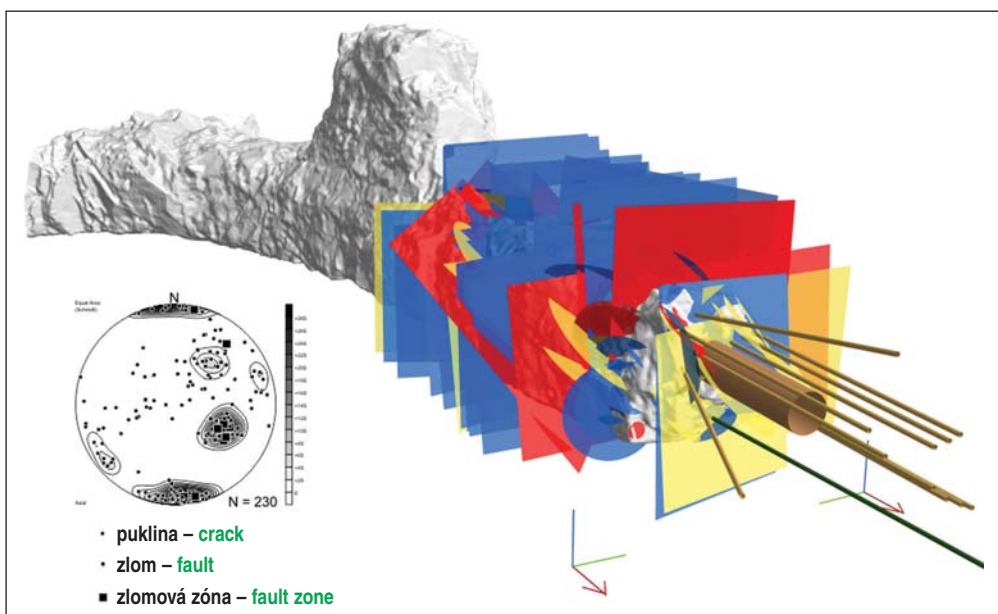
The entire rock complex was affected at the end of the Neo-Proterozoic sub-period by the Caledonian orogeny, which impressed the basic structural features on it: a folded structure, linear alignment, the schistosity development of rocks and the system of their jointing. The volcanic and volcanosedimentary rocks of the Kralupy – Zbraslav group rise up in anticlinal parts of this folded structure and form the Kozí Hory and Jílové zone, which is significantly more important and more variable in terms of rocks; it forms a bowl-like-curved, 65km long and 1–5km wide, NNE-SSW running strip extending from Jílové u Prahy up to the surroundings of the town of Březnice. The Psí Hory Mountains area containing the Josef gallery is located in the central part of this zone.

The western boundary of the Jílové zone and overlying Neo-Proterozoic sediments is formed by intrusive rocks of the Central Bohemian Pluton of the Variscan age, which are represented by amphibole-biotite granodiorite (even tonalite, depending on the variable content of plagioclase) of the Sázava type or its Slapy apophyse. According to the results of the drilling survey, this intrusive contact steeply dips toward E (verified up to the depth of 700m) and locally is attended by the origination of apophyses ranging from flat up to sub-horizontal. According to its geological location, the venous accompaniment of granodiorites of the Central Bohemian Pluton is represented by the following three rock types:

- apophyses and veins at the endocontact of Sázava granodiorite with the Neo-Proterozoic, which are represented by biotite granodiorite, aplite and pegmatite;
- the granitic porphyry to gabbro porphyryite, aplite, biotite granite and spessartite form rock veins running mostly in the E-W direction, which are located in transverse zones with an extensive regime;

- scarce kersantite and minette are mostly bound to younger E-W up to NW-SE oriented faults, which break the western contact of the Jílové zone with the Central Bohemian Pluton.

The selected underground locality was exhaustively described within the framework of detailed structural mapping. Basic brittle failure structures (faults, fault zones, shears and extensive fractures) were identified and described in the first place. A 3D structural model of the brittle failure in a gallery side stub (see Fig. 1) was generated on the basis of the data. The model was used for the extrapolation of structures into the area of the future experiment, ahead of the excavation face, and for the exact design of the experimental



Obr. 1 Pohled na plášť rozrážky ze skalního masivu, syntéza 3D laser scanu rozrážky s podrobnou dokumentací křehké tektoniky (zlomů a puklin)

Fig. 1 A view of the gallery side stub excavation surface from within the rock mass; the synthesis of the 3D laser scan of the side stub with detailed documentation of the brittle tectonics (faults and cracks)

průměr 0,85 m a délku 2,2 m, je osazen navinutými PEX-AL-PEX trubkami v hloubkové úrovni 1,7–2,2 m. Prvních 1,7 vrtu je izolováno proti úniku tepla, resp. chladu pomocí pěnového skla (FOAMGLAS). Teplota vody, která je použita jako vyhřívací/chladicí medium, je buď 95 °C nebo 10 °C v závislosti na fázi vyhřívacího/chladicího cyklu. Tato teplota je udržována konstantní pomocí elektrokotle, resp. rezervoáru na chladnou vodu a tepelného čerpadla.

Pro účely geomechanických měření byla z každého z monitorovacích vrtů vytvořena sada vzorků, na nichž byly provedeny a vyhodnoceny tyto zkoušky:

- objemová hmotnost vysušených vzorků (2738 kg.m^{-3});
- otevřená pórovitost (0,19 %);
- koeficient hydraulické vodivosti ($< 1 \times 10^{-14} \text{ m.s}^{-1}$);
- ultrazvukové prozařování na suchých i nasycených vzorcích (5,6–6,3 km.s^{-1});
- modul pružnosti (75 GPa), modul přetvárnosti (73 GPa) a Poissonovo číslo (0,26);
- pevnost v prostém tlaku (104 MPa) a pevnost v příčném tahu (11 MPa).

Výsledky geotechnických analýz z vrtných jader indikují značnou míru homogenity testované horniny v celém objemu realizovaného terénního experimentu.

Termální vodivost a tepelná kapacita tonalitu z experimentální lokality se pohybuje okolo $\lambda = 3,67 \text{ W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, resp. $c_v = 2,16 \times 10^6 \text{ J.m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$. Laboratorním měřením termální dilatace 4 vzorků zdejšího tonalitu byl stanoven průměrný koeficient teplotní roztažnosti $\alpha = 8,3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ při maximální zatěžovací teplotě 100 °C. Měřením anizotropie termální vodivosti bylo zjištěno izotropní chování těchto hornin.

MONITOROVACÍ VÝBAVA IN-SITU EXPERIMENTU

Kontinuální sběr dat zahrnuje veličiny důležité pro maximálně věrnou konstrukci matematického modelu zahřívání granitoidního prostředí a šíření tepla v něm. Patří sem teploměry vhodně umístěné v trojrozměrném horninovém okolí zahříváné části čelby, seismické snímače, seismo-akustické senzory, termokamera, senzory mechanického napětí, dilatometry (osazené na významných trhlinách v čelbě a v zahřívacím vrtu), snímače tlaku vody ve vrtech, měření vzdušné teploty, vlhkosti a atmosférického tlaku v rozrážce (obr. 2). Vzdálené vrty umožňují srovnávací monitoring okolního prostředí neovlivněného experimentem.

Geotechnický monitoring změn napětí a přetvoření v hornině způsobených změnami teploty je realizován pomocí strunových snímačů společnosti Geokon. Hlavní výhodou použití těchto strunových snímačů je umístění termistoru v těle sondy, který zaznamenává teploty v místě měření. Pomocí termistoru lze měření opravit o tepelnou roztažnost sondy samotné, což je při monitoringu změn parametrů v důsledku teplot základní vlastnost takových sond. Dalšími výhodami jsou dlouhodobá stabilita měření, vodotěsnost a schopnost použít dlouhých signálních kabelů. Monitoring se skládá z následujících prvků:

- Pórové tlaky: piezometry model 4500SH jsou umístěny v úzkých kolmých vrtech realizovaných z hlavního širokoprofilového vrtu s topidlem;
- Změny napětí v hornině: stressmetry model 4300BX jsou umístěny v pěti vrtech VG-1 až VG-5 o průměru 60 mm;
- Posuny na puklinách: micro crackmetry model 4422 jsou umístěny v hlavním širokoprofilovém vrtu s topidlem na blocích horniny, které protínají pukliny;
- 3D posun na puklině: 3D crackmeter se třemi snímači posunu model 4450 je umístěn v hlavním širokoprofilovém vrtu s topidlem na blocích horniny, které protíná puklina;

drilling network. A heater/cooler consists of an electric boiler, a heat pump, a cold water reservoir, circulating pumps and PEX-AL-PEX tubes. The central horizontal (heating) borehole with the diameter of 0.85m and the length of 2.2m has PEX-AL-PEX tubes wound in it at the depth level of 1.7–2.2m. The initial 1.7m long section of the borehole is insulated against the escape of heat, or cold, by cellular glass FOAMGLAS. The temperature of water which is used as a heating/cooling medium is either 95°C or 10°C, depending on the phase of the heating/cooling cycle. This temperature is maintained constant by means of an electric boiler or a cold water reservoir and a heat pump.

The following set of samples which these tests were conducted and assessed on was created for the purpose of geomechanical tests from each of the monitoring boreholes:

- density of dried samples (2738 kg.m^{-3});
- open porosity (0.19%);
- coefficient of hydraulic conductivity ($< 1 \times 10^{-14} \text{ m.s}^{-1}$);
- ultrasound analyses of both dry and saturated samples ($5.6\text{--}6.3 \text{ km.s}^{-1}$);
- modulus of elasticity (75GPa), modulus of deformation (73GPa) and Poisson's ratio (0.26);
- unconfined compressive strength (104MPa) and transverse tensile strength test (11MPa).

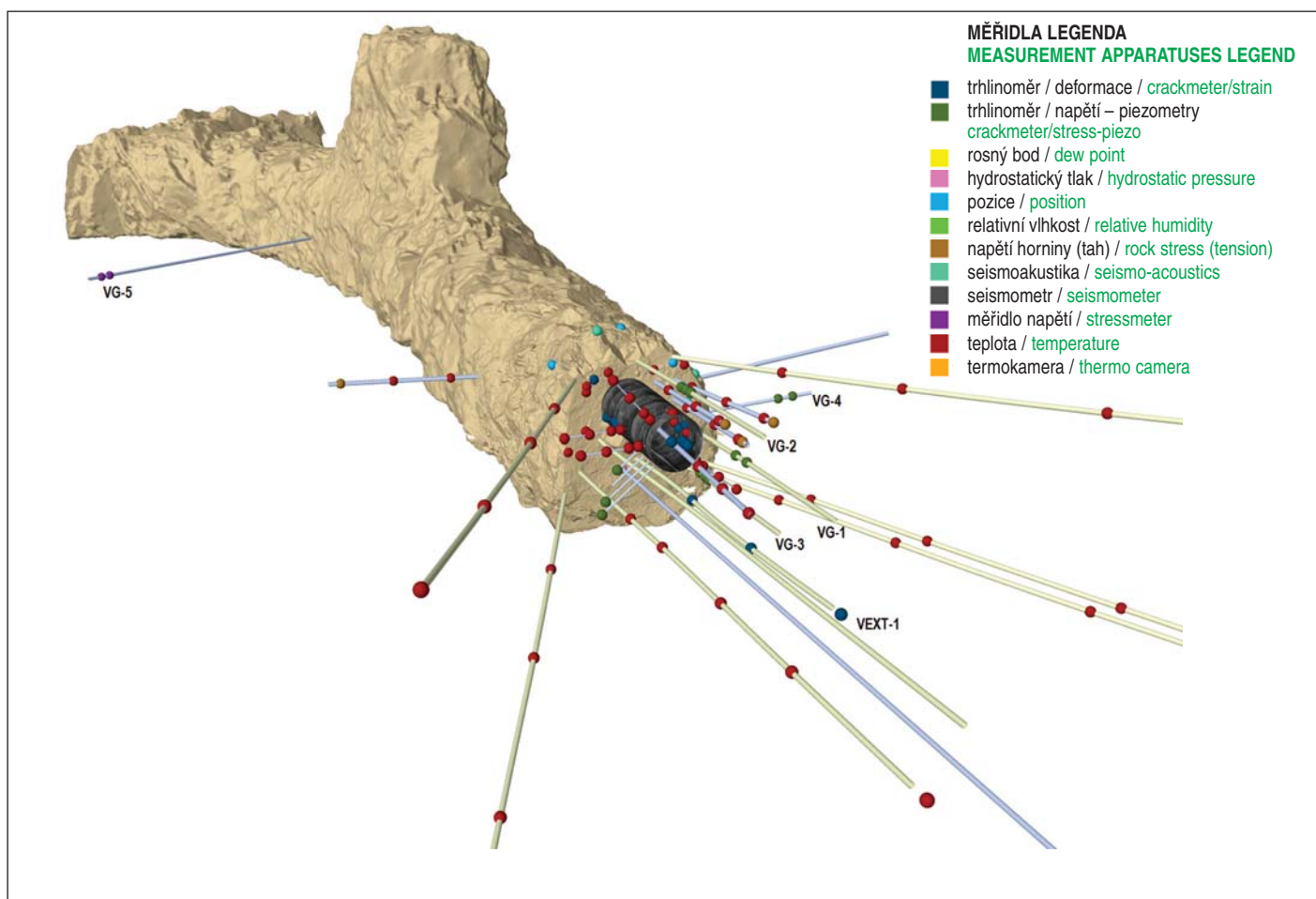
The results of the geotechnical analyses of drill cores indicate a significant degree of homogeneity of the tested rock within the whole volume of the field experiment.

The thermal conductivity and thermal capacity of tonalite from the experimental locality fluctuates about $\lambda = 3.67 \text{ W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, or $c_v = 2.16 \times 10^6 \text{ J.m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$. The average coefficient of thermal expansion $\alpha = 8.3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ at the maximum loading temperature of 100°C was determined by the laboratory measurement of thermal dilatation of 4 samples of local tonalite. The isotropic behaviour of these rocks was determined by the measurement of the anisotropy of thermal conductivity.

IN-SITU EXPERIMENT MONITORING EQUIPMENT

The continual collection of data comprises quantities important for the maximally true structure of the mathematical model of the heating of a granitoid environment and propagation of heat in it. The equipment comprises thermometers properly distributed in the three-dimensional rock surroundings of the excavation face part being heated, seismic transducers, seismo-acoustic sensors, a thermal camera, mechanical stress sensors, dilatometers (installed in significant cracks in the excavation face and in the heating borehole), sensors of hydraulic pressure in boreholes, measurements of air temperature, humidity and atmospheric pressure in the tunnel side stub (see Fig. 2). Remote boreholes allow of the comparative monitoring of the surrounding environment unaffected by the experiment.

The geotechnical monitoring of changes in the rock stress and strain caused by changes in temperature is carried out by means of Geokon vibrating wire temperature sensors. The main advantage of the use of these vibrating wire temperature sensors is the installation of the thermistor recording temperatures in the measurement place inside the body of a probe. It is possible by means of the thermistor to correct the measurement by incorporating the thermal expansion of the probe itself. This is a fundamental property of such probes used in the process of monitoring the changes in parameters attributable to temperatures. Other advantages comprise the long-term stability of measurements, waterproofing capacity and possibility of the use of long signal cables. The monitoring consists of the following elements:



Obr. 2 Model instrumentace monitorovacích vrtů za stěnou vstupní chodby, délka vrtů 2,5 až 12 m

Fig. 2 A model of the instrumentation of monitoring boreholes behind the wall of the entry gallery; boreholes 2.5m to 12m long

- Posun horninového masivu: extenzometr se třemi kotvami v hloubkách 2, 4 a 6,4 m a třemi snímači posunu model 4450 je umístěn ve vodorovném vrtu VEXT-1 průměru 76 mm;
- Svírání horninového masivu: tři snímače přetvoření model 4000 jsou umístěny v předvrtu průměru 400 mm hlavního širokoprofilového vrtu s topidlem.

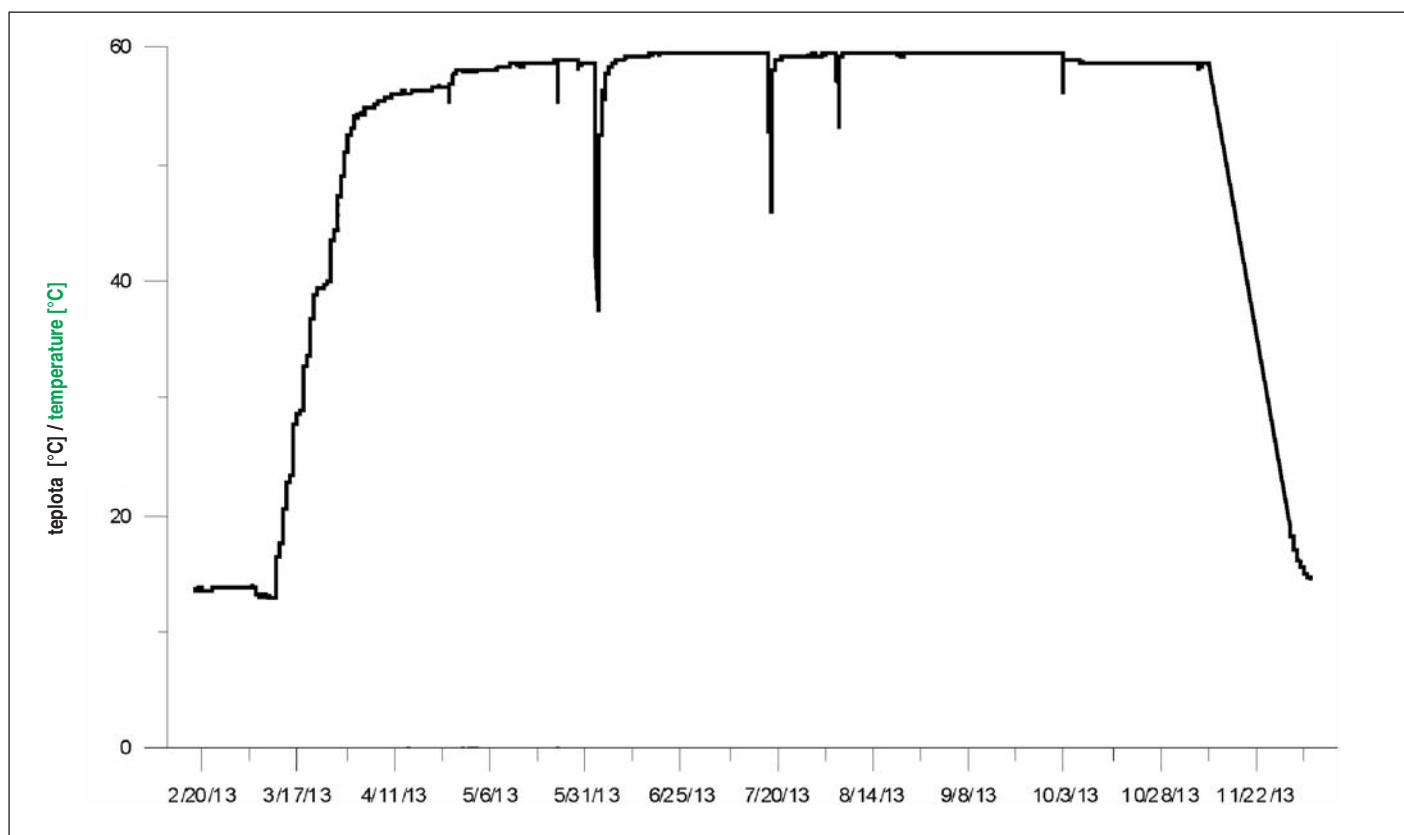
Všechna měření musí být možné časově přesně zařadit, aby bylo možné rozlišit mezi lokálním vlivem ohřevu a účinkem globálního fenoménu, např. silného zemětřesení, změny hladiny podzemní vody apod. Proto je k měřením připisován čas z přijímače GPS, který je umístěn před vchodem do dolu. Periodu ohřevu na $\sim 95^\circ\text{C}$ a následného ochlazování masivu na $\sim 10^\circ\text{C}$ zobrazuje graf na obr. 3, obr. 4 vykresluje distribuci teplot v době dosažení semiustáleného stavu, tedy v závěru 1. zahřívacího cyklu.

MĚŘENÍ PROVÁDĚNÁ V HORNINOVÉM PROSTŘEDÍ IN-SITU EXPERIMENTU

V lokalitě in-situ experimentu probíhají kontinuální monitoring a kampaňová měření. Kampaňová měření představují činnosti související s popisem masivu před začátkem experimentu, při významných změnách v průběhu experimentu a po jeho skončení. Jedná se zejména o měření úderovou seismikou, geo-elektrická měření, ultrazvukové prozařování a studium změny tepelné kapacity a vodivosti. Vzhledem k charakteru podzemních činností bylo třeba některé měřicí nástroje speciálně připravit nebo upravit. Automaticky jsou monitorovány externí parametry, jako hladina podzemní (důlní) vody, teplota, tlak a vlhkost vzduchu, seismická aktivita, režimně jsou měřeny výtoky z vrtů.

- Pore pressures: 4500SH-model piezometers are installed in narrow perpendicular boreholes carried out from the main wide-profile borehole housing the heater;
- Changes in rock stress: 4300BX-model stressmeters are installed in five 60mm-diameter boreholes VG-1 to VG-5;
- Displacements across cracks: 4422-model micro crackmeters are installed in the main wide-profile borehole housing the heater on rock blocks intersected by cracks;
- 3D displacement across a crack: a 4450-model 3D crackmeter with three displacement transducers is installed in the main wide-profile borehole housing the heater on rock blocks intersected by cracks;
- Rock mass displacement: an extensometer with three anchors at the depths of 2m, 4m and 6.4m and three 4450-model displacement transducers is installed in the 76mm-diameter VEXT-1 horizontal borehole;
- Rock mass constriction: three 4000-model deformation transducers are installed in a 40mm-diameter borehole carried out ahead of the excavation face of the main wide-profile borehole containing the heater.

It is necessary to be possible to assign exact time to all measurements so that it is possible to differ between the local effect of heating and the effect of a global phenomenon, e.g. a strong earthquake, a change in the water table level etc. It is the reason why the time from a GPS receiver, which is installed in front of the mine entrance, is assigned to the measurements. The period of heating to $\sim 95^\circ\text{C}$ and subsequent cooling of the rock mass to $\sim 10^\circ\text{C}$ is represented in Fig. 3. Figure 4 depicts the thermal distribution at the moment of achieving the semi-steady state, i.e. at the end of the 1st heating cycle.



Obr. 3 Graf ohřevu a ochlazení horniny in-situ experimentu (v těsné blízkosti zahřívacího vrtu) v průběhu roku 2013

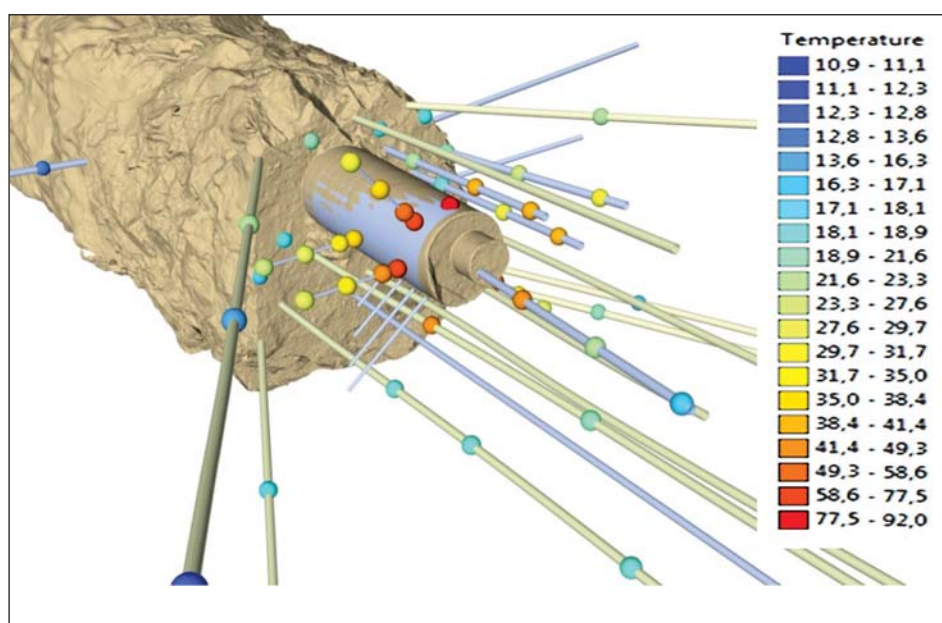
Fig. 3 Graph of the heating and cooling of rock of the in-situ experiment (at a close vicinity of the heating borehole) during 2013

V deseti vrtech byly provedeny sumární vodní tlakové zkoušky, které umožňují popis hydrodynamických vlastností puklinového systému experimentální lokality, např. stanovení propustnosti horninového prostředí. Ze srovnání hodnot koeficientů hydraulické vodivosti vyhodnocených vrtů je patrné, že v prostředí in-situ experimentu existují významné preferenční proudové cesty (puklinový systém). Pokud vrt tento systém zastihl, koeficient hydraulické vodivosti se pohybuje v řádu 10^{-8} m.s^{-1} . Pokud však ani dlouhý vrt žádnou významnou puklinu umožňující proudění vody nezastihl, koeficient hydraulické vodivosti klesne až

MEASUREMENTS CONDUCTED IN THE IN-SITU EXPERIMENT ROCK ENVIRONMENT

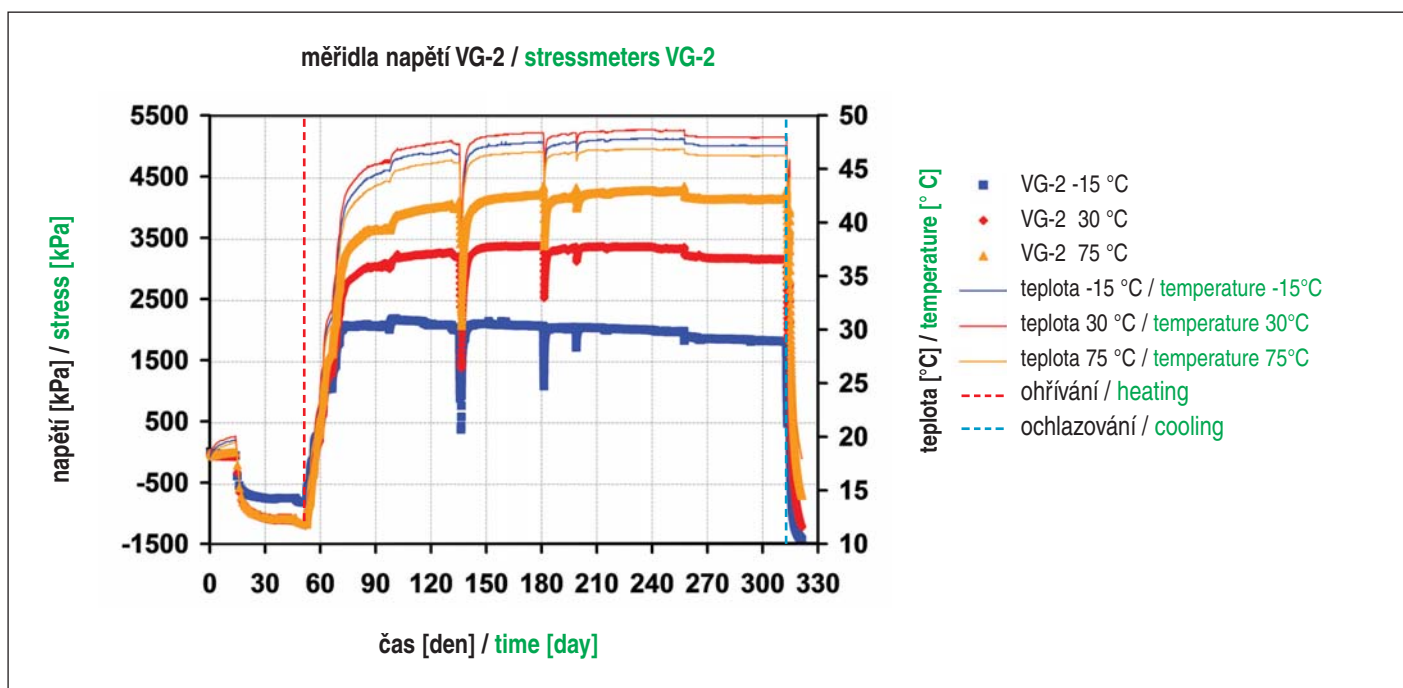
Continual monitoring and measurement campaigns are being conducted in the in-situ experiment locality. The measurement campaigns represent activities associated with the rock mass description before the beginning of the experiment, on the occasions of significant changes in the experiment course and after its completion. They comprise in particular measurements using seismic impacts, geoelectrical measurements, ultrasound analyses and studying changes in thermal capacity and conductivity. With respect to the character of underground activities, it was necessary to specially prepare or modify some measurement instruments. External parameters, such as the (mine) water table level, temperature, pressure and humidity of air and seismic activity are monitored automatically; a regime is applied to the measurement of outflows from the boreholes.

Summary hydraulic pressure tests were carried out in ten boreholes. They allow of describing hydrodynamical properties of the fissure system in the experimental locality, for example determining the permeability of rock environment. It is obvious from the comparison of the values of hydraulic conductivity coefficients that significant preference flow paths (a fissure system) exist in the in-situ experiment environment. In the case that the borehole encounters this system, the hydraulic conductivity coefficient fluctuates about



Obr. 4 Graficky znázorněné hodnoty teploty dosažené na jednotlivých teplotních čidlech v horninovém masivu poblíž zahřívacího vrtu, délka širokoprofilového zahřívacího vrtu činí 2,20 m

Fig. 4 Graphically depicted values of the temperature measured on individual thermal sensors in the rock mass near the heating borehole; the wide-profile heating borehole length is 2.20m



Obr. 5 Změny napětí ve vrtu VG-2

Fig. 5 Changes of stress in VG-2 borehole

o dva řády na úroveň $10^{-10} \text{ m.s}^{-1}$. Hydraulická vodivost, která byla měřena na vzorcích neporušeného tonalitu z vrtných jader, byla stanovena na $k < 10^{-14} \text{ m.s}^{-1}$. Přesnější stanovení se v daných laboratorních podmínkách nedalo určit. Sumární zkoušky byly následovány referenčními intervalovými tlakovými zkouškami na 4 vybraných úsecích 2 vrtů. Před ukončením první vyhřívací fáze in-situ experimentu byla provedena druhá série intervalových tlakových zkoušek s referenčními zkouškami ukázalo, že teplotní zatížení horninového masivu může způsobit oboustranné změny hydraulické vodivosti. Podrobnější analýzu bude možno provést až po dalším zahřívacím cyklu.

Z hydrochemických analýz vyplývá zvýšená variabilita obsahu sodíku, draslíku, hydrogenuhlíčanů, a chloridů. Hydrochemické analýzy podzemních vod byly doplněny o studium mineralogického složení novotvořených minerálních fází vysrážených z těchto podzemních vod, kde dominují karbonáty Ca a oxidické sloučeniny Fe. Dále bylo v podzemní vodě vytékající z monitorovacích vrtů mikrobiologickým rozбором objeveno zhruba dvacet blíže nespecifikovaných kmenů mikroorganismů z řádu bakterií, hub i plísň, přičemž běžně jsou v podzemních důlních vodách zastoupeny dva až tři kmeny. Biochemické procesy mají v mnoha případech vliv na chemické procesy nejen v samotném horninovém prostředí, ale mohou negativně ovlivňovat i technická zařízení instalovaná v experimentu nebo při budoucím využití výsledků výzkumu.

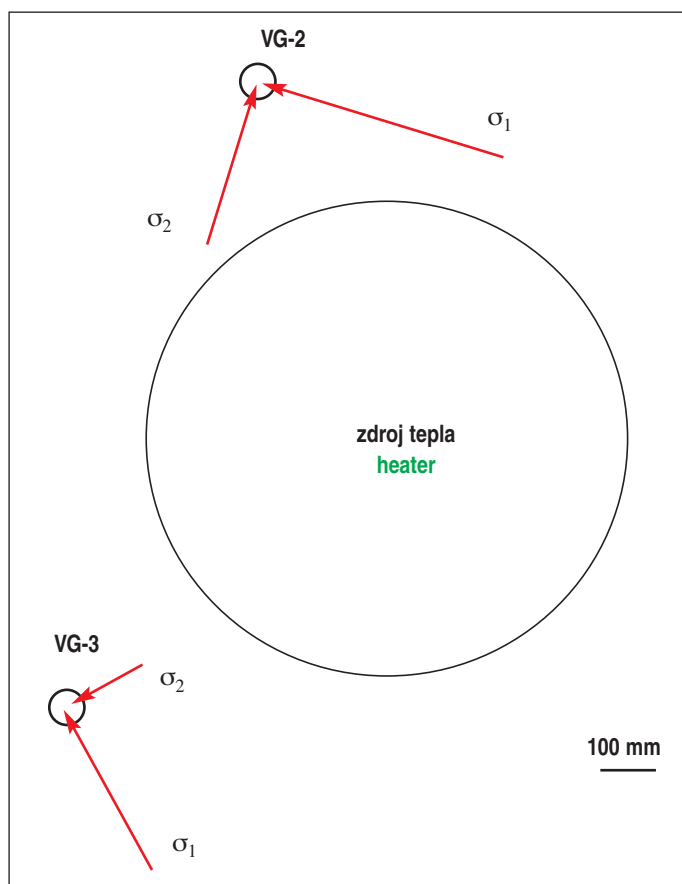
Deformační moduly horninového masivu byly stanoveny před ohřevem masivu pomocí zkoušky Goodman Jack test. Celkem bylo realizováno 50 testů v deseti monitorovacích vrtech průměr 76 mm. Každý test se skládal ze dvou zatěžovacích a dvou odlehčovacích větví s tlakovacím krokem 5 MPa. K výpočtu deformačního modulu byly použity hodnoty z druhé zatěžovací větve, kdy byl tlak postupně zvyšován z 20 MPa na 40 MPa. Výpočet probíhal podle Heuze (1984). Zjištěná průměrná hodnota 9 GPa modulu in-situ byla použita k výpočtu změn napětí registrovaných v hornině, jak doporučují Chan et al. (1981).

Nejvýznamnější je vliv tepelného namáhání na změny napětí v hornině. Např. z grafu (obr. 5) je patrné, že po instalaci tří snímačů ve vrtu VG-2 vzdáleného 0,24 m od vrtu s topidlem

the order of 10^{-8} m.s^{-1} . However, if no significant fissure allowing the flowing of water is encountered even by a long borehole, the hydraulic conductivity coefficient drops even by two orders of magnitude, to the level of $10^{-10} \text{ m.s}^{-1}$. The hydraulic conductivity which was measured on the samples of undisturbed tonalite obtained from drill cores was determined at $k < 10^{-14} \text{ m.s}^{-1}$. More precise determination could not be made in the particular laboratory conditions. The summary tests were followed by reference interval pressure tests on 4 selected sections of 2 boreholes. The second series of interval pressure tests was carried out before the completion of the initial heating phase of the in-situ experiment. The comparison of results of the second series of hydraulic pressure tests with the reference tests proved that the thermal loads acting on the rock mass can cause double-sided changes in the hydraulic conductivity. It will be possible to carry out a more detailed analysis only after the next heating cycle.

It follows from biochemical analyses that the variability of the content of sodium, kalium, hydrogencarbonates and chlorides is increased. Hydrochemical analyses of groundwater were complemented by a study into mineralogical composition of newly created mineral phases precipitated from this groundwater, where Ca carbonates and Fe oxidic compounds dominate. In addition, about twenty closer unspecified strains of microorganisms from the order of bacteria, fungi and mildew were identified by the microbiological analysis of groundwater flowing from the monitoring boreholes; the common practice is that only two to three strains are represented in mine groundwater. Biochemical processes in many cases influence chemical processes not only in the rock environment itself, but they may even negatively influence technical facilities installed in an experiment or during the future application of research results.

The moduli of deformation of the rock mass were determined prior to the heating of the mass, using the Goodman Jack test. The total of 50 tests were realised in ten 76mm-diameter monitoring boreholes. Each test consisted of two loading branches and two relief branches with 5MPa pressurising step. The values from the second loading branch, where the pressure was



Obr. 6 Maximální a minimální napětí v rovině kolmé na vrtu VG-2 a VG-3
Fig. 6 Maximum and minimum stress in a plane perpendicular to boreholes VG-2 and VG-3

docházelo k poklesu napětí způsobeného relaxací napětí po předepnutí měřidla a dále chlazením masivu po iniciálním vyhřátí masivu. Po zahájení ohřevu vystoupala napětí až na hodnotu 4,3 MPa. Tři krátkodobé poklesy jsou způsobeny ochlazením masivu, které bylo způsobeno ztrátou výkonu topidla v důsledku výpadků dodávky el. proudu. Po zahájení chlazení experimentu pak napětí rychle kleslo. Výše uvedené hodnoty dosaženého napětí jsou obdobné jako hodnoty publikované v článku Kwon et al. (2013). Ti uvádějí maximální tlak přibližně 5 MPa ve vzdálenosti 0,5 m od topidla, které bylo 2 m dlouhé a mělo výkon 5 kW.

Díky použití trojice sond vzájemně pootočených o 45° lze ve vrtech VG-2 a VG-3 podle rovnic uvedených v (Merrill a Peterson, 1961) vypočítat hlavní napětí rovinné napjatosti, které působí v rovině čelby.

Ve vrtu VG-2 vzdáleném 0,24 m od topidla při nejvyšším napětí platilo:

$\sigma_1 = 9,2$ MPa; směr 107° od vertikály

$\sigma_2 = 6,0$ MPa; směr kolmý na σ_1

Ve vrtu VG-3 vzdáleném 0,32 m od topidla při nejvyšším napětí platilo:

$\sigma_1 = 6,3$ MPa; směr 152° od vertikály

$\sigma_2 = 3,0$ MPa; směr kolmý na σ_1

Graficky jsou hlavní napětí vykreslena v obrázku (obr. 6). Z něj je patrné, že nejmenší napětí působí směrem k vrtu s topidlem, kam se může hornina volně deformovat.

Pórové tlaky podzemní vody v hornině způsobené její teplotní roztažností byly monitorovány pomocí piezometrů těsněných pomocí pakru. Po počátečním ustalování tlaků byl v grafu (obr. 7) patrný nárůst pórových tlaků a teplot. Ten odpovídal začátku vyhřívání centrálního vrtu. Ve vrtu dlouhém 870 mm byl nárůst pórových tlaků poměrně rychlý, 76 dní po začátku topení bylo dosaženo 0,234 MPa. Poté docházelo k pozvolné disipaci pórových tlaků. Ve vrtu dlouhém 1040 mm byl nárůst tlaků pozvolný, maximum 0,184 MPa bylo

gradually increased from 20MPa to 40MPa, were used for the calculation of the modulus of deformation. The calculation according to Heuze (1984) was used. The identified average value of 9GPa was applied to the calculation of changes in stresses registered in the rock, as recommended by Chan et al. (1981).

The influence of thermal loading on changes in stresses in rock is the most important. It is obvious, for example, from graph (see Fig. 5) that stresses induced by the relaxation of stress after pre-stressing of the measuring apparatus and further by the cooling of the massif after the initial heating of the mass, were reduced after the installation of three transducers in VG-2 borehole, which was located at the distance of 0.24m from the borehole housing the heater. The stresses grew up to the value of 4.3MPa after the beginning of heating. The three short-term peaks are the result of the mass cooling which was caused by a loss of the performance of the heater due to a power supply failure. Nevertheless, the stress quickly dropped after the start of the experiment cooling. The above-mentioned values of the achieved stress are similar to the values published in a paper by Kwon et al. (2013). They present the maximum pressure of approximately 5MPa at the distance of 0.5m from the heater, which was 2m long and its power was 5kW.

Thanks to the use of three probes rotated against each other by 45° it is possible to calculate in boreholes VG-2 and VG-3 the main stress of the plane stress state acting in the excavation face plane, using the equations presented in (Merrill and Peterson, 1961).

The following applied to VG-2 borehole located at the distance of 0.24m from the heater, at the highest stress:

$\sigma_1 = 9.2$ MPa; direction 107° from vertical

$\sigma_2 = 6.0$ MPa; direction perpendicular to σ_1

The following applied to VG-3 borehole located at the distance of 0.32m from the heater, at the highest stress:

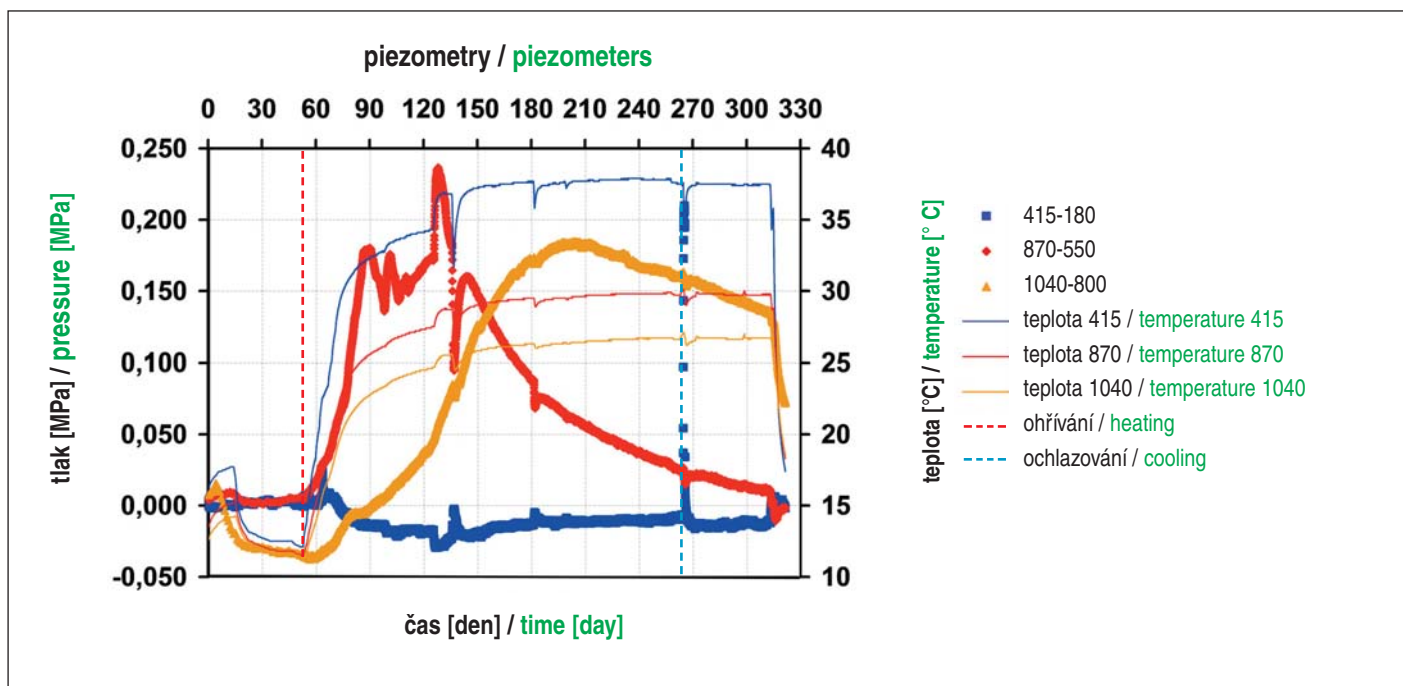
$\sigma_1 = 6.3$ MPa; direction 152° from vertical

$\sigma_2 = 3.0$ MPa; direction perpendicular to σ_1

The main stresses are depicted graphically in the picture (see Fig. 6). It is obvious from the picture that the smallest stress acts in the direction of the borehole housing the heater, in which rock can freely deform.

The pore pressures of groundwater in the rock which are induced by the rock thermal expansion were monitored using piezometers sealed by means of packers. An increase in pore pressures and temperatures was obvious in the graph (see Fig. 7) after the initial stabilisation of pressures. It corresponded to the beginning of heating of the central borehole. The increase in pore pressures in the 870mm long borehole was relatively quick; the value of 0.234MPa was reached 76 days after the beginning of heating. Subsequently the pore pressures slowly started to dissipate. The increase in pressures in the 1040mm long borehole was slow; the maximum of 0.184MPa was reached only after 150 days from the beginning of heating. In the 415mm long borehole there was moderate negative pressure. The sharp increase in pressure on the 264th day of measuring was caused by the realisation of a hydraulic pressure test in VM-3 borehole. The fluctuations about the 136th, 181st and 199th day of measuring were caused by power failures. The pore pressures dropped after the commencement of cooling.

The displacements of rock blocks and the massif induced by thermal stress range within the orders of hundredths to tenths of a millimetre. As an example, the movement of cracks in the central borehole registered by means of Micro Crackmeters is presented in the picture (see Fig. 8). The cracks started to open



Obr. 7 Pórové tlaky vody v hornině

Fig. 7 Pore pressures of water contained in rock

dosaženo až po 150 dnech od začátku topení. Ve vrtu dlouhém 415 mm byl mírný podtlak. Prudký nárůst tlaku 264. den měření byl způsoben realizací vodní tlakové zkoušky ve vrtu VM-3. Výkyvy okolo 136., 181. a 199. dne měření byly způsobeny výpadky elektrické energie. Po zahájení chlazení došlo k poklesu pórových tlaků.

Posuny horninových bloků a masivu v důsledku tepelného namáhání se pohybují pouze v řádech setin až desetin milimetru. Jako příklad je uveden na obrázku (obr. 8) pohyb puklin v centrálním vrtu registrovaný pomocí microcrackmeterů. Po začátku vyhřívání docházelo k rozvírání puklin. Pukliny se snímači 2 a 6, které jsou blízko volnému okraji horniny, se při konstantní teplotě pozvolně svíraly zpět. Na puklině osazené snímači 3 a 4 byl větší posun ve směru k volnému prostoru čelby než rozvírání pukliny měřené napříč. Výkyvy okolo 124., 169. a 187. dne měření byly opět způsobeny výpadky elektrické energie. Po zahájení chlazení došlo k svírání trhlin.

Z grafů na výše zmíněných obrázcích (obr. 5, 7, 8) je rovněž patrný okamžitý prudký pokles měřených hodnot po vypnutí topného tělesa, který je způsoben malým rozměrem topného tělesa oproti horninovému masivu. Tento jev potvrdilo numerické modelování.

Modelování teplotního pole je v současnosti pokryto modelem v programu COMSOL, který v sobě zahrnuje i mechanické namáhání horniny. Vzhledem k dobré shodě modelu s experimentem ve velkém měřítku lze použít vypočtené hodnoty (ať už v určitém konkrétním čase, či při modelování stacionárního stavu) jako okrajové podmínky pro jemnější úlohu na menší oblasti, ovšem s podrobnější geometrií topidla a s možností zahrnutí puklin.

ZÁVĚRY

Z dosavadních výsledků in-situ cyklického zahřívání granitoidního horninového prostředí vyplývají tyto nejdůležitější závěry:

- Výrazné in-situ termálně indukované napětí je řádově téměř shodné s tahovou pevností horniny.
- Dochází k velmi rychlému nárůstu / relaxaci napětí a deformace v závislosti na fluktuacích vytápění horniny.
- Termálně indukovaná deformace je plně reverzibilní.
- Dochází ke zvýšené mikrobiologické aktivitě, pravděpodobně spjaté s ohřevem horninového masivu.

after the beginning of heating. The cracks measured with transducers No. 2 and 6, which are near the free edge of the rock, again slowly closed at a constant temperature. On the crack observed by transducers No. 3 and 4, greater displacements were measured in the direction of the free space of the excavation heading than the opening of the crack measured transversally. The fluctuations around the 124th, 169th and 187th day of measurements were again caused by power failures. The cracks again started to close after the commencement of cooling.

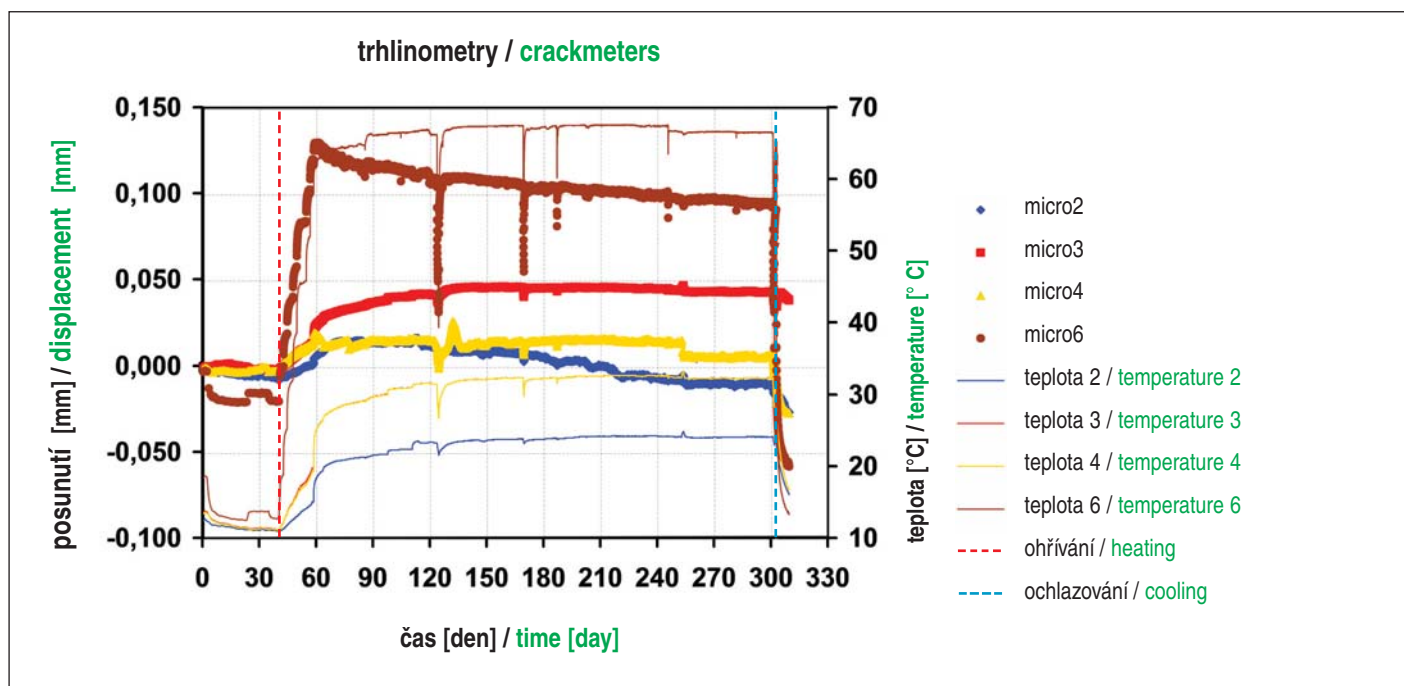
A sharp drop in the measured values immediately after switching the heater off, attributable to the small size of the heater in comparison with the rock mass, is in addition obvious from the graphs in the above-mentioned pictures (Figures 5, 7 and 8). This phenomenon was confirmed by numerical modelling.

The modelling of a thermal field is currently covered by the model in the COMSOL program, which even comprises the mechanical stress of rock. Owing to the good agreement between the model and the large-scale experiment it is possible to use the calculated values (both at a particular time and in modelling a stationary state) as boundary conditions for a finer problem on a smaller area, but with the more detailed geometry of the heater and with the possibility for incorporating the fissures.

CONCLUSIONS

The following most important conclusions follow from the cyclic heating of the granitoid rock environment:

- The considerable in-situ thermally induced stress is nearly identical in the order of magnitude with the tensile strength of the rock.
- A very rapid increase / relaxation in stress and strain takes place depending on the fluctuation of the heating of the rock.
- The thermally induced deformation is fully reversible.
- Increased microbiological activity takes place, probably associated with the heating of the rock mass.



Obr. 8 Pohyb puklin v centrálním vrtu

Fig. 8 Movement of cracks in the central borehole

- Termální ovlivnění horninového masivu má měřitelný vliv na hydraulické propustnosti horninového prostředí.

PODĚKOVÁNÍ

Tento projekt (FR-TI3/325) byl realizován za finanční podpory z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva průmyslu a obchodu. Autoři příspěvku by rádi poděkovali realizačnímu týmu projektu (Česká geologická služba, ISATech s. r. o., ARCADIS CZ a. s., Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v. v. i., Technická univerzita v Liberci / Ústav pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace).

RNDr. KAREL SOSNA, Karel.Sosna@arcadis.cz,
Ing. JIŘÍ ZÁRUBA, MBA, Jiri.Zaruba@arcadis.cz,
ARCADIS CZ, a. s.,
Mgr. JAN FRANĚK, Ph.D., Jan.Franek@geology.cz,
ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA

Recenzovali: doc. RNDr. Pavel Pospíšil, Ph.D.,
doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc.

- The thermal affecting of rock mass has a measurable influence on hydraulic permeability of rock environment.

ACKNOWLEDGEMENTS

This project (FR-TI3/325) was realised under financial support from the means of the state budget through the Ministry of Industry and Trade. The authors of the paper would like to thank the project realisation team (the Czech Geological Survey, ISATech s. r. o., ARCADIS CZ a. s., the Institute of Rock Structure and Mechanics of the ASCR, v. v. i., the Technical University in Liberec / the Institute for Nanomaterials, Advanced Technologies and Innovation).

RNDr. KAREL SOSNA, Karel.Sosna@arcadis.cz,
Ing. JIŘÍ ZÁRUBA, MBA, Jiri.Zaruba@arcadis.cz,
ARCADIS CZ, a. s.,
Mgr. JAN FRANĚK, Ph.D., Jan.Franek@geology.cz,
ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA

LITERATURA / REFERENCES

- Andersson, J., Martin, C., 2009 The Äspö pillar stability experiment: Part I—Experiment design. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 46(5), 865-878
- Berchenko, I., Detournay, E., Chandler, N., Martino, J., 2004 An in-situ thermo-hydraulic experiment in a saturated granite I: design and results. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 41(8), 1377-1394
- Heuze, F., 1984 Suggested Method for estimating the in-situ Modulus of Deformation of Rock Using the NX-Borehole Jack. *Geotechnical Testing Journal GTJODJ*, 7(4), 205-210
- Chan, T., Hood, M., Witherspoon, P., 1981 Predicted and Measured Temperatures, Displacements and Stresses from the Stripa Heater Experiments. *Subsurface Space*, 2, 829-837
- Kwon, S., Lee, C., Yoon, C.-H., Cho, W.-J., 2013 In-situ borehole heater test at the KAERI Underground Research Tunnel in granite. *Annals of Nuclear Energy*, 62, 526-535
- Merrill, R. H., and Peterson, J. R., 1961 Deformation of a bore hole in rock. U. S. Bureau of Mines report RI 5881
- Morávek, P., 1996 The Mokrsko gold deposit. In: Morávek P. ed.: Gold deposits in Bohemia. Czech geological survey, 31-56, Prague
- Schneefuß, J., Gommlich, G., Noell, U., 1989 The heater test at the Grimsel Rock Laboratory: The thermo-mechanical response of the rock mass to a heat flux. *Nuclear Engineering and Design*, 116(1), 25-31
- SOSNA, K., FRANĚK, J., VONDROVIC, L., ZARUBA, J., 2014 Stresses and strains induced by in-situ thermal loading of granitic massif. In *Proc. of 2014 ISRM International Symposium*. Sapporo, Japan.

RAŽBA SUDOMĚŘICKÉHO TUNELU NA IV. TRANZITNÍM KORIDORU Z POHLEDU GEOTECHNIKA

SUDOMERICE TUNNEL EXCAVATION ON 4TH RAILWAY TRANSIT CORRIDOR FROM GEOTECHNICAL ENGINEER'S PERSPECTIVE

MILAN KÖSSLER, MARIÁN STEIGER, VLADIMÍR TÁBORSKÝ

ABSTRAKT

V loňském roce se rozběhly stavební práce na modernizaci IV. tranzitního železničního koridoru v úseku Tábor – Sudoměřice u Tábora. Součástí této stavby je i nový dvoukolejný tunel celkové délky 444 m budovaný konvenčním způsobem podle zásad NRTM. Ražba tunelu probíhala v prostředí moldanubických hornin, které byly na tunelu reprezentovány převážně pararulami. Ty byly zastíženy v různém stupni zvětření a porušení od zcela rozložených hornin charakteru zemin až po relativně pevné horniny třídy R2. V průběhu ražby byl na tunelu prováděn soustavný inženýrsko-geologický a geotechnický dohled, jehož výsledkem byla doporučení pro zařazení do jednotlivých technologických tříd výrubu. Nedílnou součástí při ražbě byl rovněž komplexní geotechnický monitoring, který v sobě zahrnoval soubor geodetických sledování, hydrogeologický monitoring, seismická a akustická měření, pasportizaci stávajících objektů, tenzometrická měření a další. V červnu letošního roku byl tunel vč. opěrky a výklenků úspěšně doražen a mohlo být pokračováno návaznými pracemi – budováním základových pasů a drenážního systému, pokládkou hydroizolací, montáží armatury a vlastní betonáží sekundárního monolitického ostění.

ABSTRACT

The work on the modernisation of the Tabor – Sudomerice u Tábora section of the 4th railway transit corridor section commenced last year. A new double-track tunnel with the total length of 444m, which was built using the principles of the NATM, was a part of this project. The tunnel excavation proceeded through the environment formed by Moldanubic rock types, which were represented mostly by paragneiss. Various degrees of the paragneiss weathering and faulting were encountered, ranging from completely decomposed rock with the character of soil up to relatively sound rock categorised as class R2. Systematic engineering geological and geotechnical investigation was conducted during the course of the tunnel excavation; it resulted into recommendations regarding the determination of particular NATM excavation support classes. Comprehensive geotechnical monitoring, comprising a set of seismic and acoustic measurements, the condition survey of existing structures, strain gauge measurements and others, was also an inseparable part during the course of the tunnel excavation. The tunnel excavation, including the excavation of the bench and recesses, was successfully completed in June 2014, and it was possible to proceed with subsequent work activities – building the strip footings and the drainage system, installing waterproofing membranes, concrete reinforcement and the secondary cast-in-situ lining.

ÚVOD

V srpnu 2013 započaly stavební práce na Sudoměřickém tunelu, který je budován v rámci modernizace IV. tranzitního železničního koridoru v traťovém úseku Tábor – Sudoměřice u Tábora. Koridor Praha – Benešov u Prahy – Tábor – České Budějovice – Horní Dvořiště patří k nejdůležitějším tratím České republiky. Spojuje aglomeraci hlavního města s Tábořskem a jižními Čechami. Zároveň je významnou transevropskou železniční trasou sítě TEN-T na severojižní ose Balt – Jadran (Berlin – Bad Schandau – Děčín – Praha – Horní Dvořiště – Linz – Salzburg – Villach – Tarvisio – Venezia – Bologna/Trieste). Po dokončení modernizace IV. koridoru dojde ke zkrácení jízdní doby vlaků na celé trase z Českých Budějovic do Prahy z původních 2 h 30 min na 1 h 45 min.

Z důvodu nevyhovujících směrových parametrů v úseku Chotoviny – Sudoměřice u Tábora je stávající těleso železnice opuštěno. Nová trasa napřimuje původní oblouky malého poloměru, čímž dochází ke zvýšení maximální rychlosti vlaků až na 160 km/h z původních 90 km/h. Napřímená trať v tomto úseku prochází relativně členitým terénem, ve kterém projektant navrhl několik nových mostů, estakádu a také dvoukolejný tunel. Ten svým jižním portálem podchází pod stávající silnici č. I/3 České Budějovice – Praha, která je již v této lokalitě nahrazena novou souběžnou dálnicí D3. Celková délka tunelu činí 444 m, z toho je 420 m ražených (37 dilatačních pásů), jeden dvanáctimetrový pás náleží jižnímu portálu a jeden dvanáctimetrový pás severnímu portálu.

INTRODUCTION

The construction work on the Sudomerice tunnel, which is built within the framework of the Tabor – Sudomerice u Tábora track section of the 4th railway transit corridor, started in August 2013. The Prague – Benesov u Prahy – Tabor – Ceske Budejovice – Horni Dvoriste corridor belongs among the most important railway lines of the Czech Republic. It connects the capital city agglomeration with the Tabor region and southern Bohemia. At the same time, it is an important trans-European railway route of the TEN-T network on the north-south axis linking the Baltic Sea with the Adriatic Sea (Berlin – Bad Schandau – Decin – Prague – Horni Dvoriste – Linz – Salzburg – Villach – Tarvisio – Venezia – Bologna/Trieste). After the completion of the 4th corridor modernisation, the travel time of trains on the entire route from Ceske Budejovice to Prague will be reduced from the original 2 hours and 30 minutes to 1 hour and 45 minutes.

With respect to unsatisfactory directional parameters existing in the Chotoviny – Sudomerice u Tábora section, the existing track bed has been abandoned. The new alignment straightens the original small-radius curves and allows the maximum train speed to be increased from the original 90km/h up to 160km/h. In this particular section, the straightened track passes across a relatively dissected terrain. Designers proposed several new bridges, a viaduct and also a double-track tunnel for it. The southern portal of the tunnel passes under the existing I/3 road

STRUČNÝ POPIS STAVEBNĚTECHNICKÉHO ŘEŠENÍ

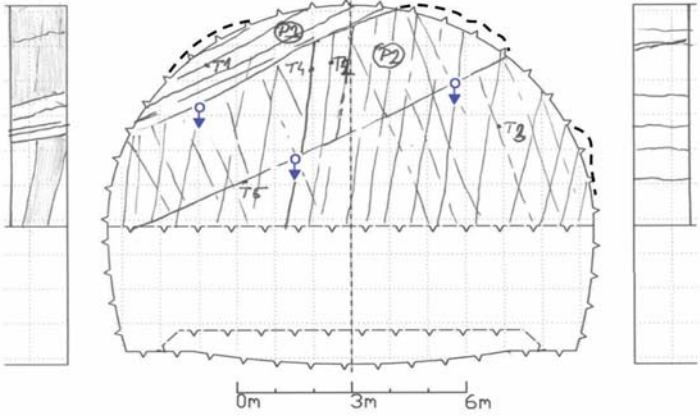
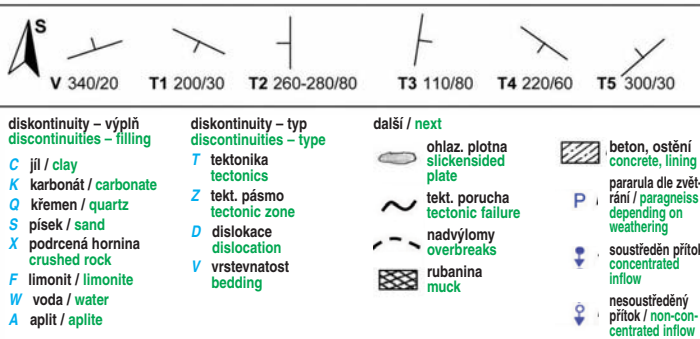
Ražený Sudoměřický tunel byl budován konvenčně tzv. Novou rakouskou tunelovací metodou (NRTM) a je konstruován jako dvouplášťový (primární a sekundární ostění) s mezilehlou fóliovou hydroizolací. Primární ostění bylo v projektu realizační dokumentace rozděleno do pěti technologických tříd výrubu (TTV), ze kterých byly při vlastní ražbě využity jen třídy čtyři označené III, IV, Va a Vc. Nejslabnější třída II nebyla při ražbě v daných geologických podmínkách využita. Primární vystrojení je tvořeno ocelovými příhradovými rámy, stříkaným betonem C 20/25 tloušťky od 20 cm do 30 cm (podle použité TTV) vyztuženým ocelovými sítěmi, svorníky a ocelovými jehlami pro ochranu přístupů. Sekundární ostění je lité z železobetonu, příp. z betonu nevyztuženého třídy C 25/30. Pouze dva příportálové pásy z každé strany tunelu byly z důvodu agresivity prostředí navrženy z monolitického železobetonu C 30/37 XF3. Sekundární ostění má v ražené části navrženou tloušťku 30 cm, pod želvou činí tloušťka 35 cm a jižní a severní hloubený pás mají tloušťku definitivního ostění 60 cm.

Ražba tunelu probíhala dovrchně směrem od vjezdového jižního portálu směrem k portálu výjezdovému. Při ražbě bylo dodržováno horizontální členění – v předstihu ražena kalota (cca 60 m²) s následným dotěžením opěr (cca 40 m²). TTV III byla využita v nejpriznivějších geologických podmínkách, a byla tudíž nejslabší vystrojena a měla nejdelší stavební postup (max. 2 m). Naopak třída Va byla aplikována do nejpriznivějších geologických poměrů,

from Ceske Budejovice to Prague, which has already been replaced by the new D3 motorway, running in parallel with it. The total length of the tunnel amounts to 444m; the length of 420m is built by mining (37 expansion blocks); one 12m-long block is part of the southern portal and one twelve-meter block is part of the northern portal.

BRIEF DESCRIPTION OF THE STRUCTURAL AND TECHNICAL DESIGN

The mined Sudomerice tunnel is being built conventionally, using the New Austrian Tunnelling Method. It is designed as a double-shell structure (with primary and secondary liners) with an intermediate waterproofing membrane. The primary lining was divided in the detailed design into five NATM excavation support classes (TTVs); only four of them were applied during the excavation itself (classes No. III, IV, Va and Vc). The weakest class II was not applied to the excavation in the particular geological conditions. The primary support consists of steel lattice girders, a layer of C 20/25 grade shotcrete with the thickness ranging from 20cm to 30cm (depending of the excavation support class applied), which is reinforced with steel mesh, rock bolts and steel spiles designed to support the crown. The secondary lining is designed as a cast-in-situ structure made of C 25/30 grade un-reinforced concrete. Cast-in-situ C30/37 XF3N grade concrete was designed only for two portal

investor project owner		Modernizace trati Tábor – Sudoměřice u Tábora – geotechnický monitoring Modernisation of Tábor – Sudomerice u Tabora rail track – geotechnical monitoring										monitoring monitoring			
Inženýrskogeologická dokumentace Engineering geological documentation						stavební objekt – construction structure Chotoviny – Sudoměřice, nový tunel – Chotoviny – Sudomerice – new tunnel						výrub / excavated opening kalota / top heading			
ražba / excavation jižní portál southern portal	č. dokum. document No. 0 0 5 3	datum date 3.2.2014	čas time 13:00	dokumentoval documented by Steiger	staničení (km) chainage (km) 93,3204	TM TM 82,40 m	řám č. lattice girder No. 76	dl. záb. excavation round length 1,50 m	volná dl. unsupport- ed length 1,70 m	nadvýlom overbreak V 0,50 m³	rozp./span TP, me- chanicky mechanically	TT – proj. excav. sup- port - des- ign 5a	TT – skut. excav. sup- port - reality 4		
geotechnické typy (dle ISO EN 14689 – 1) – geotechnical types (to ISO EN 14689 – 1)						měřítko / scale 1 : 175									
typ type	pojmenování, popis name, description	zvětrání weathering	pevnost strength	blok – typ block – type	velikost size										
P3 (20%)	biotitická pararula, migmatitizovaná, rezavě hnědá, středně zrnitá, foliovaná, mírně zvětralá, v levém přístropi kaloty / biotite paragneiss, migmatitised, rusty-brown, medium grained, foliated, slightly weathered in the left-hand top heading	mírně zvětralá moderately weathered	R3	hranolo- vitý prismatic	střední medium										
P2 (80%)	biotitická pararula, migmatitizovaná, světle šedá, foliovaná, slabě zvětralá, pevná – biotite paragneiss, migmatitised, light grey, foliated, slightly weathered, hard	slabě zvětralá slightly weathered	R2	hranolo- vitý prismatic	střední medium										
diskontinuity (dle ISO EN 14689 – 1) – discontinuities (to ISO EN 14689 – 1)															
typ type	směr/sklon trend / dip %	geometrie geometry	průběžnost persistence m	rozeč spacing	rozevření aperture mm									výplň filling	orientace / orientation RMR
V	340/20	zvlněné, hladké undulated, smooth	3,0-5,0	0,005-0,01	sevěřené closed									F	příznivá favourable
T1	200/30	rovinné, drsné planar, coarse	2,0-4,0	0,3-0,5	otevřené open									F,X	nepriznivá unfavourable
T2	260-280/80	rovinné, drsné planar, coarse	1,5-3,0	0,1-0,5	sevěřené closed									F	velmi nepriznivá very unfavourable
T3	110/80	rovinné, drsné planar, coarse	1,5-3,0	0,1-0,5	sevěřené closed									F	velmi nepriznivá very unfavourable
T4	220/60	rovinné, hladké planar, smooth	1,5-3,0	0,5-1,5	sevěřené closed									F	špatná poor
T5	300/30	rovinné, hladké planar, smooth	3,0-5,0	1,0-1,5	otevřené open									F,X	příznivá favourable
voda, průsaky water, seeping l/min.	0 1	<10 vlhký moist	10-25 místy kapání / local- ly digging	25-125 stěni přítok / medi- um inflow rate	>125 silný přítok / high inflow rate										
RQD (115- 3,3 J _v) 56% - 62%	J _v (v 1 m³) 16 - 18	vzorky samples	Další záběr třída 4 s obdobnou geologií. / Next excavation round class 4 with similar geology												
Poznámka GT: V levém přístropi dochází k tvorbě klínových bloků omezených diskontinuitami / Geotechnician's notes: Vedge-shaped blocks limited by discontinuities develop in the left-hand top heading						diskontinuity – výplň discontinuities – filling		diskontinuity – typ discontinuities – type		další / next					
Poznámka technologie Geotechnician's notes						C jíla / clay K karbonát / carbonate Q křemen / quartz S písek / sand X podrcená hornina crushed rock F limonit / limonite W voda / water A aplit / aplite		T tektonika tectonics Z tekt. pásmo tectonic zone D dislokace dislocation V vrstevnatost bedding		ohlaz. plotna slickensided plate tekt. porucha tectonic failure nadvýlom overbreaks rubanina muck beton, ostění concrete, lining pararula dle zvětrání / paragneiss depending on weathering soustředěn přítok concentrated inflow nesoustředěný přítok / non-concentrated inflow					
mocnost nadloží overburden thickness 9,05						GT podmínky GT conditions odpovídá RDS corresponds to detailed design									
Klasifikace QTS Classification QTS 48 - 64						prognóza prognosis očekává se procentuální nárůst objemu horniny třídy P2 (R2) – percentage increase in class P2 (R2) volume is expected									
Klasifikace QTS Classification QTS															
doporučení – recommendation						převzal / taken over by:		zpracoval / carried out by:							

Obr. 1 Geologický pasport výrubu

Fig. 1 Geological data list for the excavation



Obr. 2 Zahájení prací na jižním portále ve zcela zvětralých rulách
Fig. 2 The commencement of the work on the southern portal in completely weathered schist

a byla tudíž nejmasivněji vystrojena a měla nejkratší stavební postup (max. 1 m). Třída Vc byla určena pro úsek dl. 50 m přilehlý jižnímu portálu, který podchází stávající silnici č. I/3. Pro podchod pod touto komunikací bylo v realizační dokumentaci zvoleno alternativní řešení. To spočívalo ve vybudování železobetonové klenby délky 50 m pod předmětnou silnicí v otevřené pažené stavební jámě, následném zasypání jámy a tunelováním pod ochranou této konstrukce (želvy). Podmínkou bylo získání povolení pro přerušení dopravy od správce komunikace (ŘSD) v době otevření jámy (cca 2 měsíce). Toto povolení se zhotoviteli díla podařilo získat díky tomu, že silnice I/3 je dnes již nahrazená novou paralelní dálnicí. Podrobně se výstavbě želvy a tunelování pod ní věnoval článek v časopisu TUNEL č. 1/2014.

Podélný sklon tunelu 8,6 ‰ umožňuje jeho průběžné podélné odvodnění. Voda je odváděna boční a středovou tunelovou drenáží k vjezdovému portálu tunelu. Systém odvodnění je navržen tak, že sklon tunelové drenáže je shodný se sklonem trati. V každém druhém záchranném výklenku (vzdálenost 48 m) je umístěna šachta na čištění boční tunelové drenáže.

Jižní i severní portálová jáma byla budována jako svahovaná se sklony od 5:1 ve skalní hornině až po sklony 1:1,5 v pokryvných zeminách. Ve spodních strmých etážích je zajištění svahů provedeno pomocí SN kotev a stříkaného betonu vyztuženého ocelovou sítí. Ve svrchních etážích s mírnějším sklonem jsou svahy proti erozi zajištěny plastovými kotvenými sítěmi. Severní portál byl vybudován včetně ochranného předstítku (falešného primáru) ze stříkaného betonu, ocelových příhradových rámu a ocelových sítí.

Pro potřeby výstavby tunelu byl zaveden pojem „tunelový metr“ (označení TM), který definuje v ose tunelu vzdálenost od jižního provizorního portálu, ve kterém byla zahájena ražba.

INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ POMĚRY ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Trasa tunelu prochází pod bezejmenným kopcem, jehož vrchol s nadmořskou výškou 570 m n. m. leží asi 500 m východně od trasy tunelu. Povrch terénu je nad tunelem svažité přibližně východním směrem do údolí Černého potoka, který asi 1,5 km ve směru JJZ ústí do Košínského potoka. Ten se po dalších cca 6 km JJV vlévá do tábořského rybníku Jordán a následně do řeky Lužnice. Nadmořská výška terénu v ose tunelu stoupá od místa jižního portálu z kóty 535 m n. m. na nejvyšší bod s hodnotou 555 m n. m. a poté se opět svažuje k místu severního portálu na kótu 543 m n. m. Většina území nad tunelem je zemědělsky využívána, pouze v jižní příportálové části kříží tunel silnice č. I/3.

blocks on each tunnel sides taking into consideration the aggressive action of the environment. The thickness of 30cm is designed for the secondary lining in the mined part, whilst the thickness of 35cm is designed for the vault in the cover-and-cut section (the so-called “tortoise method”) and the southern and northern cut-and-cover blocks have the final liners 60cm thick.

The tunnel was driven uphill in the direction from the entrance (southern) portal toward the exit portal. The so-called “horizontal excavation sequence” (top heading, bench and invert) was maintained during the excavation. The top heading (ca 60 m²) was driven in advance and the bench excavation (ca 40 m²) was completed subsequently. Excavation support class III was applied to the most favourable geological conditions; the support was therefore the weakest and the advance per cycle was the longest (the maximum of 2m). On the contrary, class Va was applied to the most unfavourable geological conditions; the excavation support was therefore the strongest and the advance per cycle was the shortest (the maximum of 1m). Excavation support class Vc was designed for a 50m long section adjacent to the southern portal, which passes under the existing I/3 road. An alternative solution was selected in the detailed design for the passage under this road. The solution lied in the construction of a 50m long reinforced concrete vault under the road in question, in an open construction pit which was subsequently backfilled. The tunnel was excavated under the protection provided by this structure (the so-called “tortoise shell”). There was a condition that an approval to suspend traffic on the road had to be obtained from the road administrator (the Road and Motorway Directorate of the Czech Republic) during the pit opening period (ca 2 months). The contractor managed to obtain this approval owing to the fact that the I/3 road had already been replaced by the new parallel motorway. The construction of the “tortoise shell” and tunnelling under its protection was dedicated a more detailed paper in the TUNEL journal issue No. 1/2014.

The longitudinal gradient of the tunnel of 8.6 ‰ allows the installation of continual longitudinal drainage. Water is evacuated along sidewall and central tunnel drains to the entrance tunnel portal. The drainage gradient design is identical with the gradient of the track. A manhole for cleaning the sidewall drainage is located in every other safety recess (the spacing of 48m).

Both the southern and northern portal pits were carried out as sloped cuts with the slopes ranging from 5:1 in rock to 1:1.5 in overlying soils. The slopes at the lower, steep stages support was provided by SN anchors and shotcrete reinforced with steel mesh. At upper, moderately sloped stages, the slopes are protected against erosion with anchored plastic mesh. The northern portal, including a protective canopy protruding from the portal (a false primary liner), was built using shotcrete, steel lattice girders and steel mesh.

The term of “tunnel meter” (marked as TM), defining the distance measured on the tunnel axis from the southern temporary portal, at which the underground excavation commenced, was introduced for the tunnel construction needs.

ENGINEERING GEOLOGICAL CONDITIONS OF THE AREA OF OPERATIONS

The tunnel route passes under a nameless hill, the top of which with the altitude of 570m a.s.l. is located about 500m east of the tunnel route. The terrain surface above the tunnel is sloping towards the east, to the Cerny Brook valley. The brook empties into the Kosinsky Brook approximately 1.5km in the SSW direction. This brook empties after additional ca 6km flowing SSW to Jordan pond in Tabor and, subsequently, to the Lužnice River. The altitude of the terrain on the tunnel axis rises

Podle geomorfologického členění ČR na „<http://geoportal.cenia.cz>“ území náleží do systému Hercynského, provincie Česká vysočina, subprovincie Česko-moravská soustava, oblasti Středočeská pahorkatina, celku Vlašimská pahorkatina, Tábořská pahorkatina, podcelku Mladovožická pahorkatina, Soběslavská pahorkatina a okrsku Jankovská pahorkatina, Sezimůvská pahorkatina.

Kvartérní pokryv je v trase tunelu zastoupen deluviálními sedimenty, jejichž mocnost se pohybuje od několika decimetrů až do 1 m. Pokryvné útvary jsou reprezentovány převážně hlinitopísčitymi zeminami, nejsvrchnější vrstva je humózní. Kvartérní sedimenty byly zastiženy a dokumentovány při hloubení portálových jam.

Tunel prochází v celé své trase horninami pestré moldanubické série. Konkrétně se jedná o biotit-silimanitické pararuly (dále v textu ruly), které jsou místy migmatizované a s ojedinělými výskyty intruzí aplitických granitů. Horniny byly převážně středně až jemně zrnité, s různým stupněm alterace podél tektonických poruch, či podle mocnosti nadloží. Foliace rul byla generelně ve směru Z – V, tj. přibližně kolmo na osu ražebního díla. Ruly byly mírně provrásněné se sklonem foliace 10–30° severně ve směru ražby po celé délce tunelu. Foliace masivu měla tedy příznivé uklonění – hornina zapadala do čelby. Plochy foliace rul měly převážně vzdálenost 10 až 20 mm. Hornina byla všesměrně rozpukaná, pukliny byly s výplní oxidů Fe, Mn, podrcené horniny, či s výplní měkkého jílu až štěrku jílovitého mocnosti až 10 mm. Diskontinuity byly převážně sevržené či mírně otevřené do 2 mm, jejich hustota byla malá až střední.

Ruly byly nejprve v oblasti jižního portálu zcela zvětralé (R6 až R5), postupně velmi zvětralé (R4, místy až R3) v celém výrubu. S postupným zahlučováním do hory severním směrem klesal stupeň zvětření a kvalita horniny rostla až do zdravé pevnosti R2. Ke konci ražby v oblasti severního portálu se kvalita horniny opět zhoršovala – byly zastiženy ruly mírně zvětralé třídy R4.

V trase tunelu byly dokumentovány výraznější tektonické linie řádové v mocnosti centimetrů až decimetrů (5–20 cm) vyplněné podrcenou horninou s měkkým štěrkovitým jilem či podrcenou horninou. Diskontinuity měly různý směr (kosý

from the southern portal location, 535m a.s.l., to the highest point with the altitude of 555m a.s.l. and then it again slopes down to the altitude of 543m a.s.l. at the northern portal location. The majority of the area above the tunnel is used agriculturally, with the exception of the southern portal area, where the I/3 road crosses the tunnel.

According to the geomorphological categorisation of the Czech Republic on „<http://geoportal.cenia.cz>“, the area is part of the Hercynian system, the Czech Highlands province, the Czech-Moravian system sub-province, the Central Bohemian Uplands, the Vlasim Upland and the Tabor Upland region unit, the Mlada Vozice Upland and Soběslav Upland sub-unit and the Jankov Upland and Sezimovo Usti district.

The Quaternary cover of the tunnel alignment is represented by deluvial sediments the thickness of which ranges from several decimetres up to 1m. The superficial deposits are mostly represented by loamy soils; the uppermost layer is humic. The Quaternary sediments were encountered and documented during the excavation of the portal pits.

The tunnel passes through rocks of a varied Moldanubic series throughout its route length. There are biotite-sillimatic paragneiss types (hereinafter referred to as gneiss) there, which are locally migmatitised, with sporadic occurrences of aplitic granite intrusions. The rocks were mostly medium to finely grained, with various degrees of alteration along faults or alterations depending on the thickness of the cover. The gneiss foliation generally trended W-E, approximately perpendicularly to the axis of the mined working. The gneiss was slightly folded, with the foliation dipping 10–30° north in the direction of the tunnel excavation throughout the tunnel length. The dip of the massif foliation was therefore favourable – the rock dipped into the excavation face. The foliation surfaces were mostly spaced at 10 to 20mm. The rock was omnidirectionally jointed, with the joints filled with Fe and Mn oxides, crushed rock or up to 10mm wide joints with the filling ranging from soft clay to clayey gravel. Discontinuities were mostly closed, up to 2mm thick; their spacing ranged from wide to medium.

At the beginning, in the area of the southern portal, the gneiss was completely weathered (R6 to R5), gradually passing to highly weathered (R4, locally up to R3) material within the

Tab. 1 Přítoky podzemní vody při ražbě Sudoměřického tunelu
Table 1 Groundwater inflows during the Sudoměřice tunnel excavation

TM [m]		Délka Length [m]	Přítoky podzemní vody do výrubu Groundwater inflows to the excavation	TT Razicí třída Excavation support class
od from	do to			
0,00 0.00	49,80 49.80	50,00 50.00	výrub převážně suchý až vlhký excavation mostly dry to moist	Vc Vc
49,80 49.80	74,30 74.30	24,50 24.50	výrub převážně vlhký, tekt. poruchy – místy kapání s vydatností do 0,01 l/s excavation mostly moist; faults – local dripping with the yield up to 0.01L/s	Va Va
74,30 74.30	107,90 107.90	33,60 33.60	tekt. poruchy – místy kapání s vydatností do 0,01 l/s faults – local dripping with the yield up to 0.01L/s	IV IV
107,90 107.90	142,90 142.90	35,00 35.00	tekt. poruchy – místy kapání s vydatností do 0,01 l/s faults – local dripping with the yield up to 0.01L/s	III III
142,90 142.90	192,40 192.40	49,50 49.50	výrub převážně vlhký, tekt. poruchy – místy kapání s vydatností do 0,01 l/s excavation mostly moist; faults – local dripping with the yield up to 0.01L/s	IV IV
192,40 192.40	399,20 399.20	206,80 206.80	suchý až vlhký, tekt. poruchy – místy kapání s vydatností do 0,01 l/s excavation dry to moist, faults – local dripping with the yield up to 0.01L/s	III III
399,20 399.20	420,00 420.00	20,80 20.80	suchý až vlhký excavation dry to moist	IV IV

i kolmý k ose tunelu) i sklon a většinou probíhaly skrze celý výrub.

Přítoky podzemní vody do výrubu byly ovlivněny klimatickými podmínkami (minimální množství dešťových srážek), tektonickým porušením hornin, stupněm větrání a mocností skalního nadloží.

Výrub byl v průběhu ražby převážně suchý až vlhký. Pouze v místech výraznějších tektonických poruch byly dokumentovány nesoustředné přítoky podzemní vody do raženého díla. Vydátost přítoků byla do 0,01 l/s. Vydátost přítoků po délce tunelu – viz tab. 1.

GEOTECHNICKÝ DOZOR PŘI RAŽBÁCH

Hlavními činnostmi v rámci geotechnického sledování ražeb byla geologická dokumentace nezajištěných částí výrubu a technický dohled nad prováděním stavebních prací.

V rámci geologické dokumentace byly zaznamenávány jednak inženýrskogeologické údaje důležité z hlediska geotechnických podmínek ražby a jednak údaje související s technologií a prováděním samotné ražby. Výstupem dokumentace jsou grafické geotechnické paspory (M 1:175) s textovým záznamem zjištěných skutečností. Každý stavební postup byl rovněž dokumentován fotograficky. Kvalita horniny byla v každém záběru bodově ohodnocena podle zásad klasifikací RMR a QTS a byla spolu s naměřenými výsledky monitoringu podkladem pro určení způsobu vystrojení TTV. Příklad geologického pasportu výrubu je zpracován na obr. 1. Po délce tunelu byly zastoupeny čtyři základní geotechnické typy, jejichž zastoupení po délce tunelu popisuje tab. 2.

Ražby byly zahájeny 2. 12. 2013 z jižního portálu – fotografie ze zahájení prací na obr. 2. Hornina byla v jižní části tunelu ve staničení TM 0,0 až TM 79,4 rozpojována pouze mechanicky za pomoci tunelbagru, od staničení TM 79,4 bylo rozpojováno kombinovaně (trhavinou a strojně).

Zcela zvětralé biotit-silimanitické ruly (typ P5)

Jednalo se o horniny jemně až středně zrnité, rezavě šedohnědé barvy s povlaky oxidů a hydroxidů železa a jílu na plochách diskontinuit. Rula měla deskovitý tvar bloků – velikost velmi malou až malou. Místy byla hornina charakteru tuhého jílovitého štěrku. Pevnosti jednotlivých fragmentů byly třídy R5 až R6. Tento geotechnický typ se vyskytoval v oblasti jižního portálu v úseku pod želvou v TM 0,0 až TM 50,0.

Tab. 2 Zastoupení geotechnických typů po délce tunelu

Table 2 Representation of geotechnical types along the tunnel length

TM [m]		Délka Length [m]	Body RMR RMR points	Body QTS QTS points	RQD RQD [%]	Zastoupení geotech. typů [%] Representation of geotechnical types [%]				TT dle NRTM NATM support class
od / from	do / to					P2	P3	P4	P5	
0,00	49,80	50,00	32	38	30	-	0-20	0-80	0-100	Vc
49,80	74,30	24,50	41	50	45	-	40-60	40-60	-	Va
74,30	107,90	33,60	47	55	59	45-85	15-55	-	-	IV
107,90	142,90	35,00	55	63	60	70-90	10-20	0-20	-	III
142,90	192,40	49,50	41	49	58	15-60	20-80	40-80	-	IV
192,40	399,20	206,80	56	61	50	80-100	0-20	-	-	III
399,20	420,00	20,80	36	45	25	-	0-100	0-100	-	IV

whole excavation face. The weathering degree dropped with the excavation proceeding deeper into the massif in the northern direction and the rock quality grew up to the sound rock strength R2. Towards the end of the excavation in the area of the northern portal, the rock quality again deteriorated – slightly weathered gneiss classified as R4 was encountered.

More pronounced fault lines with the thickness in the order of magnitude ranging from centimetres to decimetres (5-20cm), filled with crushed rock with soft gravelly clay or crushed rock, were documented along the tunnel route. The orientation of discontinuities varied (skew or even perpendicular to the tunnel axis) as well as the dip; they mostly ran across the entire excavation face.

Groundwater inflows to the excavated opening were affected by climatic conditions (the minimum amount of rain), faulting of rocks, weathering degree and the rock cover thickness.

The excavation was mostly dry up to moist during the work. Non-concentrated inflows of groundwater into the mined working were documented only in the locations of more pronounced faults. The yield of the inflows did not exceed 0.01L/s. For the yield of inflows along the tunnel route see Table 1.

GEOTECHNICAL SUPERVISION DURING TUNNEL EXCAVATION

The main activities within the framework of geotechnical monitoring of the tunnel excavation comprised the geological documentation of unsupported portions of the excavated opening and the technical surveillance over the execution of construction operations.

The work on the geological documentation comprises both recording engineering-geological data significant from the aspect of geotechnical conditions of the excavation and data associated with the technology and execution of the excavation itself. The documentation output is formed by graphic geological data lists (1:175scale) with text recording of established facts. In addition, each construction procedure was documented photographically. The quality of rock was assessed in each excavation round pointwise, according to the RMR and QTS principles. Together with the measured monitoring results, it was the basis for the determination of the excavation support in the particular excavation support class. An example of the geological data list is presented in Fig. 1. Four basic geotechnical types were encountered along the tunnel length; their representation along the tunnel length is described in Table 2.



Obr. 3 Čelba ve zdravých rulách (Vladimír Lender)

Fig. 3 Excavation face in sound schist (Vladimír Lender)

Velmi zvětralé biotit-sillimanitické ruly (typ P4)

Tento typ byl jemně až středně zrnitý, světle šedé barvy, s povlaky oxidů a hydroxidů železa a jílu na plochách diskontinuit. Hornina se vyznačovala deskovitým tvarem bloků – velikost bloků velmi malá až malá. Z hlediska pevnosti byla rula zařazena do třídy R4 (místy až R5). Tento geotechnický typ se vyskytoval v oblasti oslabených tektonických zón a v místech, kde byly pro ražbu využity TTV IV a V.

Mírně zvětralé biotit-sillimanitické ruly (typ P3)

Šlo o středně zrnité horniny, hnědošedé až šedé barvy s povlaky oxidů a hydroxidů železa, manganu nebo aplitu na plochách diskontinuit. Tvar bloků byl kosoúhlý a deskovitý s velikostí bloků malou až střední. Jednalo se o horninu třídy pevnosti R3. Tento geotechnický typ se vyskytoval v oblasti diskontinuit a v místech, kde byly pro ražbu využity TTV III a IV.

Slabě zvětralé až zdravé biotit-sillimanitické ruly (typ P2)

Horniny byly středně zrnité, světle šedé až šedozelené barvy, foliované, ojediněle s povlaky oxidů a hydroxidů železa na plochách diskontinuit. Horniny byly místy prokřemenělé – těžce šlo rozbít kladivem. Tvar bloků byl kosoúhlý a deskovitý s velikostí bloků střední. Jednalo se o horninu třídy pevnosti R2, na vzorcích horniny odebraných z kaloty z TM 264 byla naměřena průměrná pevnost v prostém tlaku kolmo na foliaci 70 MPa. Tento geotechnický typ se vyskytoval převážně v úsecích, kde byla pro ražbu využita TTV III. Na obr. 3 je fotografie čelby s geotechnickým typem P2.

The tunnel excavation commenced on 02/02/2013 from the southern portal – see the photo from the works commencement in Fig. 2. From the TM chainage 0.0 to TM 79.4, rock was disintegrated only mechanically using a tunnel excavator; from TM chainage 79.4 the disintegration techniques were combined (blasting and mechanical).

Completely weathered biotite-sillimanitic gneiss (P5 type)

It was the case of rocks with fine to medium grain sizes, rusty grey and brown, with discontinuity surfaces coated with iron oxides and hydroxides and clay. The shape of schist blocks was tabular with small to very small dimensions. The rock had locally the character of stiff clayey gravel. The strengths of individual fragments corresponded to classes R5 to R6. This geotechnical type was encountered in the area of the southern portal, in the section under the “tortoise shell” at chainage TM 0.0 through to TM 50.0.

Highly weathered biotite-sillimanitic gneiss (P4 type)

This type was finely to medium grained, light grey, with discontinuity surfaces coated with iron oxides and hydroxides and clay. The rock was characterised by the tabular shape of blocks – the block dimensions ranged from very small to small. In terms of strength, the schist was categorised as class R4 (locally up to R5). This geotechnical type was encountered in the areas of weakness tectonic zones and in the locations where the excavation support classes IV and V were applied to the excavation.

Slightly weathered biotite-sillimanitic gneiss (P3 type)

It was the case of medium grained rock, brown-grey to grey, with discontinuity surfaces coated with iron oxides and hydroxides, manganese or aplite. The shape of blocks was oblique and tabular, with the size of blocks ranging from small to medium. The rock strength was categorised as class R3. This geotechnical type was encountered in the area of discontinuities and in the locations in which excavation classes III and IV were applied to the excavation.

Slightly weathered to sound biotite-sillimanitic schist (P2 type)

These rocks were medium-grained, light grey to grey-green, foliated, sporadically with discontinuity surfaces coated with iron oxides and hydroxides. The rocks were locally quartziferous – hard to break with a hammer. The shape of blocks was oblique and tabular, with the medium size of blocks. The rock strength was categorised as class R2; the average unconfined compressive strength of 70MPa, measured perpendicularly to the foliation, was determined on samples taken from the top heading at TM 264. This geotechnical type was encountered mostly in the sections in which excavation class III was applied

Tab. 3 Porovnání skutečně použitých TTV s prognózou z projektu

Table 3 Comparison of actually applied excavation support classes with the design-based prognosis

Technologická třída výrubu Excavation support class	Délka dle DZS [m] Length according to tender documentation [m]	Délka dle RDS [m] Length according to detailed design [m]	Skutečná délka [m] Real length [m]
II	0,0	0,0	0,0
III	216,0	216,0	241,8
IV	84,0	84,0	103,9
Va	66,0	70,0	24,5
Vb	27,0	0,0	0,0
Vc	0,0	50,0	49,8
Suma / Summary	393,0	420,0	420,0

Lze konstatovat, že nezajištěný výrub byl po délce tunelu stabilní. K významnějšímu vypadnutí horniny, či k výraznějším deformacím v průběhu ražby nedošlo, v jednotlivých stavebních postupech byly dokumentovány jednotlivé nadvýruba do 2 m³. Geotechnické podmínky ražby byly v průběhu ražby mírně příznivější, než bylo predikováno v dokumentaci pro zadání stavby, resp. v podrobném geotechnickém průzkumu. Pozitivně se na dobré stabilitě masivu projeví zejména dva faktory – příznivý směr sklonu vrstev horniny a velmi slabé přítoky podzemní vody vlivem suché zimy a jara. V geotechnickém průzkumu byl směr vrstev rul popsán jako proměnlivý – při průzkumu je z vrtného výnosu vlivem pootočení horninového jádra problematické správně stanovit směr diskontinuit. Při ražbě byl však po celé délce zastižován konstantní směr vrstev V – Z se sklonem 10–30° k severu. Hornina tedy zapadala do čelby, což se příznivě projevilo na dobré stabilitě čelby i přístropí. Porovnání skutečného zatřídění TTV v průběhu ražby a prognózy z dokumentace pro zadání stavby je zpracováno v tab. 3.

V rámci technického dohledu nad stavebními pracemi v průběhu ražeb byla prováděna kontrola množství, správného typu a rozmístění jednotlivých vystrojovacích prvků – jehly, ocelové sítě, kotvy, výztužné ocelové rámy a beton. Byl prováděn rovněž dohled při provádění kontrolních a průkazných zkoušek kotev a betonu. Z každého stavebního postupu zpracoval zhotovitel stavebních prací samostatný protokol, tzv. záběrový list výrubu, jehož správnost byla vždy odsouhlasena geotechnickým dozorem a investorem. Počty a typy vystrojovacích prvků uvedené v záběrovém listu byly potom podkladem pro fakturaci zhotovitele.

MONITORING V PRŮBĚHU RAŽEB

V průběhu stavby byly měřeny, dokumentovány a vyhodnocovány údaje monitorující chování horninového prostředí, budovaných stavebních konstrukcí a také stávající okolní zástavby. Výsledky geomonitoringu byly spolu s geotechnickým sledováním ražeb podkladem pro zařizování do přiměřené TTV. Pro jednotlivá měření byly v projektu monitoringu stanoveny varovné stavy, jejichž překročení bylo nežádoucí. Konkrétní hodnoty varovných stavů vycházely buď z předpokládaných deformací stanovených v projektové dokumentaci (konvergence), nebo byly stanoveny na základě zkušeností získaných na již realizovaných tunelových stavbách (poklesy terénu, deformace portálových stěn), příp. byly převzaty z norem, či jiných předpisů (seismika, akustika). V rámci geomonitoringu byla mimo jiné prováděna tato konkrétní měření a sledování:

- konvergenční měření,
- geodetické sledování povrchu – nivelace,
- geodetické sledování deformací svahů stavebních jam,
- geodetická dokumentace výrubu kaloty (profilace),
- hydrogeologický monitoring okolních studní,
- pasportizace okolní zástavby,
- seismická a akustická měření,
- měření zatížení primárního ostění – tenzometry,
- měření tvaru primárního ostění – skenování.

Výsledky jednotlivých měření geomonitoringu byly neprodleně po změření vyhodnoceny a byly ukládány do připravených adresářů. Ty byly zpřístupněny na internetovém portálu BARAB. On-line přístup k těmto výsledkům měly předem určené a investorem (objednatelem) schválené účastníky výstavby tunelu.

to the excavation. A photo of the excavation face formed by P2 geotechnical type is presented in Fig. 3.

It is possible to state that the free-standing unsupported excavation was stable throughout the tunnel length. No more significant falling of the rock or more pronounced deformations took place during the course of the excavation. Individual overbreaks up to 2m³ were documented at individual construction procedures. The geotechnical conditions of excavation during the course of the works were slightly more optimistic than those predicted in the tender documentation or in the detailed geotechnical investigation report. Namely two factors positively contributed to the good stability of the massif: the favourable orientation of rock layers and very low groundwater inflows owing to the dry winter and spring seasons. The trending of gneiss layers was described in the geotechnical investigation report as variable – the correct determination of the trend of discontinuities during the investigation is problematic due to the rotation of recovered rock cores. Nevertheless, a constant E-W trend of layers, dipping 10–30° north, was encountered during the excavation throughout the tunnel length. It means that the rock dipped into the excavation face. This fact positively affected the good stability of the excavation face and the crown. The comparison of the actual categorisation of the excavation support class during the works and prognoses based on the tender documentation is presented in Table 3.

The quantities, correct types and placement of individual support elements (spiles, steel mesh, anchors, lattice girders and concrete) were checked within the framework of the technical surveillance of the construction operations. In addition, the execution of check tests and preconstruction tests of anchors and concrete was subjected to the surveillance. The construction contractor carried out separate records, the so-called “excavation round sheets” for each excavation round. The correctness of the sheet was always approved by the geotechnical supervision and the project owner. The quantities and types of support elements contained in the excavation round sheet subsequently became the basis for contractor's invoices.

MONITORING DURING THE COURSE OF TUNNEL EXCAVATION

The data monitoring the behaviour of ground environment, construction structures being installed and buildings existing in the surroundings were measured, documented and assessed during the course of the construction operations. The geomonitoring results were, together with the geotechnical surveillance of excavation, used as the basis for assigning appropriate excavation support classes. Warning state values, exceeding of which was undesirable, were specified for individual measurements. The particular values of the warning states were either based on assumed deformations determined in the design (convergences) or were determined on the basis of experience obtained during already finished tunnel construction projects (terrain settlement, deformations of portal walls), or were borrowed from standards or other regulations (seismic values, acoustic values). The following particular measurements and observations were conducted within the framework of the geomonitoring:

- convergence measurements,
- geodetic surveying of terrain surface – levelling,
- geodetic surveying of deformations of the slopes of construction pits,
- geodetic survey documentation of the top heading excavation (profiling),
- hydrogeological monitoring of wells in the surroundings,
- condition survey of buildings existing in the vicinity,
- seismic and acoustic measurements,

Konvergenční měření

Radiální deformace byly naměřeny relativně malé, pohybovaly se do cca 15 mm, pouze ve staničení TM 39 a TM 320 byly deformace do 25 mm. Varovný stav, který pro TTV III, IV a Vc činil 30 mm a pro TTV Va 50 mm, nebyl tedy dosažen. Nulté měření bylo provedeno se zpožděním za ražbou, v okamžiku nultého měření byla čelba minimálně o další záběr v předstihu. Body měřicího profilu se totiž osazují až do první vrstvy stříkaného betonu. Lze tedy předpokládat, že skutečná deformace byla větší než deformace změřená. Lze odhadnout, že konvergenčním měřením nezaznamenaná deformace proběhnuvší před nultým měřením, činila dalších cca 40 % z deformace naměřené. K hodnotě 40 % se dospělo na základě zkušeností z ražeb již realizovaných tunelů IV. koridoru v úseku Votice – Benešov. Tři tunely byly v tomto úseku raženy v obdobné geologii (pararula moldanubika) a hodnota deformace proběhnuvší před nultým měřením zde byla potvrzena extenzometrickými měřeními. Na Sudoměřickém tunelu nebyly žádné extenzometry navrženy.

Nívelační měření

Po délce tunelu byly osazeny čtyři jedenáctibodové nívelační profily. Deformace terénu nad osou tunelu se ustálily do 10 mm a směrem od osy tunelu se jejich hodnota zmenšovala. Šířka poklesové kotliny činila cca 40 m s max. sklonem cca 1:1000. Varovný stav sedání stanovený v projektu monitoringu na hodnotu 25 mm nad osou tunelu dosažen nebyl. Varovný stav pro maximální náklon stanoven nebyl. V poklesové kotlině tunelu se totiž nevyskytují žádné stavební objekty, které by mohly být vlivem nerovnoměrného sedání poškozeny. Průběh deformací nívelačního profilu v TM 60 je uveden na obr. 4. Zvýšené sedání bodu č. 310 vůči sousedním bodům č. 309 a č. 311 na obr. 4 bylo pravděpodobně způsobeno poškozením bodu. Bod č. 310 se totiž nacházel v blízkosti vjezdové komunikace na pole.

Sledování studní a stavebních objektů v zóně ovlivnění

Hydrogeologický monitoring probíhal a nadále stále probíhá na vytipovaných vodních zdrojích v zóně ovlivnění ražbami zhruba v měsíční četnosti. Pro sledování byly zvoleny studny v obci Sudoměřice u Tábora a Moraveč u Chotovin, studny u dvou samot situovaných u stávající trati západně od tunelu a pramen s měřicím profilem ČHMÚ situovaný asi 200 m JZ od jižního portálu tunelu. Z naměřených výsledků vyplývá, že během sledovaného období došlo u většiny studní ke snížení hladin o cca 0,5 m až 2 m. Úbytek vody se však nepřisuzuje vlivu tunelování (tunel byl v průběhu ražeb převážně suchý), nýbrž suchému období, které trvá v podstatě od počátku ražeb.

V září 2013 v předstihu před ražbami byla provedena prvotní pasportizace okolní zástavby. Bylo vytipováno pět obytných domů v katastrech Sudoměřice u Tábora a Moraveč u Chotovin, vč. přílehlé čerpací stanice RobinOil. Po ukončení stavebních prací na začátku příštího roku je plánována závěrečná repasportizace. Jelikož jsou okolní budovy poměrně vzdálené od podzemního díla, tak se nepředpokládá, že by vlivem stavební činnosti mohlo na těchto objektech dojít k rozvoji stávajících, či vzniku nových poruch.

Seismická a akustická měření

Měření seismických účinků je nedílnou součástí bezpečnostních měření v předpokládaných zónách negativních účinků od trhacích prací. Měření se provádí z důvodu optimalizace technologie trhacích prací, kvůli minimalizaci jejich negativních účinků, aby bylo možné chránit práva a právem chráněné zájmy třetích osob. Pro Sudoměřický tunel byly osazeny

- measurements of loads acting on the primary lining using strain gauges,
- measurements of the primary lining geometry – scanning.

Results of individual geomonitoring measurements were assessed immediately after the completion of the measurement and were stored in prepared directories. The directories were made accessible on the Barab Internet portal. The parties involved in the tunnel construction who were pre-approved and pre-determined by the project owner, had the on-line access to the results.

Convergence measurements

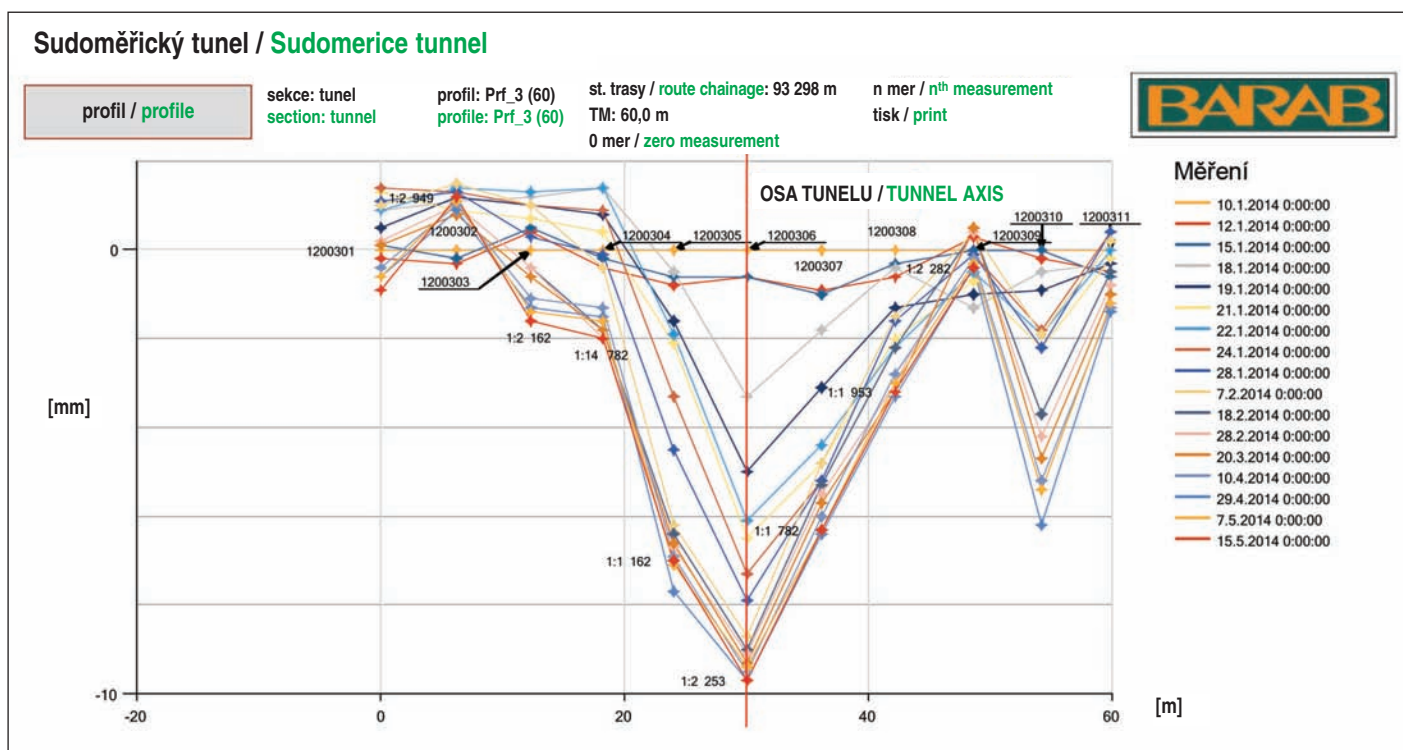
Relatively small radial deformations ranging up to ca 15mm were measured, with the exception of deformations at chanares TM 39 and TM 320, which did not exceed 25mm. It means that the warning state values, which were determined to be 30mm for the excavation support classes III, IV and Vc and 50mm for support class Va, were not reached. The zero measurement is conducted with a time lag after the excavation; the excavation face was in an advance equal to the next excavation round length as the minimum at the moment of the zero measurement. The reason is that the measurement profile points are fixed in the first layer of shotcrete. It is therefore possible to assume that the real deformation was greater than the measured deformation. It can be guessed that the amount of deformations not registered by the convergence measurement, which happened before the zero measurement, will make up additional 40% of the measured deformation. It has been arrived at the value of 40% on the basis of the experience from the excavation of tunnels realised earlier on the 4th corridor in the Votice – Benesov section. Three tunnels were driven in this section through similar geology (Moldanubic paragneiss) and the value of the deformation which passed before the zero measurement was confirmed by extensometer measurements. No extensometer boreholes were designed for the Sudomerice tunnel.

Levelling measurements

Four eleven-point levelling profiles were installed along the tunnel length. The deformation of the terrain above the tunnel axis settled at the value up to 10mm. The values diminished in the direction from the tunnel axis. The settlement trough width amounted approximately to ca 40m, with the maximum differential settlement of ca 1:1000. The warning state, which was determined for the settlement in the monitoring design at 25mm above the tunnel axis, was not reached. The warning state determined for the maximum tilting was not specified. The reason is that no buildings which could be damaged due to differential settlement exist within the settlement trough. The development of deformations of the levelling profile at TM 60 is presented in Fig. 4. The increased settlement of point No. 310 in comparison with neighbouring points No. 309 and 311 was probably caused by damage to the point. The reason is that point No. 310 was located in the vicinity of an access road to a field.

Monitoring of wells and construction structures in the zone of influence

Hydrogeological monitoring proceeded and further proceeds on tipped water sources located within the zone influenced by the tunnel excavation, roughly at monthly intervals. Selected for the monitoring were wells in the municipalities of Sudomerice u Tábora and Moravec u Chotovin, wells near two secluded dwellings located at the existing track, west of the tunnel, and a spring with the Czech Hydrometeorological Institution's measurement profile, which is located about 200m SW from the tunnel southern portal. It follows from the measured results that the water surfaces in the majority of wells dropped during the monitoring period by ca 0.5m to 2m. Nevertheless, it is not



Obr. 4 Průběh deformací na nivelačním profilu v TM 60 (Ing. Filip Čermák)

Fig. 4 The development of deformations measured on the levelling profile at TM 60 (Ing. Filip Čermák)

tři seismické stanice na okolních objektech – čerpací stanice RobinOil vzdálená asi 440 od tunelu, samota situovaná západně od tunelu v blízkosti stávající železniční tratě vzdálená asi 220 m od tunelu a dům v Sudoměřicích u Tábora č. p. 123 vzdálený asi 420 m od tunelu. Na těchto třech objektech byla prováděna průběžná měření s vyhodnocením účinků na stavby dle ČSN 73 0040. Doposud byly naměřeny rychlosti kmitání pod hodnotou 1,0 mm/s, pouze 3. 2. 2014 byla naměřena hodnota 1,3 mm/s. Z hlediska normy 73 00 40 „Zatížení stavebních objektů technickou seismicitou a jejich odezva“ jsou tyto hodnoty nižší než limity uvedené v tab. 14 této normy. Jsou tedy nižší než minimální hodnoty, při kterých vznikají škody na konstrukcích.

Akustická měření byla v průběhu ražeb provedena čtyřikrát na obytných objektech v katastrálním území Sudoměřice u Tábora a Moravec u Chotovin. Výsledky měření bohužel ukázaly, že hluk od trhacích prací překračuje limit pro noční dobu (22:00 hod až 6:00 hod), který je stanoven v nařízení vlády č. 272/2011 hodnotou 40 dB. Denní limit 83 dB byl dodržen s dostatečnou rezervou. Zhotovitel byl tedy nucen sladit jednotlivé stavební kroky tak, aby odstřely masivu probíhaly krátce před 22. hodinou a v noční době probíhaly následné práce (odvoz rubaniny, vystrojení výrubu).

Měření tvaru primárního ostění

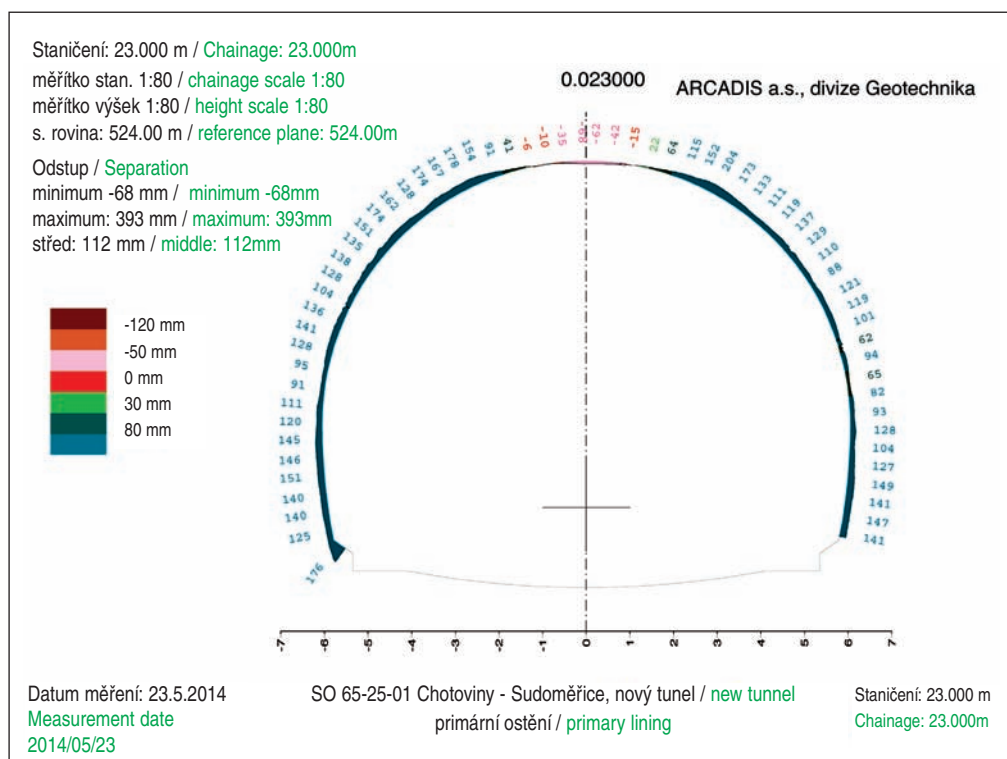
Po ukončení ražeb kaloty i opěrky bylo provedeno skenování povrchu primárního ostění laserovým skenerem Leica ScanStation P20. Tvar naskenovaného povrchu byl vztažen k nominálnímu profilu, za který byl zvolen rub sekundárního ostění přebraný z realizační dokumentace stavby. Výsledky měření byly prezentovány v mapě rozvinutého pohledu ostění tunelu a v příčných řezech zpracovaných v rozteči 1 m. Z obou výstupů jsou patrné konkrétní vzdálenosti (odchyly) mezi tvarem skutečného povrchu primárního ostění a nominálním profilem. Místa, kde povrch primárního ostění nepřipustně zasahoval do profilu sekundárního ostění, byla přebroušena. Naopak místa, kde byl povrch primárního ostění výrazně nad teoretickým rubem sekundárního ostění, byla

attributed the loss of water to the influence of tunnelling (the tunnel was mostly dry during the excavation). We attribute it to the dry season, which lasted in substance from the beginning of the tunnel excavation.

The initial condition survey of buildings at the vicinity was carried in September 2013, in advance of the tunnelling operations. Five residential buildings including a RobinOil petrol station were tipped in the cadastral areas of Sudomerice u Tábora and Moravec u Chotovin. The final condition resurvey is planned to be carried out after the completion of construction works planned for the beginning of 2015. Because the buildings are at a relatively great distance from the underground working, it is not expected that existing defects could develop or new ones could originate on the buildings due to the construction activities.

Seismic and acoustic measurements

Measurements of seismic effects are an inseparable part of safety measurements in the anticipated zones of blasting induced negative effects. The measurements are conducted for the reason of the optimisation of the blasting technique with the aim of minimising its negative effects so that the rights and third parties' interests protected by law can be protected. Three seismic stations were installed for the Sudomerice tunnel on buildings in the vicinity of the tunnel – the RobinOil petrol station located about 420m from the tunnel, a secluded dwelling located at the distance of about 220m west of the tunnel near the existing railway track and a house in Sudomerice u Tábora No. 123, at the distance of about 420m from the tunnel. Continual measurements were conducted on these three structures and the effects on them were assessed in accordance with the ČSN 73 0040 standard. The vibration velocities measured till now remained under the value of 1.0m/s, with the exception of the value of 1.3m/s which was measured on 03/02/2014. From the aspect of the ČSN 73 0040 standard “Loads of technical structures by technical seismicity”, these values are lower than the limits contained in Table 14 of this standard. They are



Obr. 5 Odchylky primárního ostění od teoretického rubu sekundárního ostění v příčném řezu (Ing. Václav Kudláček a Ing. Ivo Kohoušek)

Fig. 5 Deviations of the primary lining from theoretical outer surface of the secondary lining in a cross-section (Ing. Václav Kudláček and Ing. Ivo Kohoušek)

dostříkána betonem. Proběhla tzv. reprofilace primárního ostění. Příklad výstupu takového příčného řezu je uveden na obr. 5.

ZÁVĚR

Z naměřených výsledků monitoringu vyplývá, že během ražeb nedošlo k významnějším nárůstům deformací. Po celé délce tunelu se sledované veličiny pohybovaly pod stanovenými varovnými stavy.

Doporučení pro zařazení do příslušných TTV, která geotechnický dozor dával, byla tedy zpravidla určována na základě zastíženě kvality horninového masivu. Masivněji vystrojené TTV Vc a Va byly použity v jižní části tunelu, kde byly zastíženy převážně horninové typy P4 a P5 (ruly silně zvětřalé a rozpukané). Typ P4 byl ve větší míře zastížen rovněž v severním přípořadovém úseku v cca posledních 20 m ražby, čemuž odpovídalo i nízké bodové ohodnocení RMR a QTS (tab. 2). V tomto posledním úseku bylo nutno rozhodnout, zda přejít až do TTV Va (podobně jako v jižní části tunelu), či zda dát přednost zařazení do TTV IV. Jelikož v této fázi výstavby již bylo známo, že deformační chování horninového masivu v předchozích cca 400 m ražeb bylo příznivé, tak se dala přednost subtilnější variantě TTV IV. Délka postupu však byla z důvodu nižší kvality horninového masivu omezena na 1,3 m, namísto projektem povolených 1,5 m. Předpoklad zařazení do TTV prezentovaný v realizační dokumentaci stavby byl mírně pesimističtější než skutečnost (tab. 3). Jak bylo již uvedeno výše, hornina byla během stavby relativně stabilní, nedocházelo tedy k vy-padávání objemnějších kusů horniny z obnažených částí výrubu. Pozitivně se na dobré stabilitě masivu projeví zejména dva faktory – příznivý směr sklonu vrstev horniny a velmi slabé přítoky podzemní vody vlivem suché zimy a jara. Pokud by ražba probíhala opačným směrem (od severu k jihu) a navíc by období ražeb bylo bohatší na atmosférické

therefore lower than the minimum values at which damage originates on structures.

Acoustic measurements were carried out during the tunnel excavation four times on residential buildings in the cadastral district of Sudoměřice u Tabora and Moravec u Chotovin. The measurement results unfortunately showed that the noise from blasting exceeded the limit for night (from 22:00 to 6:00 hours), which is set in the Decree of the Government No. 272/2011 Coll. at 40dB. The daytime limit of 83dB was maintained with a sufficient reserve. The contractor was therefore forced to bring individual construction steps into harmony so that blasts took place shortly before 10 p.m. and subsequent operations (the removal of muck and installation of excavation support) proceeded during the night shift.

Measurements of the primary lining geometry

The surface of the primary lining was scanned after the completion

of the top heading excavation using a Leica ScanStation P20 laser scanner. The geometry of the scanned surface was related to the nominal profile, which was specified as the outer surface of the secondary lining taken over from the detailed design. The measurement results were presented in a map of the unwrapped tunnel lining and in cross-sections spaced at intervals of 1m. Concrete distances (deviations) between the geometry of the actual surface of the primary lining and the nominal profile are obvious from both outputs. The places where the primary lining surface inadmissibly interfered with the secondary lining profile were reground. Conversely, the places where the primary lining surface was markedly beyond the theoretical outer surface of the secondary lining were coated with additional shotcrete. The so-called primary lining re-profiling took place. An example of such a cross-section is presented in Fig. 5.

CONCLUSION

It follows from the monitoring results obtained by the measurements that no more significant increases in deformations originated during the course of the tunnel excavation. The quantities being monitored varied under the set warning state limits throughout the tunnel length.

The recommendations for the determination of relevant excavation support classes given by the geotechnical supervision were therefore usually based on the rock mass quality encountered. The more massively supported excavation support classes Vc and Va were used in the southern part of the tunnel, where P4 and P5 types (heavily weathered and fractured gneiss) were mainly encountered. The P4 type was encountered to a greater extent also in the northern portal section, approximately in the last 20 metres of the excavation. Even the pointwise RMR and QTS assessment corresponded to this fact (see Table 2). It was necessary in this last section to decide whether the excavation support was to pass into class Va (similarly to the southern part of the tunnel) or class IV was to be given preference. With respect to the fact that it was already known in this



Obr. 6 Proražená kalota na severním portále
Fig. 6 Top heading broken through at the northern portal

srážky, pravděpodobně by docházelo k většímu vypadávání horniny z čelby i přístropí, a tudíž by bylo třeba použít kratší stavební postupy. Rovněž zatřídění do TTV po délce tunelu by při ražbě ze severu zřejmě nebylo tak optimistické. Na tomto příkladu je vidět, že správné stanovení směru ražby v době přípravy podzemního díla může eliminovat případné problémy s nestabilitou horninového masívu a ovlivnit tedy i zastoupení jednotlivých TTV po délce tunelu.

Razicí práce byly na Sudoměřickém tunelu definitivně ukončeny 20. 6. 2014 vybouráním posledních výklenků. Slavnostní prorážka kaloty se uskutečnila 5. 6. 2014 (obr. 6). V době psaní příspěvku již na tunelu probíhají pokládky hydroizolací a betonáže kleneb sekundárního ostění. Vzhledem k rozpracovanosti díla lze předpokládat, že sekundární ostění, vč. chodníků a drenážního systému bude ukončeno do konce letošního roku.

Na úplný závěr zbývá představit jednotlivé účastníky výstavby. Investorem akce je SŽDC, státní organizace, zhotovitelem stavebních prací je společnost OHL ŽS, a. s., zhotovitelem geotechnického dozoru a monitoringu je firma ARCADIS CZ, a. s. Na projektových pracích se podílely organizace SUDOP Praha, a. s. – zpracovatel dokumentace pro zadání stavby a IKP Consulting Engineers, s. r. o. – zpracovatel realizační dokumentace stavby.

Ing. MILAN KÖSSLER, milan.kossler@arcadis.cz,
Mgr. MARIÁN STEIGER, marian.steiger@arcadis.cz,
ARCADIS CZ, a. s.,
VLADIMÍR TÁBORSKÝ, taborskyyv@szdc.cz,
SŽDC, s.o.

Recenzovali: Ing. Vlastimil Horák, Ing. Jaromír Augusta

construction phase that the deformational behaviour of the rock mass in previous 400m of the tunnel excavation was favourable, the weaker variant, class IV, was given preference. Nevertheless, taking into consideration the lower quality of rock mass, the excavation round length was restricted to 1.3m instead of the length of 1.5m permitted by the design. The assumption of the excavation support classes presented in the detailed design was slightly more pessimistic in comparison with the reality – see Table 3. As already mentioned above, the rock was relatively stable during the course of the construction, which means that the falling of bulkier pieces of rock from the exposed parts of the excavation did not take place. Namely two factors positively contributed to the good stability of rock mass – the favourable direction of the dip of rock layers and the very weak inflows of groundwater attributable to the dry winter and spring seasons. Should the excavation have run in the opposite direction (from the north to the south) and, in addition, the tunnel excavation period have been richer in precipitation, the falling of rock from the face and crown would have been more extensive, which means that shorter excavation round lengths would have to be applied. The determination of excavation support classes along the tunnel length would not have been so optimistic in the case of driving the tunnel from the north. It is possible to see on this example that proper determination of the direction of the excavation during the underground working preparation may eliminate contingent rock mass instability problems and influence the proportions of individual support classes along the tunnel length.

The excavation work on the Sudoměřice tunnel was definitively finished on 20/06/2014 by the excavation of the last recesses. The top heading breakthrough ceremony took place on 05/06/2014 – see Fig. 6. To date, the work on the tunnel already comprises the installation of waterproofing and casting of concrete vaults of the secondary lining. Taking into consideration the stage of completion of the working, it is possible to expect that the secondary lining, including walkways and the drainage system, will be finished before the end of 2014.

At the very conclusion of the paper it only remains to introduce individual parties involved in the construction. The project owner is the Railway Infrastructure Administration, state organisation, the construction contractor is OHL ŽS, a. s., and the contractor for geotechnical supervision and monitoring is ARCADIS CZ, a. s. SUDOP Praha, a. s., and IKP consulting Engineers, s. r. o., participated in the designing work by preparing the design for tendering and the detailed design, respectively.

Ing. MILAN KÖSSLER, milan.kossler@arcadis.cz,
Mgr. MARIÁN STEIGER, marian.steiger@arcadis.cz,
ARCADIS CZ, a. s.,
VLADIMÍR TÁBORSKÝ, taborskyyv@szdc.cz,
SŽDC, s.o.

LITERATURA / REFERENCES

- Modernizace trati Tábor – Sudoměřice u Tábora, geotechnický, hydrogeologický a stavebnětechnický průzkum, SO 65–25–01 Chotoviny – Sudoměřice, nový tunel, únor 2011. Sudop Praha, a. s.
Dokumentace pro zadání stavby. Modernizace trati Tábor – Sudoměřice u Tábora, SO 65–25–01 Chotoviny – Sudoměřice, nový tunel, Chotoviny – Sudoměřice, nový tunel, SO 65–25–03 Chotoviny – Sudoměřice, severní portál, únor 2011. Sudop Praha, a. s.
Realizační dokumentace stavby SO 65-25-01 Chotoviny – Sudoměřice, nový tunel, 01 Ražba a primární ostění, SO 65-25-02 Chotoviny – Sudoměřice, jižní portál, 01 Výkop a zajištění stavební jámy říjen 2013. IKP Consulting Engineers, s. r. o.
Zprávy o výsledcích akustických měření, únor, březen a červen 2014. Pudis, a. s.
Základní geologická mapa 1:50 000, list 23-13 Tábor (ČGS, 1975)
ČSN EN ISO 14689-1: Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zatřídování hornin – Část 1: Pojmenování a popis
ČSN EN ISO 14688-1: Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zatřídování zemin – Část 1: Pojmenování a popis

GEOTECHNICKÝ MONITORING TUNELA ŠIBENÍK

GEOTECHNICAL MONITORING OF ŠIBENÍK TUNNEL

TOMÁŠ MOLČAN, LUBOMÍR LAUKO

ABSTRAKT

Masív horského chrbta kóty Šibeník južne od Levoče tvorí prirodzenú bariéru plynulosti cestnej premávky v smere východ – západ v blízkosti mesta Levoča. V rámci výstavby diaľnice D1 v úseku Jánovce – Jablonov II. úsek je riešením uvedeného problému realizácia diaľničného tunela Šibeník. Raziace práce na tunelových rúrach boli začaté 15. 6. 2013 a dňa 21. 3. 2014 bola uskutočnená slávnostná prerážka tunela. Raziace práce na tunelových rúrach boli ukončené 28. 3. 2014. V súčasnosti prebieha betonáž sekundárneho ostenia v južnej tunelovej rúre. V predkladanom článku autori by vám chceli priblížiť práce geotechnického monitoringu, ktoré na tejto stavbe v období 6/2013 až 5/2014 realizovala firma GEOFOS s. r. o. zo Žiliny.

ABSTRACT

The massif of the mountain range of the Šibeník hill, located south of the town of Levoča, forms a natural barrier to fluent traffic in the east-west direction at the vicinity of Levoča. The realisation of the Šibeník tunnel is the solution to the above-mentioned problem within the framework of the development of the Jánovce – Jablonov section II of the D1 motorway. Excavation for the tunnel tubes commenced on 15/06/2014 and the tunnel breakthrough celebration took place on 21/03/2014. The excavation of both tunnel tubes was finished on 28/03/2014. At the moment the casting of the secondary concrete lining is underway in the southern tunnel tube. The authors of this paper would like to give you an idea of the work of geotechnical monitoring conducted on this project by Žilina-based GEOFOS s. r. o. during the period from 06/2013 to 05/2014.

1 ÚVOD

Tunel Šibeník je navrhnutý ako diaľničný, dvojrúrový tunel s jednosmernou premávkou a s návrhovou rýchlosťou 80km/h. Orientácia trasy tunela podľa svetových strán je v osi západ – východ, podľa ktorej sa rozlišujú označenia portálov tunela a tunelových rúr. Dĺžka severnej tunelovej rúry (ďalej STR) je 588 m a južnej (JTR) je tiež 588 m. Šírkové usporiadanie tunela je (po zmene prejazdneho prierezu objednávatelom) predpísané kategóriou 2T-8,0 v zmysle STN 73 7507 (02/2008), tj. každá tunelová rúra s dvoma jazdnými pruhmi šírky 3,75 m a núdzovými chodníkmi šírky 1 m po oboch stranách. Základná výška prejazdneho prierezu je 4,8 m, v osi jazdného pásu je výška prejazdneho prierezu zvýšená na 5,2 m.

Tunelové rúry sú navzájom prepojené jedným priečnym priechodným priechodom.

2 GEOLOGICKÁ STAVBA

Územie, ktorým tunel Šibeník prechádza je tvorené severným výbežkom Medvedích vrchov, a tunel tak prepája Levočskú a Podhradskú kotlinu, ktoré sú súčasťou Hornádskej kotliny. Budované je horninami paleogénu, ktoré sú reprezentované zubereckým a bielopotockým súvrstvom patriacim do podtatranskej skupiny. V oblasti západného portálu je zuberecké súvrstvie zastúpené kežmarskými vrstvami, v ktorých prevládajú hrubo lavicovité pieskovce, medzi ktorými sa nachádzajú tenké polohy ílovcov až siltovcov (obr. 1). Pieskovce sú strednozrnité až hrubozrnité, modrastosivej až hnedosivej farby, z petrografického hľadiska ich možno charakterizovať ako droby, v menšom množstve arkózy. Ílovce a siltovce sú slabo vápnité, tenko doskovité až laminované, sivej až tmavo sivej farby. Ide o sedimenty podmorských náplavových kuželov, často postihnutých rozplavovaním. Vrstvy majú mierny sklon (cca 20°) k východu až juhovýchodu. V oblasti východného portálu je zuberecké súvrstvie zastúpené typickým flyšovým súvrstvom, v ktorom prevládajú ílovce a siltovce nad pieskovicami (obr. 2). Ílovce a siltovce sú sivé až tmavo sivé, tenko doskovité, prechádzajúce až do

1 INTRODUCTION

The Šibeník tunnel is designed as a twin-tube motorway tunnel with one-way traffic, for the design speed of 80km/h. The orientation of the route axis is west-east. The marking of the portals and tunnel tubes is distinguished according to this orientation. The length of the northern tunnel tube (NTT) is 588m and the length of the southern tunnel tube (STT) is also 588m. The tunnel width geometry (after a change in the clearance profile by the project owner) is determined by the 2T-8.0 category in the meaning of the STN 73 7507 (02/2008) standard, i.e. each tunnel tube with two 3.75m wide traffic lanes and 1.5m wide emergency walkways on either side. The basic clearance profile height is 4.8m; the height on the roadway axis is increased to 5.2m.

The tunnel tubes are interconnected by one cross passage passable for pedestrians.

2 GEOLOGICAL STRUCTURE

The area the Šibeník tunnel passes across is formed by the northern spur of Medvedí Vrchy uphills. The tunnel interconnects the Levoča and Podhradská basins, which are parts of the Hornád River basin. It is made up of Palaeogene rock types, which are represented by the Zuberec and Biely Potok Members, which are parts of the foothills of the Tatra Mountains Group. In the area of the western portal, the Zuberec Member is represented by the Kežmarok Member, where thick sandstone beds prevail, with thin layers of claystone to siltstone between them (see Fig. 1). The sandstones are medium-grained to coarse-grained, blue-grey to brown-grey; from the petrographical point of view they can be characterised as greywacke or, to a smaller extent, as arcose. The claystones and siltstones are weakly calcareous, thinly bedded to laminated, grey to dark grey. They are sediments of marine alluvial cones, which are frequently affected by dilution. The beds slightly

doskovitých. Minerálne zloženie je pomerne pestré, prítomný je kremeň, kalcit, dolomit, illit, albit, v menšom množstve sú prítomné chlorit, mikroklin, montmorilonit. Pieskovce sú prítomné len v malom množstve vo vrchnej časti územia, sú doskovité, hnedosivej farby [1].

Maximálna výška nadložia v STR je 69,3 m, v JTR je 80,6 m, nachádza sa v úseku, kde prebieha kontakt prevažne pieskovcového súvrstvia a ílovcového súvrstvia. Minimálna výška nadložia v STR je 11,4 m v oblasti východného portálu v prevažne ílovcovom súvrství, minimálna výška nadložia v JTR je 16,2 m v oblasti západného portálu v prevažne pieskovcovom súvrství.

Na základe výsledkov inžinierskogeologického prieskumu [2] sa predpokladal prechod z prevažne pieskovcových súvrství do ílovcových súvrství približne v polovici dĺžky tunelových rúr, pričom prechod medzi súvrstviami bol prieskumom potvrdený ako litofaciálny, nie tektonický.

Z hydrogeologického hľadiska je pre uvedené horniny paleogénu typická puklinová priepustnosť a v menšom množstve, najmä v pieskovcových horninách sa uplatňuje i pórová priepustnosť. Z výsledkov inžinierskogeologického prieskumu [2] vyplynulo, že hladina podzemnej vody v oblasti západného portálu sa nachádza pod niveletou diaľnice a až po cca 260 m od západného portálu bola zistená nad úrovňou tunelových rúr. V oblasti východnej časti tunelových rúr bola hladina podzemnej vody zistená cca 12 m nad úrovňou tunelových rúr a bol tu predpoklad výraznejších sústredených prítokov (do $0,2 \text{ l.s}^{-1}$) podzemnej vody.

3 PRÁCE GEOTECHNICKÉHO MONITORINGU

3.1 Geologická dokumentácia

Podstatnou časťou prác geotechnického monitoringu je geologická dokumentácia jednotlivých vyrazených úsekov tunelových rúr. Geologická dokumentácia tunelových rúr tunela Šibeník prebiehala kontinuálne. Počas dokumentácie sa zaznamenávala litologická stavba vyrazeného úseku, smer a sklon diskontinuit, prítomnosť podzemnej vody a geotechnické parametre prítomných hornín. Na základe klasifikačných kritérií (RMR – Rock Mass Rating od Bieniawského) sa stanovilo bodové ohodnotenie horninového masívu vo vyrazenom úseku, ktoré slúžilo ako podklad pre určenie vystrojovacej triedy (VT). Bodové rozhranie pre jednotlivé VT bolo pred začatím raziacich prác stanovené projektantom stavby (Valbek, s. r. o). Na základe zdokumentovanej geologickej



Obr. 2 Tenko doskovité až doskovité ílovce až siltovce, zubereckého súvrstvia v oblasti východného portálu

Fig. 2 Thinly bedded to bedded claystone to siltstone of the Zuberec Member in the area of the eastern portal



Obr. 1 Polohy hrubo lavičovitých pieskovcov kežmarských vrstiev v oblasti západného portálu

Fig. 1 Interbeds of thickly tabular sandstone of the Kežmarok Member in the area of the western portal

dip (about 20°) east up to south-east. In the area of the eastern portal, the Zuberec Member is represented by a typical flysch series of strata, where claystone and siltstone prevail over sandstone (see Fig. 2). The claystone and siltstone rocks are grey to dark grey, thinly tabular passing up to tabular. The mineral composition is relatively varied, with the presence of quartz, calcite, dolomite, illite and albite; chlorite, microcline and montmorillonite are present in smaller amounts. Sandstone is present only in a small amount in the upper part of the area; it is tabular, brown-grey [1].

The maximum NTT and STT overburden height is 69.3m and 80.6m, respectively. It is located in the section where the mostly sandstone series of strata is in contact with claystone series. The minimum NTT overburden height is 11.4m in the area of the eastern portal, where claystone series prevail; the minimum STT overburden height is 16.2m in the area of the western portal, where sandstone layers prevail.

The transition from mostly sandstone series of strata to claystone strata was assumed on the basis of the engineering geological survey [2] to be located approximately in the middle of the tunnel tubes lengths. The transition between the series of strata confirmed by the survey is lithofacial, not tectonic.

From the hydrogeological point of view, fissure permeability is typical for the above-mentioned Palaeogene rock types and pore permeability also asserts itself to a smaller extent, mainly in sandstone. It followed from the results of the engineering geological survey [2] that the water table in the area of the western portal is located under the vertical alignment of the motorway; the water table level above the level of tunnel tubes was identified at the distance of ca 260m behind the western portal. In the area of the eastern part of the tunnel tubes, the water table level was identified to be about 12m above the level of the tunnel tubes and there was an assumption of more significant concentrated groundwater inflows (up to 0.2 l.s^{-1}).

Tab. 1 Porovnanie predpokladanej a skutočnej dĺžky vystrojovacích tried JTR

Table 1 Comparison of the assumed and actual lengths assigned in the STT to particular excavation support classes

Vystrojovacia trieda Excavation support class	Celková metráž predpoklad [m] Total length assumption [m]	Celková metráž skutočnosť [m] Total length reality [m]	Rozdiel [m] Difference [m]	Zmena v % Change in %
7	36	8,9	-27,1	-75,27
6	72	17,9	-54,1	-75,14
5	168	254,2	+86,2	+51,3
4	144	131,4	-12,6	-8,75
3	120	121,6	+1,6	+1,3

Tab. 2 Porovnanie predpokladanej a skutočnej dĺžky vystrojovacích tried STR

Table 2 Comparison of the assumed and actual lengths assigned in the NTT to particular excavation support classes

Vystrojovacia trieda Excavation support class	Celková metráž predpoklad [m] Total length assumption [m]	Celková metráž skutočnosť [m] Total length reality [m]	Rozdiel [m] Difference [m]	Zmena v % Change in %
7	36	4	-32	-88,9
6	48	20,1	-27,9	-58,1
5	168	198,4	+30,4	+18,1
4	156	190,7	+34,7	+22,24
3	132	120,8	-11,2	-8,5

stavby bol upravený a optimalizovaný pôvodný predpoklad použitia jednotlivých VT. V tabuľkách 1 a 2 je uvedené porovnanie predpokladanej a skutočnej dĺžky pre jednotlivé VT.

Ako je vidieť z uvedených tabuliek, najväčší rozdiel medzi skutočnosťou a predpokladom bol u vystrojovacích tried 6 a 7, nakoľko sa ukázalo, že geologická stavba masívu v úvodných úsekoch od západného aj východného portálu nebola až taká nepriaznivá ako sa pôvodne predpokladalo.

Geologickou dokumentáciou skutočnej horninovej stavby sa zistilo, že oproti predpokladom z prieskumu bol prechod medzi pieskovcovým a ílovčovým súvrstvom cca v 2/3 dĺžky tunelovej rúry od východného portálu (obr. 3). Taktiež sa nepotvrdili sústredené prútoky podzemnej vody do tunelovej



Obr. 3 Prechod masívnych pieskencov (spodná časť) do tenko doskovitých ílovcov v staničení 340,0 m v severnej tunelovej rúre

Fig. 3 Transition of massive sandstone (the bottom part) to thinly bedded claystone at chainage 340.0m in the northern tunnel tube

3 GEOTECHNICAL MONITORING ACTIVITIES

3.1 Geological documentation

A substantial part of geotechnical monitoring is formed by geological documentation of individual completed sections of the excavation of the tunnel tubes. The geological documentation of the Šibenik tunnel tubes proceeded continually. The lithological structure of the completed section of excavation, the trend and dip of discontinuities, the presence of groundwater and geotechnical parameters of the encountered rock were recorded during the work on the documentation. Point-wise assessment of rock mass in the section of completed excavation was determined on the basis of classification criteria (RMR – Rock Mass Rating by Bieniawski). It served as a basis for the determination of the excavation support class (ESC). The points of individual ESCs interfaces were specified by the project designer (Valbek, s. r. o.) before the commencement of tunnel excavation. The original assumption of individual ESCs was modified and optimised on the basis of the documented geological structure. The comparison of the assumed and actual lengths assigned to individual ESCs is presented in Tables 1 and 2.

As it is obvious from the tables above, the greatest difference between the reality and assumptions was at excavation support classes 6 and 7. It was so because of the fact that the geological structure of the massif in the initial sections from the western and eastern portals was not so much unfavourable as expected in the beginning.

It was determined by the geological documentation of the actual geological structure that, contrary to the assumptions from the survey, the transition from the sandstone series of layers to claystone series was located approximately at 2/3

Tab. 3 Výsledky laboratórnych skúšok na stanovenie náchylnosti na napúčavosť ílovcov v JTR
Table 3 Results of laboratory tests determining the propensity for swelling of claystone in the STT

Lab. číslo vzorky Lab. sample number	Staničenie/blok Chainage/block	Napúčací tlak [MPa] Swelling pressure [MPa]	Súčiniteľ lineárnej napúčavosti [%] Linear swelling coefficient [%]
339	JTR 410,0 / PR35 / STT 410.0 / PR35	1,006 / 1.006	1,17 / 1.17
338	JTR 438,0 / PR37 / STT 438.0 / PR37	0,650 / 0.650	1,15 / 1.15
341	JTR 465,0 / PR39 / STT 465.0 / PR39	0,892 / 0.892	2,77 / 2.77
89	JTR 494,0 / PR42 / STT 494.0 / PR42	0,894 / 0.894	0,49 / 0.49

Tab. 4 Výsledky laboratórnych skúšok na stanovenie náchylnosti na napúčavosť ílovcov v STR
Table 4 Results of laboratory tests determining the propensity for swelling of claystone in the NTT

Lab. číslo vzorky Lab. sample number	Staničenie/blok Chainage/block	Napúčací tlak [MPa] Swelling pressure [MPa]	Súčiniteľ lineárnej napúčavosti [%] Linear swelling coefficient [%]
337	STR 375,0 TM / NTT 375.0 TM	0,632 / 0.632	0,98 / 0.98
340	STR 410,0 TM / NTT 410.0 TM	0,620 / 0.620	1,82 / 1.82
88	STR 436,0 TM / NTT 436.0 TM	0,861 / 0.861	0,65 / 0.65
342	STR 476,0 TM / NTT 476.0 TM	0,487 / 0.487	1,57 / 1.57
343	STR 502,0 TM / NTT 502.0 TM	0,891 / 0.891	1,24 / 1.24

Tab. 5 Výsledky laboratórnych skúšok na stanovenie náchylnosti na napúčanie ílovcov na východnom portále
Table 5 Results of laboratory tests determining the propensity for swelling of claystone at the eastern portal

Lab. číslo vzorky Lab. sample number	Umiestnenie Location	Hĺbka [m] Depth [m]	Napúčací tlak [MPa] Swelling pressure [MPa]	Súčiniteľ lineárnej napúčavosti [%] Linear swelling coefficient [%]
3303	JTR-VP1 / STT-VP1	0,5 / 0.5	0,020 / 0.020	0,47 / 0.47
3304	JTR-VP2 / STT-VP2	0,7 / 0.7	0,079 / 0.079	7,23 / 7.23

rúry. Prítoky podzemnej vody boli zväčša rozptýlené vo forme kvapkania, resp. zavlnutia. Kvapkanie bolo miestami intenzívne a odtok podzemnej vody z týchto miest dosahoval cca 0,1 až 0,2 l.s⁻¹ na 10 m dĺžky. Problémy spôsobovalo len hromadenie technologickej a podzemnej vody v lokálnych depresiách v pláni a dne tunelovej rúry.

Počas razenia tunelových rúr sa z geologického hľadiska ako najväčší problém ukázala náchylnosť na napúčavosť pre prítomné ílovce vo východnej časti oboch tunelových rúr. Vo výsledkoch inžinierskogeologického prieskumu [3] bolo upozornené na pomerne vysoký napúčací tlak ílovcov, ale tento bol dokumentovaný len vo vzorkách z dvoch miest tunelovej rúry. Nakoľko sa počet a rozmiestnenie vzoriek javilo ako nedostatočné, bolo počas razenia odobratých 11 vzoriek ílovcov na stanovenie náchylnosti na napúčavosť. Výsledky skúšok potvrdili nepriaznivý predpoklad. Aj keď počas raziacich prác neboli zistené prejavy zvýšenej napúčavosti v zasiahnutých ílovoch, keďže ide o fenomén, ktorého časové ohraničenie nie je ešte dostatočne preskúmané a môže byť pomerne dlhodobé (aj niekoľko rokov), bolo projektantom upravené vystrojenie dna tunelovej rúry v úsekoch budovaných ílovcami úpravou protiklenby tak, aby sa predišlo prípadným nepriaznivým vplyvom na konštrukciu tunelových rúr. Pôvodne navrhovanú vystrojovaciu triedu bez spodnej klenby nahradil vystrojovacou triedou VT6 s protiklenbou z prostého betónu (obr. 4). Výsledky skúšok sú uvedené v tabuľkách 3, 4 a 5.

of the tunnel tube length from the eastern portal (see Fig. 3). Even the concentrated groundwater inflows to the tunnel tube were confirmed. The groundwater inflows were mostly scattered in the form of dripping or moistening. The dripping was locally intense and the rate of groundwater flow from these locations reached ca 0.1 to 0.2 L.s⁻¹ per the length of 10m. Problems were caused only by the accumulation of process water and groundwater in local depressions in the subgrade and on the tunnel tube bottom.

The propensity for swelling because of the presence of claystone in the eastern parts of both tunnel tubes turned out to be the greatest problem from the geological point of view during the course of the tunnel excavation. The relatively high swelling pressure of claystone was cautioned against in the results of the engineering geological survey [3]. Because the number and distribution of samples appeared to be insufficient, 11 samples of claystone were collected during the tunnel excavation for the purpose of the determination of the propensity for swelling. The results of tests confirmed the unfavourable assumption. Despite the fact that no manifestations of increased propensity for swelling in the claystone encountered were identified, because it is a phenomenon the time borders of which have not been sufficiently

Tab. 6 Minerálne zloženie celohorninových vzoriek
Table 6 Mineral composition of „whole-rock“ samples

Vzorka/TM Sample/TM	Qtz hm. [%] Qtz weight [%]	Plg	Ms+Ill	Chl	Cal	Dol	Fe-Dol	I+S	Kln	Py	Rt
JTR/494 / STT/494	35	13	15	10	8	5	3	8	+	2	1
STR/436 / STT/436	38	15	13	9	7	7	3	6	+	2	

+ prítomný v nekvantifikovateľnom množstve

+ present in an unquantifiable amount

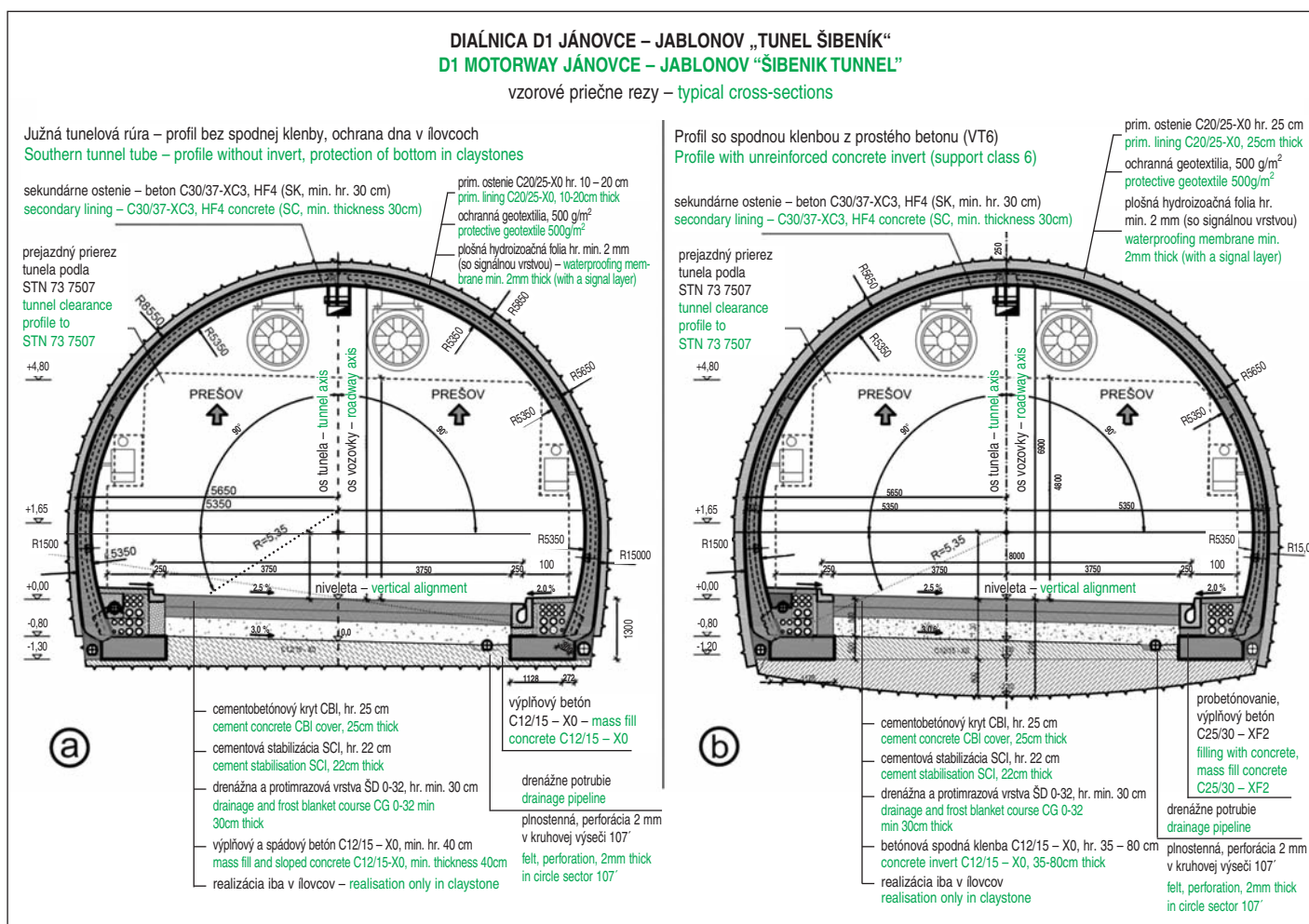
Na zistenie minerálneho zloženia ílovcov a na zistenie prítomnosti minerálov majúceho vplyv na ich náchylnosť na napúčanie boli odobraté 2 vzorky na rtg. difrakčnú analýzu. Rtg. analýzou bola potvrdená prítomnosť minerálov majúceho vplyv na náchylnosť na napúčanie smektitov v množstve 6–8 hm. %. Rtg. difrakčná analýza celohorninových vzoriek ukázala prítomnosť týchto minerálov: kremeň (Qtz), plagioklas (Plg), muskovit (Ms), illit (Ill), chlorit (Chl), kalcit (Cal), dolomit (Dol), Fe-dolomit (Fe-Dol), zmiešanovrstevnatý illit-smektit (I+S), kaolinit (Kln), pyrit (Py) a rutil (Rt). Semi-quantitatívne vyhodnotenie minerálneho zloženia je uvedené v tabuľke 6.

3.2 Meranie konvergencií

Meranie konvergencií patrí medzi najdôležitejšie merania geotechnického monitoringu, ktoré sú súčasťou technológie NRTM. Merania konvergencií v tuneli Šibeník boli realizované štandardnými metódami. Konvergenčné profily v tunelových rúrach boli 5bodové, v úsekoch budovaných pieskovicami vo

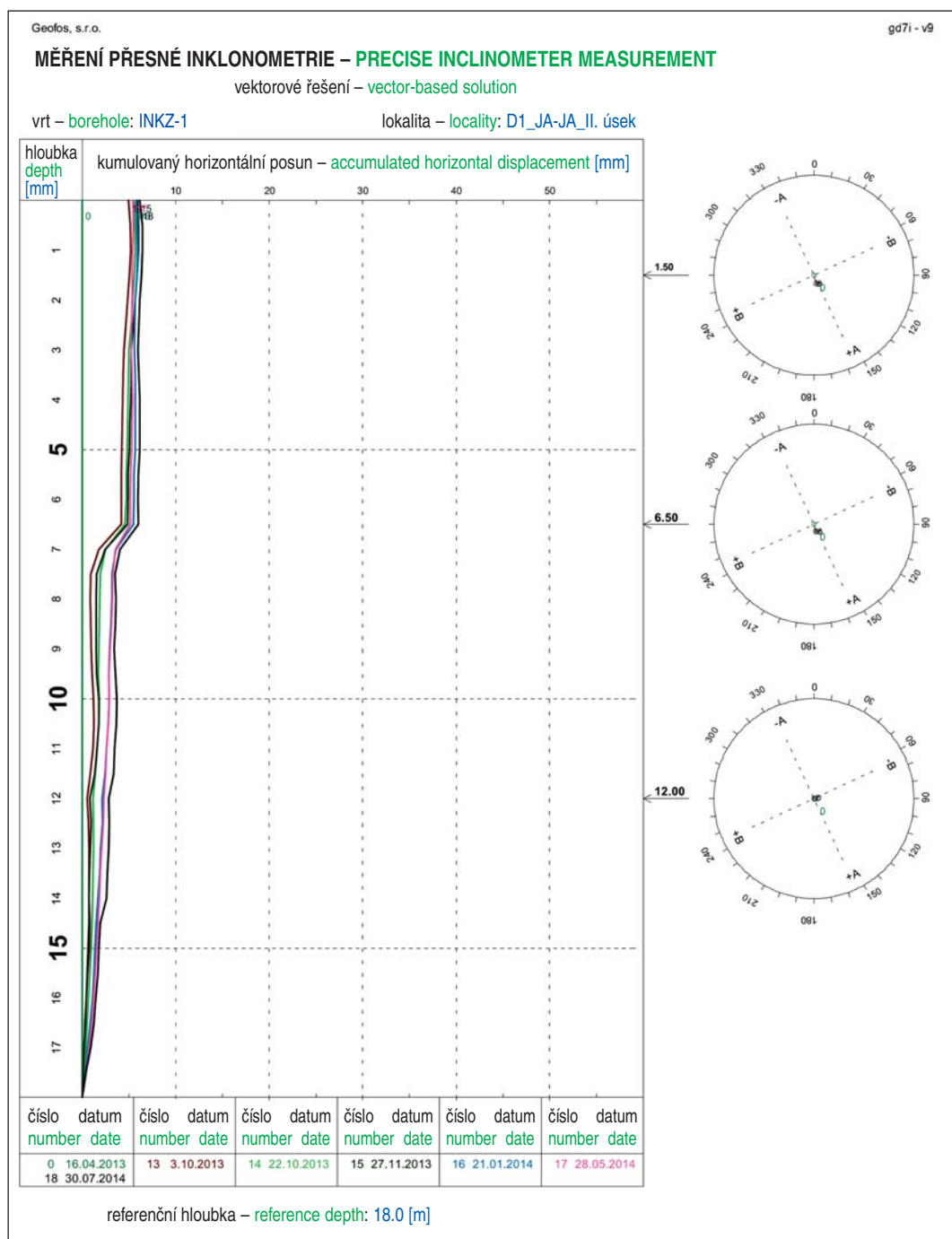
explored yet and may be relatively long-term (even several years), the support of the tunnel tube bottom in the section formed by claystone was changed by the designer by means of a modification of the invert in a way preventing contingent unfavourable effects on the structure of tunnel tubes. The originally proposed excavation support class without invert was replaced by support class ESC6 with an unreinforced concrete invert (see Fig. 4). The results of tests are presented in Tables 3, 4 and 5.

Two samples were collected for the X-ray diffraction analysis designed to determine the mineral composition of claystone and determine the presence of minerals affecting its propensity for swelling. The X-ray analysis confirmed the presence of minerals affecting the propensity of smectites for swelling at 6–8 weigh percent. The X-ray diffraction analysis of “whole-rock” samples proved the presence of the following minerals: quartz Qtz, plagioclase (Plg), muscovite (Ms), illite



Obr. 4 Vzorové priečne rezy tunela Šibeník pre masív budovaný ílovcami a – pôvodný návrh; b – úprava po potvrdení náchylnosti na napúčavosť ílovcov (Ing. P. Šenk, Valbek s.r.o.)

Fig. 4 Typical cross-sections through the Šibeník tunnel for the massif made up of claystone a – original design; b – modification after the confirmation of the propensity for claystone swelling (Ing. P. Šenk, Valbek s.r.o.)



Obr. 5 Výstup z meraní vertikálnou inklinometriou vo vrte INKZ-1 v oblasti západného portálu, kde v úrovni cca 7,0 m je zreteľný vývoj šmykovej plochy

Fig. 5 Output from vertical inclinometer measurements in INKZ-1 borehole in the area of the western portal, where the development of a shear plane is obvious at the level of approximately 7.0m

vzdialenosti cca 35 m od seba, v úsekoch budovaných ťľovcami vo vzdialenosti cca 25 m od seba. V úsekoch budovaných ťľovcami bolo uvaťované aj s pouťžitím 6bodovťch profilov, pričom jeden bod mal byť umiestnenť v dne tunelovej rťry, aby sa mohlo sledovať jeho prťpadnť zdvťhanie.

Celkovo bolo osadenťch 22 (5bodovťch) profilov v juťnej tunelovej rťre, 20 (5bodovťch) profilov v severnej tunelovej rťre a 1 (6bodovť) profil v severnej tunelovej rťre. Jeden 3bodovť profil bol osadenť v prepoťovacej chodbe.

Projektantom boli stanovenť maximťlne predpokladanť hodnoty konvergenciť vo vystrojovacej triede VT 7 na 55 mm, vo VT 5 na 38 mm, vo VT 4 na 33 mm, vo VT 3 na 25 mm.

Maximťlne hodnoty skutočne nameranťch konvergenciť sa pohybovali do 17 mm v juťnej tunelovej rťre a 18 mm v severnej tunelovej rťre. Meranťm konvergenciť neboli zistenť

(Ill), chlorite (Chl), calcite (Cal), dolomite (Dol), Fe-dolomite (Fe-Dol), mixed-layered illite-smectite (I+S), kaolinite (Kln), pyrite (Py) and rutile (Rt). The semi-quantitative assessment of the mineral composition is presented in Table 6.

3.2 Convergence measurements

Convergence measurements belong among the most important measurement of geotechnical monitoring. They are currently parts of the NATM technology. Convergence measurements in the Ŗibenťk tunnel were realised using standard methods. The convergence profiles in the tunnel tubes consisted of 5 points; in the sections made up of sandstone the profiles were installed at the spacing of about 35m, whilst in the sections made up of claystone they were spaced at about 25m. The application of 6-point profiles was considered for the sections made up of claystone; one point was to be located on the tunnel tube bottom so that the contingent heaving of the bottom could be monitored.

The total numbers of the profiles were as follows: 22 (5-point) in the southern tunnel tube; 20 (5-point) in the northern tunnel tube and 1 (6-point) in the northern tunnel tube. One 3-point profile was installed in the cross passage.

The maximum expected convergence values set by the designer were as follows: 55mm in the excavation support class ESC 7; 38mm in ESC 5; 33mm in ESC 4 and 25mm in ESC 3.

The maximum values of the actually measured convergences ranged up to 17mm in the southern tunnel tube and 18mm in the northern tunnel tube. No values approaching or exceeding the warning states were detected by the convergence measurements. It was not therefore necessary to implement any measure ensuring additional increasing of the stability and safety of the workings being realised.

3.3 The other geotechnical monitoring activities

The following other measurements were proposed and realised for the observation of the geotechnical behaviour of

hodnoty blížiac sa alebo prekračujúce varovné stavy a nebolo potrebné realizovať žiadne opatrenia na dodatočné zaistenie zvýšenej stability a bezpečnosti realizovaných diel.

3.3 Ostatné práce geotechnického monitoringu

Okrem vyššie spomenutých prác a meraní boli na sledovanie geotechnického správania horninového masívu navrhnuté a realizované ďalšie merania. Išlo o nasledujúce merania:

- inklinometrické merania na sledovanie stability masívu v oblasti západného a východného portálu;
- geodetické 3D merania bodov na portálových a zárubňových stenách na východnom a západnom portáli;
- geodetické 3D merania bodov nivelácie v poklesovej kotline nad tunelovými rúrami;
- extenzometrické merania v tunelových rúrach;
- inklinodeformetrické merania nad tunelovými rúrami;
- merania napätí na kontakte horninové prostredie – ostenie a v primárnom ostení.

Uvedenými meraniami neboli zistené výrazné anomálie, resp. hodnoty blížiac sa alebo prekračujúce varovné stavy a nebolo potrebné realizovať žiadne opatrenia na zaistenie zvýšenej stability a bezpečnosti realizovaných diel.

Zaujímavosťou bolo vysledovanie tvoriacej sa šmykovej plochy v oblasti západného portálu inklinometrickým meraním. Počas odkopových prác bola na západnom portáli v inklinometri s označením INKZ-1 zistená vyvíjajúca sa šmyková plocha smerom do stavebnej jamy (obr. 5). Pohyby boli zaznamenané v hĺbke 7 m a ich veľkosť sa pohybovala do 7 mm. Uvedené pohyby boli potvrdené i realizovanými geodetickými meraniami na uvedenej zárubnej stene. Po zakotvení a zabetónovaní jednotlivých etáží boli zistené pohyby zastabilizované. Geologickou dokumentáciou odkopov bolo ziskné, že pohyb bol spôsobený posúvaním pieskovcových blokov po vrstvej ploche na kontakte s ílovcami.

4 ZÁVER

Realizovanými prácami geotechnického monitoringu na stavbe diaľničného tunela Šibeník boli zdokumentované odlišnosti skutočnej geologickej stavby horninového masívu oproti záverom z inžinierskogeologických prieskumov. Taktiež bol potvrdený nepriaznivý predpoklad výskytu ílovcov náchylných na napúčanie, na základe ktorého projektant upravil použitie vystrojovacích tried v masíve budovanom ílovcami.

Záverom možno konstatovať, že dôsledný geotechnický monitoring počas razenia podzemných stavieb je dôležitou súčasťou NRTM a slúži projektantovi a zhotoviteľovi ako podklad na optimálnu reakciu (úprava ostenia) na aktuálne zastihnuté geotechnické podmienky.

*RNDr. TOMÁŠ MOLČAN, tommolcan@gmail.com,
Mgr. LUBOMÍR LAUKO, lubomir.lauko@geofos.sk,
GEOFOS, s. r. o., Žilina*

*Recenzovali: Ing. Branislav Neuschl,
Ing. Miloslav Frankovský*

rock mass in addition to the above-mentioned work and measurements:

- inclinometer measurements for the monitoring of the rock mass stability in the areas of the western and eastern portals;
- 3D geodetic survey of points on portal and revetment walls at the eastern and western portals;
- 3D survey measurements on levelling points within the settlement trough above the tunnel tubes;
- extensometer measurements inside the tunnel tubes;
- inclinometer measurements above the tunnel tubes;
- measurements of stresses on contact between the rock environment and the lining and in the primary lining.

No significant anomalies or values approaching or exceeding the warning states were identified by the above-mentioned measurements; it was not therefore necessary to implement any measure ensuring increased stability and safety of the workings being realised.

An interesting thing was the detection of a shear plane developing in the area of the western portal by inclinometer measurements. During the slope cutting at the western portal, a shear plane developing in the direction inside the construction pit was detected in the inclinometry marked INKZ-1 (see Fig. 5). Movements were registered at the depth of 7m and their magnitude ranged up to 7mm. These movements were even confirmed by geodetic survey measurements carried out on the above-mentioned revetment wall. After the completion of anchoring and casting of concrete at individual stages it was found that the movements were stabilised. It was determined by the geological documentation that the movement was caused by the shifting of sandstone blocks along the bedding plane on the contact with claystone.

4 CONCLUSION

Deviations from the real geological structure of the rock mass from the conclusions of the engineering geological surveys were documented by the geotechnical monitoring work realised on the Šibeník motorway tunnel construction. Even the unfavourable assumption of the occurrence of claystone prone to swelling was confirmed. The designer modified the application of excavation support classes in the mass formed by claystone on the basis of this finding.

To conclude, it is possible to state that thorough geotechnical monitoring during the excavation for underground structures is an important part of the NATM. It serves the designer and contractor as a basis for optimal response (modification of the support) to the actual geotechnical conditions encountered.

*RNDr. TOMÁŠ MOLČAN, tommolcan@gmail.com,
Mgr. LUBOMÍR LAUKO, lubomir.lauko@geofos.sk,
GEOFOS, s. r. o., Žilina*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Gross, P. et al. Geologická mapa Popradskej kotliny, Hornádskej kotliny, Levočských vrchov, Spišsko – šarišského medzihoria, Bachurne a Šarišskej vrchoviny M 1:50000, GS SR, Bratislava, 1999
- [2] Mátuš, J. et al. Inžinierskogeologický prieskum diaľnice D1 Jánovce – Jablonov, tunel Šibeník. Uranpres, s. r. o., Spišská Nová Ves, 2006, 29 s.
- [3] Martinčeková, T. et al. D1 Jánovce – Jablonov, doplnkový IG a HG prieskum II. etapa, GEOFOS, s. r. o., Žilina, 2010, 53 s.

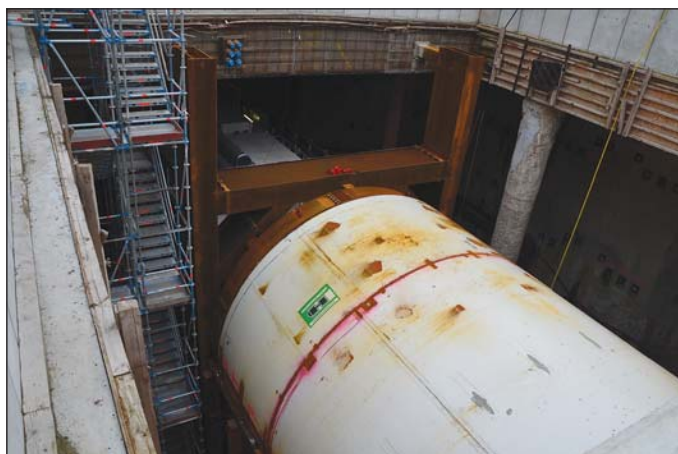
FOTOREPORÁŽ Z ODBORNÉHO ZÁJEZDU DO NĚMECKA KONANÉHO 22. – 25. ŘÍJNA 2014 (FOTO ING. OTAKAR HASÍK)

PICTURE REPORT FROM THE TECHNICAL EXCURSION TO GERMANY HELD ON 22ND – 25TH OCTOBER 2014 (PHOTO ING. OTAKAR HASÍK)



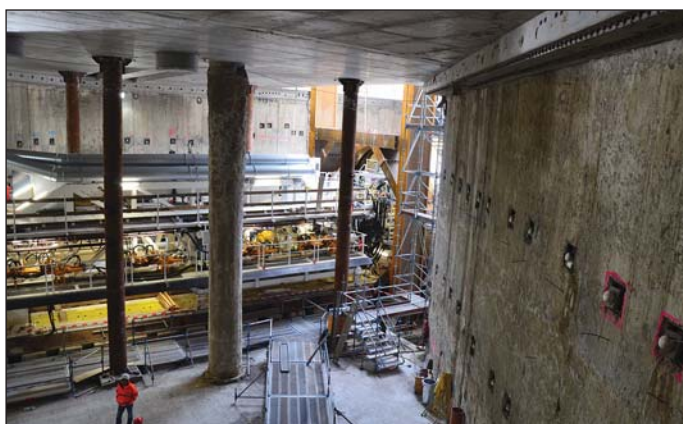
Obr. 1 Stavba podzemní tramvaje v Karlsruhe, výstavba hloubené stanice Marktplatz

Fig. 1 Construction of the underground tram in Karlsruhe, construction of the Marktplatz cut-and-cover station



Obr. 2 Stavba podzemní tramvaje v Karlsruhe, opěrný rám štítu ve startovací šachtě

Fig. 2 Construction of the underground tram in Karlsruhe, the shield shove frame in the launching pit



Obr. 3 Stavba podzemní tramvaje v Karlsruhe, pohled do prostoru budoucí stanice Durchlacher Tor

Fig. 3 Construction of the underground tram in Karlsruhe, a view down the space of the future Durchlacher Tor station



Obr. 4 Rekonstrukce starého tunelu císaře Wilhelma (AKWT) v Cochemu, pohled na nový a starý portál

Fig. 4 Reconstruction of the Old Kaiser Wilhelm tunnel (AKWT) in Cochem, a view of the new and old portals



Obr. 5 Rekonstrukce AKWT, pohled na otvory po větracích turbínách Siemens-Bentz

Fig. 5 Reconstruction of the AKWT, a view of openings remaining after Siemens-Bentz ventilation turbines



Obr. 6 Rekonstrukce AKWT, pohled na proinjektované přístupí

Fig. 6 Reconstruction of the AKWT, a view of the top heading stabilised by grouting

STAVÍME PROFESIONÁLNĚ



- stavba tunelů v hloubených otevřených jamách
 - dodávka a montáž samonosné armatury definitivního ostění v hloubených tunelech
 - práce na spodních železobetonových klenbách hloubených tunelů
 - obklady a vyrovnaní stěn tunelů obkladovými panely
-
- construction of tunnels in excavated open pits
 - supply and installation of self contained skeleton of final lining in excavated tunnels
 - work on the lower reinforced concrete vaults of excavated tunnels
 - tiling and leveling the tunnel walls by lining panels



Webové stránky:
<http://www.smp.cz>



Ředitelství společnosti:
Pobřežní 667/78, 186 00 Praha 8



Ústředna: (+420) 222 185 111
E-mail: ou@smp.cz



GEOTECHNICKÝ PRŮZKUM A MONITORING PODZEMNÍCH STAVEB

Inženýrskogeologické, hydrogeologické a korozní průzkumy

- pro ražené tunely (NRTM, TBM)
- pro hloubené tunely a podzemní garáže
- pro podzemní inženýrské sítě včetně mikrotunelování
- průzkumné štoly

Geotechnika

- polní a laboratorní geotechnické zkoušky
- geotechnické posudky
- geotechnické výpočty

Diagnostika staveb

- stavebně technické průzkumy
- pasportizace staveb

Monitoring podzemních staveb

- vedení geotechnického monitoringu
- geologické sledování a dokumentace ražeb
- bezpečnostní měření (konvergence a extenzometrie)
- tenzometrická měření přetvoření tunelového ostění s odvozením napjatosti
- měření a sledování deformací povrchu a nadzemní zástavby
- hydrogeologický monitoring
- monitoring hluku při výstavbě
- geoelektrické korozní měření
- informační systém monitoringu BARBORA s interaktivním zobrazením pomocí GIS

 **PUDIS**

PUDIS a.s.

Nad Vodovodem 2/3258 ■ 100 31 Praha 10

tel.: +420 274 776 645 ■ e-mail: info@pudis.cz

www.pudis.cz





KAMKOLIV SE VYDÁTE...
...naleznete produkty a systémy Sika

www.sika.cz

STAVÍME NA DŮVĚŘE



**SUDOP
PRAHA**
projekty - inženýring - konzultace

Společnost s tradicí
více než 60 let působí jako
generální projektant
největších staveb modernizací
železničních koridorů,
např.
Praha hl. n., Nové spojení,
aktuálně Rokycany - Plzeň.

Olšanská 1a, 130 80 Praha 3
tel.: 267 094 304
fax: 224 230 316
e-mail: paha@sudop.cz
www.sudop.cz

geotechnical software suite **GEO5**

Shaft - Circular Shaft Design

Program Shaft serves for analysis of spatial earth pressures on circular shaft and determination of internal forces on the structure.

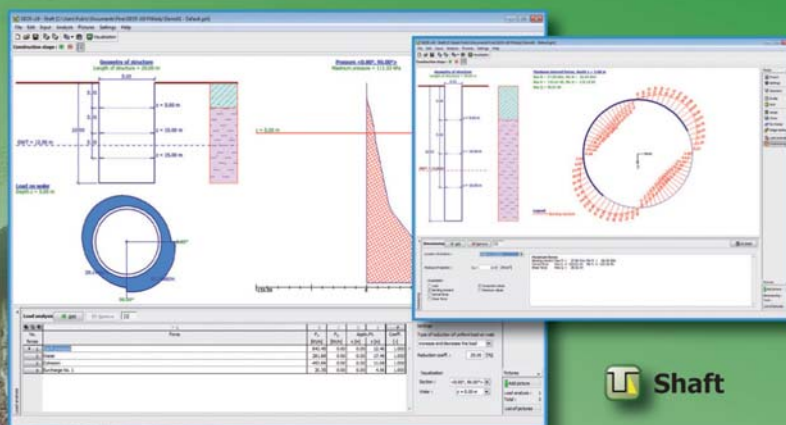
- Allows more economical design of shaft and thereby decrease costs.
- Calculation of load on flexible, semi-rigid and rigid shaft.
- Spatial earth pressure according V.G. Berezantsev, Cheng&Hu.
- Correction of uniform load on the shaft according to standards DIN V 4034-1 or СНиП II-94-80.
- Any surcharge around the shaft.
- Design shaft construction according to Eurocodes.
- Interaction between shaft lining and soil.
- Determination of internal forces in whalers by polygonal method (non-linear soil model).

News in version 19

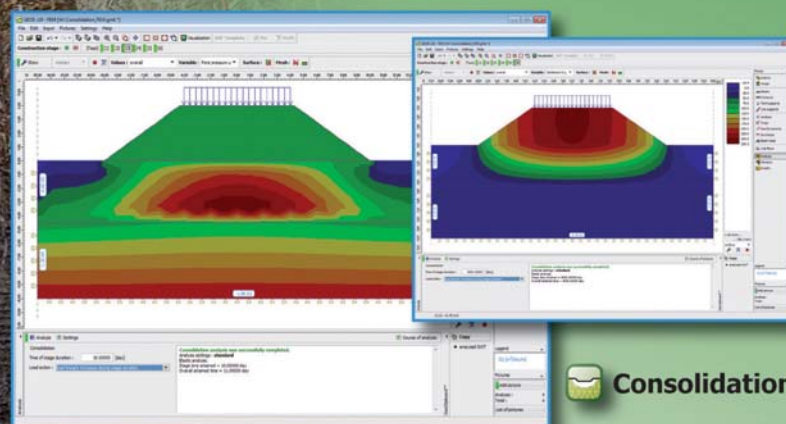
- FEM Consolidation - (FEM module).
- Pile Group - general shape of pile cap and general coordinates of piles, inclination of piles.
- Gravity Wall - general shape of wall.
- Wall programs - interfacing with Piles, Pile Group.
- Import of table data from text and spreadsheet files (TXT, CSV, XLSX, ODS).
- Sheeting Check - Normal force for verification of steel structures.

... for more information visit our website.

www.finesoftware.eu



Shaft



Consolidation

fine
civil engineering
software

Fine spol. s r.o.
Závěrka 12
169 00 Praha 6
tel.: +420 233 324 889
fax: +420 233 321 754
E-mail: hotline@fine.cz

ITAWTC 2015

41st General Assembly and Congress of
International Tunnelling Association ITA-AITES



SEE TUNNEL

PROMOTING TUNNELLING IN SEE REGION

LACROMA VALAMAR CONGRESS CENTER DUBROVNIK, CROATIA

MAY 22-28, 2015

www.wtc15.com



ITA CROATIA
Croatian Association for
Tunnels and Underground
Structures



ITA-AITES
International Tunnelling
and Underground Space
Association



**Váš partner pro projektování
podzemních
a vodohospodářských staveb
a staveb městské infrastruktury**

www.ko-ka.cz

MOZAIKA ZE SVĚTA

Součástí nového železničního spojení mezi Baku, Tbilisi a městem Kars v Turecku je také 2,3 km dlouhý tunel na hranici Gruzie a Turecka. Stavbu tunelu provádí turecké firmy, které již dokončily 800 m dlouhý úsek na tureckém území. Vnitropolitické problémy v Gruzii však způsobily, že gruzínský úsek délky 1500 m byl zahájen až koncem roku 2013.

Největší evropská podzemní stavba Crossrail oplývá mnoha nej... Proto může překvapit, že tam byl také nasazen malý štít o průměru jen 1,45 m délky 3,3 m. Jeho úkolem je vyrazit kanalizační stoku dlouhou 564 m, která nahradí úsek stoky původní a je v kolizi se stavbou tunelů Crossrail. Štít je ovládná dálkově z povrchu a ražbu má dokončit koncem roku 2014.

Zajímavé je srovnání s rozměry běžného štítu o průměru 7,1 m a délce 150 m razícího traťové tunely. Jeden z těchto tunelovacích strojů vyrazil nedávno za tři měsíce úsek 2,7 km, přičemž jeho maximální postup za 24 hodin činil 72 m.

Pokud jde o traťové tunely, přibližně v srpnu 2014 byly dokončeny z 82 %.

Tunel Alabastieg je čtvrtým tunelem, jehož ražba byla zahájena na výše zmíněném úseku vysokorychlostní železnice

Stuttgart – Ulm. Délka tunelu je 5,9 km, má dvě samostatné trouby a je ražen Novou rakouskou tunelovací metodou (NRTM). Ražby budou probíhat celkově ze šesti čeleb, z toho dvě jsou u severního portálu u Dornstadtu. Z údolí Lehrer jižně od Ulmu se razí přístup k rozrážce, odtud bude probíhat ražba ze dvou čeleb směrem k Dornstadtu a z dalších dvou směrem k Ulmu.

Slavnostní zahájení ražeb se konalo v červnu 2014 u portálu Dornstadt. Kmotrou tunelu byla manželka premiéra regionální bádensko-wirtemberské vlády, která ovšem v roce 2013 odmítla stejnou funkci při zahájení ražeb tunelu Filder. Ten je součástí projektu Stuttgart 21, se kterým nesouhlasí strana zelených a bádensko-wirtemberský premiér je jejím členem.

Dokončení tunelu Albabstieg je plánováno na rok 2018 a jeho uvedení do provozu má proběhnout v roce 2021.

Nový jednokolejný železniční tunel vyražený souběžně se starým dvoukolejným tunelem z roku 1877 (Alter Kaiser-Wilhelm Tunnel) byl uveden do provozu 7. dubna 2014. Nový tunel bude dlouhý 4242 m a byl vyražen tunelovacím strojem od dubna 2010 do listopadu 2011. Má jednoduché segmentové ostění a bude propojen se starým tunelem osmi propojkami. Po zahájení provozu nového tunelu mohlo být přistoupeno k rekonstrukci starého tunelu na tunel jednokolejný. Jeho uvedení do provozu se předpokládá v roce 2016.

ZAHÁJENY PŘÍPRAVNÉ PRÁCE NA GRAND PARIS EXPRESS

Přípravné práce na prvním 33 km dlouhém úseku okružní expresní linky kolem Paříže byly zahájeny. Úsek se nachází jižně od města a vede z Pont de Sèvres do Noisy Champs. Je v celé délce veden pod zemí a ražba má být zahájena v roce 2016.

DVACET LET PROVOZU TUNELU POD KANÁLEM LA MANCHE

Dne 6. května 2014 oslavil Channel Tunnel dvacáté výročí svého uvedení do provozu. Mezinárodní smlouvu o jeho výstavbě podepsali v lednu 1986 francouzský prezident Mitterrand a britská premiérka Thatcherová. Smlouva obsahovala ustanovení, že tunel bude financován pouze privátními investory, k čemu Margaret Thatcherová poznamenala: „To znamená bez jediné penny z veřejných prostředků.“ K první prorážce v rámci sedmi let výstavby došlo 100 m pod hladinou moře na servisním tunele.

Za dvacet let použilo tunel 330 milionů cestujících. Denně projede tunelem až 400 vlakových souprav.

DÁLNIČNÍ TUNEL POD ŽENEVSKÝM JEZEREM?

Ženevská státní rada rozhodla o zpracování studií na propojení švýcarské dálnice A1 s francouzskou dálnicí A40, které by pomohlo výrazně snížit dopravní zátěž města. Trasa spojky dálnic by vedla východně od Ženevy mezi Vengeronem na pravém břehu ženevského jezera a Belotte na levém břehu. Součástí východního obchvatu města by musel být i tunel pod jezerem.

SEVERNÍ ČÁST SILNIČNÍHO OBCHVATU ANTVERP

Investor silničního obchvatu Antverp vypsal soutěž na zpracování vlivu stavby severní části obchvatu na životní prostředí. Stavba by měla být zahájena v roce 2016 nebo 2017 a její součástí jsou tři mimořádně náročné tunelové stavby. První je

1,7 km dlouhý naplavovaný tunel pod tokem Scheldty. Pak následují dva tunely celkové délky 2,7 km pod doky v severní části Antverp. Doba výstavby se předpokládá 5 let.

VZDUCHOTECHNICKÁ ŠACHTA NA BRENNERSKÉM BÁZOVÉM TUNELU

Poblíž Innsbrucku byla 4. září 2014 dokončena výstavba vzduchotechnické šachty průměru 5,8 m a hloubky 180 m. Šachta, která bude sloužit pro větrání jak při stavbě bazového tunelu, tak při jeho budoucím provozu, ústí do přístupového tunelu Ahrental. Ten bude pod šachtou rozšířen v délce cca 240 m na vzduchotechnickou kavernu výšky 20 m a o profilu výrubu 240 m².

Hloubení šachty bylo zahájeno 22. dubna 2014. Práce do hloubky cca 20 m probíhaly v měkkých horninách, pak se postupovalo pomocí trhacích prací. Vrty pro nálože i vodorovné vrty pro svorníky se prováděly ručně, stejně i stříkaný beton ostění. Přesto byl dosažen průměrný postup 1,5 m denně.

ZÁVĚREČNÁ PRORÁŽKA SILNIČNÍHO TUNELU U GDAŇSKU

U polského Gdaňsku se staví nová komunikace, která má propojit přístav s mezinárodním letištěm a navázat na vnitrostátní silniční síť a tím ulehčit komunikacím přeplněným tranzitní dopravou. Součástí komunikace jsou dva 1076 m dlouhé tunely ražené pod vodním tokem. První z nich byl prorážen v listopadu 2013 a druhý 9. července 2014. Ražba probíhala pomocí kombinovaného štítu (mixshield) o průměru 12,56 m a délky 90 m dodaného firmou Herrenknecht.

Dno vodního toku bylo v hloubce až 35 m a nadloží nad štíty v tomto místě bylo jen 6 m. Pro zajištění stability a ochrany proti vztlaku mají segmenty ostění tloušťku 60 cm a váží 18 t. Vnitřní průměr tunelu je 11 m.

Ing. MILOSLAV NOVOTNÝ, novotny@ita-aite.cz

PAMĚTNÍ MINCE „TUNNELBAU“ 25 €

Počátkem roku 2013 vyrazila Rakouská mincovna přitažlivou a v kontextu stavebního oboru rovněž velmi zajímavou pamětní minci „Tunnelbau“ s následujícími parametry:

- bimetalová mince s niobovým jádrem
- autor: Herbert Wähner
- ražba: Rakouská mincovna
- nominální hodnota: 25 eur
- průměr: 34 mm
- hmotnost celkem: 16,5 g, hmotnost jádra: 9 g
- ryzost prstence: 900/1000 Ag, ryzost jádra: 99,8/100 Nb
- hrana: hladká
- provedení: bankovní kvalita (special uncirculated)
- číslování: ne
- limit: 65 000 ks
- emise: 23. 1. 2013

Tímto počinem se jen potvrzuje vážnost, jaké se tunelové stavitelství těší u našich jižních sousedů.



Zájemce o koupi tohoto zajímavého sběratelského a pamětního předmětu případně velmi pěkného dárku odkazujeme na internetovou stránku: www.zlate-mince.cz/Mince_stribro.htm?id=5958

*doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.,
horak.vl@fce.vutbr.cz, VUT BRNO*

TUNELOVÝ KOMPLEX BLANKA – TAKTICKÉ CVIČENÍ IZS BLANKA COMPLEX OF TUNNELS – IRS TACTICAL EXERCISE

An extensive exercise of the Integrated Rescue System (the IRS) took place in the Blanka complex of tunnels on 25th September 2014. The exercise scenario was based on a traffic accident of two cars with a subsequent fire of one of them, followed by a crash of an articulated bus travelling behind the above-mentioned cars into the tunnel lining. The accident and the subsequent IRS intervention

took place in the area of the bifurcation of the tube B of the Dejvice tunnel (the inner roadway of the City Circle Road) and the exit ramp in Letná. The tactical exercise was beneficial for all involved parties because it allowed all components of the IRS to try the environment of the complex of tunnels in conditions approximating a real intervention.



Obr. 1 Taktické cvičení IZS v Tunelovém komplexu Blanka
Fig. 1 The IRS tactical exercise in the Blanka complex of tunnels

V dokončované stavbě Tunelového komplexu Blanka jsou v současné době prováděny nutné úkony pro odzkoušení instalovaných technologických zařízení a systémů zajišťujících bezpečné provozování stavby. Bezpečnostní hledisko díla však není jen pod dohledem účastníků výstavby, ale již i orgánů státní správy.

A právě proto dne 25. 9. 2014 proběhlo v Tunelovém komplexu Blanka rozsáhlé taktické cvičení složek Integrovaného záchranného systému (IZS). Scénář cvičení byl založen na dopravní nehodě dvou osobních vozidel (s následným požárem jednoho z nich) a nárazu kloubového autobusu (jedoucího za zmíněnými vozidly) do ostění tunelu. Nehoda i zásah IZS se odehrály v oblasti rozpojení tunelové trouby B Dejvického tunelu (vnitřní jízdní pás městského okruhu) a výjezdové rampy na Letné.

Cílem cvičení bylo ověřit akceschopnost a reakce složek integrovaného záchranného systému, krizového štábu Magistrátu hl. m. Prahy a dalších zainteresovaných subjektů při realizaci a koordinaci záchranných a likvidačních prací při této mimořádné události. Účelem celé akce bylo procvičit spolupráci složek IZS, prověřit reálné



Obr. 2 Taktické cvičení IZS v Tunelovém komplexu Blanka
Fig. 2 The IRS tactical exercise in the Blanka complex of tunnels

dojezdové časy k portálům tunelu v běžném provozu ve všední den, způsob nájezdů do tunelových trub, kapacity nástupních ploch na povrchu i v tunelu, komunikaci mezi operačními středisky složek IZS a tunelovými dispečinkami dopravy a technologií a procvičit taktiku na zásah s velkým počtem raněných a v součinnosti s Leteckou službou PČR procvičit přepravu zraněných a dalších činností.

Při řešení této mimořádné události se z hlediska vybavenosti tunelu uplatnila řada technologických systémů, jako jsou systém videodetekce, detekce kouře, požární ventilace, nouzové únikové osvětlení, místní rozhlas, komunikační systémy pro IZS, sítě mobilních operátorů a další.

Závěrem lze jen konstatovat, že taktické cvičení bylo pro všechny zúčastněné strany přínosem, protože (v návaznosti na seznamovací školení a exkurze do tunelového komplexu konané v listopadu loňského roku) umožnilo všem složkám IZS si prostředí tunelového komplexu vyzkoušet v podmínkách blížících se reálnému zásahu.

Ing. LUKÁŠ RÁKOSNÍK, lukas.rakosnik@satra.cz,
SATRA, spol. s r.o.

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ / NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

INFORMACE O KONFERENCI POLNÍ GEOTECHNICKÉ METODY 2014 INFORMATION ON THE FIELD GEOTECHNICAL METHODS 2014 CONFERENCE

The 32nd international seminar titled Field Geotechnical Methods was held in the city of Ústí n/L on 4th and 5th September 2014. AZ Consult s. r. o. was the main initiator and organiser of the event. The papers were published in the conference proceedings, which are available at the organiser. The papers dealing with the fields of the determination of the swelling capacity of soils, the stability of rock walls and the stability of earth slopes can be considered to be the most important.

Ve dnech 4. a 5. září 2014 se v Ústí n/L. konal tradiční již 32. mezinárodní seminář *Polní geotechnické metody*. Hlavním iniciátorem a pořadatelem byla společnost AZ Consult. Účast na rozdíl od jiných let nebyla příliš velká, protože se ve stejné době v Liberci konal inženýrskogeologický a hydrogeologický kongres. Je škoda, že se pořadatelé nedomluvili o termínech, protože tím jsou zájemci ochuzeni o zajímavé informace.

Přednášky byly prezentovány ve sborníku, který je u pořadatele dostupný. Za nejvýznamnější lze považovat příspěvky v oborech jako je zjišťování bobtnavosti zemin, stability skalních stěn a stability zemních svahů.

Z oblasti zjišťování bobtnavosti zemin a jejího vlivu na geotechnické konstrukce stojí za zmínku mimo jiné přednášky Šindeláře a Kurky (AZ CONSULT) *Bobtnání zemin jako přehlížený fenomén*

a Slávika (SVŠT) *Objemové zmeny zemín ako sekundárna príčina porúch retenčných nádrží*.

Dalším velmi zajímavým oborem byly příspěvky týkající se stability starých skalních stěn, ze kterých jasně vyplývá, že i na skalní stěny působí dlouhodobě a ruku v ruce atmosférické vlivy a gravitace. Příkladem byly přednášky Pavlíka, Bulgurovské a Ruppá (GEO-test) *Řešení stability závěrných stěn bývalých lomů s použitím laserového scanneru* a přednáška Bartáka, Schroefferla (ČVUT) *Stabilitní problémy skalního masivu nad tratí Zbraslav – Davle*.

Z oboru stability zemních svahů byl velmi poučný příspěvek Turčeka a Sulovské (STU) *Verifikácia šmykovej plochy geotechnickými a geofyzikálními metodami*. Jsou zde charakterizovány stabilitní problémy zemin flyšového vývoje.

Součástí konference byla exkurze na lokalitu Dobkovičky – sesuv. Zástupce AZ Consult RNDr. Suchý podal informaci o provedeném průzkumu sesuvu, zejména o zjištěných hydrogeologických podmínkách. Kromě odlesnění a přístupových cest pro průzkumné vrty nebyly dosud žádné stavební práce provedeny. Pro zájemce lze doporučit rozhovor s Ing. P. Kyclem (Česká geologická služba) na adrese: <http://video.aktualne.cz/dvtf/d8-rok-a-pul-po-zavalu-proc-se-po-ni-stale-nejezdi/r-daa5d92e561d11e4840b002590604f2e/>.

Ing. RICHARD BARVÍNEK, barvinek@metrostav.cz,
METROSTAV a.s.

XV. DUNAJSKO-EVROPSKÁ GEOTECHNICKÁ KONFERENCE XV. DANUBE-EUROPEAN CONFERENCE ON GEOTECHNICAL ENGINEERING

The 15th Danube-European Geotechnical Conference unifying geotechnical engineering professionals not only from the Danube region was held on 9th – 11th September 2014. The main theme of the already 15th conference event was *Geotechnics of Road and Railways*. This year's conference was held under the main technical auspices of Prof. Heinz Brandl from the Vienna University of Technology, who opened the programme by a lecture dedicated to the historic development of the conference. Three key lectures were delivered in total. In the first one, Prof. Correia from Portugal devoted himself to new knowledge, experience and future prospects in the areas of the design, structure, rehabilitation and maintenance of the bases of transport-related structures and embankments. Dr. Ana Petkovšek from Slovenia delivered the other one; it was dedicated to secondary materials used for embankments and bases of transport-related structures. The third key lecture was delivered by Dr. Martin Ziegler from Germany on the third conference day; it was dedicated to ground-reinforcing geosynthetic materials. The last part of the conference was focused on the problems of tunnels. Part of the conference programme lied in excursions to the Koralmbase Tunnel, the Semmering Base Tunnel or the extension of the Vienna subway.

Ve dnech 9.–11. 9. 2014 se konala na Technické univerzitě ve Vídni 15. *Danube-European Geotechnical Conference* sjednocující geotechnické odborníky nejen z dunajského regionu. Místo konání bylo vybráno záměrně. Právě před 50 lety se zde konal první ročník této konference u příležitosti vzpomínky na úmrtí prof. Karla von Terzaghiho (25. 10. 1963), který na vídeňské Technické univerzitě působil.

Nosným tématem jubilejní 15. konference byla *Geotechnika v silničním a železničním stavitelství* (*Geotechnics of Road and Railways*), stejně jako tomu bylo před 50 lety (*Soil Mechanics in Road Engineering*). Hlavní odbornou záštitu letošní konference převzal prof. Heinz Brandl z Technické univerzity ve Vídni, který zahájil program přednáškou věnovanou historickému vývoji konference, uvedenou i v obsáhlém dvoudílném sborníku, který čítá 182 příspěvků ze 43 zemí.

Klíčová přednáška prvního dne konference, kterou přednesl prof. Correia z Portugalska, byla věnována poznatkům, zkušenostem a výhledům do budoucnosti v oblasti návrhu, konstrukce, sanací a údržby podloží dopravních staveb a dopravních násypů. Rozšířená verze této přednášky bude k dispozici v periodiku „*Transportation Geotechnics*“. Odpolední program byl poté rozdělen do dvou sekcí. Jedna sekce byla věnována zhutňování zemin a dalších granulárních materiálů a dále hloubkové úpravě zemin, druhá pak stabilitním problémům

svahů (v této sekci přednesli rovněž zajímavé příspěvky kolegové ze Slovenské technické univerzity v Bratislavě).

Klíčová přednáška druhého dne, přednesená Dr. Anou Petkovšek ze Slovinska, byla věnována druhotným materiálům používaných do násypových těles a podloží dopravních staveb. Obsahem této přednášky bylo sumarizovat poznatky specifického chování některých druhotných materiálů získaných za posledních 35 let na slovinských stavbách. V příspěvku se Dr. Petkovšek mimo jiné věnovala podrobněji některým vlastnostem těchto materiálů, které je důležité mít při praktické aplikaci na zřeteli. Přednáška byla jistě inspirativní i v souvislosti s aktuálními problémy spojenými s využitím druhotných materiálů v České republice, a to nejen na dopravních stavbách. Určité problematické aspekty druhotných materiálů (např. objemová nestálost těchto materiálů) se projeví i v závěru přednášky, která byla ukončena slovy: „What we estimate as safe or acceptable today may be recognized as not acceptable tomorrow.“ Odpolední program byl opět rozdělen do dvou paralelních sekcí, které se dále věnovaly druhotným materiálům, základům mostů a opěrným konstrukcím.

Třetí klíčová přednáška třetího dne konference byla přednesena Dr. Martinem Zieglerem z Německa a byla věnována výtvarným geosyntetickým materiálům (jejich aplikace a možnosti použití, experimentální zkušenosti, inteligentní geotextilie, příklady z praxe, zajímavá srovnání testů na vyztužených a nevyztužených vzorcích). V této části konference rovněž vystoupil se svým příspěvkem zaměřeným na využití vyztužených zemin v mostním stavitelství Ing. Martin Vaníček Ph.D. (firma Geosyntetika s. r. o.), jediný aktivně prezentující účastník České republiky na této konferenci.

Poslední část konference byla věnována problematice tunelů. V této sekci odezněly celkem čtyři příspěvky. Úvodní příspěvek připravil kolektiv autorů pod vedením prof. Katzenbacha a zabýval se geotechnickou interakcí mezi dopravní infrastrukturou, konstrukcemi a podzemní vodou. Další tři příspěvky rakouských autorů se zabývaly zkušenostmi s projektováním a realizací rakouských tunelových staveb.

Součástí programu konference byly rovněž exkurze na Koralmbase Tunnel, Semmering Base Tunnel nebo prodloužení vídeňského metra.

*doc. RNDr. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D.,
eva.hrubesova@vsb.cz,
Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava*

TUNELÁŘSKÉ ODPOLEDNE 3/2014 TUNNEL AFTERNOON 3/2014

The Tunnel Afternoon on the topic of the Sudoměřice tunnel was held on Wednesday the 24th September 2014. A morning excursion to the Sudoměřice tunnel was part of the event. Four lectures were delivered in the afternoon - Ing. Tomáš Just (OHL ŽS a. s.) delivered the first lecture on the Sudoměřice tunnel, in which he described basic data from the construction realisation. Ing. Libor Mařík with Ing. Zuzana Nováková (IKP Consulting Engineers, s. r. o.) spoke about the design for the Sudoměřice tunnel – they compared the assumptions they built upon during the work on the design with the reality that was

eventually encountered on site. Ing. Milan Kössler (Arcadis CZ a. s.) further presented his lecture on geotechnical conditions during the Sudoměřice tunnel construction. The last lecture of the whole afternoon was dedicated to a wider view of tunnels on the railway corridor IV. Ing. Michal Gramblička enumerated and described basic data on all tunnels that are planned to be built on this corridor.

Ve středu 24. září 2014 se uskutečnilo třetí Tunelářské odpoledne v tomto roce na téma Sudoměřický tunel. Protože jeho součástí byla i exkurze na Sudoměřický tunel, konalo se tentokrát



Obr. 1 Izolace v tunelu Sudoměřice (foto Ing. Marián Chotár)
Fig. 1 Sudoměřice tunnel waterproofing (photo Ing. Marián Chotár)

v Táboře v hotelu Palcát. U portálu Sudoměřického tunelu se sešlo více než 30 zájemců, které přivítal Ing. Tomáš Just (OHL ŽS, a. s.), který byl i hlavním organizátorem semináře. Účastníci si prošli celý tunel od jižního k severnímu portálu, a měli proto možnost spatřit řadu prací, které v tunelu současně probíhaly. Jižní portál je již téměř dokončen, za ním byl v době exkurze úsek s dokončeným sekundárním ostěním, dále bylo nutno projít skrze pracoviště, kde probíhalo armování a betonáž sekundárního ostění. Pak následovala část, kde byla vidět hotová izolace z PE LLD a ještě blíže k severnímu portálu byla tato izolace teprve prováděna.

Odpoledne prof. Barták zahájil přednáškovou část. Poté se již ujal slova Ing. Tomáš Just s úvodní přednáškou o Sudoměřickém tunelu, kde popsal základní údaje z realizace stavby. Ti, kdo dopoledne tunel navštívili, měli již i praktickou představu. Ing. Libor Mařík s Ing. Zuzanou Novákovou (IKP Consulting Engineers, s. r. o.) promluví o projektu Sudoměřického tunelu, na jedné straně o předpokladech, ze kterých vycházel při projektování tunelu, a porovnávali je se skutečností, která byla



Obr. 2 Jižní portál tunelu Sudoměřice (foto Ing. Marián Chotár)
Fig. 2 Southern portal of the Sudoměřice tunnel (photo Ing. Marián Chotár)

nakonec na místě zastižena. Popsali i několik příkladů, jak byly rozpory mezi předpoklady a skutečností řešeny, zdůvodnili některé odchylky od původního projektu.

Po přestávce vystoupil Ing. Milan Kössler (Arcadis CZ a. s.) s přednáškou na téma geotechnické podmínky při výstavbě Sudoměřického tunelu. Poslední přednáška celého odpoledne se věnovala širšímu pohledu na tunely na IV. koridoru. Ing. Michal Gramblička vyjmenoval a popsal základní údaje o všech tunelech, které jsou na tomto koridoru plánované. Můžeme jen doufat, že se brzy dočkáme realizace dalšího z plánovaných děl.

Přednášky si přišlo vyslechnout přes čtyřicet zájemců, které neodradila ani vzdálenost od nejčastějšího místa konání Tunelářských odpolední.

Veškeré prezentace je možné vyhledat na webových stránkách asociace www.ita-aites.cz.

Ing. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,
pruskova@ita-aites.cz, CzTA ITA-AITES

14. ROČNÍK MEZINÁRODNÍ KONFERENCE GEOTECHNIKA 2014 14TH BIENNIAL CONFERENCE GEOTECHNICS 2014

The 14th biennial international conference *Geotechnics 2014* was held in Horní Smokovec in the High Tatras on 2nd – 3rd October 2014 under the sub-title *Structures, Technologies and Risks*. The technical content of the conference was focused on the areas of new technologies and materials in the geotechnical and mining structural engineering, advanced methods of structure foundations and progressive foundation structures, current issues of the underground structural engineering and mining, slope failures and their stabilisation, geotechnical problems of flood districts, geotechnical monitoring and risk analysis in geotechnics, selected problems of the geomechanics and geophysics in the underground structural engineering and mining and on the field of current problems of education and scientific-research activities at universities.

Ve dnech 2.–3. 10. 2014 se konal v Horním Smokovci ve Vysokých Tatrách 14. ročník mezinárodní konference *Geotechnika 2014* s podtitulem *Konstrukce, technologie a rizika*. Hlavními organizátory této konference byla již tradičně katedra geotechniky a podzemního stavitelství Fakulty stavební Vysoké školy báňské-Technické univerzity v Ostravě a firma ORGWARE,

vedená paní ing. Norou Badíkovou. Konferenci však podpořily i další geotechnická vysokoškolská pracoviště z České, Slovenské i Polské republiky, dále Ústav geoniky AV ČR, Ústav geotechniky SAV, firma Arcadis CZ, a. s., organizační složka Slovensko, záštitu převzala Česká tunelářská asociace, Slovenská tunelářská asociace i Česko-slovenská společnost pro mechaniku zemin a geotechnické inženýrství.

Odborná náplň konference byla dosti široká a byla zaměřena do oblasti nových technologií a materiálů v geotechnickém a podzemním stavitelství, pokrokových metod zakládání staveb a progresivních základových konstrukcí, aktuálních problémů podzemního stavitelství a hornictví, svahových poruch a jejich sanací, geotechnických problémů záplavových území, geotechnického monitoringu a rizikové analýzy v geotechnice, vybraných problémů geomechaniky a geofyziky v podzemním stavitelství a hornictví i oblasti aktuálních problémů výuky i vědecko-výzkumné činnosti na vysokých školách. A právě příspěvky týkající se výchovy a vzdělávání naší mladé geotechnické generace otevřely odbornou část celé konference. Přednesené příspěvky dokumentovaly mimo jiné nutnost univerzitních pracovišť vyrovnávat se s problémy vyplývajícími

z nižšího zájmu o studium technických oborů, kdy tento již dlouhodobě tradiční jev je v současné době do jisté míry ještě podpořen klesající demografickou křivkou v obou našich republikách. Všichni prezentující zástupci vysokoškolských pracovišť se dále shodli na tom, že výzkum na vysokých školách se v současnosti neobejde bez podpory firem, za což jim patří velký dík.

Konferenční příspěvky se zabývaly nejen problémy vztahujícími se k realizaci nových staveb, kterých spolu s výrazným omezením investic do stavebnictví není mnoho, ale i problémy souvisejícími s potřebou sanací, stabilizací a rekonstrukcí lokalit a staveb stávajících. Značná část příspěvků se tedy zabývala svahovými poruchami, metodami zlepšování vlastností zemin, vyztuženými zemními konstrukcemi, nechyběly ani příspěvky dokumentující vznik poruch staveb v souvislosti se změnou klimatických podmínek doprovázených enormními srážkami. V této souvislosti byl velmi zajímavý příspěvek „*Povodně na Slovensku a v Evropě – geotechnické problémy*“, přednesený prof. Hullou. Poruchy staveb mohou být mnohdy rovněž způsobeny dynamickými účinky spojenými s projevy technické seismicity a i tyto problémy byly námětem několika přednesených příspěvků.

Problematicke tunelových staveb se věnovaly příspěvky druhého dne konference – jednalo se o příspěvky z oblasti bentonitových

izolací, stříkaných izolací, chování ocelobetonových tunelových ostění, betonového ostění s rozptýlenou ocelovou výztuží. Ing. Bača z firmy Subterra a. s. seznámil účastníky konference s problémy, které bylo nutno řešit v průběhu výstavby tunelu Bancarevo v Srbsku. Kolektiv autorů z firmy Metroprojekt Praha a. s. se věnoval v příspěvku problematice výstavby ražených stanic na pražském metru. Velmi inspirativní a aktuální byl rovněž příspěvek prof. Bartáka, zabývající se aplikací norem Eurokód 7 v numerických modelech. Tunelářskou sekci pak zakončily dva příspěvky z oblasti analýzy rizik, která mohou nastat jak při výstavbě tunelů, tak i při jejich následném provozování.

Hornická tematika byla zastoupena pouze pěti příspěvky, jeden z nich se věnoval prevenci důlních otřesů, další problematice geotechnických aspektů splyňování uhlí, nechyběla ani problematika termických procesů na haldových tělesech.

Lze si jen přát, aby příští jubilejní 15. ročník mezinárodní konference Geotechnika v roce 2016 byl stejně úspěšný jako ten letošní, a určitě se můžeme těšit, že přinese mimo jiné i zajímavé informace z realizace dlouho očekávaných tunelů na Slovensku.

*doc. RNDr. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D.,
eva.hrubesova@vsb.cz,
Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava*

KONFERENCE EETC 2014 ATHÉNY EETC 2014 CONFERENCE IN ATHENS

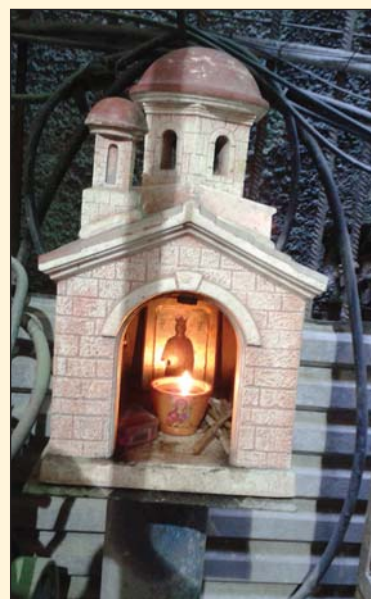
The second biannual Eastern European Tunnelling Conference, the EETC 2014, was held in Athens from 28th September to 1st October 2014. The conference was preceded by a session of the ITA-AITES Executive Committee (ExCo). Corporate lectures and a meeting of the group of young ITA-AITES members were on programme on Sunday afternoon. A meeting of representatives from East European ITA-AITES member states was held on Sunday afternoon. The Czech Tunnelling Association was represented by doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D., who delivered presentation on the possible venue of the next biannual EETC 2016 in Prague, within the framework of the conference the Underground Construction Prague 2016. The EETC 2016 venue in Prague was approved in the meeting. The EETC 2014 itself started on Monday the 29th September. The initial speeches delivered by representatives of the Greek Tunnelling Society were followed by a lecture titled *The Copenhagen Metro with respect to ecological challenges*, which was delivered by Mr. Søren Eskesen, the ITA-AITES chairman. In his presentation, Mr. Davorin Kolić reminded the participants of the WTC 2015, which will be held in the Spring of 2015 in Dubrovnik, Croatia. The Technical Excursion was focused on the project for the extension of the Line 3 of the Athens Metro – Attiko Metro.

Ve dnech 28. září až 1. října 2014 se uskutečnil v Athénách druhý ročník Východoevropské tunelářské konference (Eastern European Tunnelling Conference) EETC 2014. Konferenci předcházelo jednání výkonného výboru (ExCo) ITA-AITES. V neděli v odpoledních hodinách byly na programu firemní přednášky a jednání skupiny mladých členů ITA-AITES. V neděli večer se pak uskutečnilo jednání reprezentantů z východoevropských členských států ITA-AITES. Českou tunelářskou asociaci zastupoval doc. Ing. Matouš Hilar, Ph.D., který přednesl prezentaci o možném konání příštího ročníku EETC 2016 v Praze v rámci konference Podzemní stavby Praha

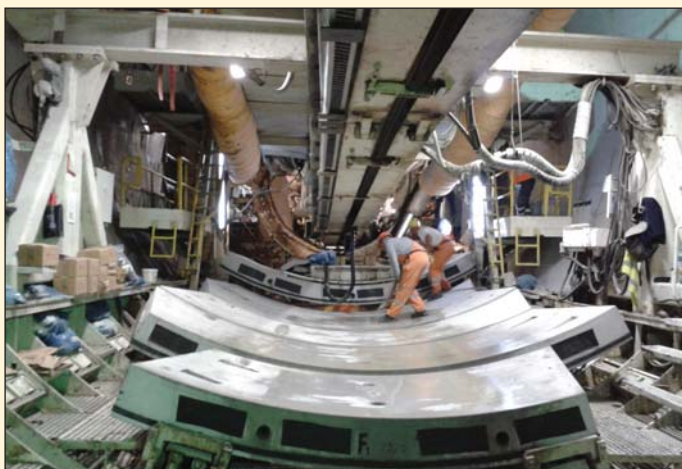
2016. Konání EETC 2016 v Praze bylo na jednání schváleno. V pondělí 29. září byla zahájena vlastní konference EETC. Po úvodních projevech zástupců Řecké tunelářské asociace následovala přednáška prezidenta ITA-AITES, pana Sorena Eskesena s názvem *Kodaňské metro s ohledem na výzvy z oblasti ekologie*. Pan Davorin Kolić ve své prezentaci připomenul konání WTC 2015, které se uskuteční na jaře příštího roku v chorvatském Dubrovniku. Bezesporu velmi zajímavý byl příspěvek Dr. G. Leottsakose na téma výstavby metra v Athénách – Attiko Metro.

Odpoledne již probíhaly přednášky paralelně ve dvou sekcích, stejně jako následující den. Českou republiku reprezentoval doc. Matouš Hilar dvěma příspěvky – první den hovořil na téma *Přehled nejdelších železničních tunelů* a druhý den měl přednášku s názvem *Aplikace statistické analýzy na numerické modelování tunelů*.

První den konference byl zakončen společenskou večeří, která se uskutečnila přímo v konferenčním Royal Olympic Hotel, kde si účastníci mohli nejen sdělit své dojmy z konference a popovídat si o svém oboru, ale také vychutnat nádherné prostory střešní restaurace s výhledem na athénskou Akropoli.



*Obr. 1 Řecká Barborka
Fig. 1 Greek St. Barbara statuette*



Obr. 2 Osazování segmentů trny
Fig. 2 Fixing dowels in segments

Konference se zúčastnilo okolo 180 účastníků. Bylo přihlášeno 58 ústních prezentací, z toho 31 z Řecka, po 2 z Rumunska, České republiky a Maďarska, 1 z Albánie, zbylé byly ze zemí mimo území východní Evropy.

1. října se uskutečnila technická exkurze na stavbu prodloužení 3. linky athénské metra – Attiko Metro. Nyní je ve výstavbě šest stanic od současné konečné stanice modré linky Aghia Marina – Aghia Varvara, Korydallos, Nikea, Maniatika, přes stanici v přístavu Piraeus, kde dojde k propojení s nejstarší zelenou linkou, a dále bude modrá linka pokračovat až do stanice Dimotiko Theatro.

Kontrakt byl podepsán v březnu 2012. Projekt by měl vyřešit dopravní problémy v přilehlých územích. Prodloužení by mělo obsloužit denně 132 tisíc pasažérů, celková délka jízdy trasou, která vede z mezinárodního letiště, bude po dostavbě 45 minut. Vlastní prodloužení má délku 7,55 km.

V mnoha stanicích se potýká stavitel s velmi stísněnými prostory. Staniční tunely jsou projektovány jako dvoukolejné o celkové délce 6,5 km ražené pomocí TBM. Segmenty jsou univerzálního typu 7+1. V době exkurze bylo pomocí TBM vyraženo již 1460 m.

Účastníci exkurze byli nejprve seznámeni s bezpečnostními opatřeními, protože se návštěva stavby odehrála za plného provozu. Poté se první část skupiny přesunula na staveniště přístupové šachty pro TBM, která byla 40 m hluboká. Zajímavé bylo, že vzhledem k malým prostorům na staveništi je rubanina dopravována pásovými dopravníky do připravené nádrže, která je z důvodu nedostatku prostoru projektována na objem odvozdňující deseti segmentům. Stačí pak, když nákladní automobily, odvázející rubaninu do nedaleké deponie pro její trvalé umístění, uvíznou v dopravní zácpě (o které v Athénách není nouze) a TBM nemůže pokračovat ve své práci. Stejně potíže vznikají při dopravě segmentů ze 40 km vzdálené výroby, protože na staveništi je také není možné ve větší míře skladovat. Účastníci exkurze byli důlním vláčkem dopraveni až k TBM a měli možnost sledovat sestavování prstence ostění. Další staveniště, které měli možnost zájemci navštívit, byla stavební jáma budoucí stanice metra Agia Varvara. V době exkurze se již TBM nacházelo několik stovek metrů za touto stanicí.



Obr. 3 Výstavba hloubené stanice Agia Varvara
Fig. 3 Construction of Agia Varvara station

Po vlastní exkurzi ještě proběhla přednáška o výstavbě prodloužení metra, kde bylo řečeno mnoho zajímavého. Například byly popsány potíže s archeologickým průzkumem, kdy kvůli jeho provádění byl opožděn začátek výstavby jedné stanice o celých 18 měsíců. Dalším problematickým místem je výstavba stanice Piraeus, protože se nachází v těsné blízkosti moře a je tedy téměř celá pod hladinou podzemní vody. Vzhledem ke stísněným prostorům na povrchu jsou stanice Maniatika a Nikea stavěny částečně hloubením a částečně jsou ražené, u stanice Maniatika je navíc možná jen vertikální doprava (jak veškeré techniky, tak i pracovníků). TBM je stanicemi protahováno obdobně jako tomu bylo při výstavbě prodloužení linky V.A pražského metra.

Je překvapující, že i přes velké vleklé ekonomické potíže Řecka dochází neustále k investicím do dopravní infrastruktury (a nejen do ní), protože tento projekt není jediným. I když bez spolufinancování Evropskou unií by nebyl myslitelným. Na druhou stranu třímilionové Athény si jistě výstavbu dalšího prodloužení metra zaslouží, protože dopravní problémy na většině důležitějších komunikacích mají téměř celodenní charakter.

Ing. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,
pruskova@ita-aites.cz, CzTA

63. GEOMECHANICKÉ KOLOKVIVUM V SALCBURKU

Ve čtvrtek 9. a v pátek 10. října 2014 se v Salcburku konalo tradiční každoroční Geomechanické kolokvium, které zahájil prof. Wulf Schubert, předseda Rakouské geomechanické společnosti. V sobotu 11. října 2014 byla možnost zúčastnit se odborné exkurze na probíhající práce na brennerském básovém železničním tunelu u Innsbrucku.

O odborné exkurzi a o 9. Rakouském tunelářském dni, který se konal před kolokviem ve středu 8. října 2014, přineseme podrobnější informaci v čísle 1/2015 časopisu Tunel.

Všechny přednášky přednesené na kolokviu, jejichž přehled následuje, jsou otištěny v čísle 5/2014 časopisu Geomechanics and

Tunnelling/Geomechanik und Tunnelbau, který vydává Rakouská geomechanická společnost.

1. blok přednášek – Rubanina z tunelů – odpad nebo materiálový zdroj?

Rubanina z tunelů – nové postupy jak změnit odpad na materiálový zdroj (H. Erben, R. Galler)

Právní rámec pro možnosti využití rubaniny z tunelů (M. Danzer)
Rubanina – deponování nebo konec definování rubaniny jako odpadu? (P. Reichel)

Rubanina jako surovina pro stavbu dálnic – její obhajitelné použití na příkladu stavby rychlostní komunikace S10 (C. Mlinar, F. Sempelmann, G. Koch, M. Steiner, F. Kubin)

Materiál z ražby tunelů – konflikt mezi odpadem nebo novým použitím na příkladu tunelu Koralm, část KAT2 (H. Posch, R. Murr, H. Huber, M. Kager, E. Kolb)

Rubanina jako zdroj materiálu pro stavbu podzemní hydroelektárny a betonové přehrady (B. Raderbauer, A. Wyss)

Pozn.: Je pochopitelné, že využití rubaniny především z dlouhých alpských tunelů by přineslo velké snížení nákladů na deponování, protože přebytky vyrubané horniny jsou mimořádně velké.

2. blok přednášek – Ražba na plný výlom oproti členěnému výrubu

Ražba na plný výlom v obtížných geotechnických podmínkách (P. Lunardi, G. Barla)

Ražba na plný výlom oproti členěnému výrubu – případ silničního tunelu Chamoise v pohoří Jura ve Francii (M. Putz-Perrier, N. Gilleron, E. Bourgeois, A. Saïta)

Ražba třetího úseku trasy U2 městské dráhy ve Stuttgartu – výzva pro tunelování v městské zástavbě (R. Gradnik, M. Kicherer, M. Zwick)

Ražba na plný výlom oproti členěnému výrubu při použití NRTM (C. Gamber)

Kritéria pro volbu mezi ražbou na plný výlom a ražbou s členěným výrubem z geotechnického a logistického hledisek (P. Schubert, J. Voring, B. Hofmann)

3. blok přednášek – Zvláštnosti průzkumu a zkoušek horninových charakteristik pro ražbu tunelovacími stroji

Stanovení parametrů důležitých pro provádění a úhradu nákladů při ražbě tunelovacími stroji – State of art (D. Handke, R. Galler, M. Nolden)

Specifická vyhodnocovací metoda pro případnou lepivost horniny při ražbě tunelovacími stroji (M. Thewes, F. Hollmann)

Vrtací metody pro průzkum horninového masivu a hydrogeologických podmínek ve spojení s ražbou tunelovacími stroji (K. Kogler, H. Krenn)

Souběžný průzkum průzkumnými vrty a geofyzikálním měřením na příkladu tunelu Koralm (A. Radinger, F. Fasching, G. Pack, I. Kreutzer, D. Kostial)

Pozn.: měří se odezva seismických vln, jejichž zdrojem je razicí stroj – metoda TSWD (Tunnel Seismic While Drilling)

Předstihový průzkum při TBM ražbě jižní části gotthardského bázevého tunelu – zkušenosti a závěry pro další projekty (M. Rehbock-Sander, G. Wieland, T. Jesel)

Stanovení chování systému na základě analýzy dat stroje TBM při ražbě v tvrdých horninách (N. Radonic, M. Hein, B. Moritz)

4. blok přednášek – Projektování zaměřené na údržbu a životnost tunelů

Životnost staveb – přenositelnost hodnotících metod z pozemních staveb do inženýrského stavitelství (P. Maydl)

Stanovení ekonomické přijatelnosti nákladů souvisejících s životností tunelů (S. Engelhardt, J. Schwarz, M. Thewes)

Optimalizační proces stavby brennerského bázevého tunelu zahrnující jak údržbu tak životnost díla (W. Eckbauer, R. Insam, D. Zierl)

Vybavení dlouhých železničních tunelů – vzájemné ovlivňování nákladů na stavbu a její údržbu na příkladu tunelu Koralm (H. Steiner, J. Rodler)

Rekonstrukce tunelů na dálnicích a hlavních silnicích – zkušenosti a požadavky z hlediska provozovatele (G. Rattei, W. Lorber)

Optimalizace drenážního systému nového bázevého tunelu Semmering a tunelu Pummersdorf z pohledu údržby (O. K. Wagner, D. Koch, T. Petraschek, H. Druckfeuchter, J. Lemmerer)

Pozn.: Důležité je, že rakouští kolegové se snaží systematicky poučit z realizovaných staveb a jejich provozu a získané poznatky uplatnit v přípravě nových tunelů.

Celkové hodnocení 63. Geomechanického kolokvia by nepřineslo nic nového oproti minulým ročníkům – vysoká odborná úroveň, vysoká účast i počet vystavovatelů, atd. Jeden rys je ale vhodné zdůraznit – velmi aktivní a vysoce odborné zapojení zástupců investorských organizací.

64. Geomechanické kolokvium proběhne v Salcburku od 7. do 10. října 2015 společně s konferencí **Eurock 2015**. Více informací lze získat na www.oegg.at.

Ing. MILOSLAV NOVOTNÝ,
novotny@ita-autes.cz

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

ČESKÁ REPUBLIKA

SOUBOR STAVEB MO V ÚSEKU MYSLBEKOVA – PELC-TYROLKA (BLANKA)

Stavební práce na tunelovém komplexu Blanka byly dokončeny podle harmonogramu a rozhodnutí rozhodčího soudu k 29. 9. 2014. Jako součást stavby byl dne 6. 10. 2014 předstihově uveden do provozu Trojský most včetně provozu tramvají a individuální automobilové dopravy v okolí trojského portálu. Také byly dokončeny terénní a sadové úpravy na letenské pláni, která byla po 7 letech předána zpět Pražanům k užívání.

V tunelovém komplexu proběhlo cvičení Integrovaného záchranného systému jako součást průkazu budoucího bezpečného provozu díla. V současné době probíhají komplexní

THE CZECH REPUBLIC

CONSTRUCTION LOTS WITHIN MYSLBEKOVA – PELC-TYROLKA SECTION OF THE CITY CIRCLE ROAD (BLANKA TUNNEL)

All construction work on the Blanka complex of tunnels was completed on 06/10/2014, in compliance with the works programme and the decision of the Court of Arbitration. The Troja Bridge, including the operation of trams and individual automobile traffic in the Troja Bridge surroundings, was brought into service in advance, on 06/10/2014, as a part of the project. Terrain finishes and landscaping were also completed on the Letná Plain, which was handed back to Prague citizens for their use after 7 years.

zkoušky technologických zařízení stejně jako montážní práce v garážích Letná a Prašný most.

Veškeré činnosti tak směřují k hlavnímu cíli, a to k touženému uvedení stavby do provozu.

PRODLOUŽENÍ TRASY METRA V.A

Výstavba prodloužení pražského metra provozního úseku V.A Dejvická – Nemocnice Motol spěje do své finální fáze před uvedením do provozu.

Vnitřní architektura stanic, kterou určují zejména obklady klebeb a dlažby nástupišť, jsou již prakticky dokončeny. Venkovní části stanic a vestibulů získávají svoji konečnou charakteristickou podobu. Vrcholí montáže eskalátorů a výtahů včetně jejich uvedení pod definitivní napětí.

Většinově dokončená stavební část a vysoká rozpracovanost technologických celků díla pak umožní zahájení technických prohlídek a následných přejímek v listopadu a prosinci tohoto roku. Jedním z rozhodujících faktorů potom bude včasné testování a odzkoušení zabezpečovacího zařízení v podobě komplexních zkoušek jako nutné podmínky k prokázání možného budoucího bezpečného provozování díla.

Podle platného harmonogramu stavby by pak měl být na jaře roku 2015 zahájen ověřovací provoz a následně potom i všemi očekávaný vlastní provoz nové trasy linky pražského metra.

MODERNIZACE TRATI ROKYCANY – PLZEŇ

V září 2014 bylo ukončeno hloubení a zajištění vjezdového portálu pro ražby tunelů Ejovice. Aktuálně probíhá betonáž startovacího lůžka a přípravy pro montáž stroje TBM ražby jižní tunelové trouby. Pokračují práce i na odtěžování a zajišťování zázemí, který přímo navazuje na vjezdový portál a jehož realizace je nutná pro dopravu částí stroje TBM na místo montáže, jejíž zahájení je naplánováno na polovinu listopadu letošního roku. První nejtěžší díly stroje byly naloženy 8. 10. 2014 na loď URANUS v německém Kehl a byly dopraveny po řekách Rýn a Labe do města Lovosice. Zbylé části se dopraví nákladní automobilovou dopravou v časech potřebných pro plynulou montáž stroje. Od srpna tohoto roku byl již také zahájen plný provoz výroby segmentů z drátkobetonu v obci Dýšina.

DÁLNIČE D8 – 0805 LOVOSICE – ŘEHLOVICE

V tunelu Prackovice se dokončuje provozně-technický objekt včetně částí vzduchotechniky a elektroinstalace. Stavebně je dokončeno odvodnění tunelu a jsou zde provedeny i kamerové a tlakové zkoušky odvodňovacího potrubí. V tunelu Radejčín probíhají práce na interiérech a na úpravách povrchů stavební části provozně-technického objektu. U obou tunelů je potom proveden sjednocující a ochranný nátěr vrchlíku horní klenby definitivního ostění a jsou zde osazeny štěbinové žlaby.

Zhotovitel dokončuje projektovou dokumentaci technologického vybavení obou tunelů Prackovice a Radejčín, a to při zachování souladu se zákonem o veřejných zakázkách č. 137/2006 Sb a příslušnými směrnici RSD ČR o změnách staveb.

*Ing. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
METROSTAV a. s.*

PRŮZKUMNÁ ŠTOLA PRO RADLICKOU RADIÁLU JIHOZÁPADNÍ MĚSTO – SMÍCHOV

Na stavbě č. 9567 Radlická radiála JZM – Smíchov – (podrobný inženýrskogeologický průzkum) byly v květnu tohoto roku zahájeny práce spočívající ve vybudování zařízení staveniště

An exercise of the Integrated Rescue System took place in the complex of tunnels as a part of proving the future safe operation of the structure. Comprehensive testing of tunnel equipment is currently underway, as well as the assembly work in the Letná and Prašný Most Bridge parking garages.

All activities are therefore heading towards the main objective, the eagerly awaited inauguration of the project.

METRO LINE V.A EXTENSION

The development of the 5th operational section of the Metro Line A (the 5th A extension) between Dejvická station and Nemocnice Motol station is drawing to the final phase before it is brought into service.

The internal architecture of stations, which is presented in the first place by the cladding of vaults and tiling of floors on platforms, is virtually finished. External parts of stations and concourses are getting their final characteristic appearance. The assembly of escalators and lifts, including their connection to definite power, is culminating.

The civils part, the majority of which has been completed, and the high degree of the progress of tunnel equipment systems will allow of commencing the technical checks and subsequent handovers in November and December 2014. One of the deciding factors will subsequently be the timely testing and trying of the interlocking system in the form of comprehensive testing as a necessary condition for proving the possibility of the safe operation of the works in the future.

According to the valid works programme, the verification operation should commence in the spring of 2015; subsequently, the by-all-awaited operation of the new Prague metro line itself should start.

MODERNISATION OF ROKYCANY – PLZEŇ RAILWAY TRACK SECTION

The excavation of the portal pit and stabilisation of the entrance portal for driving the Ejovice tunnels was completed in September 2014. At the moment, the launching bed for the full-face tunnelling machine (TBM) is being cast and the preparation for the assembly of the tunnelling machine planned to drive the southern tunnel tube is underway. The excavation and stabilisation of the open cut directly connecting the entrance portal, the realisation of which is necessary for the transport of the tunnelling machine to the assembly location and the commencement of which is planned for the middle of November 2014, continues. The first, heaviest, parts of the machine were loaded on 08/10/2014 on the URANUS ship in Kehl, Germany, and were being transported along the rivers of Rhine and Elbe to the town of Lovosice. Remaining components will be transported by road haulage at the times required for the fluent assembly of the machine. The plant for manufacturing the steel fibre reinforced concrete lining segments in the village of Dýšina started the full operation in August 2014.

D8 MOTORWAY – CONSTRUCTION LOT 805: LOVOSICE-ŘEHLOVICE

The operational-technical structure including parts of ventilation and electrical installations is being completed in the Prackovice tunnel. The tunnel drainage has been completed as far as the civils are concerned. The camera inspection and pressure tests of the drainage pipeline have also been finished. The work underway in the Radejčín tunnel comprises the interior

průzkumné štoly. V uplynulém období (květen – říjen) byla vyhloubena těžná šachta v blízkosti portálu provozovaného Zlíčovského tunelu, ze kterého se nyní provádí hloubení pod ochrannými deskami městského okruhu, v současné době (začátek října) ve vzdálenosti 28 m od této šachty. Práce budou pokračovat pod městským okruhem, provozovanou železniční tratí a dále až do celkové délky štoly 850 m. Souběžně je realizován inženýrskogeologický průzkum celé zájmové oblasti (povrch i štola) Radlické radiály, která v budoucnu zajistí spojení mezi vnějším a vnitřním městským okruhem. Konkrétně toto dílo spojí Rozvadovskou spojku se Zlíčovským tunelem.

*Ing. JAN VINTERA, JVintera@subterra.cz,
Subterra a.s.*

SLOVENSKÁ REPUBLIKA

TUNEL ŠIBENIK

Na stavbe diaľničného tunela Šibenik dĺžky 588 m bolo dokončené betónovanie sekundárneho ostenia a v súčasnosti prebieha betonáž žlabov, obrubníkov a káblovodov. Začala sa aj injektáž stropu a príprava podkladu pre hlbenu časť tunela. Tunel Šibenik bude súčasťou úseku diaľnice D1 Jánovce – Jablonov s celkovou dĺžkou 9,5 km. Zhotoviteľom stavby je združenie Eurovia SK, a. s., Eurovia CS, a. s., Stavby mostov Slovakia, a. s. Ukončenie stavby a uvedenie diaľničného úseku do prevádzky sa predpokladá v roku 2015.

TUNELY POĽANA A SVRČINOVEC

Na stavbe D3 Svrčinovec – Skalité, ktorého súčasťou sú aj tunely Poľana (890 m) a Svrčinovec (445 m), v súčasnosti je na tuneli Poľana vyrazených 112 m v kalote a 90 m v lavici. Rázanie sa realizuje od západného portálu. Na východnom portáli sa dokončujú prípravné práce pred samotným začatím rázania. V tuneli Svrčinovec je v súčasnosti vyrazených 8 m v kalote od západného portálu. Výstavbu úseku zabezpečuje združenie štyroch spoločností Váhostav – SK, a. s., Doprastav, a. s., Strabag, a. s., a Metrostav SK a. s.

TUNELY OVČIARSKO A ŽILINA

Na úseku D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka, ktorej súčasťou sú tunely Ovčiarско (2367 m) a Žilina (651 m), sa začali razičské práce. Na tuneli Ovčiarско prebieha rázanie od západného portálu; v severnej tunelovej rúre je vyrazených v kalote 183 m a v južnej tunelovej rúre 173 m, takisto v kalote. Realizácia tunela Žilina sa predpokladá až na obdobie konca roka 2014. V súčasnosti prebiehajú zemné práce na západnom portáli. Stavbu realizuje združenie Doprastav, a. s., Váhostav – SK a. s., Strabag, a. s., a Metrostav SK, a. s.

TUNEL ČEBRAŤ

Na úseku D1 Hubová – Ivachnová, ktorej súčasťou je tunel Čebrať (1994 m), v súčasnosti došlo ku dokončeniu východného portálu, z ktorého sa začne rázanie v južnej tunelovej rúre, ako aj rázanie v severnej tunelovej rúre. Zhotoviteľom stavby bude združenie spoločností OHL a Váhostav – SK, a. s.

TUNEL POVAŽSKÝ CHLMEC

Na úseku D3 Žilina Strážov – Žilina Brodno, ktorého súčasťou je aj tunel Považský Chlmec (2250 m), došlo k začatiu prác 30. 6. 2014. V súčasnosti vrcholila projekčné práce na samotnom tuneli. Predpokladané začatie rázania tunela Považský Chlmec je

finishes of the civils part of the operational-technical structure. The unifying and protective coating of the final lining upper vault crown has been finished and the installation of the slotted drainage duct was completed in both tunnels.

The contractor is finishing the design for the equipment of both Prackovice and Radejčín tunnels, maintaining compliance with the Public Procurement Act No. 137/2006 Coll. and respective directives of the Road and Motorway Directorate of the CR regarding design changes.

*Ing. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
METROSTAV a. s.*

EXPLORATORY GALLERY FOR THE RADLICE RADIAL ROAD BETWEEN THE SOUTH-WESTERN SATELLITE TOWN AND SMÍCHOV

The work on the construction package No. 9567 “The Radlice Radial Road between the South-western satellite town and the Prague district of Smíchov (the detailed engineering geological survey)” commenced in May 2014. The work lies in the development of the construction site arrangement for the exploratory gallery. During the past period (May – October), a hoisting shaft was sunk at the vicinity of the portal of the operating Zlíčov tunnel. The gallery is being excavated from the shaft, under the protection of slabs of the City Circle Road; at the moment the excavation face is at the distance of 28m from the shaft. The work will proceed under the City Circle Road, an operating railway track and further on, up to the total gallery length of 850m. The engineering geological survey of the entire area of the operations on the Radlice Radial Road (the surface and the gallery), which will in the future ensure the connection between the City Ring Road (the outer circle) and the City Ring Road (the inner circle), is in progress in parallel. In concrete, this project will connect the Rozvadov Link Road with the Zlíčov tunnel.

*Ing. JAN VINTERA, JVintera@subterra.cz,
Subterra a.s.*

THE SLOVAK REPUBLIC

ŠIBENIK TUNNEL

The casting of the concrete secondary lining was finished in the 588m long Šibenik motorway tunnel; concrete troughs, kerbs and cableways are currently being cast. Injecting grout into the crown and preparing the base for the cut-and-cover part of the tunnel has commenced. The Šibenik tunnel will be a part of the Jánovce – Jablonov section of the D1 motorway, the total length of which amounts to 9.5km. The contractor is a consortium consisting of Eurovia SK, a. s., Eurovia CS, a. s. and Stavby mostov Slovakia, a. s. The construction completion and opening of the motorway section to traffic is planned for 2015.

POĽANA AND SVRČINOVEC TUNNELS

Regarding the D3 Svrčinovec – Skalité construction package, parts of which are the Poľana tunnel (890m long) and Svrčinovec tunnel (445m), the excavation of 112m of top heading and 90m of bench has been finished in the Poľana tunnel. The excavation is proceeding from the western portal. At the eastern portal, the preparation preceding the commencement of the excavation itself is being finished. As far as the Svrčinovec tunnel is concerned, 8m of the top heading excavation heading from the western portal have been finished. The construction of the section is



Obr. 1 Tunel Ovčiarisko, zahájenie razenia, západný portál
Fig. 1 Ovčiarisko tunnel – commencement of tunnelling, western portal



Obr. 2 Tunel Čebrať, zahájenie razenia, východný portál
Fig. 2 Čebrať tunnel – commencement of tunnelling, eastern portal



Obr. 3 D1 Hubová-Ivachnová, sv. Barborka (foto J. Mravec)
Fig. 3 Hubová-Ivachnová section of the D1; St. Barbara statuette (photo J. Mravec)

plánované na koniec roka 2014. Zhotoviteľom stavby je združenie Eurovia a. s., Hochtief a. s., a Stavby Mostov Slovakia, a. s.

TUNEL VIŠŇOVÉ

S výstavbou tunela Višňové (7500 m), ktorý je súčasťou úseku D1 Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala, sa začalo dňa 27. 6. 2014. Zhotoviteľom úseku je združenie firiem SALINI-IMPREGILO a Dúha a. s. V súčasnosti začali projekčné práce na samotnom tuneli. Začiatok výstavby sa predpokladá na jar v roku 2015.

Ing. MILAN MAJERČÍK,
milan.majercik@ndsas.sk, NDS a. s.

provided by a consortium formed by the following four companies: Váhostav – SK a. s., Doprastav, a. s., Strabag, a. s. and Metrostav SK a. s.

OVČIARSKO AND ŽILINA TUNNELS

Tunnelling operations commenced in the Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway. Parts of this section are the Ovčiarisko tunnel (2367m) and Žilina tunnel (651m). The excavation of the Ovčiarisko tunnel proceeds from the western portal; the excavation of 183m and 173m of top headings has been finished in the northern tunnel tube and southern tunnel tube, respectively. The realisation of the Žilina tunnel is assumed to commence at the end of 2014. Earthmoving operations are currently underway at the western portal. The construction is carried out by a consortium consisting of Doprastav, a. s., Váhostav – SK, a. s., Strabag, a. s. and Metrostav SK a. s.

ČEBRAŤ TUNNEL

Regarding the Hubová – Ivachnová section of the D1 motorway, part of which is the Čebrať tunnel (1994m), the eastern portal has recently been completed. The excavation of the southern tunnel tube as well as the northern tunnel tube will start from this portal. The construction contractor will be a consortium formed by OHL and Váhostav – SK, a. s.

POVAŽSKÝ CHLMEC TUNNEL

Construction works on the Žilina Strážov – Žilina Brodno section of the D3 motorway, a part of which is the Považský Chlmec tunnel (2250m), commenced on 30/06/2014. The work on the design for the tunnel itself is at the moment at its top. The commencement of the Považský Chlmec tunnel excavation is expected to take place at the end of 2014. The contractor is a consortium formed by Eurovia a. s., Hochtief a. s. and Stavby Mostov Slovakia, a. s.

VIŠŇOVÉ TUNNEL

The construction of the Višňové tunnel (7500m), which is part of the Lietavská Lúčka – Višňové – Dubná Skala section of the D1 motorway, commenced on 27/06/2014. The construction contractor is a consortium consisting of SALINI-IMPREGILO and Dúha a. s. The work on the design for the tunnel itself has started recently. The construction work commencement is expected in the Spring of 2015.

Ing. MILAN MAJERČÍK,
milan.majercik@ndsas.sk, NDS a. s.

VÝROČÍ / ANNIVERSARIES

75 LET DOC. ING. RICHARDA ŠŇUPÁRKA, CSc.**75TH ANNIVERSARY OF BIRTH OF DOC. ING. RICHARD ŠŇUPÁREK, CSc.**

Dne 9. října 2014 se doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc. dožil 75 let. Nám, jeho dlouholetým přátelům, se této skutečnosti nechce věřit, protože jeho životní vitalita, pracovní nasazení a další, především sportovní aktivity dokládají věk podstatně nižší.

Doc. Šňupárek po gymnaziálních studiích v Ostravě vystudoval obor geologického inženýrství na hornicko-geologické fakultě Vysoké školy báňské v Ostravě, kterou ukončil v roce 1961. Po ukončení vysokoškolských studií působil tři roky jako geolog v Geologickém průzkumu uranových dolů v Příbrami.

V roce 1964 nastoupil do Vědecko-výzkumného uhelného ústavu v Ostravě-Radvanicích (VVUÚ), kde postupně získával vedoucí posty v oblasti výzkumu stability podzemních děl jako vedoucí střediska geomechaniky. V práci ve výzkumném ústavu se věnoval řadě otázek hornické geomechaniky a dobývání ložisek. Jeho největší zásluha ale patří rozvoji výzkumu v oblasti stability a výztuže podzemních děl, především pak ve výzkumu, vývoji a aplikacích svorníkové a kotevní výztuže v důlních dílech a podzemních stavbách.

Jeho publikační činnost byla zaměřena do široké oblasti hornictví, ale jeho nejdůležitější práce, jejichž počet přesáhl 250, jsou věnovány problematice svorníkové výztuže, jejímu navrhování a monitorování. Pro tyto aplikace zpracoval řadu výpočetních metod pro návrh svorníků i pro kontrolu jejich chování v podzemních a důlních dílech. Výrazně se zasloužil o zpracování oborové normy z oblasti kotvení. Jeho práce byly zaměřeny i do oblasti stability ocelové výztuže a jejího zkoušení, kde se i jeho zásluhou, v době jeho působení ve VVUÚ, ústav dostal mezi přední evropská i světová pracoviště v této oblasti.

V roce 1994 přešel do nově založeného Ústavu geoniky AV ČR v Ostravě, kde nejdříve působil jako vedoucí střediska geomechaniky, od roku 1998 po dvě funkční období jako jeho ředitel a od roku 2006 do roku 2010 zde vykonával funkci zástupce ředitele.

V době svého působení v tomto ústavu se intenzivně věnoval zejména rozvoji poznání v oblasti zpevňujících a těsnících injektáží horninového masivu a pokračoval i v rozvoji svorníkové výztuže a jejích aplikací. V posledních letech se podílel na zpracování komplexní metodiky dimenzování výztuže důlních chodeb v OKR včetně výpočetních programů, zahrnujících všechny používané druhy výztuží.

V tomto období se rovněž habilitoval na VŠB-TU Ostrava v oboru geotechnika a stále působí jako školitel doktorandů ve spolupráci s katedrou geotechniky a podzemního stavitelství Stavební fakulty VŠB-TU.

V těchto souvislostech je nutno také zdůraznit výrazný podíl doc. Šňupárka na rozvoji odborné a vědecké komunikace mezi báňskými a stavebními odborníky pracujícími v oblasti geotechniky a podzemního stavitelství. Jeho zásluhou bylo i intenzivnější a sofistikovanější zavádění svorníkové výztuže a kotev zejména při rozvoji a aplikacích Nové rakouské tunelovací metody na takových významných



On 9th October 2014, doc. Ing. Richard Šňupárek, CSc. lived to see seventy five. We, his long-standing friends, do not want to believe this fact because his vitality, work commitment and other activities, in the first place sporting ones, demonstrate a significantly lower age.

After finishing studies at a grammar school in Ostrava, Doc. Šňupárek graduated from the Technical University of Mining in Ostrava, the Faculty of Mining and Geology, with a degree in geological engineering, in 1961. After finishing the university studies, he worked for three years in the position of a geologist with the Geological Survey of Uranium Mines in Příbram.

In 1964, he entered the Scientific and Research Institution in Ostrava-Radvanice (the SRIU), where he gradually got leading positions in the area of the research into the stability of underground workings as a chief of the Center of Geomechanics. At work, he devoted himself to numerous issues of mining geomechanics and the extraction of deposits. However, the greatest credit of his belongs to him for the development of research in the area of stability and support of the excavation of underground workings, in the first place the research, development and application of rock bolt and anchor-based support in mines and underground structures.

His publication activities were focused on wide areas of mining, but the most important pieces of his work, the number of which exceeded 250, are dedicated to the problems of rock bolt support, designing and monitoring it. He developed a number of calculation methods for the design of rock bolts and for checking on their behaviour in underground and mine workings. He significantly contributed to the preparation of a departmental standard from the field of anchoring. His activities were focused even on the area of the stability of steel reinforcement and its testing, where it was also thanks to his work with the SRIU that the institute got among leading European and world-wide working places.

In 1994, he changed his employer and entered the newly founded Institute of Geonics AS CR, v. v. i. in Ostrava, where he in the beginning worked in the position of the chief of the centre of geomechanics; from 1998, he worked for two terms in the position of the director and, from 2006 to 2010, he performed the function of the deputy director.

During the period of his work at this institute, he intensely dedicated himself mainly to the development of knowledge in the field of consolidation and sealing grouting into rock mass and continued even in the development of rock bolt support and its applications in mine galleries in the Ostrava-Karviná Mining District (the OKMD). In recent years he participated in the development of the comprehensive methodology of designing dimensions of the support of mine galleries in the OKMD, including calculation programs comprising all means of support used.

During this period, he, in addition, habilitated at the VŠB - Technical University of Ostrava from the field of geotechnics; he is still active as an adviser of doctoral students in collaboration with the Department of Geotechnics and Underground Construction of the Faculty of Civil Engineering of the VŠB-TU.

In this context, it is in addition necessary to emphasise the significant contribution of doc. Šňupárek to the development of technical and scientific communication among mining and construction professionals working in the field of geotechnics and underground construction. Among his merits also belongs the more intense and more sophisticated introduction of rock bolt support and anchors, mainly in the development and applications of the New Austrian Tunnelling Method to such important construction projects as Prague metro, the Hřebeč tunnel, the Mrázovka, Klimkovice, Jablunkov and other tunnels.

stavbách, jako je pražské metro, tunel Hřebeč, tunel Mrázovka, Klimkovice, Jablunkov a dalších.

Jak už jsme uvedli, doc. Šňupárek publikoval více než 250 prací a je autorem 12 patentů, zejména v oblasti svorníkové výztuže. Dlouhodobě je členem české národní skupiny ISRM, členem hornické společnosti ČVTS, členem ITA-AITES a dlouhodobě též členem redakční rady časopisu Tunel. Doc. Šňupárek se rovněž podílel významnou měrou na přípravě a řízení tunelářských konferencí PS Praha 2010 a 2013 a WTC 2007.

Jeho odborná i vědecká aktivita rovněž souvisí s dlouhodobým sportováním, kde se velmi aktivně věnuje především tenisu a lyžování. Doc. Šňupárek měl vždy velmi přátelský vztah ke svým spolupracovníkům a přátelům, nikdy neodmítl pomoc při řešení odborných i osobních záležitostí svých kolegů, spolupracovníků a přátel. Svou odbornou a vědeckou činností se zařadil mezi přední česko-slovenské odborníky v oblasti geomechaniky a stále udržuje aktivní mezinárodní styk s řadou světově uznávaných odborníků v Polsku, Rusku, Velké Británii, Německu, Indii a v dalších hornicky vyspělých státech. Jeho nespornou zásluhou je i rozvoj Ústavu geoniky AV ČR a vytvoření špičkového pracoviště z tohoto ústavu. Do dalších let přejeme doc. Šňupárkovi především pevné zdraví, elán, úspěchy ve sportu a další úspěchy v jeho výzkumné práci.

prof. Ing. JOSEF ALDORF, DrSc.

As we have already mentioned, doc. Šňupárek published over 250 papers; he is the author of 12 patents, mainly in the field of rock bolt support. He is a long-standing member of the Czech national group of the ISRM, a member of the Mining Society of the ČVTS (the Czech Association of Scientific and Technical Societies), a member of the ITA-AITES and a long-standing member of the editorial board of TUNEL journal. Doc. Šňupárek in addition significantly participated in the preparation and management of tunnel conferences Underground Construction Prague 2010 and 2013 and the WTC 2007.

His professional and scientific activities are also connected with long-term sports, where he very actively dedicates himself mainly to tennis and skiing. Doc. Šňupárek has always had very friendly relationships with colleagues and friends. He has never refused help in solving professional or personal problems of his colleagues, co-workers and friends. Through his professional and scientific activities he has ranked himself among outstanding Czech-Slovak experts in the field of geomechanics and continually maintains active international relations with many world-renowned experts in Poland, Russia, Great Britain, Germany, India and other states with advanced mining industries. Among his undisputable merits, there is in addition the development of the Institute of Geonics AS CR, v. v. i. and the creation of a top workplace from this institute. We wish doc. Šňupárek good health, vitality, success in sports and other success in his scientific work in the years to come.

prof. Ing. JOSEF ALDORF, DrSc.

Ing. Jiří HUDEK, CSc. – DOVRŠENÍ TŘÍ ČTVRTIN STOLETÍ

Ing. Jiří HUDEK, CSc. – TOPPING OFF THREE QUARTERS OF A CENTURY

V časopisu Tunel 4/2009 bylo již před 5 lety připomenuto 70 let Ing. Jiřího Hudka a tedy není třeba jeho profesní život zde zcela rekapitulovat. Proto bude možná zajímavější se zaměřit na jeho hlavní přínos pro tunelářskou geotechniku. Tou je bezesporu celoživotní práce na zjišťování geomechanických charakteristik horninového prostředí a jejich celkové zhodnocení s interpretací pro předání příslušnému projektantovi konstrukce – statikovi. Toto je mnohdy úloha regionální, závislá na právě připravovaných stavbách. Jubilantovi se naskytla od konce 60. let 20. stol. možnost takové zadání dlouhodobě řešit především pro území hlavního města Prahy, kde v těchto letech nastal po delší pauze silný rozvoj výstavby podzemních staveb, od tunelů metra přes železniční a silniční tunely po kolektory.

Jiří Hudek má tento rok ještě jedno jubileum – 50 let nepřetržitého pracovního poměru ve firmě PUDIS (resp. s dříve užívaným celým názvem Projektový ústav dopravních a inženýrských staveb – PÚDIS). Byl totiž v září 1964 přijat do tehdy ještě malého střediska geologického průzkumu PPÚ (Pražského projektového ústavu), ze kterého byl PÚDIS v dubnu 1966 delimitován pro účely projektování pražské podzemní tramvaje. V souvislosti s touto velkou tunelovou stavbou, která se od roku 1967 koncepčně změnila na pražské metro, se J. Hudek věnoval především oboru mechanika skalních hornin. Ve středisku inženýrskogeologického průzkumu se v roce 1968 stal prvním vedoucím nově ustanoveného oddělení geotechniky, které se rychle po stránce přístrojové a personální rozvíjelo.

Při přípravě a realizaci pražských dopravních tunelů byl jubilant nejprve v letech 1967–1977 vedoucím zpracovatelem



The 70th anniversary of Ing. Jiří Hudek's birth was remembered in TUNEL journal already 5 years ago, in the issue No. 4/2009. It is therefore unnecessary to completely recapitulate his professional life. For that reason it may be more interesting to focus on his main contribution to the tunnelling geotechnics. It undoubtedly lies in the lifetime work on determining geomechanical characteristics of rock environment and their overall assessing, with the interpretation to be handed over to the respective designer – a structural engineer. This is frequently a regional task depending on construction projects being under preparation at the moment. From the end of the 1960s the jubilarian got an opportunity to solve such a long-term task, first and foremost for the area of the City of Prague, where, after a longer break, strong development came in the field of underground construction, from metro tunnels through railway and road tunnels up to utility tunnels.

This year, Jiří Hudek will even celebrate another anniversary – 50 years of uninterrupted employment in PUDIS (or formerly the Designing Institute for Transport-related and Civil Engineering Structures - PÚDIS). The reason is that he was employed from September 1964 in a small centre of geological survey of the PPÚ (the Prague Designing Institute), from which PÚDIS was delimited in April 1966 for the purpose of designing the Prague LRT line. In the context of this large tunnelling project, the conception of which was changed to the Prague metro in 1967, J. Hudek devoted himself mainly to the field of rock mechanics. In 1968, he became the first chief of the newly established department of geotechnics of the centre of engineering geological survey. The department rapidly developed as far as the instrumentation and personnel were concerned.

During the preparation and realisation of Prague transport-related tunnels, the jubilarian worked first from 1967 through to 1977 in the position of the chief processor of geotechnical parts of surveys for the

geotechnických částí průzkumů pro první provozní úseky tras metra „C“, „A“ a „B“. Následně v 80. letech minulého století se výrazně podílel na rozsáhlých průzkumných činnostech pro výstavbu Strahovského automobilového tunelu a také dostavby III. Vinohradského železničního tunelu. V 90. letech to byl zase pražský silniční tunel Mrázovka, na kterém řídil všechny etapy geotechnických částí průzkumu. Následně od začátku nového tisíciletí spolupracoval na terénních geotechnických zkouškách v rámci průzkumu a monitoringu pro tunelový komplex Blanka a také pro tunel Lochkov na silničním okruhu kolem Prahy. Z železničních tunelů lze zmínit i realizaci presiometrických zkoušek pro Nové spojení – Tunely Vítkov. V době současně se jubilant účastní již aktuálně zahájeného inženýrskogeologického průzkumu pro Radlickou radiálu, především v rámci realizace průzkumné štoly pro tunely Radlice.

V době začátku geotechnických průzkumů pro výše popsanou sérii dopravních tunelů v Praze (rok 1967) byla mechanika hornin ještě velmi mladým oborem. Proto metodika zkoušení se zde teprve vyvíjela a přístrojové vybavení mělo převážně prototypový charakter. Jiří Hudek v té době navázal na své dřívější vysokoškolské kontakty – u terénních zkoušek to byla především katedra geotechniky VUT Brno vedená již tenkrát světově uznávaným odborníkem na mechaniku hornin prof. Ing. Dr. V. Mencl, DrSc. S tímto pracovištěm Jiří Hudek spolupracoval při provádění terénních zkoušek na horninových blocích (např. triaxiální zkoušky in-situ). Příslušné práce za toto pracoviště v Praze řídili doc. Ing. I. Kameníček, CSc. a prof. Ing. I. Trávníček, CSc.

Po zahrnutí výsledků terénních zkoušek i z dalších pražských staveb Jiří Hudek od této doby dlouhodobě doplňuje a vyhodnocuje ucelenou databázi geomechanických vlastností horninového masivu „pražské geologie“. Základem je vysoký počet terénních zkoušek z průzkumných štol či šachet – například cca 2 tisíce zatěžovacích zkoušek deskou, 300 terénních smykových zkoušek a 4000 presiometrických zkoušek ve vrtech provedených od 60. let minulého století firmou PUDIS. Získané výsledky doplnil J. Hudek i o dostupné zkoušky jiných organizací. Nejstarší (již od roku 1928) byly zatěžovací zkoušky, řízené Akademikem prof. Ing. Dr. Q. Zárubou, nebo průkopnické terénní smykové zkoušky z roku 1964 od Ing. M. Bukovanského (Stavební geologie Praha), prováděné v rámci průzkumu pro železniční tunel pod Bílou skálou v Libni. Ze stejného pracoviště řadu zkoušek v pražské oblasti později řídili například doc. Ing. K. Drozd, CSc., doc. Ing. A. Rozsypal, CSc. a Ing. J. Líbal.

J. Hudek celkový soubor výsledků geotechnických zkoušek v Praze komplexně zpracovával, průběžně doplňoval a interpretoval. Za zmínku určitě stojí sestavování místních geotechnických charakteristik pro podrobné inženýrskogeologické mapy Prahy (v měřítku 1:5000). Pro známou odbornou publikaci „*Praha a inženýrská geologie*“, vydanou PUDIS v roce 1979 k výročí osmdesátých narozenin Akademika Q. Záruby, sestavil J. Hudek dnes již „klasický“ ucelený přehled místních geotechnických charakteristik v Praze.

Své zkušenosti se Jiří Hudek také pokusil zobecnit a interpretovat pro všechny druhy hornin – především v závislosti na pevnosti základního materiálu, systému diskontinuit (zejména rozpukání) a typu přetváření a porušování hornin. Například v roce 1987 společně s doc. Ing. K. Drozdem, CSc. publikovali na 6. světovém kongresu mezinárodní společnosti pro mechaniku hornin (ISRM) v kanadském Montrealu metodiku sestavení přehledu přetvárných charakteristik. Tato byla ve stejném roce také převzata do naší ČSN 73 1001

first operational sections of metro lines „C“, „A“ and „B“. Subsequently, in the 1980s, he significantly participated in extensive survey activities for the construction of the Strahov Automobile Tunnel and, in addition, the completion of the Vinohrady railway tunnel No. 3. In the 1990s, it was the Mrázovka road tunnel in Prague where he was in charge of all stages of the geotechnical parts of the survey. Subsequently, from the beginning of the new millennium, he collaborated on field geotechnical tests within the framework of the survey and monitoring for the Blanka complex of tunnels and for the Lochkov tunnel located on the Prague City Ring Road. Regarding railway tunnels, it is possible to mention the realisation of pressuremeter tests for the New Link project – the Vítkov tunnels. Currently the jubilarian is participating in the recently started engineering geological survey for the Radlice Radial Road, mainly within the framework of the realisation of an exploratory gallery for the Radlice tunnels.

At the time of starting geotechnical investigations for the above-mentioned series of transport-related tunnels in Prague (1967), rock mechanics was still a very young discipline. The methodology of testing was therefore in the stage of developing in the Czech Republic and the instrumentation had mostly the character of prototypes. At that time Jiří Hudek built on his previous university contacts – regarding field testing he contacted first and foremost the Department of Geotechnics of the Brno University of Technology, which was led by Prof. Ing. Dr. V. Mencl, DrSc., a worldwide renowned expert in rock mechanics. Jiří Hudek collaborated with this workplace during the execution of field tests of rock blocks (e.g. in-situ triaxial tests). The respective work of this workplace was managed in Prague by doc. Ing. I. Kameníček, CSc. and Prof. Ing. I. Trávníček, CSc.

Since the incorporation of the results of field tests even from other Prague construction sites, Jiří Hudek has been complementing and assessing in the long term a comprehensive database of geomechanical properties of the rock massif forming the “Prague geology”. It is based on a high number of field tests conducted in exploratory galleries or shafts – for example approximately 2 thousand plate loading tests, 300 field shear tests and 4000 pressuremeter tests in boreholes which have been carried out by PUDIS since the 1960s. The results obtained in this way were complemented by Jiří Hudek by adding tests available in other organisations. The oldest of them (provided already in 1928) were results of loading tests managed by Academician Prof. Ing. Dr. Q. Záruha, or pioneering field shear tests from 1964 gathered by Ing. M. Bukovanský (Stavební Geologie Praha), which were conducted within the framework of the survey for the Pod Bílou Skálou railway tunnel in the Prague district of Libeň. Numerous tests conducted in the Prague area by the same workplace were later managed, for example, by doc. Ing. K. Drozd, CSc., doc. Ing. A. Rozsypal, CSc. and Ing. J. Líbal.

J. Hudek comprehensively processed, continuously complemented and interpreted the whole package of results of geotechnical tests in Prague. The compilation of local geotechnical characteristics for detailed engineering geological maps of Prague (at a scale of 1:5000) is certainly worth mentioning. J. Hudek compiled the, today already “classical”, comprehensive overview of local geotechnical characteristics in Prague, which was required for the well-known technical publication “*Prague and Engineering Geology*”, which was published by PUDIS in 1979 on the occasion of the eightieth anniversary of Academician Q. Záruha's birth.

Jiří Hudek in addition tried to generalise his experience and interpret it for all types of rock – first and foremost depending on the strength of the constituent material, the system of discontinuities (in particular the jointing) and the type of deformation and disturbance of rock. For example, he, together with doc. Ing. K. Drozd, CSc., published a methodology of compiling an overview of deformational characteristics at the 6th world congress of the International Society for Rock Mechanics (the ISRM) in Montreal, Canada, in 1987. This methodology was borrowed into Czech ČSN Standard 73 1001 “*Subsoil under shallow foundations*”

„Základová půda pod plošnými základy“. I dnes je Jiří Hudek zapojen do normotvorné činnosti v oblasti terénních geotechnických zkoušek.

J. Hudek se samozřejmě podílel na geotechnických průzkumech pro náročné podzemní stavby (včetně hlubinných dolů) i mimo Prahu, a to v různých částech naší republiky. Jeho profesní činnost se neomezovala jen na naši zemi, ale působil i v zahraničí (například na začátku 90. let se účastnil průzkumů pro tunely v rakouském Semmeringu, či o něco dříve průzkumů pro podzemní výrubu u přehrad v alžírském Atlasu).

K činnosti Jiřího Hudka se váže více než 100 příspěvků do sborníků technických konferencí a publikovaných článků v odborných časopisech. Je aktivním přispěvatelem časopisu TUNEL a v první polovině devadesátých let byl také členem jeho redakční rady.

Jirko, za všechny Tvé spolupracovníky si přeji, ať i v té následující čtvrtině století jsi pořád takový, jakého Tě známe – odborník s grácií a noblesou, smyslem pro humor i nadhledem. Přejeme Ti pevné zdraví, štěstí a mnoho radosti do dalších let.

RNDr. RADOVAN CHMELÁŘ, Ph.D.
člen redakční rady

SUBTERRA SLAVÍ 50 LET

SUBTERRA CELEBRATING 50-YEAR ANNIVERSARY

The first blast for the excavation of the Želivka aqueduct tunnel in September 1964 was the moment at which the history of one of the oldest construction companies not only in the independent Czech Republic but also in former Czechoslovakia began to be written. During the previous 50 years, Subterra passed through many phases of conversion – from an independent department of Uranové Doly Příbram (the Uranium Mines of Příbram) through the Želivka branch plant, the Podzemní Inženýrské Stavby (Underground Civil Engineering Construction) state-owned enterprise, the Výstavba dolů uranového průmyslu (Development of Uranium Mines) concern enterprise, the state-owned enterprise Subterra up to the current Subterra a.s., joint stock company.

The company engaging in purely underground construction projects over time developed into a company with a diversified production programme both at home and abroad. Through its four divisions it currently offers the realisation of construction projects covering underground, transport-related, hydraulic, ecological, industrial, community and residential structures and even building services and supplies of technological equipment within the framework of large equipment complexes.

Prvním odpalem na ražbě štolového přivaděče Želivka v září 1964 se začala psát historie jedné z nejstarších stavebních společností jak v samostatné České republice, tak i v bývalém Československu. Za uplynulých 50 let Subterra prošla mnoha fázemi přeměny – od samostatného útvaru Uranových dolů Příbram přes odštěpný závod Želivka, národní podnik Podzemní inženýrské stavby, koncernový podnik Výstavba dolů uranového průmyslu, státní podnik Subterra až na dnešní akciovou společnost Subterra a.s.

Z podniku, který se zprvu zabýval ryze podzemními projekty, se postupem času vyvinula společnost s diverzifikovaným výrobním programem jak doma, tak v zahraničí. V současnosti

in the same year. Jiří Hudek is engaged in standard setting activities in the area of field geotechnical testing.

Naturally, J. Hudek participated in geotechnical investigations for complex underground construction projects (including underground mines) even outside Prague, in various parts of our republic. His professional activities were not restricted only to our country. He was active even abroad (for example, he participated in surveys for Austrian tunnels at Semmering at the beginning of the 1990s or, slightly earlier, surveys for underground excavation for dams in the Atlas mountain range, Algeria).

Jiří Hudek's activities are associated with over 100 papers published in technical conference proceedings and papers published in technical journals. He has been an active contributor to TUNEL journal and was a member of its editorial board in the first half of the 1990s.

Jiří, I wish you on behalf of all your collaborators to remain the same as we know you – a professional with grace and noblesse, sense of humour and a detached view, even in the next quarter of the hundred-year period. We wish you good health, happiness and lots of joy in the years to come.

RNDr. RADOVAN CHMELÁŘ, Ph.D.
Member of the Editorial Board

nabízí prostřednictvím svých čtyř divizí realizaci staveb podzemních, dopravních, vodohospodářských, ekologických, průmyslových, občanských, bytových, rovněž i technické zařízení budov a dodávky technologií v rámci velkých technologických celků.

PRVNÍ TŘI DESETILETÍ

Podzemní stavitelství v civilním měřítku bylo v Československu po roce 1945 až do roku 1964 málo významné. Pro investiční činnosti v báňském průmyslu sice byly pro tehdejší těžební organizace, zabývající se těžbou uhlí a uranu, zřizovány od konce 50. let samostatné výstavbové podniky, ale s ražbou tunelů neměly stavební podniky v té době žádné zkušenosti. Tyto podniky prováděly jak potřebné důlně-stavební práce pod zemí, tak i průmyslové stavby na povrchu. Pro uranový průmysl to byl například právě podnik Výstavba dolů uranového průmyslu, dnešní Subterra.

S plánovaným vyražením padesátikilometrového přivaděče pitné vody z Želivky do Prahy proto vyvstala otázka, kdo výstavbu tohoto náročného díla zajistí. K jeho realizaci se nakonec zavázaly Uranové doly Příbram. Za tímto účelem vznikl odštěpný závod Želivka, ze kterého se postupem času stala současná společnost Subterra. Cesta k současné akciové společnosti však byla dlouhá a mnohdy i trnitá.

V průběhu výstavby želivského přivaděče se z odštěpného závodu stal oborový podnik Podzemní inženýrské stavby. Realizoval výhradně zakázky, které nespádaly do oboru uranového průmyslu, výjimku tvořily vlastní investice bytového a sociálního charakteru. Podnik postupem času rozšířil svou činnost prakticky do všech oblastí týkajících se podzemních staveb.

Dalším historickým milníkem byl rok 1976, kdy došlo k transformaci oborového podniku na koncernový podnik Výstavba dolů uranového průmyslu (VDUP). Stalo se tak v období posledního rozmachu Československého uranového

průmyslu. Dosavadní zkušenosti všech pracovníků s realizací podzemních staveb v náročných podmínkách mateřský koncern využil a během dalších let se podnik přeorientoval i na hloubení nových průzkumných jam pro následnou těžbu uranu – například jámy Milasín (530 m) a Nová Včelnice (690 m), jámy J6 a J7 na Hamru (každá cca 300 m) nebo jáma Vítkov v západních Čechách. V době svého největšího personálního rozvoje podnik zaměstnával více než 3000 zaměstnanců působících zhruba na 140 stavbách v sedmi krajích.

V roce 1988 bylo postavení Československého uranového průmyslu změněno z koncernu na státní podnik. Na scéně se v roce 1990 poprvé objevil název Subterra, tehdy ještě jako státní podnik.

Postupný útlum těžby a úpravy uranu a vývoj situace na stavebním trhu na začátku 90. let minulého století si vynutil značnou diverzifikaci výrobního programu společnosti. Subterra začala postupně rozšiřovat své aktivity do všech oblastí podzemního i pozemního stavitelství. Díky tomu, a zejména v souvislosti s první vlnou privatizace, došlo v roce 1992 ke vzniku akciové společnosti Subterra.

STAVBY, KTERÉ SE ZAPSALY DO HISTORIE

Zásobování pitnou vodou

Vodovodní přivaděč Želivka

První odpal na pokusné štole u Štěpánovského potoka v září roku 1964 zahájil výstavbu vodovodního přivaděče pitné vody pro Prahu a současně tím nastartoval do té doby stagnující obor podzemního stavitelství (obr. 1). Toto dílo bylo budováno v letech 1964–1972 a jeho součástí je hydrotechnický komplex, jehož hlavním objektem je přehradní nádrž Želivka u Švihova a vodárenský komplex, který tvoří štolový přivaděč pitné vody vedený z úpravny vody u Soutic do vodjemu u Jesenice poblíž Prahy. Délka přivaděče s proměnným nadložím od 7 do 176 m je necelých 52 km o světlém profilu 2,6 m, ostění je z monolitického betonu. Přivaděč o celkovém výrubu cca 500 000 m³ byl budován hornickým způsobem a při jeho ražbě bylo spotřebováno okolo jednoho milionu kilogramů trhavin typu Perunit a více než jeden milion rozbušek.

Ražba štol byla obtížná nejen pro horníky provádějící její ražbu, ale byla také dokonalou prověrkou kvality zeměměřičů a geologů, kteří museli vyřešit nepředvídané potíže s geologickými anomáliemi. Pamětníci poukazují na fakt, že při této délce přivaděče musel být při výpočtech brán v úvahu i vliv zakulacení země.

Štolový přivaděč pitné vody ze Želivky do Prahy je dodnes unikátem hodným obdivu a svým maximálním výkonem téměř 7 000 l/s se řadí i k největším v Evropě.

Další vodárenské projekty

Na základě pozitivních zkušeností z průběhu výstavby přivaděče Želivka se začaly připravovat a realizovat na celém území republiky další projekty.

Subterra byla od svého vzniku do té doby téměř výhradním dodavatelem podzemních objektů, které byly součástí většiny velkých vodohospodářských staveb. Mezi nejvýznamnější díla, na kterých se Subterra vedle výstavby štolového přivaděče Želivka podílela často i s nasazením plnoprofilových razících strojů, se zejména řadí:

Oblastní vodovod Přísečnice (1970–1976) – vodovodní tlaková štola pro zásobování pitnou vodou města Chomutova a jeho okolí. Do historie společnosti se tato stavba zapsala prvním nasazením plnoprofilového razícího stroje v tuzemsku.



Obr. 1 První odpal na vodovodním přivaděči z Želivky do Prahy (září 1964)
Fig. 1 The first blast for the excavation of the aqueduct tunnel from the Želivka to Prague (September 1964)

Vodní dílo Římov (1971–1978) – bylo vybudováno na řece Malši jižně od Českých Budějovic a zásobuje pitnou vodou velkou část jižních Čech.

Vodní dílo Stanovice (1972–1978) – kromě ochrany města Karlovy Vary před povodněmi je hlavním účelem tohoto díla, realizovaného na Lomnickém potoce, především zásobování Karlovarského kraje pitnou vodou.

Vodní dílo Josefův Důl (1976–1984) – tímto vodárenským komplexem na řece Kamenici je zajišťována dodávka pitné vody do vodovodní sítě Liberecka a Jablonecka.

Slezská Harta (1987–1997) – výstavba údolní nádrže na řece Moravici u obce Slezská Harta byla realizována na základě úvah o nutnosti posílit níže ležící vodní nádrž Kružberk. Postupem času byla nádrž využita pro vodárenské účely a ke zlepšení průtoků na Moravici, Opavě i Odře.

Vířský oblastní vodovod (1988–2000) – tento oblastní vodovod byl realizován za účelem řešit problém se zásobováním pitnou vodou pro obyvatele skoro 150 obcí situovaných na územích bývalých okresů Žďár nad Sázavou, Brno-venkov a samotného města Brna z údolní nádrže Vír.

Podzemní objekty na těchto stavbách měly společný liniový charakter, většinou kruhový příčný profil 2,1–3,5 m s betonovým ostěním. Šlo buď o tlakové štol, nebo štol pro pokládku vodovodního potrubí. Počínaje tlakovou štolou na Přísečnici, kde byl poprvé u nás nasazen plnoprofilový razící stroj, vyrazila Subterra s těmito stroji skoro 40 km vodovodních štol.

Přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé stráně (PVE)

V polovině roku 1978 byla zahájena v Jeseníkách výstavba přečerpávací vodní elektrárny Dlouhé stráně, jednoho z nejdůležitějších energetických děl v tehdejší Československu, které se v historii společnosti Subterra řadí jednoznačně mezi nejvýznamnější díla, na jejichž výstavbě se rozhodujícím způsobem podílela.

Hlavním úkolem PVE je zabezpečení stability energetické soustavy, kterou je vytvoření nezbytné rovnováhy mezi aktuální spotřebou elektrické energie a výkonem dodávaným energetickými zdroji. Elektrárna s dvěma Francisovými turbínami (každá o výkonu 325 MW), je umístěna v podzemní kaverně a ke své funkci využívá půlkilometrového výškového rozdílu mezi spodní nádrží na Divoké Desné a horní nádrží vybudované na vrcholu hory Mravenec ve výšce 1350 m n. m. S horní nádrží je elektrárna propojena dvěma potrubními přivaděči délky 1,5 km o průměru 3,6 m, s dolní nádrží dvěma tunely o průměru 5,2 m délky 350 a 390 m.



Obr. 2 Přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé stráně (1978–1996)

Fig. 2 Dlouhé Stráně pumped storage scheme (1978–1996)

Subterra se na výstavbě PVE podílela realizací celé její podzemní části tvořené 35 objekty. Klasickou ražbou s využitím bezkolejové mechanizace byly vytvořeny kaverna pro elektrárnu o rozměrech 87x25x50 m, kaverna pro trafostanici velikosti 117x16x21 m a štoly a tunely v celkové délce 8,5 km.

S výstavbou elektrárny bylo započato v květnu roku 1978 a dílo bylo uvedeno do provozu v prosinci roku 1996. Zajímavostí je, že PVE Dlouhé stráně zvítězila před několika lety v internetové soutěži o největší technický div České republiky (obr. 2).

Kabelové tunely v Praze

Jedná se o první energetické stavby v podzemí Prahy. Na počátku sedmdesátých let minulého století bylo nutno začít řešit v Praze posílení a zálohování rozvodů vysokého napětí 110 kV a 22 kV, zejména v souvislosti se zahájením výstavby pražského metra. Tradiční způsob ukládání vysokonapětových kabelů do tvárných tras narážel na nepřekonatelné překážky v podobě stávající infrastruktury. Řešením této složité situace se stala výstavba kabelových tunelů, u jejichž zrodu stála opět Subterra. Realizace těchto kabelových tunelů probíhala v období 1972–1985 a vytvořila v centru města síť, jejíž celková délka dosáhla skoro 15 km. Jednalo se o KT – střed vč. prodloužení (Rajská zahrada a Václavské nám.), KT – jih (Bohdalec – Rajská zahrada), KT – Holešovice (Čimice – rozvodna Holešovice) a KT – Pražka (Rajská zahrada – Pražka).

Ražba probíhala buď konvenční metodou s použitím trhavin, nebo plnoprofilovými razicími stroji. Definitivní profil kabelových tunelů byl tvořen monolitickou betonovou obezdívkou kruhového tvaru o průměru 2,16–2,64 metrů. Přirozeným technologickým vývojem zde došlo k prvním aplikacím hydroizolace šachet a tunelů pomocí fólií či k použití antikorozi ochrany ocelové výstroje tryskanou metalizací.

V následujících obdobích se však samostatné kabelové trasy volily již jen výjimečně a s rozvojem výstavby kolektorů se přikročilo se k ukládání VN kabelů 22 kV do těchto moderních sružených tras.

Kolektory

Velký rozmach při rekonstrukcích objektů, jejich přestavbách a modernizacích v centrech velkých měst od poloviny osmdesátých let minulého století s sebou přinášel i velký nárůst spotřeby všech médií. V té souvislosti bylo proto nutné řešit tuto novou situaci tak, aby byl při posilování a rekonstrukcích sítí co nejméně narušen chod města na povrchu. Jako nejlepší řešení se tehdy zvolila cesta výstavby

podzemních kolektorů v centrálních částech velkých měst. Většina kolektorů byla ražena pomocí Nové rakouské tunelovací metody (NRTM). Společnost Subterra u toho byla od samého začátku a od té doby se velmi významně podílí na výstavbě těchto podzemních kolektorů v Praze, Brně, Ostravě.

Pražské kolektory

Síť podzemních kolektorů v centru Prahy se začala stavět v první polovině osmdesátých let minulého století. Výstavbou byl tehdy pověřen Magistrát hl. města Prahy podnik Výstavba dolů uranového průmyslu Praha, dnešní Subterra. Celková délka kolektorů vybudovaných v centru Prahy dosahuje necelých šestnácti kilometrů a společnost Subterra na této výstavbě podílí více než 90 %. Jedná se o kolektory:

Kolektor Centrum I (1985–2002) – jediný hlubinný páteřní kolektor II. kategorie, který přivádí do dané lokality v centru našeho hlavního města média s větší kapacitou. Kolektor o profilu necelých 13 m² probíhá zhruba 30 m pod povrchem a jeho celková délka je necelých 4 km. Jako jediný kolektor v centru Prahy byl ražen pomocí razicích strojů s frézou na výložníku Eickhoff a Alpine.

Kolektor Královská cesta Celetná (1986–1988) – kolektor III. kategorie byl budován v souběhu s rekonstrukcí Královské cesty. Celková délka kolektoru je cca 700 m.

Kolektor Tylovo divadlo (1988–1991) – výstavba tohoto kolektoru bezprostředně navazovala na kolektor v Celetné ulici v okolí Tylova divadla. Jedná se o kolektory II. i III. kategorie a jejich celková délka je cca 700 m.

Kolektor Rudolfinum (1990–1992) – kolektor III. kategorie, jehož jeden kilometr dlouhá trasa vede v okolí Rudolfinu pod náměstím Jana Palacha.

Kolektor Centrum I. A (1994–1998) – kolektor III. kategorie je veden pod ulicemi Panská, Politických vězňů a Jindřišská v hloubce 10–12 m pod povrchem. Celková délka kolektoru je 2,3 km a pro ražbu pod ulicí Panská zde byl použit nožový štít Alpine Wesfalia (obr. 3).

Kolektor Příkopy (1997–2000) – kolektor III. kategorie probíhá pod ulicemi Příkopy, Senovážná a v okolí Obecního domu. Celková délka kolektoru je 1,9 km.

Kolektor Vodičkova (2003–2007) – kolektor III. kategorie začíná napojením na stávající kolektor CI.A na rohu Jindřišské ulice a Václavského náměstí a pod ulicí Vodičkova vede až na Karlovo náměstí, jeho celková délka je 1,4 km.

Kolektory Václavské náměstí „A“, „B“ a „C“ (2003–2009) – jedná se o výstavbu a rekonstrukci kolektorů ve spodní části Václavského náměstí v celkové délce cca 1,5 km.

Brněnské kolektory

S výstavbou podzemních kolektorů v Brně započala Subterra v polovině sedmdesátých let, zejména v souvislosti s opravami starých sítí či v rámci projektů EU.

Kolektory II. kategorie – trasy těchto kolektorů, budovaných společností Subterra v rozmezí let 1976–1994, obepínají svým jedním okruhem historické jádro města, druhý okruh je veden v okolí průmyslové zóny. V současné době je v provozu kolem 7 km tras vedených v hloubce 20 až 30 metrů pod povrchem, Příčný profil kolektoru dosahuje až 20 m².

Kolektory III. kategorie – v těchto kolektorech vybudovaných v letech 1995–2000 je na rozdíl od pražských kolektorů vedena i kanalizace. Kolektory jsou umístěny v menších hloubkách do 6 m a odbočují z nich jednotlivé domovní přípojky pro napojení sítí včetně kanalizace. Ražený profil těchto kolektorů je cca 10 m². Délka těchto sekundárních kolektorů je téměř 6 km. V rámci projektu ISPA došlo v letech

2003–2005 k rozšíření stávajících brněnských sekundárních kolektorů výstavbou 1,7 km dlouhého kolektoru, který již zasahuje do historického centra města Brna.

Ostravské kolektory

Ostravskou síť kolektorů začala Subterra budovat od konce devadesátých let minulého století. A stejně jako v Praze a Brně, i zde byla potřeba výstavby kolektorů v centru města vyvolána stále se zhoršující situací ve stavu podzemních inženýrských sítí.

Kolektor Poděbradova (1997–1999) – první ostravský kolektor III. kategorie zasahuje do historické části města a jeho délka je téměř 800 m. Kolektor ražený v hloubce 8–10 m pod povrchem dosahuje profilu o světlém průřezu 7,7 m².

Kolektor Centrum (2003–2005) – představuje městský kolektor III. kategorie v samotném centru Ostravy a navazuje na existující kolektor Poděbradova. Výstavba kolektoru, který dosahuje délky 1,7 km a je v něm uloženo i kanalizační potrubí, spadala do projektu ISPA. Jeho hlavním cílem bylo rozšíření kanalizačního systému města Ostravy. Vedle výstavby tohoto kolektoru realizovala Subterra rovněž kompletaci kanalizačních sběračů. Za zmínku stojí ražba kanalizačního sběrače F ve Staré Bělé, kde Subterra úspěšně zúročila své zkušenosti s řízeným mikrotunelováním strojem Iseki.

Ražené kanalizační sběrače

Subterra má tento typ staveb ve výrobním programu od roku 1971, kdy se začaly ražené kanalizační sběrače realizovat poprvé, a při jejich výstavbě plně navázala na dobré zkušenosti s budováním podzemních děl v předcházejících letech. V té době se jednalo o výstavbu kanalizačních sběračů výhradně v Praze spojenou s rozvojem výstavby sídlišť v okolí našeho hlavního města.

Prvním a určitě nejvýznamnějším dílem, které Subterra v tomto novém segmentu realizovala, byla výstavba *Stoky „K“*. Tato páteřní stoka začíná u Branického pivovaru, prochází pod levým břehem Vltavy a na Výtoni podchází shýbkou Vltavu. Odtud pokračuje pod levým břehem, podchází Petřín a dále směřuje až do Bubenče, kde je na Ergonu napojena na čistírnu odpadních vod. Délka stoky, jejíž výstavba probíhala v letech 1971 až 1979, je 11,15 km a její největší profil je o průměru 3,6 m. Na celém úseku stoky byla použita nová technologie pro obložení stoky v celém profilu pomocí berolových desek, které byly velice odolné proti kyselinám a mechanickému poškození.

Vybudování *Stoky „K“* mělo v té době zcela stěžejní význam, neboť do ní měly být napojovány nově vznikající sběrače pro odvod splašků zejména ze sídlišť Jižní a Jihozápadní Město a sídliště Barrandov. Z nich Subterra realizovala výstavbu sběračů *JZM I. a JZM II., Splaškový sběrač Barrandov a Levobřežní kunratický sběrač*.

Vývoj technologií výstavby na těchto ražených kanalizacích, které Subterra využívala, vedl od konvenční ražby přes použití razicích strojů plnoprofilových, nebo s frézou na výložníku, až k prvnímu nasazení tunelovacího stroje pro řízené mikrotunelování u nás od japonské firmy ISEKI na *Stoce „Y“* v Ústí nad Labem.

Mezi stavby v segmentu odpadního hospodářství umístěné v podzemí se určitě řadí i podzemní čistírny odpadních vod. Na území České republiky jsou dosud vybudovány pouze dvě a výstavbu obou zajišťovala společnost Subterra.

Podzemní čistírny odpadních vod

První je podzemní ČOV v *Peci pod Sněžkou*, jejíž výstavba probíhala od září 1985 do října roku 1988, kdy byla uvedena



Obr. 3 Kolektor Centrum I. A, Praha (1994–1998)

Fig. 3 Centrum I.A utility tunnel, Prague (1994–1998)

do provozu. Varianta uložení ČOV do podzemí byla zvolena s ohledem na náročné podmínky jejího zimního provozování a zejména na ochranu této krajinné oblasti. Čistírenské nádrže jsou umístěny do podzemní kaverny o šířce 13 m, výšce 11 m a délce 91 m. Součástí ČOV je i nátokový tunel dl. 45 m, odpadní štolý dl. 110 m a větrací komín o výšce 45 m. Ražba byla zajišťována pomocí NRTM s využitím bezkolejové mechanizace.

Druhou podzemní čistírnou je ČOV v *Lokti nad Ohří*, který se nachází v CHKO Slavkovský les. Tato čistírna je podstatně mladší než v Peci pod Sněžkou, její realizace probíhala v letech 1993–1998 a do podzemí byla uložena též z ekologických důvodů. ČOV je umístěna do dvou samostatných kaveren o šířce 6, resp. 11 m, výšce 9 m a délce 25 m. Ražba kaveren byla prováděna ve dvou výškových etážích pomocí NRTM s využitím bezkolejové mechanizace.

Vývoj technologií a strojní ražby

Společnost Subterra výrazně přispěla v oblasti rozvoje tunelářských technologií. V prostředí Československého uranového průmyslu, který patřil mezi prioritní odvětví, dokázala pořídit technicky vyspělé moderní technologie. Její zaměstnanci tím dostali příležitost naučit se s moderními mechanismy a technologiemi pracovat, ovládat je a na základě těchto zkušeností vyvíjet i vlastní zařízení. Jednalo se především o vrtací a nakládací techniku, injektážní soupravy, teleskopická bednění a zejména o plnoprofilové razicí stroje, předchůdce dnešního TBM. Tyto stroje byly využity zejména v oblasti zásobování vodou při ražbách vodovodních přivaděčů, ale i při výstavbě mnoha dalších tunelů a štol v oblasti likvidace odpadních vod a energetice, jako jsou kanalizační sběrače a kabelovody, nebo i při otvírákách dolů v Čechách a ve Španělsku. Celková délka vyražených děl, která Subterra vystavěla pomocí plnoprofilových razicích strojů, byla téměř 67 km.

NOVÁ ÉRA

Rokem 1992 Subterra vstoupila do nové fáze vývoje, kdy se ze státního podniku stala samostatná akciová společnost. Její předností byl fakt, že se již několik předcházejících let nesoustředila výhradně na podzemní stavitelství, ale svůj výrobní program rozšířila i do dalších segmentů. Přitom nadále patřila ke špičce v oblasti podzemních staveb a podílela se tak na realizaci těch největších a nejvýznamnějších projektů na našem území. Většina těchto staveb se prováděla podle zásad NRTM.



Obr. 4 Výstavba tunelu Mrázovka, Praha (1998–2004)
Fig. 4 The Mrázovka tunnel construction (1998–2004)

Patří mezi ně:

Silniční tunely VMO Pražská radiála v Brně (1995–1998) – projekt zahrnoval výstavbu dvou dvoupruhových silničních tunelů délek 512 m a 497 m. V té době se jednalo se o první silniční městský tunel dálničního typu u nás.

Tlakové uzávěry kavernového zásobníku plynu Háje u Příbrami (1996–1998) – šlo o zhotovení 2 ks betonových tlakových uzávěrů na jámě č. 16 v Hájích u Příbrami jako velice důležité součásti výstavby kavernového zásobníku plynu. Tyto uzávěry zcela hermeticky uzavřely prostor velikosti 620 000 m³ vytvořený v hloubce 1000 m a umožnily současné odebrání i napouštění zásobníku plynem. Subterra získala na této velice obtížné stavbě další neocenitelné zkušenosti.

Tunel Mrázovka (1998–2004) – jedná se o dva téměř 1300 m dlouhé tunely, které realizovaly společnosti Subterra a Metrostav. Subterra se podílela na výstavbě dvoupruhových tunelů na obou tubusech včetně rozpletů v přechodu na trojpruhové tunely, obou odbočných větví a ražby podzemní strojovny vzduchotechniky v celkové délce cca 1500 m. Dílo bylo raženo NRTM s využitím razicího stroje s frézou na výložníku (obr. 4).

Metro IV.C1 (2000–2002) – Subterra se zde poprvé podílela na výstavbě pražského metra. V úseku Holešovice – Ládví realizovala v Troji hloubený tunel v otevřené stavební jámě v délce 96 m a z ní navazující dvoukolejný tunel v délce cca 1700 m do stanice Kobylisy, který byl ražený pomocí NRTM s razícím strojem s frézou na výložníku.

Krasíkovské tunely (2002–2004) – v rámci Optimalizace traťového úseku Krasíkov – Česká Třebová Subterra vyrazila dva dvoukolejné tunely – Krasíkov (1101 m) a Tatenice (143 m).

Tunely Malá Huba a Hněvkovský II (2004–2006) – Subterra prováděla v rámci stavby Optimalizace traťového úseku Zábřeh na Moravě také dva ražené tunely – Malá Huba (324 m) a Hněvkov II (180 m).

Tunel Klimkovice (2004–2006) – výstavbu tunelů na dálnici D47 uskutečnila Subterra ve sdružení se společnostmi Metrostav, Skanska a Strabag. Tunely jsou dlouhé 1088 m a 1076 m. Subterra zajišťovala výstavbu jednoho z nich.

Metro IV.C2 Ládví – Letňany (2004–2008) – na prodloužení trasy metra IV.C2 Ládví do Letňan Subterra realizovala výstavbou 970 m dlouhého dvoukolejného tunelu, který vede ze stanic Ládví ke stanici Střížkov. Subterra se podílela i na výstavbě stanice Letňany.

Nové spojení (2004–2010) – stěžejními objekty tohoto, pro naše hlavní město velice důležitého projektu, který umožnil spojení mezi všemi pražskými nádražími, byly dva dvouko-

lejné tunely vedoucí pod vrchem Vítkov, jeden o délce 1329 m a druhý 1372 m. Subterra jako člen sdružení s firmami Skanska, Metrostav a Eurovia zajišťovala výstavbu severního tunelu.

Královopolské tunely (2006–2012) – součástí tohoto důležitého projektu pro město Brno bylo vybudování dvou paralelních dvoupruhových tunelů ve velmi složité geologii pod ulicí Dobrovského v Brně délky 1237, respektive 1258 m. Subterra zajišťovala stavbu jižního tunelu.

Cholupický tunel (2007–2009) – Subterra prováděla výstavbu tohoto třípruhového tunelu, který je součástí úseku 513 na městském okruhu v Praze. Celková délka tunelu je 1972 m. Na úsek délky 1676 m navazuje hloubená část v délce 296 m. Před zahájením ražeb zde Subterra v předstihu vyrazila průzkumnou štolu.

Tunel Prackovice (2008–2009) – dálniční tunel o dvou samostatných tubusech délky 260, respektive 270 m je součástí stavby dálnice D8 v úseku Lovosice – Řehlovice. I na této stavbě v rámci její přípravy realizovala Subterra v roce 2005 v trase tunelů průzkumnou štolu, která poskytla zásadní informace pro určení způsobu ražby budoucího dálničního tunelu.

Tunely na trati Votice – Benešov u Prahy (2009–2013) – v rámci modernizace tohoto železničního úseku vybuvovala Subterra čtyři ražené tunely – Olbramovický tunel (480 m), Zahradnický tunel (1044 m), tunel Tomice I (324 m) a tunel Tomice II (252 m, obr. 5).

Jablunkovský tunel (2008–2011) – rekonstrukce tunelu v délce 576 m.

Kanalizace Karviná (2007–2009) – výstavba kanalizačního sběrače délky cca 2,5 km ve dvou profilech 1 a 1,4 m, ražba byla prováděna pomocí mikrotunelovacího stroje ISEKI.

15 LET NA ŽELEZNICI

V roce 2012 si Subterra připomněla patnácté výročí od vstupu do oblasti železničního stavitelství.

V druhé polovině 90. let minulého století se společností Subterra podařilo rozšířit své portfolio výrobního programu o tento segment, který se postupem času stal jedním z jejich nejvýznamnějších segmentů.

První realizovanou koridorovou stavbou byla *Modernizace traťového úseku Hodonín – Moravský Písek* na II. tranzitním koridoru. Objemově největší stavbou se stala *Modernizace traťového úseku Votice – Benešov u Prahy* na IV. tranzitním koridoru. Zřejmě doposud nejnáročnější stavbou je pak *Optimalizace trati st. hranice se Slovenskou republikou – Mosty u Jablunkova – Bystřice nad Olší*, a to především pro mimořádně náročné geologické a geotechnické podmínky, které zásadně ovlivnily přestavbu tunelů v Jablunkovském sedle i výstavbu nových mostů zřizovaných zejména pro umožnění migrace velkých savců.

Významné koridorové projekty:

- Modernizace traťového úseku Hodonín – Moravský Písek na II. tranzitním koridoru (1997–1999);
- Optimalizace traťového úseku Krasíkov – Česká Třebová (2002–2005);
- Optimalizace traťového úseku Zábřeh na Moravě – Krasíkov (2004–2006);
- Optimalizace traťového úseku Břeclav – st. hranice ČR/SR (2004–2007);
- Modernizace traťového úseku Červenka – Zábřeh na Moravě (2005–2008);
- Optimalizace trati Plzeň – Stříbro (2006–2009);
- Modernizace trati Veselí nad Lužnicí – Tábor, 1. část, úsek



Obr. 5 Modernizace traťového úseku Votice – Benešov u Prahy (2009–2013)
Fig. 5 Modernisation of the Votice – Benešov u Prahy track section (2009–2013)

Doubí u Tábora – Tábor (2006–2009);

- Optimalizace trati Bystřice nad Olší – Český Těšín (2009–2012);
- Modernizace traťového úseku Votice – Benešov u Prahy na IV. koridoru (2009–2013);
- Optimalizace trati Zbiroh – Rokycan (2009–2012);
- Modernizace trati Rokycany – Plzeň (ve výstavbě od 11/2013).

ZAHRAŇIČÍ

Historie působení společnosti Subterra v zahraničí se začala psát již v 80. letech minulého století v tehdejší Jugoslávii, kde Subterra realizovala v období 1982–1983 ražbu 120 m dlouhé štolý z přehrady Batlava do města Priština v dnešním Kosovu, která umožnila zásobování města pitnou vodou.

Po roce 1990 začala společnost Subterra rozšiřovat své aktivity i do dalších zemí Evropy, zejména Německa a Španělska. V Německu se podílela na výstavbě dálničního tunelu *Löwenherz Annweiler* a na výstavbě železničního tunelu *Niederhausen* na trase Frankfurt – Kolín. Ražbou únikových tunelů jako doprovodných částí hlavních tunelů *Eurwang* a *Irlahüll* se Subterra podílela i na výstavbě střední části trasy vysokorychlostní železnice Ingolstadt – Norimberk.

V devadesátých letech začala Subterra stavět též ve Španělsku. Jednalo se například o převedení vodoteče poblíž města Meirama, o ražbu odvodňovacího tunelu u Corto Cortéz a zejména o strojní ražbu tunelů pro dopravu v dole Figaredo.

Na své historické působení na Batlavě navázala Subterra v minulém desetiletí i realizací dalších zakázek v zemích bývalé Jugoslávie. V Chorvatsku zrealizovala dva dálniční tunely – tunel *Plasina* na trase Záhřeb – Split a tunel *Tuhobič* na trase Záhřeb – Rijeka. Uplatnění na území Chorvatska nachází Subterra i dnes realizací několika železničních staveb menšího rozsahu (obr. 6).

Nejvýznamnější stavbou současnosti v zahraničí je výstavba tunelu *Bancarevo* v Srbsku. Tunel je součástí projektu výstavby srbské dálnice E80 Niš – Dimitrovgrad v úseku Prosek – Crvena Reka poblíž města Niš. Jedná se o dva dvoupruhové tunely, délka každého z nich je cca 700 m, a jejich ražba se prováděla pomocí NRTM s využitím trhačích prací.

Významnou kapitolou působení v zahraničí je Maďarsko, kde se Subterra prosazuje především na železniční. První zakázkou zde byla Rekonstrukce traťového úseku *Budapešť – Kelenföld – Tárnok*. K této stavbě přibyla v roce 2013 zakázka na výstavbu osmnácti silničních mostů přes a na dálnici M43 a zakázka na



Obr. 6 Výstavba tunelu Plasina, Chorvatsko (2002–2004)
Fig. 6 Construction of the Plasina tunnel, Croatia (2002–2004)

modernizaci železničního uzlu *Székesfehérvár*. Posledním úspěchem společnosti je první místo ve výběrovém řízení na projekt výstavby šestikilometrového silničního obchvatu města *Várpalota*.

Na realizaci tunelových staveb v Německu navázala Subterra i v současnosti právě probíhající rekonstrukcí železničního tunelu *Alter Kaiser Wilhelm* u města Cochem.

Nejnovějším zahraničním projektem společnosti Subterra je výstavba dvou tunelů zajišťujících přístup pro realizaci plánovaného podzemního obchvatu Stockholmu v západní části švédského hlavního města. *Tunely Sättra a Skärholmen* budou dlouhé 518 a 515 metrů. Profil tunelů bude přibližně 75 m². Jejich dokončení je plánované na začátek roku 2016.

Přehled nejvýznamnějších zahraničních zakázek:

- Štola pro přívod vody, Batlava, Jugoslávie (1982–1983);
- Tunely pro dopravu v dole, Figaredo, Španělsko (1990–1997);
- Převedení vodoteče, Meirama, Španělsko (1991–1992);
- Odvodňovací tunel, Coto Cortéz, Španělsko (1992–1997);
- Silniční tunel Annweiler, Německo (1993);
- Výstavba bytů, Stuttgart a Mnichov, Německo (1992–1994);
- Železniční tunel Niederhausen, Německo (1999–2000);
- Železniční tunel, Ingolstadt – Nürnberg, Německo (1999–2000);
- Silniční tunel Plasina, Chorvatsko (2002–2004);
- Silniční tunel Tuhobič, Chorvatsko (2006–2007);
- Modernizace trati Piešťany – Nové Mesto nad Váhom, Slovensko (2006–2009);
- Rekonstrukce teplárny, Bratislava, Slovensko (2010–2012);
- Rekonstrukce železniční trati Budapešť – Kelenföld – Tárnok (2011–2013);
- Výstavba tunelu Bancarevo, Srbsko (2012–2015);
- Výstavba 18 silničních mostů na dálnici M43, Maďarsko (2013–2014);
- Modernizace železničního uzlu Székesfehérvár, Maďarsko (2014–2016);
- Rekonstrukce železničního tunelu Alter Kaiser Wilhelm, Cochem, Německo (2014–2015);
- Silniční obchvat města Várpalota, Maďarsko (2014–2018);
- Přístupové tunely Sättra a Skärholmen, Stockholm, Švédsko (2014–2016).

Důraz kladený na získávání zakázek mimo Českou republiku Subterra v uplynulých letech podpořila vznikem organizačních složek v několika státech Evropy. Nyní má svou organizační složku na Slovensku, v Srbsku, v Chorvatsku, v Maďarsku, v Německu a nově také ve Švédsku. Vzhledem k velkému potenciálu, zejména železničních zakázek v Maďarsku, letos Subterra založila v této zemi dceřinou společnost Subterra – Raab Kft., která sídlí v Győru.

ZMĚNA AKCIONÁŘE

Rok 2004 byl významný hned v několika směrech. Subterra oslavila 40 let od svého vzniku, pro další působení společnosti však byl mnohem zásadnější fakt, že v polovině tohoto roku byl na řádné valné hromadě oznámen vstup nového většinového vlastníka, společnosti Metrostav a. s., která společnost Subterra vlastní dodnes. Společnost Subterra se tak stala součástí koncernu Skupina Metrostav.

SOUČASNOST

V současnosti je výrobní program společnosti naplňován prostřednictvím čtyř divizí.

Divize 1 – je specializovaná především na realizaci ražebných a hloubených podzemních staveb. Ve výrobním programu jsou zahrnuty silniční a železniční tunely, prostorová podzemní díla, městské kolektory, liniové inženýrské sítě, podzemní energetická díla, podzemní vodohospodářská díla apod.

Nejvýznamnější projekty současnosti:

- Výstavba průzkumné štoly Radlická radiála, Praha – zjištění geologických podmínek v trase budoucího tunelu Radlice;
- Rekonstrukce železničního tunelu Alter Kaiser – Wilhelm (Německo);
- Výstavba tunelu Bancarevo na dálnici Niš – Dimitrovgrad (Srbsko);
- Výstavba přístupových tunelů Sättra a Skärholmen, Stockholm (Švédsko).

Divize 2 – soustřeďuje se zejména na oblast pozemního stavebnictví. Zabývá se výstavbou a rekonstrukcí bytových, občanských a průmyslových staveb. Dalšími obory jsou rekonstrukce historických a památkových objektů, výstavba a rekonstrukce inženýrských sítí, čistíren odpadních vod apod. Ve své organizační struktuře má zahrnutu složku dílenských výroby pro vlastní dodávky i objednanou zakázkovou výrobu.

Nejvýznamnější projekty současnosti:

- Výstavba stanice metra Nádraží Veveř na trase metra V.A, Praha;
- Rekonstrukce Klementina, Praha;
- Výstavba Velkého světa techniky (Science and Technology Center), Ostrava.

Divize 3 – výrobní program divize 3 je zaměřen především na dopravní stavby. Hlavní oblastí její činnosti je železniční stavitelství. Divize rovněž realizuje ekologické stavby, zejména likvidace starých ekologických zátěží, výstavbu protihlukových stěn a další inženýrské stavby. Jako jediná z divizí sídlí mimo naše hlavní město – v Tišnově, cca 25 km od Brna.

Nejvýznamnější projekty současnosti:

- Modernizace trati Rokycany – Plzeň;
- Rekonstrukce železničního uzlu Český Těšín;
- Rekonstrukce železničního uzlu v Székesfehérváru (Maďarsko).

Divize 4 – je zaměřena především na zajištění služeb v oblasti technického zařízení budov včetně dodávek technologií v rámci velkých technologických celků. Dále se zabývá výstavbou a rekonstrukcí inženýrských sítí, působí rovněž jako generální dodavatel menších pozemních staveb.

Nejvýznamnější projekty současnosti:

- TZB při výstavbě tunelů na dálnici D8, Prackovice, Radejčín;
- TZB při výstavbě trasy metro V.A, Praha;
- TZB při výstavbě obchodně-administrativního centra Florentinum, Praha;
- TZB při výstavbě tunelového komplexu Blanka, Praha.

VÝZNAMNÁ OCENĚNÍ ZA POSLEDNÍCH DESET LET

- Tramvajová trať Hlubočepy – Barrandov, Praha, 2. fáze – Stavba roku 2004
- Tunel Mrázovka – městský okruh, Praha – Dopravní stavba roku 2005
- Optimalizace tratěvého úseku Krasíkov – Česká Třebová – Dopravní stavba roku 2005
- Protipovodňová opatření na ochranu hl. m. Prahy, etapa 002 Malá Strana a Kampa – Vodohospodářská stavba roku 2005
- Optimalizace tratěvého úseku Zábřeh na Moravě – Krasíkov – Dopravní stavba roku 2006
- Rozšíření kanalizačního systému města Ostravy – stavba II. Kolektor Centrum – Cena za ekologický přínos projektu v roce 2006
- Stoková síť města Brna – Nejlepší stavba vodního hospodářství v roce 2006
- Kolektor Centrum I. A etapa 0004 Vodičkova, Praha – Cena ABF (nadace pro rozvoj architektury a stavitelství) v roce 2008
- Tunel Klimkovice – Stavba Moravskoslezského kraje 2009
- Tunel Klimkovice – Hlavní cena za stavbu v kategorii Dopravní, inženýrské a vodohospodářské stavby roku 2009
- Pražské metro, IV. provozní úsek trasy C metra, Ládví – Letňany – Dopravní stavba roku 2008 (Kat. B)
- Tunel Klimkovice – Dopravní stavba roku 2008 (Kat. A)
- Modernizace trati Veselí na Lužnici – Tábor (1. část, úsek Doubí u Tábora – Tábor) – Dopravní stavba roku 2009 (Kat. A)
- Silnice I/42 Brno, VMO Dobrovského B – Stavba Jihomoravského kraje 2012
- Silnice I/42 Brno, VMO Dobrovského B – Stavba roku 2013
- Modernizace trati Votice – Benešov u Prahy – Dopravní stavba roku 2013

Ing. JAN VINTERA, jvintera@subterra.cz,

Ing. JIŘÍ NOVÝ, jnovy@subterra.cz,

ŠTĚPÁN SEDLÁČEK, ssedlacek@subterra.cz,

Subterra a.s.

Foto: archiv Subterra a.s.

Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

EVROPA – POHLEDNICE S ALPSKÝMI TUNELY EUROPE – PICTURE POSTCARDS WITH ALPINE TUNNELS

This part of the series dedicated to picture postcards with tunnels presents postcards showing Alpine tunnels – the Semmering, Gotthard and Simplon tunnels, the Tauern railway line, the Mont Blanc tunnel, the Lötschberg base tunnel and the Martinswand tunnel. The paper presents only a fraction of existing postcards with tunnels in the Alps. Only the most famous or most interesting ones from the paper authors' collection are mentioned. The fact that postcards with tunnels are published even today and continue to find their sympathisers is undoubtedly gratifying.

ÚVOD

Kalendář:

- 17. 7. 1854 byla otevřena první horská trať vedoucí přes Alpy; ty byly poprvé překonány v Semmeringu.
- V srpnu 1867 byl zahájen provoz mezi Německem a Itálií přes Brenner (když stavební práce byly započaty v roce 1864). Tato trať nemá vrcholový tunel.
- 17. 9. 1871 byla dána do provozu třetí transalpská dráha vedoucí přes Mont Cenis, mezi Itálií a Francií. Práce na vrcholovém tunelu dlouhém 12 847 m byla započata 1. 8. 1857.
- Počátkem roku 1882 byla zahájena doprava na Gotthardské dráze. Tím byly spojeny železnici Švýcarsko s Itálií. Stavba trvala deset let.
- V srpnu roku 1898 byla zahájena stavba Simplonského tunelu. Tunel byl dán do provozu 1. 6. 1906 [1, 4, upraveno].

1. SEMMERING

Projektováním železniční trati přes Semmering byl v roce 1841 pověřen Carl Ritter von Ghega. Na stavbě se podílelo mezi lety



Obr. 1 Semmering. Weizettel-Tunnel. 1915. P. Ledermann, Wien I. Fleischmarkt 20 [sbírka autorů]

Tunel se správně jmenuje Weizettelwand Tunnel, a to podle názvu skalního útvaru, který překonává. Vlastní tunel sestává ze 3 tunelových úseků a 2 galerií, s úhrnnou délkou 688 m. Nachází se na trati Wien Südbahnhof – Spielfeld-Straß a je dvoukolejný. Na pohlednici je vyobrazen jeho dodnes neobeždný západní portál. O zřízení tohoto tunelu bylo rozhodnuto po neštěstí, při kterém zahynulo 14 dělníků při skalním zřícení na trať vedenou v odřezu předmětné stěny.

Fig. 1 Semmering. Weizettel-Tunnel. 1915. P. Ledermann, Wien I. Fleischmarkt 20 [authors' collection]

The correct name of the tunnel is the Weizettelwand Tunnel, according to the rock formation it passes under. The tunnel itself consists of 3 tunnel sections and 2 rock protection galleries, with the aggregated length of 688m. This double-track tunnel is located on the Wien Südbahnhof – Spielfeld-Straß railway line. Its western portal, which has been unlined till now, is depicted on the postcard. The decision to build this tunnel was made after an incident during which 14 workers perished when rock fell on the line leading along a side-hill cutting in the rock in question.

1848 a 1854 téměř 20 000 dělníků, z toho třetina žen. Při pracovních nehodách zde zahynulo 89 lidí, další stovky zemřely na následky různých nemocí. Jde o první horskou železnici s normálním rozchodem. Nachází se zde 14 tunelů a 16 viaduktů, některé i dvoupatrové, dále 118 menších kamenných a 11 železných mostů. Celková délka tunelů činí 4,5 km. Nejdelší je starý vrcholový Semmering Tunnel dl. 1 431 m a nový Semmering Tunnel dl. 1 512 m. Nejkratší je Krausel Tunnel – pouze 14 m. V roce 1999 byla přidána na seznam „Světového dědictví UNESCO“ – obr. 1 a 2 [1, 2, 3, upraveno a doplněno].

2. GOTTHARD

Gotthardský vrcholový železniční tunel je veden z Göschenen (S kanton Uri) do Airolo (J kanton Ticino). Tunel je dvoukolejný, jeho délka se udává nejčastěji 14 984 m (14 982 m raženo). Stavba trvala přes 9 let, provoz byl zahájen 1. 1. 1882. Stavba byla realizována ve velmi obtížné geologii a ve svízelných finančních poměrech. Během výstavby zahynulo asi 200 pracovníků (přesné číslo není známo), další úmrtí byla způsobena epidemií úplavice. Dne 28. 7. 1875 za vzpoury dělníků, potlačené švýcarskou armádou, byli zabiti 4 a zraněno 13 lidí. Budoucnost tohoto vrcholového tunelu po otevření nového Gotthardského báзовého tunelu v roce 2017 je nejistá – obr. 3 a 4 [4, 5, upraveno].

Gotthardský silniční tunel směřuje prakticky v úrovni slavného železničního vrcholového tunelu z Göschenen (S) do Airolo (J); na rozdíl od něj je však trasován půdorysně v oblouku, vyklenu-tém k Z. Je proto delší – měří celkem 16 918 m (z toho ražených 16 322 m). Stavba byla zahájena 5. 5. 1970 a 5. 9. 1980 byl tunel otevřen běžnému provozu. Původně byl zamýšlen oddělený tubus pro každý jízdní směr. Dokončen byl však jen jeden obousměrný tunel, podél kterého vede úniková cesta. Dne 24. 10. 2001, po srážce dvou kamionů, zahynulo při požáru 11 lidí. V důsledku nehod je doprava podmíněna příkázanou vzdáleností 150 m mezi jednotlivými projíždějícími vozidly. U každého ústí tunelu je ve dne v noci připraven tým čtyř profesionálních hasičů. V roce 2012



Obr. 2 Semmering. Weizettelwandtunnel s hotelem Jižní dráhy (v nadmořské výšce 1 000 m) 1918–19 Kunstverlag S. Frank, Graz [sbírka autorů]
Pohlednice byla vytvořena podle nepříliš zdařilých malířských manýrů. Vyobrazen je severní (zděný) portál tunelu.

Fig. 2 Semmering. Weizettelwand tunnel with the Southern Railway's hotel (at the altitude of 1000m a.s.l.) 1918–19 Kunstverlag S. Frank, Graz [authors' collection]
The postcard was created according to a not very successful mannerism-style painting. The western (masonry-lined) tunnel portal is depicted on it.



Obr. 3 St. Gotthard – Tunel u Göschenen. ?? Wanderer-Serie No. 7/5. St. Gotthardbahn [sbírka autorů]

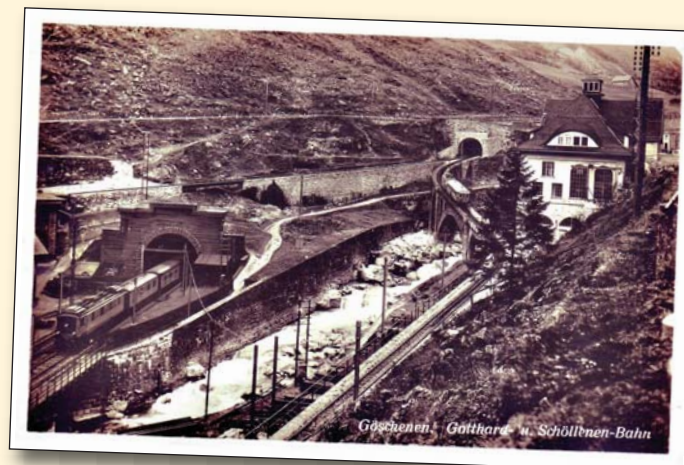
Dynamicky působící pohlednice s parní lokomotivou vyjíždějící ze severního portálu tunelu byla vytvořena podle kresby. Stáří pohlednice lze odhadnout na konec IX. či počátek XX. stol.

Fig. 3 St. Gotthard – Tunnel near Göschenen. ?? Wanderer-Series No. 7/5. St. Gotthardbahn [authors' collection]

This dynamically acting postcard with a steam engine emerging from the northern tunnel portal was created according to a drawing. The age of the postcard can be guessed to be the end of the 19th or the beginning of the 20th century.

rozhodla švýcarská vláda dostavět druhou rouru s předpokladem otevření nejdříve v roce 2027 – obr. 5 [4, 6, upraveno].

Schöllenenická dráha je jednou z krátkých švýcarských ozubnicových železnic (kanton Uri). Je spojkou mezi tratěmi Furka Oberalp Bahn z městečka Andermatt do Göschenen, s přestupem na železnici SBB. Trať s rozchodem 1 000 mm, s použitím Abtovy ozubnice a max. sklonem 179 ‰ byla dokončena za aktivní účasti švýcarské armády a otevřena v roce 1917. Pro ochranu tratě před sněhem je téměř celá vedena sněhovými galeriemi. Je elektrifikována na střídavé napětí 11,5 kV – obr. 4 [7].



Obr. 4 Göschenen. Gotthardská a Schöllenenická dráha. Okolo roku 1920. 5081 Edition Photoglob, Zürich [sbírka autorů]

Fotopohlednice ukazuje značnou koncentraci komunikací a především železničních tratí v Göschenen. Vlevo se nachází portál vrcholového Gotthardského tunelu, vpravo nástupiště Schöllenenické dráhy s portálem úvodního tunel/galerie.

Fig. 4 Göschenen. The Gotthard and Schöllenen railway lines. About 1920. 5081 Edition Photoglob, Zürich [authors' collection]

The photo postcard shows the significant concentration of roads and, mainly, railway lines in Göschenen. The Gotthard summit tunnel portal is pictured left; the Schöllenen railway line platform with the portal of the initial tunnel/gallery is pictured right.

3. SIMPLONSKÝ TUNEL

Z levnější varianty kratšího vrcholového tunelu (s budováním ramp) a dražší varianty bázevého tunelu byla zvolena varianta druhá. Staviteli tunelu byli Hermann Häustler a Hugo von Kager. Dne 22. 11. 1898 bylo zahájeno ražení na severní (švýcarské) straně, 21. 12. téhož roku pak na straně jižní (italské). Na jižní straně, kromě mohutných pramenů studené a teplé vody, komplikoval stavbu i mimořádný tlak nadloží. Projekt již v této době předpokládal, s ohledem na bezpečnost, stavbu dvou paralelních tunelů. V první etapě byl proražen pouze jeden tunel, otevřený k 1. 6. 1906, za



Obr. 5 St. Gotthard – Silniční tunel. Göschenen, Airolo, velín, silniční tunel. Po roce 1980. Rud. Suter AG, 8942 Oberrieden – Zürich, Nr. 1974 [sbírka autorů]

Moderní typ fotopohlednice se 4 sektory: Pohled na krajinu v okolí severního a jižního portálu tunelu. Velín se znakem kantonu Uri (severní portál). Znak kantonu Ticino a vnitřní část jižního portálu. Patrná je mimořádná koncentrace dopravních staveb, a to především na severu (v Göschenen). Jižní vyústění tunelu zde bohužel nezobrazuje předportálový krakorec ve tvaru charakteristických „vlaštovek“.

Fig. 5 St. Gotthard – road tunnel. Göschenen, Airolo, control centre, road tunnel. After 1980. Rud. Suter AG, 8942 Oberrieden – Zürich, No. 1974 [authors' collection]

A modern 4-sector photo postcard: A view of the landscape in the surroundings of the northern and southern tunnel portals. The control centre with the Uri canton emblem (northern portal). The Ticino canton emblem and the inner part of the southern portal. The exceptional concentration of transport-related structures, especially in the north (in Göschenen), is obvious. The southern end of the tunnel – the pre-portal structure in the form of characteristic “swallows”, is unfortunately not depicted here.

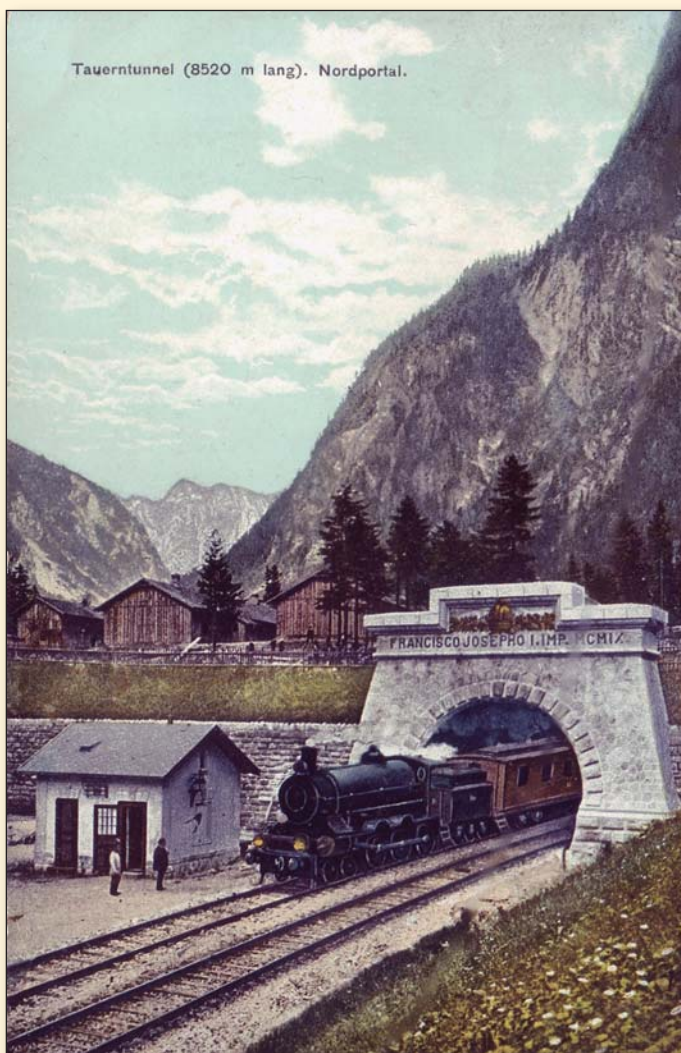


Obr. 6 Památka na slavnostní otevření tunelu Simplon 28.–31. května 1906. Započat 1. srpna 1898. Položení základního kamene 4. prosince 1898. Prorážka 23. února 1905. Dokončení stavby 23. února 1906. 1906. Dr. Trenkler Co., Leipzig Bob. 274 [sbírka autorů]

Krásná složená pohlednice na podkladním rastru horniny. Zobrazuje postupně: Italský král Viktor Emanuel III. Symbol/postava mýtické Helvétie. Nádraží v Brigu (Švýcarsko). Severní portál Tunelu Simplon I u Brigu (v údolí Rhône). Nádražní budova v Miláně (Itálie).

Fig. 6 Commemoration of the Simplon tunnel ceremonial inauguration on 28th – 31st May 1906. Commenced on 1st August 1898. Laying the cornerstone on 4th December 1898. Breakthrough on 23rd February 1905. Works completion on 23rd February 1906. 1906. Dr. Trenkler Co., Leipzig Bob. 274 [authors' collection]

A beautiful composite picture postcard with rock background. It depicts in sequence: Victor Emanuel III, the king of Italy, the symbol/character of mythic Helvetia. Railway station in Brig (Switzerland). The northern portal of the Simplon I tunnel near Brig (in the Rhone river valley). The railway station building in Milan (Italy).



Obr. 7 Tauerntunnel (8520 m dlouhý). Severní portál. 1914. Ferd. V. Kleinmayr, Klagenfurt. Nr. 626/2 [sbírka autorů]

Vrcholový a současně nejdelší tunel dráhy se nachází na traťovém úseku Schwarzach – St. Veit – Vilach Hbf. Je dvoukolejný a dnes je, vzhledem k úpravám trati, oproti údajům na pohlednici o něco kratší – měří 8 371 m. Kolorovaná fotografie zobrazuje nyní již snesený severní portál s dedikací císaři Františku Josefovi I. Za pozornost stojí, že pohlednice byla odeslána do Prahy pouhých 14 dnů před zahájením 1. světové války.

Fig. 7 Tauern tunnel (8520 m long). Northern portal. 1914. Ferd. V. Kleinmayr, Klagenfurt. Nr. 626/2 [authors' collection]

The summit tunnel, which is the longest tunnel on the railway line, is located on the Schwarzach – St. Veit – Vilach Hbf track section. It is a double-track structure. Today it is slightly shorter in comparison with the data on the postcard with respect to modifications of the alignment – it is 8371m long. The coloured photo depicts the today already dismantled northern portal with a dedication to Emperor Franz Joseph I. Worth noting is the fact that the postcard was sent to Prague a mere 14 days before the beginning of World War I.

účasti italského krále Viktora Emanuela III. a prezidenta švýcarské Národní rady Ludwiga Forrera. Druhý tunel byl dokončen v roce 1922. Oba tunely prošly v letech 1985–2003 rozsáhlými úpravami – obr. 6 [4, 8, upraveno].

4. TAUERNSKÁ DRÁHA

Tauernbahn označuje železniční trať mezi Schwarzach – St. Veit ve spolkové zemi Salzburg a Spittal a. d. Drau v Korutanech. Jde o klasickou horskou dráhu, překonávající hřeben Vysokých Taur na délce 79 km, s maximálním stoupáním 25 ‰ a vrcholovým tunelem dlouhým (nyní) 8 370 m. Stavba zahájila roku 1901 a v roce 1909 bylo dosaženo cíle – spojení s jadranskými přístavy s napojením na Karawankenbahn do Terstu. Elektrifikace proběhla v letech 1933–1935. Od roku 1969 byly postupně a rozsáhle rekonstruovány sekce této železnice pro provoz na dvou kolejích, vyšší dopravní



Obr. 8 Tauernská dráha. Falkensteiner tunel se zříceninou Horního Falkensteinu. 1910–11. 750-9 Kunstverlag S. Frank, Graz [sbírka autorů]

Kolorovaná fotografie zachycuje část dráhy, která byla opuštěna během modernizace původního traťového úseku Schwarzach – St. Veit – Vilach Hbf. Jednokolejný tunel délky pouhých 67 m byl uzavřen 13. 7. 1974. Na pohlednici je zachycen jeho západní portál s malebným nádražíčkem.

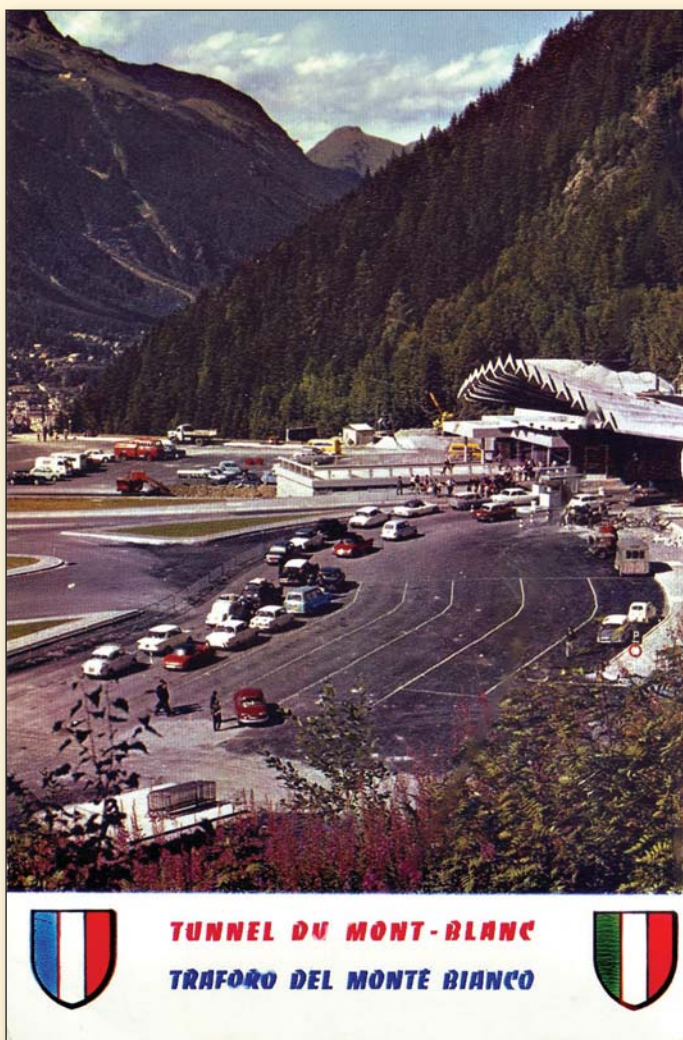
Fig. 8 Tauern railway. The Falkensteiner tunnel with ruins of the Oberfalkenstein castle. 1910–11. 750-9 Kunstverlag S. Frank, Graz [authors' collection]

The coloured photo captures a part of the railway track which was abandoned during the course of the modernisation of the original Schwarzach – St. Veit – Vilach Hbf track section. The only 67m long, single-track tunnel was closed on 13/07/1974. The postcard shows its western portal with a picturesque little station.

zatížení i vyšší traťovou rychlost, a to včetně zřízení několika zcela nových úseků – obr 7 a 8 [2, 9, upraveno].

5. TUNEL MONT BLANC

Dálniční tunel pod horou Mont Blanc v Alpách spojuje Chamonix v Haute-Savoie ve Francii a Courmayeur ve Valle d'Aosta v Itálii. Leží na evropské trase E25 a Itálie přes něj realizuje až 1/3 své nákladní silniční dopravy do severní Evropy. Dne 30. 5. 1959 byly oficiálně zahájeny razičské práce, 4. 8. 1962 byl tunel proražen a 16. 7. 1965 slavnostně otevřen prezidenty Francie (Charles de Gaulle) a Itálie (Giuseppe Saragat). Tunel je dl. 11,611 km, je jednorourový, obousměrný. Až do roku 1978 byl zdaleka nejdelším silničním tunelem světa; nyní je 5. nejdelším. Dne 24. 3. 1999 došlo v tunelu k požáru nákladního kamionu, při kterém zahynulo 39 osob. Tunel byl tři roky uzavřen, došlo



Obr. 9 Tunel Mont Blanc. 502 – CHAMONIX – MONT BLANC. Tunel Mont Blanc. Propojení Chamonix – Mont Blanc (Francie) na Entrèves-Courmayeur (Itálie). Nejdelší tunel na světě. Délka tunelu: 11 km, 600. Šířka: 2 pruhy 3 m, 50. Výška klenby: 6 m. Doprava řízena radary. Vstupní plocha a portál na straně Francie. Pohled na Chamonix a La Flégère. 2. polovina 60. let XX. stol. (67) Compagnie des Arts Photomécaniques. 44, rue Letellier, Paris-15 [sbírka autorů] Severní portál. Dvojjazyčné pojmenování tunelu s francouzskou a italskou tricolórou.

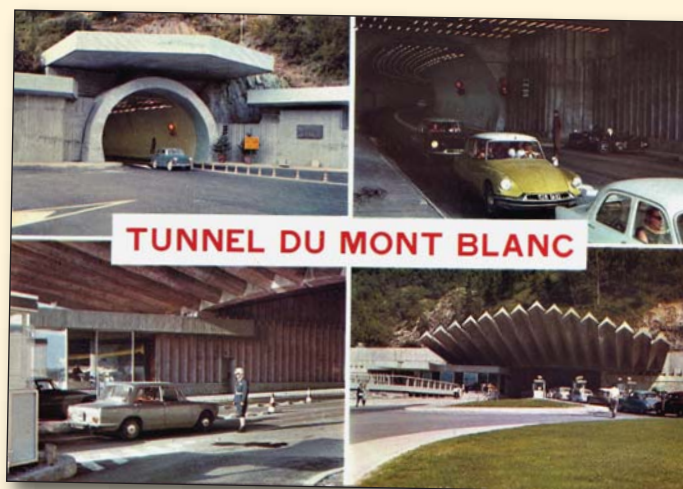
Fig. 9 The Mont Blanc tunnel. 502 – CHAMONIX – MONT BLANC. The Mont Blanc tunnel. Chamonix – Mont Blanc (France) to Entrèves-Courmayeur (Italy). World's longest tunnel. Tunnel length: 11.600 km. Width: 2 3.50m wide lanes. Vault height: 6 m. Radar controlled traffic. Entrance area and portal on French side. View of Chamonix a La Flégère. 2nd half of the 1960s (67) Compagnie des Arts Photomécaniques. 44, rue Letellier, Paris-15 [authors' collection]

Northern portal. Bilingual tunnel name with French and Italian tricolours.

k rozsáhlé rekonstrukci a zásadní reorganizaci záchranných složek. Plány na rozšíření o 2. tunelovou rouru dlouhodobě narážejí na nedostatek financí a odpor místních obyvatel – obr. 9 a 10 [10, upraveno].

6. LÖTSCHBERG – BÁZOVÝ TUNEL

Nový železniční bážový tunel na 2. Alpské železniční transversále. Stavba bážového tunelu byla zahájena 5. 7. 1999, prorážka (1. tubusu) 28. 4. 2005 a uvedení do provozu 9. 12. 2007. Délka se udává 34,577 km (často jen 34,6 km). Dnes jde o 3. nejdelší tunel světa. Je dvoutroubový, po jedné koleji, kompletní je však jen východní tubus. Západní je vyražen ze 3/4 a jen částečně vybaven kolejemi a je 21 km dlouhý. Důvodem omezení byla finanční situace při zahájení stavby Gotthardského bážového tunelu. Celková délka všech částí tunelu (tratěvé tunely, multifunkční zastávka, tunelové propojky, přístupové a únikové tunely etc.) se udává 91,8 km – obr. 11 a 12 [11, upraveno].



Obr. 10 Tunel Mont Blanc, 16.432 CHAMONIX-Mt. BLANC (Hte Savoie) NEJDELŠÍ SILNIČNÍ TUNEL NA SVĚTĚ POD NEJVYŠŠÍ HOROU EVROPY. Celková délka: 11 km. 600. Nadmořská výška na straně Francie: 1274 metrů. Nadmořská výška na straně Itálie: 1381 metrů. 2. polovina 60. let XX. stol. Société Editions de France 2, rue Clapier, Marseille [sbírka autorů] Složená pohlednice. V 1. poli je původní portál na italské straně (rekonstrukcí byl změněn). V 2. poli vyjíždějí vozidla z tunelu na francouzské straně. Ve 3. a 4. poli je vidět prostor pod zastřešením, resp. charakteristické zastřešení portálu francouzského vjezdu.

Fig. 10 The Mont Blanc tunnel, 16.432 CHAMONIX-Mt. BLANC (Hte Savoie) WORLD'S LONGEST ROAD TUNNEL UNDER EUROPE'S HIGHEST MOUNTAIN. Aggregated length: 11.600 km. Altitude on French side: 1274 metres. Altitude on Italian side: 1381 metres. 2nd half of the 1960s. Société Editions de France 2, rue Clapier, Marseille [authors' collection]

Composite picture postcard. The original portal on the Italian side (changed by reconstruction) is shown in the 1st sector. Vehicles emerging from the tunnel on the French side are shown in the 2nd sector. The space under the pre-portal canopy and the characteristic canopy over the French entrance.

7. MARTINSWAND TUNEL

Martinswand – Tunnel 2 (v síti ÖBB jsou 2 tunely stejného názvu) se nachází na Karwendelské dráze (nazývané též Mittenwaldská). Ta spojuje Innsbruck (Tirol, A) s Mittenwald a Ga-Pa (Bavorsko, D). Byla postavena Josefem Riehlem a Wilhelmem Carlem von Dodererem jako elektrická lokální dráha v letech 1910–1912. Martinswand – Tunnel 2 překonává výraznou vápencovou stěnu stejného jména, výšky cca 1 200 m nad řekou Inn. Podle legendy do této stěny vystoupil roku 1484 při lovu kamzíků císař Maxmilián I., nemohl najít cestu dolů a dočasné útočiště našel



Obr. 11 NEAT Lötschberský bážový tunel. 2007. BLS AG [sbírka autorů] Krásné moderní portály vyúsťující na jižní straně Lötschberského masivu u Raronu na most přes řeku Rhônu. Ze zobrazeného úhlu pohledu se jeví konstrukce až kubisticky.

Fig. 11 The NEAT Lötschberg base tunnel. 2007. BLS AG [authors' collection] Beautiful modern portals on the southern side of the Lötschberg massif near Raron, linking a bridge over the Rhône. From the depicted angle of view, the structure even appears to be in cubist style.



Obr. 12 NEAT Lötschberský bázový tunel. 2007. BLS AG [sbírka autorů]
Moderní fotopohlednice potvrzující, že i prostý pohled do prostoru železničního tunelu může působit velmi dynamicky.

Fig. 12 The NEAT Lötschberg base tunnel. 2007. BLS AG [authors' collection]
A modern photo postcard confirming that even a simple view into the space of a railway tunnel may give a very dynamic impression.

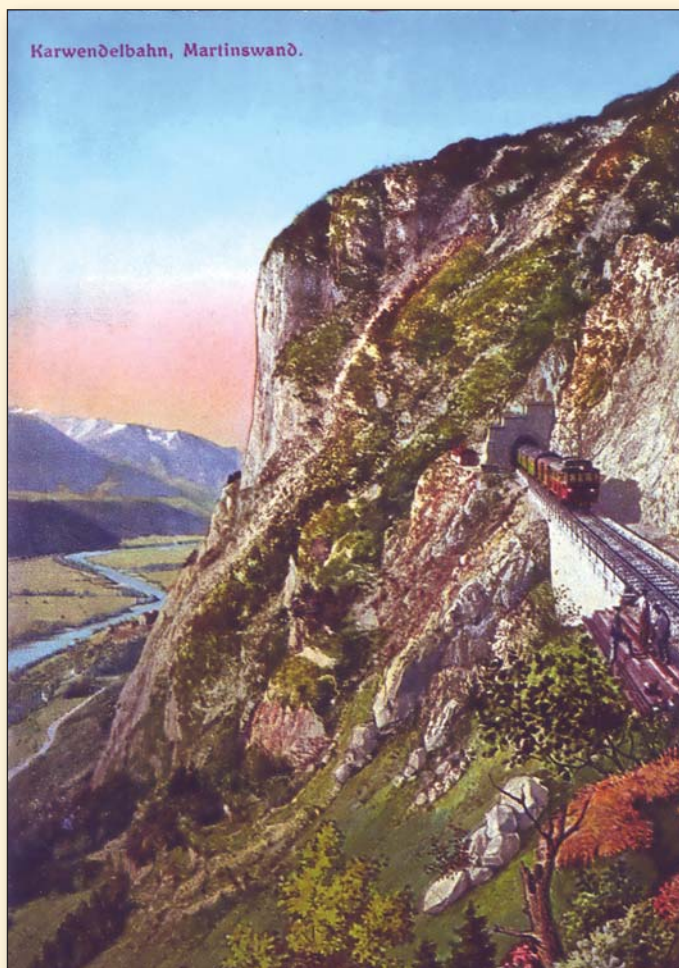
v polojeskyni v západní části stěny, která dodnes nese jeho jméno. Ze stěny jej měl vysvobodit anděl, který na sebe vzal podobu selského chlapce... Stěna je významnou turistickou a lezeckou dominantou – obr. 13 [2, 12, upraveno].

ZÁVĚR

Príspevek prezentuje jen zlomek existujících pohlednic s tunely v Alpách. Uvedeny jsou jen ty nejznámější či nejzajímavější ze sbírek autorů článku. Potěšitelné je bezesporu také to, že pohlednice s tunely jsou vydávány i v současnosti a stále nacházejí své příznivce.

**doc. Ing. VLADISLAV HORÁK, CSc.,
Ing. RICHARD SVOBODA, Ph.D.**

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.



Obr. 13 Karwendelská dráha, Martinova stěna. 1920? F 4053. Karl Redlich, Innsbruck, Meranestr. 6 [sbírka autorů]

Kolorovaná fotografie. Jihovýchodní portál tunelu Martinswand – 2 se zděnou, charakteristicky stupňovitou portálovou deskou. Tunel je jednokolejný, dl. 1 810,23 m. Nachází se na traťovém úseku Innsbruck Westbf – Scharnitz. Dominantou pohlednice je mohutná vápencová stěna. Vlevo je řeka Inn a její údolí.

Fig. 13 The Karwendel railway, Martin's Wall. 1920? F 4053. Karl Redlich, Innsbruck, Meranestr. 6 [authors' collection]

A coloured photo. The south-eastern portal of the Martinswand – 2 tunnel with a characteristically stepped masonry portal wall. The single-track tunnel is 1810.23m long. It is located on the Innsbruck Westbf – Scharnitz track section. A monumental limestone wall dominates the postcard. The Inn River and its valley are on the left side.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] PACOVSKÝ, J. Lidé, vlaky, koleje. 1. vyd. Praha: Panorama, 1982, 216 s.
- [2] Rakouské železniční tunely [online]. 2014 [cit. 2014-09-17]. Dostupné na internetu <http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Tunneln_in_%C3%96sterreich>
- [3] Horská dráha Semmering [online]. 2014 [cit. 2014-07-29]. Dostupné na internetu <<http://cs.advisor.travel/poi/Horska-draha-Semmering-3187>>
- [4] KOVÁRI, K., FECHTIG, R. Historical Tunnels in the Swiss Alps. 1. vyd. Zürich: Gesellschaft für Ingenieurbaukunst, 2000, 128 s.
- [5] Gotthardský železniční tunel [online]. 2014 [cit. 2014-09-17]. Dostupné na internetu <http://en.wikipedia.org/wiki/Gotthard_Tunnel>
- [6] Gotthardský silniční tunel [online]. 2014 [cit. 2014-09-17]. Dostupné na internetu <http://en.wikipedia.org/wiki/Gotthard_Road_Tunnel>
- [7] Schöllenská dráha [online]. 2014 [cit. 2014-09-17]. Dostupné na internetu <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Sch%C3%B6llenenbahn>>
- [8] Simplonský tunel [online]. 2014 [cit. 2014-09-17]. Dostupné na internetu <http://cs.wikipedia.org/wiki/Simplonsk%C3%BD_tunel>
- [9] Tauernská dráha [online]. 2014 [cit. 2014-09-17]. Dostupné na internetu <http://en.wikipedia.org/wiki/Tauern_Railway>
- [10] Tunel Mont Blanc [online]. [cit. 2014-09-17]. Dostupné na internetu <http://cs.wikipedia.org/wiki/Montblanc%C3%BD_tunel>
- [11] Tunel Lötschberg [online]. [cit. 2014-09-17]. Dostupné na internetu <http://cs.wikipedia.org/wiki/L%C3%B6tschbergsk%C3%BD_%C3%BApatn%C3%AD_tunel>
- [12] Tunel Martinswand 2 [online]. [cit. 2014-09-17]. Dostupné na internetu <<http://de.wikipedia.org/wiki/Martinswand>>

ZPRAVODAJSTVÍ ČESKÉ A SLOVENSKÉ TUNELÁŘSKÉ ASOCIACE ITA-AITES CZECH AND SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORT

www.ita-aites.cz

ODBORNÝ ZÁJEZD CZTA ITA-AITES ITA-AITES CZTA TECHNICAL EXCURSION

The ITA-AITES Czech Tunnelling Association organised the traditional technical excursion even this year. Its programme was focused on excursions to important underground construction projects abroad. The excursion was held from 22nd through to 25th October 2014. Germany was this time its target. It was attended by 30 underground construction professionals, who had the opportunity to visit the underground tram and fast train network construction site in Karlsruhe and the Alter Kaiser Wilhelm railway tunnel under reconstruction.

Česká tunelářská asociace ITA-AITES uspořádala i letos tradiční odborný zájezd, jehož náplň tvořily exkurze na významné podzemní stavby v zahraničí. Uskutečnil se od 22. do 25. října 2014, jeho cílem bylo tentokrát Německo. Zúčastnilo se jej 30 odborníků na podzemní stavby, kteří měli možnost navštívit stavbu podzemní tramvaje v Karlsruhe a rekonstruovaný železniční tunel Alter Kaiser Wilhelm (AKWT).

První exkurze se konala ve čtvrtek 23. října na stavbu podzemní tramvaje v Karlsruhe. Zahájena byla v informačním centru celého projektu na náměstí Ettlinger Tor, kde zástupce investora – společnosti KASIG podal základní informace o celé stavbě, která má po svém dokončení zajistit zklidnění centra města převedením tramvajové a části automobilové dopravy pod povrch.

Budovaná část trasy má tvar „T“, je dlouhá celkem 4,6 kilometru, z toho necelé čtyři kilometry představuje ražený tunel, zbytek tvoří tři úseky trati v zářezu a krátký hloubený tunel. Celkem vznikne sedm hloubených podzemních stanic. Po přednášce již pracovníci společnosti BeMo provedli účastníky po centru Karlsruhe a ukázali jim nejzajímavější části projektu. Prohlídka začala na náměstí Ettlinger Tor, pokračovala na Marktplatz, kde bude trasa tvořit tvar „T“. Účastníci měli možnost vidět právě probíhající inžektáže zeminového prostředí, provádění monolitických podzemních stěn a hloubení stavební jámy včetně zajištění památníku hrobky zakladatele města nacházejícího se uprostřed stavební jámy.

Dále prohlídka pokračovala až k náměstí Durchlacher Tor, kde byl již ve startovací šachtě smontovaný bentonitový štít S869 firmy Herrenknecht, připravený na slavnostní roztočení. Vlastní tělo štítu má délku 9,9 m, celková délka i s návěsy je téměř 80 m. Průměr rezné hlavy je 9,3 m, celková váha 1300 t, výkon je 1210 kW. Zabudováno bude 6000 tubingů o vnějším průměru 9 m a vnitřním průměru 8,3 m. Délka tubingů je 2 m, váha 9 t, celý prstenec bude složen ze šesti segmentů, jeho váha bude celkem 54 t.

Z hlediska použité technologie výstavby je velmi zajímavý úsek dl. 250 m pod ulicí Karl-Friedrich-Strasse mezi náměstím Marktplatz a Ettlinger Tor. Zde bude použita Nová rakouská tunelovací metoda, ale vzhledem k vysoké hladině podzemní vody bude ražba probíhat pod přetlakem vzduchu. Nadloží i profil vlastního tunelu bude navíc tlakově proinjektován. Další informace o projektu lze vyhledat na webových stránkách <http://www.diekomobiloesung.de>.

Druhá exkurze se konala v pátek 24. října v Cochemu, kde v současnosti probíhá rekonstrukce železničního tunelu AKWT. Tento tunel se začal budovat v roce 1874, první vlak projel v roce 1878. Tunel má velmi zajímavou historii. Kvůli parnímu provozu a zejména zvyšující se dopravní

zátěži měl problémy s větráním, které byly plně vyřešeny až instalací systému deseti velmi výkonných turbín Siemens-Bentz. Parní provoz byl ukončen v roce 1973. V roce 2014 byl dokončen nový tubus AKWT, teprve pak mohla započít rekonstrukce původní tunelové trouby.

Přestavbu AKWT provádí společnost Subterra a. s. Její pracovníci poskytli účastníkům mnoho zajímavých údajů a také jim umožnili prohlídku rekonstruovaného tunelu nejen u portálu v Cochemu, ale i na druhé straně u obce Edinger-Eller. Na cochemské straně probíhala inžektáž stávajícího ostění, které bude posléze profilováno na potřebný tvar. Zatímco vždy polovina účastníků poslouchala přednášku o probíhající rekonstrukci, další skupinka si mohla projít rekonstruovaný tunel k první propojce a sledovat probíhající inžektáž přístropí. Potom byli účastníci dovezeni k Ellerskému portálu, kde byl odtěžován šterk kontaminovaný dlouhým parním provozem. Zajímavé je, že předpisy platné v Německu nedovolují užití písku k otryskávání povrchů kvůli nebezpečí vzniku silikózy. Místo toho je aplikován speciální materiál, kterého je však až čtyřnásobně větší spotřeba. Tento materiál je již také po použití považován za kontaminovaný a s jako takovým je nutno dále nakládat. Velmi rozsáhlé informace z historie i současnosti AKWT jsou dostupné na webových stránkách <http://www.nkwt.de>.

Zájemci si mohli ve zbylém čase prohlédnout malebné městečko Cochem ležící na břehu řeky Mosely. Jeho výraznou dominantou je rozlehlý hrad vystavěný na jedné z vyvýšenin tyčících se nad Moselou.

Velký dík za zajištění prohlídek patří Ing. Robertu Dostálovi z Metrostavu a.s. za exkurzi v Karlsruhe a Ing. Janu Vinterovi ze Subterry a.s. za exkurzi v Cochemu.

Ing. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D., pruskova@ita-aites.cz,
CZTA ITA-AITES



Obr. 1 Účastníci odborného zájezdu před Ellerským portálem AKWT
Fig. 1 Attendees to the technical excursion in front of the Eller portal of the AKWT

ZPĚTNÁ ANALÝZA MĚLCE ZALOŽENÝCH TUNELOVÝCH KONSTRUKCÍ

Práce autorů Ing. A. Zapletala, DrSc. a Ing. Tomáše Louženského, která je k dispozici na webu CZTA, se věnuje deterministickým matematickým geotechnickým modelům. Dokazuje se v ní cestou geometrické interpretace, že zpětnou analýzou nelze nalézt skutečné parametry horninového prostředí. Stojí tomu v cestě nepřekonatelná bariéra, tvořená instrumentálními překážkami.

První instrumentální překážkou je nepřesnost odečtu deformací in-situ. Druhou a podstatnější je skutečnost, že počítač „myslí“ jinak než příroda. A tak, když je počítač konfrontován s měřeními in-situ, vyvodí z toho své závěry odlišné od přírodních. Má problém s přiřazením všech pořízených měření jedinému horninovému prostředí a nenalézá ho.

Práce dále upozorňuje na to, že běžný postup, používaný ve zpětné analýze, je chybný. Práce zavádí jiný postup, odstraňující teoretické námitky vůči postupu běžnému. Ten ale je kvůli „rozdílnému myšlení přírody a počítače“ rovněž zavádějící, někdy kolabující.

Za této dosti choulostivé situace, kdy původní představy o možnostech zpětné analýzy jsou bořeny, nabízí práce rozumné východisko.

Zpětná analýza je živou disciplínou. O jejích moderních trendech se dočteme v příspěvku doc. Prušky *Zpětná analýza při návrhu tunelů* ve sborníku konference Zakládání staveb Brno 2014. Konference se konala ve dnech 2.–3. 11. 2014.

Ing. ALEŠ ZAPLETAL, DrSc.



13. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE / 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE

PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2016 / UNDERGROUND CONSTRUCTION PRAGUE 2016

3. VÝCHODOEVROPSKÁ TUNELÁŘSKÁ KONFERENCE / 3RD EASTERN EUROPEAN TUNELLING CONFERENCE

EETC 2016

23.–25. KVĚTNA 2016 | PRAHA, ČESKÁ REPUBLIKA / 23–25 MAY 2016 | PRAGUE, CZECH REPUBLIC



www.ps2016.cz
ps2016@guarant.cz



TUNELY A PODZEMNÉ STAVBY 2015

11.–13. 11. 2015 | hotel Holiday Inn, Žilina

www.tps2015.sk | tps2015@guarant.sk



KONFERENCE PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2016 UNDERGROUND CONSTRUCTION PRAGUE 2016 CONFERENCE

S ohledem na posun termínu konání světového tunelářského kongresu, který se uskuteční ve dnech 22.–28. 4. 2016 v San Francisku, došlo k posunu termínu konání konference na **23.–25. 5. 2016**. Místo konání a schéma konference zůstávají beze změny. Společně s PS Praha 2016 proběhne i 3. ročník Východoevropské tunelářské konference (EETC 2016). Více informací naleznete na webových stránkách konference www.psp Praha.cz.

EXKURZE CZTA

EXKURZE NA STAVBU PRODLOUŽENÍ METRA V.A

Dne 18. září 2014 se konala exkurze CzTA na prodloužení metra V.A v Praze. Exkurzi pro asociaci připravil Ing. Junek ze společnosti Metrostav a.s. Protože o exkurzi byl veliký zájem, stavbu nakonec navštívily dvě skupiny zájemců, celkem téměř 40 lidí.

Na začátku exkurze dostali všichni zájemci základní informace o současném stavu stavby. Potom přešli na staveniště stanice Nádraží Veleslavín, kde v té době probíhaly dokončovací práce, montáž obkladů, pokládání dlažby apod. Traťovým tunelem prošli do stanice Červený Vrch, která byla v podobném stupni zpracovanosti. Návštěvu podzemních prostor ukončili výstupem po schodišti pod budoucími eskalátory. Po návratu na zařízení staveniště E2 na Evropské ještě zbyl časový prostor pro zodpovězení dalších otázek, na které odpovídali pracovníci Metrostavu a.s. Ing. Petr Hybský a Ing. Marián Chotár.

EXKURZE DO TUNELOVÉHO KOMPLEXU BLANKA

V pondělí 22. září 2014 se uskutečnila druhá exkurze, které se zúčastnilo přes 50 lidí. Její organizaci zajistil Ing. Luboš Rys ze společnosti Metrostav a.s. Zájemci se setkali na zařízení staveniště na Malovance, potom přešli k začátku Tunelového komplexu Blanka

Taking into consideration the shift in the date of the World Tunnel Congress, which will be held on 22nd through to 28th April 2016 in San Francisco, the date of the Conference was shifted to **23rd – 25th May 2016**. The conference venue and scheme remain unchanged. The UC Prague 2016 will be held jointly with the 3rd Eastern European Tunnelling Conference (the EETC 2016). For more information visit the conference web pages www.psp Praha.cz.

(TKB), kde na ně již čekal turistický vláček. Jím byli dopraveni ke strojovně vzduchotechniky, kde jim podal podrobný výklad Ing. Padevět z Metrostavu a.s. za stavení část a Ing. Oldřich Bártl z ČKD DIZ a. s. za technologickou část. Kdo navštívil strojovnu vzduchotechniky v době těsně po jejím vyrazení, měl možnost porovnat, co vše se za tu dobu vybudovalo. Teprve když návštěvník má možnost vidět i nevěřejné prostory TKB, pochopí rozsah prací, které zde byly provedeny.

Další cesta vláčku směřovala na trojskou stranu, kde si návštěvníci mohli prohlédnout právě dokončovaný Trojský most, jen několik dní před jeho uvedením do provozu. Ing. Petr Koukolík z divize 5 z Metrostavu a.s. ochotně zodpověděl mnoho otázek jednotlivých účastníků, protože bohužel stále nejsou některá fakta o konstrukci mostu dostatečně rozšířena mezi veřejností.

Kdo měl zájem, mohl si ještě jednou vychutnat jízdu vláčkem, který se vracel opět na Malovanku, protože lze předpokládat, že takové dopravní prostředky nebudou tvořit časté uživatele TKB v běžném provozu.

Ing. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,
pruskova@ita-aites.cz, CzTA ITA-AITES

VYDÁNÍ UŽIVATELSKÉ PŘÍRUČKY PRO MECHANIZOVANÉ TUNELOVÁNÍ V PODMÍNKÁCH ČR



V červenci 2011 byla založena při České tunelářské asociaci Pracovní skupina pro mechanizované tunelování. Nová pracovní skupina vznikla v souvislosti s nasazením moderních tunelovacích strojů na stavbě prodloužení trasy V.A pražského metra a také vzhledem k perspektivní možnosti nasazení strojů TBM nebo štítů na připravovaných stavbách v České republice.

Jedním z hlavních úkolů skupiny se tak i z logiky věci stalo zpracování dokumentu, který by zachytil a popsal obsah a možnosti plynoucí ze vztahu celosvětově se prudce rozvíjející technologie mechanizovaného tunelování a možností jejího uplatnění v České republice.

Práce na příručce si vyžádala velké množství času a energie všech autorů a to i proto, že výzva tématu byla velmi motivující a nasazení zpracovatelského týmu tomu tedy i odpovídající.

Nakonec se vše podařilo a tak na začátku července 2014 vyšel v edici Dokumenty CzTA ITA-AITES nový, v pořadí již sedmý svazek s názvem *Uživatelská příručka pro mechanizované tunelování v podmínkách ČR*, která je dnes pro zájemce k dostání zdarma až do vyčerpání zásob v sekretariátu CzTA.

Na závěr je nutné poděkovat autorskému kolektivu ve složení prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D., Ing. Karel Franczyk, Ph.D., Ing. Michal Gramblička, Ing. Otakar Hasík, Mgr. David Hruška, Ing. Pavel Polák, Ing. Karel Rössler, Ph.D., Ing. Filip Schiffauer, Ing. Bohuslav Stečinský, Ing. Boris Šebesta, Dr. Ing. Petr Vítek a Ing. Zdeněk Žižka za dobře odvedené dílo a skvělou spolupráci.

Ing. BORIS ŠEBESTA, boris.sebesta@metrostav.cz,
vedoucí pracovní skupiny pro mechanizované tunelování

Vážení čtenáři,

omlouváme se v za chybu v popisu obrázků 4 a 6 v článku Ing. J. Rotta, Ph.D. *Homogenizace a modifikace složeného ocelobetonového ostění s časovým nárůstem modulu pružnosti stříkaného betonu* v čísle 3/2014 našeho časopisu. U obr. 4 má správně být *Vývoj modulu pružnosti homogenizačního ostění v čase zrání starší vrstvy SB pro 2 vrstvy stříkaného betonu SB 20, $E_f = 18$ GPA a ocelový profil HEB 240* a u obr. 6 *Vývoj modifikované výšky homogenizovaného ostění v čase zrání starší vrstvy SB 20, $E_f = 18$ GPA*. Děkujeme za pochopení. Redakce časopisu.

Dear readers,

let us apologise for an error in the description of Figures 4 and 6 in the paper by Ing. Rott, Ph.D. *Development of the modified thickness of the homogenised lining during the time of curing of the older SC layer, SC 20, $E_f = 18$ GPa* published in TUNEL issue No. 3/2014. The correct text under Fig. 4 is *"The development of the modulus of elasticity of the homogenised lining during the course of the aging of the older SC layer for 2 layers of SC 20, $E_f = 18$ GPa shotcrete and a HEB 240 steel profile* and the correct text under Fig. 6 is to be *The development of the modified thickness of the homogenised lining during the course of the aging of the older SC 20, $E_f = 18$ GPa shotcrete layer*. Thank you for your understanding. Editors of the journal.



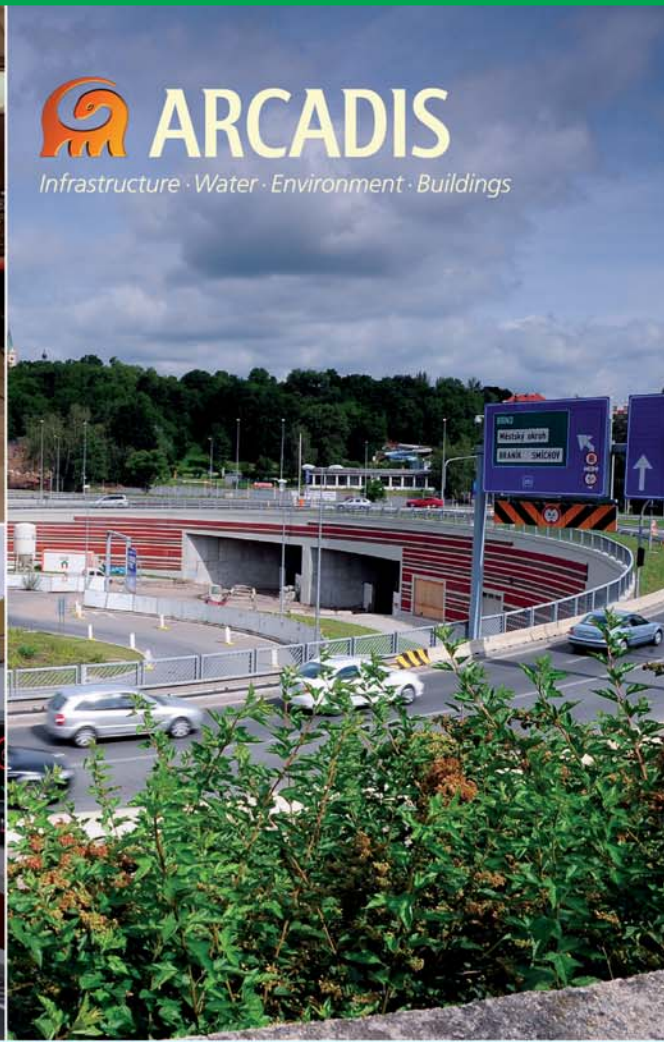
Stavíme pro vás metro

Specializace na ražené i hloubené podzemní stavby je naší nosnou technologií. Disponujeme týmem zkušených techniků a máme potřebné výrobní kapacity umožňující optimalizaci vašich projektů podle posledních technologických poznatků. Své zkušenosti jsme upevnili a rozšířili na řadě významných a technicky náročných tunelových projektů, mezi které patří i realizace stanic Nemocnice Motol a Bořislavka a části traťových tunelů v rámci projektu prodloužení trasy metra V.A v Praze.

HOCHTIEF CZ a. s.
Plzeňská 16/3217
150 00 Praha 5
tel.: +420 257 406 000
www.hochtief.cz

Z vizí tvoříme hodnoty





ARCADIS

Infrastructure · Water · Environment · Buildings

ARCADIS CZ a.s., divize Geotechnika
nabízí investorům, projektantům, zhotovitelům

Komplexní řešení geotechnických problémů

- inženýrskogeologické, stavební a geotechnické průzkumy
- numerické modelování a stabilitní výpočty
- projektování, řízení a realizace geotechnických staveb
- odborné geotechnické konzultace, supervize a stavební dozor
- geotechnický monitoring a řízení rizik
- laboratorní a terénní zkoušky

www.arcadis.cz

Pro přesné zaměření skutečného stavu nabízí
ARCADIS CZ a.s., divize Geotechnika využití
nejmodernějšího laserového skeneru v ČR,
Leica ScanStation P20

