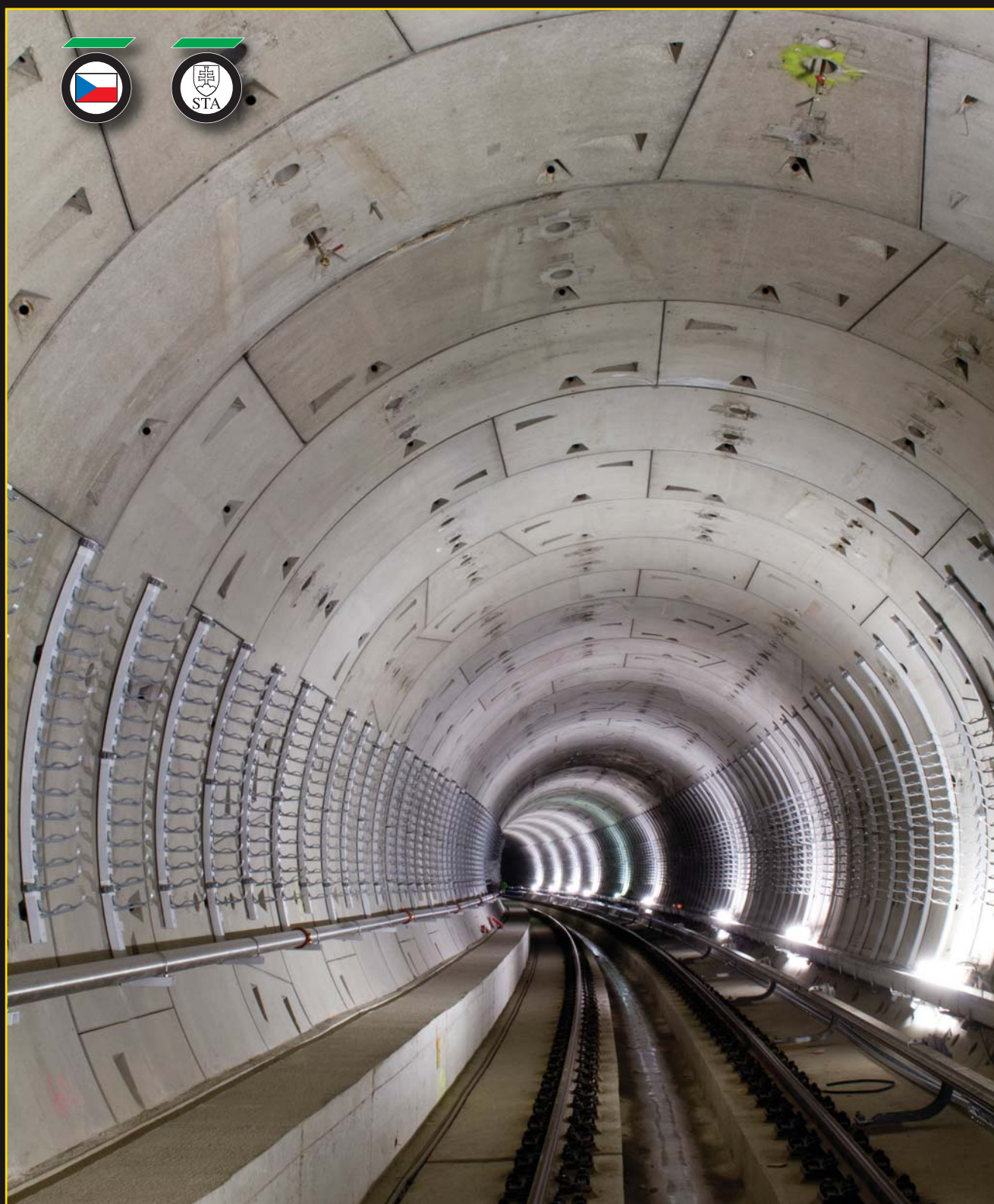


Tu nel

č. 2
2014

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



SPRÁVA ÚLOŽIŠŤ RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ

Správa úložišť radioaktivních odpadů byla zřízena k 1. 6. 1997 Ministerstvem průmyslu a obchodu jako státní organizace na základě atomového zákona (č. 18/1997 Sb.). Mezi nejdůležitější činnosti patří bezpečné ukládání všech radioaktivních odpadů, provoz úložišť nízko a středněaktivních odpadů a příprava hlubinného úložiště v ČR.

Veškeré aktivity týkající se radioaktivních odpadů se financují z jaderného účtu.

SÚRAO také vede evidenci převzatých radioaktivních odpadů a jejich původců, spravuje odvody původců radioaktivních odpadů na jaderný účet, zajišťuje a koordinuje výzkum a vývoj v oblasti nakládání s radioaktivními odpady.

Usilujeme o aktivní a vstřícnou spolupráci s původci radioaktivních odpadů, obcemi v místech našeho působení a veřejností.

Na bezpečný provoz úložišť dohlíží Státní úřad pro jadernou bezpečnost a Český báňský úřad. Třináctičlenná Rada SÚRAO kontroluje hospodárnost a účelnost vynakládaných prostředků.



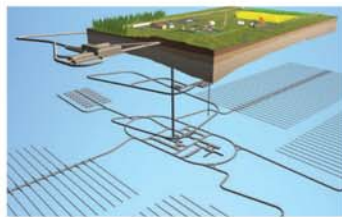
Úložiště institucionálních odpadů Richard u Litoměřic.



Úložiště Bratrství v Jáchymově, určené pro odpady obsahující přírodní radio nuklidy.



Úložiště radioaktivních odpadů z provozu jaderných elektráren v Dukovanech.



Vizualizace hlubinného úložiště.



● Úložiště ● Jaderné zařízení ▲ Mezi sklad vyhořelého paliva
 ■ Navržené průzkumné území

Od začátku roku 2000 zajišťuje SÚRAO provoz všech úložišť radioaktivních odpadů, tj. úložišť Dukovany, Richard u Litoměřic a Bratrství u Jáchymova.

KDE VZNIKAJÍ RADIOAKTIVNÍ ODPADY

Radioaktivní odpady vznikají ve zdravotnictví, při provozu jaderných elektráren, ve výzkumu a průmyslu. Jejich zneškodnění spočívá v úplné izolaci od biosféry po celou dobu, kdy mohou být pro člověka a životní prostředí nebezpečné. Tuto izolaci zajišťují v úložištích radioaktivních odpadů soustavy bariér.



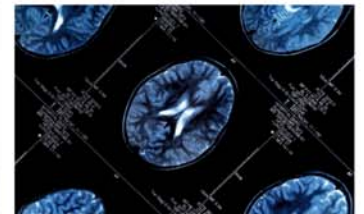
Leksellův Gama nůž je přístroj, který pomocí záření dokáže léčit zejména nádorová onemocnění v oblasti hlavy přesným zacílením gama paprsků.



Pozitronová emisní tomografie (PET CT) je moderní lékařská metoda nukleární medicíny. Pet kamera umožňuje snímat záření z různých radionuklidů.



Manipulace s radiofarmaky. Nejčastěji se používá 18F a biogenní prvky (11C, 13N, 15O).



Výstupem vyšetření je kombinovaná informace o funkci i anatomii tkání a orgánů, což tuto metodu řadí mezi jednu z nejvytříženějších metod současné medicíny.



ÚJV Řež je vědecko-výzkumnou a inženýrskou společností se zaměřením na využití jaderných technologií (výroba radiofarmak, úprava radioaktivních odpadů a provoz výzkumného reaktoru).



Nízko a středněaktivní odpady vznikající při provozu z obou jaderných elektráren se ukládají přímo v areálu dukovanské elektrárny.



Letecký pohled na Temelín. V České republice se více než 30 % elektrické energie vyrábí v jaderných elektrárnách Dukovany a Temelín.

V České republice jsou v provozu tři úložiště nízko a středněaktivních odpadů.

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

OBSAH

Editorial:	
Ing. Josef Kutil, člen redakční rady časopisu Tunel	1
Úvodníky:	
JUDr. Jan Prachař, ředitel SÚRAO	2
Ing. Peter Witkovský, riaditeľ závodu Tunely, Skanska SK, a.s.	3
Experiment EPSP – stavba zátky pro hlubinné úložiště radioaktivních odpadů v rámci evropského projektu DOPAS	
Ing. Markéta Dvořáková, RNDr. Irena Hanusová, Ph.D., Ing. Marek Vencel, SÚRAO, Ing. Jiří Svoboda, Ph.D., ČVUT v Praze	4
Příprava hlubinného úložiště v České republice	
Ing. Ilona Pospíšková, SÚRAO	11
Budování podzemního výzkumného pracoviště Bukov	
Ing. Markéta Dvořáková, Ing. Marek Vencel, SÚRAO, Ing. Petr Kříž, Ph.D., DIAMO, s.p.	18
Norsborg – podzemní depo metra v Štokholme	
Ing. Peter Balušík, Ing. Ondrej Vida, Ing. Peter Ferančík, SKANSKA SK, a. s., závod Tunely SK	23
Projekt Kehärata vo Fínsku – alebo ako môžu baktérie ovplyvniť technické riešenie tunela	
Ing. Juraj Ježek, SKANSKA SK, a. s.	33
Tunel Holmestrand v Nórsku	
Ing. Ivan Vida, Ing. Anton Petko, SKANSKA SK, a. s.	40
Tunel Nordfjörður, Island	
Ing. Aleš Gothard, Ing. Ivan Piršič, METROSTAV a. s.	49
Požár nákladního vozidla v tunelu Lochkov	
Ing. Jiří Svoboda, Ing. Michal Hnilička, PRAGOPROJEKT, a.s.	56
Demonstrační experiment Mock-up Josef	
Ing. Jiří Štáška, ČVUT v Praze, FSv, Centrum experimentální geotechniky	65
Predikce geologických poměrů při ražbě TBM na projektu Neelum-Jhelum	
Gary Peach, NORPLAN, Aristotelis Caravanas, MWH AMERICAS	74
Fotoreportáž z výstavby a prérážky tunela Šibenik	81
Ze světa podzemních staveb	86
Zprávy z tunelářských konferencí	88
Aktuality z podzemních staveb v České a Slovenské republice	91
Výročí	95
Z historie podzemních staveb	106
Spravodaj Slovenskej tunelárskej asociácie	110

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 Hruběšová, Ph.D. – VŠB-TU Ostrava
RNDr. Radovan Chmelář, Ph.D. – PUDIS a.s.
Ing. Viktória Chomová – NÁRODNÁ DIALEKTNÁ SPOLOČNOSŤ, a. s.
Ing. Jan Korejčík – Mott MacDonald CZ, spol. s r.o.
Ing. Ján Kušnír – 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. – ELTOD, 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 tunelářská asociácia ITA-AITES pro vlastní potřebu

DISTRIBUCE

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

REDAKCE

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
Tisk: H.R.G. spol. s r. o., Litomyšl
Foto na obálce: Traťový tunel prodloužení trasy V.A pražského metra (foto Jakub Karlíček)

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. Josef Kutil, Member of the Editorial Board	1
JUDr. Jan Prachař, Director of SÚRAO	2
Ing. Peter Witkovský, Director of the Tunely Plant of Skanska SK, a.s.	3
EPSP Experiment – Construction of a Plug for a Deep-Seated Radioactive Waste Repository within the Framework of European Project DOPAS	
Ing. Markéta Dvořáková, RNDr. Irena Hanusová, Ph.D., Ing. Marek Vencel, SÚRAO, Ing. Jiří Svoboda, Ph.D., ČVUT v Praze	4
Preparation of a Deep Geological Repository in the Czech Republic	
Ing. Ilona Pospíšková, SÚRAO	11
Development of the Bukov Underground Research Facility	
Ing. Markéta Dvořáková, Ing. Marek Vencel, SÚRAO, Ing. Petr Kříž, Ph.D., DIAMO, s.p.	18
Norsborg – Stockholm Metro Underground Depot	
Ing. Peter Balušík, Ing. Ondrej Vida, Ing. Peter Ferančík, SKANSKA SK, a. s., závod Tunely SK	23
Kehärata Project, Finland – or how Bacteries Can Affect Technological Solution for a Project	
Ing. Juraj Ježek, SKANSKA SK, a. s.	33
Holmestrand Tunnel in Norway	
Ing. Ivan Vida, Ing. Anton Petko, SKANSKA SK, a. s.	40
Nordfjörður Tunnel, Iceland	
Ing. Aleš Gothard, Ing. Ivan Piršič, METROSTAV a. s.	49
Truck Fire in Lochkov Tunnel	
Ing. Jiří Svoboda, Ing. Michal Hnilička, PRAGOPROJEKT, a.s.	56
Mock-Up Josef Demonstration Experiment	
Ing. Jiří Štáška, ČVUT v Praze, FSv, Centrum experimentální geotechniky	65
TBM Advance Geological Forecasting on the Neelum-Jhelum Project	
Gary Peach, NORPLAN, Aristotelis Caravanas, MWH AMERICAS	74
Picture Report from the Construction and Breakthrough of Šibenik Tunnel	81
The World of Underground Constructions	86
News from Tunnelling Conferences	88
Current News from the Czech and Slovak Underground Construction	91
Anniversaries	95
From the History of Underground Constructions	106
Slovak Tunnelling Association ITA-AITES Report	110

Ing. Václav Veselý – ARCADIS CZ a.s.
Ing. Ondrej 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.

Zahranční členové / International members

Prof. Georg Anagnostou – ETH Zürich, Switzerland
Dr. Nick Barton – NICK BARTON & ASSOCIATES, Norway
Prof. Adam Bezuijen – GHENT UNIVERSITY, Belgium
Prof. Tarcisio B. Celestino – UNIVERSITY OF SAO PAULO, Brazil
Dr. Vojtech Gall – GALL ZEIDLER CONSULTANTS, USA
Prof. 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 running tunnel of Prague Metro V.A extension (Photo courtesy of Jakub Karlíček)

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

Členské organizace:
AMBERG Engineering Brno, a.s.
Ptašinského 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 Peřvald 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 Chručim

Stavební fakulta ČVUT v Praze
Tháurova 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 10
716 03 Ostrava-Radvanice

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.
Bystřeká 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.
Štverník 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 DJAENIČNÁ
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.e., 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.
Hlinská 40
010 18 Žilina

VIIS-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



Vážení čtenáři časopisu TUNEL,

začátkem května uplynulo 40 let od doby, kdy byl zprovozněn první provozní úsek na trase C pražského metra, prvních 9 stanic, prvních 6,6 km metra.

Do dnešní doby je na této krásné, ale také technicky náročné, zajímavé a nevím ještě jak ji dále pojmenovat, podzemní stavbě v provozu již 57 stanic a skoro 60 kilometrů. Podstatné je to, že se výstavba nezastavila a metro se staví dál. Na jaře příštího roku se snad projedeme trasou metra V.A novými čtyřmi stanicemi ze stanice Dejvická až do stanice Nemocnice Motol. Zanedbána není ani příprava další nové trasy metra, trasy I.D Náměstí Míru – Písnice, kde by mělo v těchto dnech nabýt právní moci územní rozhodnutí na dalších 10 stanic metra. Věřím tomu, že se snad brzy dočkáme i zahájení realizace. Doufáme, že stavbu nezastaví současný zákon o zadávání veřejných zakázek a zkušenosti s ním na dokončených nebo dokončovaných velkých liniových stavbách.

Ještě jedna dobrá zpráva pro podzemní stavitelství. Došlo k narovnání vztahů investora a zhotovitele na stavbě tunelového komplexu Blanka a výstavba, která je ve stadiu dokončovacích prací, byla znovu obnovena. Škoda toho, že vůbec byla přerušena, že se stále musí vypořádávat s nástrahami zákonů a že dnes již tyto tunely neslouží veřejnosti.

Druhé číslo časopisu TUNEL v roce 2014 je věnováno společně Správa úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO) a SKANSKA SK, a. s. S články o hlubinných úložištích odpadů v České republice, které zpracovala SÚRAO, se setkáváme málokdy, a proto je pro ucelenost vědomostí o podzemních stavbách vřele doporučuji. Skupina SKANSKA SK je významným hráčem na trhu slovenského podzemního stavitelství, ale podniká i v zahraničí. Ze zahraničních podzemních staveb přicházejí i její velice zajímavé příspěvky.

V tomto čísle si ještě přečteme další příspěvky z podzemních zahraničních staveb, ale chtěl bych upozornit i na příspěvek o požáru nákladního vozidla v tunelu Lochkov. Je možné si zít ponaučení do budoucna a každý může mít svůj názor na ideálnost řešení této situace.

Ještě jedno si dovoluji na závěr, a to blahopřát, a myslím, že za všechny, kteří se v podzemním stavitelství pohybují. V červnu se dožívá v plné síle sedmdesát pět let předseda redakční rady časopisu TUNEL, profesor geotechniky na ČVUT v Praze, významný vědecký a odborný pracovník, duše podzemního stavitelství v Čechách prof. Ing. Jiří Barták, DrSc. Blahopřejeme.

Přeji všem kolegům a čtenářům časopisu TUNEL mnoho zdaru.

ING. JOSEF KUTIL,
člen redakční rady

Dear readers of TUNEL journal,

In early May, 40 years had passed since the inauguration of the first operating section on the Line C of Prague Metro, first 9 stations and first 6.6km of metro tracks.

Today, there are already 57 stations and nearly 60 kilometres of tracks in operation on this beautiful, but also technically demanding, interesting and I do not know how else to title this project. The important thing is that the development has not been suspended and metro is further under construction. Hopefully we will travel along the 5th extension of the Line A (Line V.A) with four new stations from Dejvická station up to Nemocnice Motol station in the Spring of 2015. Nor the preparation of another new metro Line I.D from Náměstí Míru square to Písnice has been disregarded. The zoning and planning decision for additional 10 metro stations on this Line should come into force in these days. I believe that we possibly will not wait long for the commencement of construction work. Let us hope that the project will not be stopped by the current public procurement law and the experience with it on completed and under-completion large linear construction projects.

Another good news for the underground construction engineering: Relationships between the client and contractor have been settled on the Blanka complex of tunnels and construction work, which is at the stage of finishing, has been resumed. It is a pity that it had been suspended, that we have to cope with the rigors of laws and that these tunnels do not serve the public already now.

The second 2014 issue of TUNEL journal is dedicated to Správa úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO) and SKANSKA SK, a.s. . We meet papers on deep-seated repositories of waste prepared by SÚRAO quite rarely, which is the reason why I highly recommend them for the consistency of knowledge about underground structures. SKANSKA SK group is an important player on the Slovak underground construction market, but it does business even abroad. Its interesting papers arrived from foreign underground construction projects.

You will find other papers on underground construction projects in this issue, but I would like to call your attention to the paper on the fire of a truck in the Lochkov tunnel. It is possible to draw a lesson for the future from this event and each of you may have your own opinion on the ideality of the solution to this situation.

There is another thing I would like to do in the conclusion. I would like to congratulate Prof. Ing. Jiří Barták, Dr.Sc. on his anniversary on behalf of all of those who work in the underground construction industry. Professor Barták, the chairman of the Editorial Board of TUNEL journal, professor of geotechnics at the Czech Technical University in Prague, prominent scientific worker and expert, the spirit of the underground construction industry in the Czech Republic, will reach in full force the age of seventy-five in June. Our congratulations.

I wish all colleagues a readers of TUNEL journal a lot of success.

ING. JOSEF KUTIL,
Editorial Board member



VÁŽENÉ DÁMY A PÁNOVÉ,

je mi ctí vám představit Správu úložišť radioaktivních odpadů zde, na stránkách časopisu Tunel.

Posláním Správy úložišť je, na základě § 26 zákona č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon), zajišťovat bezpečné ukládání radioaktivních odpadů, dosud vyprodukovaných i budoucích, v souladu s požadavky na jadernou bezpečnost a ochranu člověka i životního prostředí. SÚRAO s.o. provozuje tři úložiště nízké- a středně-aktivních odpadů a připravuje projekt hlubinného úložiště vysokoaktivních odpadů a vyhořelého jaderného paliva. Pro dlouhodobou izolaci radioaktivních odpadů slouží komplexní systém bariér, jehož nedílnou součástí je i horninové prostředí.

Provoz podzemních úložišť radioaktivních odpadů Bratrství v blízkosti Jáchymova a Richard u Litoměřic je situován v komplexech bývalých důlních zařízení, pouze úložiště Dukovany je pří-povrchového typu.

V přípravné fázi je i projekt hlubinného úložiště, které má na základě státní koncepce pojmout veškeré vysokoaktivní odpady a vyhořelé jaderné palivo z ČR. Hlubinné úložiště se bude skládat ze tří částí: podzemních prostorů pro ukládání a manipulaci s kontejnery s vyhořelým palivem a vysokoaktivními odpady; přístupových šachet a tunelů a nadzemního – povrchového areálu. Ukládací komory budou vybudovány v hloubce zhruba 500 m (podle charakteristiky horninového podloží) ve stabilní geologické formaci a odpad bude umístěn ve speciálních kontejnerech s dlouhodobou životností.

Bez ohledu na nové technologie přepracování vyhořelého paliva probíhá vývoj a ověřování vhodného řešení inženýrských bariér pro úložiště. Jsou tak navrhovány ukládací kontejnery s izolační schopností dosahující až statisíců let nebo ověřovány vlastnosti různých hostitelských hornin, jako je žula, jíla, sůl nebo tuf, které jsou schopny zajistit neprůchodnost vody, a tím omezit možnost úniku radioaktivních látek z úložiště do životního prostředí. Tyto a další potřebné informace se získávají výzkumem v různých podzemních laboratořích za účasti odborníků z řady zainteresovaných zemí. Správa úložišť se aktivně podílí na mezinárodních i domácích výzkumných projektech a připravuje plán R&D pro celou oblast nakládání s radioaktivními odpady.

Výzkumná činnost v podzemí v rámci přípravy hlubinného úložiště zahrnuje mnoho vědních disciplín. Zastávím se u dvou velmi aktuálních podzemních projektů.

V roce 2013 SÚRAO s.o. začala realizovat projekt Podzemního výzkumného pracoviště Bukov (dále jen PVP Bukov). Pracoviště je umístěno v blízkosti jámy Bukov na 12. patře uranového dolu Rožná I. Ražba pracoviště byla zahájena v druhé polovině roku 2013 a předpokládá se, že celý objekt bude dokončen do konce roku 2014. Ražba probíhá klasickou konvenční metodou při použití trhačích prací. Jelikož se jedná o budoucí výzkumné pracoviště, je kladen vysoký důraz na kvalitu provedení a hladký výlom. V PVP Bukov budou dále po jeho dokončení realizovány insitu výzkumné projekty charakterizace horninového prostředí, které přispějí k podrobnějšímu poznání hornin v hloubkách větších než 500 metrů pod povrchem.

V loňském roce Správa úložišť společně s Centrem experimentální geotechniky ČVUT v Praze a ÚJV Řež, a. s., také zahájila činnost ve významném evropském projektu DOPAS, zaměřeném na výstavbu experimentálních těsnících zátek v hlubinném úložišti. V rámci tohoto projektu bude v podzemí URC Josef postavena speciálně navržená tlaková zátka, které bude zatížena postupným tlakem až do výše 7 MPa. Tento tlak odpovídá tlaku, který by v budoucnu mohl vzniknout v reálném hlubinném úložišti. Celá experimentální část bude průběžně zaznamenávána a vyhodnocena experty z České republiky i zahraničí. Projekt DOPAS přispěje k dalšímu ověření jednoho z mnoha konstrukčních prvků v rámci projektu hlubinného úložiště. Stavební práce na tomto projektu probíhají od 2. poloviny roku 2013 a jsou plánovány až do konce roku 2014, samotný konec projektu je v roce 2016, kdy dojde také k jeho konečnému vyhodnocení.

Více detailů o výzkumné činnosti najdete v odborných článkách mých kolegů a kolegyn a doufám, že vás jako čtenáře – odborníky – zaujmou. Závěrem chci vám všem popřát příjemné a podnětné čtení a mnoho úspěchu jak v podzemí, tak na povrchu.



LADIES AND GENTLEMEN,

It is an honour for me to be asked to present the Radioactive Waste Repository Authority here in the pages of Tunel magazine.

SÚRAO's mission is, under the provisions of Article 26 of Act 18/1997 on the peaceful uses of nuclear energy and ionising radiation (the Atomic Act), to ensure the safe disposal of existing and future radioactive waste in compliance with the requirements of nuclear safety and human and environmental protection. SÚRAO s.o. operates three repositories for the disposal of low-level and intermediate-level waste and is currently preparing a project for a deep repository for the disposal of high-level waste and spent nuclear fuel. The long-term isolation of radioactive waste from the environment in such a deep repository will be ensured by a complex system of barriers, an integral part of which is the rock environment in which the facility is built.

The Bratrství (near Jáchymov) and Richard (near Litoměřice) underground repositories are situated in former mine complexes whereas the Dukovany repository is of the near-surface type.

The project for a deep repository which, according to the national Concept of Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel Management, will accommodate all the high-level waste and spent nuclear fuel produced in the Czech Republic, is currently in the preparatory stage. The deep repository will consist of three parts: the underground facility for the placement and handling of disposal containers with spent nuclear fuel and high-level radioactive waste, access shafts and tunnels, and the above-ground area. Disposal chambers will be built at a depth of approximately 500 metres (depending on the characteristics of the footwall) in a stable geological formation and the waste will be packed into specially-designed long-life containers.

Regardless of the emergence of new technologies for the reprocessing of spent fuel, the study, development and verification of suitable engineered barriers for the deep repository continue apace. Disposal containers with an isolation capability in the range of thousands of years have already been designed and the properties of host rocks such as granite, clay, salt and tuffs, which are capable of ensuring water impermeability thus reducing the risk of the release of radioactive substances from the repository into the environment, have been verified. This and other relevant information has been obtained from research conducted at various underground laboratories with the participation of experts from a number of interested countries. The Repository Authority is actively involved in various national and international projects and is currently preparing a detailed R&D plan for the radioactive waste management sector as a whole.

Research work carried out underground as part of the deep repository construction project involves a wide range of scientific disciplines. Below, I would briefly like to mention two underground projects currently under way in the Czech Republic.

In 2013 SÚRAO s.o. commenced the construction of the Bukov Underground Research Laboratory (PVP Bukov) situated near the Bukov section of the Rožná I uranium mine. Excavation work began in the second half of 2013 and it is envisaged that the laboratory will reach completion by the end of 2014. Conventional construction methods have been used involving blasting. For future research purposes, particular emphasis is being placed on the quality of the excavation process. It is planned that research projects will eventually be conducted at the facility aimed at the detailed characterisation of the rock environment which, in turn, will provide more reliable information on the rock mass at a depth of more than 500 metres beneath the surface than is currently available.

Last year the Radioactive Waste Repository Authority, in cooperation with the Centre for Experimental Geotechnics at the Czech Technical University in Prague and ÚJV Řež, began to work on the research tasks allocated to them as part of the DOPAS European project concerned with the construction of experimental sealing plugs for use in deep repositories. A special pressure plug will be built underground at the Josef URC and will be gradually exposed to pressures of up to 7MPa, i.e. levels that might occur under real deep repository conditions. All the various experimental stages will be regularly monitored and assessed by experts from both the Czech Republic and the other countries involved in the project. The DOPAS project will contribute towards the verification of one of the many structural components which will make up future deep radioactive waste repositories. Construction work commenced in the second half of 2013 and should be completed at the end of 2014; the project as a whole will be concluded and assessed in 2016.

More details on the research activities in which SÚRAO is involved can be found in professional articles written by my colleagues and I sincerely hope that they will attract your professional interest. Finally, I would like to wish all those involved in the various projects under way every success both underground and on the surface.

JUDR. JAN PRACHAŘ

ředitel SÚRAO
Director of SÚRAO

VÁŽENÍ ČITATELIA ČASOPISU TUNEL,

s odstupom troch rokov máme opäť možnosť prostredníctvom stránok tohto časopisu prezentovať našu spoločnosť Skanska SK, a. s., jej odborné aktivity a skúsenosti z projektov posledných rokov, a mne, ako jej predstaviteľovi, pripadá príjemná možnosť prihovoriť sa k vám niekoľkými vetami.

Slovensko sa po „nežnej revolúcii“ prezentovalo ambicióznym plánom vybudovať diaľničnú sieť ako nosnú kostru dopravy, zahusťujú novými rýchlostnými komunikáciami. Potreba novej infraštruktúry bola markantná, plán veľmi ambiciózný a dokonca aj reálny. Až na rôzne „šibeničné“ termíny, ktorým ale pri častej prezentácii rôznymi politikmi chýbal reálny časový podklad. A tak faktom zostáva, že plán nebol naplnený v roku 2005, ani v roku 2010 a je málo pravdepodobné, že sa ho podarí naplniť do roku 2018.

Ale objavuje sa určitá nádej, že sa k vytúženému cieľu – mať na Slovensku infraštruktúru na európskej úrovni – začíname aspoň približovať. A keďže Slovensko je krajina hornatá, množstvo diaľnic bude musieť prekonať pohoria cez tunely. A to je dôvod, prečo sme tu, a na čo sme sa celý ten dlhý čas pripravovali.

Firma Skanska SK, Závod Tunely, predtým Banské Stavby Prievidza, sa po roku 1989 zásadným spôsobom podieľala na výstavbe 4 slovenských tunelov zo šiestich celkovo realizovaných. Má za sebou i významné realizácie tunelových diel v zahraničí (hovoríme o desiatkach tunelov), ktoré jej slúžili a slúžia nielen ako referencie pre stavby na Slovensku, ale hlavne ako vynikajúca škola pre nové technológie, pre nové spôsoby práce, ktoré sú nielen modernejšie, ekonomicky efektívnejšie, ale majú pozitívny dosah na kvalitu diela, na životné prostredie, ako i na celý cyklus výstavby i následnej údržby. Dnes, keď nastáva na Slovensku tzv. „tunelový boom“, vnímame i ďalší intenzívny „rozmach“. Rozmach vykonávaných dôvodov na vylúčenie tej ktorej firmy, nad ktorými sa zastavuje rozum odborníkov, projektantov i medzinárodných špecialistov. Naša spoločnosť má s takýmto postupom čerstvé skúsenosti a faktom je, že reálny proces nápravy a vymoženie práva je v mnohých podobných prípadoch dlhý, drahý a hlavne nepredvídateľný.

Áno, my Slováci sme už raz takí. Buď chceme všetko, alebo nič. Buď čierne, alebo biele. Buď nestavíme nič, alebo chceme za najbližšie 2–3 roky postaviť viac tunelov, ako za posledných dvadsať rokov. A v ďalšom období – pravdepodobne opäť nič... Pre vysoko špecializované firmy nášho zamerania je veľmi ťažké pripravovať sa na takéto extrémne a správne strategicky situáciu vyhodnotiť. Je nutné ľudí prijímať, či ich prepúšťať? Je potrebné do techniky investovať, či stroje predávať? A v neposlednom rade, je rozumné si mladých odborníkov na školách vychovávať, alebo ich radšej nasmerovať inak? Podobných otázok, ako sa správať ekonomicky, ale súčasne aj vizionársky a rozumne, je omnoho, omnoho viac a je jasné, že odpovede na ne by mali poznať aspoň tí, ktorí stoja za prípravou smelých plánov i za dôležitými rozhodnutiami o ich realizácii.

Slovensko má veľa šikovných ľudí a vychovalo množstvo kvalitných a uznávaných odborníkov v podzemných stavbách. Aktuálna otázka je, či ich dokáže v tak krátkej dobe všetkých sústrediť a kumulovať doma a či ich bude taký dostatok, ako by si to nové tunelové projekty zasluhovali.

Všetci vieme, že kvalitná stavebná firma, a vlastne akákoľvek dobrá firma, sa buduje roky, či dokonca desaťročia. Pre výstavbu tunelov, tak na Slovensku ako aj v Čechách, je takýchto firiem skutočne len pár. A netreba ani zdorazňovať, že svoju povest a know-how vytvorili rokmi práce a množstvom odborných skúseností...

Mrazí ma pomyslenie na moderne zjednodušenú predstavu, ktorá koluje v niektorých „obchodno-manažérskych“ hlavách. ... kúpim alebo prenajmem stroje, zoženiem si „subku“, kúpim (príjmem) nejakého projektového manažéra, či najmem niekoľko ľudí ochotných pracovať, ideálne za minimálnu mzdu. A postavím čokoľvek! Vieme však, že týmto spôsobom to jednoducho nefunguje. A keď áno, tak iba chvíľu, kým nepríde k prvým problémom, k prvým krízovým situáciám, ktoré si každá stavba určite vyžiada. Otázkou iba zostáva, ako sa problémy a tieto situácie vyriešia. Či sa na ich riešení budú podieľať kompetentní profesionáli s bohatými skúsenosťami, alebo novodobí „skoro – staviteľia“.

A toto je ten odkaz, ktorý chcem týmto článkom poslať ďalej – medzi vás odborníkov i odbornú verejnosť. Mnohí z vás sa budú rôznym spôsobom podieľať na výstavbe týchto slovenských tunelov, či už ako projektant, zhotoviteľ, dozor alebo investor. Nedovoľme, aby tunely stavali neoborníci či absolútni amatéri, pretože tu hrozí nielen nízka kvalita prác, riziko neukončenia diela, ekonomické škody a straty, ale aj veľké riziko nízkej úrovne bezpečnosti a nedodržiavanie základných zásad správania sa v tuneloch a pravidiel vykonávania prác v podzemí. Na začiatku i na konci každej práce je človek a jeho život má najvyššiu hodnotu. Nedávne fatálne nehody na súčasnej výstavbe diaľnic nám zdvihli varovný prst, čo všetko sa môže stať. V tuneloch sa toho môže stať aj omnoho viac a s väčšími následkami.

Verte, nie je úmyslom tohto článku strašiť, alebo dokonca privolať nešťastia. Chceme len upozorniť na to, že okrem radosti a eufórie, že konečne budeme stavať tunely na Slovensku, nesmieme zabúdať na jeden pocit. Je to pocit zodpovednosti. Zodpovednosť nás všetkých, ktorí v tejto brandži pracujeme, za to, čo sa bude v najbližšom období na Slovensku v novobudovaných tuneloch diať.

Veľa šťastia a Zdar boh.



DEAR TUNEL JOURNAL READERS,

With the passage of three years we have been again given the opportunity to present our company, Skanska SK, a. s., its professional activities and experience from past years' projects on the pages of this journal. The pleasant opportunity to address you with several sentences fell on me, in the position of its representative.

After the “Velvet Revolution”, Slovakia presented itself through an ambitious plan for developing the motorway network as a main skeleton for transport, to be supplemented by new fast highways. The necessity for the new infrastructure was marked, the plan was very ambitious and even realistic, with the exception of various tight deadlines, frequently presented by various politicians, which missed a realistic time-related basis. The fact remains that the plan was met neither in 2005 nor 2010 and it is little likely that it will be successfully met till 2018.

Nevertheless, a certain hope appears that we have started at least to approximate the desired goal to develop a European-level infrastructure in Slovakia. Since Slovakia is a mountainous country, many motorways will have to overcome mountain ridges through tunnels. This is the reason why we have been here and why we have been preparing ourselves for this long time.

After 1989, Skanska SK, Závod Tunely, former Banské Stavby Prievidza, participated substantially in the construction of 4 Slovak tunnels of the total of six which had been realized. It has under its belt even significant execution of tunnelling projects abroad (we are speaking about tens of tunnels), which have provided not only references for projects in Slovakia, but first of all experience with new technologies, new ways of working, which are not only more modern and economically more effective, but also have a positive impact on the quality of work, environment and the entire cycle of construction and subsequent maintenance. Today, when the so-called “tunnelling boom” has appeared in Slovakia, we are sensing even another intense “upswing”. It is the upswing of fabricated reasons for excluding particular companies from tenders. The sense of professionals, designers and international specialists questions these reasons. Our company has most recent experience with such procedures and it is the fact that the real process of remedy and law enforcement are in many similar situations long, expensive and, first of all, unpredictable.

Yes, it is typical for us, Slovaks. We want to have either everything or nothing. Either black or white. We either build nothing or wish to build more tunnels, as during the past twenty years, during the closest 2-3 years. And during the subsequent period – probably again nothing ... It is very difficult for highly specialised companies in our field to prepare themselves for such extremes and assess the situation strategically correctly. It is more necessary to receive employees or to dismiss them? Is it more necessary to invest into equipment or to sell machines? And, at last but not least, is it more necessary to educate young professionals at schools or to prefer directing them somewhere else? There are many and many more similar questions regarding the economic but at the same time visionary and reasonable behaviour. It is clear that answers should be known at least to those who are responsible for the preparation of bold plans and the important decisions on their implementation.

Slovakia has very skillful people and has educated lots of good quality and renowned professionals in the field of underground construction. The topical question is whether it is capable of gathering them all and accumulating them at home at such a short notice or their numbers will be sufficient, as new tunnelling projects would deserve.

We all know that developing a good quality firm, and in fact any good firm, takes years or even decades. In reality there are only several companies in Slovakia as well as the Czech Republic capable of building tunnels. It is not necessary to put stress on the fact that they developed their reputation and know-how through years of work and the amount of professional experience ...

The thought of the notion simplified in a modern way, circulating in heads of some business managers is: I will purchase or hire machines, procure a sub-contractor, buy (employ) a project manager or hire several people willing to work, ideally for a minimum wage. Then I will be able to build anything! But we know that simply it does not work in this way. And when it does, it is only for a short time, until first problems and first critical situations, which each project certainly encounters, emerge. The only question is how the problems and these situations are solved. Whether competent professionals with a wealth of experience or modern “nearly builders” participate in the solution.

And this is the message we want to send on through this article – among you, professionals and the professional public. Many of you will participate in different ways in the development of the above-mentioned Slovak tunnels, whether as designers, contractors, supervising engineers or project owners. Let us prevent laymen or absolute amateurs from building tunnels because there is not only a threat of low quality of work, possibility of inability of completing the works, economic damages and losses, but also a great risk of low level of safety and breaching fundamental principles of behaving in tunnels and rules of working underground. People are both at the beginning and the end of any work and their lives have the highest value. The recent fatal incidents experienced during the current construction of motorways have risen a warning finger to us what can happen. Much more and with more serious consequences can happen in tunnels.

Believe me, haunting or even summoning misfortune is not the intention of this article. I only want to draw attention to the fact that, apart from the joy and euphoria that we will finally build tunnels in Slovakia, we must not forget one feeling. It is the feeling of responsibility. The responsibility of all of us who work in this construction branch for what will happen in newly built tunnels in Slovakia in the nearest future.

Good luck and God speed you.

ING. PETER WITKOVSKÝ

*riaditeľ závodu Tunely, Skanska SK, podpredseda výboru STA
Director of the Tunnels Branch of Skanska SK, Vice Chairman of the STA board*

EXPERIMENT EPSP – STAVBA ZÁTKY PRO HLUBINNÉ ÚLOŽIŠTĚ RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ V RÁMCI EVROPSKÉHO PROJEKTU DOPAS

EPSP EXPERIMENT – CONSTRUCTION OF A PLUG FOR A DEEP GEOLOGICAL RADIOACTIVE WASTE REPOSITORY AS PART OF THE EUROPEAN DOPAS PROJECT

MARKÉTA DVOŘÁKOVÁ, IRENA HANUSOVÁ, JIŘÍ SVOBODA, MAREK VENCĽ

ABSTRAKT

Mezinárodní projekt DOPAS (*Demonstration of Plugs and Seals*), kterého se účastní 14 evropských organizací (Posiva, ANDRA, DBE-TEC, GRS, Nagra, NDA, SÚRAO, SKB, ČVUT, NRG, GSL, BTECH, VTT, ÚJV Řež, a. s.) je zaměřen na konstrukční řešení zátek pro potřeby hlubinného úložiště radioaktivních odpadů. Finančně je projekt podpořen ze 7. rámcového programu EUROATOM. Česká část projektu DOPAS (experiment EPSP – *Experimental Pressure and Sealing Plug*) je realizována v Regionálním podzemním výzkumném centru URC Josef (Čelina-Mokrsko). Cílem EPSP je výstavba, monitoring a ověření funkčnosti zátky, ale také detailní charakteristika všech materiálů, které byly pro konstrukci využity.

ABSTRACT

The international DOPAS project (*Demonstration of Plugs and Seals*), which involves the participation of 14 European organisations (Posiva, ANDRA, DBE-TEC, GRS, Nagra, NDA, SÚRAO, SKB, ČVUT, NRG, GSL, BTECH, VTT, ÚJV Řež, a. s.), is concerned with the structural solution for sealing plugs to be used in deep geological radioactive waste repositories. The project is funded by the 7th framework programme – EURATOM. The Czech contribution to the DOPAS project (the EPSP experiment – *Experimental Pressure and Sealing Plug*) consists of an experiment which is being conducted at the Josef Regional Underground Research Centre (Josef URC, Čelina-Mokrsko). The aims of the EPSP experiment are to develop, monitor and verify the functionality of such plugs and to determine a detailed characterisation of the materials from which they are constructed.

1 ÚVOD

Program vývoje hlubinného úložiště radioaktivních odpadů (HÚ) v České republice je založen především na dlouhodobé bezpečnosti uložení vysokoaktivních odpadů. Ke zvýšení bezpečnosti přispěje také konstrukce zátek a těsnicích systémů, které jsou v hlubinném úložišti plánovány. V konceptu hlubinného úložiště je navrženo několik typů těchto zátek. Jejich úkolem je bezpečné utěsnění a uzavření jednotlivých ukládacích prostor nejen po celou dobu provozu úložiště, ale i po jeho trvalém uzavření. Zátka musí být konstruována tak, aby odolala vysokým tlakům vznikajícím v důsledku hydrostatického tlaku a objemových změn inženýrských bariér.

Cílem mezinárodního projektu DOPAS je navrhnout využití systému zátek v HÚ, vytvořit detailní design a materiálovou charakteristiku, otestovat stavební technologie a realizovat čtyři experimentální zátky v in-situ prostředí.

Tento čtyřletý (2012–2016) projekt je podporovaný ze zdrojů Evropské komise (7. rámcový program, EURATOM). Koordinátorem projektu je finská společnost Posiva. DOPAS má celkem 14 partnerů z 8 evropských zemí (Posiva, ANDRA, DBE-TEC, GRS, Nagra, NDA, SÚRAO, SKB, ČVUT, NRG, GSL, BTECH, VTT, ÚJV Řež, a. s.).

V roce 2012 byla zahájena výstavba zátky ve švédské podzemní laboratoři Äspö v prostředí granitických hornin, kde jsou přítomny vody s poměrně vysokou salinitou (~75 g/l) (Puigdomeneck, ed., 2001) na rozdíl od českých granitoidů (Pačes, T. et al., 2010).

Finsko realizuje zkušební zátka v podzemní charakterizační laboratoři Onkalo. Ta je umístěna na ostrově Olkiluoto v prostředí migmatitických rul (Dixon et al., 2013).

Ve francouzské laboratoři v Saint Dizier je realizován experiment primárně zaměřený na výzkum těsnicích systémů v jílovcích, které jsou finální hostitelskou horninou pro umístění HÚ ve Francii (např. Montes et al., 2004).

1 INTRODUCTION

The programme for the development of a deep geological radioactive waste repository (DGR) in the Czech Republic is based first and foremost on the safe disposal of long-lived highly-active radioactive waste. The safety of such repositories will be enhanced by the efficient performance of the plugs and sealing systems which will make up an important part of the overall disposal system. Several types of sealing plugs will be required, the function of which will be to provide for the sealing and closure of individual waste packages not only throughout the period of repository operation, but also following the permanent closure of the facility. Such plugs will have to provide a high level of resistance to the considerable pressure which will be exerted by hydrostatic forces and volumetric changes within the engineered barriers.

The objective of the DOPAS international project is to design a sealing plug system for DGR use, provide detailed plans for the design of such plugs, test both the characteristics of the materials to be used and the construction technology and to install four experimental in-situ plugs.

This four-year (2012–2016) project is being funded from European Commission financial resources (7th framework programme, EURATOM) and the project coordinator is Finland-based Posiva. A total of 14 partners from 8 European countries are involved in the project (Posiva, ANDRA, DBE-TEC, GRS, Nagra, NDA, SÚRAO, SKB, ČVUT, NRG, GSL, BTECH, VTT, ÚJV Řež, a. s.).

In 2012 the construction of a sealing plug commenced at the Äspö underground laboratory (Sweden) in a granitic rock environment containing water with a relatively high level of salinity (approximately 75g/l) (Puigdomeneck, ed., 2001) in contrast to Czech granitoids (PAČES, T. et al., 2010).

In Finland a similar plug is undergoing testing at the Onkalo underground laboratory located on the island of Olkiluoto in a migmatitised gneiss rock environment (Dixon et al., 2013).

Český experiment EPSP vzniká v reálném horninovém prostředí granitoidů (v Regionálním podzemním výzkumném centru URC Josef). Koncept tohoto experimentu je založen na primárním využití českých materiálů a technologií dostupných v České republice. Jeho úkolem je demonstrovat technickou proveditelnost a funkčnost tlakové zátky umístěné v budoucím hlubinném úložišti radioaktivních odpadů.

2 POPIS PROJEKTU EPSP

Technické řešení zátky bylo navrženo v Centru experimentální geotechniky ČVUT v Praze a vycházelo z konstrukčního návrhu v referenčním projektu 2011 (Pospíšková et al., 2012).

Experiment EPSP, který je rozdělen do 4 etap, realizuje české sdružení partnerů (SÚRAO, ČVUT a ÚJV Řež, a. s.).

První etapa byla zaměřena především na nezbytné laboratorní ověření vhodnosti materiálů použitých pro konstrukci zátky; zejména bentonitu a betonové směsi, na jejichž kvalitu a detailní charakteristiku byl kladen při návrhu zátky největší důraz.

V laboratořích ÚJV Řež, a. s. pak vznikl samostatný fyzikální model v laboratorním měřítku. Cílem tohoto modelu je získání dat pro kalibrace numerických modelů saturace bentonitového materiálu.

Náplní druhé etapy je samotná stavba experimentu, která byla zahájena v roce 2013 injektážními a vrtnými pracemi v experimentální rozrážce M-SCH-Z/SP-59 (obr. 1). Na tyto práce poté plynule naváže výstavba zátky včetně instrumentace celého experimentu a technologického zázemí.

Třetí etapou je tlakování sytícími médii, kdy bude zátka vystavena tlaku až 7 MPa. Po celou dobu bude probíhat kontinuální monitoring experimentu a technologie.

Poslední etapa výzkumu je zaměřena na vyhodnocení dat a poznatků získaných z insitu a laboratorních měření pomocí numerické analýzy a modelování. Výstupem je ověření provozní bezpečnosti konstrukčních prvků zátek v hlubinném úložišti a doporučení pro jejich budoucí realizaci.

3 UMÍSTĚNÍ ZÁTKY V HORNINOVÉM PROSTŘEDÍ

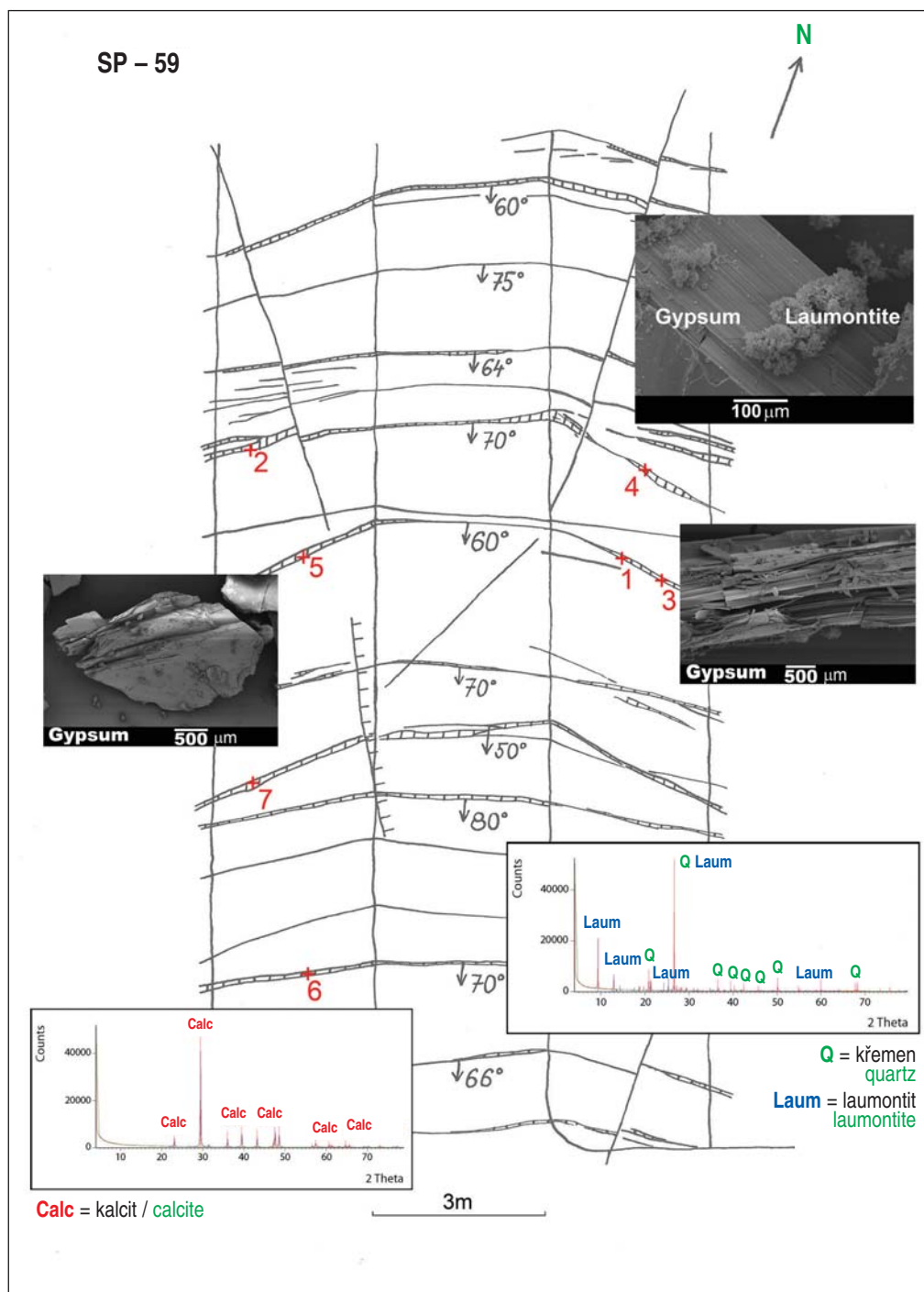
Experiment EPSP je realizován v Regionálním podzemním výzkumném centru URC Josef, které se nachází nedaleko Dobříše v oblasti Au-zrudnění Čelina-Mokrsko. Hostitelskou horninou jsou granitoidy sázavského typu variského stáří (Morávek et al., 1992). Pro účel experimentu byla vybrána rozrážka na Mokrsku západ. Horniny jsou zde protnuty křemennými a křemen-karbonátovými žilami do maximální

In France, an experiment is underway at the Saint Disier laboratory focusing on research into sealing systems in claystones in which it is intended that the French DGR will be constructed (e.g. MONTES et al., 2004).

The Czech EPSP experiment is being conducted in a rock environment consisting of granitoids at the Josef Regional Underground Research Centre (URC). The concept of the experiment is based primarily on the use of Czech materials and technology available in the Czech Republic and the principal aim is to demonstrate the technical viability and functioning of a pressure-resistant plug located in a future DGR.

2 EPSP PROJECT DESCRIPTION

The technical design of the plug was the responsibility of the Centre of Experimental Geotechnics of the Czech Technical University (ČVUT), Prague and was based on a structural proposal contained in Reference Design 2011 (Pospíšková et al., 2012).



Obr. 1 Důlní mapa rozrážky M-SCH-Z/SP-59 s místy odběru vzorků a jejich vyhodnocením
Fig. 1 Mine sheet for gallery niche M-SCH-Z/SP-59 with sample locations and assessment



Obr. 2 Práce v rozrážce SP-59
Fig. 2 Work in gallery niche SP-59

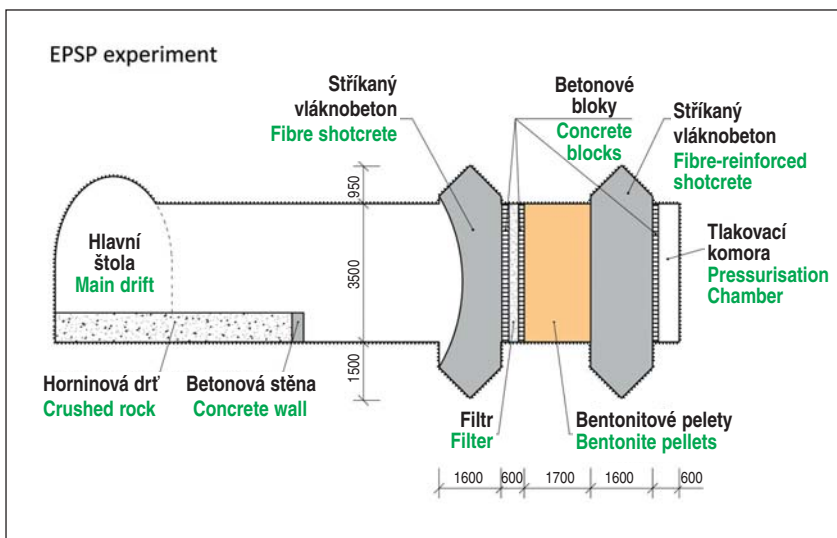
mocnosti 14 cm. Dominantní puklinové systémy jsou vyznačeny v důlněgeologické dokumentaci (obr. 1), která byla upravena podle mapových podkladů Geofondu – Dobříš 1-9/34-24, M-SCH-Z/SP-59.

V roce 2013 bylo provedeno detailní mineralogické studium puklinových výplní v rozrážce SP-59 (obr. 2). Polohy odebraných vzorků jsou zakresleny v mapě na obr. 1. Šest vzorků bylo zanalyzováno pomocí práškové RTG difrakce na VŠCHT (X'Pert PRO s Bragg-Brentanovou geometrií, CuK_α, 40 kV, 30 mA, High Score Plus) a SEM na UK PřF. Difrakční data jednotlivých fází a scany povrchů jsou uvedeny na obrázku 1.

4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ ZÁTKY EPSP

Pro potřeby EPSP bylo nutno upravit profil rozrážky, který byl rozšířen a byly vytvořeny límce pro betonové zátky. Vzhledem k rozsáhlé EDZ (Excavation Disturbed Zone, zóna rozvolnění masivu) a místy výraznému puklinovému systému musela být kvalita horninového prostředí zlepšena pomocí injektáží. V rozsahu 5 m okolo plánované polohy experimentu byla její pomocí snížena propustnost horniny tak, aby bylo možné použít plánovaných vysokých tlaků (do 7 MPa) nutných pro otestování funkčnosti EPSP. Experiment vyžaduje i rozsáhlé technologické zázemí. To bude umístěno ve 25 m vzdálené rozrážce M-SCH-Z/SP-55. Všechny nutné instalace (tlakovací a vypouštěcí trubky, kabeláž od čidel) budou od zátky k technologickému centru vedeny spojovacími vrty.

Vlastní konstrukce tlakové zátky EPSP má tyto hlavní části (obr. 3, 4): tlakovací komoru, vnitřní zátku ze stříkaného vláknobetonu, bentonitové těsnění, filtr, vnější zátku ze stříkaného vláknobetonu a hostitelské horninové prostředí.



Obr. 3 Konstrukční řešení zátky
Fig. 3 Structural plug design

The EPSP experiment, which is divided into four stages, is being conducted by a Czech consortium made up of SÚRAO, ČVUT and ÚJV Řež, a. s.

The first stage primarily concerned the laboratory verification of the suitability of the materials to be used for plug construction, namely bentonite and a concrete mixture, the quality and detailed characteristics of which received particular attention during work on the design of the plug.

An independent laboratory scale physical model was then constructed at ÚJV Řež's laboratories the objective of which was to obtain data to be used for the calibration of numerical models of the saturation of bentonite.

The second stage consisted of the construction of the in-situ experiment which commenced in 2013 with grouting and drilling work in the M-SCH-Z/SP-59 experimental gallery niche (see Fig. 1). This will be followed by the construction of the plug itself, including the full instrumentation of the experiment and its immediate surroundings.

The third stage will consist of pressurisation by saturation media (air, water and a bentonite suspension) during which the plug will be exposed to pressure of up to 7MPa. The experiment and the technology employed will be monitored constantly throughout this period of the experiment.

The final stage of the experiment will concentrate on the evaluation of the data and knowledge obtained from both the in-situ and laboratory experiments using numerical analysis techniques and modelling. The final output will consist of the verification of the operational safety of the various structural elements of plugs to be used in DGRs and detailed recommendations for the future design and construction of such plugs.

3 EMPLACEMENT OF THE PLUG IN THE ROCK ENVIRONMENT

The EPSP experiment is being conducted at the Josef Regional URC which is located near the town of Dobříš in the Čelina-Mokrosko former gold mining area. The host rock comprises Sázava-type granitoids of the Variscan age (Morávek et al., 1992). A niche in the Mokrosko-West area of the underground facility, which is traversed by quartz and quartz-carbonate veins with a maximum thickness of 14cm, was chosen for the conducting of the experiment. Information on dominant joint systems is recorded in historical mining documentation (see Fig. 1) which was subsequently updated according to map source documents owned by Geofond – Dobříš 1-9/34-24, M-SCH-Z/SP-59.

The detailed mineralogical study of the filling of fissures was carried out in niche SP-59 in 2013 (see Fig. 2); the sampling locations are shown in the map in Fig. 1. Six samples were analysed by means of X-ray powder diffraction at the Institute of Chemical Technology, Prague, VŠCHT (X'Pert PRO with Bragg-Brentan geometry, CuK_α, 40kV, 30mA, High Score Plus) and SEM at the Faculty of Science, Charles University in Prague. Diffraction data from individual phases and surface scans is presented in Fig. 1.

4 EPSP PLUG STRUCTURAL SOLUTION

It was necessary for EPSP requirements to modify the profile of the niche, i.e. it was enlarged and collars for the concrete plugs were fitted. As a result of the extensive excavation disturbed zone (EDZ) and a locally significant fissure system, it was also necessary to improve the quality of the rock environment by means of grouting. The permeability of the surrounding rock was reduced to a distance of 5m around the planned location of the experiment in order to allow the application of the planned high pressures

Experiment obsahuje rovněž pomocné konstrukce nutné pro výstavbu (stěny z drenážního betonu), rozsáhlý monitoring a technologické zázemí. Jako tlakovací médium se předpokládá vzduch, voda a bentonitová suspenze.

Do tlakovací komory, umístěné u čelby, je tlakovací médium přivedeno cca 23 m dlouhými spojovacími vrty z paralelní technologické rozrážky. Komora je uzavřena stěnou z drenážního betonu, která slouží jako ztracené bednění pro jednu z hlavních částí EPSP – vnitřní zátka ze stříkaného vláknobetonu.

Vnitřní zátka patří mezi klíčové části a ověření její funkčnosti je jedním z hlavních cílů experimentu. Má dvě základní funkce: statickou a hydraulickou. To znamená zejména zajištění mechanické stability celého systému i za vysokého tlaku a současně omezení proudění zátkou tak, aby nedošlo k porušení bentonitového těsnění vytvořením erozního kanálu v době, kdy ještě není bentonitová těsnicí zóna dostatečně saturovaná.

Bentonitové těsnění je druhou klíčovou částí EPSP a má za úkol hydraulicky oddělit/těsnit prostory před a za zátkou. Bentonit je díky svým bobtnacím, a tedy i samovyhojovacím schopnostem a také díky velmi nízké propustnosti vhodným materiálem pro tuto část. Jeho vlastnosti jsou však závislé, kromě mineralogického složení, zejména na jeho objemové hmotnosti. Aby bylo dosaženo nezbytných vlastností, bude bentonit použit ve formě pelet (obr. 5) lisovaných na vysokou objemovou hmotnost. Cílem je, aby průměrná suchá objemová hmotnost těsnění po instalaci byla minimálně $1,4 \text{ g/cm}^3$, což zajistí dostatečně malou propustnost (hydraulickou vodivost) a dostatečný bobtnací tlak. Součástí experimentu je i otestování vhodné technologie instalace bentonitového těsnění například pomocí technologie stříkaného bentonitu.

Bentonitové těsnění je ukončeno filtrem, který je oboustranně fixován stěnami z drenážního betonu. Stěny slouží jako podpora nejen pro filtr, ale i pro bentonitové těsnění v době výstavby a jako ztracené bednění pro vnější zátka ze stříkaného vláknobetonu.

Filtr je primárně určen pro monitoring průsaků zátkou. Přesto je však napojen spojovacími vrty do technologické rozrážky a je možné ho využít i jako alternativní tlakovací komory.

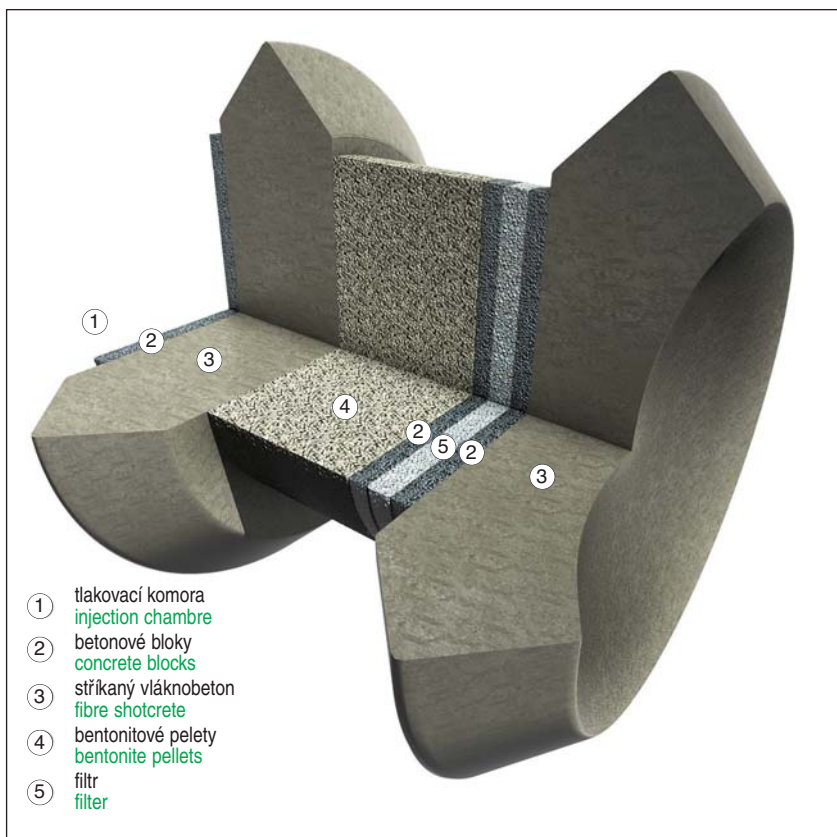
EPSP je uzavřen vnější zátkou ze stříkaného vláknobetonu. Její konstrukce je identická se zátkou vnitřní a jejím účelem je mechanická stabilizace celku.

Součástí experimentu je i vlastní hostitelské prostředí. Popisované inženýrské konstrukce nejsou izolovaným funkčním celkem, ale naopak musí řádně fungovat ve spolupráci se svým okolím.

Předpokládaný postup tlakování experimentu:

- tlaková zkouška vnitřní zátka v době výstavby až do 1 MPa;
- namáhání experimentu vzduchem a vodou (max. do 7 MPa či porušení těsnosti);
- přetěsnění suspenzí (v případě porušení těsnosti);
- opakování namáhání experimentu vzduchem, vodou až do 7 MPa nebo do porušení těsnosti (po přetěsnění).

Konstrukce experimentu je navržena tak, aby poskytovala i alternativní scénáře testování, kdy je filtr použit jako tlakovací komora. To umožňuje nucenou saturaci bentonitového těsnění, otestování obráceného směru proudění (nejprve bentonitem, pak vnitřní betonovou zátkou) a v neposlední řadě otestování (vnější) betonové zátka samostatně.



Obr. 4 Řez zátkou

Fig. 4 Cross-section through the plug

(up to 7MPa) necessary for the testing of the EPSP experiment. In addition, the experiment required that an extensive service centre containing the relevant background technology be installed in the M-SCH-Z/SP-55 gallery niche at a distance of 25m from the experiment proper; pressurising and discharge tubes, sensor cabling etc. lead from the plug to the service centre through connecting boreholes.

The EPSP plug has the following main components (see Figures 3 and 4): a pressurisation chamber, the inner glass fibre-reinforced shotcrete plug, bentonite sealing material, a filter, an external glass fibre-reinforced shotcrete plug and the host rock environment.

The experiment also comprises a number of auxiliary structures such as porous concrete walls, an extensive monitoring system and service centre. The pressurising media will consist of air, water and a bentonite suspension.

The pressurising medium will be transported to the pressurisation chamber via 23m-long connecting boreholes from the neighbouring service centre niche. The chamber is enclosed by a porous concrete wall which will serve to support one of the main elements of the EPSP – the inner glass fibre-reinforced concrete plug.

The inner plug makes up one of the key components of the experiment and verifying that it works efficiently makes up one of the main objectives of the project. It has two basic functions: static and hydraulic which means primarily that it must ensure the mechanical stability of the entire system even under high pressure conditions and, at the same time, must restrict flow through the plug so that the bentonite sealing is not damaged through the creation of an erosion channel in the period in which the bentonite sealing zone is undergoing, but has not yet reached, full saturation.

A further major component of the EPSP is the bentonite sealant, the purpose of which is to hydraulically separate/seal the spaces in front of and behind the plug. Owing to its exceptional swelling properties (and consequent self-healing capacity) and very low permeability, bentonite is particularly suitable for fulfilling this function. However, its sealing properties depend, in addition to its mineralogical composition, principally on its density. Therefore, in order to achieve the

Tab. 1 Silikátová analýza bentonitu B 75_2013 (Večerník et al., 2013)
Table 1 Silicate analysis of bentonite B 75_2013 (Večerník et al., 2013)

	hm. %
SiO ₂	49,83
Al ₂ O ₃	15,35
TiO ₂	2,82
Fe ₂ O ₃	10,9
FeO	3,74
MnO	0,09
MgO	2,88
CaO	2,01
Na ₂ O	0,67
K ₂ O	1,05
P ₂ O ₅	0,63
CO ₂	3,66

5 CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH MATERIÁLŮ

5. 1 Bentonit

Na výrobu pelet byl použit komerční produkt bentonit B 75 (z roku 2013) firmy Keramost, a. s. Jedná se o Ca-Mg neaktivovaný bentonit pocházející z ložiska Černý vrch. Minerologické a chemické složení bentonitu B 75_2013 je uvedeno na obr. 6 a v tab. 1.

Z geotechnického hlediska je bentonit charakterizován mezi tekutosti, bobtnacím tlakem a hydraulickou vodivostí. Mez tekutosti se pohybuje okolo 170 %. Bobtnací tlak a propustnost bentonitu jsou závislé na ρ_d (suché objemové hmotnosti materiálu). Bobtnací tlak se exponenciálně zvyšuje od 1 MPa do 8 MPa pro materiál s $\rho_d = 1,26-1,64 \text{ g/cm}^3$. Pro průměrné $\rho_d = 1,4 \text{ g/cm}^3$, kterou má bentonit uvnitř experimentu, dosahuje bobtnací tlak cca 2 MPa. Hydraulická vodivost pro stejné rozmezí $\rho_d = 1,26-1,64 \text{ g/cm}^3$ postupně klesá z 10^{-12} m/s až 10^{-13} m/s (Vašíček et al., 2014).

5. 2 Beton

Beton je významnou složkou experimentu EPSP. Ve formě stříkaného vláknobetonu z alkalivzdorných skelných vláken je použit pro klíčové komponenty experimentu – obě betonové zátky. Minimální pevnost vláknobetonu v tlaku je 30 MPa, pevnost v tahu 3 MPa, hydraulická vodivost menší než 10^{-10} m/s (White et al., 2013).

Mimo vlastní betonové zátky je beton použit i pro pomocné konstrukce – stěny ze ztraceného bednění a filtr. Zde je ve formě drenážního (mezerovitěho) betonu tak, aby co nejméně ovlivňoval proudění uvnitř experimentu.

Významnou veličinou sledovanou u betonové směsi použité pro výstavbu zátky a pomocných konstrukcí je hodnota pH výluhu.



Obr. 5 Lisované pelety z bentonitu B75
Fig. 5 Compressed B75 bentonite pellets

required density level, bentonite will be used in the form of highly-compressed pellets (see Fig. 5). The objective is to achieve a minimum average dry density value following installation of 1.4 g/cm^3 which will ensure a low degree of permeability (hydraulic conductivity) and sufficiently high swelling pressure. The EPSP experiment also includes the testing of bentonite installation technology, for example the use of the shot clay method.

The bentonite sealant material is fitted with a filter fixed on both sides between the porous concrete walls. The function of the walls is to provide support not only for the filter, but also for the bentonite sealing material during the construction phase as well as to provide temporary support for the outer glass fibre-reinforced concrete plug.

The filter has been designed principally for the monitoring of seepage through the plug. Nevertheless, it is connected through the afore-mentioned boreholes to the service centre niche and can be used, if required, as an alternative pressurising chamber.

The EPSP is enclosed by an outer glass fibre-reinforced plug the structure of which is identical to that of the internal plug and the function of which is to mechanically stabilise the entire block.

The host rock environment also makes up an important component of the experiment. Indeed, the engineering structures described above cannot work in isolation but must function efficiently in harmony with the neighbouring rock massif.

The pressurising of the experiment will comprise the following:

- pressure testing of the inner plug during construction up to 1MPa;
- stressing of the experiment with air and water (max. up to 7MPa or to integrity failure);
- re-sealing with suspension (in the case of an integrity failure);
- repeated stressing of the experiment with air and water up to 7MPa or an integrity failure (following re-sealing).

The design of the experiment even provides for alternative testing scenarios in which the filter can be used as the pressurising chamber enabling the forced saturation of the bentonite sealant, the testing of reverse flow (first by bentonite then by the inner concrete plug) and the separate testing of the outer concrete plug.

5. CHARACTERISTICS OF THE MATERIALS USED

5. 1 Bentonite

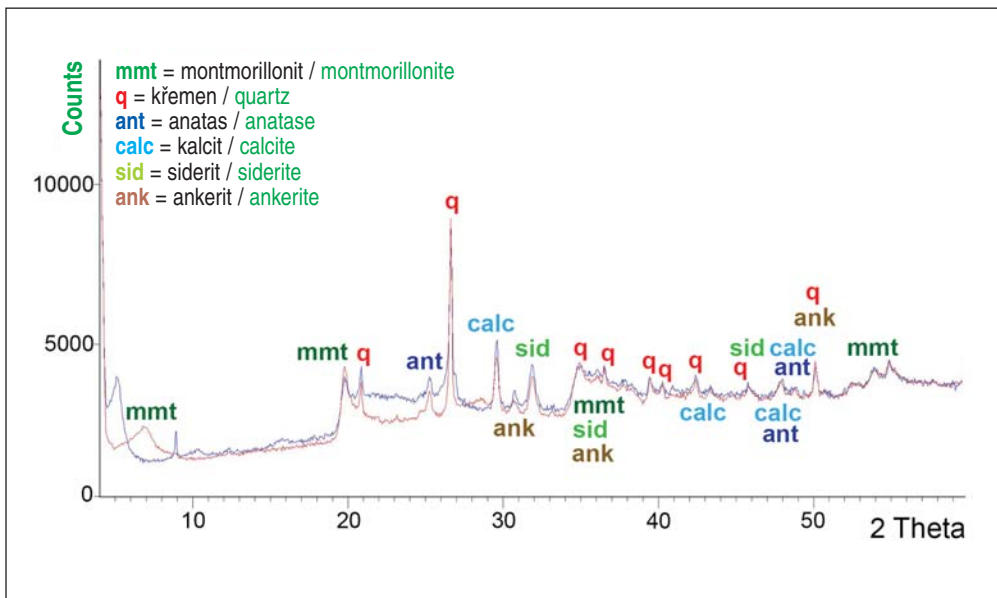
Bentonite B75 (from 2013), a non-activated Ca-Mg bentonite from the Černý vrch deposit and commercially produced by Keramost, a. s., was used for the production of the pellets. The mineralogical and chemical composition of bentonite B75_2013 is presented in Fig. 6 and in Table 1.

From the geotechnical point of view, bentonite is characterised by the liquid limit, swelling pressure and hydraulic conductivity; the liquid limit fluctuates around 170 per cent and the swelling pressure and permeability depend on ρ_d (the dry density of the material). Swelling pressure potentially increases from 1MPa to 8MPa for a material with $\rho_d = 1.26-1.64 \text{ g/cm}^3$. For an average of $\rho_d = 1.4 \text{ g/cm}^3$, i.e. the dry density value of the bentonite in the experiment, swelling pressure reaches around 2MPa. Hydraulic conductivity for the same range of $\rho_d = 1.26-1.64 \text{ g/cm}^3$ gradually diminishes from 10^{-12} m/s to 10^{-13} m/s (Vašíček et al., 2014).

5. 2 Concrete

Concrete makes up an important component of the EPSP experiment due to its use in the key elements of the experiment in the form of shotcrete reinforced with alkaline-resistant glass fibres (both concrete plugs). The minimum compressive strength of the glass fibre-reinforced concrete is 30MPa, tensile strength is 3MPa and hydraulic conductivity is lower than 10^{-10} m/s (White et al., 2013).

In addition to the plugs themselves, concrete was also used for the construction of the auxiliary structures, i.e. the temporary



Obr. 6 RTG difrakční záznam B 75_2013

(X'Pert PRO, CuK α , 40 kW, 30 mA, High Score Plus, analyzováno na VŠCHT, červené spektrum – vzorek B 75_2013, modré spektrum – tentýž vzorek po glykolaci)

Fig. 6 X-ray diffraction pattern B75_2013

(X'Pert PRO, CuK α , 40 kW, 30 mA, High Score Plus, analysed by the University of Chemical Technology, red spectrum – sample B 75_2013, blue spectrum – the same sample after glycolation)

Pro potřeby projektu je požadováno, aby veškerá použitá betonová směs měla snížené pH (pH výluhu <11,7), z důvodu omezení nepříznivého působení na bentonit.

6 MONITORING EXPERIMENTU

Jedním z hlavních cílů EPSP je ověřit funkčnost navrženého řešení zátky. Proto je velmi důležité znát, jaké procesy v ní probíhají. Experiment je z tohoto důvodu komplexně instrumentován. Instrumentace je navržena tak, aby bylo možné sledovat vývoj hlavních stavových veličin v klíčových místech experimentu. To zahrnuje zejména sledovat:

- odezvu horninového prostředí pomocí měřicích svorníků;
- rozložení teploty a deformace uvnitř obou zátek ze stříkaného vláknobetonu;
- kontaktní napětí mezi zátkami ze stříkaného vláknobetonu a horninou;
- rozložení vlhkosti uvnitř bentonitového těsnění;
- rozložení bobtnacího tlaku uvnitř bentonitového těsnění;
- rozložení pórového tlaku uvnitř bentonitového těsnění;
- tlak a teplotu v tlakovací komoře;
- tlak a teplotu uvnitř filtru;
- množství vody drénované filtrem;
- tlak, množství a typ tlakovacího média.

Důležitou částí prací je i ověření vhodnosti zvolené technologie výstavby pro daný typ konstrukce. Monitoring proto začíná již před zahájením výstavby a celou výstavbu sleduje. Lze jej rozdělit do následujících fází podle jejich hlavní náplně:

- fázi přípravnou (kalibrace systému a získání dat pro klidový stav horninového masivu);
- výstavbu až po dokončení vnitřní zátky (sledování vnitřní zátky – vývoj hydratačního tepla/teploty, monitoring deformací a kontaktních napětí);
- zkoušku vnitřní zátky (odezva vnitřní zátky a horninového prostředí);
- dokončení výstavby experimentu (kontrola instalace bentonitového těsnění a vnější betonové zátky);
- zkušební provoz (kontrola funkčnosti technologie pro tlakování experimentu a kontrola celkové funkce);
- hlavní experimentální program (komplexní sledování chování celého experimentu).

concrete walls and filter, in this case in the form of porous concrete which is designed so as to influence flow within the experiment as little as possible.

The pH value of the leachate makes up an important quantity in terms of the concrete mixture used in the construction of the plug and auxiliary structures. The needs of the project dictate that the pH value of the concrete mixture is kept to the minimum (leachate pH value of <11.7) so as to limit any unfavourable effects on the bentonite sealant.

6 MONITORING OF THE EXPERIMENT

One of the main objectives of EPSP is to verify the effectiveness of the sealing plug; therefore it is essential that the processes taking place within it be accurately determined. Hence, the experiment has been fitted with a comprehensive

instrumentation system which has been designed in such a way that it allows for the monitoring of the development of the principal variables at key stages of the experiment. Principally it comprises the monitoring of:

- the response of the surrounding rock environment using measurement bolts;
- temperature and deformation distribution within both the glass fibre-reinforced shotcrete plugs;
- contact stress between the glass fibre-reinforced shotcrete plugs and the rock;
- moisture distribution within the bentonite sealant;
- swelling pressure distribution within the bentonite sealant;
- pore pressure distribution within the bentonite sealant;
- positive pressure and temperature in the pressurisation chamber;
- pressure and temperature within the filter;
- amount of water drained through the filter;
- pressure and the amount and type of pressurisation medium.

A further important aim of the experiment consists of the verification of the suitability of the construction technology selected for particular structures. The monitoring process therefore commenced prior to the start of the construction stage and will provide for the monitoring of the whole of the construction period which can be divided into the following phases according to main purpose:

- the preparatory phase (calibration of the system and the collection of data for determining the static state of the rock massif);
- construction work up to the completion of the inner plug (monitoring of the inner plug – the development of hydration heat/temperature, the monitoring of deformation and contact stress);
- the testing of the inner plug (inner plug and rock environment response);
- the completion of the construction of the experiment (inspection of the installation of the bentonite sealant and the outer concrete plug);
- trial operation (checking of the functioning of the pressurisation equipment and overall functioning);
- the main experimental programme (comprehensive monitoring of the behaviour of the whole experiment).

Systém monitoringu využívá moderních technologií tak, aby veškerá data byla ihned k dispozici uživateli pro další využití. Sbíraná data jsou kontinuálně ukládána do databáze měřicího systému. Kromě vlastních naměřených dat, která systém uchovává v primárních jednotkách, databáze obsahuje komplexní informace o jednotlivých čidlech instalovaných v experimentu a deník experimentu. Nedílnou součástí měřicího systému je webové rozhraní. To umožňuje jednoduchým způsobem získat přehled o dění v experimentu. Mezi základní informace (služby), které rozhraní poskytuje, patří: seznam čidel s možností vykreslení grafů za zvolené období, 3D vizualizace aktuálního stavu, přehled o funkčnosti systému a deník experimentu.

7 ZÁVĚR

Experiment EPSP realizovaný v Regionálním podzemním výzkumném centru URC Josef je jedním z významných mezinárodních projektů, na kterém se SÚRAO podílí. Po celou dobu jeho trvání je zde kladen vysoký důraz na použití primárně českých materiálů, zejména bentonitu typu B 75 a technologií dlouhodobě vyvíjených v ČR jako například technologie stříkaného bentonitu.

Chování celé zátky po dobu experimentu je pečlivě sledováno systémem monitoringu. Závěrečné vyhodnocení experimentu proběhne za pomoci numerické analýzy a modelování. Úspěšná realizace experimentu EPSP přispěje k prokázání funkčnosti systému těsnících zátek, a tím i k objasnění jedné z mnoha otázek dlouhodobé bezpečnosti hlubinného úložiště radioaktivních odpadů v České republice.

**ING. MARKÉTA DVOŘÁKOVÁ, dvorakova@surao.cz,
RNDr. IRENA HANUSOVÁ, Ph.D., hanusova@surao.cz,
ING. MAREK VENCL, vencl@surao.cz, SÚRAO,
ING. JIŘÍ SVOBODA, Ph.D., jiri.svoboda@seznam.cz,
ČVUT Praha**

Recenzovali: Ing. Petr Večerník, Ing. Alexandr Butovič, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií v rámci 7. rámcového projektu FP7 Euratom (European Union's European Atomic Energy Community's), grantová dohoda číslo 323273, projekt DOPAS.

Tento projekt je také podpořen z prostředků státního rozpočtu ČR prostřednictvím Ministerstva pro školství, mládež a tělovýchovu – institucionální podpora č. 7G13002.

The monitoring system employs modern technology which allows for the immediate availability of the data collected for end users; the data is stored on a continuous basis in the specially-designed measurement system database. In addition to the measured data, which is stored by the system in primary units, the database also contains comprehensive information from individual sensors installed within the experiment and the experiment's log. The web interface, which makes up an indispensable part of the measurement system, provides for those involved to obtain a general overview of events occurring within the experiment; the basic information services provided by the interface include: a list of sensors which allows for the plotting of graphs over a selected period, the 3D visualisation of the current situation, an overview of the overall functioning of the system and the experiment's log.

7 CONCLUSION

The EPSP experiment currently underway at the Josef Regional Underground Research Centre is one of the most important international projects that SÚRAO (the Czech Radioactive Waste Repository Authority) has ever been involved in. Emphasis has been placed since the commencement of the project on the use of Czech materials, i.e. B75 bentonite, and technologies which have been under development for many years in the Czech Republic, for example sprayed bentonite technology.

The behaviour of the plug will be comprehensively monitored throughout the duration of the experiment. The final assessment of the experiment will involve the use of numerical analysis and modelling techniques. Finally, it is envisaged that the successful completion of the EPSP experiment will contribute towards demonstrating how sealing plug systems behave under real conditions and, thus, towards answering one of the many outstanding questions concerning the long-term safety of a future deep geological radioactive waste repository in the Czech Republic.

**ING. MARKÉTA DVOŘÁKOVÁ, dvorakova@surao.cz,
RNDr. IRENA HANUSOVÁ, Ph.D., hanusova@surao.cz,
ING. MAREK VENCL, vencl@surao.cz, SÚRAO,
ING. JIŘÍ SVOBODA, Ph.D., jiri.svoboda@seznam.cz,
ČVUT Praha**

ACKNOWLEDGEMENTS

The research is being funded from the European Union European Atomic Energy Community (Euratom) Seventh Framework Programme FP7 (2007-2013) according to grant agreement no. 323273, the DOPAS project.

The project is also supported by the Czech Republic via funding provided by the Ministry of Education, Youth and Sports – institutional support grant no. 7G13002.

LITERATURA / REFERENCES

- DIXON, D. et al. Underground Disposal Facility Closure Design 2012. Posiva Working Report 2012-09, Finland : POSIVA, 2012, 96 s. Geofond: Dobříš 1-9/34-24, M-SCH-Z/SP-59.
- MONTES, H. G. et al. Structural modifications of Callovo-Oxfordian argillite under hydration/dehydration conditions. *Applied Clay Science*, 2004, roč. 25, 3-4, 187-194 s.
- MORÁVEK, P. et al. *Zlato v Českém masivu*. 1. vyd. Praha : Český geologický ústav, 1992, 243 s. ISBN 80-7075-088-X.
- PAČES, T. et al. *Výzkum procesů pole vzdálených interakcí HŮ vyhořelého jaderného paliva a vysoce aktivních odpadů*. Souborná zpráva. Praha : Česká geologická služba, 2010, 577 s.
- PUIGDOMENECK, I. ed. *Hydrochemical stability of groundwaters surrounding a spent nuclear fuel repository in a 100,000 year perspective*. SKB Technical Report TR-01-28. Stockholm : SKB, 2001, 83 s.
- POSPÍŠKOVÁ, I. et al. *Aktualizace referenčního projektu hlubinného úložiště radioaktivních odpadů v hypotetické lokalitě*. Závěrečná zpráva. Praha : ÚJV Řež, a. s., 2012, 107 s.
- VAŠÍČEK, R. et al. *Deliverable D3.17 – Interim results of EPSP laboratory testing, DOPAS project FP7 EURATOM, no. 323273*. Průběžná zpráva projektu DOPAS. Praha : Czech Technical University in Prague, 2014, 32 s.
- VEČERNÍK, P. et al. *Odborná podpora při provedení a vyhodnocení experimentu EPSP v rámci projektu DOPAS*. Přehledná zpráva o provedených pracích v roce 2013. Praha : ÚJV ŘEŽ, a. s., 2013, 32 s.
- WHITE, M. et al. *Deliverable D2.1 Design Bases and Criteria, DOPAS project FP7 EURATOM, no. 323273*. Průběžná zpráva projektu DOPAS version 1d4 from 26. November 2013, Galson Sciences Limited, 2013, 95 s.

PŘÍPRAVA HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ V ČESKÉ REPUBLICĚ

PREPARATION OF A DEEP GEOLOGICAL REPOSITORY IN THE CZECH REPUBLIC

ILONA POSPÍŠKOVÁ

ABSTRAKT

Zneškodňování vyhořelého jaderného paliva a dalších radioaktivních odpadů, vznikajících převážně v jaderné energetice, je společensky důležitá téma. Základním požadavkem, kladeným na úložiště radioaktivních odpadů, je zamezit úniku radionuklidů do životního prostředí. Projekt bezpečného uložení vyhořelého jaderného paliva v hlubinném úložišti je založen na multibariérovém bezpečnostním konceptu, jehož první bariérou je ukládací obalový soubor, druhou bariérou jsou nepropustné jílové materiály a třetí stabilní horninové prostředí 500 m pod povrchem země. Hlubinné úložiště je jaderné zařízení, s povrchovým a podzemním areálem. Proto spadá pod působnost a musí splňovat veškeré relevantní požadavky z oblasti jaderné a báňské legislativy, pozemního stavitelství a environmentálních vlivů. Správa úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO) je pověřena koordinací prací, které povedou k realizaci hlubinného úložiště. V současné době jsou rozpracovány dvě varianty technického řešení v různé hloubce zpracování.

ABSTRACT

The disposal of spent nuclear fuel and other radioactive waste originating mainly in the nuclear energy sector is a topic with huge social importance. The basic requirement of repositories for radioactive waste is the prevention of the escape of radionuclides into the biosphere. The safe disposal of spent nuclear fuel in deep geological repositories (DGR) is based on the so-called multi-barrier concept the first barrier of which consists of the waste package; the second barrier is made up of impermeable clay and the third is provided by the surrounding stable rock environment at a depth of 500m below the earth's surface. DGRs are considered nuclear facilities and will feature both above-ground and underground premises. Hence such facilities are subject to the relevant requirements as set out in nuclear and mining legislation, underground construction engineering regulations and environmental considerations. The Czech Radioactive Waste Repository Authority (SÚRAO) is responsible for coordinating the huge range of activities which will eventually lead to the commissioning of the Czech DGR. Two variants concerning the technical design of the DGR, at different stages of development, are currently being considered.

1 ÚVOD

Využití jaderné energie a ionizujícího záření se stalo přirozenou součástí rozvoje vyspělých států. Při jejím využívání, zejména v energetice, ale i v jiných průmyslových odvětvích, zdravotnictví nebo výzkumu, vznikají radioaktivní odpady.

Z hlediska objemu tvoří největší podíl odpady z jaderných elektráren, z hlediska jejich aktivity pak odpady nízkooaktivní a středněaktivní. Takové odpady se po zpracování a úpravě ukládají do přípovrchových úložišť. V České republice jsou to úložiště Dukovany, které je určeno především pro radioaktivní odpady z provozu jaderných elektráren a z jejich plánovaného vyřazování, a úložiště Richard a Bratrství, určená pro institucionální odpady (tj. z ostatních odvětví mimo energetiku).

Při provozu energetických i výzkumných jaderných reaktorů vzniká vyhořelé jaderné palivo (v některých publikacích je možné se setkat i s pojmem použité jaderné palivo), které v případě, že nebude rozhodnuto o jeho dalším využití, je třeba považovat za radioaktivní odpad. V současných typech reaktorů se využívá jen malý podíl štěpného materiálu, proto může být vyhořelé jaderné palivo považováno za dále využitelný energetický zdroj. Ale ani technologie přepracování, ani nejpokročilejší palivové cykly s využitím transmutace dlouhodobých radionuklidů nedokážou přeměnit všechny odpady s dlouhodobými radionuklidy z přepracování vyhořelého jaderného paliva na odpady, které by bylo možné uložit v přípovrchových úložištích. Uložení jak vyhořelého paliva, tak i odpadů po jeho přepracování do hlubinného úložiště se jak v Evropě, tak i ostatních vyspělých zemích (USA, Kanada, Japonsko, Rusko) považuje za nejbezpečnější způsob jejich zneškodnění.

Česká republika má vládou schválenou koncepci nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem, jejímž základním předpokladem je, že české jaderné elektrárny jsou provozovány v otevřeném palivovém cyklu, což znamená, že se

1 INTRODUCTION

The use of nuclear power and ionising radiation has become a natural feature of many of the world's developed countries. Radioactive waste is created primarily as the result of the generation of nuclear power but also in other branches of industry and the health and research sectors.

As far as volume is concerned, the vast majority of waste is created by nuclear power plants; in terms of activity most waste is made up of low- and medium-level waste which is disposed of, following strictly-controlled processing and treatment, at near-surface repositories. The Czech Republic has three operational repositories: Dukovany, which is intended primarily for radioactive waste produced as a result of the operation of the Czech Republic's two nuclear power plants and the planned decommissioning of these plants, and the Richard and Bratrství repositories which are used for the disposal of so-called institutional waste (i.e. waste from sectors other than the power sector).

Spent nuclear fuel (sometimes referred to as used nuclear fuel) is produced as the result of the operation of power generation and research reactors and is considered to be radioactive waste if no decision has been made on its further use; the proportion of fissile material used in today's reactors is relatively low therefore spent nuclear fuel can be reprocessed to produce a new nuclear power source. Nevertheless, neither reprocessing technologies nor the most advanced fuel cycles employing the transmutation of long-lived radionuclides are capable of converting the waste produced into a form which can be disposed of at near-surface repositories. Therefore, the disposal of spent nuclear fuel, and waste produced following reprocessing, in DGRs is considered, not only in Europe but also in other developed parts of the world (the USA, Canada, Japan, Russia) to be by far the safest way of rendering such waste harmless.

v blízké budoucnosti nepočítá s přepracováním vyhořelého jaderného paliva. Rozhodnutí, zda přepracovat vyhořelé jaderné palivo, není zcela jednoduché, je nutné vzít v úvahu nejen ekonomické hledisko, ale i technické možnosti využití přepracovaného vyhořelého jaderného paliva v podmínkách České republiky. Stávající koncepce předpokládá, že první vyhořelé jaderné palivo bude předáno k uložení okolo roku 2065.

Nicméně to, že byly v areálech jaderných elektráren vybudovány sklady vyhořelého jaderného paliva, umožňuje zaujmout vyčkávací pozici (tj., že v závislosti na podmínkách bude možné vyhořelé jaderné palivo buď přepracovat, nebo využít nově vyvíjené transmutační technologie) a zároveň poskytuje výhodu při návrhu vlastního technického řešení hlubinného úložiště z důvodu poklesu vývinu tepla a záření během skladování.

2 KONCEPČNÍ PŘÍSTUP K ŘEŠENÍ HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ

Systematický proces přípravy hlubinného úložiště v ČR začal v roce 1989 po vypovězení smlouvy o bezplatném odvozu vyhořelého jaderného paliva do Ruské federace. Je tedy třeba najít řešení, které zajistí dlouhodobou izolaci ukládaného odpadu od životního prostředí.

Již v roce 1993 bylo navrženo řešení, založené na švédském multibariérovém bezpečnostním konceptu, jehož základní bariérou je korozivzdorný ukládací obalový soubor, další bariérou jsou nepropustné jílové materiály (bentonit) a třetí bariéru tvoří stabilní horninové prostředí cca 500 m pod povrchem země.

Vlastní technické řešení hlubinného úložiště bude výrazně ovlivněno řadou vstupních a okrajových podmínek. Tyto podmínky lze rozčlenit v zásadě do několika skupin.

První skupinou jsou podmínky strategického charakteru, to znamená zejména specifikace množství a vlastností ukládaného odpadu a jeho forma k uložení. K těmto podmínkám lze zařadit rozhodnutí o tom, zda bude uloženo nepřeprocessované palivo, nebo se budou ukládat odpady z přepracování; zda horká komora, která slouží k přeložení paliva do ukládacích obalových souborů, bude součástí areálu hlubinného úložiště, nebo se tyto činnosti budou vykonávat jinde, například v areálu jaderné elektrárny, a do hlubinného úložiště se budou přivážet už připravené ukládací obalové soubory.

Druhou skupinou jsou požadavky a omezení vzniklé na základě charakteristiky lokality. Pro řešení podzemního areálu jsou to zejména ty, které se týkají kvality horninového masivu, například údaje o průběhu hlavních zlomů a deformačních zón, geotechnických vlastnostech skalního masivu, hloubkovém dosahu denudačních procesů, nebo chemickém složení podzemní vody. Pro povrchový areál pak například morfologie terénu v místě výstavby areálu, která může ovlivnit velikost nadzemního areálu i umístění některých důležitých i podpůrných technologií, možnosti napojení na místní infrastrukturu, atd. Důležitá jsou i specifická environmentální omezení, jako například povětrnostní podmínky nebo krajinný ráz.

Další důležitou skupinou jsou legislativní požadavky. Hlubinné úložiště je jaderné zařízení, s povrchovým a podzemním areálem. Proto spadá pod působnost a musí splňovat veškeré relevantní požadavky z oblasti jaderné a báňské legislativy, pozemního stavitelství a environmentálních vlivů.

Poslední skupinu tvoří socio-ekonomické podmínky. V tomto případě se jedná především o to, jak vyhovět požadavkům veřejnosti na zakomponování areálu do okolní krajiny nebo jak minimalizovat vlivy výstavby na okolní prostředí.

Navržené technické řešení musí být ověřeno prokázáním bezpečnosti, a to jak provozní, ale především dlouhodobé, která se vzhledem k charakteru uložených odpadů pohybuje v rádech statisíců let. Hodnocení provozní bezpečnosti musí být provedeno jak pro normální provoz, tak pro projektové nehody, které by

The Czech Republic has a government-approved concept for the handling of radioactive waste the basic assumption of which is that Czech nuclear power plants are, and will continue to be, operated on an open fuel cycle basis which means that the reprocessing of spent nuclear fuel is not planned at least in the near future. The decision whether or not to reprocess spent nuclear fuel is not simple; it is necessary to take into consideration not only the economic aspects but also the technical limitations of the use of reprocessed nuclear fuel under conditions currently pertaining in the Czech Republic. The government concept assumes that the transfer of spent nuclear fuel for disposal will commence in 2065.

The fact that secure spent nuclear fuel storage facilities have been constructed within nuclear power plant complexes allows for the adoption of a "wait and see" approach (i.e. reprocessing or the use of new transmutation techniques might be employed in the future depending on technical and other developments). At the same time, this approach provides an advantage in terms of the design of the technical aspects of deep geological disposal in that it allows for a decrease in heat and radiation levels during the storage period.

2 CONCEPTUAL APPROACH TO A DEEP GEOLOGICAL REPOSITORY

The systematic process of the development of a deep geological repository in the Czech Republic commenced in 1989 following the termination of an agreement on the removal of spent nuclear fuel to the Russia. It was seen as essential that a solution be found which would ensure the long-term isolation of spent nuclear waste from the biosphere.

As early as in 1993 a solution was proposed based on the Swedish multi-barrier safety concept according to which the basic barrier consists of an anti-corrosion treated waste package, the next barrier is made up of impermeable clay (bentonite) and the third consists of a stable rock environment located around 500m below the earth's surface.

The technical aspects of the DGR will be significantly affected by a range of input and boundary conditions which can be divided into several groups.

The first group covers strategic character conditions, which means essentially the determination of the amount and properties of the materials to be disposed of and the form of disposal. In addition, this group will include for example the decision concerning the storage of non-reprocessed spent fuel or reprocessed waste and whether the hot cell used for the loading of spent fuel into waste packages will be located at the DGR complex or whether this operation will be carried out elsewhere for example at nuclear power plants from where the prepared waste packages will be transported to the DGR.

The second group covers requirements and restrictions issuing from the characteristics of the location chosen for the DGR. In terms of the underground complex, such requirements relate primarily to the quality of the rock mass, i.e. data on the nature of the principal faults and deformation zones, the geotechnical properties of the rock mass, the depth range of denudation processes and the chemical composition of the local groundwater. With regard to the above-ground complex, considerations include, for example, the morphology of the area, which will influence the extent of the above-ground complex and the location of essential and support technical facilities, the ease of connecting to the local infrastructure network and so on. Specific environmental restrictions, for example local weather conditions and the character of the local countryside will also have to be considered.

mohly mít největší dopad na životní prostředí a obyvatelstvo. Při hodnocení dlouhodobé bezpečnosti po uzavření úložiště je třeba zvažovat i velmi málo pravděpodobné procesy a události, které se mohou vyskytnout v horizontu statisíců let. Výsledky těchto výpočtů se musí zpětně promítnout do návrhu technického řešení.

3 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ

3.1 Přístup k návrhu technického řešení

V současné době jsou v ČR rozpracovány dvě varianty technického řešení, ale v různé hloubce zpracování (Holub et al., 1999, Pospíšková et al., 2012). Obě technická řešení jsou založena na základních vstupních předpokladech, že vyhořelé jaderné palivo se bude ukládat nepřepřacované, v ocelových obalových souborech, v hloubce cca 500 m pod povrchem země, v granitoidní hornině.

S ohledem na zatím neukončený proces výběru lokality bylo nutné při zpracování projektu umístit stavbu do hypotetické lokality, jejíž charakteristiky jsou založeny na dostupných geologických a environmentálních poznatcích z lokalit s krystalinickými horninami, kde by úložiště mělo být umístěno. Výběr lokality je podřízen zejména požadavku zajištění dlouhodobé bezpečnosti. Neméně důležitá však budou kritéria environmentální, socio-ekonomická, demografická a kritéria projektová.

Důležitou oblastí, která má vliv na technické řešení hlubinného ukládání, je ukládaný inventář, a to nejen jeho množství, ale i forma. V referenčním projektu 2012 byly provedeny bilance pro otevřený palivový cyklus (vyhořelé palivo nebude přepracováno) i pro částečně uzavřený palivový cyklus (s předpokládaným částečným přepracováním). Návrh technického řešení byl zpracován pro variantu nepřepřacovaného paliva. Jedná se tedy o okrajovou „maximalistickou“ variantu. V případě, že by v budoucnu bylo rozhodnuto, že vyhořelé jaderné palivo se bude přepracovávat, výsledný objem k uložení bude vždy menší. Dalším předpokladem je, že do hlubinného úložiště se budou ukládat i radioaktivní odpady, které svými parametry nevyhoví podmínkám přijatelnosti pro uložení do stávajících úložišť. Jedná se o malou frakci provozních odpadů jak z energetických zdrojů, tak výzkumných pracovišť a odpadů z jejich vyřazování. Do bilancí bylo započteno vyhořelé jaderné palivo i odpovídající množství radioaktivních odpadů jednak ze 40letého provozu stávajících jaderných elektráren a dále ze 60letého provozu tří nových jaderných zdrojů. Celkem se jedná o cca 7700 tU a cca 4500 t ostatních radioaktivních odpadů. Při navržených konstrukcích ukládacích obalových souborů by to znamenalo cca 6000 ks pro vyhořelé jaderné palivo a cca 3000 ks betonkontejnerů pro ostatní radioaktivní odpady. Všechny bilance byly provedeny v souladu s aktuální strategií ČEZ, a. s., a při optimalizaci technického řešení bude vždy nutné aktualizovat i vstupní údaje týkající se ukládaného inventáře.

Koncepční technické řešení předpokládá, že vyhořelé jaderné palivo se bude do hlubinného úložiště přivážet v obalových souborech (kontejnerech), ve kterých se skladuje v suchých skladech v areálech jaderných elektráren. V současné době se jedná o CASTOR® 440/84, CASTOR® 440/84M, CASTOR® 1000/19 s typovým schválením B(U)F (uvedené označení je v souladu s požadavky vyhl. Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB) 317/2002 Sb. v platném znění). Proto se předpokládá, že součástí areálu hlubinného úložiště bude překládací uzel s horkou komorou, ve které se bude vyhořelé jaderné palivo zavážet do ukládacích obalových souborů.

Ukládací obalové soubory pro vyhořelé jaderné palivo (obr. 1) musí splnit náročné požadavky, a to nejen ve fázi provozní, ale zejména po uzavření úložiště. Musí být zajištěna jaderná bezpečnost, to znamená odvod zbytkového tepelného výkonu a podkritičnost během všech manipulací a po celou dobu uložení, a to jak během normálního provozu, tak při projektových haváriích. Dále musí být zajištěna radiační ochrana; ukládací obalové soubory musí zamezit úniku radioaktivních látek, a to znamená

The third group covers legislative issues. The future DGR will be considered a nuclear facility with above-ground and underground facilities; therefore it will be necessary to satisfy the strict requirements of relevant nuclear and mining legislation, and fully respect underground construction engineering limitations and environmental concerns.

The final group consists of socio-economic considerations and the task in this case is to determine public opinion with regard to DGR siting and to minimise the impact of DGR construction on the local environment.

The design of the DGR will prioritise safety issues, both operational and, particularly, long term, i.e. over a period of time in the order of hundreds of thousands of years depending upon the character of the waste disposed of. An operational safety assessment will be conducted with regard to both normal operation and potential project incidents which could have a significant impact on the local population and environment. As far as long-term safety following DGR closure is concerned, it will be necessary to consider even extremely unlikely processes and events that might occur over the next few hundreds of thousands of years. The results of such analysis must be reflected in the overall technical design of the DGR.

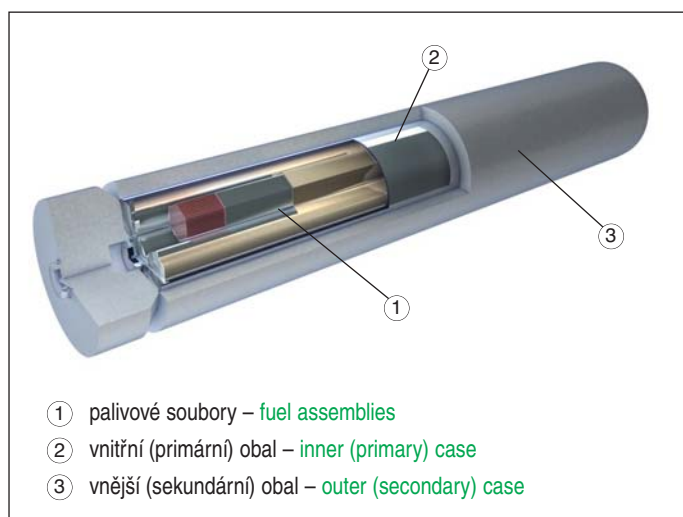
3 TECHNICAL DESIGN OF THE DEEP GEOLOGICAL REPOSITORY

3.1 Approach to the technical design

Two variants, at different stages of development, are currently being pursued with regard to the technical design for the future Czech DGR (Holub et al., 1999, Pospíšková et al., 2012). Both of the designs are based on the basic input assumption that spent nuclear fuel will be stored unprocessed in steel waste packages in granitoid rock at a depth of around 500m beneath the earth's surface.

Since a final location for the DGR has not yet been selected, it was necessary during the design preparation stage to site the facility at a hypothetical location the characteristics of which are based on geological and environmental information already available from areas featuring crystalline rock in which it is assumed that the repository will be located. The main priority in terms of the selection of a location is that of the requirement for ensuring long-term safety; however, environmental, socio-economic, demographic and design-related criteria will be no less important.

The inventory of the waste which will be disposed at the repository, the amount as well as the form, has a significant influence on the technical design of the DGR. A number of options for waste from the open fuel cycle (non-reprocessed spent fuel) as well as the partly closed fuel cycle (assuming partial reprocessing) were considered in the 2012 Reference Design. However, the final technical design proposal considered unprocessed spent fuel only in terms of volume, i.e. the maximum variant. If a decision is made in the future that spent nuclear fuel will be reprocessed, the resulting volume of waste will be less than envisaged. A further assumption is that radioactive waste that will not meet acceptability conditions for storage at existing near-surface repositories will be stored in the DGR. This will be however a small fraction of the waste expected from the operation and decommissioning of nuclear power plants and research reactors. The calculation of volume includes the spent nuclear fuel and other radioactive waste from the 40-year operation of existing nuclear power plants as well as the 60-year operation of three new nuclear power sources. The total volume assumed amounts to around 7700 tonnes of heavy metal and around 4500 tonnes of other waste. In terms of the number of waste packages, this means 6000 containers of spent



Obr. 1 Ukládací obalový soubor pro vyhořelé jaderné palivo
 Fig. 1 Waste package for spent nuclear fuel

těsnost obalového souboru nejen v provozní fázi, ale i v dlouhodobém časovém horizontu po dobu tisíců let. Životnost obalového souboru je zajištěna volbou materiálu nejen vlastního obalového souboru, ale i ostatních inženýrských bariér a jejich vzájemnou interakcí. Úložiště tak musí zajistit bezpečnost v řádech statisíců let.

Podle charakteru ukládaného materiálu, tj. vyhořelé jaderné palivo, bude v souladu s platnou českou legislativou (vyhl. SÚJB 317/2002 Sb. v platném znění) použit obalový soubor typu D, který podle citované vyhlášky podléhá typovému schvalování. Typové schvalování je proces, v rámci kterého se Státnímu úřadu pro jadernou bezpečnost dokládá, že navržený obalový soubor splňuje všechny požadavky na něj kladené, včetně dokumentace předepsaných zkoušek.

3.2 Popis technického řešení

Hlubinné úložiště bude tvořeno dvěma areály – povrchovým a podzemním. V povrchovém areálu budou umístěny objekty nutné pro příjem a zabezpečení provozu ukládání vyhořelého jaderného paliva a radioaktivních odpadů, dále objekty nutné pro zajištění těžební činnosti, včetně jejich technického zázemí, objekty pro zajištění pobytu pracovníků, administrativu, a rovněž objekty zajišťující provoz povrchového i podzemního areálu (komunikace, inženýrské sítě, fyzickou ochranu areálů atd.).

Povrchový areál bude napojen na silniční a železniční infrastrukturu. Pro přepravu obalových souborů s vyhořelým jaderným palivem a radioaktivními odpady bude využita především železniční doprava. Může být rovněž využita pro dopravu stavebních a dalších materiálů, příp. na transport rubaniny z areálu HÚ v průběhu výstavby.

Přepravní obalové soubory/kontejnery s vyhořelým jaderným palivem budou po příjezdu do areálu zavezeny do překládacího uzlu, který bude vybaven horkou komorou. V ní bude palivo překládáno do ukládacích obalových souborů. Po jejich uzavření, kontrole a povrchové úpravě budou zaváženy do podzemního areálu k uložení. Zmíněné provozy mohou být součástí povrchového areálu, jak bylo uvažováno v referenčním projektu z roku 1999. Pokud to morfologie terénu dovolí, mohou ale být i součástí podzemního areálu (obr. 2); toto uspořádání bylo řešeno v referenčním projektu z roku 2012.

Vyhořelé jaderné palivo a ostatní radioaktivní odpady budou ukládány na horizontu –500 m. Přístup do podzemního areálu bude pro personál zajištěn svislým dílem, pro vyhořelé jaderné palivo a pro ostatní radioaktivní odpady se uvažují dvě varianty – svislým nebo úklonným dílem. Obě řešení mají své nesporné výhody, ale i rizika a nevýhody.

nuclear fuel and approximately 3000 concrete containers of other radioactive waste. The amounts were determined according to the current strategy of ČEZ (the Czech Power Company), and should conditions change, the input data regarding the waste inventory will, naturally, be updated.

The current high-level waste concept assumes that spent nuclear fuel will be transported to the DGR in specially-designed waste containers in which the waste will be stored in dry storage facilities located at nuclear power plants. Currently the following containers are used for storage purposes: CASTOR® 440/84, CASTOR® 440/84M, CASTOR® 1000/19 with B(U)F approval (in compliance with the requirements of Decree No. 317/2002 Coll. of the State Office for Nuclear Safety (SUJB) as amended). It is assumed that reloading will take place prior to DGR disposal using a hot cell which will be located within the DGR complex.

Waste containers for spent nuclear fuel (Fig. 1) will have to meet stringent requirements, not only in the operational phase of the DGR but, importantly, following repository closure. Nuclear safety must be ensured with regard to heat dissipation and during the handling and storage periods, i.e. concerning both normal operation and potential project incidents. In addition, radiation protection must also be ensured; waste packages must be able to prevent the escape of radioactive material. This means that the waste container must maintain its integrity not only during the operational phase but also in the order of thousands of years post-closure. The lifetime of the waste package depends on the materials used for the container itself and for the other engineered barriers as well as on their mutual interaction. In this way repository safety will be ensured over a period of hundreds of thousands of years.

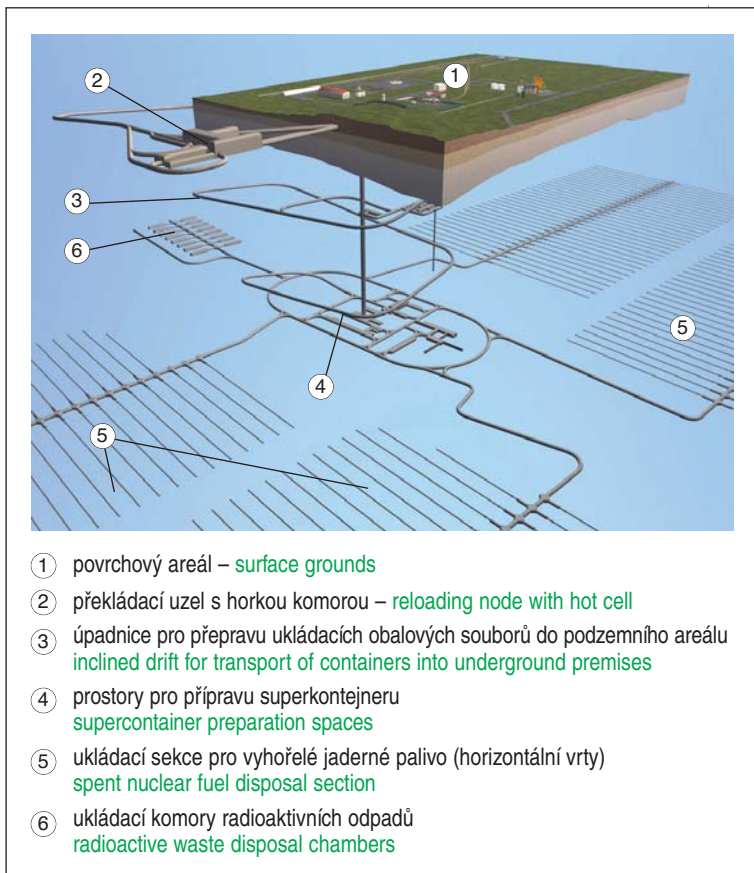
With respect to the character of the spent nuclear fuel which will be disposed of, it is assumed that the D-type waste package will be used in compliance with the applicable Czech legislation (SUJB Decree No. 317/2002 Coll. as amended) according to which this type of waste package is subject to approval. Obtaining such approval forms part of the overall SUJB approval process and will ensure that the proposed waste package meets all the relevant requirements inclusive of the submission of testing documentation.

3.2 Technical design

The DGR will consist of two parts – the above-ground and underground facilities. The structures necessary for the acceptance of and support for the disposal of the spent nuclear fuel and radioactive waste as well as those required for the related mining activities, including support facilities, the buildings required for the accommodation of DGR construction workers and administrative staff as well as for the operation of both the above-grade ground and underground facilities (access roads, utility networks, security etc.) will be located above ground.

The above-ground facility will be connected to the local road and railway systems; it is envisaged that the spent nuclear fuel and radioactive waste packages will be transported by rail. Railway transport will also be used for the transport of building and other materials and for the removal of excavated material produced as a result of the construction process.

Once the waste packages/containers with spent nuclear fuel arrive at the DGR, they will be transferred to the so-called reloading node which will be equipped with a hot cell in which the waste will be reloaded into waste containers. Following closure, checking and surface treatment, the packages will be transported to the underground facility for disposal. Although it is planned that the transfer process will take place above-ground according to the 1999 Reference Design, it may be possible, as outlined in the 2012 reference Design, to undertake the reloading process underground (see Fig. 2).



Obr. 2 Technické řešení hlubinného úložiště, referenční projekt 2012
 Fig. 2 Technical design of a DGR, Reference Design 2012

Prostory v podzemí, velikost objektů, profily důlních děl a potřebné plochy odrážejí množství odpadů a jejich způsob ukládání. Jednotlivé druhy odpadů budou ukládány odděleně, radioaktivní odpady v betonkontejnerech do ukládacích komor, vyhořelé jaderné palivo může být ukládáno vertikálně do šachet (Holub et al., 1999) nebo horizontálně do velkoprofilových ukládacích vrtů (Pospíšková et al., 2012), v tzv. superkontejneru. Superkontejner je složen z vnějšího koše z perforované oceli, bentonitových prefabrikátů a vlastního ukládacího obalového souboru s vyhořelým jaderným palivem (obr. 3).

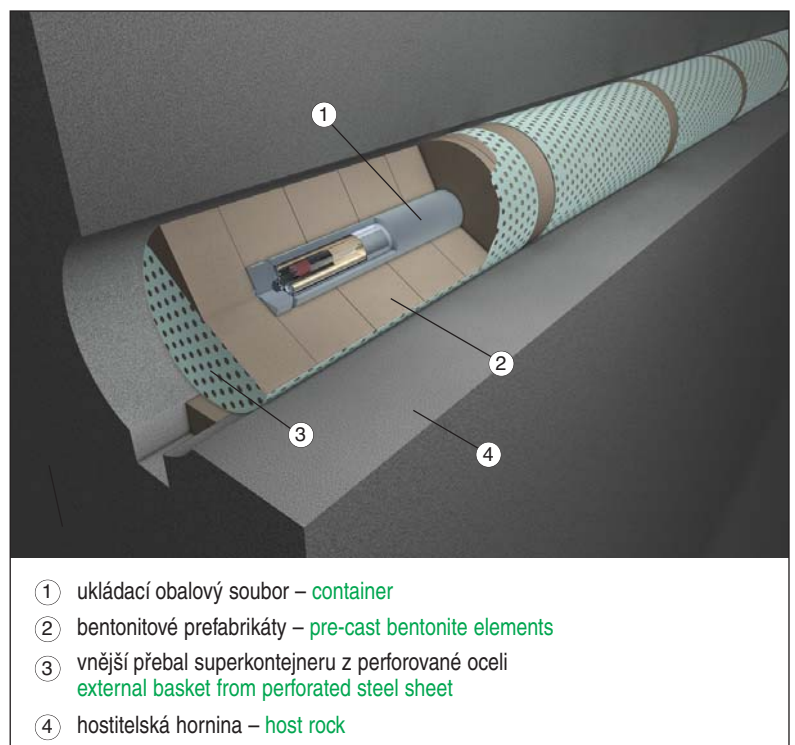
Při návrhu ukládacích sekcí vyhořelého jaderného paliva i jednotlivých ukládacích vrtů musí být v maximální míře efektivně využity dostupný horninový masiv. Zároveň musí být respektovány geologické vlastnosti masivu (usměrnění horniny, rozpukání masivu, směr působení napětí apod.). Na rozmístění obalových souborů v hlubinném úložišti, a tím také celkovou velikost úložiště bude mít vliv zbytkový tepelný výkon uloženého paliva (obr. 4). Je to dáno použitým konceptem řešení a použitými materiály. Patrně nejvíce omezující podmínkou celého systému je teplota 100 °C, při které může dojít k degradaci jeho majoritní složky, montmorillonitu, která je hlavním nositelem bezpečnostních funkcí bentonitu, tj. především jeho schopnosti tlumit napětí při tekto-seismických událostech, bránit advektivnímu toku vody k obalovým souborům a zpomalovat migraci radionuklidů uvolněných z poškozených obalových souborů (Pačes, Mikšová, 2013).

Při projektování úložných vrtů je nutno počítat s tím, že geologické podmínky nedovolí s největší pravděpodobností dodržet standardní způsob ukládání v celé délce vrtu. Úložné vrtv se mohou křížit s řadou puklin, porušených pásem a dalších litologických nehomogenit.

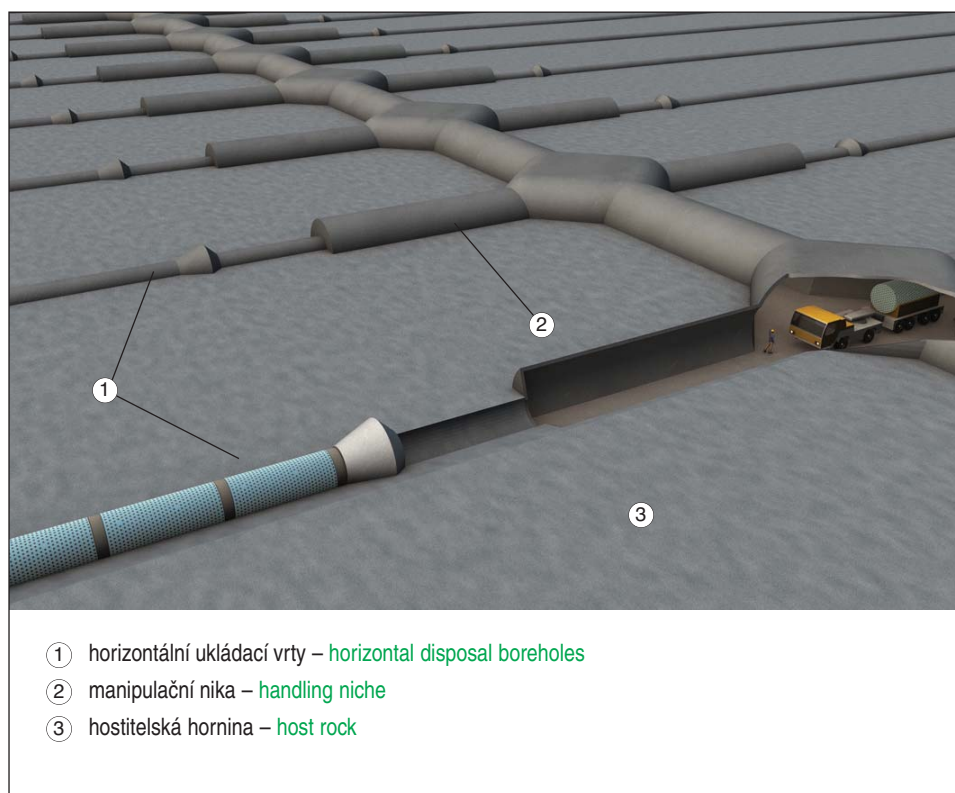
Spent nuclear fuel and other radioactive waste will be stored at a depth of 500m. Access to the underground facility for DGR personnel will be via a vertical shaft while two variants – a vertical or inclined shaft – are being considered for the transport of the spent nuclear fuel and other radioactive waste packages. Both variants have their advantages, but also feature a number of risks and disadvantages.

The space in the underground facility, the size of the various structures required and the profile of the underground workings will reflect the amount of waste and the storage system finally selected. Individual types of waste will be disposed of separately in concrete containers within disposal chambers. Spent nuclear fuel can be stored either in vertical (Holub et al., 1999) or horizontal large-profile disposal boreholes (Pospíšková et al., 2012), i.e. so-called supercontainers which consist of an external “basket” made of perforated sheet steel, pre-cast bentonite and the waste package itself containing the spent nuclear fuel (see Fig. 3).

With concern to the design of the disposal sections and individual disposal boreholes, it will be necessary to make maximum use of the available rock mass. At the same time, it will be necessary to respect the geological properties of the massif (rock streamlining, rock mass fracturing, direction of stress etc.). In addition, the spacing of the waste packages within the DGR, and thus the overall extent of the repository, will be influenced by the heat decay of the spent fuel (see Fig. 4) which will also have an effect on the materials employed in the vicinity of the waste packages. A temperature of 100°C could lead to the partial degradation of the bentonite, (montmorillonite) the function of which will be to ensure the overall safety of the disposal system through its capacity to attenuate the stresses created during tecto-seismic events, to prevent advective water flow to the waste packages and to reduce the velocity of the migration of the radionuclides released from damaged waste packages (Pačes, Mikšová, 2013).



Obr. 3 Superkontejner v úložném vrtu, referenční projekt 2012
 Fig. 3 Supercontainer in a disposal borehole, Reference Design 2012



- ① horizontální ukládací vrty – horizontal disposal boreholes
- ② manipulační nika – handling niche
- ③ hostitelská hornina – host rock

Obr. 4 Detail uspořádání úložných vrtů, referenční projekt 2012
Fig. 4 Detail of the layout of disposal wells, Reference Design 2012

Výskyt těchto nehomogenit bude vždy dokumentován, jejich závažnost bude vyhodnocována podle předem přijatého systému a následně budou přijímána opatření k eliminaci nebo zmírnění vlivu nehomogenit na proces ukládání. Jednodušší opatření mohou spočívat v injektování puklin nebo porušených zón různými injektážními roztoky. Porušené zóny budou zřejmě sanovány již v průběhu vrtání pomocí injektážních směsí. Použité materiály musí být vybrány tak, aby nedošlo k vzájemnému negativnímu ovlivnění jednotlivých složek inženýrských bariér. Závažnější nehomogenity (zejména zvodnělé pukliny) bude nutné z prostoru pro ukládání vyloučit. K oddělení nevhodných úseků vrtů budou používány oddělovací zátky. Mezi zátkami tak vznikne úsek vrtu, kde nebude uložen žádný superkontejner a tento úsek bude vyplněn bentonitem.

Úložné vrty kruhového průřezu budou hloubeny z páteřních dopravních chodeb technologií velkopřůměrového vrtání. Při standardním způsobu ukládání předpokládáme, že k čelu vrtu budou zasunuty dva unifikované distanční bloky à 500 mm a poté první superkontejner. Před uložením dalšího bude zasunut příslušný počet distančních bentonitových bloků. Jejich množství závisí na charakteristikách ukládaného paliva. Po uložení posledního superkontejneru budou vloženy další distanční bloky a vrt bude uzavřen betonovou zátkou. Návrhem zátky a testováním jejích parametrů se zabývá evropský projekt DOPAS.

Podzemní areál hlubinného úložiště budou tvořit různé typy důlních děl – jámy, komíny, úklonné chodby, horizontální chodby, kaverny i chodby malých průřezů. Volba vhodného technologického postupu bude ovlivněna nejen typem důlního díla, ale též kvalitou horninového masivu, zejména jeho rozpukáním, homogenitou a mocností nadloží. Velmi různorodé budou rovněž následné stavební úpravy v těchto objektech, závislé na jejich účelu.

Z hlediska míry zajištění výrubu budou důlní díla rozdělena na díla zajištěná primárním a sekundárním ostěním a díla s primárním ostěním, příp. bez výztuže. Důležité je v ukládacím horizontu a jeho blízkosti nepoužívat různorodé materiály, zejména takové, ze kterých by se mohly do podzemní vody uvolňovat

As far as the design of the disposal boreholes is concerned, it will be necessary to take into consideration that the geological conditions will most probably not allow for adhering to the standard storage system along the whole of the borehole. It is possible that disposal boreholes will cross numerous fissures, weakness zones and other lithological inhomogeneities, the occurrence of which will be documented in detail and the relative importance of which will be assessed in accordance with a pre-determined system which will provide for the elimination or mitigation of the impact of such inhomogeneities on the disposal process. Simple solutions will consist of injecting a grouting mix into the fissures and weakness zones during drilling operations. The materials used for grouting must be selected so that individual elements of the engineered barriers will not have a mutually negative influence. More serious inhomogeneities (mainly saturated fissures) will be isolated from the disposal boreholes by means of separation

plugs, the space between which will be filled with concrete thus ensuring that no waste material is disposed of in unstable rock conditions.

Disposal boreholes with a circular cross-section will be bored from main transport galleries using large-diameter boring equipment. According to the standard disposal method, two bentonite blocks of unified distance will be inserted into each borehole with a spacing of 500mm which will be followed by the insertion of the first supercontainer. The relevant number of distance blocks will then be inserted followed by the second supercontainer. The number of supercontainers will depend on the characteristics of the spent fuel disposed of. Once the final supercontainer has been emplaced, another distance block will be inserted and the borehole closed by means of a concrete plug. The design of such plugs and the detailed testing of their parameters are currently being addressed by the European DOPAS project.

The underground facility of the DGR will consist of several different types of mine workings – shafts, raises, dip entries, horizontal galleries, caverns and small cross-sectional galleries. The selection of the technological procedures will be influenced not only by the type of mine working, but also by the quality of the rock mass, i.e. fracturing, homogeneity and height of the overburden which will mean that the subsequent construction work will be very diverse.

The underground tunnels will be supported using primary and secondary linings, primary linings only or may have no support depending on local conditions. It will be important that no materials be used in the vicinity of the disposal system which might allow the release of substances into the groundwater thereby unfavourably affecting the sealing function of the bentonite or even the migration of radionuclides via the aqueous medium. The most important material in this respect is concrete, the high pH pore water contained in which could unfavourably affect the safety-related functions of the bentonite sealant. If necessary, a steel mesh fixed in place by rock bolts will be fitted to provide support for the excavation of the

specie nepříznivě ovlivňující těsnící funkci bentonitu nebo migraci radionuklidů vodným prostředím. Jde především o beton, jehož pórové vody o vysokém pH mohou nepříznivě ovlivnit bezpečnostní funkci bentonitu. V případě potřeby budou při zajišťování ostění zavážených chodeb k sekcím preferovány ocelové sítě ukotvené svorníky. Těžší druhy výztuže budou využívány výjimečně, například při překonávání poruchových pásem, puklin nebo zlomů.

Vzhledem k množství ukládaného odpadu, jeho podmínkám přijatelnosti a provozovaným technologiím může být úložiště v provozu až 90 let. Proto se předpokládá, že výstavba a vlastní provoz hlubinného úložiště budou probíhat v několika časových etapách. Nejprve příprava a výstavba podzemní laboratoře a následně technického zázemí nadzemního i podzemního areálu a úložných prostor hlubinného úložiště, kdy budou probíhat pouze činnosti stavebního a důlního charakteru. V rámci výstavby bude vyražena a připravena pro příjem vyhořelého jaderného paliva jedna sekce. V další etapě, po zahájení provozu úložiště, budou probíhat zejména činnosti spojené s ukládáním odpadů a následným utěšňováním zaplněných úložných prostor. Ražba dalších ukládacích sekcí bude probíhat postupně. Ukládací prostory budou připravovány bezprostředně před jejich využitím, zejména z důvodu ochrany masivu před zvětráváním a nepříznivými dopady vyplývajícími z tvorby zóny snížených napětí v okolí vyrubaných důlních děl. V posledním časovém období provozu hlubinného úložiště se budou provádět činnosti spojené s ukládáním odpadů a vyhořelého jaderného paliva, včetně utěšňování zaplněných úložných prostor, a přípravné činnosti k ukončení provozu úložiště.

4 ZÁVĚR

Příprava projektu hlubinného úložiště je dlouhodobý iterativní proces, který je v současnosti zatížen řadou nejistot. Nejde jenom o nejistoty plynoucí z faktu, že zatím nejsou k dispozici konkrétní data z vybrané lokality, ale i o nejistoty, které ovlivňují vlastní technické řešení, související nejen s technickým vývojem, ale především se změnou sociálních a ekonomických poměrů ve společnosti a úpravou legislativního rámce.

Vzhledem k tomu, že technické řešení je navrženo modulově, což umožňuje postupovat při optimalizaci technického řešení do jisté míry nezávisle, je možné se soustředit na oblasti, které nejvíce ovlivní provozní a dlouhodobou bezpečnost hlubinného úložiště. Je to například optimální řešení podzemního areálu nebo propojení povrchového a podzemního areálu, řešení překládacího uzlu, atd.

Výsledné technické řešení vznikne na základě porovnávání jednotlivých možných řešení, přičemž bude použita kombinace nejvýhodnějšího řešení jednotlivých modulů. Výsledné řešení musí být technicky proveditelné, bezpečné a zároveň ekonomicky přijatelné.

ING. ILONA POSPÍŠKOVÁ, pospiskova@surao.cz,
SÚRAO

Recenzovali: prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., Ing. Věra Šumberová

loading galleries leading to the sections. Heavier support will be used only exceptionally, i.e. in the case of weakness zones, fissures and faults.

According to the amount of waste to be disposed of, the conditions for its acceptability and the technology involved, the DGR will be in operation for up to 90 years. Therefore, it is expected that the construction and operation of the repository will be split into several time stages. The first stage will consist of the construction of an underground laboratory followed by the preparation of the technical support facility for the above-ground and underground areas and the disposal chambers which will involve solely civil engineering and mining work. One disposal section will be excavated and prepared for the acceptance of spent nuclear fuel during the initial construction phase. The next stage, following the commencement of repository operation, will consist of waste disposal and the subsequent sealing of the filled disposal chambers. The excavation of other disposal sections will proceed gradually. Disposal chambers will be excavated immediately prior to use in order to protect the rock mass against weathering and other unfavourable impacts caused by the creation of a zone of reduced stress around the excavated chamber. Further activities associated with the disposal of spent nuclear fuel and other radioactive waste, including the sealing of full disposal chambers, and preparations for the closure of the DGR will be conducted in the final phase of repository operation.

4 CONCLUSION

The development of a DGR will be a long-term iterative process burdened by a number of uncertainties issuing not only from the fact that no specific data on the selected locality is yet available, but also from the technical design of the DGR including purely technical considerations, changes in terms of societal and economic conditions and legislative developments.

Since the technical design of the DGR follows a modular approach, which means that it will be possible to address technical issues to some extent independently, it is possible to concentrate on those areas which will most affect the operational and long-term safety of the repository including, for example, the design of the underground facility, the connection of the above-ground and underground premises, the layout of the reloading node etc.

The final technical design of the DGR will be the result of the comparison of individual potential solutions, using a combination of the most advantageous solutions for individual modules thus leading to the construction of a repository which is technically viable, safe and acceptable in terms of cost.

ING. ILONA POSPÍŠKOVÁ, pospiskova@surao.cz,
SÚRAO

LITERATURA / REFERENCES

- HOLUB, J., MANDÍK, F., VAVŘINA, V., LIETAVA, P., BLAŽEK, J., TARASOVÁ, J. *Referenční projekt povrchových i podzemních systémů hlubinného úložiště v hostitelském prostředí granitových hornin v dohodnuté skladbě úvodního projektu a hloubce projektové studie*. Projektová studie. Uh. Brod : EGP Invest, spol. s r. o., 1999, 1085 s.
- POSPÍŠKOVÁ, I., FIEDLER, F., KOTNOUR, P., PRACHAŘ, I., VOKÁL, A. *Aktualizace referenčního projektu hlubinného úložiště radioaktivních odpadů v hypotetické lokalitě. Závěrečná zpráva*. Praha : ÚJV Řež, a. s., 2012, 107 s.
- PAČES, T., MIKŠOVÁ, J., eds. *Far Field of the Geological Repository in the Bohemian Massif*. 1. vyd. Praha : SÚRAO, 2013, 345 s. ISBN 978-80-7075-851-9

BUDOVÁNÍ PODZEMNÍHO VÝZKUMNÉHO PRACOVIŠTĚ BUKOV

DEVELOPMENT OF THE BUKOV UNDERGROUND RESEARCH FACILITY

MARKÉTA DVOŘÁKOVÁ, MAREK VENCL, PETR KRÍŽ

ABSTRAKT

Projekt výstavby Podzemního výzkumného pracoviště Bukov, který byl zahájen v roce 2013, je zaměřen na vybudování díla v prostředí českého krystalinika, k ověření chování horninového masivu pro potřeby výzkumu a vývoje hlubinného úložiště radioaktivních odpadů v České republice. Projekt je realizován v jižním křídle uranového ložiska Rožná v kraji Vysočina v geologicky velmi dobře zmapované oblasti strážeckého moldanubika, které je převážně tvořeno migmatitizovanými pararulami a granulity. Navržená podoba pracoviště koresponduje s požadavky danými projektovým řešením samotného budoucího hlubinného úložiště. Na technické řešení pracoviště jsou kladeny vysoké nároky zejména na kvalitu výrubu a provedení hladkého výlomu v oblastech, kde jsou plánovány další výzkumné práce a experimenty. Podzemní pracoviště Bukov, se všemi výzkumnými činnostmi, bude plně uvedeno do provozu v druhé polovině roku 2015.

ABSTRACT

The Bukov Underground Research Facility development project, which commenced in 2013, concerns the construction of an underground facility in a Czech crystalline rock complex for the verification of the behaviour of rock masses in terms of the requirements of research and development into the construction of a Czech deep geological repository (DGR) for radioactive waste. The facility is being built in the southern wing of the Rožná uranium complex in the Vysočina (Highlands) region of the Czech Republic in a geologically well-mapped area of the Strážec Moldanubic formation which is mostly made up of migmatitised paragneiss and granulites. The design of the facility corresponds to the requirements of a future DGR. The technical design of the facility had to respect a number of specific demands primarily regarding the quality of the excavation work particularly in those parts of the facility where it is planned that research work and experiments will be conducted. The Bukov underground facility will be fully commissioned in the second half of 2015 whereupon research activities will commence immediately.

ÚVOD

Správa úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO) v loňském roce zahájila prostřednictvím svého dodavatele DIAMO, s. p., odštěpný závod GEAM, projekt výstavby Podzemního výzkumného pracoviště Bukov (PVP Bukov). Jeho hlavním cílem je charakterizace horninového masivu v hloubkách 500–900 m pod povrchem v krystalinických horninách Českého masivu pro potřeby výzkumu umístění hlubinného úložiště radioaktivních odpadů (HÚ) v České republice.

V PVP Bukov budou v několika následujících letech prováděny práce v oblasti geologie, hydrogeologie, geotechniky atd., které pomohou získat detailní poznatky o využitelnosti metod charakterizace horninového prostředí v hloubkách odpovídajících očekávaným podmínkám uložení vyhořelého jaderného paliva a vysokoaktivních odpadů.

Výzkumné pracoviště je navrženo tak, aby co nejlépe simulovalo prostředí budoucího HÚ. Projekt byl inspirován výstavbou podzemních laboratorů v krystalinických horninách ve švédském Äspö (Anderson, 2007) a švýcarském Grimselu (Bradbury, 1989). Závěrečný návrh pak především respektuje aktuální požadavky na tvar i objem výrubu vycházejících z Aktualizace referenčního projektu 2011 (Pospíšková et al., 2012).

UMÍSTĚNÍ PVP BUKOV

K umístění podzemního výzkumného pracoviště byla vybrána lokalita v blízkosti jámy Bukov (B1) nacházející se v katastrálním území obce Bukov, v okrese Žďár nad Sázavou v kraji Vysočina. Toto dílo se nachází v jižním křídle uranového ložiska Rožná. PVP Bukov je situováno 300 m od těžní jámy Bukov na 12. patře, cca 520 m pod zemským povrchem.

Jáma Bukov nabízí řadu možností pro detailní hydrogeologický, geologický, geotechnický a geochemický výzkum v oblasti hlubinného ukládání. V lokalitě jsou vyřešeny zásadní střety zájmů, protože má jasně určeného vlastníka, který má povolení pro provádění hornických činností, a pracoviště je budováno v dobývacím prostoru Rožná (obr. 1). Nachází se v blízkosti potenciální lokality pro hlubinné úložiště (lokality Kraví hora) a dříve zde již byla provedena řada výzkumných prací (geologické mapování, povrchová geofyzika, hydrogeologický průzkum). Je zde také možnost ověřit data získávaná z povrchu testováním v reálné hloubce úložiště (několik set metrů pod zemským povrchem).

INTRODUCTION

Last year the Radioactive Waste Repository Authority (SÚRAO) commissioned the construction of the Bukov Underground Research Facility (Bukov URF) by the main supplier DIAMO (GEAM branch). The main objective of the project is to characterise the local rock mass at depths of 500–900m below the earth's surface in crystalline rock which makes up the Bohemian Massif for the needs of research into the siting of a repository for radioactive waste (DGR) in the Czech Republic.

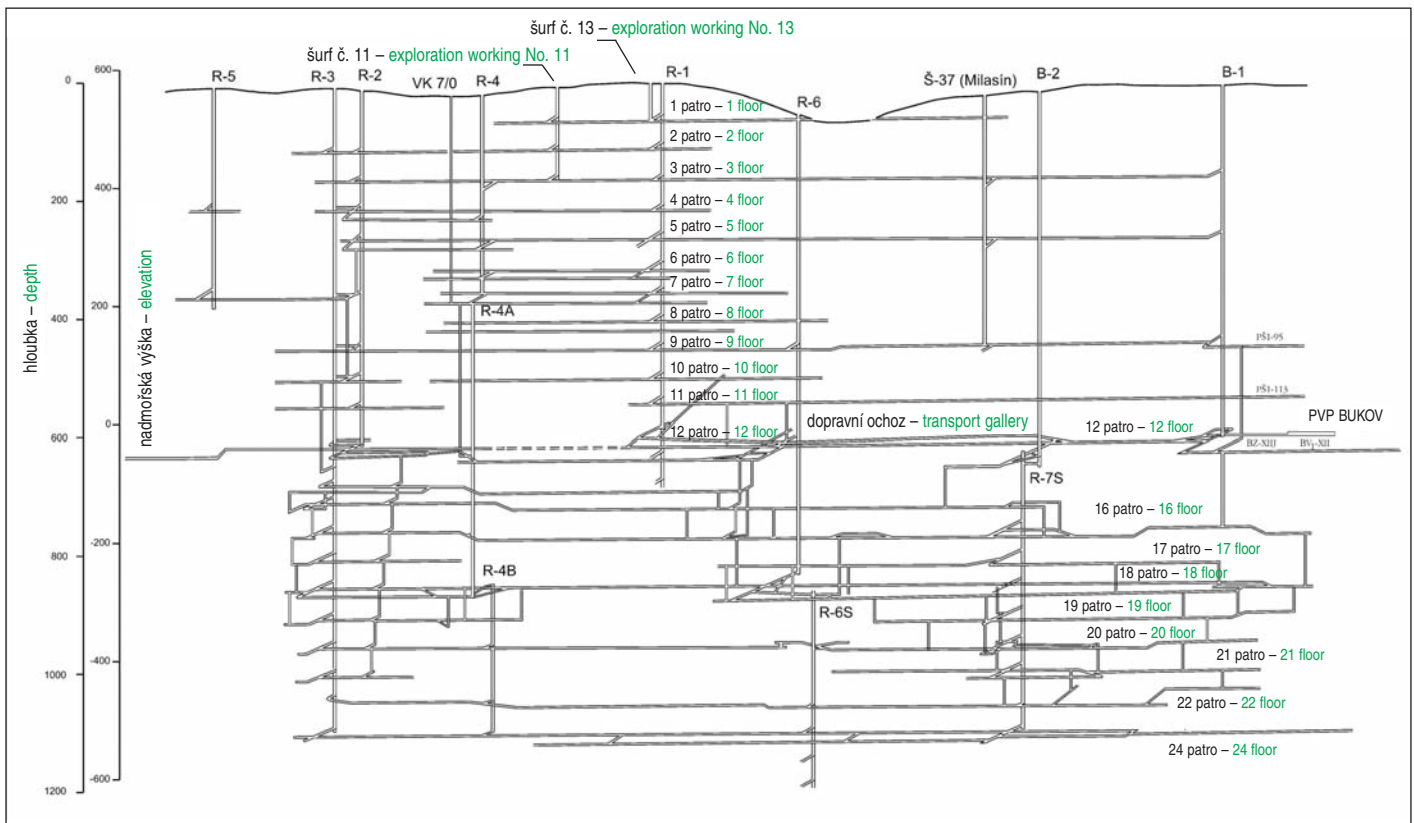
Work at the Bukov URF over the next few years will involve the areas of geology, hydrogeology and geotechnics. It is hoped that the research will assist in obtaining detailed knowledge regarding the use of rock environment characterisation methods for the disposal of spent nuclear fuel and high-level waste at depths corresponding to those envisaged for the construction of the DGR.

The design of the facility is intended to simulate as much as possible the environment of the future DGR and was inspired by the construction of underground laboratories in crystalline rock in Äspö, Sweden (Anderson, 2007) and Grimsel, Switzerland (Bradbury, 1989). The final design fully respects current requirements in terms of geometry and the volume of excavation set out in the *Updating of the reference design* (Pospíšková et al., 2012).

BUKOV URF LOCATION

A site close to the Bukov (B1) Shaft in the cadastral district of the village of Bukov near Žďár nad Sázavou in the Vysočina region was selected for the construction of the underground research facility. The site is located in the southern wing of the Rožná uranium deposit some 300m from the Bukov mine at level 12 around 520m beneath the earth's surface.

The Bukov site offers a wide range of options in terms of the detailed study of hydrogeological, geological, geotechnical and geochemical conditions in connection with deep geological nuclear waste disposal. A significant advantage of the site lies in



Obř. 1 Schéma otvřky ložiska Rožná s lokalizací PVP Bukov

Fig. 1 Chart of the opening of the Rožná deposit in the location of the Bukov URW

V neposlední řadě je pro celé důlní dílo dolu Rožná I, a tím i pro navrhované výzkumné podzemní pracoviště, stanoveno kontrolované pásmo pro práci v prostředí s ionizujícím zářením, což umožní provádět transportní experimenty, migrace, sorpce.

GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Z geologického hlediska se podzemní výzkumné pracoviště Bukov nachází ve strážeckém moldanubiku, které je převážně tvořeno migmatitizovanými pararulami, migmatity, ortorulami a granulity s hojnými polohami amfibolitů, mramorů a kvarců. Horniny moldanubika jsou na této lokalitě hodnoceny jako nepropustné, bližší hodnoty hydraulické vodivosti hornin v lokalitě jsou v rozsahu $5 \cdot 10^{-10}$ m/s až $1 \cdot 10^{-12}$ m/s. Míra propustnosti hornin krystalinika, mimo zónu zvětrávání, závisí hlavně na četnosti a uzavření puklin a dislokací, které mají v oblasti převážně severozápadní průběh. Ondřík et al. (2010c) uvádí, že za nejvíce propustné se označují příčné a diagonální dislokace, zatímco směrné dislokace působí díky sekundárnímu vyplnění fylosilikáty jako téměř nepropustné bariéry pro proudění podzemních vod. Výsledky chemických analýz a pH čerpaných důlních vod z jámy J-B1 odebraných na dekontaminační stanici Bukov (odběry v období 1970 až 1985) jsou uvedeny v tabulce 1. V oblasti se vyskytuje zejména Ca-SO₄ typ podzemních vod o nízké (do 0,3 g/l) až střední (0,3–1,0 g/l) kategorii mineralizace (Ondřík, 2010c).

V únoru roku 2013 byl na ložisku Rožná, J-R3, 21. patro, rozrážka GR2-XXI, vrt V-13 (150 m, vydatnost 0,4 l/min) odebrán vzorek vody za účelem stanovení stáří a izotopového složení. Pro analýzu bylo najímáno 100 l důlní vody, která musela být ředěna z důvodu nízkého obsahu uhlíku. Analýza aktivity ¹⁴C a ³H byla provedena na UK PřF, Ústavu hydrogeologie, inženýrské geologie a užitě geofyziky, interpretace výsledků provedl Dr. Bruthans. Aktivita ³H a tritia byla zjištěna pomocí kapalínového scintilačního spektrometru Tri Carb 3170, do kterého byl vložen elektrolyticky obohacený vzorek vody (250 ml). Stablní izotopy ¹⁸O a ²D byly měřeny v laboratoři stablních izotopů (ČGS, Oddělení rebilancí zásob podzemních vod). Měření bylo provedeno pomocí laserové spektroskopie na přístroji LWIA (Liquid Water Isotope Analyser) od firmy LGR (Los Gatos Research, Inc.). Koncentrace izotopů jsou relativizovány ke standardu V-SMOW (Vienna Standard Mean Ocean Water). Hodnota ¹⁸O je –11,6 ‰ a ²D

there being no unsolved fundamental conflicts of interest since the mining complex has one clearly defined owner who is authorised to conduct mining activities. The facility is being constructed in the Rožná working district (see Fig. 1) which is close to one of the localities being considered for the potential construction of the Czech DGR (the Kraví Hora locality). A large number of research projects have already been conducted at this locality (geological mapping, surface geophysics, hydrogeological investigation). Importantly, it is possible at this location to verify data obtained from the surface by testing at real repository depth (several hundred meters below the surface). In addition, the entire Rožná I mine complex has been granted the status of a controlled zone for working in an environment with ionising radiation, including the underground research facility. Therefore, it will be possible to conduct transport experiments focusing on radionuclide migration and sorption.

GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

From the geological point of view, the Bukov Underground Research Facility is located in the Strážec Moldanubic formation which is made up principally of migmatitised paragneiss, migmatites, orthogneiss and granulites with numerous intrusions of amphibolites, marbles and quartzites. The Moldanubic Formation rock types in this area have been classified as impermeable; values of rock hydraulic conductivity range from $5 \cdot 10^{-10}$ m/s to $1 \cdot 10^{-12}$ m/s. The permeability rate of crystalline rocks, with the exception of the weathering zone, depends primarily on the frequency and aperture of fissures and dislocations, which exhibit a predominantly north-western trend. Ondřík et al. (2010c) states that transverse and diagonal dislocations are most permeable whilst directional dislocations behave, owing to their secondary filling with phyllosilicates, as barriers which are almost completely impermeable with regard to groundwater flow. The results of chemical analysis and the pH value of mine water pumped from mine shaft J-B1 sampled at the Bukov decontamination station (sampling during the period 1970–1985) are presented in Table 1.

Tabulka 1 Chemismus důlních vod z období 1970 až 1985 (Grmela a kol., 2012)
Table 1 Chemism of mine water in the 1970 - 1985 period (Grmela et al., 2012)

Parametr Parameter		DS R1		jáma J-5 (Rozsochy) schaft J-5 (Rozsochy)	DS Bukov DS Bukov
		jáma J-1 schaft J-1	jámy J-2 a J-3 schaft J-2 and J-3		jáma J-B1 schaft J-B1
pH	(---)	6,5 - 8,0	6,5 - 7,7	6,6 - 6,8	6,5 - 6,9
alkalita / alkalinity	(mval/l)	2,7 - 3,1	2,3 - 3,4	2,2 - 3,2	2,1 - 3,2
tvrdost celková total hardness	(mval/l)	6,9 - 10,1	3,4 - 10,1	4,4 - 6,7	1,8 - 2,7
odparek 105 °C vaporate 105 °C	(mg/l)	730 - 950	880 - 1150	900 - 1180	850 - 1260
Ca ²⁺	(mg/l)	100,2 - 138,2	114,2 - 360,7	50,1 - 113,1	30,1 - 36,8
Mg ²⁺	(mg/l)	23,1 - 38,9	35,2 - 53,5	23,1 - 44,6	3,6 - 14,6
Fecelk.	(mg/l)	0,2 - 6,5	1,2 - 36,7	5,0 - 18,6	0,7 - 13,0
Mn ²⁺	(mg/l)	stopy / traces	0,0 - 0,3	stopy / traces	stopy / traces
Cl ⁻	(mg/l)	24,1 - 167,1	49,6 - 102,8	23,7 - 61,5	14,2 - 37,2
SO ₄ ²⁻	(mg/l)	181,8 - 1265,5	396,3 - 1608,9	85,6 - 948,9	75,7 - 1125,3
NO ₃ ⁻	(mg/l)	0,4 - 1,8	84,0 - 110,0	1,4 - 76,5	1,0 - 86,0
CO ₂	(mg/l)	81,0 - 99,0	57,2 - 75,0	63,0 - 118,3	51,0 - 99,0
HCO ₃ ⁻	(mg/l)	164,7 - 201,3	152,5 - 325,1	146,4 - 285,6	91,5 - 195,2
O ₂	(mg/l)	8,2 - 9,6	4,6 - 10,4	10,1 - 15,3	7,7 - 10,5
U	(mg/l)	0,0 - 3,8	0,0 - 2,6	0,0 - 1,65	0,0 - 1,84
²²⁶ Ra	(Bq/m ³)	0,0 - 520	0,0 - 745	0,0 - 930	0,0 - 300

je -82,1 ‰, což naznačuje přítomnost převážně části vody infiltrované za nižší průměrné roční teploty než v současnosti – tedy pravděpodobně v minulém glaciálu (Vencl et al., 2014).

K vyhodnocení radiouhlíkového stáří podzemní vody byly využity dva různé přístupy:

1. Mookův model (1980) v programu SAGE.exe pro radiouhlíkové datování podzemních vod. Model poskytuje dobré výsledky v oblastech, ve kterých nejsou ve výrazné míře zastoupeny karbonátové minerály (Mook, 1980), což je i případ dolu Rožínka. Stáří podle tohoto modelu je 17 tis. let.
2. Za předpokladu počáteční aktivity radiouhlíku rovné 85 % pmc (procent moderního uhlíku) vychází radiouhlíkové stáří vody na 21 tis. let. Takto vypočtené stáří odpovídá metodice prof. Šilara.

Radiouhlíkové datování vzorku ukázalo, že se předběžně konvenční stáří studované vody pohybuje okolo 22 tis. let. Pro zkoumanou vodu je typická velmi nízká aktivita tritia, těsně nad pozadím, která naznačuje, že je ve vzorku zastoupena i malá příměs (do cca 20 %) vody s dobou zdržení v řádu několika desítek let. Odebraná voda z ložiska Rožná (minoritní typ Na-HCO₃ s nízkým obsahem Mg) vykazuje charakteristické rysy, jaké mívají vody, které jsou dlouhou dobu vystaveny styku s granitoidy nebo jejich metamorfními ekvivalenty. Díky vzájemným interakcím dochází k uvolnění Na⁺ a HCO₃⁻ (pravděpodobně ze živců a jiných akcesorických minerálů), naopak kationty jako Mg²⁺ a H⁺ jsou poutány do nově vznikajících fází (zejména fylosilikátů), čímž dojde k typickému zvýšení pH. Studovaná voda měla pH 9,8. Na základě dostupných informací lze usuzovat, že se jedná z velké části o předholocenní podzemní vodu, která prošla typickou proměnou při dlouhém styku s tektonickými a která zřejmě obsahuje malou část aktivně proudící vody o době zdržení jen v řádu desítek let (Vencl et al., 2014).

TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Technické řešení celého podzemního pracoviště bylo navrženo v souladu s požadavky SÚJB (Státní úřad pro jadernou bezpečnost) pro potřeby budoucích výzkumných činností, zejm. na provedení hladkého

The area features mainly Ca-SO₄ type groundwater with low (up to 0.3g/L) to medium (0.3–1.0g/L) category mineralisation (Ondřík, 2010c).

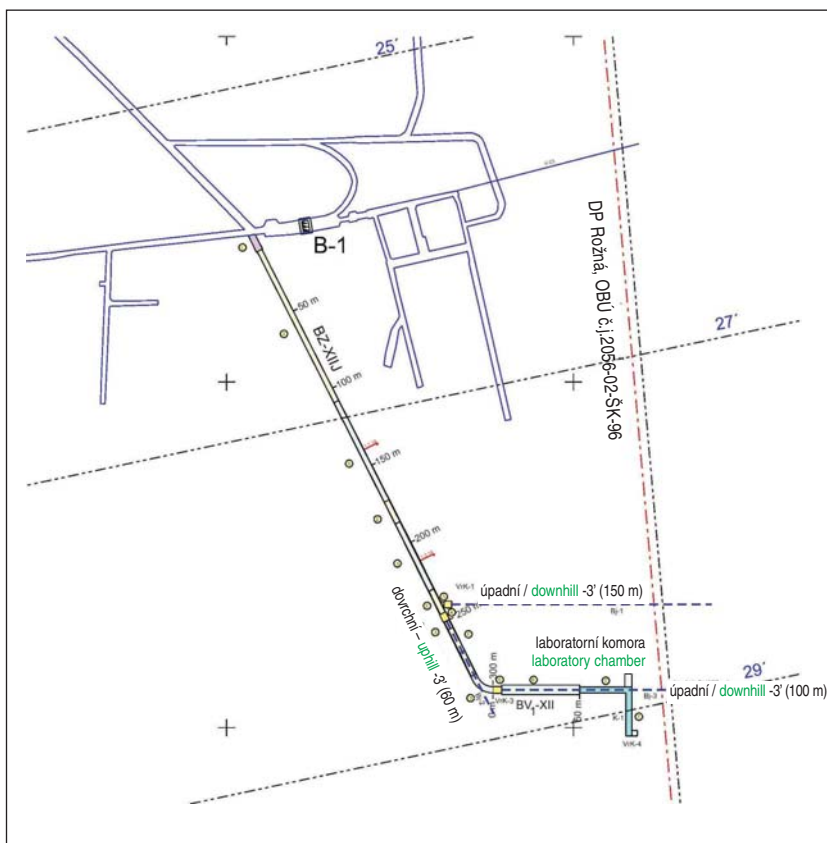
In February 2013, a water sample was taken at the Rožná deposit, J-R3, level 21, gallery niche GR2-XXI, borehole V-13 (150m long, yield of 0.4l/min) intended for the determination of age and isotope composition. 100 litres of mine water was collected for analysis purposes which had to be diluted because of the low carbon content. ¹⁴C and ³H activity analysis was carried out at the Faculty of Natural Sciences, Charles University, Institute of Hydrogeology, Engineering Geology and Applied Geophysics and the results were subsequently interpreted by Dr. Bruthans. The activity of ³H and tritium was determined using a Tri Carb 3170 liquid scintillation spectrometer with an electrolytically enriched sample of water (250ml) added. Stable isotopes $\delta^{18}\text{O}$ and δD were measured at the Laboratory for Stable Isotopes (Czech Geological Survey, Department of the Rebalancing of Groundwater Stocks). Measurement was carried out using laser spectroscopy techniques on LWIA (Liquid Water Isotope Analyser) equipment manufactured by LGR Inc. (Los Gatos Research Inc.). The concentrations of isotopes were relativised to the V-SMOW (Vienna Standard Mean Ocean Water) standard. The value of $\delta^{18}\text{O}$ was determined at -11.6‰ and that of δD at -82.1‰ which indicates the presence of mostly infiltrated water beneath an average

annual temperature lower than at present – probably from the last glacial period (Vencl et al., 2014).

The following two different approaches were applied to the assessment of the radiocarbon age of the groundwater:

1. Mook model (1980) in the SAGE.exe program for the radiocarbon dating of groundwater. The model provides good results in those areas in which carbonate minerals are not present at a significant level (Mook, 1980) which is the case of the Rožínka Mine. According to this model, the age is 17 thousand years.
2. Under the assumption of an initial activity level of radiocarbon equal to 85% pmc (per cent of modern carbon), the resultant radiocarbon age of the water was determined at 21 thousand years. The age calculated in this way corresponds to Prof. Šilar's methodology.

The radiocarbon dating of the sample proved that the preliminary conventional age of the water studied fluctuates at around 22 thousand years. The very low activity level of tritium, just above background level, is typical for the water under examination. It indicates that even a small admixture (up to circa 20%) of water with a residence time in the order of several tens of years is present in the sample. The water sampled from the Rožná deposit (minor Na-HCO₃ type with a low content of Mg) exhibits features characteristic of water which has been exposed to contact with granitoids or their metamorphic equivalents over a long period of time. Owing to interactions, Na⁺ and HCO₃⁻ are released (probably from feldspar and other accessory minerals); conversely, cations such as Mg²⁺ and H⁺ are bound into newly originating phases (most of all phyllosilicates) which typically causes an increase in the pH value. The water studied had a pH value of 9.8. It is therefore reasonable to state on the basis of the information available that a high proportion of the groundwater is of pre-Holocene age, that it underwent typical transformation



Obr. 2 Schematická situace Podzemního výzkumného pracoviště BUKOV
Fig. 2 Schematic layout of the BUKOV Underground Research Facility

výlomu s minimalizací zóny EDZ (Excavation Disturbed Zone), které zde budou po jeho dokončení realizovány. Podzemní dílo se skládá z 300 m dlouhého spojovacího překopu raženého v profilu 9,2 m² vedeného od jámy B1 a samotného podzemního pracoviště skládajícího se ze 45 m dlouhého velkoprofilového díla s raženým profilem 29,7 m² a na něj navazující systém rozrážek o celkové délce 35 m v profilu 9,2 m² (obr. 2). V oblasti podzemního pracoviště jsou také pravidelně rozmístěny vrtné a laboratorní komory.

Pro celé dílo je převážně navrženo vyztužení svorníkovou výztuží a v místech se zhoršenou geologickou situací je projektována ocelová oblouková TH výztuž.

Technologie odtěžení rozpojené horniny byla navržena lžícovým nakladačem do vozů JDV 0,65 m³. Dále pak v úrovni 12. patra kolejovou dopravou k jámě B1, nebo jámě R1 a odtud na povrch. Větrání pracoviště je zajištěno separátním kombinovaným větráním pomocí hlavního sacího lutnového tahu.

AKTUÁLNÍ POSTUP RAŽBY

Přípravné práce na díle byly zahájeny v červnu roku 2013. Během těchto prací byla obnovena dopravní cesta mezi těžní jámou R-7S dolu Rožná a jámou Bukov (B1). V rámci těchto prací byla provedena výměna kolejí, pražců, obnova odvodňovací strouhy a výměna tlakového potrubí vzduchu a rozvodů vody. U jámy Bukov bylo provedeno přeložení kabelů a potrubí v místě budoucího křížení s překopem.

Vlastní ražba byla zahájena v polovině měsíce září, kdy byl nastřelen překop BZ-XIIJ (obr. 2). Úvodních 10 m bylo vyraženo v profilu 10,2 m² s ocelovou TH výztuží. Do konce roku 2013 bylo vyraženo celkem 140 m spojovacího překopu BZ-XIIJ. Interval mezi 10 a 140 m má ražený profil 9,2 m² (obr. 3). Do staničení 108 m byla použita ocelová TH oblouková výztuž se zapažením stropu a boků vlnitým plechem nebo tahokovem. Volné prostory byly vyplněny dřevěnou kulatinou. Od staničení 108 m do 250 m je do čelby aplikována svorníková výztuž se zapažením stropu a částí boků tahokovem či pletivem a v oblastech se zhoršenou geologickou situací (např. mylonitové poruchové pásmo) je opět aplikována ocelová oblouková TH výztuž (obr. 4).

Ve staničení 240 m spojovacího překopu BZ-XIIJ bude vyražena vrtná komora Vrk1, ze které bude odvrtán 150 m dlouhý jádrový vrt,

during long-term contact with tectosilicates and that it probably contains a small proportion of actively flowing water with a residence time in the order of tens of years (Vencl et al., 2014).

TECHNICAL DESIGN

The technical design of the underground facility was drawn up, in compliance with the requirements of the State Office for Nuclear Safety (SUJB), to suit the requirements of future research activities, primarily with regard to the smoothest possible excavation techniques with the smallest excavation disturbed zone (EDZ) possible, which will be conducted at the facility once the initial excavation work is completed. The underground area consists of a 300m long connecting cross gallery with a profile of 9.2m² leading from the B1 shaft, and the underground facility itself which consists of a 45m long large-profile chamber with a cross-sectional area of 29.7m² and a system of gallery niches with a total length of 35m and a profile of 9.2m² (see Fig. 2). In addition, a number of drilling and laboratory chambers are regularly distributed throughout the underground complex.

Rock bolts will be used to provide support for the underground sections with yieldable TH arches in areas with more complicated geological conditions.

A shovel loader was designed for the loading of excavated material on to JDV 0.65m³ vehicles. The transport of the material was by rail vehicles to shaft B1 or shaft R1 at level 12 from where the JDV

vehicles removed the material to the surface via the access shafts. Ventilation is provided by a separate combined system which operates via the main ventilation duct.

CURRENT PROGRESS OF EXCAVATION

Preparation work commenced in June 2013 at which time the transport route between the R-7S shaft of the Rožná Mine and the Bukov (B1) Shaft was renewed involving the replacement of rails and sleepers, the renewal of a drainage ditch and the replacement of a pressurised air pipeline and water distribution pipes. The cables and pipeline were relocated in the Bukov shaft at the future intersection with the cross gallery.

Excavation work proper commenced in the middle of September with the blasting of cross gallery BZ-XIIJ (see Fig. 2).



Obr. 3 Překop BZ-XIIJ, provizorní ochrana stropu
Fig. 3 Cross gallery BZ-XIIJ, securing excavation with advance support



Obr. 4 Překop BZ-XIII, přechod ze svorníkové výztuže na TH výztuž v procesu odtěžování horniny

Fig. 4 Cross gallery BZ-XIII, transition from rock bolt support to TH yieldable arches during the excavation process

průměru 76 mm, vedený kolmo na předpokládané geologické struktury, jehož účelem je detailně zpřesnit geologickou situaci na styku amfibolitů s migmatizovanými biotitickými rulami. Další vrt průměru 76 mm bude realizován ve staničení 250 m ve směru ražby překopu v délce 60 m a následně ve staničení 300 m bude odvrtný poslední 100 m dlouhý vrt ve směru umístění samotného podzemního výzkumného pracoviště. Na základě vyhodnocení těchto vrtných prací bude detailně upřesněn další postup ražby PVP Bukov.

VÝZKUMNÉ PRÁCE

PVP Bukov je především výzkumným pracovištěm, budou se zde proto realizovat zejména práce zaměřené na geofyzikální měření, petrologický výzkum, mineralogický výzkum, geochemické práce a dále stanovení fyzikálně-mechanických vlastností hornin insitu, odvrtní bezjádrových vrtů pro mikroseismiku, polní zkoušky a geotechnický výzkum. Výsledky těchto prací pak budou podkladem pro další činnosti v oblasti prokázání bezpečnosti hlubinného úložiště.

ZÁVĚR

Budování podzemního výzkumného pracoviště Bukov je zásadní pro charakterizaci horninového prostředí pro umístění budoucího hlubinného úložiště radioaktivních odpadů v České republice. Stavba je plně přizpůsobena specifickým požadavkům na dílo tohoto charakteru. Nachází se v hloubce 520 m pod zemským povrchem v prostředí krystalinických hornin. Výzkum, který zde bude následně probíhat, přispěje k detailnímu porozumění procesů, které v úložišti v budoucnu nastanou.

ING. MARKÉTA DVOŘÁKOVÁ, dvorakova@surao.cz,
ING. MAREK VENCL, vencl@surao.cz, SÚRAO,
ING. PETR KRÍŽ, Ph.D., kriz@diamo.cz, DIAMO

Recenzovali: Ing. Pavel Šourek, Ing. Vladimír Prajzler

The initial 10m was excavated with a cross-section of 10.2m² and with steel support. The excavation of the 140m connecting cross gallery BZ-XIII was completed at the end of 2013. The section between measurement points 10m and 140m has an excavated cross-sectional profile of 9.2m² (see Fig. 3). Steel arches with crowns and sides braced with corrugated metal sheets or expanded metal were installed up to measurement point 108m. The empty spaces were filled with round timber. From measurement point 108m to point 250m, rock bolt supports with crowns were installed with some parts braced with expanded metal or mesh; steel arches were fitted in areas with complicated geological conditions (e.g. the mylonite weakness zone) (see Fig. 4).

Drilling chamber VrK1 will be excavated at measurement point 240m of connecting cross gallery BZ-XIII. A 150m long-cored hole, 76mm in diameter, will be bored from the chamber perpendicularly to the relevant anticipated geological structures the purpose of which will be to provide detailed information on the geological situation in the contact zone between amphibolites and migmatitised biotite schist. Another 76mm-diameter hole will be drilled into the excavation face at the 250m measurement point in the direction of the cross gallery with a length of 60m and, subsequently, a third hole, 100m long, will be drilled in the direction of the underground research complex at the 300m measurement point. Subsequent work at the facility will be refined in detail on the basis of the three drilling operations.

RESEARCH WORK

The Bukov URF is, first and foremost a research facility at which work will be conducted focusing on geophysical measurement, petrographical research, mineralogical research, geochemical work, the insitu determination of the physical-mechanical properties of rocks, drilling for microseismic research, field testing and geotechnical research. The results will form input material for further work concerning proving the safety of a future deep geological repository.

CONCLUSION

The construction of the Bukov Underground Research Facility is fundamental for the characterisation of rock masses intended for the locating of a future radioactive waste repository in the Czech Republic. The facility is ideally located for this purpose, i.e. it is 520m beneath the earth's surface in a crystalline rock environment. The research that will be conducted at the facility will make a significant contribution to a more detailed understanding of the processes that will take place in the repository over its lifetime.

ING. MARKÉTA DVOŘÁKOVÁ, dvorakova@surao.cz,
ING. MAREK VENCL, vencl@surao.cz, SÚRAO,
ING. PETR KRÍŽ, Ph.D., kriz@diamo.cz, DIAMO

LITERATURA / REFERENCES

- ANDERSON, J. CH. *Äspö Hard Rock Laboratory, Äspö Pillar Stability Experiment*. Final report. Stockholm: Svensk Kärnbränslehantering AB, 2007, 207s TR-07-01.
- BRADBURY, M. H. (ed.) *Grimsel Test Site – Laboratory investigations in support of the Migration Experiments*. Nagra Tech. Report Nagra, Wettingen, Switzerland; PSI Report 28, Paul Scherrer Institute, Würenlingen and Villigen, Switzerland, 1989 Report NTB 88-23.
- GRMELA, A. a kol. *Dílní vody uranových ložisek předplatformních formací České republiky*. 1. vyd. Ostrava: Nakladatelství MONTANEX, 2012, 311 s. ISBN 978-80-7225-372-2.
- MOKK, W. G. Carbon 14 in hydrogeological studies. In: Fritz P., Fontes, J. C. (eds.) *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry IA*. Amsterdam, New York: Elsevier Science Publ, 1980, 951 s.
- ONDŘÍK, J. a kol. *Hydrogeologická charakteristika jižní části uranového ložiska Rožná a uranového ložiska Olší se zřetelem na umístění hlubinného úložiště VJP a RAO na lokalitě Kraví hora*. Výzkumná zpráva č. 1. Dolní Rožínka: DIAMO s. p. závod GEAM, 2010. 78 s.
- POSPÍŠKOVÁ, I. a kol. *Aktualizace referenčního projektu hlubinného úložiště radioaktivních odpadů v hypotetické lokalitě*. Závěrečná zpráva. Praha: ÚJV Řež, a. s., 2012, 107 s.
- VENCL, M. a kol. *Chemical composition and isotopic age determination of mine water from Rožná locality, Czech Republic*. Proc. International Youth Nuclear Congress 2014, Burgos, In press.

NORSBORG – PODZEMNÉ DEPO METRA V ŠTOKHOLME

NORSBORG – STOCKHOLM METRO UNDERGROUND DEPOT

PETER BALUŠÍK, ONDREJ VIDA, PETER FERANČÍK

ABSTRAKT

Projekt podzemného depa Norsborg v Štokholme je momentálne najväčším podzemným projektom vo Švédsku. Tak rozsahom raziacich prác v podzemí, zložitostou systému podzemných kaverien, tunelov a prepojení, ako aj polohou v intraviláne mestskej časti Štokholmu je projekt výzvou pre organizáciu výstavby, samotné raziace práce a v neposlednom rade i geodetickú službu. Veľký rozsah vrtných, trhacích prác a objemu vyvážanej horniny v krátkom čase a pri dodržaní všetkých obmedzení súvisiacich s blízkosťou obytnej zóny vyžaduje profesionálny prístup na všetkých úrovniach projektu – od investora, projektanta až po posledného tunelára v osádke. Zároveň je projekt i stretom dvoch rozličných tunelárskych prístupov v konfrontácii Novej rakúskej tunelovacej metódy (NRTM) a Nórskej tunelárskej metódy (NTM), preferovanej firmou Skanska Sverige, pričom razenie prebieha podľa zásad NTM. Každá z týchto metód je postavená na rozdielnych základoch, preto je tento stret „kultúr“ veľmi zaujímavým obohatením tak pre slovenských, ako aj pre švédskych kolegov.

ABSTRACT

The project for the Norsborg underground depot for the Stockholm metro is currently the largest underground construction project in Sweden. The project presents a challenge to the works organisation, the tunnelling operations themselves and the survey service in terms of both the extent of the underground excavation work, the complexness of the system of underground caverns, tunnels and cross passages, as well as its location within the urban area of Stockholm. The large extent of drilling and blasting work and the volume of ground to be carried from the underground during a short period, complying with all restrictions associated with the close proximity of a residential zone, requires a professional attitude at all project levels – from the project owner and the designer to the last member of the tunnelling crew. At the same time, the project presents a clash between two different tunnelling approaches, where the New Austrian Tunnelling Method (the NATM) is confronted with the Norwegian Tunnelling Method (the NTM), which is preferred by Skanska Sverige, with the NTM principles being applied to the excavation. Each of the methods is based on different foundations, which is the reason why this clash between “cultures” is very interesting enrichment for Slovak as well as Swedish colleagues.

ÚVOD

Projekt Norsborgdepån E2 je druhým podzemným projektom v intraviláne hlavného mesta Švédska realizovaným za spolupráce Skanska Sverige AB a Skanska SK a. s. – Závod Tunely SK. Prvým v poradí bol projekt Norra Länken NL11 (severný obchvat Štokholmu), o ktorom bol článok v tomto časopise č. 3/2011.

Projekt Norsborgdepån sa skladá z dvoch častí:

- E1 – konečná stanica červenej linky metra v Štokholme. Táto časť je prakticky celá realizovaná na povrchu a skladá sa z budovy samotnej konečnej stanice spolu s veľkým parkovacím domom a napojením na infraštruktúru mestskej časti Norsborg.
- E2 – podzemné depo na konci červenej linky metra v Štokholme, skladajúce sa z troch podzemných lodí, ktoré budú slúžiť na parkovanie, údržbu a umývanie vozňov metra (obr. 1).

Investorom projektu je SL (AB Storstockholms Lokaltrafik = mestská hromadná doprava „veľkého“ Štokholmu), časť E1 je realizovaná spoločnosťou NCC a časť E2 spoločnosťou Skanska Sverige AB, Stora Project – Undermark Projekt, pričom raziace a geodetické práce vykonáva Skanska SK a. s. – Závod Tunely SK.

OPIS PROJEKTU A POSTUP PRÁČ

Základné parametre podzemného depa:

- dĺžka razenia cca 2 900 m
- plocha výrubu od 20 m² – 180 m²
- parametre hlavných kaverien:

◦ Huvudtvärtunnel	125–160 m ²	100 m
◦ Uppstallningstunnel 1	160–250 m ²	400 m
◦ Uppstallningstunnel 2	160–220 m ²	300 m
◦ Uppstallningstunnel 3	130–170 m ²	450 m
◦ Drifttunnel	31–220 m ²	160 m

INTRODUCTION

The Norsborgdepån E2 project is the second underground construction project realised within the urban area of Stockholm, the capital of Sweden, by Skanska Sverige AB collaborating with SKANSKA SK a. s. – Závod Tunely SK plant. The first in the sequence was the Norra Länken NL11 project (the northern Stockholm by-pass), which was the topic of a paper published in this journal issue No. 3/2011.

The Norsborgdepån project consists of the following two parts:

- E1 – the terminus of the metro Red Line in Stockholm. This part is virtually completely built on the terrain surface. It consists of the station building itself, a large parking garage building and the connection to the infrastructure of the municipal district of Norsborg.
- E2 – the underground depot located at the end of the Red Line in Stockholm, consisting of three underground bays, which will serve to parking, maintaining and washing of metro trains (see Fig. 1).

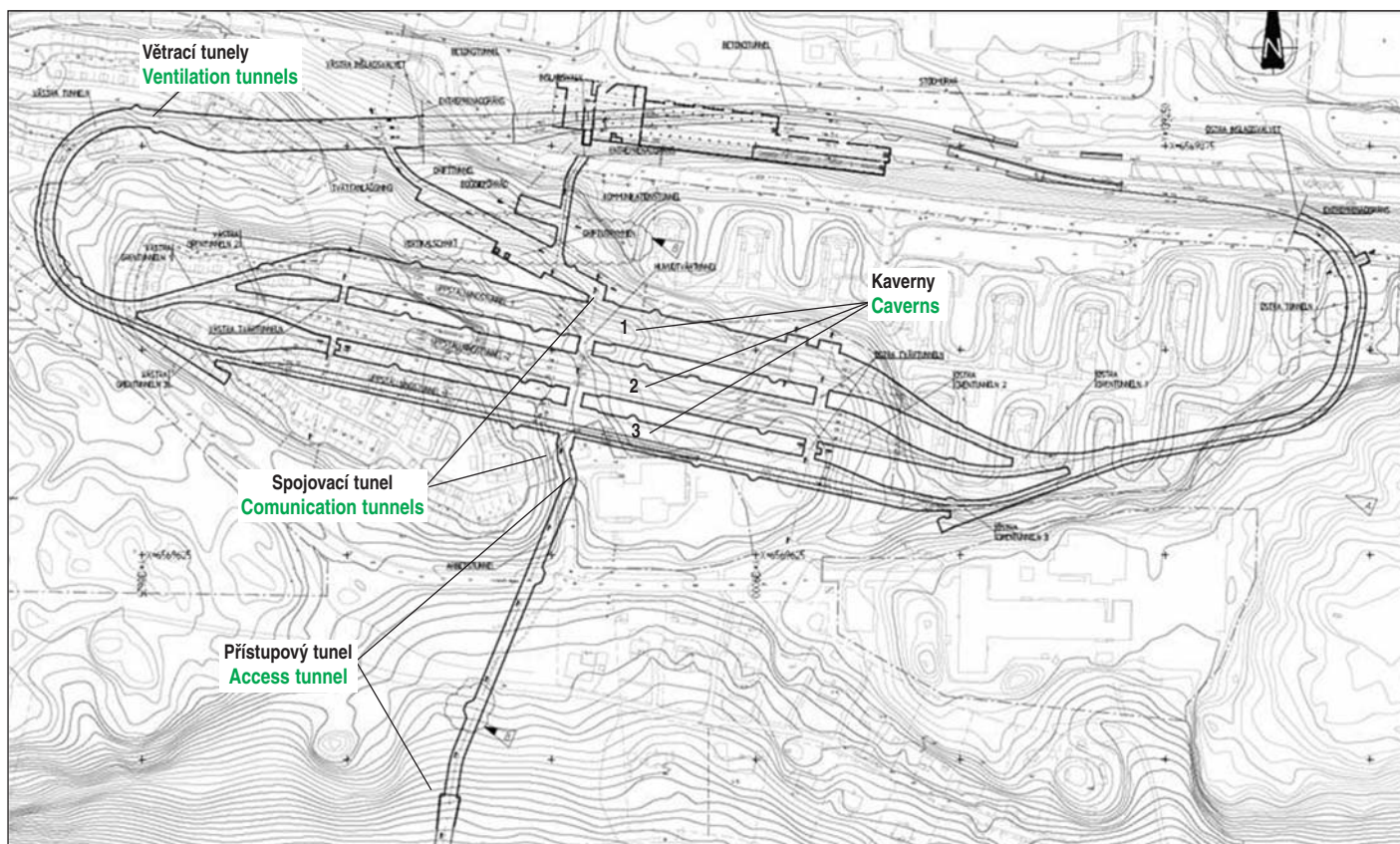
The project owner is SL (AB Storstockholms Lokaltrafik = the urban mass transit company for the City of Greater Stockholm); the contractor for the E1 part is NCC, whilst Skanska Sverige AB, Stora Project - Undermark Project is the contractor for the E2 part, with Skanska SK a.s. – Závod Tunely SK plant carrying out the tunnelling and survey work.

PROJECT DESCRIPTION AND WORK PROCEDURE

Basic parameters of the underground depot:

- excavation length about 2900m
- excavated cross-sectional area ranging from 20m² to 180m²
- parameters of the main caverns:

◦ Huvudtvärtunnel	125–160m ²	100m
◦ Uppstallningstunnel 1	160–250m ²	400m
◦ Uppstallningstunnel 2	160–220m ²	300m



Obr. 1 Situácia projektu Norsborgdepån v Štokholme
Fig. 1 Norsborgdepån project in Stockholm layout

- objem vytáženéj horniny spolu 306 000 m³
- 22 300 svorníkov
- 84 000 m² striekaného betónu
- 76 injektážnych dáždníkov (cca 410 t cementu)

Raziace a zaistovacie práce sú realizované v zmysle tzv. NTM s posudzovaním geológie podľa klasifikačného systému Q. Geologickú stavbu masívu tvoria granity a granitické ruly so systémom diskontinuit. Občasne sa vyskytujú i malé útvary porušenej horniny. Z hydrogeologického hľadiska je masív suchý, vzhľadom na relatívne nízke nadložie (10–30 m) sa občasne vyskytujú priesaky vody z povrchu cez systém diskontinuit.

Postup raziene, v zmysle princípov NTM, je relatívne jednoduchý. Nosnými operáciami sú vrtno-trhacie práce, odtážba horniny a profilácia čelby (strojná a ručná). Zaistovanie profilu tunela striekaným betónom s rozpylenou oceľovou výztužou a svorníkmi sa realizuje najskôr po troch záberoch (cca 15 m), pokiaľ to stav horninového masívu dovoľuje, aj po 30 m. Po obhliadke a odobrení stavu výlomu geológom investora je potom výlom zaistovaný obvykle po 15 m úsekoch (obr. 2).

Keďže obe časti projektu E1 a E2 sa začali realizovať prakticky v rovnakom čase, bolo nutné podzemnú časť projektu otvoriť z opačnej strany cez prístupový tunel (Arbetstunnel) dĺžky 230 m (plocha výrubu cca 60 m²). Arbetstunnel sa stal jedinou prístupovou cestou do priestoru raziene, čo spolu s priestorovo veľmi obmedzeným zariadením staveniska na povrchu a obmedzujúcimi podmienkami v súvislosti s blízkosťou obytnej zóny, vytvára veľký tlak na organizáciu prác a koordináciu jednotlivých operácií.

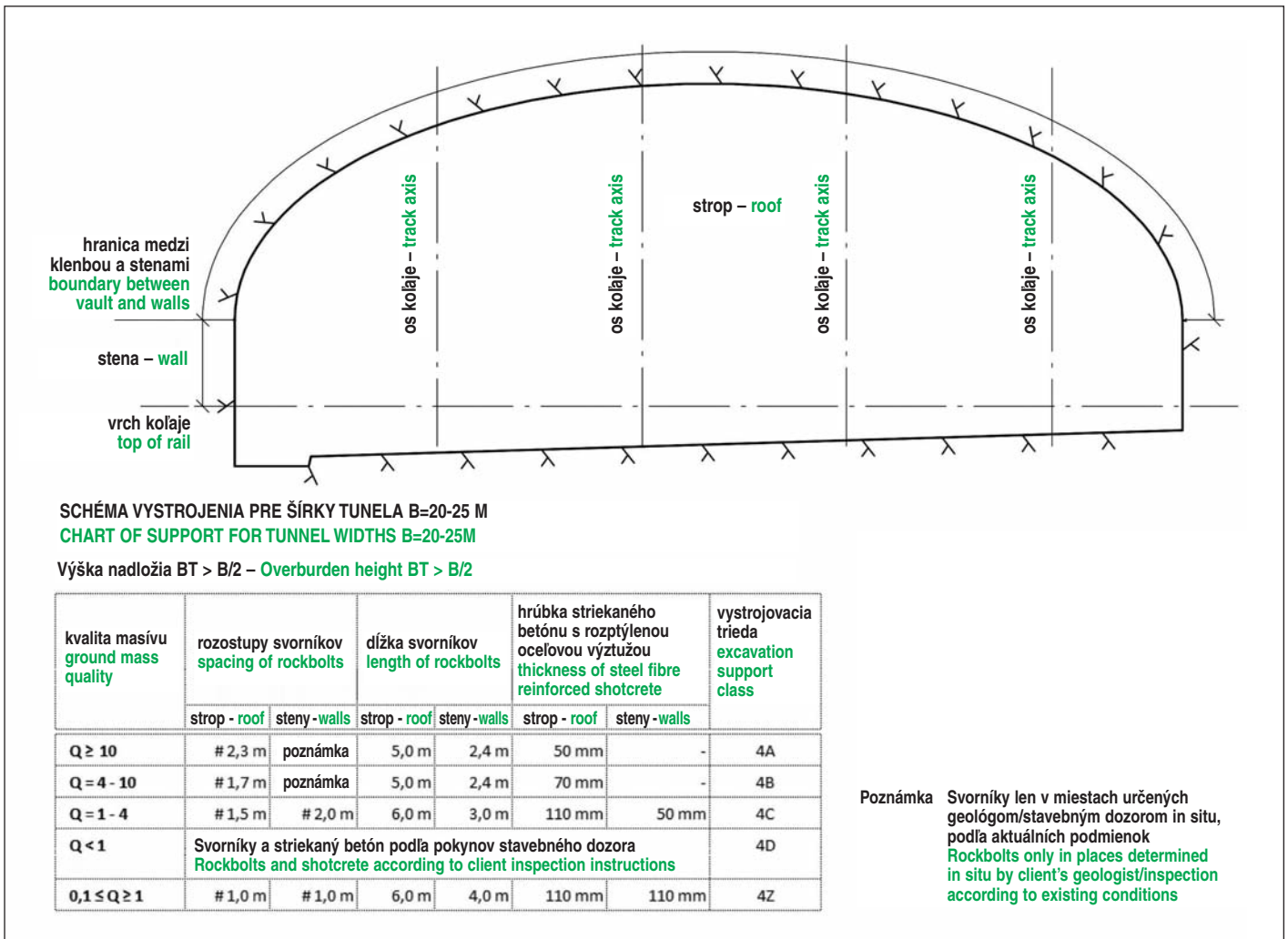
Stavba je rozdelená na spojovací tunel (Huvudtvärtunnel), z ktorého vychádzajú do oboch strán 3 kaverny – Uppställningstunnel 1, 2 a 3. Huvudtvärtunnel potom pokračuje do vetracieho tunela (Drifttunnel) a komunikačného tunela (Komunikationstunnel), ktorý vychádza na povrch a je jedným z troch spojovacích bodov s povrchovou časťou projektu.

- Uppställningstunnel 3 130–170m² 450m
- Drifttunnel 31–220m² 160m
- aggregate excavated ground volume 306,000m³
- 22,300 rockbolts
- 84,000m² of shotcrete
- 76 grouting umbrellas (about 410t of cement)

The tunnelling and excavation support operations are carried out according to the NTM, with the geology classification according to the Q-system. The geological structure of the massif is formed by granites and granitic gneiss with a system of discontinuities. Small formations of fractured rock occur occasionally. In terms of hydrogeology, the massif is dry. With respect to the relatively shallow overburden (10–30m), water seepage from the surface through the discontinuity system occurs occasionally.

The excavation procedure following the NTM principles is relatively simple. The main operations consist of the drill-and-blast, mucking out and the profiling of the face (both mechanical and manual). The tunnel profile support consisting of steel fibre reinforced shotcrete and rockbolts is being installed after three excavation rounds at the latest (about 15m), even at the distance of 30m behind the face if the rock mass condition permits. After inspecting and assessing the condition by project owner's geologist, the excavation is usually provided with the support in 15m long sections (see Fig. 2).

Because of the fact that the work on the two parts of the project, E1 and E2, commenced virtually simultaneously, it was necessary to open the underground part of the project from the opposite side, through a 230m long access tunnel (the Arbetstunnel) (the excavated cross-sectional area of ca 60m²). The Arbetstunnel became the only access route to the heading, which fact, together with the restricted space for construction site facilities and the restricting conditions associated with the proximity of the residential zone, asserts great pressure on the organisation of work and coordination of individual operations.



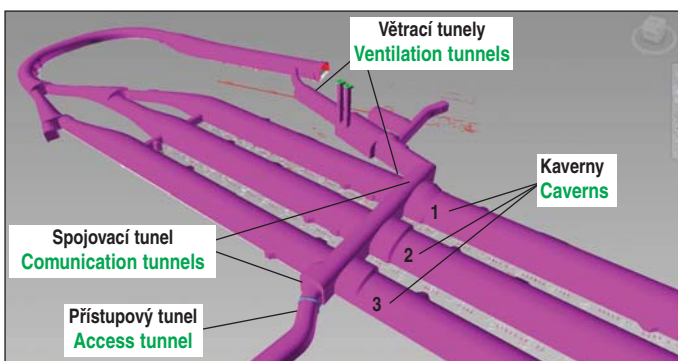
Obr. 2 Vystrojovacie triedy

Fig. 2 Excavation support classes

Všetky tri kaverny Uppställningstunnel 1, 2 a 3 sa v 360° okruhu spájajú a cez západný a východný tunel vchádzajú do povrchovej časti (obr. 3, 4).

Postup razenia jednotlivých tunelov a kaverien bolo nutné prispôbiť následným prácam na povrchovej časti projektu v mieste spojenia oboch častí. Prioritou bolo vyraziť spojovací tunel a cez prvú časť vetracieho tunela a komunikačný tunel sa dostať na povrch. Veľké množstvo pracovísk (v súčasnej dobe sa pracuje na 7 čelbách) vytvára predpoklady, pri dobrej organizácii a koordinácii prác, na efektívne využitie kapacít strojov a mechanizmov. Na projekte sú obmedzenia pre vrtné práce, strojnú profiláciu a trhacie práce:

- vrtné práce a strojná profilácia: pondelok – piatok od 7:00–19:00 h.,



Obr. 3 3D model podzemného depa

Fig. 3 3D model of the underground depot



Obr. 4 Pohľad do spojovacieho tunela

Fig. 4 View down the connecting tunnel



Obr. 5 Nakladanie a odťahba, v pozadí strojná profilácia čelby
Fig. 5 Loading and mucking out; mechanical profiling in the background

- trhacie práce: pondelok – piatok od 7:00–22:00 h.

Oba vrtné vozy (Atlas Copco XE3C) sú nasadené prakticky celých 12 h, keď je možno vrtať, takže servis a údržba je vykonávaná len v noci, resp. cez víkendy. Trhacie práce sú vykonávané v dvoch časoch (11:30 a 21:00 h.), aby bol zabezpečený dostatok horniny pre odťahbu, ktorá prebieha denne od 12:00 do 7:00 h. Pre nakladanie je používaný nakladač Volvo L350F s objemom lopaty 7 m³ a nakladá sa priamo na cestné nákladné autá (odvoz na skládku mimo stavby priamo z tunela). Strojnú profiláciu vykonávajú 2 kolesové rýpadlá Liebherr 924 (obr. 5). Osádku na razení tvorí spolu 34 pracovníkov závodu Tunely SK.

Projekt počíta s osadením vnútorného ostenia (inner lining) – izolácii proti odkvapom vody vo väčšine podzemných priestorov depa. Geologický prieskum územia predpokladal minimálne prítoky vody, preto nie je aplikovaná systematická injeckáž, ako je to v Škandinávii obvyklé. Injeckáž predpolia sa realizuje na základe skúšok priepustnosti predpolia masívu – Lugeon test. Tento sa vykonáva každý tretí (24 m vrty), resp. štvrtý záber (27 m vrty). Lugeon test spočíva v navrtaní 3 testovacích vývrtov vo vnútri profilu a v samotnom teste priepustnosti. Pomocou injeckážnej súpravy Atlas Copco Unigrout je po vyplnení vývrtov voda tlačaná počas 2 min. pri konštantnom tlaku 0,7 MPa. Pokiaľ masív odoberie menej než 12 l vody, injeckáž nemusí byť vykonaná a razenie pokračuje ďalej.

Pokiaľ masív odoberie viac než 12 l vody aspoň v jednom vývrte, nasleduje injeckáž predpolia. Pri tejto sa vrta 16 vývrtov dĺžky 24, resp. 27 m nad obrys tunela. Na vrtnie je používaný tzv. Carousel osadený na krajných lafetách vrtnacieho voza AC XE3C. Tento systém umožňuje automatizované vrtnie dlhých vývrtov použitím revolverového zásobníka vrtných tyčí. Vrtnie jedného vývrtu dĺžky 27 m, spolu so spätným vytáňovaním tyčí, trvá v priemere 45 min. Doposiaľ bolo na projekte vykonaných 12 injeckáží predpolia (okrem prístupového tunela, ktorý je dočasnou stavbou).

TRHACIE PRÁCE

Razenie celého podzemného diela je vykonávané vrtno-trhacími prácami, na ktoré boli strelmajstri Skanska SK zaškolení a preskúšaní švédskym certifikačným orgánom (Berg Utbildarma AB). Ten na základe vykonaných skúšok vystavil strelmajstrom osvedčenie na vykonávanie trhacích prác platné na 10 rokov pre celé územie Švédska. Dodávateľom trhavín, rozbušiek a všetkého materiálu potrebného na vykonávanie trhacích prác je španielska firma Maxam. Pracovníci tejto firmy sú často prítomní pri vykonávaní trhacích prác na stavbe, hlavne z dôvodu sledovania kvality ich produktu a jeho kalibrácie.

enter the at-grade part via the western tunnel and eastern tunnel (see Figures 3 and 4).

The procedure for the excavation of individual tunnels and caverns had to be accommodated to the subsequent work on the at-grade part of the project in the location where the two parts merge. The priority was to drive the connecting tunnel and get to the surface through the first part of the ventilation tunnel and the communication tunnel. The great quantity of working places (the work is currently proceeding at 7 headings) creates conditions for the effective exploitation of the capacities of machines and mechanisms if the operations are organised and coordinated properly. There are the following time restrictions applied to the project, regarding drilling, profiling and blasting operations:

- drilling and mechanical profiling: Monday – Friday from 7:00 – 19:00 hours
- blasting: Monday – Friday from 7:00 – 22:00 hours

Both drilling rigs (Atlas Copco and XE3C) are deployed virtually for all 12 hours when drilling is possible, therefore servicing and maintaining is carried out only during the nighttime or during weekends. Blasting is carried out at two times (11:30 and 21:00 hours) so that the sufficient volume of muck to be daily carried from the underground from 12:00 to 7:00 hours is secured. Muck is loaded by a Volvo L350F loader with the shovel volume of 7m³ directly to road trucks (removing the muck to a stockpile outside the construction site directly from the tunnel). Mechanical profiling is carried out by 2 Liebherr 924 wheeled excavators (see Fig. 5). The tunnelling crew consists of 34 workers of Závad Tunely SK plant.

The design takes into account the installation of an inner lining – insulation against dripping water – in the majority of underground spaces of the depot. The geological survey of the area assumed minimum water inflows. For that reason no grouting system, which is customary in Scandinavia, is not applied. The injection of grout into the advance core is carried out on the basis of advance core permeability tests – the Lugeon test. This test is conducted in every third or fourth excavation round (24m long and 27m long drillholes, respectively). The Lugeon test lies in drilling 3 test holes within the tunnel profile and the permeability test itself. After the drillholes are full, water is compressed to the constant pressure of 0.7MPa for 2 minutes by means of Atlas Copco Unigrout grouting set. If the massif takes less than 12 litres of water, grouting does not have to be carried out and the excavation proceeds on.

If the massif takes more than 12 litres of water at least in one drillhole, the grouting into the advance core follows. It comprises 16 holes 24 and 27m long, respectively, drilled above the tunnel contour. The drilling is carried out using the so-called Carousel, which is mounted on side booms of the AC XE3C drill rig. This system allows for automated drilling of long holes using a revolving rod carousel. Drilling of one 27m long hole and pulling of the rods out takes 45 minutes on average. To date, 12 cases of injecting grout into the advance core have been carried out (with the exception of the access tunnel, which is a temporary structure).

BLASTING OPERATIONS

The entire underground working is being excavated using the drill-and-blast procedures, for which the Skanska SK shotfirers were trained and tested by a Swedish certifying authority (Berg Utbildarma AB). The authority issued permits for the execution of blasting for shotfirers on the basis of successfully passed tests. The permits were valid for 10 years for the entire area of Sweden. Explosives, detonators and all materials required for the execution of blasting are being supplied by Spain-based Maxam. Employees of this company have been often present at the

Používa sa emulzná trhavina, ktorá je iniciovaná neelektrickým roznetom – systém Nonel.

Čelba je nabíjaná pomocou nabíjacej súpravy typu SSE, Nobel Mix 1400-50-11-2A (výrobca Nobel Technic, Nórsko), ktorá je osadená na podvozku nákladného auta, vybaveného pracovnou plošinou. Vzhľadom na veľkosť tunelov a efektívnosť rýchlosti nabíjania je súprava vybavená dvomi úrovňami nabíjania – z plošiny a zo zeme. Emulzná trhavina je tlačaná do vrtov dávkovacím čerpadlom po predchádzajúcom zmiešaní všetkých zložiek emulznej trhaviny v požadovanom pomere. Používané sú štyri rôzne merné nálože výbušnej zmesi pre jednotlivé časti čelby – zálom a obrys dna, pribierkové vrty, pomocný obrys a obrys. Jednotlivé stupne si pracovníci pri nabíjaní volia na ovládači. Aby bola zaručená správna merná nálož a súvislosť plnenia trhavinovej nálože (string line pri obryse a pomocnom obryse), aj rýchlosť vytáhovania dávkovacej hadice je riadená počítačom. Množstvo čerpanej zmesi, ako aj ostatné parametre nabíjania, sú zaznamenávané v počítači súpravy. Pri najväčších profiloch presahuje celkové množstvo trhaviny až 2000 kg na 5m záber. Používanie emulznej trhaviny je v týchto podmienkach veľmi efektívne. Čas na nabitie čelby s plochou výrubu 200 m² a cca 260 vývrtmi dĺžky 5,8 m trvá v priemere 4 h.

Vzhľadom na to, že sa razí pod mestskou zástavbou, veľký dôraz sa kladie na sledovanie seizmických účinkov na povrch. Taktiež už spomínané časové obmedzenia na vykonávanie trhacích prác značne komplikujú ich priebeh. Tento faktor má veľký význam pri stanovovaní časového sledu jednotlivých pracovných operácií počas dennej zmeny, kedy je dovolené tieto práce vykonávať. Aby sa minimalizovali stratové časy ovetrávania, odpaly na jednotlivých čelbách sú nastavené na čas zmenovej výmeny vodičov nákladných automobilov zabezpečujúcich odvoz horniny na skládku.

Veľký dôraz sa kladie na dodržiavanie bezpečnostných predpisov počas vykonávania trhacích prác. Bezpečnostné štandardy pri trhacích prácach sú podobné, na aké sme zvyknutí v našich podmienkach (bezpečnostné zóny, komunikácia so strelmajstrom, hliadky atď.). Takisto je veľmi dôležité používanie ochranných rukavíc a okuliarov pri nabíjaní, pretože emulzia je značne agresívna a po kontakte s pokožkou môže spôsobiť nepríjemnú reakciu.

Základná látka pre výrobu emulzie sa skladuje a dopĺňa priamo v podzemí vo veľkokapacitnej nádrži, z ktorej sa prečerpáva do nabíjacej plošiny. Rozbušky a ostatné pomôcky pre trhacie práce sú skladované v sklade trhavín, ktorý je tiež v podzemí. Evidenciu skladovaného a spotrebovaného materiálu, použitého pri trhacích prácach, vykonávajú strelmajstri. Emulzia, ktorá zostane po nabíjaní na dne tunela, sa musí uložiť do nádoby, ktorá je na to určená. Po jej naplnení je odvezená dodávateľom emulzie zo stavby.

Pri optimalizácii jednotlivých pracovných operácií v tuneli a absencii porúch strojov osádka je schopná urobiť tri odpaly počas dovoleného časového rozmedzia na trhacie práce, pri spotrebe cca 4,5 t emulzie. Pri súčasne razených profiloch tunelov 3 odpaly predstavujú optimum aj z pohľadu kapacitných možností odťažby a priechodnosti tunela pre nákladné automobily.

Používaný systém trhacích prác je v podmienkach Škandinávie obvyklý, avšak mnohí slovenskí tunelári sa s ním na tejto stavbe stretli po prvýkrát. Použitie emulznej trhaviny a systém jej dávkovania do vrtov je vysoko efektívny a bol by aplikovateľný aj v našich podmienkach.

GEODETICKÉ PRÁCE

Veľmi dôležitou neoddeliteľnou súčasťou tunelárskych prác, ktoré vykonávajú zamestnanci pri realizácii projektu

execution of blasting on the construction site, first of all with the aim of monitoring the quality of their product and calibrating it. Emulsion explosive is being used, with the Nonel non-electric initiation system.

The excavation face has been charged using an SSE, Nobel Mix 1400-50-11-2A charging set (manufactured by Nobel Technic, Norway), which is mounted on a truck chassis. It is equipped with an access platform. With respect to the size of the tunnels and the effectiveness of the charging rate, the set is equipped with two charging levels, i.e. charging from the platform and from the excavation bottom. The emulsion explosive is pushed into drill-holes using a dosing pump after prior mixing of all emulsion explosive components at the prescribed ratio. Four different specific charges of the explosive mix are used for individual parts of the excavation face, i.e. for cut and bottom contour holes, enlarger holes, auxiliary contour holes and contour holes. Workers carrying out the charging select particular stages on an actuator. To secure the correct specific charge and the continuity of filling the explosive charge in the drillholes (the string line at the contour and auxiliary contour) as well as the rate of pulling the dosing hose from the drillholes, the process is controlled by a computer. The amount of the mix being pumped and the other parameters are recorded in the charging set computer. The total amount of the explosive required for the largest profiles exceeds 2000kg per 5m-long excavation round. The use of the emulsion explosive in the particular conditions has been very efficient. The charging of excavation face with the excavated cross-sectional area of 200m² and about 260 drillholes 5.8m long takes 4 hours on average.

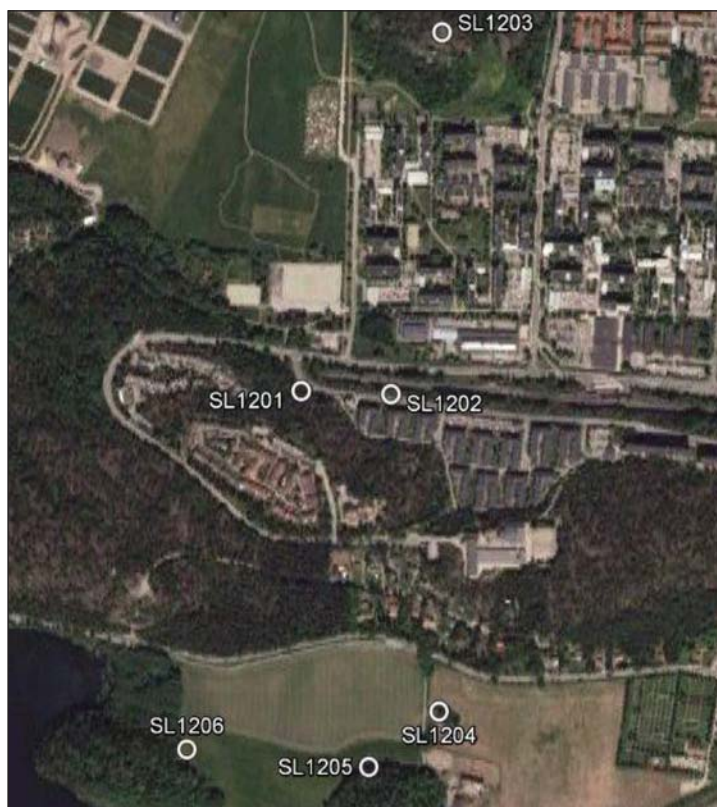
Taking into consideration the fact that the tunnelling operations are carried out under urban development, great emphasis is placed on the monitoring of seismic effects on the terrain surface. The above-mentioned time constraints imposed on the execution of blasting operations significantly complicate their course. This factor is very important when the time sequence of individual working operations during day shifts, when the execution of these operations is permitted, is being determined. With the aim of minimising idle times required for clearing smoke from the tunnel, the firing times at individual headings are set to the time of the rotation of drivers of trucks securing the transport of muck to stockpiles.

Great stress is placed on complying with safety regulations during blasting operations. Safety standards for blasting are similar to those we are accustomed to in our conditions (safety zones, communication with the shotfirer, guards etc.). Also very important is the use of protective gloves and goggles when charging the holes because the emulsion is highly aggressive and can cause an unpleasant reaction after getting into contact with skin.

The basic matter for the emulsion production is stored and the stock is replenished directly in the underground, in a large-capacity tank, from which it is pumped over to the charging platform. Detonators and other tools required for blasting operations are stored in the magazine, which is also located underground. The stored materials and materials consumed during blasting operations are recorded by shotfirers. The emulsion which remains after charging on the tunnel bottom has to be placed into an appropriate container. When the container is full, it is transported from the site by the emulsion supplier.

When the individual working operations in the tunnel are optimised and no defects of machines take place, the crew is capable of performing three firing events during the course of the time range permitted for the blasting, with the consumption ca 4.5 tonnes of emulsion. At the currently driven tunnel profiles, 3 firing cases represent an optimum even in terms of the capacity of the mucking out system and the passability of the tunnel for trucks.

The blasting system being used is a commonplace in the Scandinavian conditions, but many Slovak tunnellers have met it for the first time on this construction site. The use of emulsion



Obr. 6 Situácia bodov základnej vytyčovacej siete
Fig. 6 Layout of the Basic setting-out net points

Norsborgsdepån, je okrem tunelárskych prác aj kompletná dodávka geodetických prác, vrátane hlavného geodeta stavby. Rozdeľujú sa do troch úrovní:

Vytyčovacia sieť stavby – pripojenie sa na prevzatú základnú vytyčovaciu sieť (ZVS) a budovanie vlastnej základnej a podrobnej vytyčovacej siete (PVS).

Definícia projektu a transformácia potrebných geometrických parametrov stavby do geodetického softwaru a aplikačných programov geodetických systémov.

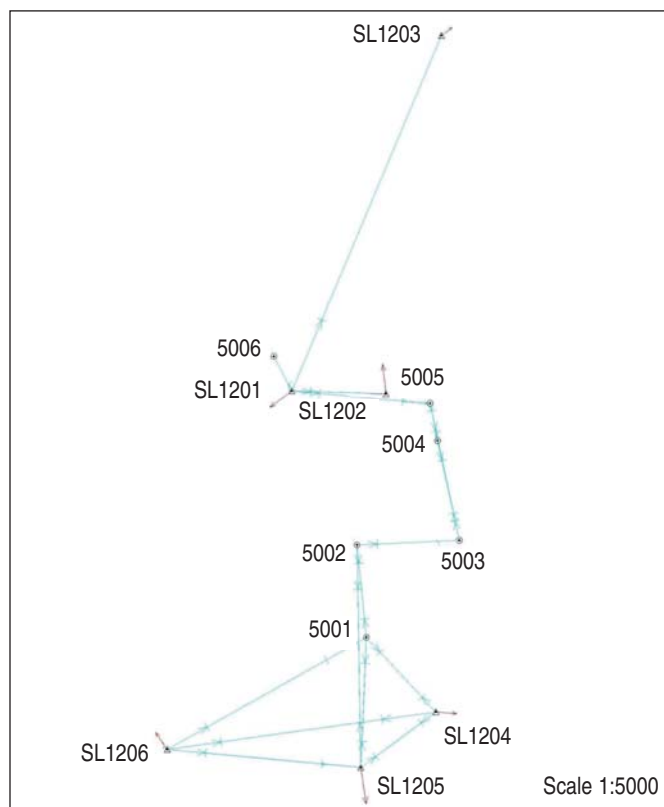
Usmerňovanie razenia a dokumentácia skutočnej realizácie stavebných objektov.

Vytyčovacia sieť stavby

Po prevzatí stavby bola poskytnutá vytyčovacia sieť tvorená dvoma trojicami bodov na južnej a severnej strane stavby. K tomu bolo odovzdané ešte po jednom nivelačnom bode na severnej a južnej strane stavby. Body boli stabilizované zväčša oceľovými klinčovými značkami v pevnom skalnom podklade (v jednom prípade len oceľovou rúrkou). Takáto stabilizácia je dosť nešťastná, lebo pri každom meraní je potrebné postaviť nad bodom prístroj na statíve, čím logicky dochádza k určitému zhoršeniu presnosti z dôvodu vycentrovania prístroja na bode. Stabilizácia bodov pilierovými pažnicami s núteným centrováním prístroja nebola možná, pretože sa tieto nachádzali na súkromných pozemkoch a k dohode s majiteľmi pozemkov sa nedalo dospieť.

Poloha odovzdaných bodov bola určená len GPS meraním, a preto bola potrebná ich kontrola priamym terestrickým meraním (TPS meranie). TPS bolo realizované v mesiaci apríl 2013. Z dôvodu konfigurácie terénu a viacerých ostatných faktorov (zalesnenie, hustá zástavba, ...) bolo malým zázrakom, že sa našla trasa, ktorou bolo možné prepojiť obidve strany ZVS polygónovým ťahom. Toto meranie bolo navyše potrebné urobiť v skorých jarných mesiacoch v období vegetačného kľudu.

Meranie bolo následne vyhodnotené a sieť bola vnútorne vyrovnaná ako pevný lokálny súradnicový systém. Vyrovnanie



Obr. 7 Výsledky vyrovnania
Fig. 7 Adjustment results

explosive and the system of its dosing into drillholes is highly effective and would be applicable even to our conditions.

SURVEYING

Very important and inseparable part of the tunnelling work carried out by employees during the realisation of the Norsborgsdepån project is, apart from the tunnel excavation, the comprehensive supply of survey services, including fulfilling the position of the main project surveyor. The survey services are divided into the following three levels:

The setting-out network – connecting it to the Basic Setting-out Net (BSN) taken over from the client and building contractor's own Basic and Detailed Setting-out Net (DSN).

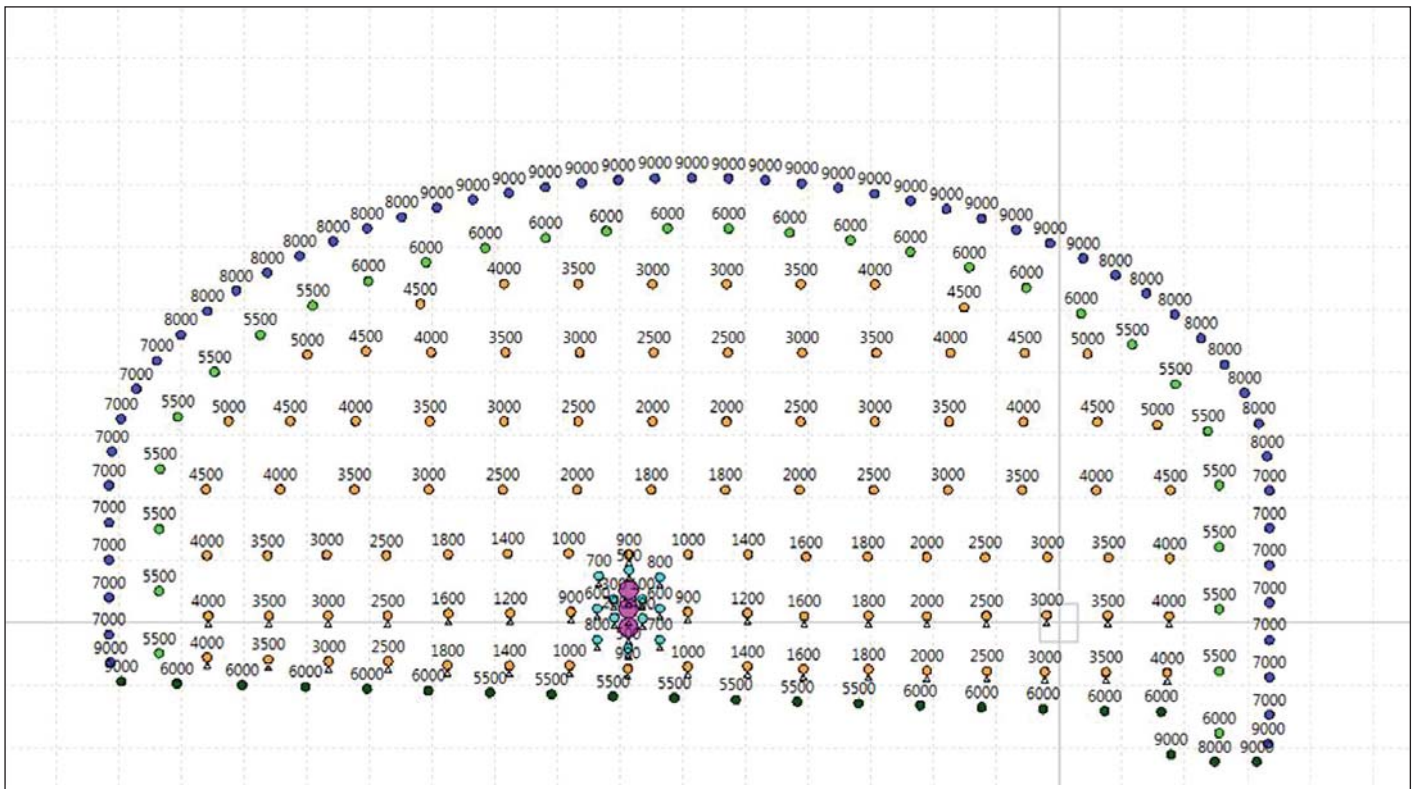
The project definition and transformation of required geometrical parameters of the project into a survey software and application programs of survey systems.

Guiding the excavation and documenting the as-built state of structures.

Construction setting-out network

After the construction site takeover, a setting-out network formed by two triads of points on the southern side and northern side of the construction site was provided. In addition, one leveling point was handed over on either side. The points were stabilised mostly by steel nails fixed in the solid rock (in one case only by a small-diameter steel tube). This stabilisation system is quite unfortunate because it is necessary to install the instrument on a tripod over the point for each measurement, which means that the measurement accuracy is logically deteriorated to some extent as a result of the process of centering the instrument above the point. The stabilisation of the points by means of steel casing pipes allowing forced centering of the instrument was not possible because the casings were located on private land and the attempts to reach permissions of owners failed.

The position of the handed over points was determined only by GPS measurements; for that reason checking by means of direct



Obr. 8 Vrtná schéma
Fig. 8 Drill pattern

siete bolo realizované v programoch Groma, Leica Geo Office (LGO), BetanNeptan. Výškovo vykazovali GPS výšky bodov ZVS rozdiel oproti nivelačným výškam v priemere 20 mm. Oprava bola urobená zavedením nivelačných výšok do TPS meraní. Výsledky z vyrovnania v jednotlivých programoch boli porovnané a po odsúhlasení geodetom objednávateľa použité na zhustenie ZVS na povrchu a budovanie ZVS a PVS v podzemí. V súčasnosti prebieha diskusia o implementácii a zosúladiení vytyčovacích sietí s geodetmi firmy NCC, ktorí realizujú druhú časť projektu – stanicu metra Norsborg ako aj predĺženie trate do tejto stanice na severnej strane. Situácia bodov ZVS je zrejme z obr. 6, výsledky vyrovnania z obr. 7.

Geodetická charakteristika projektu

Stavba depa je situovaná v podzemí a projektovo je rozdelená na viacero stavebných objektov – prístupový tunel (Arbetstunnel), spojovací tunel (Huvudtvärtunnel), odstavňové tunely (Uppställningstunnel – 1, 2, 3), západný a východný tunel plus technologické tunely (Drifttunnel, Kommunikationstunnel, Tvättanläggning, Boggieforråd). Keďže ide o depo, je niveleta celej stavby s výnimkou východného tunela projektovaná ako horizontálna vo výške + 23 m nad morom. Táto skutočnosť, na prvý pohľad vyzerajúca ako zjednodušujúca, však v skutočnosti značne komplikuje definovanie projektu do geodetických programov, lebo sa týmto vytráca jedna z typických výhod pri definovaní líniovej (tunelovej stavby), a to že v priečnom profile majú všetky geometrické časti tunela pevné miesto vzhľadom k tunelovej osi. Na projekte Norsborgsdepän z dôvodu odvodnenia tunela (drenáž a technologická kanalizácia) sa prakticky na celej stavbe neustále mení poloha a tvar dna (počvy) tunela vzhľadom k tunelovej osi, resp. hornej klenby tunela. Navyše, ako je zrejme zo situácie tunela, je západný aj východný tunel napojený na odstavňové tunely 1, 2, 3 cez značne komplikované prechodníky. Všetky tieto veľmi komplikované geometrické časti stavby je potrebné zdefinovať pre ďalšie výpočty presnými priečnymi profilmi. Ak na bežnej tunelovej stavbe na to postačuje cca 20 priečných

terrestrial measurement (the TPS) was required. The TPS was carried out in April 2013. Because of the terrain configuration and several other factors (forestation, dense development, ...) it was a small miracle that a route was found along which it was possible to interconnect both sides of the BSN by traversing. It was in addition necessary to carry out the survey during the dormancy period.

The survey was subsequently assessed and the net was internally adjusted as a fixed local coordinate system. The adjustment was realised in Groma, Leica Geo Office (LGO) and BetanNeptan programs. The levels of points determined by the GPS exhibited differences of 20mm on average in comparison with the levels determined by levelling. The correction was carried out by introducing the levels determined by levelling into the TPS measurements. The results obtained by the individual adjustment programs were compared and, after their acceptance by project owner's surveyor, they were used for the densification of the BSN on the surface and the DSN in the underground. At the moment a discussion about the implementation and bringing the setting-out nets into line with NCC company surveyors, who realise the second part of the project, the Norsborg metro station and the extension of the metro line to this station on the northern side, is in progress. The layout of the BSN points and the adjustment results are obvious from Fig. 6 and Fig. 7, respectively.

Survey-related characteristics of the project

The depot construction is divided by the design into several structures - the access tunnel (Arbetstunnel), the connecting tunnel (Huvudtvärtunnel), tunnels for stabling tracks (Uppställningstunnel – 1,2,3) and the western tunnel, the eastern tunnel plus service tunnels (Drifttunnel, Kommunikationstunnel, Tvättanläggning, Boggieforråd). Because it is the case of a depot, the vertical alignment of the entire structure, with the exception of the eastern tunnel, is designed as horizontal at the level of + 23.00m above the sea level. This fact, which looks at first sight to be simplifying, in reality significantly complicates

rezov, tak na tomto projekte ich bude potrebné vytvoriť odhadom cca 700 až 800.

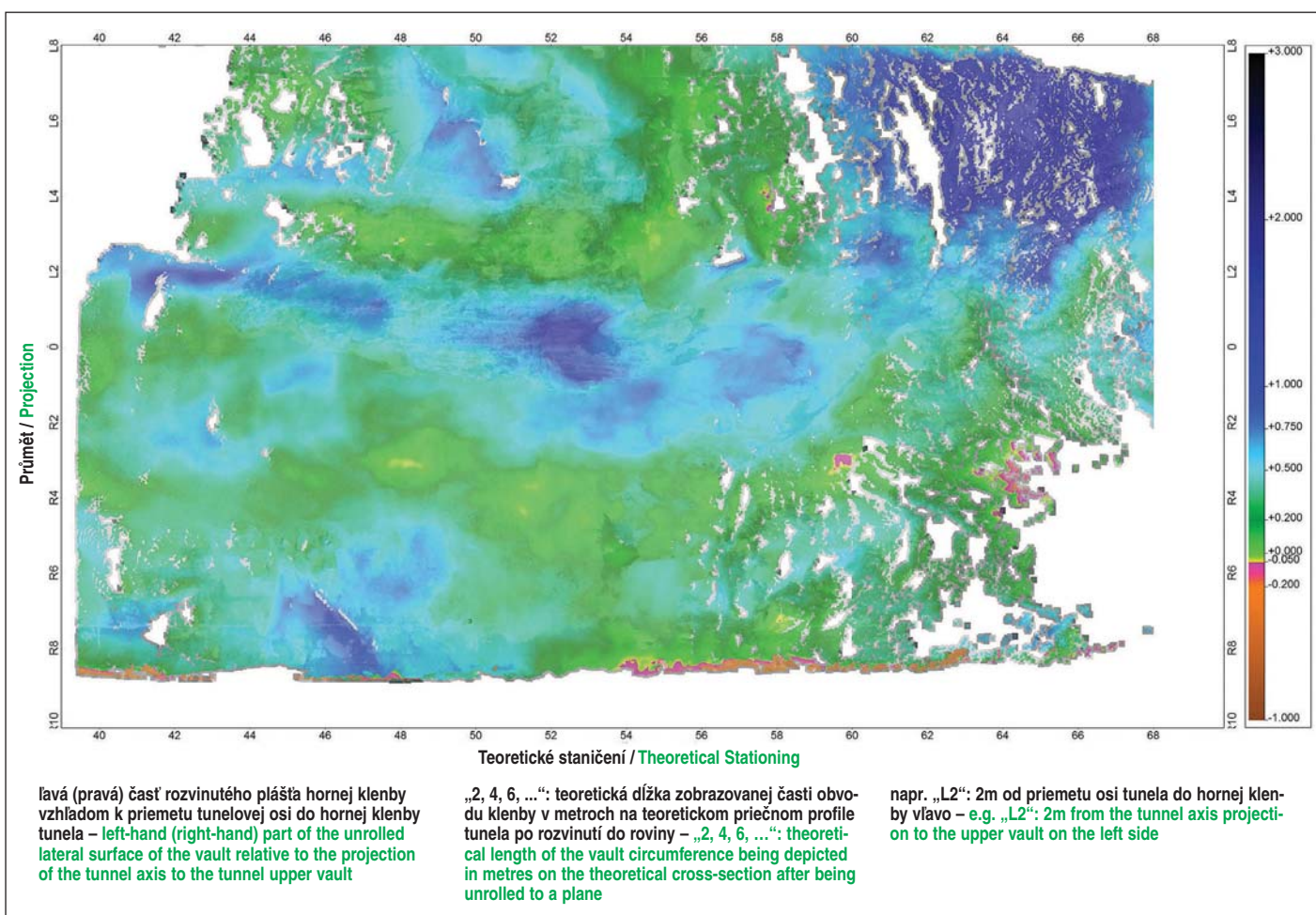
V dodanom projekte bolo projektantom zadaných cca 100 priečných rezov na všetkých objektoch, situácia stavby (horizontálny rez vo výške +23 m) a pozdĺžny profil jednotlivých objektov. V pozdĺžnych profiloch je však veľmi málo informácií potrebných na správne geometrické zadenovanie stavebných objektov, takže nosnou zložkou projektu, ktorá je využívaná v prvom rade tak na definíciu projektu, ako aj na kontrolu ostatných foriem projektových definícií, je virtuálny 3D model stavby. V skutočnosti ide o súbor 3D modelov pre každý objekt zvlášť. 3D model tunela je definovaný trojuhľníkovou sieťou vo formáte *.dwg – AutoCAD. Táto skutočnosť je v našej praxi úplne nová. Doteraz bola pre nás postačujúca trasa stavby s priečnymi rezmi (poprípade pozdĺžnym profilom). Pri značnej geometrickej zložitosti tejto stavby je to však forma projektovej dokumentácie, ktorá najviac napomáha správne definovaniu projektovaných parametrov a s vysokou efektívnosťou. Vypracovanie takého veľkého množstva priečných rezov tunelových rúr je nevyhnutné pre ďalšie využitie tak pri usmerňovaní razenia, ako aj pri kontrole presnosti realizovaných objektov.

Usmerňovanie a kontrola razenia

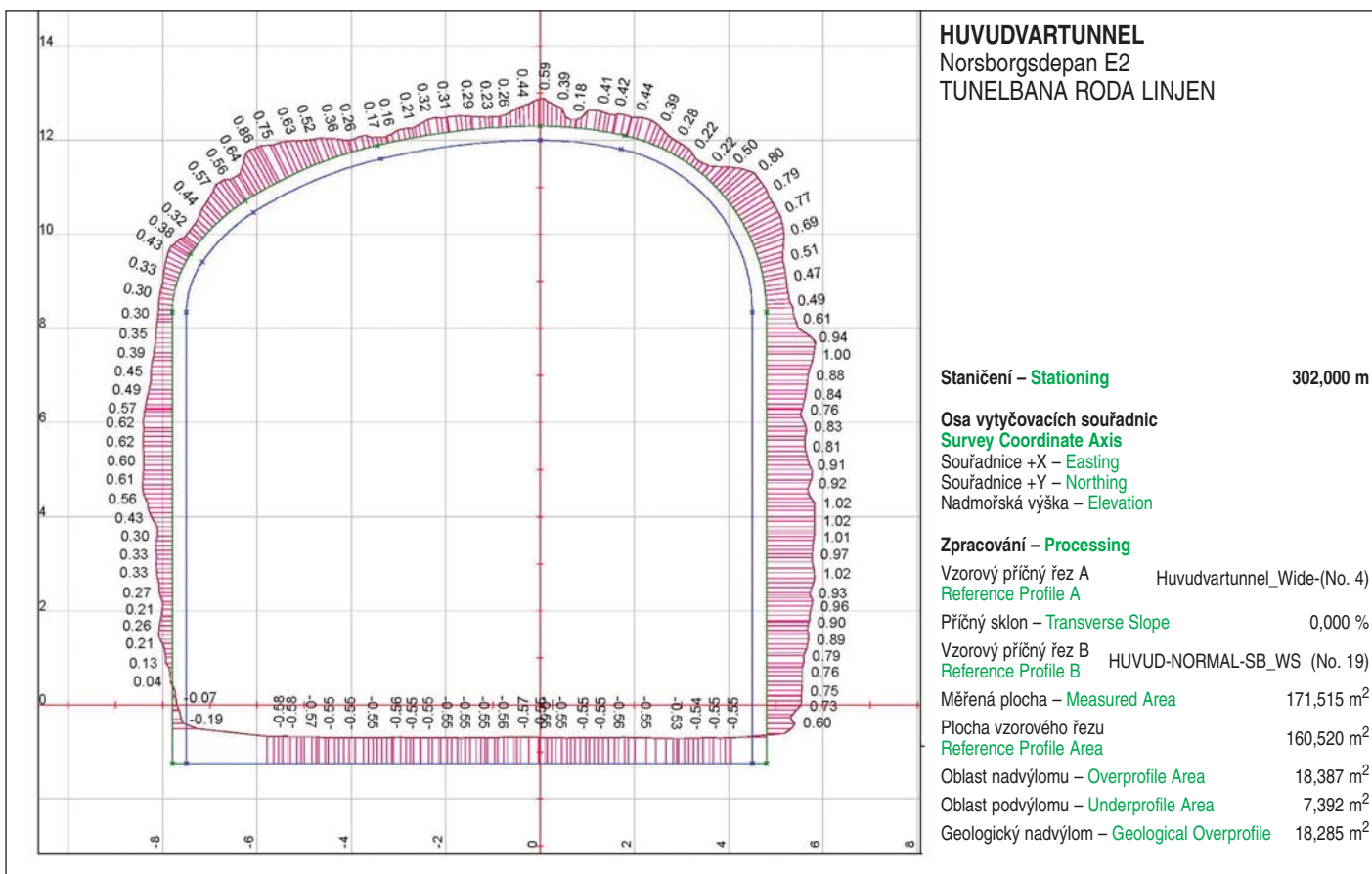
Ako už bolo uvedené, stavba je realizovaná podľa zásad NTM. Jej podstatou je razenie tunelovej rúry vrtno-trhacími prácami a prípadná, často aj neskoršia, aplikácia striekaného betónu. Pri tomto spôsobe razenia tunela usmerňovanie spočíva prakticky len v navigácii vrtacieho voza a následnej kontrole tejto navigácie. Vrtací voz je vybavený funkciou automatického vrtania, to znamená, že po jeho znavigovaní je tento

the project definition in survey programs. The reason is that one of typical advantages in the process of defining a linear structure (a tunnel structure) disappears because all geometrical parts of the tunnel cross-section have firm positions with respect to the tunnel axis. In the case of the Norsborgsdepän project, the position and geometry of the tunnel bottom with respect to the tunnel axis or the upper vault of the tunnel constantly change for the sake of the tunnel drainage (drainage and technological sewerage) virtually throughout the construction length. In addition, as it is obvious from the tunnel layout, both the western tunnel and eastern tunnel are connected to the tunnels for stabling tracks No. 1, 2 and 3 through significantly complicated transition curves. All of these very complicated geometrical parts of the construction have to be defined for subsequent calculations by means of exact cross-sections. Whilst about 20 cross-sections are sufficient for this purpose in the case of a common tunnel construction, the creation of about 700 to 800 cross-sections is guessed to be required for this particular project.

In the handed-over design the designer defined about 100 cross-sections on all structures, the project layout (a horizontal section at the level of 23.00m) and a longitudinal sections of individual structures. Unfortunately, the longitudinal sections contain very little information required for the correct geometrical definition of structures. For that reason the principal component of the design, which is used first of all both for the project definition and for checking the other forms of the project definitions, is the virtual 3D model of the structure. In reality, it is an array of 3D models carried out separately for each structure. The 3D model of the tunnel is defined by a triangular net in *.dwg format – AutoCAD. This fact is completely new in our practice.



Obr. 9 Mapa odchýlok
Fig. 9 Map of deviations



Obr. 10 Radiálne odchýlky od teoretického profilu tunela
Fig. 10 Radial deviations from theoretical tunnel cross-section

lokalizovaný a orientovaný presne v priestore predmetnej čelby. Vďaka systému senzorov vrtacieho voza je možné presne určiť polohu každej lafety a tým aj každého vrtu vrtnej schémy vzhľadom k projektovaným geometrickým parametrom tunelovej rúry. Jednotlivé vrtu sú definované vrtnou schémou (obr. 8), ktorá v sebe zahŕňa tak geometrické, ako aj technologicko-prevádzkové parametre na optimalizáciu vrtno-trhacích prác. Z tohto dôvodu je geometrickým podkladom pre návrh vrtnej schémy priečny rez tunelovej rúry. Keďže systém (softvérová výbava) vo vrtacom voze Atlas Copco XL3C je schopný využiť len vrtne schémy na báze priečného rezu tunela, je určitá časť priečných rezov, vypracovaných pre definíciu projektu v geodetických programoch, využitá aj ako podklad pre vrtne schémy. Do budúcnosti by určite pomohla možnosť využitia priameho načítania 3D modelu tunela do softwaru vrtacieho voza s následným zobrazením vrtaných vývrtov vzhľadom na tento model. Takáto možnosť by značne uľahčila prácu (tvorbu vrtných schém) aj na projekte Norsborgsdepän. Následne je nutné vykonať kontrolu navigácie vrtacieho voza. Kontrola sa vykonáva vytyčením troch vrtov na čelbu pomocou geodetického prístroja a ich následnou kontrolou v systéme vrtacieho voza. Kontrola razenia sa vykonáva po vyrazení jedného až dvoch záberov (odpalov) tunela. Plánovaná dĺžka záberu je 5,5 m. Kontrola je realizovaná pomocou laserového skenera Leica C5. Hustota bodov skenovania je definovaná rastrom 2x2 cm. Vzhľadom na značný počet súčasne realizovaných čelieb tunelových rúr je kontrola razenia skenovaním vykonávaná prakticky každodenne. Navyše je pre tieto práce využívaná aj sobota a nedeľa, keď sú v tuneli obmedzené prevádzkové práce a teda je možná aj kontrola častí tunela upravených striekaným betónom. Vyhodnotenie je následne prezentované na farebnej mape odchýlok (obr. 9) a v prípade potreby priečnym rezom so zobrazením radiálnych odchýlok od teoretického profilu tunela

Till now the project alignment with cross-sections (or also a longitudinal section) was sufficient for us. But, taking into consideration the significant geometrical complexness of this project, this form of design documents facilitates correct defining of design parameters and ensures high effectiveness. The elaboration of such the great quantity of cross-sections of tunnel tubes is unavoidable for the subsequent use for guiding the drives and checking the accuracy of completed structures.

Guiding and checking the excavation

As mentioned above, the construction is being carried out following the NTM principles. This system of driving tunnel tubes is based on the drill-and-blast technique combined, if necessary, with shotcrete, which is frequently applied subsequently. At this tunnel driving system the guidance lies virtually only in the navigation of the drilling set and subsequent checking on this navigation. The drilling rig is equipped with the automatic drilling function. This means that, after the completion of the drill rig navigation, the machine is localised and oriented accurately in the space of the particular heading. Owing to the system of sensors mounted on the drill rig, it is possible to exactly determine the position of each feed and in this way to determine the position of each drillhole specified in the drilling pattern, relative to the designed geometrical parameters of the tunnel tube. Individual drillholes are defined by the drill pattern (see Fig. 8), which comprises geometrical as well as technological-operating parameters for the optimisation of the drill-and-blast operations. For that reason the tunnel tube cross-section is the geometrical base for the drill pattern design. Because of the fact that the system (software equipment) installed on the Atlas Copco XL3C drill rig is capable of using only drill patterns based on the tunnel cross-section, a certain proportion of the cross-sections prepared for the project definition in survey programs is used as the basis for drilling systems. In the future it would be certainly



Obr. 11 Vrtanie čelby na odstrel, vrtacie vozy AC XE3
Fig. 11 Drilling for the face blasting, AC XE3 drill rigs

(obr. 10). Databáza finálnych skenov (po realizácii striekaného betónu) je zároveň jednou z častí konečnej dokumentácie skutočného realizovania stavby (DSRS) keď je objednávateľovi stavby odovzdaná hustá sieť bodov v ortogonálnom rastru 10x10 cm.

Aj napriek skúsenostiam firmy Skanska z veľkého počtu a rozsahu tunelových stavieb vo viacerých krajinách Európy, je toto najnáročnejší projekt v celej histórii, na ktorom geodeti okrem štandardnej geodetickej práce a funkcie hlavného geodeta stavby do značnej miery aj koordinujú prácu s potrebnými prevádzkovými dátami (vrtnými schémami) pre všetky vrtacie vozy, vedú určitú formu meračskej dokumentácie a v poslednom rade zbierajú a sumarizujú výsledky záznamov (log file) z vrtania vrtacích vozov (obr. 11).

ZÁVER

Projekt Norsborgdepån je momentálne rozsahom najväčším podzemným projektom vo Švédsku. Je veľkou výzvou pre Skanska Sverige a Skanska SK. Projekt má vysoké nároky na organizáciu prác, geodetickú službu i efektívnosť využitia pracovného času. Ako je spomenuté v časti venovanej geodetickým prácam, príprava projektu z pohľadu investora nebola vykonaná na takej úrovni, akú by si takýto projekt zaslúžil.

Dodržanie organizácie prác a postupnosti jednotlivých operácií si vyžaduje veľké nasadenie nie len tunelárov, ale aj technikov a geodetov. Meniace sa podmienky postupu prác vzhľadom na následné práce na povrchovej časti projektu neraz navodili situáciu, ktorá vyžadovala výnimočné nasadenie. Práve preto možno konštatovať, že stavba pokračuje v súlade s požiadavkami platného harmonogramu, ako aj kvality vykonaných prác a to bez jediného pracovného úrazu, či priestupku voči životnému prostrediu.

ING. PETER BALUŠÍK, peter.balusik@skanska.sk,

ING. ONDREJ VIDA, ondrej.vida@skanska.sk,

ING. PETER FERANČÍK, peter.ferancik@skanska.sk,

SKANSKA SK a. s., Závod Tunely SK

Recenzovali: Ing. Viktória Chomová, Ing. Jozef Frankovský

helpful if it was possible to use the direct loading of the 3D tunnel model into the drill rig software with subsequent displaying the holes to be drilled with respect to this model. Such a possibility would significantly facilitate the work (the preparation of drill patterns), even on the Norsborgdepån project. It is subsequently necessary to check the drill rig navigation. The check is carried out by setting out three drillholes on the excavation face by means of a survey instrument and subsequent checking on them in the drill rig system. The excavation check is carried out after finishing one or two tunnel excavation rounds (blasting cases). The planned length of the excavation round is 5.5m. The checks are carried out by means of a Leica C5 laser scanner. The density of the points to be scanned is defined by a 2x2cm grid. With respect to the significant number of concurrently realised headings, the excavation checks by scanning are performed virtually every day. In addition, this work is carried out even on Saturdays and Sundays, during which the service operations in the tunnel are limited and it is therefore possible to check the tunnel parts covered with shotcrete. The evaluation is subsequently presented on a colour map of deviations (see Fig. 9) and, if necessary, on a cross-section presenting radial deviations from the theoretical tunnel cross-section (see Fig. 10). The database of final scans (after the application of shotcrete) is at the same time one of the parts of the final as-built design package, where a dense network of points in a 10x10cm orthogonal grid is handed over to the project owner.

Despite the experience of Skanska company gained from a large number and extent of tunnel construction sites in many countries, this one is the most demanding project in the company history, on which surveyors carry out not only standard surveying and perform the function of the main project surveyor, but also coordinate, in a significant extent, the work operations with required operating data (drill patterns) for all drill rigs, maintain a certain form of survey documentation and, at last but not least, collect and file the logs from the drill rigs (see Fig. 11).

CONCLUSION

The Norsborgdepån project is at the moment the largest underground project in Sweden as far as the extent is concerned. It is a great challenge for Skanska Sverige and Skanska SK. The project is very demanding in terms of the works organisation, survey services and effectiveness of the use of working time. As mentioned in the part dedicated to survey operations, the preparation of the design as viewed by the project owner was not carried out at the level which such the project would have deserved.

Adhering to the works organisation and the sequence of individual operations requires great efforts not only of tunnellers but also of technicians and surveyors. The changing conditions of the work process relative to the subsequent works on the at-grade part of the project many times induced a situation requiring extraordinary efforts. This is the reason why it is possible to state that the construction proceeds in compliance with the valid programme and requirements for the completed work, without a single working accident or offense against the environment.

ING. PETER BALUŠÍK, peter.balusik@skanska.sk,

ING. ONDREJ VIDA, ondrej.vida@skanska.sk,

ING. PETER FERANČÍK, peter.ferancik@skanska.sk,

SKANSKA SK a. s., Závod Tunely SK

LITERATURA / REFERENCES

1. Projektová dokumentácia stavby Norsborgdepån E2 (AB Storstockholms Lokaltrafik)
2. Realizačná dokumentácia stavby Norsborgdepån E2 (Skanska Sverige AB, Skanska SK a. s.)

PROJEKT KEHÄRATA VO FÍNSKU – ALEBO AKO MÔŽU BAKTÉRIE OVPLYVNÍŤ TECHNICKÉ RIEŠENIE TUNELA

KEHÄRATA PROJECT, FINLAND – OR HOW BACTERIES CAN AFFECT TECHNOLOGICAL SOLUTION FOR A PROJECT

JURAJ JEŽEK

ABSTRAKT

Kehärata (železničný obchvat) je úsek železničného spojenia, ktorý bude po dokončení jedným z najvýznamnejších spojení v rámci metropolitnej oblasti hlavného mesta Fínska Helsínk. Nová trasa dlhá 18 km poskytne cestujúcim spojenie centra hlavného mesta s letiskom. Časť trasy, hlavne v oblasti letiska, povedie v dvojrúrovom, 8,1 km dlhom tuneli. Dvojkolajná trať bude slúžiť výhradne na osobnú prepravu. Moderné vlakové súpravy, premávajúce v čase špičky v oboch smeroch v pravidelných desiatminútových intervaloch rýchlosťou až 120 km/hod., zabezpečia nadštandardné dopravné spojenie do oblasti s dvesto tisíc obyvateľmi. Cestujúci, prichádzajúci zo vzdialenejšej oblasti severu, môžu prestúpiť v stanici Tikkurila, odkiaľ sa na letisko dostanú za približne 8 min. Železnica zredukuje potrebu autobusovej a automobilovej dopravy, čím zníži vplyv škodlivých emisií na životné prostredie.

Neočakávaný výskyt mikrobov počas výstavby podzemnej trasy donútil všetky zainteresované strany k riešeniam, ktoré majú, okrem zvýšenia nákladov projektu, vplyv aj na celkové dokončenie. A tak si budú musieť cestujúci na dlho očakávané spojenie ešte chvíľu počkať.

ABSTRACT

Kehärata (a railway by-pass) is a section of the rail link which, after completion, will become one of the most important links in the metropolis region of Helsinki, the Finnish capital. The new 18km long route will provide passengers with the connection between the capital centre and the airport. Part of the route, first of all in the airport area, will lead through an 8.1km long twin-tube tunnel. The double-track line will serve solely to passenger transport. Modern trains, operating during peak hours in both directions at regular 10-minute intervals at the speed of up to 120km/h, will ensure a superior transport link to an area with the population of two hundred thousand. Passengers arriving from remote regions in the north can transfer in Tikkurila station, from which they will get to the airport in approximately 8 minutes. Railway will reduce the need for bus and automobile transport and, in this way, it will reduce the impact of harmful emissions on the environment. The unexpected occurrence of microbes during the course of the construction forced all stakeholders to adopt solutions which have, in addition to an increase in the project cost, impact on the overall completion. It means that passengers will have to wait for the long awaited connection a little longer.

ÚVOD

Tento významný projekt je financovaný fínskou vládou, mestom Vantaa a spoločnosťou Finavia, spolufinancovaný EÚ a jeho predpokladané náklady boli odhadované na 655 mil. eur (údaj k septembru 2012). Základný kameň projektu bol položený 3. 3. 2009 a samotná výstavba začala razením prístupových tunelov 13. 5. 2009. Spoločnosť Skanska realizovala jeden z úsekov vedených pod povrchom. Úsek pod označením T032 – letiskový terminál s prislúchajúcimi tunelovými rúrami vedie priamo popod letiskový terminál a prístavaciu dráhu. Ukončenie raziacich prác na tuneloch a samotnej stanici vrátane odovzdania diela bolo v roku 2011.

Po dokončení projektu sa prepoja dve železničné stanice Vantaankoski a Tikkurila, ktoré sú súčasťou západnej, resp. východnej železničnej trasy (obr. 1). Hlavným dôvodom vybudovania trasy je zabezpečenie pravidelného spojenia Helsínk s medzinárodným letiskom.

OPIS PROJEKTU

Celková dĺžka projektu je 18 km. Podzemná časť projektu, hlavne v oblasti letiska, je vedená 8,1 km dlhým tunelom. Každá koľaj je umiestnená v samostatnej tunelovej rúre.

Na trati sú navrhnuté štyri nové stanice Kivistö, Aviapolis, Helsinki-Vantaa Airport a Leinelä. Dve z nich, Aviapolis a Airport, sú v tuneloch. Stavba je naprojektovaná tak, že v prípade potreby môžu byť dobudované tri ďalšie stanice (dve z nich sa budú nachádzať v podzemí).

Maximálna rýchlosť vlakových súprav je navrhnutá na 120 km/hod.

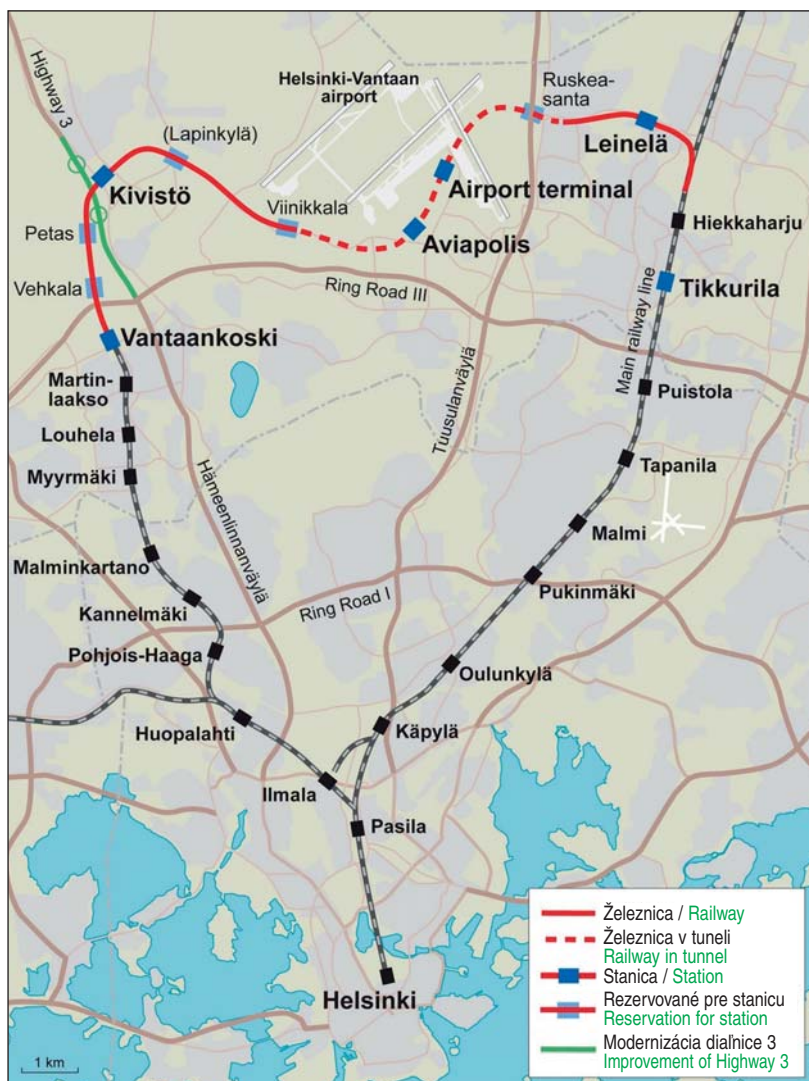
INTRODUCTION

This important project is funded by the Finnish government, the city of Vantaa and Finavia company and is co-funded by the EU. The anticipated cost was estimated at EUR 655 million (data as of September 2012). The project cornerstone was laid on the 3rd March 2009 and the construction work itself started by driving access tunnels on the 13th May 2009. One of the sub-surface sections was realised by Skanska. The section, marked T032 – Airport Terminal with relating tunnel tubes, leads directly under the airport terminal and the runway. The completion of the excavation of the tunnels and the station itself, including handing the works over to the client, took place in 2011. When the project is finished, two railway stations, Vantaankoski and Tikkurila, which are parts of the western and eastern railway lines, respectively, will be interconnected (see Fig. 1). The main reason for developing the line is to ensure regular connection of Helsinki with the international airport.

PROJECT DESCRIPTION

The overall project length amounts to 18km. The underground part of the project, first of all in the airport area, runs through an 8.1km long tunnel. Each track is laid in a separate tunnel tube.

Four new stations, Kivistö, Aviapolis, Helsinki-Vantaa Airport and Leinelä, are designed for the line. Two of them, Aviapolis and Airport, are located in tunnels. The construction is designed in a way allowing for subsequent construction of additional three stations (two of them will be located underground).



Obr. 1 Prepojenie železničných staníc Vantaankoski a Tikkurila s letiskom
Fig. 1 Interconnection of Vantaankoski and Tikkurila stations with the airport

Súčasťou prvej fázy projektu sú aj parkovacie plochy pre 700 osobných áut a 840 bicyklov.

Rozchod koľají je 1524 mm.

Celkový objem premiestnenej horniny a zeminý počas výstavby sa odhaduje na 2,8 mil. m³.

Pre účely výstavby je projekt rozdelený na štyri približne rovnaké úseky.

TUNELY POD LETISKOM

Ako už bolo spomenuté v úvode článku, spoločnosť Skanska realizovala úsek s označením T032 (obr. 2). Tento úsek pozostával z výstavby tunelových rúr celkovej dĺžky 3000 m, vyrazenia kaverny pre letiskovú stanicu pri termináli, vyrazenia 4 vetracích šacht a zrealizovania betonárskych prác. Celkovo bolo potrebné vyraziť 300 tis. m³ horniny a ďalších 15 tis. m³ horniny počas hĺbenia šacht, zabudovať 12,5 tis. m³ striekaného betónu a 2 tis. m³ liateho betónu, navŕať a osadiť približne 100 tis. m svorníkov. Pri hĺbení šacht sa realizovala systematická injeckáž.

Výskyt propylénglykolu a zásadná zmena projektu

Prvé priesaky v tuneli sa vyskytli počas raziacich prác pod východnou štartovacou dráhou letiska. Počiatočné náznaky zápachu hovorili o tom, že do tunela nepresakuje voda. Následne došlo k pozastaveniu prác a odobratiu vzoriek. Dôkladným rozborom sa zistilo, že ide o látku propylénglycol, ktorý sa používa pri ošetrovaní lietadiel proti zamrznutiu v zimnom období. Desatročia používaná tekutina kontaminovala

The maximum velocity of trains is designed at 120km/h.

Parking areas for 700 cars and 840 bicycles are parts of the first project phase.

The track gauge is 1524mm.

The aggregate volume of rock and soil to be moved is estimated at 2.8 million m³.

For construction purposes, the project is divided into four approximately identical sections.

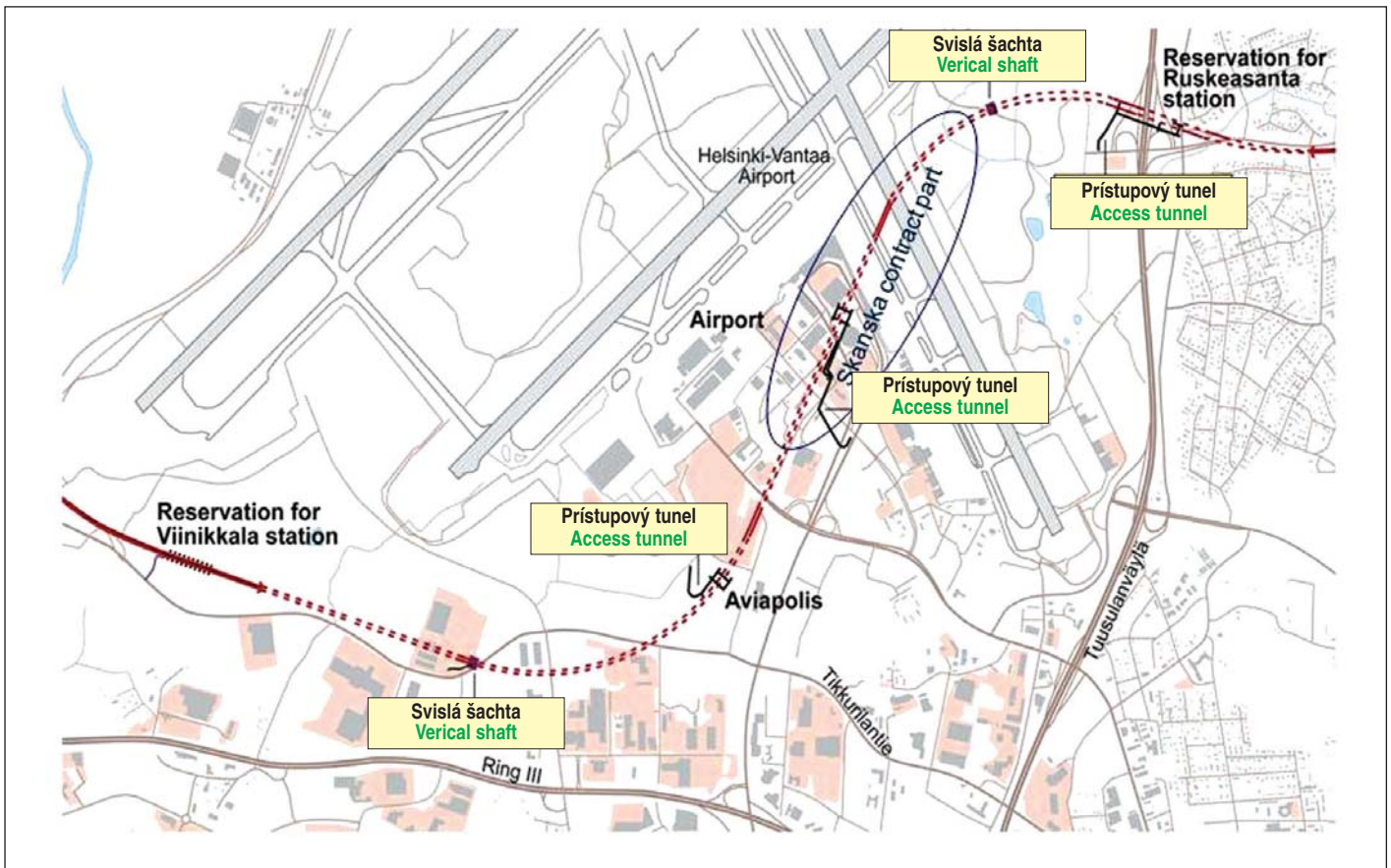
AIRPORT TUNNELS

As mentioned in the paper introduction, Skanska realised the section marked T032 (see Fig. 2). This section consisted of the construction of tunnel tubes at the overall length of 3000m, the excavation of a cavern for the airport station directly next to the terminal, sinking of 4 ventilation shafts and the execution of concrete casting work. In total, it was necessary to excavate 300 thousands of m³ of ground and other 15 thousands of m³ during the course of sinking the shafts, to apply 12.5 thousands of m³ of shotcrete and 2 thousands of m³ of cast concrete, to drill holes and install about 100 thousands of rockbolts. Systematic grouting was realised during the sinking of shafts.

Encountering propylene glycol and the principal change in the design

First seepage appeared in the tunnel during the excavation under the eastern runway. Initial hints of odour suggested that water did not seep into the tunnel. The work was subsequently suspended and samples were taken. It was found by a thorough survey that the odour was caused by propylene glycol, which is used for protecting aircraft against freezing during winter periods. The liquid that had been used for decades contaminated the entire ground environment at the depths of 5–10m under the surface along the length of 400–500m, together with the route of the future railway link under the airport.

It was found out by continual analyses that the seepage of the liquid through fissures in the ground environment, in reaction with oxygen, allowed for the enormous growth of a population of microbes. The significantly spread population of red microbes produced hydrogen sulfide. The gas from this matter, which may have unfavourable effect on human health, acted most of all on shotcrete in the tunnel. Measures designed to remove the undesired condition were implemented as early as the beginning of the tunnelling operations in the tunnel tubes, the cavern and the shafts. The levels of the measured values of the concentration of gases were not as high as to directly endanger the health of workers. Complications, such as redness and itching of the skin, insomnia or headache, could arise in the case of a contact with skin or in the case of breathing the gases. The use of all prescribed personal protective equipment was continually strictly checked and thanks to it we did not encounter similar symptoms. However, the results of the effects of the matter on the primary lining were unsatisfactory. The client, after consultation with the designer, made an unambiguous decision. He ordered that microbes be removed from the tunnel and proposed that a double lining be installed in the locations of the seepage. A new tender was called after the handover of the above-mentioned part T032 with respect to the fact that the change in the design was substantial. Skanska succeeded in the competition for removing the undesired condition in the respective sections. The project was marked T045.



Obr. 2 Časť T032 na projekte Kehärata
Fig. 2 Part T032 of the Kehärata project

celé horninové prostredie v hĺbkach 5–10 m pod povrchom na dĺžke 400–500 m, a teda aj trasu budúceho železničného spojenia pod letiskom.

Pokračujúcimi rozbormi sa zistilo, že priesak tekutiny, cez pukliny horninového prostredia, v reakcii s kyslíkom umožnil enormný nárast populácie mikróbov. Značne rozšírená populácia mikróbov červenej farby produkovala hydrogensulfid. Plyn tejto látky, ktorý môže mať na zdravie človeka nepriaznivý vplyv, pôsobil hlavne na aplikovaný striekaný betón v tuneli. Už počas samotných raziacich prác v tunelových rúrach, kaverne a šachtách boli vykonané opatrenia na odstránenie nežiaduceho stavu. Namerané hodnoty koncentrácie plynov neboli na úrovniach, aby došlo k priamemu ohrozeniu zdravia pracovníkov. Pri styku s pokožkou, resp. nadýchaní mohli nastať komplikácie ako ščervenanie a svrbenie pokožky, nespavosť, resp. bolesti hlavy. Používanie všetkých predpísaných osobných ochranných pracovných prostriedkov bolo neustále prísne kontrované, a tak sme sa s uvedenými príznakmi nestretli. Výsledky pôsobenia látky na primárne ostenie však boli neuspokojivé. Následne investor po konzultácii s projektantom urobil jednoznačné rozhodnutie. Nariadil odstrániť mikróby z tunela a v miestach priesakov navrhol vybudovať dvojité ostenie. Keďže išlo o podstatnú zmenu projektu, bola po odovzdaní uvedenej časti T032 vypísaná nová súťaž. V súťaži na odstránenie nežiaduceho stavu v príslušných úsekoch uspela spoločnosť Skanska. Projekt dostal označenie T045.

Všetky uvedené skutočnosti a navrhované procedúry donútili investora v septembri 2012 k zmene plánovaného termínu otvorenia projektu na júl 2015, o rok neskôr oproti pôvodnému plánu.

T045 – ROZŠÍRENIE TUNELOVÝCH RÚR

Základnou zmenou bolo, že projektant nariadil v trase s výskytom propylénglykolu zrealizovať systematické injektáže v celom úseku, rozšíriť svetlý profil oboch tunelových rúr,

In September 2012, all above-mentioned facts and proposed procedures made the client change the planned deadline for the opening of the project to July 2015, one year later compared with the original plan.

T045 – ENLARGEMENT OF TUNNEL TUBES

The basic change was that the designer ordered that systematic grouting be realised along the entire section where the propylene glycol occurred, the net profiles of both tunnel tubes be enlarged, a primary lining be installed and the entire section be subsequently provided with waterproofing, and the permanent lining from concrete pre-cast elements be installed around the entire circumference, which is a very unique phenomenon in Scandinavian countries. But the permanent lining was not part of the T045 project. All definite concrete casting operations were part of another construction contract.

In January 2012, employees of Skanska SK – Tunely SK plant started to work on the construction. A seven-strong team started to drill holes for the systematic grouting in a continuous 6-day operation. It was necessary to excavate 35 thousands of m³ of ground, apply 7 thousands of m³ of shotcrete, drill 30 thousands of metres of grouting holes and install about 28 thousands of m of rockbolts during six months.

The advantage of this construction was the possibility of creating several working places concurrently. Since the excavation of the tunnel tubes and the cavern for the future station had been completed before and a cross passage tunnel had been completed every 200m, it was possible to carry out a different operation at each particular working place.

Grouting from tunnel tubes

During initial months, Skanska SK workers drilled holes for systematic grouting using two Atlas Copco rigs (three-boom XL3C and twin-boom L2C) (see Fig. 3). But it was not classical systematic grouting during the course of the tunnel excavation.



Obr. 3 Vrtanie injektážnych vývrtov pre systematickú injektáž pomocou vrtačiacich vozov Atlas Copco XL3C a L2C
Fig. 3 Drilling of grouting holes for systematic grouting using Atlas Copco XL3C and L2C drill rigs

vybudovať primárne ostenie a následne celý úsek zaizolovať a zhotoviť trvalé ostenie z betónových panelov po celom obvode, čo je v Škandinávskych krajinách veľmi ojedinelý jav. Trvalé ostenie však už nebolo súčasťou projektu T045, ale všetky definitívne betonárske práce boli súčasťou tzv. „construction contract“, teda inej stavebnej zmluvy.

V januári 2012 nastúpili na projekt T045 pracovníci Skanska SK – Závod Tunely SK. V nepretržitej 6 dňovej prevádzke sedemčlenné osádky začali s vrtaním vývrtov pre systematickú injektáž. Počas šiestich mesiacov bolo potrebné vyraziť 35 tis. m³ horniny, aplikovať 7 tis. m³ striekaného betónu, vyvrtáť 30 tis. m injektážnych vývrtov a zabudovať cca 28 tis. m svorníkov.

Výhodou tejto stavby bola možnosť vytvorenia niekoľkých pracovísk v rovnakom čase. Keďže tunelové rúry a kaverna budúcej stanice už boli vyrazené a každých 200 m bol vybudovaný spojovací tunel, na každom pracovisku mohla byť realizovaná iná operácia.

Injektáž tunelových rúr

V priebehu prvých mesiacov vrtali pracovníci Skanska SK vrty pre systematickú injektáž dvomi vrtačiami vozmi Atlas Copco (trojlafetovým XL3C a dvojlafetovým L2C) (obr. 3). Nešlo však o klasickú systematickú injektáž, používanú počas raziacich prác, ale každých 6 m bolo vrtaných 16 ks 12m vývrtov, priemeru 54 mm, pod 45° uhlom, aby sa v maximálnej možnej miere zabránilo prieniku mikrobov do tunela. Z každého vrtania bol vypracovaný protokol so zaznamenaním akejkoľvek zmeny počas vrtania. Pri vrtaní bolo používané vrtné náradie Sandvik. Následne boli vývrtvy, pod tlakom, vyplnené cementovou zmesou s presnou receptúrou dávkovania. Všetky údaje zaznamenával počítač na USB pomocou systému Logac. Z každej injektáže boli vypracované protokoly a urobené vyhodnotenie.

Rozšírenie tunelových rúr

Po ukončení systematickej injektáže na jednotlivých úsekoch trasy začali práce na rozširovaní tunelových rúr. Na základe výsledkov zo skenera projektant navrhol rozšírenie profilu tunela o 1,0–1,2 m po celom obvode. Maximálne povolená tolerancia pre rozširovaný úsek bola stanovená na 200 mm. Svetlý profil tunela sa tak zväčšil z pôvodných 58–90 m² na 87–110 m². Priemer vývrtov pre jednotlivé náložky trhavín bol 48 mm, dĺžka vývrtov 6 m. Čelba bola vzhľadom na rozmery vrtaná trojlafetovým vrtným vozom Atlas Copco XL3C. Počet vývrtov bol premenlivý v závislosti od hrúbky priebierky. Pre každý konkrétny prípad bolo potrebné pripraviť vrtnú schému.

To prevent microbes from intruding the tunnel, 16 pieces of 12m-long holes were drilled every 6m at a 45° angle. A protocol was carried out from each drilling, recording any change during the drilling operation. Sandvik drilling tools were used. The holes were subsequently filled under pressure with cement mix with a precise dosing formula. All data was recorded by the computer on an USB, using the Logac system. Protocols and assessments were carried out for each grouting event.

Enlargement of tunnel tubes

When the systematic grouting in individual sections of the route had been finished, the work on the enlargement of the tunnel tubes started. On the basis of the results from the scanner, the designer proposed that the tunnel profile be enlarged by 1.0–1.2m around the entire circumference. The maximum permitted tolerance for the section to be enlarged was set at 200mm. The net tunnel profile was in this way increased from the original 58–90m² to 87–110m². The diameter of drillholes for individual blasting charges was 48mm, their length was 6m. Taking into consideration the dimensions, a three-boom Atlas Copco XL3C rig was used for drilling into the excavation face. The number of drillholes was variable, depending on the enlargement thickness. A drill pattern had to be prepared for each particular case.

Geology

The alignment of the tunnel tubes led through granitoid rock types with the strength of up to 250MPa. The rock was tectonically faulted, frequently affected by surface weathering, locally containing caverns.

Blasting

The need for more frequent preparation of applicable drill-and-blast schemes depended on the variability of the enlargement thickness and the frequent alternation of broken and compact rock. Blasting operations were carried out using Kemix A explosives with various diameters of charges (17mm, 29mm, 32mm), manufactured by Finish OY Forcic AB, and Nonel non-electric initiation (see Fig. 4). Electric detonators were used for the initiation. Continual seismic and noise measurements and strictly prescribed limits for them even affected the calculation of the amount and the use of individual types of explosives. The blasting design exactly specified the amount of explosives in contour holes.

Mucking out and profiling

Muck was loaded by a CAT 980 loader. It was transported by 4- to 5-axle trucks directly to the permanent stockpile. Muck



Obr. 4 Trhacie práce – čelba pred odpalom
Fig. 4 Blasting operations – excavation face before firing

Geológia

Trasa tunelových rúr viedla v granitoidných horninách pevnosti do 250 MPa. Horniny boli tektonicky rozrušené, s častými dosahmi povrchového zvetrávania, miestami s výskytom kaverien.

Trhacie práce

Potreba častej prípravy aktuálnych vrtno-trhacích schém bola daná premenlivosťou hrúbky pribierky a častým striedaním rozrušených a kompaktných hornín. Pre trhacie práce sa používala trhavina Kemix A rôznych priemerov náložiek (17 mm, 29 mm, 32 mm) fínskeho výrobcu OY Forcít AB a neelektrický roznet Nonel (obr. 4). Roznet bol iniciovaný pomocou elektrickej rozbušky. Nepretržité merania seizmiky a hluku, a ich prísne stanovené limity, mali vplyv aj na výpočet množstva a použitie jednotlivých druhov trhavín. Projekt trhacích prác presne špecifikoval množstvo trhavín v obrysových vývrtoch.

Odtážba a profilácia

Odtážba bola realizovaná nakladačom CAT 980. Odvoz zabezpečovali 4- až 5nápravové nákladné autá, ktoré odvážali horninu priamo na trvalú skládku. Potreba nákladných áut na jednu odtážbu sa pohybovala v rozmedzí 6–10 áut. Keďže odvoz horniny vykonávali subdodávatelia, najdôležitejšou úlohou bolo zosúladiť všetky práce tak, aby odtážba prebiehala nepretržite, aby prístupové cesty boli voľné a autá mohli cyklicky odvážať horninu.

Profilácia tunela sa vykonávala kolesovými bagrami CAT a Liebherr, ktoré mali na samotné očistenie profilu od uvoľnenej horniny vyrobený špeciálny prípravok. Tento spôsob odstránenia horniny sa ukazuje v tvrdej hornine ako veľmi efektívny. V tomto prípade však začistenie čelby zaberalo veľa času, keďže dochádzalo k častému striedaniu kompaktných hornín s tektonickými poruchami. Bez dokonalého profilovania, a teda zabezpečenia pracovného priestoru, nebolo možné pristúpiť k ďalším operáciám.

Striekaný betón

Primárne zabezpečenie vyrazeného úseku bolo realizované horninovými kotvami CT a striekaným betónom s rozptýlenou výstužou hrúbky 40 mm ihneď po profilácii vyrazeného úseku. Vzhľadom na to, že niektoré úseky boli veľmi tektonicky porušené a hrozil pád horniny, aj napriek niekoľkonásobnej profilácii, projektant nariadil zdvojnásobiť počet CT kotiev a hrúbka bezpečnostného predstreku zo striekaného betónu s rozptýlenou výstužou sa zdvojnásobila na 70–80 mm. Použitie bezpečnostného predstreku v celej dĺžke tunelových rúr (približne 2400 m) sa neskôr ukázalo ako nevyhnutné. Striekaný betón bol aplikovaný pomocou striekacej súpravy Meyco Potenza.

Dodatočná injektáž a ostenie tunela

Na úvod je potrebné spomenúť, že všetky prvky zabudované do ostenia rozširovaného úseku (sietovina, svorníky, platničky, matky) mali, vzhľadom na agresivitu rozloženého propylénglykolu, predpísanú antikoroziu úpravu. V miestach s najväčšími tektonickými poruchami sa, aj napriek vykonanej dodatočnej injektáži s použitím cementovej zmesi, vyskytli priesaky propylénglykolu. Pre tento prípad navrhol projektant dodatočnú chemickú injektáž. V označených miestach boli vítané 10 m dlhé vývrty priemeru 38 mm. Následne boli vývrty vyplnené, pod predpísaným tlakom, špeciálnymi injektážnymi zmesami na báze polyuretánových živíc.

V miestach priesakov s nízkou intenzitou bola inštalovaná stenová drenáž šírky 40 cm, prekrytá sietovinou a prichytená o horninu. Následne bol aplikovaný striekaný betón bez rozptýlenej výstuže. V prípade potreby sa stenová drenáž aplikovala aj vo viacerých vrstvách.

from one excavation advance round required 6–10 trucks. Because muck was removed by subcontractors, the most important task was to harmonise all work operations so that mucking out continued without interruption, access roads were free and trucks could cyclically transport the ground.

The tunnel profiling was carried out using CAT and Liebherr wheeled excavators, which had a specially prepared jig for clearing the loosened rock from the profile. This method of removing underbreaks has turned out to be very effective in hard rock. In this case scaling of the face took lots of time because compact rock frequently alternated with tectonic faults. Without perfect profiling, which means securing the working space, subsequent operations were not allowed to commence.

Shotcrete

The primary support of the excavated tunnel section was realised using CT-bolts and a 40mm thick layer of fibre reinforced primary shotcrete, which was applied immediately after the excavated section profiling had been finished. Taking into consideration the fact that some sections were intensely tectonically broken and falling rock threatened despite repeated profiling, the designer ordered to double the number of CT-bolts and double the thickness of the preliminary fibre reinforced safety shotcrete to 70–80mm. The application of the preliminary safety shotcrete to the whole length of the tunnel tubes (approximately 2400m) later turned out to be unavoidable. Shotcrete was applied using a Meyco Potenza spraying set.

Additional grouting and tunnel lining

At the beginning it is necessary to mention that corrosion protection was prescribed for all elements incorporated into the lining of the section being enlarged (steel mesh, rockbolts, face plates, nuts) with respect to the aggression of decomposed propylene glycol. Propylene glycol seepage occurred in locations with greatest tectonic faults even despite additional injections of cement grout. For these cases the designer proposed additional chemical grouting. Holes 10m long and 38mm in diameter were drilled in the marked locations. The drillholes were subsequently filled under prescribed pressure with special polyurethane resin-based grouting mixes.

In the locations of low intensity leaks a 40cm wide wall drainage was installed and was covered with steel mesh and fixed to the rock. Shotcrete without fibre reinforcement was applied subsequently. If necessary, the wall drainage was applied in several layers.

Tunnel lining

The lining of the tunnel tubes consisted of several shotcrete layers. The first fibre reinforced shotcrete layer was 90–120mm thick in the top heading and 40–90mm on the tunnel sides, depending on the quality of rock. The final layer was applied after checking the thickness and taking the first layer over by client's supervision. The shotcrete for this 40mm thick layer was without fibre reinforcement. It was also subjected to the checking and taking over by the client. Meyco Potenza and Normet sets were used for the application of shotcrete.

Final lining support elements

Final lining support elements were applied for several reasons.

The designer proposed that definite rockbolts supporting the rock mass be installed only after the completion of the lining, which means after the application of the final layer of shotcrete. It is obvious from this fact that it was necessary when the holes for rockbolts were being drilled to prevent damage to the wall drainage or drill through the rock mass stabilised previously by grouting. In this case each following advance step was compared with previous outputs from the scanner (see Fig. 5).

All elements were provided with corrosion protection.

Holes for rockbolts had to be drilled with the accuracy of 30mm, first of all the two rows bordering the line of the second



Obr. 5 Vrtanie vývrtov pre definitívne svorníky pomocou vrtacieho voza Atlas Copco E2C
Fig. 5 Drilling of holes for definite rockbolts using Atlas Copco E2C drill rig

Ostenie tunela

Ostenie tunelových rúr pozostávalo z viacerých vrstiev striekaného betónu. Prvá vrstva zo striekaného betónu s rozptýlenou výstužou mala, podľa kvality horniny, hrúbku 90–120 mm v kalote a 40–90 mm na bokoch tunela. Po následnej kontrole hrúbky a odobratí prvej vrstvy, zo strany stavebného dozoru, prišla na rad finálna vrstva. Tá sa realizovala v hrúbke 40 mm bez rozptýlenej výstuže a taktiež podliehala kontrole a odobierke zo strany investora. Na aplikáciu striekaného betónu boli použité stroje Meyco Potenza a Normet.

Definitívne zaistovacie prvky ostenia

Definitívne zaistovacie prvky ostenia boli aplikované z niekoľkých dôvodov.

Projektant navrhol, aby definitívne svorníky zaistujúce horninový masív boli inštalované až po kompletnej realizácii ostenia, a teda aj nanosení finálnej vrstvy striekaného betónu.



Obr. 6a Osadenie definitívnych svorníkov
Fig. 6a Installation of definite rockbolts

lining. They had to be on one line throughout the section length with respect to the future use (see Figures 6a and 6b).

Rockbolts were not inserted into cement grout; instead they were glued in special adhesives resistant to aggressive environment. Special 50cm long cartridges with the setting time of 120 and 180s, respectively, were used for gluing.

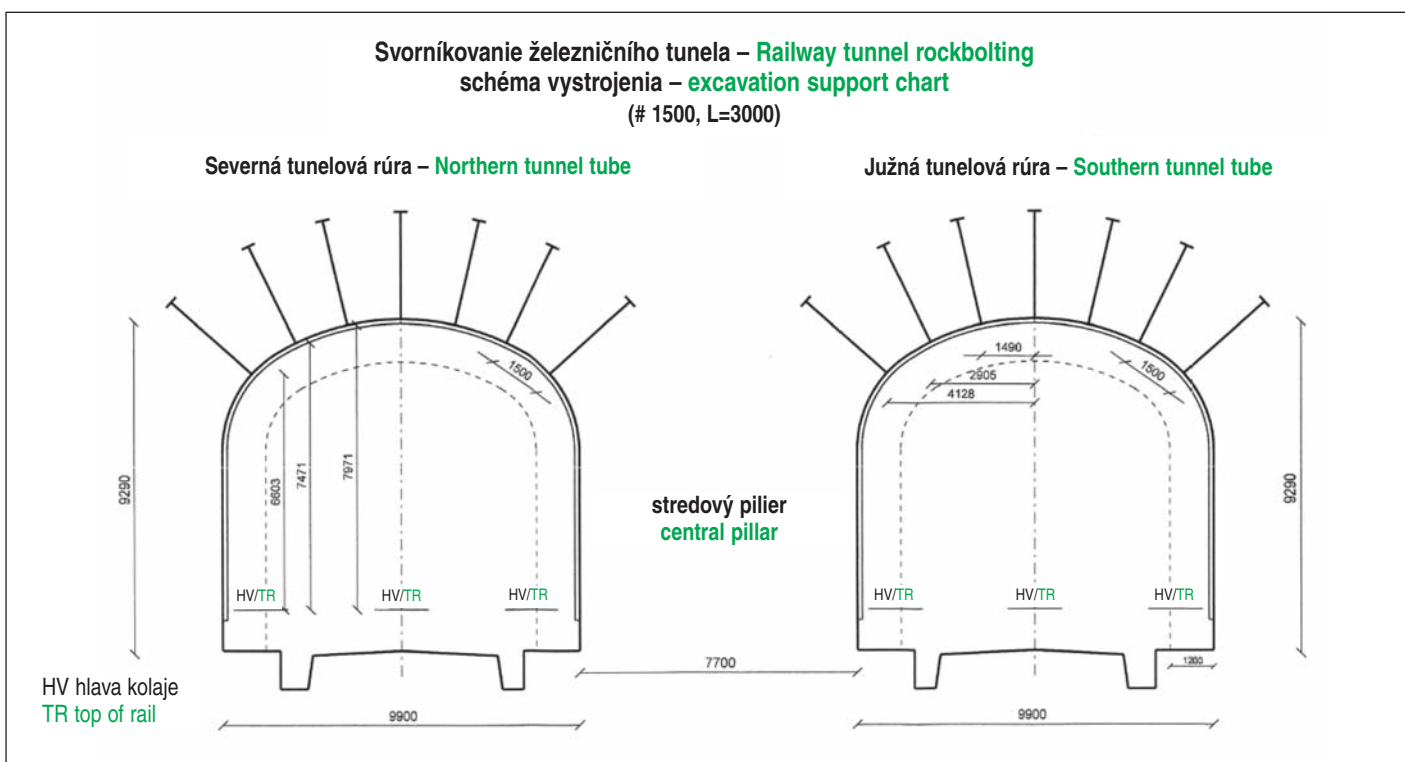
The rockbolt was secured at the end with 2 face plates and nuts screwed on it.

Despite the multiple securing of the massif, steel mesh was installed on top of the rockbolts throughout the section length and was again secured by a face plate and nut.

LIFT SHAFT

Apart from the enlargement of tunnel tubes, part of the project was also a modification of the tunnel and a lift shaft, where the inflow of propylene glycol was most pronounced.

With respect to the shaft height (16m), the work had to be realised in phases. In the first phase the shaft was reamed to the



Obr. 6b Schéma osadenia presných svorníkov v charakteristickom profile
Fig. 6b Chart of the precise installation of rockbolts in a characteristic cross-section

Z uvedeného je zřejmé, že počas vrtania vývrtov pre svorníky nesmeli dôjsť k poškodeniu stenových drenáží, resp. k prevrtaniu zainjektovaného horninového masívu. V tomto prípade každý ďalší postup bol najskôr porovnávaný s predchádzajúcimi výstupmi zo skenera (obr. 5).

Všetky prvky mali antikorošnú úpravu.

Svorníky museli byť vrtané a inštalované s presnosťou 30 mm, obzvlášť dva rady, ktoré ohraničovali líniu druhého ostenia. Tie museli byť v jednej línii v celej dĺžke úseku vzhľadom na budúce využitie (obr. 6a, 6b).

Svorníky neboli osadené do cementovej malty, ale boli lepené špeciálnymi lepidlami, odolnými voči agresívnemu prostrediu. Pre lepenie sa používali špeciálne 50 cm dlhé patróny s časom tuhnutia 120, resp. 180 s.

Svorník bol na konci zaistený 2 ks platničiek a naskrutkovaním matky.

Napriek niekoľkonásobnému zaisteniu masívu bola na svorníky v celej dĺžke úseku inštalovaná sieťovina a opätovne zaistená platničkou a matkou.

VÝŤAHOVÁ ŠACHTA

Súčasťou projektu bola, okrem rozšírenia tunelových rúr, aj úprava tunela a výťahovej šachty, kde bol prítok propylénglykolu najvýraznejší.

Z dôvodu výšky samotnej šachty (16 m) museli byť práce realizované etapovito. Najprv bola šachta rozšírená na požadovaný profil. Následne boli navrtnané a vylomené výklenky v mieste budúcich výťahov (obr. 7) a zaistené striekaným betónom. Po celom obvode boli navrtnané a zabudované lepené svorníky dĺžky 4 m, v rastru 1,25x1,25 m. Po ich inštalácii sa aplikovalo niekoľko vrstiev stenovej drenáže a striekaného betónu. V samotnom závere bolo dno šachty prerazené do železničného tunela, kde bol neskôr vybudovaný železobetónový strop.

Pri tomto objekte je potrebné spomenúť mimoriadne opatrenia počas trhacích prác. Keďže šachta je umiestnená v tesnej blízkosti terminálu, bolo potrebné uzavrieť prislúchajúce parkovisko, prístupové cesty pre automobily a peších, ako aj informovať personál letiska o presnom čase odpalu. Maximálnou súčinnosťou všetkých strán sa podarilo trhacie práce (aj 2 m pod povrchom) zrealizovať bez akejkoľvek ujmy na zdraví a škodách na majetku, čo možno považovať za veľký úspech.

Po dokončení projektu bude výťahová šachta vybavená dvomi výťahmi spojená priamo s terminálom letiska. Cestujúci, prichádzajúci do Fínska, budú môcť priamo z letiskovej haly prejsť cez výťahovú šachtu a prístupový tunel do vlakovej stanice.

ZÁVER

Záverom treba skonštatovať, že všetky uvedené práce boli realizované so zreteľom na maximálnu bezpečnosť, ktorá je vo Fínsku považovaná za absolútnu prioritu. Tento projekt bol dobrým príkladom, ako sa dá aj nebezpečná práca urobiť bezpečne.

Účelom článku nebolo opisovať len jednotlivé operácie bežné pri výstavbe aj iných podzemných objektov. Jeho cieľom bolo poukázať na to, ako v krátkom čase možno reagovať a prispôbovať projekt danej situácii a ako možno aj jednoduchými riešeniami zložiť tak závažný problém, akým je kontaminovaný horninový masív chemickými a biologickými činiteľmi. Treba však uviesť, že odstránenie vzniknutého problému navrhnutými opatreniami nebolo lacné. Náklady dodatočnej sanácie predstavujú niekoľko desiatok mil. eur.

ING. JURAJ JEŽEK, juraj.jezek@skanska.sk,
SKANSKA SK, a. s.

Recenzovali: Ing. Ján Kušnár, Ing. Peter Štefko



Obr. 7 Pohľad do výťahovej šachty na budovaný výklenok
Fig. 7 A recess under construction viewed to the lift shaft

required profile. Recesses were drilled for and excavated in the locations of future lifts subsequently (see Fig. 7) and were stabilised with shotcrete. Holes were drilled around the whole circumference and 4m long resin encapsulated rockbolts were installed in them on a 1.25x1.25m grid. Several layers of wall drainage and shotcrete were applied after the installation. In the very end the shaft bottom was broken into the railway tunnel, where a reinforced concrete suspended slab was later constructed.

Regarding this structure it is necessary to mention extraordinary measures during blasting operations. Since the shaft is located in close proximity of the terminal, it was necessary to close an adjacent parking area, access roads for cars and pedestrians and inform the airport personnel about exact time of firing. Owing to the maximum cooperation of all parties, the blasting operations (even 2m under the surface) were successfully realised, without any damage to health and property, which fact can be considered to be great success.

After the completion of the project the whole shaft will be equipped with two lifts and will be directly connected with the airport terminal. Passengers arriving in Finland will be able to pass directly to the railway station via the lift shaft and the access tunnel.

CONCLUSION

It is necessary to state in the conclusion that all above-mentioned operations were realised with regard to maximum safety, which is considered in Finland to be the maximum priority. This project was a good example how even dangerous work can be carried out safely.

The objective of this paper was not to describe individual operations which are common during the course of construction even of other underground structures. Its objective was to point to the fact how it is possible in a short time to react and accommodate the design to the new situation and how it is possible to overcome such a serious problem as the rock mass contaminated by chemical and biological factors is, using even simple solutions. However, it is necessary to say that eliminating the encountered problem by means of the proposed measures was not cheap. The cost of the additional rehabilitation amounted to several tens of millions of euros.

ING. JURAJ JEŽEK, juraj.jezek@skanska.sk,
SKANSKA SK, a. s.

TUNEL HOLMESTRAND V NÓRSKU

HOLMESTRAND TUNNEL IN NORWAY

IVAN VIDA, ANTON PETKO

ABSTRAKT

Skúsenosti s výstavbou tunelov v zahraničí boli a vždy budú významným prínosom do portfólia tunelárskych poznatkov firiem aj odbornej verejnosti. Cieľom tohto príspevku je podať čitateľom základné informácie o zaujímavom projekte železničného tunela Holmestrand v Nórsku a podrobnejšie opísať technológiu razenia a výstavby časti tejto stavby – staničného tunela s úctyhodným svetlým prierezom 487 m² situovanom v oblasti poruchovej zóny. Je tu podrobnejšie opísaná technológia injektáží a budovania priehradových nosníkov a v strednej Európe neobvyklý spôsob hydroizolácie a finálnej úpravy ostenia.

ABSTRACT

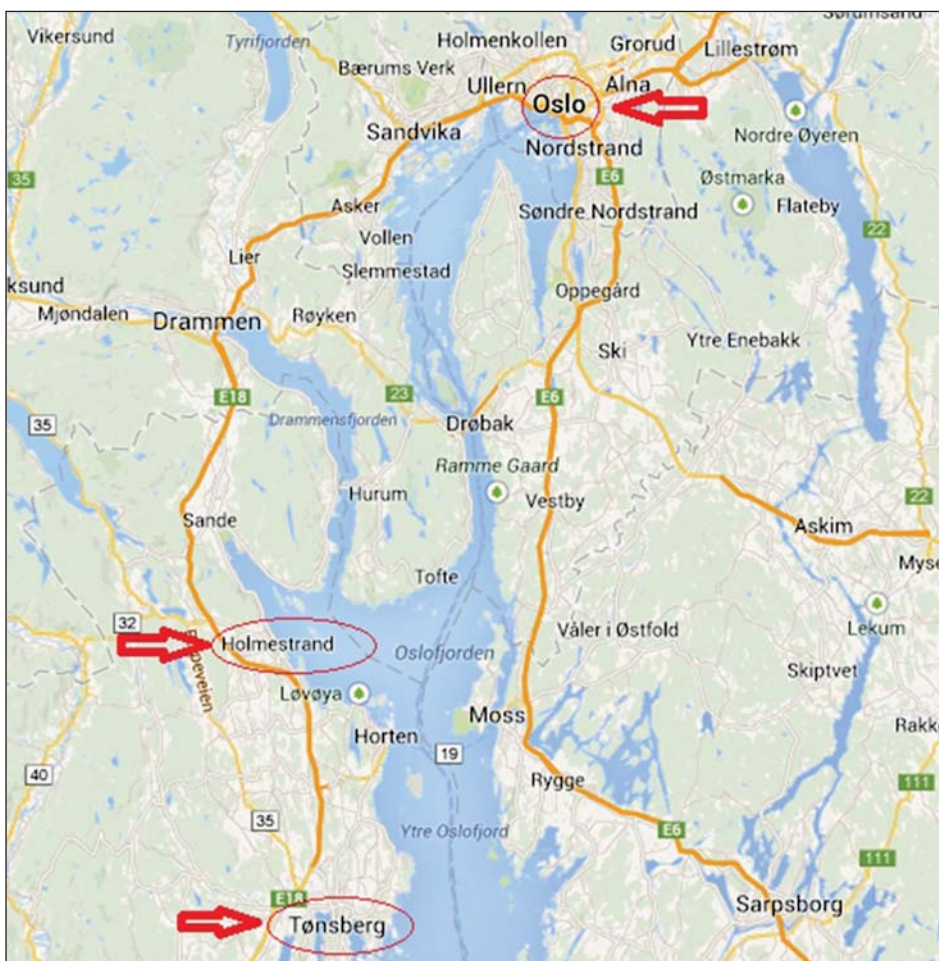
Experience from building tunnels abroad always has been and will be a significant contribution to the portfolio of tunnelling knowledge of companies and the professional public. The objective of this paper is to provide information for readers about an interesting project for the Holmestrand tunnel in Norway and to describe in more detail the method of excavation and construction of a part of this project – a station tunnel featuring a considerable net cross-sectional area of 487m² – which is located in a weakness zone. The paper describes in more detail the technology of grouting, the installation of lattice girders, as well as the waterproofing system and finishes of the lining unusual in Central Europe.

ÚVOD

Nórska štátna železničná spoločnosť (NSB) v súčasnosti realizuje niekoľko významných projektov v kraji Vestfold vo východnom Nórsku. Dlhodobým plánom je vybudovanie vysokorychlostnej železnice z hlavného mesta Oslo do mesta Kristiansand na juhu krajiny (obr. 1).

INTRODUCTION

NSB, the Norwegian State Railways, is currently realising several important projects in the north Norwegian region of Vestfold. The long-term plan is to develop a high-speed railway line from Oslo, the capital, to the city of Kristiansand in the south of the country (see Fig. 1).



Obr. 1 Trasa železnice z Oslo cez Holmestrand na juh krajiny

Fig. 1 Alignment of the railway from Oslo via Holmestrand to the south of the country

One of the parts of the project is the modernisation of the Holm – Nykirke section leading across the city of Holmestrand. The work commencement celebration took place in 2010. The current railway link, the alignment of which has remained unchanged since the commissioning in 1881, does not meet requirements for transport parameters, such as the transportation speed and capacity. The modernisation of the entire track section is necessary to secure the annual transport capacity of nearly 3 million passengers. Its objective is to secure an increase in the number of passengers and to reduce the travel times.

Several tunnels are being designed for this project. One of them is currently under construction. It is located in the vicinity of the city of Holmestrand.

Skanska Norge AS and Skanska SK a.s. – Závod Tunely SK plant have significantly participated in the work on it. Skanska SK a. s. employees, together with Norwegian tunnellers, have carried out a significant proportion of the drill-and-blast operations, the systematic grouting, mucking-out, tunnel drainage, installation of lattice girders and, at last but not least, survey services.

BASIC PROJECT DATA

The Holm – Nykirke section is 14.1km long. A 12.3km long part of

Súčasťou toho projektu je aj modernizácia úseku Holm – Nykirke, vedúceho cez mesto Holmestrand, ktorá bola slávnostne začatá v roku 2010. Súčasnú železničnú spojnosť, ktorú bolo uvedené do prevádzky v roku 1881, nespĺňa prepravné parametre, ako sú prepravná rýchlosť a kapacita.

Pre zabezpečenie prepravy takmer troch miliónov cestujúcich ročne je nutná modernizácia celého úseku trate, ktorej cieľom je zaistiť zvýšenie počtu prepravených osôb a skrátenie prepravného času.

V rámci tohto projektu je navrhovaných niekoľko tunelov, z ktorých jeden je v súčasnosti vo výstavbe a nachádza sa v okolí mesta Holmestrand.

Na jeho budovanie sa významnou mierou podieľa Skanska Norge AS a Skanska SK a. s. – Závod Tunely SK. Zamestnanci Skanska SK a. s. sa v spolupráci s nóorskymi tunelármi výraznou mierou podieľajú na vrtno-trhacích prácach, systematickej injektáži, odťažbe rúbaniny, na odvodnení tunela, budovaní priehradových nosníkov a v neposlednom rade na geodetických prácach.

ZÁKLADNÉ ÚDAJE O PROJEKTE

Dĺžka úseku Holm – Nykirke je 14,1 km, pričom 12,3 km z tejto trasy predstavuje dvojkolajný železničný tunel. Ide o prvý železničný projekt v Nórsku, ktorý je projektovaný na prejazdovú rýchlosť 250 km/h v celej dĺžke budovaného úseku vrátane uvedeného železničného tunela. Táto návrhová rýchlosť zodpovedá aj smerové vedenie trasy a z neho vyplýva aj poloha stanice v meste Holmestrand, ktorá je budovaná v podzemí skalného útesu vypínajúceho sa nad mestom tzv. Holmestrandfjellet (obr. 2).

V úseku staničného tunela Holmestrandfjellet v dĺžke 260 m bude profil tunela dosahovať výšku 16 m, šírku 34,5 m a plocha definitívneho priečného profilu v centrálnej časti stanice bude 487 m² (obr. 3). Vybudované budú štyri dráhy, z ktorých dve budú iba prejazdové rýchlosťou 250 km/h a dve budú slúžiť ako nástupištia. Projektanti museli nájsť inovatívne riešenie pre zmiernenie nepríjemných pocitov tlaku pri čakaní na nástupištiach počas prejazdu vlakov uvedenou rýchlosťou,



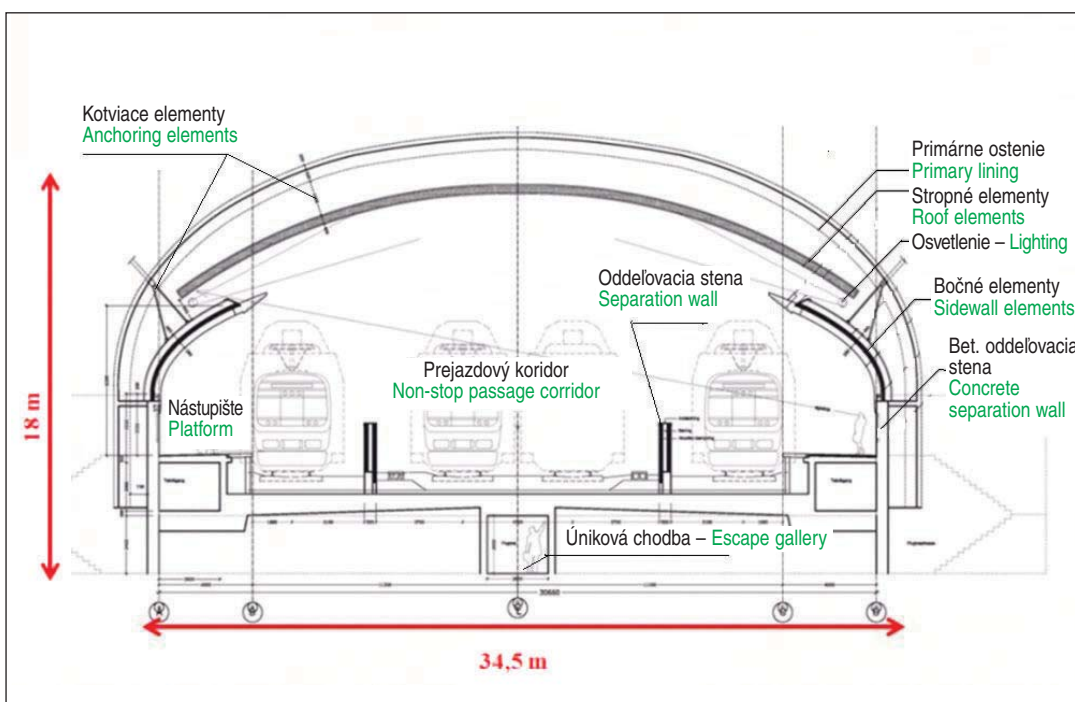
Obr. 2 Vizualizácia podzemnej železničnej stanice
Fig. 2 Visualisation of the underground station

this section is formed by a double-track tunnel. It is the first railway construction project in Norway which is designed for the travel speed of 250km/h throughout the entire length of the section being built, including the above-mentioned railway tunnel. The horizontal alignment corresponds to this design speed. The location of the station in the city of Holmestrand follows from the alignment. The station is being built underground, under a rock cliff rising above the city, so-called Holmestrandfjellet (see Fig. 2).

In the 260m long Holmestrandfjellet station tunnel section, the tunnel cross-section height and width will reach 16m and 34.5m, respectively, and the definite cross-sectional area in the central part of the station will amount to 487m² (see Fig. 3). Four tracks will be built, two of them solely for trains passing without stopping at the speed of 250km/h and two for the boarding of passengers. Designers had to find an innovative solution for alleviating the unpleasant feelings of pressure of passengers waiting on platforms during the passage of trains at the above-mentioned speed. According to Norwegian colleagues, this task has had no parallel in the world. The solution lies in the cross-sections of the running tunnel (130m²) significantly differing from the station cross-section (nearly 500m²), where the pressure induced by the entering train is partially reduced owing to the escape gallery R7, connecting the station tunnel, with a fan installed in it. The fan will be automatically started

prior to the non-stop passage of the train through the station and will induce a moderate negative pressure in it.

After the completion in 2016, the railway line including the tunnel will be used by NSB, the Norwegian State Railways, but the project owner is Jernbaneverket (JBV) – the Norwegian governmental agency for railway transport. It has funds for the development allotted from the state budget and in this way it is responsible for the design and technical part of the construction, as well as for the safety. It ensures complete supervision over the project not only in terms of technology but also in terms of safety and environmental protection.



Obr. 3 Priečný profil podzemnej stanice s dvomi nástupištiami a dvomi prejazdovými koľkami
Fig. 3 Cross-section through the underground station with two platforms and two tracks for non-stop trains

čo zatiaľ podľa nórskych kolegov nemá vo svete obdobu. Riešenie spočíva v značne rozdielnych priečných prierezoch tratového tunela (130 m²) a priečného prierezu stanice (takmer 500 m²), kde sa tlak vyvolaný vchádzajúcou súpravou čiastočne zníži, a taktiež tým, že do staničného tunela ústí úniková chodba R7, v ktorej bude inštalovaný ventilátor. Ten sa automaticky spustí ešte pred prejazdom vlakovkej súpravy stanicou a vyvodí v nej mierny podtlak.

Železničnú trať vrátane tunela budú po dokončení projektu v roku 2016 využívať Nórske štátne dráhy NSB. Avšak investorom projektu je Jernbaneverket (JBV) – Nórska vládna agentúra pre železničnú dopravu. Finančné prostriedky na výstavbu má pridelené zo štátneho rozpočtu a zodpovedá tak za projektovú a technickú stránku výstavby, ako aj za bezpečnosť a kompletne dozoruje stavbu nielen technicky, ale aj po stránke bezpečnosti a ochrany životného prostredia.

Projekt je rozdelený na 5 častí:

- UHN 03 HOLM – realizuje Skanska Norge AS, hodnota projektu je 50 mil. €
- UHN 01 SJOSKOGEN – realizuje LNS, 76 mil. €
- UHN 04 STASJON – realizuje Skanska Norge AS, 125 mil. €
- UHN 06 FIBO – realizuje Skanska Norge AS, 50 mil. €
- UHN 07 SNEKESTAD – realizuje Marti/IAV, 52 mil. €

Súčasťou projektu razeného tunela je aj vybudovanie trinástich únikových tunelov.

Základné údaje o úsekoch realizovaných Skanska SK a. s.

UHN 03 HOLM:

- Dĺžka úseku: 1800 m
- Plocha výrubu: 132–200 m²
- 2 únikové tunely spolu v celkovej dĺžke 600 m s plochou výlomu 35 m²

UHN 04 STASJON

- Dĺžka úseku: 1500 m
- Plocha hrubého výlomu: 132 – takmer 500 m²
- 2 únikové tunely spolu v celkovej dĺžke 500 m s plochou hrubého výlomu 30–50 m²

UHN 06 FIBO

- Dĺžka úseku: 2000 m
- Plocha hrubého výlomu: 132 m²
- 2 únikové tunely spolu v celkovej dĺžke 450 m s plochou hrubého výlomu 35–50 m²

Za hlavné výzvy projektu považujú tunelári zo Skanska prevenciu pred vodou pritekajúcou do tunela, vibrácie a hluk, čistenie vytekajúcej vody z tunela po raziaciach prácach pred vypustením do verejnej kanalizačnej siete a do mora ako aj transport vytáženej horniny po verejných komunikáciách.

GEOLOGICKÉ PODMIENKY

Horninové prostredie predmetnej časti tunela je tvorené bázickými efuzívnymi horninami – prevažne čadičom permského veku. Formácia čadiča pozostáva z viacerých lávových prúdov hrúbky 5–10 m, ktoré sú v ich vrchných častiach charakteristické lávovými konglomerátmi, čiastočne znovu natavenými. V poruchových zónach sa vyskytujú aj polohy červeného tektonického ílu, tufy a reliktly sedimentov. Zaujímavosťou sú sféricky výrazne ohraničené čadičové balvany veľkosti 10–30 cm. Na cca 60 m úseku stanice prechádza šikmo k jej pozdĺžnej osi intrúzia sienitu s metamorfítmi na kontakte s čadičom.

Tektonika má prevažne S–J a sčasti V–Z smer. Podzemná voda je výlučne viazaná na puklinovú priepustnosť poruchového systému. Na nórske pomery možno túto časť z geologického hľadiska globálne hodnotiť ako zložitú.

Klasifikácia kvality horninového prostredia podľa klasifikačného systému Q v predmetnej časti stavby – UHN 04 STASJON:

The project is divided into 5 parts:

- UHN 03 HOLM – realised by Skanska Norge AS, the project value of € 50 million.
- UHN 01 SJOSKOGEN – realised by LNS, € 76 million.
- UHN 04 STASJON – realised by Skanska Norge AS, € 125 million.
- UHN 06 FIBO – realised by Skanska Norge AS, € 50 million.
- UHN 07 SNEKESTAD – realised by Marti/IAV, € 52 million.

Part of the mined tunnel design is also the construction of thirteen escape tunnels.

Basic data on the sections being realised by Skanska SK a. s.

UHN 03 HOLM:

- Section length: 1800m
- Excavated cross-sectional area: 132–200m²
- two escape tunnels at the aggregate length of 600m, with the excavated cross-sectional area of 35m²

UHN 04 STASJON

- Section length: 1500m
- Excavated cross-sectional area: 132 – nearly 500m²
- 2 escape tunnels at the aggregate length of 500m, with the excavated cross-sectional area of 30–50m²

UHN 06 FIBO

- Section length: 2000m
- Excavated cross-sectional area: 132m²
- 2 escape tunnels at the aggregate length of 450m, with the excavated cross-sectional area of 30–50m²

Skanska tunnellers consider the prevention of water flowing into the tunnel, vibrations and noise, the treatment of water flowing from the tunnel after the excavation before discharging it to the public sewerage network and to the sea and the transport of muck along public roads to be the main challenges of the project.

GEOLOGICAL CONDITIONS

The ground environment of the tunnel part in question is formed by basic effusive rock types – mostly Permian age basalt. The basalt formation consists of several 5–10m thick lava flows, the upper parts of which are characterised by partially re-melted lava conglomerates. Layers of red tectonic clay, tuffs and relics of sediments occur in weakness zones. An interesting feature is the occurrence of spherically significantly bound basalt boulders with the sizes of 10–30cm. An intrusion of sienite with metamorphites on contact with basalt crosses at an angle the longitudinal axis of the about 60m long section of the station.

The tectonics trending is mostly N-S and partially E-W. Groundwater is solely bound to the fissure permeability of the fault system. In the Norwegian conditions, this part can be globally assessed from the geological point of view as complicated.

The classification of the rock environment quality according to the Q-system in the particular part of the project - UHN 04 STASJON :

Good	Q = 10–40	34%
Satisfactory	Q = 4–10	33%
Poor	Q = 1–4	23%
Very poor	Q = 0.1–1	9%
Extremely poor	Q = 0.01–0.1	1%

TUNNELLING TECHNOLOGY

In Scandinavia, underground structures are driven using the so-called Norwegian Tunnelling Method, the NTM. At first sight this method has a lot in common with the New Austrian

Dobrá	Q = 10–40	34 %
Uspokojivá	Q = 4–10	33 %
Zlá	Q = 1–4	23 %
Veľmi zlá	Q = 0,1–1	9 %
Extrémne zlá	Q = 0,01–0,1	1 %

TECHNOLÓGIA RAZENIA

V Škandinávii sa pri razení podzemných diel aplikuje takzvaná Nórska tunelovacia metóda (NTM). S Novou rakúskou tunelovacou metódou (NRTM) používanou v strednej Európe má síce na prvý pohľad veľa spoločné, no v skutočnosti sa od nej principiálne líši. Rozdiel je v hodnotení geológie (podľa klasifikačného systému Q), v spôsobe vystužovania vyrazeného diela a v neposlednom rade v spôsobe izolácie diela proti priesakom vody. Na celom úseku výstavby Holm–Nykirke je aplikovaná NTM. Na úsekoch razených Skanska bude použitých 88 000 ks SN svorníkov v dĺžkach 3–18 m, 197 000 m² vode/mrazu odolnej ochrany, 38 000 m³ striekaného betónu s rozptýlenou výztužou a striekaného betónu s polypropylénovými vláknami.

Okrem 850 m dlhého úseku stanice je razenie realizované v plnom profile vrtno-trhacími prácami s dĺžkou záberu 5–6 m. Striekaný betón a svorníky zabudované počas razenia sú aktívnou súčasťou ostenia. Na úsekoch realizovaných Skanska bolo razenie z dôvodu čo najefektívnejšieho využitia strojov a skrátenia doby výstavby na čo najkratší čas realizované súčasne na siedmich čelbách. Pri trhacích prácach je využívaný roznetný systém NONEL a emulzné trhaviny. Výkon trhacích prác v oblasti stanice v meste Holmestrand a v blízkosti obytných domov na povrchu je obmedzený na čas od 7:00 do 23:00 h. Informáciu o výkone trhacích prác dostáva každý technický zamestnanec a každý občan z oblasti ohrozenej vibráciami a hlukom vo forme SMS správy z centrálného systému varovania a sledovania účinkov trhacích prác na prostredie z pohľadu vibrácií a hlučnosti. Podobne je obmedzený čas aj na odvoz rúbaniny z tunela po verejných komunikáciách od 7:00 do 19:00 hod.

Obrovská pozornosť vedenia celej stavby je venovaná environmentálnym otázkam a zníženiu vplyvu výstavby na životné prostredie a na životy obyvateľov, ktorí sa po prijatí všetkých opatrení so stavbou mimoriadne dobre stotožnili. Napriek nesporným obmedzeniam, vibráciám počas trhacích prác, zvýšenej prašnosti a hlučnosti, cítia veľkú podporu tomuto projektu doslova na každom kroku v meste Holmestrand a priľahlých lokalitách.

Základné strojné vybavenie pre raziace práce

- 6 ks – trojlafetové vrtné vozy AMV 21SGV
- 5 ks – kolesové nakladače CAT988H s bočným výklopom
- 6 ks – dumpre CAT 772
- 6 ks – bágre Volvo EW230 na kolesách



Obr. 4 Kalota v najširšom profile počas injektáže
Fig. 4 Top heading in the widest profile during the injection of grout

Tunnelling Method (the NATM) used in Central Europe. However, in reality, it principally differs from it. The difference lies in the quality assessment (according to the Q-system), the system of supporting the excavated opening and, at last but not least, in the waterproofing system protecting the tunnel against seeping water. The NTM is being applied to the entire Holm–Nykirke section. The section driven by Skanska will require 88,000 SN anchors 3–18m long, 197,000m² of water/frost resisting protection, 38,000m³ of steel fibre reinforced shotcrete and shotcrete reinforced with polypropylene fibres.

Apart from the 850m long station section, the tunnels are being driven full-face, using the drill-and-blast technique with the excavation advance per round of 5–6m. Shotcrete and rockbolts installed during the excavation are an active part of the lining. The excavation in the sections driven by Skanska continued concurrently at seven headings so that the equipment was used as effectively as possible and the construction duration was reduced as much as possible. The NONEL initiation system and emulsion explosives are being used for blasting operations. The execution of blasting work in the area of the station in the city of Holmestrand and in the vicinity of residential buildings on the surface is restricted to the period from 7:00 to 23:00 hours. The information about the execution of blasting is received by each technical employee and each citizen working or living in the area endangered by vibration and noise in the form of SMS reports from the central system of warning and monitoring of impacts of blasting operations on the environment as far as vibrations and noise are concerned. The time dedicated to mucking-away along public roads is restricted similarly to the period from 7:00 to 19:00 hours.

Enormous attention of the whole construction management is dedicated to environmental issues and the reduction of impact of the construction on the environment and lives of residents, who exceptionally identified themselves with the project after all measures had been implemented. Despite undisputable restrictions, vibrations during blasting operations, increased rates of airborne dust and noise, it is possible to feel the support for this project literally at every step in the city of Holmestrand and adjacent locations.

Basic mechanical equipment for the excavation

- 6 pcs – AMV 21SGV three-boom drill rigs
- 5 pcs – CAT988H wheeled side-tipping loaders
- 6 pcs – CAT 772 dumpers
- 6 pcs – Volvo EW230 wheeled excavators
- 5 pcs – Craelius-type grouting sets mounted on a truck, with a crane and a hydraulic platform for the operator
- 3 pcs – AMV shotcreting sets
- 3 pcs – charging trucks for emulsion explosives, which are equipped even for contour charging

The profile is gradually enlarged in the future station from 132m² nearly up to 500m² (see Fig. 4) throughout the length of 850m and the horizontal excavation sequence (top heading, bench and invert) was modified to the top heading and bench in this section (see Fig. 5). Taking into consideration the large width of the profile (34.5m), the top heading and bench were in addition divided vertically into the eastern and western half-profiles, with one half-profile heading advancing about 20–30m ahead of the other one. The condition survey of all houses, buildings and important structures was carried out before the first firing on the whole construction site. These structures have been monitored throughout the construction period. The execution of blasting may lead to significant damage to groundwater, even to draining the swamps and wetland found on the Holmestrandfjellet surface. To prevent it, thorough



Obr. 5 Razenie stupňa v najširšej časti stanice kde výška dosahuje 18 m
Fig. 5 Bench excavation in the widest part of the station, where the height reaches 18m

5 ks – injektážne súpravy typu Craulius namontované na kamiónovom podvozku so žeriavom a hydraulickou plošinou pre obsluhu

3 ks – AMV súpravy na striekaný betón

3 ks – nabíjacie autá na emulzné trhaviny vybavené aj pre obrysové nabíjanie

V objekte budúcej stanice je profil postupne zväčšený zo 132 m² až na takmer 500 m² (obr. 4) v dĺžke 850 m a razenie tu bolo v rámci horizontálneho členenia rozdelené na kalotu a stupeň (obr. 5). Vzhľadom k veľkej šírke profilu (34,5 m) boli ešte aj kalota aj stupeň vertikálne delené na východný a západný polprofil, pričom jeden polprofil predbiehal druhý o cca 20–30 m. Pred prvým odpalom na celej stavbe bola vykonaná pasportizácia všetkých domov, budov a dôležitých objektov, ktoré sú sledované počas celej doby výstavby. V dôsledku vykonávania trhacích prác môže dôjsť k výraznému poškodeniu spodných vôd, dokonca k odvodneniu močarísk a mokradí, ktoré sa nachádzajú na povrchu Holmestrandfjellet. Aby sa tomuto zabránilo, vykonáva sa dôkladná systematická injektáž a monitorovanie stavu podzemných vôd.

SYSTEMATICKÁ INJEKTÁŽ

Na vrtanie injektážnych vrtov sa používajú trojlafetové vrtačie vozy nórskej výroby AMV, ktoré sú najefektívnejšie pri vrtaní vývrtov dĺžky 18–24 m. Zo skúseností pri aplikácii systematickej injektáže sa ukázalo, že vrtanie väčších dĺžok je neefektívne, dochádza k častej strate vrtného náradia a k predlžovaniu času tejto operácie. Na obr. 6 je schematicky zobrazená vrtná schéma a princíp efektívneho prekrytia injektážnych vrtov pri cyklickom razení.

Technické parametre technológie systematickej injektáže

- Dĺžka injektážnych vrtov: 18–24 m
- Dĺžka záberu pri razení je: 5–6 m
- Priemer vrtných vrtov: 64 mm
- Uhol vrtania: 7°
- Počet vrtov vo vejári pre profil 130 m²: 58 ks

Injektáž je vykonávaná po každom tretom zábere razenia, z čoho vyplýva, že prekrytie injektážnych vejárov je v rozmedzí 6–10 m v závislosti od konkrétnych geologických podmienok na základe vyhodnotenia meraní tlakov a vodných testov. Na samotnú injektáž sa používa súprava Atlas Copco Unigrount na podvozku Volvo a cement je dovážaný prepravnými silami umiestnenými na podvozkoch Mercedes. Injektážna súprava sa skladá zo štyroch vysokotlakových injektážnych čerpadiel Atlas Copco, ovládacej automatiky (celá injektáž, tlak a množstvo injektážnej zmesi sa zaznamenávajú na pamäťovú kartu), dvoch zásobníkov na cement, dvoch aktivačných miešačiek a mobilnej plošiny. Súprava bola

systematic grouting is carried out and the groundwater condition is monitored.

SYSTEMATIC GROUTING

Three-boom AMV drill rigs manufactured in Norway are used for drilling the grouting holes. They are most effective for drilling 18–24m long holes. It turned out from the experience obtained during the application of systematic grouting that drilling of bigger lengths is ineffective, drilling tools are more frequently lost and the duration of this operation is extended. The drill rig and the principle of effective overlapping of grouting holes in the case of cyclic driving are schematically presented in Fig. 6.

Technical parameters of the systematic grouting technology

- Grouting borehole lengths: 18–24m
- Excavation advance per round length: 5–6m
- Drillhole diameters: 64mm
- Drilling angle: 7°
- Number of boreholes in the fan for a 130m² profile: 58

Grouting is carried out in every third excavation advance per round. It follows from this fact that the overlapping of the grouting fans ranges from 6 to 10m, depending on the particular geological conditions determined on the basis of assessing the measurements of pressures and hydraulic tests. The grouting itself is carried out using an Atlas Copco Unigrount set mounted on a Volvo truck. Cement is brought in transport silos mounted on Mercedes trucks. The grouting set consists of four Atlas Copco high-pressure grouting pumps, automatic control system (entire grouting process, pressure and amount of grouting mix are recorded on a memory card), two cement containers, two activation mixers and a mobile platform. The set was designed in a way guaranteeing that it is fully independent of other equipment. Grouting was carried out by three workers, one of them operating the grouting set, one inserting packers to drillholes from the platform and one securing the supply of cement.

Grout formulas

Formulae w/c = 0.8	industrial cement volume of 300L, pressure of 8Mpa
Formulae w/c = 0.6	industrial cement volume of 600L, pressure of 8Mpa
Formulae w/c = 0.5	industrial cement volume of 600L, pressure of 8Mpa
Formulae w/c = 0.8	industrial cement volume identical with that for formulae No. 1, with 7% of microsilica (flue siliceous matter obtained in metalurgical processes)

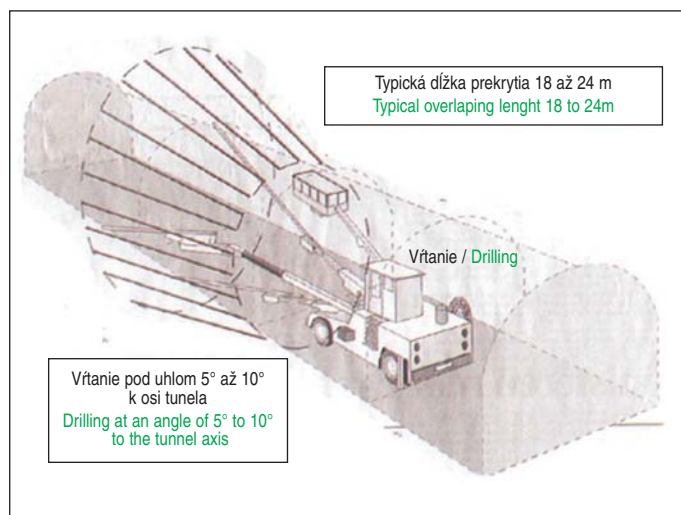
CEM I 42.5 RR with the addition of silicate (marked in the table as “industrial”) has been used as a standard. During the systematic grouting the formulas vary depending on the rock mass quality and the quantity and pressure of seeping water. These parameters are determined by the so-called Lugeon test [2], which lies in pumping water under a certain pressure into the rock mass through one of the drillholes forming the grouting fan, with concurrent measuring the amount of water and time. The test result is the hydraulic conductivity of the rock mass per a running meter of the drillhole. The grouting procedure and formulae for the grout is determined on the basis of the result. The formulae was changed for the „04 STASJON“ part during the passage across the tectonic fault zone (described in more detail below) – the excavation advance per round length and the length of grouting drillholes were reduced to 3m and 12m, respectively. The drilling of grouting holes and the grouting itself was carried out in two phases. In the first

navrhnutá tak, aby bola úplne nezávislá od iných mechanizmov. Injektáž vykonávali traja pracovníci, z ktorých jeden obsluhoval injektážnu súpravu, jeden v plošine zavádzal obturátory do vývrtov a jeden zabezpečoval dovoz cementu.

Receptúry pre injektážne práce

Receptúra w/c = 0,8	množstvo aplikovaného priemyselného cementu: 300 l, tlak 8 MPa
Receptúra w/c = 0,6	množstvo aplikovaného priemyselného cementu: 600 l, tlak 8 MPa
Receptúra w/c = 0,5	množstvo aplikovaného priemyselného cementu: 600 l, tlak 8 MPa
Receptúra w/c = 0,8	množstvo aplikovaného priemyselného cementu ako pri receptúre č. 1 s pridaním 7% mikrosilícia (kremičitého úletu získavaného pri hutníckych procesoch)

Ako štandardný cement (v tabuľke označený ako priemyselný), sa používa cement CEM I 42,5 RR s prísadou silikátu. Pri systematickej injektáži sa receptúry a systém injektáže menia podľa kvality horniny, množstva a tlaku pritekajúcej vody. Tieto parametre sa zisťujú tzv. Lugeon testom [2], ktorý spočíva vo vŕhaní vody pod určitým tlakom do horninového masívu niektorými z vrtov injektážneho vejára za súčasného merania množstva vody a času. Výsledkom testu je hydraulická konduktivita masívu na bežný meter vrtu. Na jej základe sa stanoví postup a receptúra injektáže. Tak aj na časti „04 STASJON“ bola receptúra pri prechádzaní tektonickou poruchou (podrobnejšie opísanou nižšie), zmenená – dĺžka záberu razenia bola skrátaná na 3 m a dĺžka injektážnych vrtov na 12 m. Vŕtanie injektážnych vrtov aj samotná injektáž prebiehali v dvoch fázach. V prevej fáze bolo navŕtaných 22 vrtov a na injektáž bol použitý cement CEM I 42,5 RR s prísadou

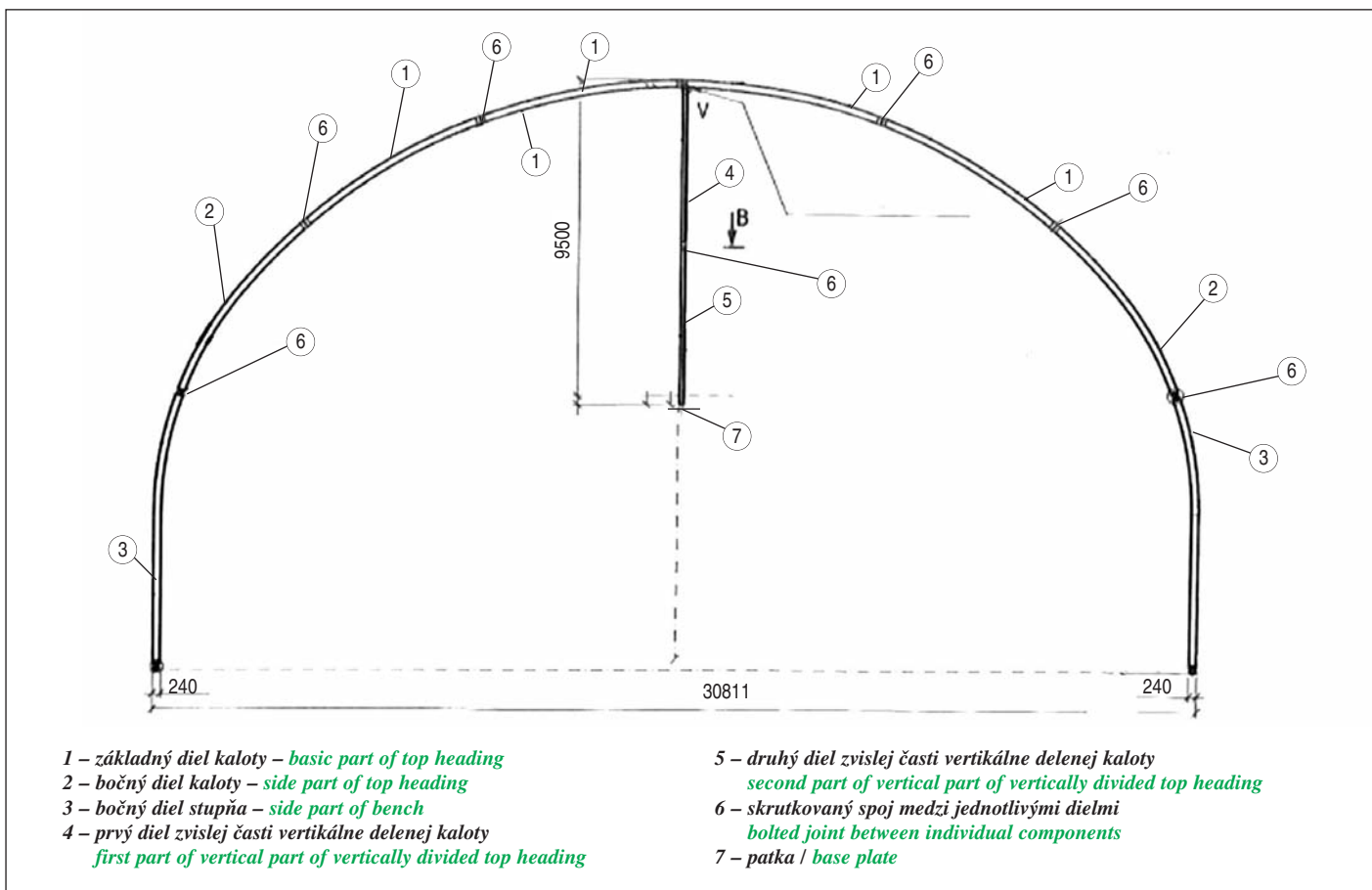


Obr. 6 Náčrt vejára vrtov pre systematickú injektáž
Fig. 6 A sketch of the fan of drillholes for systematic grouting

phase, 22 holes were drilled and CEM I 42.5 RR with an addition of silicate was used for grouting, with the pressure reduced to 6.0MPa. In the second phase, after 12 hours, additional 22 holes were drilled and microfine cement with an addition of silicate was used for grouting. Formulas (the w/c ratio) identical with those described above were used and the pressure was also reduced to 6.0MPa.

INSTALLATION OF LATTICE GIRDERS

One of the most important working operations carried out by employees of Skanska SK a. s., Závod Tunely SK plant till February 2014 was the installation of lattice girders in the tec-



Obr. 7 Schéma konštrukcie priehradových nosníkov
Fig. 7 The structure of lattice girders



Obr. 8 Prvá fáza budovania priehradových nosníkov
Fig. 8 The first phase of the installation of lattice girders

silikátu a tlak bol znížený na 6 MPa. Po 12 hodinách bolo v druhej fáze navŕtaných tiež 22 vrtov a na injektáž bol použitý mikromletý cement s prísadou silikátu. Receptúry (pomer vody k cementu) boli použité také isté, ako je uvedené vyššie a tlak bol tiež znížený na 6 MPa.

ZABUDOVANIE PRIEHRADOVÝCH NOSNÍKOV

Jednou z najdôležitejších pracovných operácií pracovníkov Skanska SK a. s., Závod Tunely SK do februára 2014, bolo zabudovanie priehradových nosníkov v tektonicky narušenej oblasti staničného tunela. Charakteristickým geomorfologickým rysom tejto oblasti je čadičová stena, v ktorej bude vybudovaná staničná hala. Z geologického hľadiska je táto nehomogénna časť tvorená čadičovými prúdmi lávy, ktoré obsahujú vrstvy červeného tektonického ílu a pieskovca, tufy a lávové konglomeráty. Plošina Holmestrand je súčasťou tejto formácie čadiča. Pozdĺž plánovanej trasy železničného tunela sú tektonické poruchy rôznych veľkostí a vlastností.

Jedna z nich tvorí pásмо široké 2 m, pretínajúce susediaci cestný tunel Holmestrandtunnel v jeho severnej časti. Na základe týchto informácií bolo zrejmé, že porucha bude prechádzať aj železničným tunelom, a to v mieste južnej časti staničnej haly a prístupovým tunelom R8. Projektant preto rozhodol, že v tejto časti projektu bude stabilita tunela zabezpečená zabudovaním ocelových priehradových nosníkov v kombinácii so striekaným betónom. V technológii razenia bol skrátený záber z 5–6 m na 3 m a do obrysu musel byť pred každým záberom zabudovaný ochranný dáždnik v dĺžke 6 m tvorený samozávrtnými IBO svorníkmi. Po zabudovaní priehradových nosníkov a nastriekaní 20 cm vrstvy betónu s rozptýlenou výstužou boli zabudované 4 m dlhé SN svorníky v rozstupe 2x2 m. Osová vzdialenosť priehradových nosníkov bola 1 m.

Po odpale a vytážení rúbaniny nasledovalo profilovanie stropu a bokov tunela a následne, po aplikácii bezpečnostného predstreku striekaným betónom s rozptýlenou výstužou aj zabudovanie priehradových nosníkov. Technológia zabudovania nosníkov bola špecifická tým, že prebiehala v niekoľkých fázach. V časti tunela, kde bolo potrebné zabudovať priehradové nosníky, bola čelba členená na kalotu a stupeň. Východný polprofil čelby v tuneli bol vedený s cca 20–30 m predstihom, takže po aplikácii bezpečnostného predstreku boli v prvej fáze zabudované obidva diely č. 1 a 2 (obr. 7) ukotvené na bočných horizontálnych priehradových nosníkoch a na druhej strane boli zabudované diely č. 4 a 5, ktoré plnili funkciu dočasných

tonically faulted zone of the station tunnel. The station hall will be built in a basalt wall, which is a characteristic geomorphological feature of this zone. From the geological point of view, this inhomogeneous part is formed by basaltic lava flows containing layers of red tectonic clay and sandstone, tuffs and lava conglomerates. The Holmestrand plateau is part of this basalt formation. There are tectonic faults with various sizes and properties along the planned alignment of the railway tunnel.

One of them is formed by a 2m wide zone crossing the adjacent Holmestrandtunnel road tunnel in its northern part. It was obvious on the basis of this information that the fault zone would pass also across the railway tunnel, in the southern part of the station hall, and across the access tunnel R8. The designer therefore decided that the stability of the tunnel in this part of the project would be secured by installing steel lattice girders in combination with shotcrete. In the tunnelling technology, the excavation advance per round length was reduced from 5–6m to 3m and a canopy consisting of 6m long self-drilling IBO rockbolts had to be installed prior to each advance. After the installation of the lattice girders and application of a 20cm thick layer of fibre reinforced shotcrete, 4m long SN rockbolts were installed at the spacing of 2x2m. The centre-to-centre spacing of the lattice girders was 1m.

After firing and mucking-out, the profiling of the tunnel roof and sides followed and, subsequently, after the preliminary safety application of fibre reinforced shotcrete, even the installation of lattice girders. The lattice girders installation technology was specific in the fact that it proceeded in several phases. In the tunnel part where the installation of lattice girders was necessary, the excavation sequence consisted of top heading and bench. The eastern half of the excavation face was driven about 20–30m ahead, which means that, after the preliminary safety application of shotcrete, the components No. 1 and 2, anchored into horizontal lattice girders on the sides, were installed in the first phase (see Fig. 7) and components No. 4 and 5, fulfilling the function of supporting legs (see Fig. 8) were installed on the other side of the half-profile. Both components No.1 and 2 were assembled in advance and were transported to the installation place as an about 18m long unit with the aim of reducing the assembly time. The transport and assembly was carried out using a Volvo EW 230 wheeled excavator equipped with a rotating head with a hydraulic fast clamping device. A specially modified clamp was mounted on it allowing safe moving of the girders with the above-mentioned length (see Fig. 9). During the course of the assembly operation, i.e. the anchoring to the horizontal components on the sides and the installation of the supporting legs, the lattice girders supported by the excavator were safely clamped in the above-mentioned mechanism. In the second phase, during the course of the excavation of the western half of the top heading, three pieces of the supporting legs (which corresponded to the reduced excavation advance per round length of 3m) were always disconnected from the component No.1 and, after firing, the second half of the lattice girders was installed in the same way. After the completion of the lattice girders in the top heading, the temporary supporting legs were removed. The last phase of the installation comprised the addition of components No. 3 during the excavation of the bench. The technology was identical, which means that, after the preliminary safety application of shotcrete, the components No. 3 were connected to the horizontal components installed in the first phase and were anchored to the corresponding horizontal component at the excavation bottom. The last step was the application of a 20cm thick layer of fibre reinforced shotcrete.

podperných nôh (obr. 8). Aby bol čas montáže čo najrýchlejší, boli obidva diely č. 1, a diel č. 2 zmontované v predstihu a na miesto zabudovania boli dopravené ako celok dĺžky cca 18 m. Na dopravu a montáž sa používal kolesový bager Volvo EW 230, vybavený otočnou hlavou s hydraulickým rýchlopúňáčom, na ktorom bol upevnený špeciálny upínací mechanizmus, aby sa dali bezpečne premiestniť nosníky s uvedenou dĺžkou (obr. 9). Počas montáže, to znamená ukotvenia na bočné horizontálne diely a zabudovania podperných nôh, boli priehradové nosníky podopierané bagrom, bezpečne uchytené v uvedenom mechanizme. V druhej fáze, pri razení západnej polovice kaloty, boli vždy tri kusy podperných nôh (to zodpovedá skrátenému záberu na 3 m) pred odpalom uvoľnené v mieste spojenia s dielom č. 1 a po odpale bola rovnakým spôsobom zabudovaná druhá polovica priehradových nosníkov. Po skompletovaní priehradových nosníkov v kalote boli dočasné podperné nohy odstránené. Poslednou fázou zabudovania bolo doplnenie dielov č. 3 pri razení stupňa. Technológia bola rovnaká, teda po aplikácii bezpečnostného predstrelu boli diely č. 3 napojené na horizontálne diely zabudované v prvej fáze a ukotvené na rovnaký horizontálny diel na dne výrubu. Posledným krokom bola aplikácia 20 cm striekaného betónu s rozptýlenou výztužou.

IZOLÁCIA TUNELA PROTI PRIESAKOM VODY

Pri výstavbe tohto 12,3 km dlhého tunela bude v rámci Nórskej tunelovacej metódy (NTM) aplikovaná kombinácia viacerých používaných spôsobov hydroizolácie a finálnej úpravy ostenia:

- montovaná hydroizolačná membrána zavesená na oceľových kotvách s kvalitnou protikoróznou ochranou a prefabrikované betónové elementy v celom profile tunela,
- PE pena hrúbky 50 mm, oceľová KARI sieť a striekaný betón s polypropylénovými vláknami v celom profile tunela,
- kombinácia montovanej membrány a prefabrikované betónové elementy na bokoch tunela s PE penou, oceľovou KARI sieťou a striekaným betónom v strope tunela.

Z uvedeného vyplýva, že komplex prác súvisiacich s jednotlivými alternatívami pozostáva z nasledovných operácií. Pri prvej alternatíve sú navrhované vrty podľa vopred zadaných smerov a dĺžok, potom sa montujú svorníky priemeru 30 mm lepené do cementovej malty, následne je zavesená fólia a nakoniec sú budované prefabrikované betónové elementy. Jednotlivé pásy fólie sú spojené tepelným zváraním podobne ako pri medziláhlej izolácii pri NRTM s tým rozdielom, že tu fólia visí na kotvách a priestor medzi výrubom, resp. striekaným betónom a fóliou je voľný. Pri aplikácii druhej metódy sú navrhované vrty a osadené

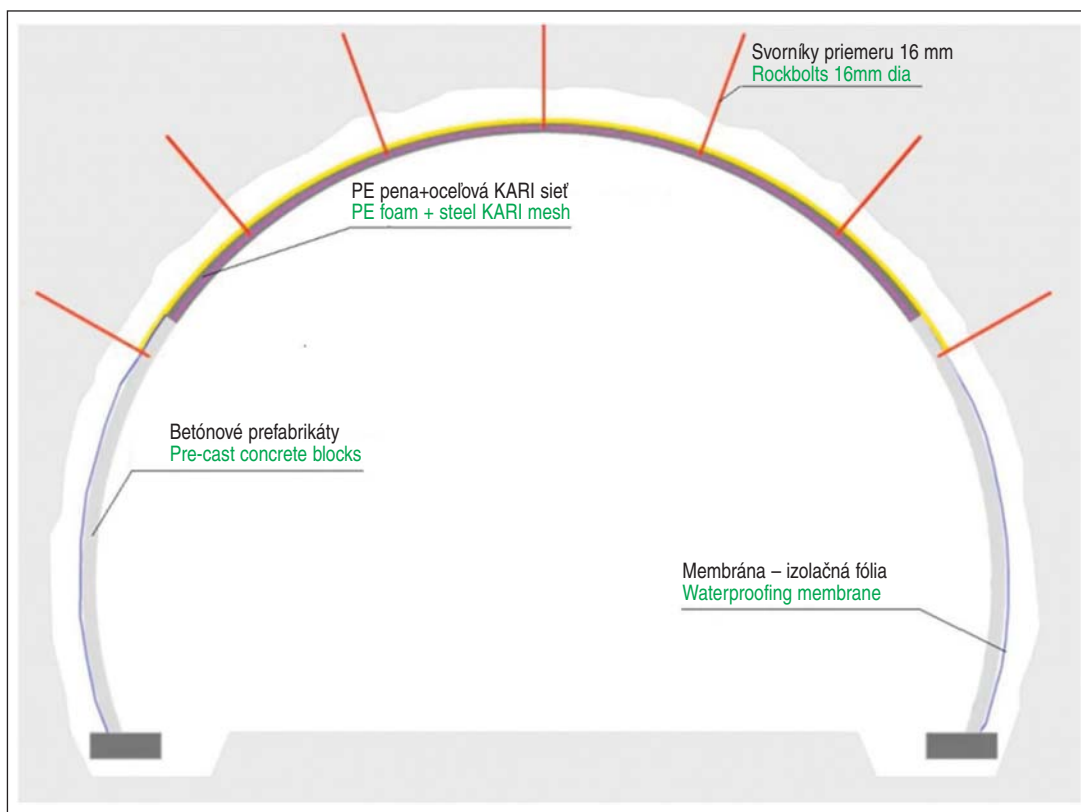


Obr. 9 Priehradové nosníky počas montáže v kalote
Fig. 9 Lattice girders during the course of the assembly in the top heading

WATERPROOFING SYSTEM PROTECTING THE TUNNEL AGAINST SEEPING WATER

A combination of several waterproofing systems and final treatment of the lining will be applied to the construction of this 12.3km long tunnel within the framework of the Norwegian Tunnelling Method (the NTM):

- a fabricated waterproofing membrane hanging on steel anchors provided with high-quality corrosion protection and pre-cast concrete elements around the complete tunnel profile,
- PE foam layer 50mm thick, steel KARI mesh and fiber reinforced shotcrete around the complete tunnel profile,
- a combination of a fabricated membrane and pre-cast concrete elements on the tunnel sidewalls with PE foam, steel KARI mesh and shotcrete on the tunnel roof.



Obr. 10 Schematické zobrazenie kombinovaného variantu
Fig. 10 Schematic picture of the combined alternative



Obr. 11 Montáž hydroizolačnej membrány
Fig. 11 Installation of the waterproofing membrane

svorníky priemeru 16 mm kotvené do dvojzložkového lepidla, ktoré musia byť v radiálnom smere, aby zavesená PE pena tvorila ideálny profil tunela. Po osadení PE peny sa v celom profile inštaluje oceľová KARI sieť a na záver ja aplikovaný striekaný betón s polypropylénovými vláknami. Vrtanie pri oboch alternatívach je realizované špeciálnym svorníkovacím vrtacím vozom AMV, ktorý je vybavený lafetou s dvomi paralelnými kladivami, aby bol schopný vrtáť dva vrty súčasne. Tretia alternatíva je kombináciou predchádzajúcich dvoch, pričom na boky tunela sú zabudované betónové elementy s vopred zavesenou hydroizolačnou fóliou a do stropu chodby je osadená PE pena so striekaným betónom (obr. 10). Súčasťou týchto prác je aj testovanie osadených svorníkov na ťah, pričom investorom požaduje meranie každého zabudovaného svorníka. Hydroizolačná membrána je montovaná prostredníctvom mechanizovaného voza a v miestach zavesenia na svorníky je utesená pritlačením dvoch protikusov oceľových platničiek s gumeným tesnením (obr. 11).

ZÁVER

Odlišnosti spôsobu výstavby tunelov NTM a NRTM vyplývajú z historických skúseností v jednotlivých krajinách, ale hlavne z geologických podmienok, prevažného zastúpenia horninových typov, tektonického porušenia masívov a v neposlednom rade aj z geologického veku horninového prostredia. Okrem už spomenutých odlišností je to hlavne systém klasifikácie horninového masívu, (v miestnej terminológii nazývanej Q-metóda) [1] oproti ÖNORM 2203 používanej v NRTM, ďalej razenie plného profilu, ako aj absencia princípu spolupôsobenia horninovej klenby po prebehnutí konvergencií a taktiež pre nás iný systém primárneho a sekundárneho ostenia.

Všeobecne je možno konštatovať, že škandinávské krajiny majú geologické prostredie vhodnejšie na stavbu podzemných diel, výstavba je podstatne lacnejšia a jednoduchšia. Stálo by však za uváženie niektoré technológie, prvky, či princípy aplikovať aj v našich podmienkach, hlavne v kvalitnejších výrubových triedach.

ING. IVAN VIDA, ivan.vida@skanska.sk,
ING. ANTON PETKO, anton.petko@skanska.sk,
SKANSKA SK a. s.

Recenzovali: Ing. Miloslav Frankovský, Ing. Ján Snopko

It follows from the above-mentioned text that the complex of works associated with the individual alternatives consists of the following operations. At the first alternative, holes are drilled in compliance with pre-set directions and lengths, the installation of 30mm-diameter rockbolts encapsulated in cement grout follows, the membrane is applied subsequently and pre-cast concrete elements are installed in the end. Individual membrane mats are connected by heat-welding similarly as it is carried out in the case of intermediate waterproofing at the NATM. The only difference is that in this case the membrane is suspended from anchors and the space between the excavation surface, or the shotcrete, and the membrane is free. When the second method is applied, holes are drilled and 16mm-diameter rockbolts are inserted into a two-component adhesive; the rockbolts have to be installed radially so that the PE foam hanging on them follows the ideal tunnel profile. After the application of the PE foam the steel KARI mesh is installed around the complete profile and fibre reinforced shotcrete is applied in the conclusion. The drilling is realised in both alternatives using an AMV drill rig, which is equipped with a boom with two parallel drifters to be capable of drilling two holes simultaneously. The third alternative is the combination of the previous two alternatives, with concrete elements with a waterproofing membrane fixed to them in advance installed on the tunnel sidewalls and PE foam and shotcrete is applied to the tunnel roof (see Fig. 10). Part of this work are also pull-out tests of the installed rockbolts; the project owner requires testing of each installed rockbolt. The waterproofing membrane is installed using a mechanised scaffold. It is sealed at the points where it is hung on the rockbolts by pressing two counterparts of steel plates provided with rubber seal (see Fig. 11).

CONCLUSION

The differences between the NTM tunnelling and the NATM follow from historic experience in individual countries, but most of all from geological conditions, the prevailing representation of roc types, tectonic faulting of rock massifs and, at last but not least, from the geological age of the rock environment. Apart from the above-mentioned differences, it is mainly the system of rock mass classification (called the Q-system in the local terminology) [1] in contrast with the ÖNORM 2203 used in the NATM; other differences comprise the full-face excavation, the absence of the principle of interaction of the natural arch when the development of convergences is finished and also the system of the primary and secondary lining, which is different for us.

In general it is possible to state that the geological environment in Scandinavian countries is more favourable for the construction of underground structures; the construction is much cheaper and simpler. It would however be worth consideration whether some technologies, elements or principles could be applied even to our conditions, first of all in higher-quality excavation support classes.

ING. IVAN VIDA, ivan.vida@skanska.sk,
ING. ANTON PETKO, anton.petko@skanska.sk,
SKANSKA SK a. s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] GRIMSTAD, E., BARTON, N. 1993. Updating of the Q-system for NMT. *Proc. of the International Symposium on Sprayed Concrete, Fagerne, Norway. Eds Kompen, Opsahl and Berg.* Norwegian Concrete Association, pp 46-66
- [2] LANCASTER-JONES, P. F. F. 1975. *The interpretation of the Lugeon water test.* Quarterly Journal of Engineering and Hydrogeology. 8 (2): pp 151-157

TUNEL NORDFJÖRÐUR, ISLAND

NORDFJÖRÐUR TUNNEL, ICELAND

ALEŠ GOTHARD, IVAN PIRŠČ

ABSTRAKT

Článek shrnuje základní informace o projektu Nordfjardargöng (tunelu Nordfjörður) realizovaným na východním pobřeží Islandu společností Metrostav a. s. Popisuje projekt a technické parametry tunelu, který bude po svém dokončení nejdelším silničním tunelem na Islandu. Popisuje také problematiku zastižené geologie s nesoudržnými sedimentárními vrstvami tufů a navrženými opatřeními pro ražby v těchto podmínkách. V dalších částech popisuje mimo jiné navrženou strojní sestavu a dosažené výkony při ražbách a základní termíny tohoto projektu.

ABSTRACT

The paper summarises basic information on the Nordfjardargöng (Nordfjörður tunnel) project realised on the eastern coast of Iceland by Metrostav a. s. It describes the design and technical parameters of the tunnel, which will be the longest in Iceland after the completion. In addition, it describes problems posed by the encountered geology containing incohesive sedimentary layers of tuffs and the measures designed for the excavation passage through these conditions. In the other parts it describes, among other things, the designed equipment set, the excavation advance rates achieved and basic deadlines of this project.

ÚVOD

V srpnu 2013 zahájila společnost Metrostav a. s. ve sdružení s islandskou stavební společností Sudurverk ehf. práce na projektu silničního tunelu Nordfjardargöng na východním pobřeží Islandu. Po svém dokončení bude tento dvoupruhový tunel se svou raženou částí nejdelším silničním tunelem na Islandu. Celková linie projektu je 15,2 km dlouhá, z čehož 7,56 km tvoří ražený tunel a zbývající polovinu trasy nově zbudované komunikace. Hlavním účelem projektu je spojení dvou sousedních měst Eskifjörður a Neskaupstaður bezpečnou a na údržbu nenáročnou trasou. V každém městě žije okolo tisíce stálých obyvatel, které v současnosti dělí zhruba 24 km dlouhá cesta překonávající hřbet fjordu s převýšením více než 600 m. Na této komunikaci se nachází také stávajícím potřebám nedostačující jednopruhový, 640 m dlouhý tunel Oddskardgöng (obr. 1).

Tento tunel byl dokončen v roce 1977 po téměř pět let trvající výstavbě, pravidelně přerušované v zimním období. Tato komunikace je jedinou přístupovou cestou do vzdálenějšího města Neskaupstaður, ve kterém se nachází oblastní nemocnice a střední škola. Zimní údržba trasy je vzhledem k její poloze velmi náročná a nákladná a každým rokem bývá několik dní zcela neprůjezdná.

V roce 2005 nechal islandský správce komunikací Vegagerdin hf. zpracovat studii proveditelnosti tunelu Nordfjardargöng, ze které byla vybrána jedna z možných tras (obr. 2) a islandský projektant, společnost Mannvit ehf., na jejím základě zpracoval zadávací dokumentaci. O rok později bylo ovšem rozhodnuto o realizaci „konkurenčního“ projektu, Hédinsfjardargöng, který tentýž rok získal a v roce 2010 dokončil jako svůj první projekt na Islandu Metrostav a. s. ve sdružení se společností Háfell ehf. Vlastní realizace tunelu Nordfjardargöng tak byla o několik let odsunuta a také vzhledem k islandské bankovní krizi zahájena až v roce 2013. Na základě ÍST 30:2012 (islandská obdoba red FIDIC) bylo vypsáno dvoukolové výběrové řízení na dodavatele stavby, v němž uspělo sdružení společností Metrostav a. s. a Sudurverk ehf. Zatímco Metrostav a. s. zajišťuje ve sdružení vlastní ražby tunelu, dočasně a finální vystrojení a betonáže hloubených

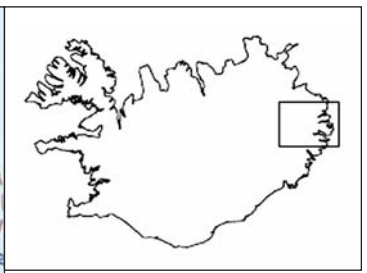
INTRODUCTION

In August 2013 Metrostav a. s. in a consortium with Iceland-based Sudurverk ehf., started the work on the Nordfjardargöng road tunnel on the eastern coast of Iceland. After completion, this double-lane tunnel will be the longest road tunnel in Iceland with its mined part. The entire project route is 15.2km long; 7.56km of this length is taken by a mined tunnel and the remaining half of the route consists of newly built roads. The main purpose of the project is to connect two neighbouring towns of Eskifjörður and Neskaupstaður by a safe, low-maintenance route. Each of the towns has a permanent population of one thousand. They are currently divided by an approximately 24km long road overcoming a fjord ridge with the difference in elevation over 600m. There is Oddskardgöng single-lane tunnel located on this road, which is however insufficient for current needs (see Fig. 1).

This tunnel was finished in 1977, after the nearly five years lasting construction, which was regularly suspended during winter seasons. This road is the only access road to the remoter town of Neskaupstaður, in which there is a regional hospital and a high school. Taking into consideration the location, the



Obr. 1 Pohled na portál tunelu Oddskardgöng
Fig. 1 View of the Oddskardgöng tunnel portal



Obr. 2 Mapa oblasti
Fig. 2 Map of the region

úseků, partnerská společnost zajišťuje předstihové práce na zařízení staveniště a přípravě zářezů a po provedení ražeb také vnější terénní úpravy včetně finální vozovky, elektrorozvodů a ostatní telematiky tunelu. Stavebním dozorem byla pověřena islandská společnost HNIT hf. Oficiálním jazykem projektu je islandština, ve které probíhají všechny kontrolní dny a je v ní také zpracována kompletní projektová dokumentace.

PROJEKT A TECHNICKÉ PARAMETRY TUNELU

Veškeré ražební práce jsou prováděny tunelovací metodou Drill&Blast, vhodnou do místních geologických podmínek mladých basaltických hornin. Běžný příčný profil tunelu je obdobou norského standardu T8 s plochou výrubu 54,7 m² (obr. 3). V trase bude dále vyraženo celkem 14 nouzových zálivů s příčným profilem 77,27 m² (obr. 4), přičemž 8 z nich bude realizováno s další boční rozrážkou s profilem 34,5 m², resp. 53,4 m². Tyto rozrážky poslouží pro umístění technologie tunelu a současně jako bezpečnostní komory v případě požáru. Ražby budou s odstupem tří měsíců zahájeny z obou portálů, a to v délkách 4740 m ze západního a 2826 m z východního portálu. Většina trasy tunelu je vedena v oblouku s poloměrem 12 000 m, v připortálových úsecích je poloměr 700 m, s dovrchním stoupáním 3 %, resp. 1,5 %. Primární zajištění výrubu se provádí pomocí svorníkové výztuže a stříkaných betonů v tloušťce 40–60 mm. Veškeré prováděné stříkané betony musí splňovat mimo jiné požadavky na energetickou pohltivost E700 a pevnost v prostém tlaku 26 MPa. Definitivní vyztužení tunelu, které tvoří další vrstva stříkaných betonů v tl. 40–180 mm a případné zahuštění rastru svorníkové výztuže, bude prováděno až po ukončení ražeb. Svorníková výztuž sloužící k primárnímu zajištění výrubu bude uvažována také jako součást definitivního vyztužení díla, a proto jsou všechny svorníky opatřeny ochrannou vrstvou zinku a epoxidového nátěru. V průběhu ražeb se používají převážně mechanicky upínané svorníky typu CT-bolt a svorníky typu SN aktivované po 24 hodinách

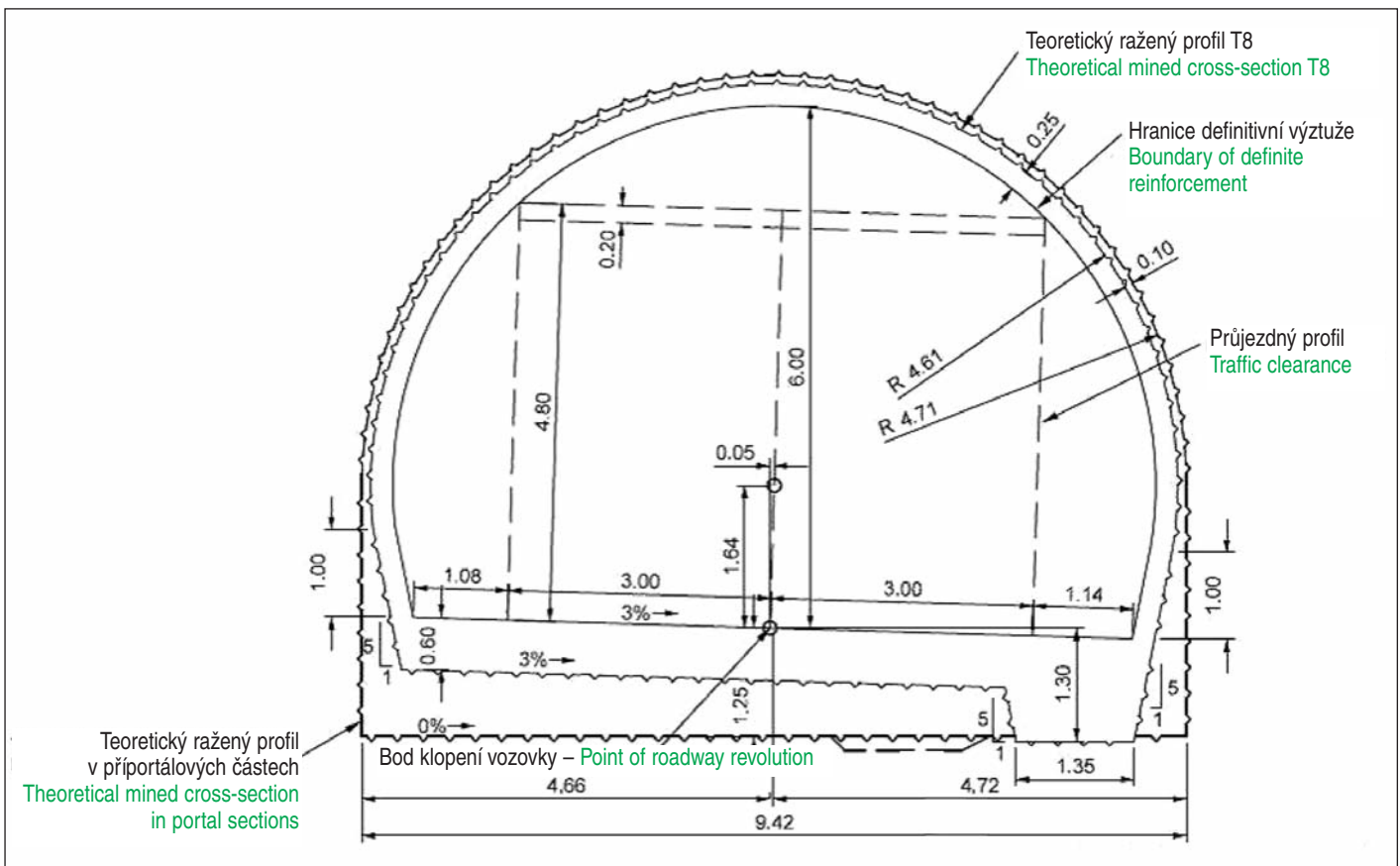
winter maintenance of this route is very demanding and expensive and the road has usually been every year totally impassable for several days.

In 2005, Vegagerdin hf., the Icelandic roads administrator, had a feasibility study prepared for the Nordfjordargöng tunnel. One of the potential routes was selected from the study (see Fig. 2) and Manvit ehf., an Icelandic designing office, prepared tender documents on its basis.

Nevertheless, a year later, a decision was made that a “competing” Hédinsfjardargöng project should be realised. The tender was won by Metrostav a. s. in consortium with Háfell ehf. The construction was finished in 2010 as the first Metrostav’s project in Iceland. The realisation of the Nordfjordargöng tunnel itself was therefore postponed for several years and the construction commenced, among other reasons with respect to the Icelandic banking crisis, later in 2013. The contract which went out to tender was based on the ÍST 30:2012 (the Icelandic analogy to FIDIC Red Book). The consortium consisting of Metrostav a. s. and Sudurverk ehf. succeeded in the two-round competition. While Metrostav a. s. carries out the tunnel excavation, temporary and final support and casting of concrete in cut-and-cover sections, the partner company ensures early works on the site facilities and preparation of cuttings and, after the completion of the tunnel excavation, also external terrain finishes including the final roadway, wiring and installation and other tunnel telematics. HNIT hf., an Icelandic company, was authorised to carry out client’s supervision. The official language is Icelandic, in which all progress meetings are held and the complete design is worked out.

TUNNEL DESIGN AND TECHNICAL PARAMETERS

All tunnelling operations are carried out using the Drill&Blast technique, which is suitable for the local geological conditions formed by young basaltic rock. The common tunnel cross-section is an analogy to the Norwegian standard T8 with the excavated cross-sectional area of 54.7m² (see Fig. 3). The total of 14 emergency lay-bys with the excavated cross-sectional areas of 77.27m² will in addition be excavated along the route (see Fig. 4); 8 of them will be realised with an additional side stub with the profile of 34.5m² and 53.4m², respectively. These tunnel stubs will be used for the installation of tunnel equipment and, at the same time, will serve as emergency niche cabins in the case of a fire. The excavation will start from



Obr. 3 Běžný příčný řez v profilu T8
Fig. 3 Common cross-section in profile T8

v poměru zhruba 70/30. Ve zhoršených geologických podmínkách se k zajištění stability výrubu používají také samozávrtné kotvy typu IBO a KARI sítě. Ve zvláště nepříznivých geologických podmínkách se uvažuje použití ocelových příhradových rámců ve spojení s KARI sítěmi, radiální svorníkovou výztuží a stříkaným betonem.

Po dokončení definitivního vyztužení díla budou po trase tunelu určena místa pro provedení dodatečné izolace proti průsakům podzemních vod a promrzání pomocí zavěšených polyethylenových matrací s vrstvou stříkaného betonu. Alternativně budou PE matrace nahrazeny PE membránou.

Zadávací dokumentace nepředpokládá, s výjimkou cca 600 m dlouhého úseku z východního portálu, významné průsaky podzemních vod. Jejich teplota se předpokládá vyšší než 7 °C a dokumentace uvažuje jejich utěsnění pomocí injektáží předpolí tunelu na bázi cementových směsí. V již vyražené části tunelu bylo zaznamenáno několik drobných lokálních úkapů s maximálním přítokem 28 l/min.

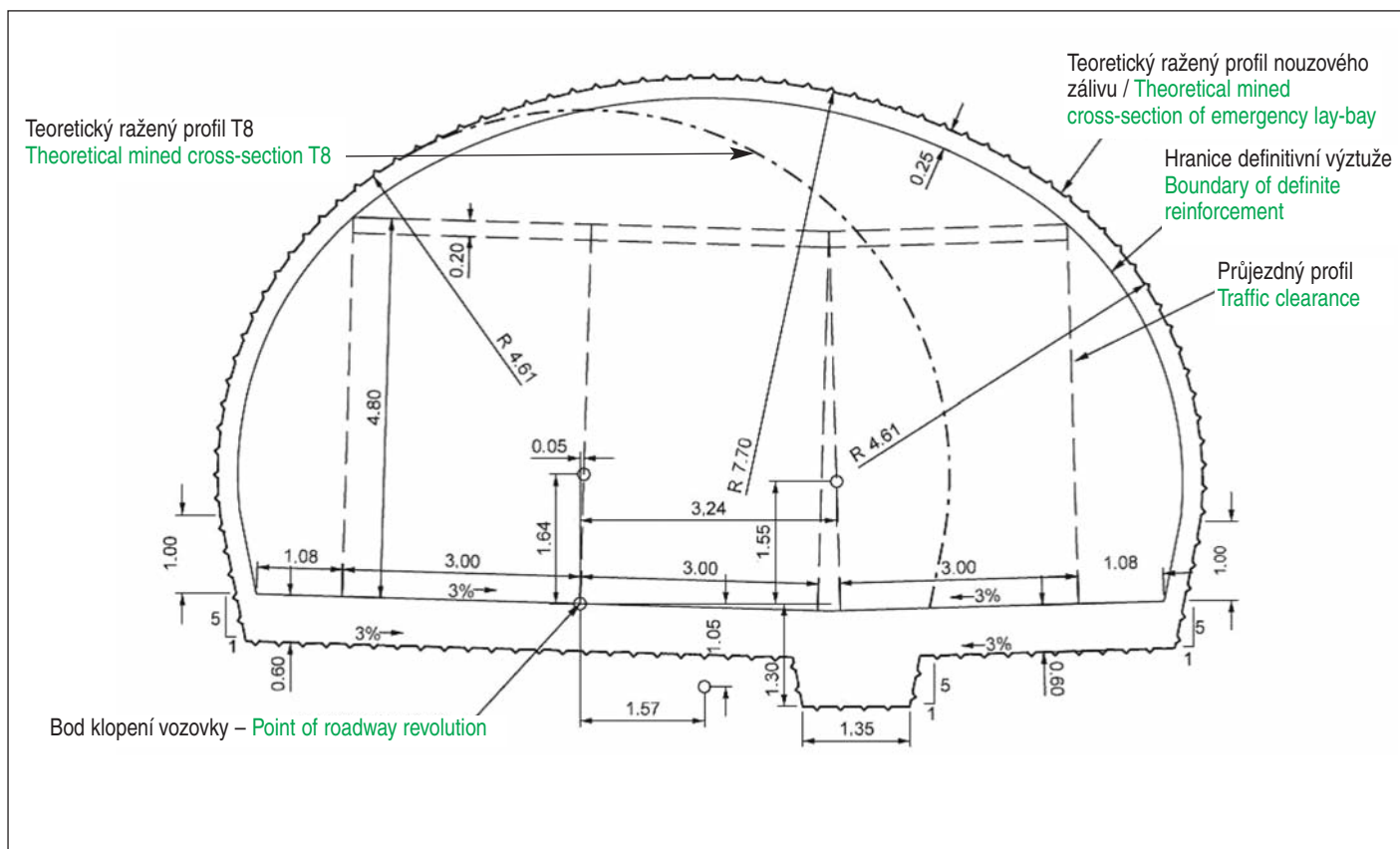
K rozpojování horniny se používají začerpávané emulzí trhavin dodávané společností Orica s neelektrickým roznětem. Spotřeba trhavin se v závislosti na kvalitě masivu pohybuje v intervalu 2,5–2,9 kg/m³ rozpojené horniny. Délka produkční vrtů odpovídá maximální možné délce vrtných tyčí na 18" lafetách vrtacího vozu, tj. 5,2 m a výtěžnost běžně dosahuje 98 %.

Práce probíhají v osmítýdenních turnusech, šest dní v týdnu v denních i nočních směnách. Neděle je dnem odpočinku. Na projektu trvale působí padesát zaměstnanců Metrostavu a. s., divize 5 z provozu VNT tunely a dalších zhruba třicet zaměstnanců partnera ve sdružení a subdodavatelů.

both portals, with a time lag of three months between them, at the lengths of 4740m and 2826m from the western portal and eastern portal, respectively. The majority of the tunnel route is led on a 12,000m-radius curve; in the portal sections the radius is 700m; the alignment ascends at 3% and 1.5%, respectively. The primary excavation support is provided using rockbolts and shotcrete with the layer thickness ranging from 40 to 60mm. All shotcrete applied has to meet, among others, requirements for E700 energy absorption and unconfined compressive strength of 26MPa. The final tunnel support, consisting of another 40–180mm thick layer of shotcrete and, if necessary, thickening the grid of rockbolts, will be carried out later, after the completion of the excavation. The rockbolts used for the primary excavation support will be also taken into consideration as parts of the final excavation support. For that reason all rockbolts are provided with a protective layer of zinc and an epoxy coat.

Mechanically expanded rockbolts of the CT-bolt type and SN bolts activated 24 hours in the proportion of 70/30. In worsened geological conditions, self-drilling IBO anchors and KARI mesh are also used for the stabilisation of the excavation. For extraordinarily unfavourable geological conditions, the use of steel lattice girders combined with KARI mesh, radial rockbolts and shotcrete is assumed.

After the final excavation support is completed, places will be determined along the tunnel route in which supplementary waterproofing protecting the tunnel against the seepage of groundwater and freezing will be provided, by means of suspended polyethylene sheets with a layer of shotcrete. As an alternative, the PE sheets will be replaced with a PE membrane.



Obr. 4 Příčný řez tunelem v nouzovém zálivu
Fig. 4 Tunnel cross-section in emergency lay-by

TUNEL NORDFJÖRÐUR

celková délka	7 908 m
ražená část	7 566 m
plocha výrubu běžného profilu	54,7 m ²
plocha výrubu nouzového zálivu	77,27 m ²
hloubený úsek (západní portál)	120 m
hloubený úsek (východní portál)	222 m
počet nouzových zálivů.....	14 ks
kubatura ražených částí	434 000 m ³

GEOLOGIE

Ostrov Island leží v severní části Atlantického oceánu v místě souběhu divergentního deskového rozhraní na středoatlantském hřbetu a plášťového diapiru. Divergentní deskové rozhraní na Islandu je tvořeno rozvětvenými riftovými zónami



Obr. 5 Sedimentární vrstvy tufů
Fig. 5 Sedimentary layers of tuff

The tender documents do not assume, with the exception of about 600m, more significant inflows of groundwater. Its temperature is assumed to be higher than 7°C and the documents consider that the inflows will be sealed by the injection of cement-based grout mixes into the tunnel advance core. Several minor cases of local dripping with the maximum inflow of 28L/min were registered in the already completed part of the tunnel excavation.

Non-electrically initiated pumped emulsion explosives supplied by Orica company are used for the rock disintegration. The consumption of explosives ranges from 2.5 to 2.9kg/m³ of disintegrated rock, depending on the rock mass quality. The length of production drillholes corresponds to the maximum possible length of drifter rods on 18" feeds of the drill rig, i.e. 5.2m; the recovery commonly amounts to 98%.

The work proceeds in 8-week tours of duty, six days per week, in day and night shifts. Sundays are days of rest. The project is permanently realised by fifty employees of the in-house core technology department of Division 5 of Metrostav a. s. and additional about thirty employees of the consortium partner and sub-contractors.

NORDFJÖRÐUR TUNNEL

total length	7908m
mined part.....	7566m
excavated cross-sectional area of common tunnel	54.7m ²
excavated cross-sectional area of emergency lay-by	77.27m ²
cut-and-cover section (western portal)	120m
cut-and-cover section (eastern portal).....	222m
number of emergency lay-bys	14
volume of mined sections	434,000m ³

mezi hřbety Reykjanes na JZ a Kolbeinsey na SV. Dochází na něm k nárůstu nové zemské kůry a oddělování severoamerické a eurasijské kontinentální desky rychlostí asi 2 cm/rok. Východní pobřeží Islandu je jedním z nejstarších oblastí tohoto ostrova (přibližně 13 mil. let). Je tvořeno terciénními bazalťovými formacemi, které kromě východu vystupují i na jihovýchodě a západě Islandu a dohromady zaujímají téměř polovinu plochy celého ostrova. Formace zahrnují z 80 % tholeitické bazalty ve formě lávových proudů, které tvoří jemně- až střednězrnité, kompaktní i proplyněné čediče, většinou silně tektonicky porušené. Tyto proudy byly přerušovány více či méně krátkými periodami, během nichž sedimentoval převážně vulkanoklastický materiál a zeminy, které tvoří často velmi nesoudržné tufové vrstvy o mocnostech od několika desítek centimetrů do několika metrů.

Podle geologické dokumentace lze očekávat, že tyto proplátky budou postupovat postupně celou trasou tunelu (obr. 5). Podle jádrových vrtů realizovaných v příportálových částech tunelu budou po trase zastíženy dokonce oslabené vrstvy mocnosti až 30 m. Tvoří je různé sedimentární horniny jako ignimbrity, ale také velmi nesoudržné prachovce. Obecné uložení vrstev je subhorizontální s inklinací 3–8 % postupně stoupající ze dna do přístropí díla při ražbách ze západního portálu a postupně klesající z východního portálu (obr. 6). Pro klasifikaci horninového prostředí je využíván Q systém.

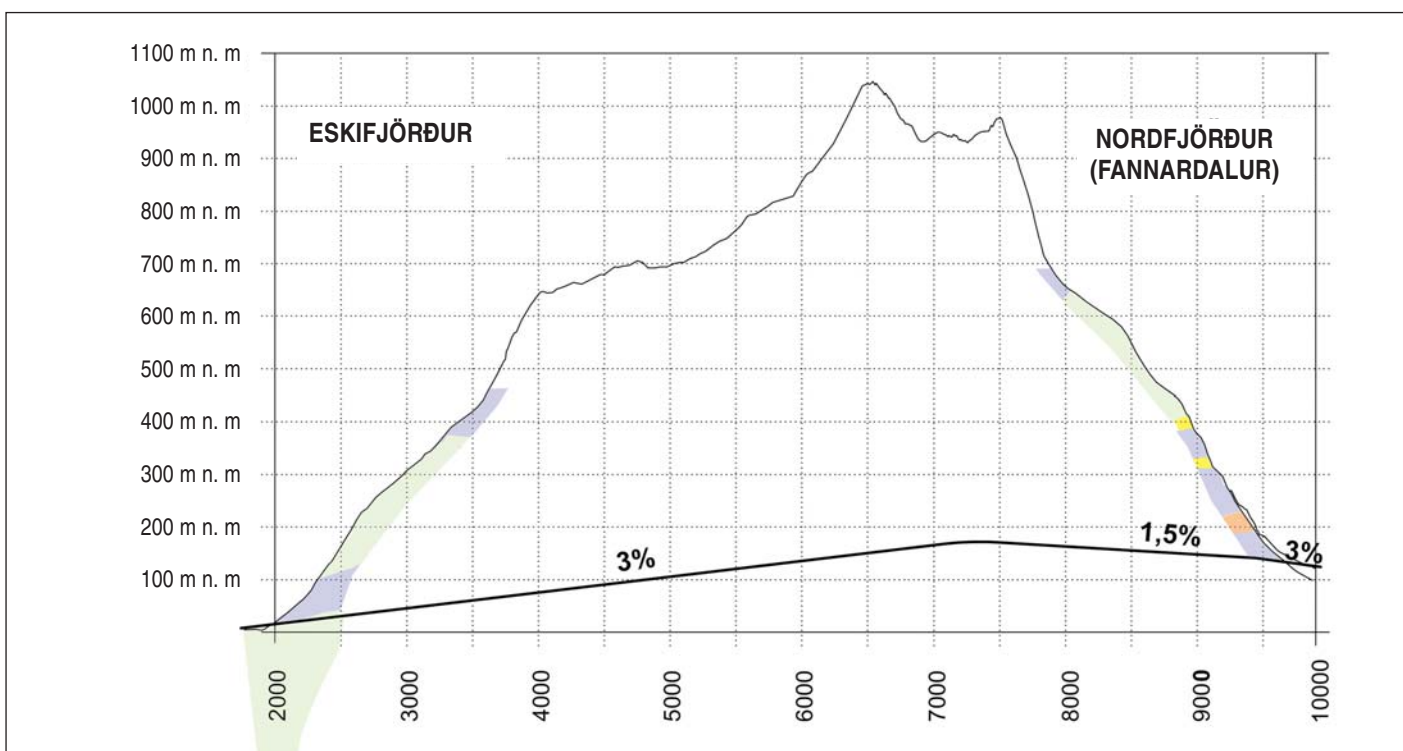
Přibližně v polovině trasy tunelu, v místě pod vrcholem hory Tvífjöll, dosáhne nadloží tunelu výšky 880 m. Zde lze předpokládat největší projevy horského tlaku ve formě odprysku hornin v bocích raženého díla.

Na základě IG a hydrogeologického průzkumu s dodatečným provozním průzkumem byla potvrzena velká mocnost a nepříznivá poloha tufové vrstvy vůči v trase prvního zálivu raženého ze západního portálu (staničení 2450 m). Ten byl následně posunut o 25 m a vsazen do ještě stabilního masivu. Během ražeb byly postupně zastíženy čtyři tufové vrstvy

GEOLOGY

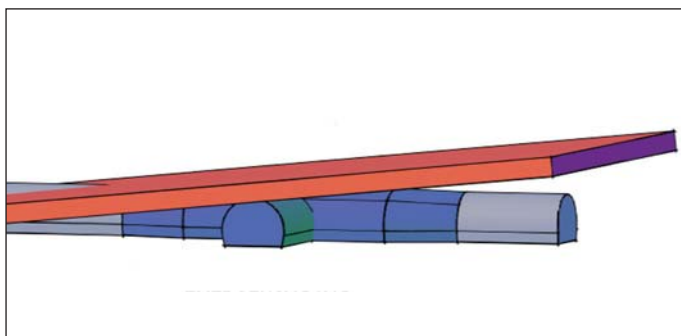
Iceland island is found in the northern part of the Atlantic ocean, in the location where the divergent plate interface on the Mid-Atlantic Ridge runs in parallel with the mantle diapir. The divergent mantle interface in Iceland is formed by branched rift zones between the ridges of Reykjanes in the SW and Kolbeinsey in the NE. The new earth's crust grows in this area and the North American plate separates from the Eurasian plate at the rate of about 2cm per year. The eastern coast of Iceland is one of the oldest areas of this island (approximately 13 million years). It is formed by Tertiary basalt formations. In addition to the east, these formations rise up even in the south east and west of Iceland, covering nearly a half of the surface of the whole island. Eighty per cent of the formations are formed by tholeiitic basalts in the form of lava flows, consisting of fine- to coarse-grained, compact as well as gas bubbles-filled basalt, mostly heavily tectonically faulted. These flows were interrupted by more or less short periods, during which volcanoclastic material and soils, frequently forming very incohesive tuff layers with the thickness ranging from several tens of centimetres to several metres, sedimented.

According to the geological documents, it is possible to expect that these interbeds will gradually penetrate the whole tunnel route (see Fig. 5). According to the cored boreholes carried out in the portal sections of the tunnel, even weakened layers up to 30m thick will be encountered along the route. They are formed by various sedimentary rock types, such as ignimbrites, but also very incoherent siltstones. The general composition of the beds is sub-horizontal with the incline of 3–8%, gradually ascending from the excavation bottom to the top heading when driving from the western portal and gradually descending when driving from the eastern portal (see Fig. 6). The Q-system is used for the rock environment classification.



Obr. 6 Podélný řez trasou tunelu

Fig. 6 Longitudinal section through the tunnel route



Obr. 7 Průnik sedimentární tufové vrstvy zálivem v projektovém staničení 2450 m

Fig. 7 Intersection of the sedimentary tuff layer through the emergency lay-by at design chainage of 2450m

o mocnostech 0,5–2,5 m s velmi rozlišnými geomechanickými vlastnostmi.

Během průniků ražeb s vrstvou tufů v přístropí tunelu (obr. 7) dochází ke ztrátě stability klenby tunelu. Tufová vrstva v přístropí tunelu musí být strojně stržena až na kontaktní čedičovou vrstvu a tím vzniká profil tunelu pravouhloúhého tvaru (obr. 8, 9).

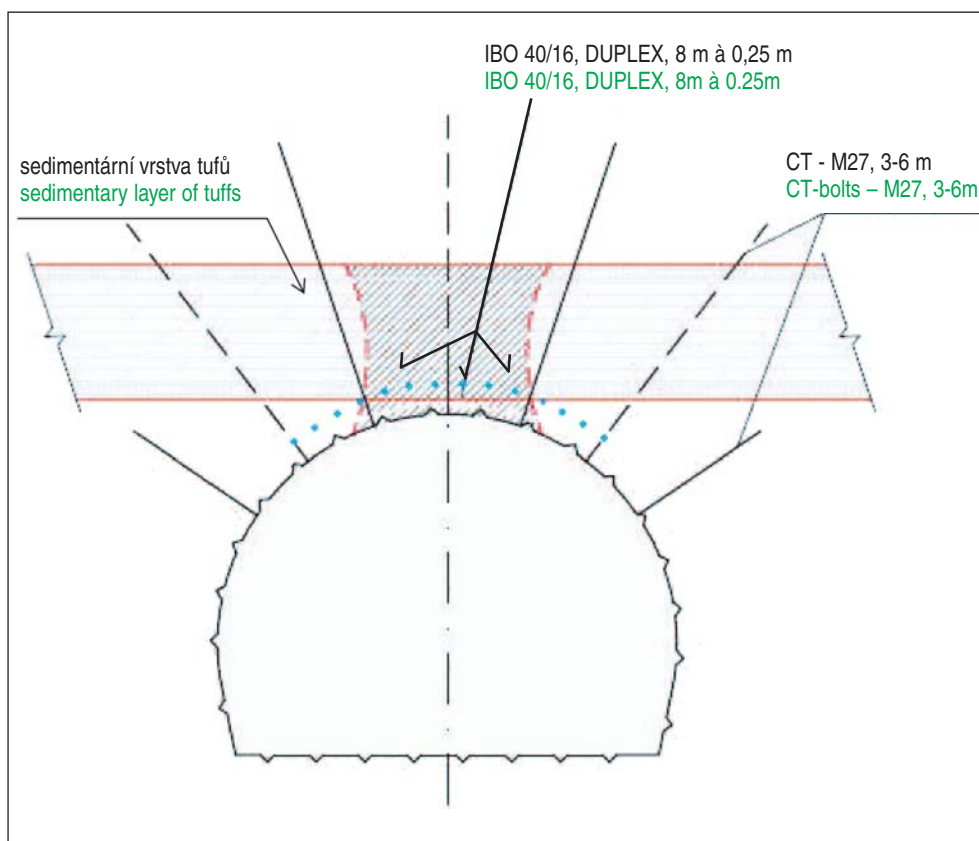
STROJNÍ SESTAVA

Základní strojní sestava je tvořena třílafetovým vrtacím vozem společnosti Sandvik DT1130 DATA osazeným 18" lafetami, pásovým rypadlem Komatsu PC210 s impaktorem, kolovým nakladačem CAT 980 a manipulátorem stříkaného betonu Meyco Potenza. Partner ve sdružení zajišťující dopravu rubaniny z tunelu brzy odzkouší svou vlastní metodu s použitím dopravníků rubaniny na kolovém podvozku Goldhofer (obr. 10). Dva takové dopravníky, každý s kapacitou pro 144 m³ rostlé horniny (resp. 400 t nákladu), budou zataženy po



Obr. 8 Nadvýlom pravouhloúhého tvaru

Fig. 8 Rectangular overbreak



Obr. 9 Schéma vyztužení – uzavírání klenby

Fig. 9 Excavation support chart – closing of the vault

Approximately at the mid point of the tunnel route, in the location under the peak of Tvífjöll mountain, the tunnel overburden height will reach 880m. In this place, it is possible to expect greatest manifestations of the overburden pressure in the form of bursting rock out of the excavation sidewalls.

The great thickness and unfavourable position of the tuff layer relative to the route of the first emergency lay-by mined from the western portal (chainage 2450m) was confirmed on the basis of the engineering geological and hydrogeological survey with a supplementary operative survey. The lay-by was subsequently shifted by 25m and inserted into the still stable massif. The excavation step-by-step encountered four tuff beds with the thickness ranging from 0.5 to 2.5m, the geomechanical properties of which significantly differed.

During the intersection of the excavation with a tuff bed in the tunnel top heading (see Fig. 7) the tunnel vault loses stability. The



Obr. 10 Dopravník rubaniny na kolovém podvozku Goldhofer tažený kolovým nakladačem

Fig. 10 Muck transporter on Goldhofer wheeled undercarriage pulled by a wheeled loader

odpalu do tunelu, naloženy a znovu vytaženy ven. Do těchto dopravníků bude uložena rubanina z celého 5 m dlouhého odpalu běžného profilu tunelu. Výhodou této metody je, že po dobu nakládání dopravníků nebude tunel blokován projíždějícími nákladními vozy, takže je možné provádět další činnosti za čelbou tunelu (např. osazování definitivní svorníkové výztuže, prodlužování rozvodů a médií, údržba cesty apod.).

Větrání díla je zajištěno jako foukací ze západního portálu ventilátorem Cogemacoustic o výkonu 2x355 kW a lufnovým tahem PROTAN o průměru 2400 mm, na východním portálu bude použit ventilátor stejného výrobce s výkonem 2x200 kW a lufnovým tahem o průměru 2200 mm.

ZÁVĚR

Do 2. 3. 2014 bylo vyraženo necelých 800 m tunelu (tj. přibližně 10 % celkové délky) ze západního portálu tunelu a během několika dní budou zahájeny ražby také z východního portálu. Dosavadní průměrný postup prací v zastižených geologických a hydrogeologických podmínkách je 260–290 m za měsíc (tj. 10,4–11,9 m za den), který koresponduje s původními předpoklady projektu. Termín předání hotového díla je v září 2017 a samotné dokončení ražeb je plánováno v druhé polovině roku 2015.

Společnost Metrostav a. s. si během posledních let dokázala osvojit ražební metodu Drill&Blast, kterou s úspěchem nasadila na několika projektech realizovaných na Islandu a ve Finsku. Celková délka zde tak již realizovaných tunelových staveb překračuje sumu 16 km. V současné době také tato společnost začala připravovat a podávat nabídky na nové zajímavé projekty do další severské země Norska.

ING. ALEŠ GOTHARD, ales.gothard@metrostav.cz,
ING. IVAN PIRŠČ, ivan.pirsc@metrostav.cz,
METROSTAV a. s.

Recenzovali: Ing. Jan Korejčík, Ing. Pavel Polák

tuff bed in the tunnel top heading must be mechanically pulled down up to the basalt contact layer. As a result, a rectangular tunnel cross-section originates (see Figures 8 and 9).

EQUIPMENT SET

The basic equipment set consists of a three-boom drill rig DT1130 DATA manufactured by Sandvik with 18" feeds installed on the booms, a tracked Komatsu PC210 excavator with an impact breaker, a CAT 980 wheeled loader and a Meyco Potenza shotcrete manipulator. The consortium partner providing the transport of muck from the tunnel will soon test its own method using Goldhofer wheeled muck transporters (see Fig. 10). Two trailers of this type, each with the capacity of 144m³ of natural ground (or 400 tonnes of load) will be pulled into the tunnel after blasting to be filled with muck and again pulled out. These trailers will hold muck originating by the blasting of the 5m long common profile tunnel excavation round. The advantage of this method is that the tunnel will not be blocked by passing trucks throughout the period of loading muck on trailers, which means that it will be possible to carry out other activities at the tunnel heading (e.g. the installing the final rockbolt support, extending utility services and media, maintaining the road etc.).

The forced system of the ventilation of the working from the western portal is applied, using a Cogemacoustic fan with the output of 2x355kW and PROTAN ducting with the diameter of 2400mm; a fan from the same manufacturer with the output of 2x200kW with 2200mm diameter ducting will be used at the eastern portal.

CONCLUSION

Nearly 800m of the tunnel excavation (i.e. approximately 10% of the total length) were finished from the western tunnel portal till 02/03/2014 and the excavation from the eastern portal will commence in several days. The current average advance rate of tunnelling through the geological and hydrogeological conditions encountered amounts to 260–290m per month (i.e. 10.4–11.9m per day), which corresponds to original project assumptions. The deadline for the handing of completed works over to the client is in September 2017 and the completion of the excavation is planned for the second half of 2015.

Metrostav a. s. has managed during the last years to acquire the Drill&Blast excavation technique and has applied it successfully to several projects in Iceland and Finland. The total length of the structures already completed in these countries exceeds 16km. This company has currently started to prepare bids for new interesting projects to another Nordic country, Norway.

ING. ALEŠ GOTHARD, ales.gothard@metrostav.cz,
ING. IVAN PIRŠČ, ivan.pirsc@metrostav.cz,
METROSTAV a. s.

LITERATURA / REFERENCES

1. LOFTSSON, M. a kol. *Nordfjardargöng*. Reykjavík: Mannvit, 11/2012
2. KRYŠTOFOVÁ, E. *Fotoreportáže, Na Island za geologii recentního riftu*.
<http://www.geology.cz/app/reportaze/fotogal.pl?id=50>

POŽÁR NÁKLADNÍHO VOZIDLA V TUNELU LOCHKOV

TRUCK FIRE IN LOCHKOV TUNNEL

JIŘÍ SVOBODA, MICHAL HNILIČKA

ABSTRAKT

Článek se zabývá mimořádnou událostí v tunelu Lochkov na stavbě 514 (Lahovice – Slivenec) silničního okruhu kolem Prahy, kde 13. 1. 2014 došlo v nočních hodinách k požáru nákladního automobilu. Kromě popisu časového sledu událostí je v článku rozepsán způsob vedení zásahu také z pohledu zasahujících složek Integrovaného záchranného systému (IZS). Článek se dále zabývá způsobem kontroly a popisem rozsahu poškození tunelu (stavební části a především technologického vybavení), likvidací těchto škod a hlavně následnou sanací a opravou zasažených částí tunelové trouby. Aby mohla být zasažená tunelová trouba uvedena zpět do provozu (po celou dobu oprav byla druhá tunelová trouba provozována obousměrně), bylo po dokončení oprav nutné provést ještě funkční zkoušky technologického vybavení a mimořádnou prohlídku tunelu. Tyto další činnosti jsou v článku podrobně popsány a jsou zde uvedeny také závěry této mimořádné prohlídky. V závěru článku jsou zkušenosti nejen z průběhu požáru, ale také ze zásahu a následných sanačních prací shrnuty do obecných zjištění a doporučení pro provoz stávajících a především výstavbu nových tunelových staveb.

ABSTRACT

The paper deals with an extraordinary event in the Lochkov tunnel, construction lot 514 (Lahovice – Slivenec) of the Prague City Ring Road, where a truck caught fire during the night hours of 13/01/2014. Apart from the description of the sequence of events, the paper provides details on the organisation of the intervention from the point of view of intervening units of the Integrated Rescue System (the IRS). The paper further informs about the system of inspection and the extent of the tunnel damage (the civils and, first of all, the equipment), removing the damage and, above all, the subsequent rehabilitation and repair of the affected parts of the tunnel tube. It was necessary to conduct a functional test of the tunnel equipment and an extraordinary inspection of the tunnel so that the tunnel tube affected by fire again opened to traffic (the other tube was operated bi-directionally throughout the duration of repairs). These additional operations are described in detail in the paper, including results of the extraordinary inspection. In the paper conclusion, the experience not only from the course of the fire but also from the intervention and subsequent rehabilitation work is summarised into general knowledge and recommendations for the operation of existing tunnels and, above all, for the development of new tunnels.

1 ÚVOD

Přestože pravděpodobnost vzniku požáru v tunelovém úseku silniční a dálniční sítě je poměrně nízká, je zabezpečení tunelových staveb z pohledu vzniku požáru řešeno mnoha prostředky a velmi důkladně. To vychází ze zkušeností, které říkají, že pokud opravdu k požáru v tunelu dojde, mohou být jeho následky katastrofální jak z pohledu škod na majetku, tak především na lidském zdraví a životech.

2 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ TUNELU LOCHKOV

Tunel Lochkov je součástí stavby 514, která byla společně se stavbami 512 a 513 uvedena do provozu na podzim roku 2010 jako jihozápadní segment silničního okruhu kolem Prahy (SOKP). Délka úseku SOKP 514 je 6030 metrů a je tvořen komunikací šířkové kategorie R 27,5/100. V současné době po této části silničního okruhu projíždí až 50 000 vozidel za den.

Tunel Lochkov se skládá ze dvou tubusů – pravého (stoupajícího) se třemi jízdními pruhy s délkou 1661,1 m a levého (klesajícího) se dvěma jízdními pruhy o délce 1619,6 m. Tunel navazuje na Lahovickou estakádu portálem Radotín a končí portálem Lochkov.

Definitivní ostění raženého třípruhového tunelu je tvořeno monolitickým vyztuženým betonem C 25/30, o minimální tloušťce 450 mm. Beton je mrazuvzdorný a ve smyslu staršího značení je „vodonepropustný“. Vozovku tvoří cementobetonová deska tloušťky 220 mm s řezanými příčnými spárami po 5 m a dvěma podélnými spárami. Spáry jsou vyztuženy kluznými trny a podklad desky tvoří cementová stabilizace.

Tunel je vybaven technologickým a bezpečnostním vybavením podle požadavků TP 98. Větrání tunelových trub je podélné pomocí proudových ventilátorů doplněné

1 INTRODUCTION

Despite the fact that the probability of the origination of a fire in a tunnelled section of a road and motorway network is relatively low, securing tunnel structures against the origination of fires is solved by many means and very thoroughly. It is based on the experience that tells us that if a fire really happens in a tunnel, its consequences may be catastrophic both in terms of damage to property and, first of all, of human health and lives.

2 TECHNICAL SOLUTION FOR THE LOCHKOV TUNNEL

The Lochkov tunnel is part of construction lot 514, which was opened to traffic jointly with construction lots 512 and 513 in the autumn of 2010 to form the south-western segment of the Prague City Ring Road (the PCRR). This PCRR section is 6030m long. It is formed by an R 27.5/100 width category road. Up to 50,000 vehicles currently pass along this part of the circle road per day.

The Lochkov tunnel consists of two tubes – the 1661.1m long right-hand triple-lane tube (ascending) and the 1619.6m long left-hand double-lane tube (descending). The tunnel links the Lahovice viaduct through the Radotín portal and ends by the Lochkov portal.

The final lining of the mined triple-lane tunnel is formed by cast-in-place C25/30 reinforced concrete with the minimum thickness of 450mm. The concrete is frost resistant and, in the meaning of older marking, “waterproof”. The roadway is formed by a 220mm thick concrete slab with transverse joints cut every 5m and two longitudinal joints. The joints are reinforced with slipping dowels and the slab bed is formed by cement stabilisation.

o vzduchotechnický (VZT) objekt na povrchu, který je větrací šachtou napojený na střední část tunelových trub.

3 POPIS MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI

Mimořádná událost se stala v brzkých ranních hodinách v pondělí 13. 1. 2014, kdy v důsledku technické závady kamionu došlo k požáru tohoto vozidla v pravé tunelové trubě (PTT) tunelu Lochkov (obr. 1). Požár vypukl chvíli po zastavení vozidla v prostoru bloků ostění č. 95 a 96 cca v km 12,9, tedy přibližně 500 m od portálu Slivenec, mezi propojkami č. 5 a 6. Časový průběh (hod:min) mimořádné události byl následující [1]:

- 1:17** řídicí systém tunelu Lochkov (ŘS) vyhodnotil „stojící vozidlo v tunelu“ prvotně prostřednictvím videodetekce kamerového systému
- 1:18** aktivace IZS – byla vyzvozněna hlídka Policie ČR a jednotka hasičského záchranného sboru (HZS)
- 1:19** byl pozastaven provoz v PTT (směr na D5)
- 1:22** řídicí systém vyhlásil požár a byla spuštěna havarijní požární sekvence
- 1:29** příjezd hasičů přes LTT + příjezd hlídky Policie ČR
- 1:29** podána informace Národnímu dálničnímu informačnímu centru
- 1:30** informování tunelového technika
- 1:32** informování vedoucího Střediska správy a údržby dálnic (SSÚD) Rudná
- 1:39** podána informace servisní organizaci s požadavkem na výjezd na místo a dispečerovi zimní údržby s požadavkem na přípravu techniky a zaměstnanců na převedení provozu do LTT
- 1:42** požár uhašen, následně proběhlo odvětrání, odtažení vyhořelého vozidla a odtažení návěsu s nákladem
- 1:45** byl informován krizový štáb hlavního města Prahy o aktivování objízdne trasy až do doby, kdy bude možné provozovat LTT obousměrně
- 2:02** provedeno spojení s velitelem zásahu HZS a dohodnuta další koordinace činností
- 2:23** zahájení prací na zprovoznění LTT pro obousměrný provoz
- 3:15** zaktivování objízdne trasy tunelu Lochkov, vozidla stojící na estakádě byla za součinnosti Policie ČR z uzavřeného úseku odvedena nezasaženou tunelovou troubou
- 4:26** z místa zásahu odjíždí technika HZS
- 6:30** otevření LTT pro obousměrný provoz

Dále proběhl úklid zasažené tunelové trouby, zejména vozovky, která byla znečištěna zbytky poškozeného vozidla,



Obr. 1 Zásah jednotek HZS hl. m. Prahy (foto M. Kosmata – HZS)
Fig. 1 The FRS unit intervention (photo courtesy of M. Kosmata – FRS)

The tunnel is equipped with technological and safety equipment complying with requirements of TP 98 specifications. The ventilation system of the tunnel tubes is longitudinal, using jet fans. A ventilation structure is added on the surface. It is connected to the central part of the tunnel tubes via a ventilation shaft.

3 EXTRAORDINARY EVENT DESCRIPTION

The extraordinary event happened early morning on 13/01/2014, when a vehicle caught fire due to a technical defect in the right-hand tunnel tube (the RTT) of the Lochkov tunnel. The fire broke out shortly after the vehicle stopped in the area of lining blocks No. 95 and 96, approximately 500m from the Slivenec portal, between cross passages No. 5 and 6. The time history of the extraordinary event (hours:minutes) was as follows [1]:

- 1:17** the Lochkov tunnel control system identified “a vehicle stopped in the tunnel” initially by means of the videodetection camera system
- 1:18** activation of the IRS – the Police of CR patrol and a Fire Rescue System (FRS) unit were notified
- 1:19** the operation of the RTT (in the direction of D5 motorway) was suspended
- 1:22** the control system declared a fire and the emergency fire sequence was started
- 1:29** arrival of fire fighters via the LTT + arrival of the Police of CR patrol
- 1:29** information was given to the National Motorway Information Centre
- 1:30** information was given to the tunnel technician
- 1:32** information was given to the manager of the Rudná Centre of motorway administration and maintenance
- 1:39** information was given to the service organisation with the requirement for a visit to the location and to the winter maintenance operator with the requirement for the preparation of equipment and employees for diverting traffic to the LTT
- 1:42** fire was suppressed, ventilation followed and the burnt-out vehicle and the semitrailer with the load were subsequently towed away
- 1:45** the crisis staff was informed about the activation of the diversion to be used until the time when the LTT could be operated bi-directionally



Obr. 2 Nákladní vozidlo s přívěsem těsně po likvidaci požáru
Fig. 2 Truck with trailer just after suppression of the fire



Obr. 3 Detail přední části shořelého vozidla
Fig. 3 Detail of front part of the burned vehicle

hasičskou pěnou a unikajícími provozními kapalinami hořícího vozidla (obr. 2, 3). Únik kapalin probíhal po celou dobu jízdy kamionu tunelem.

Od cca 8 hodiny dne 13. 1. 2014 pak byly zahájeny sanační práce především rekognoskací vzniklých škod jak na stavební, tak na technologické části tunelu.

4 VEDENÍ ZÁSAHU Z POHLEDU SLOŽEK IZS

Pro účely rozvinutí sil a prostředků záchranných složek v tunelu Lochkov slouží požárněnástupní plochy před oběma portály tunelu. První jednotka, která dojela k portálu Lochkov, byla jednotka HZS hl. m. Prahy, stanice č. 8 Radotín. Následně, ale prakticky až po lokalizaci požáru, přijely jednotky ze stanice č. 6 Praha–Krč, č. 11 Praha 1–Hrad, č. 2 Praha 6–Petřiny a č. 1 Praha 2–Sokolská.

Podle komentáře velitele zasahující jednotky [2] dorazila prvosledová jednotka po 5 minutách jízdy ve složení 10+1 (10 mužů s velitelem zásahu) s vozidly CAS15 (mužstvo, 2200 l vody, 200 l pěnidla), CAS24 (mužstvo, 2500 l vody, 400 l pěnidla) a CAS32 (8200 l vody, 800 l pěnidla). Prvotní informace, kterou obdržel velitel zásahu při výjezdu, byla, že se jedná o zakouření tunelu. Nicméně po příjezdu k portálu tunelu Lochkov velitel zásahu podle velkého množství kouře vystupujícího z portálu vyhodnotil, že se zcela určitě jedná o velký požár a zahájil okamžitě průzkum přes druhou (levou) tunelovou troubu a příslušné propojky. Při vstupu do zasažené trouby přes propojku č. 6 zjistil intenzivní zakouření trouby s nulovou viditelností v úrovni očí. Nezakouřená oblast byla pouze do výšky cca 60–70 cm nad chodníkem. Proto se jednotka ihned přesunula k propojce č. 5, ta ústí do PTT pod místem požáru.

Zasahující jednotka postavila od CAS přes suchovod propojky č. 5 dopravní hadicové vedení typu „B“ (Ø 75 mm) a v zasažené PTT na jeho druhý konec osadila hadicový rozdělovač, z něhož byly vedeny útočné hadicové proudy typu „C“ (Ø 52 mm). Útok byl veden jako obchvatný do kleští, úhlopříčně, protože vozidlo vzhledem ke své poloze bylo možné hasit z obou stran. Tím nedošlo k ostříku a ochlazení rozpáleného tunelového ostění. Pouze vlastní vozovka byla kvůli prudkému ochlazení narušena oprýskáním povrchové vrstvy betonu do hloubky 15–18 mm (obr. 4, 5). Požár tahače byl po cca 5 minutách lokalizován vodou s pěnidlem (s koncentrací 8 %). Z nádrží zasahujících vozidel CAS bylo spotřebováno cca 8 m³ dovezené vody s pěnidlem. Následně pro dochlazování návěsu byla použita voda z tunelového vodovodu. Celý zásah prvosledové jednotky byl veden v dýchací technice.

- 2:02 installation of the connection with the FRS intervention commander and agreement on subsequent coordination of activities
- 2:23 commencement of the work on opening the LTT to bi-directional traffic
- 3:15 activation of the Lochkov tunnel diversion route; vehicles standing on the viaduct were led away from the closed section through the unaffected tunnel tube with the Police of CR cooperating
- 4:26 FRS equipment left the location of intervention
- 6:30 the LTT was opened to bi-directional traffic

Subsequently the affected tunnel was cleaned, first of all the roadway, which had been polluted with remains of the defective vehicle, fire-fighting foam and operating fluids leaking from the burning vehicle (see Figures 2 and 3). The fluids leaked throughout the vehicle travel along the tunnel.

Rehabilitation operations commenced approximately from 8 o'clock a.m., first of all by the reconnaissance of damage suffered by the tunnel structure and tunnel equipment.

4 FIREFIGHTING INTERVENTION MANAGEMENT FROM THE ASPECT OF IRS

There are firefighting assembly areas in front of both portals for deploying the forces and equipment of rescue units in the Lochkov tunnel. The first unit to arrive at the Lochkov tunnel was station No. 8 (Radotín) of Prague's firefighting service. Subsequently, but virtually nearly after the fire localisation, units from stations No. 6 (Prague–Krč), No. 11 (Prague 1–Castle), No. 2 (Prague 6–Petřiny) and No. 1 (Prague 2–Sokolská) arrived.

According to a commentary given by the commander of the intervening unit [2] the 10+1 frontline unit (10 men plus the commander) arrived after a 5-minute ride with CAS15 vehicles (crew, 2200L of water, 200L of foaming agent), CAS24 (crew, 2500L of water, 400L of foaming agent) and CAS32 (8200L of water, 800L of foaming agent). The initial information the intervention manager received at the set out was that it was a case of filling the tunnel with smoke. Nevertheless, after arriving at the tunnel portal, the intervention commander assessed the situation taking into consideration the amount of smoke emitting from the portal and concluded that it was certainly a large fire. He started immediately surveying through the other (left-hand) tunnel tube and respective cross passages. When he entered the affected tube through cross passage No. 6, he found intense



Obr. 4 Poškození vozovky v místě požáru
Fig. 4 Damage to roadway surface in the fire location



Obr. 5 Měření hloubky poškození vozovky
Fig. 5 Measurement of the depth of the damage to roadway

Kompletní uhašení bylo zaznamenáno v čase 01:42 a následovalo provětrávání tunelu a prověřování, zda se v zasažené tunelové troubě nenacházejí další osoby (pomocí video-dohledu).

Předpokladem úspěšného zásahu byl především včasný dojezd prvosledové jednotky, její vycvičenost, znalost místních poměrů a orientace v zakouřeném prostoru prakticky při nulové viditelnosti. Dalším důležitým předpokladem bylo technické řešení vlastního tunelu. Směrové a výškové vedení tunelu (včetně velikosti příčného profilu tunelu) bylo pro zásah prakticky ideální (včetně místa vzniku požáru) – tunel je třípruhový, v místě požáru prakticky přímý, stoupající v jednotném sklonu 4 %. Z pohledu větrání fungoval jak přirozený způsob větrání („komínový“ efekt), tak pístový efekt od projíždějících vozidel působící ve stejném směru a ventilátory hlavního větrání se rozeběhly také správným směrem – ve směru pístového a komínového efektu. Požár byl cca 520 m od horního portálu tunelu. Pracovníci dispečinku a operátorského pracoviště pracovali přesně podle pokynů havarijních karet, takže větrání v nezasažené tunelové troubě bylo přesměrováno do stejného směru jako v zasažené tunelové troubě a nehrozilo zakouření nezasažené trouby.

V době požáru byl relativně malý provoz, takže se podařilo uzavřít a vyklidit obě tunelové trouby ještě před příjezdem hasičů a ti mohli k místu zásahu projet nezasaženou troubou. Velmi dobře se osvědčil také suchovod v propojce, který umožnil pracovat v zasažené tunelové troubě při uzavřených požárních dveřích propojky. Vlastní propojka sloužila jako prostor pro uskladnění a úkryt zasahujících sil a prostředků.

5 PRŮBĚHY MĚŘENÝCH FYZIKÁLNÍCH VELIČIN

Měřicí zařízení v tunelu zaznamenala na výjezdu z PTT patrné zvýšení opacity na cca 16 m^{-1} po dobu 30 minut – začátek odpovídá době krátce po vzniku a indikaci požáru kabiny kamionu. O něco dříve indikovalo na cca 3 minuty také čidlo v tunelu zvýšení opacity na hodnotu cca 4 m^{-1} , což odpovídá průjezdu kamionu. Zvýšení opacity v LTT na cca 2 m^{-1} v čase 01:22 odpovídá době příjezdu složek IZS.

Vývoj teploty vzduchu v PTT měřený na výjezdu z tunelu časově odpovídá době spuštění proudového větrání v čase 01:25 a průběh teploty pak odpovídá rozvoji požáru. Z dat je patrné, že kouřové zplodiny se ve vzdálenosti od ohniska požáru velmi rychle ochlazují – na portálu bylo naměřeno cca $16 \text{ }^\circ\text{C}$. Ve stejnou dobu byly spuštěny i ventilátory

filling of the tube with smoke with zero visibility at eye level. The area free of smoke was only to the level of up to about 60–70cm above the walkway. For that reason the unit immediately moved to cross passage No. 5 ending in the RTT under the seat of fire.

The intervening unit built a “B” type ($\text{Ø } 75\text{mm}$) transport hose line from the CASs via the dry fire main in cross passage No. 5 and installed a hose manifold to the other end, in the affected RTT. Attack hose streams of the type “C” ($\text{Ø } 52\text{mm}$) were connected to the manifold. A pincer attack system squeezing the fire diagonally was used with respect to the vehicle position allowing for suppressing the fire from both sides. Owing to this system the hot tunnel lining was not sprayed on with water. The roadway itself was the only structure that was disturbed by spalling of the surface layer to the depth of 15–18mm deep, resulting from rapid cooling (see Figures 4 and 5). The towing vehicle fire was localised with water with the foaming agent (concentration of 8%) after 5 minutes. About 8m^3 of water with foaming agent were consumed from the tanks of intervening vehicles CAS. Water from the hydrant line was used subsequently for final cooling of the trailer. The whole intervention of the frontline unit was carried out using breathing apparatuses.

The completed fire suppression action was recorded at 01:42 hours. The tunnel ventilation and verification whether other persons were not present in the affected tunnel tube (by means of television surveillance) followed.

The prerequisite for the successful intervention was, first of all, the timely arrival of the frontline unit, the level of its training, the knowledge of local conditions and orientation in the smoky space at virtually zero visibility. Another important condition was the technical design of the tunnel itself. The horizontal and vertical alignment (including the dimensions of the tunnel cross-section) was practically ideal for the intervention (including the location of the fire origination) – the tunnel has three traffic lanes and is virtually straight in the fire location, ascending on a uniform gradient of 4%. From the aspect of ventilation, both systems were effective – the natural ventilation (the “chimney” effect) as well as the piston effect induced by passing vehicles acting in the same direction; the main ventilation fans also started in the correct direction, identical with the piston and chimney effects. The fire was located at the distance of about 520m from the upper tunnel portal. Workers of the management centre and operating control centre worked exactly in compliance with instructions of emergency cards, which means that the ventilation airflow in the unaffected tube was redirected to be identical with the direction in the affected tunnel tube so that the entry of smoke into the unaffected tube did not threaten.

At the moment of the fire the traffic volume was relatively low and both tunnel tubes were successfully closed and evacuated even before the arrival of fire fighters. Owing to this fact fire fighters were able to travel to the intervention location through the unaffected tube. The dry fire main in the cross passage also acquitted itself very well. It allowed for working in the affected tunnel tube without opening the fire-check door to the cross passage. The cross passage itself was used as a space for storing and sheltering the intervening forces and equipment.

5 TIME HISTORY OF MEASURED PHYSICAL QUANTITIES

Measurement apparatuses installed in the tunnel recorded apparent increase of opacity at the RTT exit to approximately 16m^{-1} , lasting for about 30 minutes – the beginning corresponded to the time shortly after the origination of the fire and the indication of the truck cabin in fire. A little bit earlier, even the

v nezasažené LTT, proto zde je patrný pokles teploty. V době větrání při požáru byl pomocí ventilátorů obrácen směr větrání v nezasažené LTT tak, aby sem nevnikal kouř z druhé tunelové trouby.

6 POŠKOZENÍ TUNELOVÉ TROUBY

Prvotní rekognoskační škod nejen z úrovně vozovky, ale také z výškové plošiny (obr. 6) byla poškození zaznamenána v zóně požáru v délce 60 m. Veškeré vybavení tunelu požár „přežilo“ a ve většině případů bylo nadále plně funkční. Některá zařízení byla poškozena viditelně (např. kabely), u jiných došlo ke změně vlastností, zejména s ohledem na jejich životnost – materiály ztratily požadované vlastnosti: např. krytí (světla) nebo schopnost nerezových konstrukcí odolávat korozivnímu prostředí v tunelu (dle ČSN EN ISO 9223 je v tunelu korozivní agresivita atmosféry stupně C4 – vysoká).

Požářiště se nacházelo v blocích č. 93 až 97. Horní klenba včetně technologického vybavení byla znečištěna zplodinami nejen v místě požářiště, ale v celé délce tunelu od místa požáru až po místo portálu Lochkov.

Největší poškození stavební části díla bylo zjištěno na betonové vozovce. Prudkým ochlazením povrchu vozovky vodou z hasebního zásahu byly poškozeny tři desky cementobetonového krytu (došlo k oprýskání vrchní vrstvy vozovky do hloubky až 18 mm na dvou deskách v pomalém pruhu a jedné desce ve středním pruhu). Přestože většina technologického vybavení v tunelu i v místě požáru nadále fungovala, došlo v nejbližším okolí k poškození některých částí vybavení působením vysoké teploty – bylo poškozeno nejbližší dopravní značení a bezpečnostní značení (značka *Opust' tunel* a tabulka směru úniku, obr. 7) a související kabelové vedení v klenbě tunelu, EPS (elektrická požární signalizace) – kabel lineární teplotní detekce (*Fibrolaser*) a radiové spojení (porušen vyzařovací kabel, obr. 8). Poškozené zařízení i přesto zůstalo funkční. Ventilátory ve staničení km 13,355 (cca 450 m po směru proudění od místa požáru) byly viditelně zasaženy kouřem z požáru, ale nebyly poškozeny, byla u nich naměřena maximální teplota pouze 15 °C.

Předběžná výše škod při úvodním šetření byla odhadnuta v rozsahu cca 6 až 10 milionů Kč. V případě, že by začal hořet i vlastní přívěs s nákladem, by předpokládaný rozsah škod dosáhl více než desetinásobku.

7 PRŮBĚH SANAČNÍCH PRACÍ

Po detailním zjištění rozsahu škod bylo dne 15. 1. 2014 rozhodnuto o postupu sanačních prací na základě porady konané



Obr. 6 Prohlídka klenby tunelu, ocelových konstrukcí a zařízení v klenbě
Fig. 6 Examination of tunnel vault, steel structures and equipment under the crown

sensor inside the tunnel indicated an increase in opacity to about 4m^{-1} , corresponding to the passage of a truck. The increase in opacity in the LTT to 2m^{-1} at 01:22 hours corresponds to the time of the IRS units arrival.

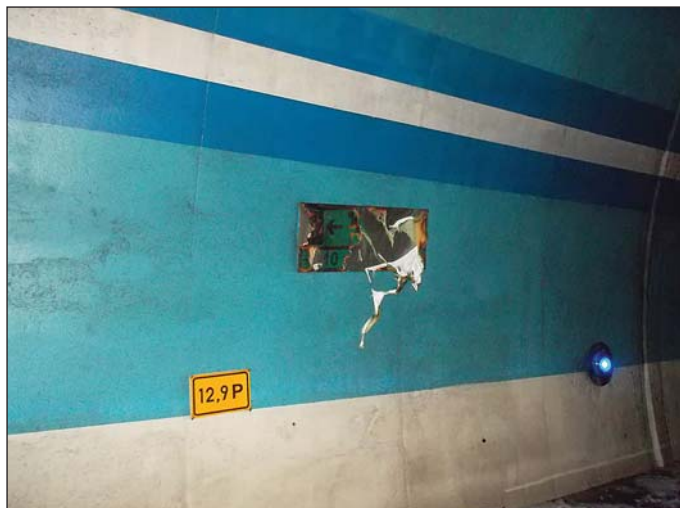
The development of air temperature in the RTT, measured at the exit from the tunnel, corresponds in terms of time to the moment of switching the jet fans at 01:25 hours and the temperature history corresponds to the development of the fire. It is obvious from the data that the smoke emissions temperature very rapidly dropped at some distance from the fire seat – about 16 °C were measured at the portal. At the same time the fans in the unaffected LTT were switched on, which was the reason for the obvious decrease in temperature. During the course of the fire ventilation, the airflow direction in the unaffected LTT was reversed to prevent smoke from the other tube from entering it.

6 DAMAGE TO THE TUNNEL TUBE

Damage was identified in the fire zone at the length of 60m by the initial reconnaissance of damage not only from the roadway level but also from a hoisting platform (see Fig. 6). All tunnel equipment “survived” the fire and remained in the majority of cases further fully functional. Some equipment items were damaged visibly (e.g. cables), other experienced changes in properties, first of all regarding their life – materials lost required properties: for example the protection (luminaries) or the capacity of stainless steel structures to resist corrosive environment in the tunnel (according to ČSN EN ISO 9223, the degree of corrosive action of tunnel atmosphere is C4 – high).

The scene of the fire was located in blocks No. 93 through to 97. The upper vault, including the tunnel equipment, was polluted by combustion products not only at the scene of the fire but throughout the tunnel length from the fire location up to the Lochkov portal.

The greatest damage to the civils was found on the concrete roadway. Three concrete road cover slabs (two in the lane for slow moving vehicles and one in the central lane) were damaged by the rapid cooling of the roadway surface with water used in the fire suppression process (the roadway surface suffered spalling up to the depth of 18mm). Despite the fact that the majority of the tunnel continued to function even in the location of the fire, some parts in the fire vicinity were damaged by the action of high temperature – the closest road signalling and safety signalling (traffic sign “Leave the tunnel” and the



Obr. 7 Zničená tabulka směru úniku, staničení a funkční nouzové osvětlení
Fig. 7 Damaged message sign for the direction of escape and functional emergency lighting

dne 15. 1. 2014 u provozního ředitele správce tunelu GŘ ŘSD – nejdříve bude sanována vozovka, následně (a částečně v souběhu) proběhnou ostatní sanační práce, zejména repase a výměna technologického vybavení.

Vozovku, která byla poškozená ve dvou jízdnicích pruzích, bylo nutné z technologických důvodů (spára mezi deskami je vyztužena) betonovat nadvakrát. Mytí horní klenby včetně vnitřních ocelových konstrukcí by bylo možné provádět až po zatvrdnutí desek betonové vozovky. Toto ale nebylo provedeno z časových důvodů a především z důvodů změny klimatických podmínek.

V rámci sanace technologického vybavení byla provedena repase dvou světél hlavního osvětlení, demontáž a zpětná montáž kabelů hlavního osvětlení v rozsahu bloků č. 94 až 99, výměna prosvětlené dopravní značky *Opust' tunel* a semaforů včetně příslušné kabeláže a chrániček, výměna části optického kabelu EPS (elektronická požární signalizace) ve vrcholu klenby včetně spojek a přeprogramování řídicí jednotky EPS a oprava všech dotčených kabelových požárních ucpávek.

Sanační práce byly dokončeny 30. 1. 2014 a dále následovaly revize, komplexní zkoušky a mimořádná prohlídka celého tunelu (obou tunelových trub). Další etapa prací, zejména s ohledem na dodací lhůty náhradních dílů, proběhla při pravidelné odstávce v dubnu 2014.

8 MIMOŘÁDNÁ PROHLÍDKA

Mimořádná prohlídka proběhla ve 3 etapách – ihned po požáru, kdy byl stanoven okamžitý stav tunelu po této mimořádné události (ve dnech 13. a 14. 1. 2014). Na základě této části mimořádné prohlídky byla vydána dne 16. 1. 2014 *Předběžná zpráva z mimořádné události* [3]. Pak následovala technická část, tj. prakticky technický dozor při provádění sanačních a opravárenských prací. Dílčí zpráva z těchto činností byla vydána dne 23. 1. 2014 [4].

Po skončení oprav ve smyslu TP 154 byly provedeny funkční zkoušky požárně-bezpečnostního vybavení tunelu a také kontroly provozuschopnosti všech strojů a zařízení (např. ventilátory, hasicí přístroje, hydrantový systém v PTT, informační rozhlas, nouzové osvětlení, požární ucpávky, požární dveře, řídicí systém, dieselagregát, systém EPS, SOS hlásky, kamerový systém, atd.). Požárně-bezpečnostní zařízení musí plnit svou funkci dle § 7 odst. 6 vyhlášky č. 246/2001 Sb. [5], proto byla opravena, uvedena do provozu a zkontrolována při uzavření celého tunelu (obou tunelových trub). Poté proběhla závěrečná část mimořádné prohlídky, jejíž závěry byly vydány v průběhu února [6]. Funkční zkoušky a mimořádná prohlídka proběhla při celkovém uzavření obou tunelových trub ve dnech 1. a 2. 2. 2014.

9 PRŮBĚH PROHLÍDKY

9.1 Betonová vozovka

Poškozené desky v blocích č. 95 a 96 pravé tunelové trouby byly dvě v pomalém pruhu a jedna ve středním pruhu. Všechny tři desky byly v průběhu odstávky vybourány a vyměněny (obr. 9), následně byly provedeny kontrolní zkoušky CB krytu jak na čerstvém, tak následně na zaváděm betonu. Po dokončení desek byly prořezány spáry a byly zality horkou asfaltovou zálivkou. S ohledem na tvrdnutí betonu nebylo možno ihned zahájit mytí horní klenby. Následně dne 23. 1. 2014 bylo správcem tunelu zakázáno mytí horní klenby, a to z důvodu výrazného poklesu teplot – nastalo nebezpečí vzniku námrazy.

message sign for the direction of escape, see Fig. 7) and related cable lines under the tunnel vault, the fire alarm and detection system (FAD) – the linear heat detection cable (*Fibrolaser*) and wireless communication (the radiating cable – see Fig. 8). Despite the damage the equipment remained functional. Fans at km 13.355 chainage (about 450m downstream from the fire scene in the airflow direction) were visibly affected by smoke from the fire, but were not damaged – the maximum temperature measured on the fans amounted to 15°C.

The amount of damages preliminary estimated during the initial investigation ranged from Kč 6 to 10 million. If the loaded trailer had also started to burn, the expected damage would have been ten times this amount.

7 COURSE OF REHABILITATION WORK

After the detailed determination of damages, the decision on the rehabilitation procedure was made on 15/01/2014, on the basis of a meeting held on 15/01/2014 in GŘ ŘSD (General Directorate of the Roads and Motorways Directorate - the tunnel administrator) operations director's office - the roadway will be rehabilitated first, the other rehabilitation work, namely refurbishing and replacing the tunnel equipment, will follow subsequently (and partly concurrently)

The concrete roadway, which is damaged in two traffic lanes, has to be cast in two steps for technological reasons (the joint between the slabs is reinforced). Washing of the upper vault including internal steel structures would have been possible only after the concrete roadway slabs hardening had been finished. It however was not carried out for reasons of time and, first of all, because of a change in climatic conditions.

Two luminaries of the main lighting were refurbished, the main lighting cables were disassembled and assembled within blocks No. 94 through to 99, the lighted traffic sign *Leave the tunnel* and traffic lights were replaced including respective cabling and casings, a part of the FAD optical cable at the vault crown including connections was replaced and the FAD control unit was reprogrammed and all affected fire seals were repaired within the framework of the rehabilitation of the tunnel equipment.

Refurbishment work was finished on 30/01/2014 and reviews, comprehensive tests and an extraordinary inspection of the whole tunnel (both tubes) followed. The next stage of the work, first of all with respect to delivery times for spare parts, will take place during a regular outage in April 2014.

8 EXTRAORDINARY INSPECTION

The extraordinary inspection took place in 3 phases – immediately after the fire, determining the current condition after the extraordinary event (on 13th and 14th January 2014). The *“preliminary report on the extraordinary event* [3], published on 16/01/2014, was issued on the basis of this part of the extraordinary inspection. The technical part, practically the technical supervision during the execution of refurbishment and repair work operations, followed. A partial report on these operations was issued on 23/01/2014 [4].

After the completion of the repairs in the meaning of TP 154 specifications, the following activities continued: functional testing of the tunnel fire safety equipment and checking on the serviceability of all machines and equipment (e.g. fans, fire-extinguishers, hydrant system in the RTT, public address, emergency lighting, fire seals, fire-check doors, management system, diesel generating set, FAD system, emergency call stations, camera system etc.). The fire safety equipment has to fulfil its



Obr. 8 Poškozený vyzářovací kabel pro rádiovou komunikaci v tunelu
Fig. 8 Damaged radiating cable for radio communication inside the tunnel

9.2 Dilatační spáry

Dilatační spáry mezi bloky definitivního ostění č. 95/96 a 96/97 jsou vyplněny dilatační hmotou, která umožňuje mikropohyby mezi jednotlivými bloky. U této dilatační hmoty došlo k zahřátí a ke změně vlastností – zejména s ohledem na její dlouhodobou životnost. Výplň spáry je nutné vyměnit, ale během odstávky nebyla výměna provedena z důvodu souběhu prací s betonáží vozovky – předpokládá se dodatečné provedení v následující odstávce tunelu.

9.3 Vnitřní definitivní ostění

Definitivní betonové ostění bylo v prostoru zasaženém požárem podrobně prohlédnuto vizuálně a kontrolováno akusticky poklepem kladivem. Na několika místech byl kartáčem odstraněn povlak sazí. Touto kontrolou nebylo nalezeno žádné poškození ostění.

V rozsahu zóny požáru v délce cca 60 m nebylo z klimatických důvodů provedeno omytí ostění tlakovou vodou. Při tlakovém mytí může dojít k odpadnutí uvolněných částí ostění a tyto případné nálezy se opraví technologií používanou k sanaci nedostatečného krytí výztuže betonu. Omytí a podrobná kontrola proběhnou v dubnové odstávce.

9.4 Nerezové ocelové konstrukce

Při kontrole upevnění a vlastní konstrukce bylo zjištěno, že po statické stránce je únosnost a upevnění vnitřních ocelových konstrukcí v pořádku (obr. 10, 11). Na konstrukce je ale použita uhlíkatá ocel, která je velmi náchylná k degradaci vlivem působení vysokých teplot (i krátkodobého) – na povrchu dochází k přeměně krystalické mřížky, je z ní vytlačován uhlík, který na vzduchu rychle reaguje, a z nerezových dílů se stávají díly v krátké době podléhající jak povrchové, tak i hloubkové korozi. Z tohoto důvodu byl vymontován jeden nenosný díl, který bude laboratorně analyzován. Až na základě výsledků této analýzy bude rozhodnuto o případné kompletní výměně ocelových konstrukcí včetně dialektrického upevnění v požárem zasaženém úseku tunelu. Výměnu lze provádět i po částech v rámci pravidelných dlouhodobých odstávek tunelu.

9.5 Kontrola technologické části

Stav technologického vybavení tunelu byl v rámci mimořádné prohlídky zjišťován především prostřednictvím kontroly protokolů z funkčních zkoušek a kontrol provozuschopnosti jednotlivých zařízení.

function in compliance with § 7, section 6 of Decree No. 246/2001 Coll. [5]. For that reason it was repaired and commissioned and checked during a complete closure of the whole tunnel (both tubes). The final part of the extraordinary inspection took place subsequently. Its conclusions were published during February [6]. Functional tests and the extraordinary inspection was carried out on 1st and 2nd February 2014, also with both tunnel tubes completely closed

9 COURSE OF INSPECTION

9.1 Concrete roadway

There were two slabs damaged in the lane for slow moving vehicles and one in the central lane of blocks No. 95 and 96 of the right-hand tunnel tube. The three slabs were broken out and replaced (see Fig. 9). Checking tests of the concrete cover (both green and initially set concrete) were conducted subsequently. After the completion of the slabs, joints were cut and filled with a hot asphalt filler. With respect to the concrete hardening process, it was impossible to start to wash the upper vault immediately. Subsequently, on 23/01/2014, the tunnel operator forbade the service to wash the upper vault with regard to a significant drop in temperatures, because of the threat of the development of rime.

9.2 Expansion Joints

Expansion joints between final lining blocks No. 95/96 and 96/97 are filled with a matter allowing for micro-movements between individual blocks. This matter was heated by the fire and its properties changed – first of all with respect to its long-term life. The joint filling has to be replaced, but the replacement was not carried out during the course of the outage because of the concurrence of the roadway cover casting operations – it is expected that it will be carried out during the next tunnel outage.

9.3 Final internal lining

The final concrete lining in the space affected by the fire was thoroughly inspected visually and checked acoustically by tapping on it with a hammer. Sooth coating was removed on several spots with a brush. No damage to the lining was detected by this inspection.

The washing of walls with high-pressure water was not carried out in the about 60m long fire zone because of climatic conditions. It is possible during the high-pressure washing that loosened parts of the lining will fall off. These contingent findings will be repaired using the technology applied to the refurbishment of insufficient cover of concrete reinforcement. The washing and detailed inspection will be carried out during the April outage.

9.4 Stainless steel structures

It was found out during the inspection of the fixation and the structure itself that, in terms of structural analysis, the load-bearing capacity and fixation of internal steel structures was in good order (see Figures 10 and 11). However, carbon steel, which was used for the structures, is highly susceptible to degradation due to high temperatures (even short-term). The crystal lattice on the surface changes. Carbon which is pressed out from it rapidly reacts in the air and the stainless steel elements become elements subjected to both surface and deep corrosion. For that reason one non-load-bearing element was disassembled to be analysed in a laboratory. The decision on the contingent complete replacement of steel structures, inclusive of the dielectric fixation in the fire-affected tunnel section, will be made only after the results of this analysis are known. The replacement can be carried out in parts, within the framework of regular long-term outages of the tunnel.

10 ZÁVĚREČNÉ POSOUZENÍ STAVU TUNELU

Závěrečné posouzení stavu tunelu bylo provedeno komisionálně dne 2. 2. 2014. Tunelová stavba byla v rámci mimořádné prohlídky kompletně zkontrolována (zasažená PTT, LTT, provozně-technický objekt a související objekty). Závěrem této prohlídky bylo konstatováno, že tunel splňuje veškeré předpisy a požadavky z hlediska požárně-bezpečnostních zařízení a je schopen trvalého a bezpečného provozu s výhradami, které je nutné odstranit do konce dubna 2014. Do doby odstranění těchto výhrad (především zlepšení protismykových vlastností vozovky) bude tunelová trouba za nepříznivého počasí provozována se snížením maximální rychlosti na 60 km/h.

11 POUČENÍ A ZÁVĚRY Z MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI

Z průběhu a rozboru řešení mimořádné události a především následných sanačních prací vyplývá několik poznatků a také doporučení nejen pro provoz stávajících, ale i pro návrh budoucích tunelových staveb:

- Průběh mimořádné události byl „štěstím v neštěstí“ – požár vznikl v době minimálního silničního provozu a díky rychlému zásahu byl uhašen prakticky v zárodku.
- Zasahující jednotka HZS se zachovala velmi profesionálně. Kromě rychlého příjezdu do tunelu, rychlá orientace zasahujících hasičů a vhodné vedení zásahu dokazuje precizní vycvičení celé jednotky.
- Dispečeri, řízení a fungování technologie tunelu pracovalo bezchybně podle příslušných havarijních karet.
- Požár vznikl ve stoupací třípruhové tunelové troubě. Díky její šířce bylo možné vést zásah z obou stran hořícího vozidla přes propojku přímo z hasební techniky HZS. Nebylo nutné likvidovat požár jednostranně a tím kropit i vlastní ostění tunelu, které mělo v tu dobu již vysokou teplotu od požáru. Proto nedošlo k jeho poškození. Teprve pro dohašování a chlazení byl jednotkami využit tunelový vodovod.
- Pro rozvoj požáru bylo podstatné, že stejným směrem působil komínový efekt, pístový efekt i větrání podélnými ventilátory. Proud vzduchu „ohnul“ tepelný proud (a tedy i sálavé teplo) směrem k portálu. Proto nedošlo k výraznému poškození světel, kabelových lávek ani dalších konstrukcí v klenbě tunelu.
- Zasahujícím hasičům se podařilo ochránit vlastní návěs s nákladem, shořelo pouze tažné vozidlo. Při zásahu došlo ke dvěma výbuchům – první způsobila požárem zasažená pneumatika, druhý výbuch nastal přímo v kabině řidiče a byl způsoben pravděpodobně vytvořením a iniciací výbušné směsi



Obr. 9 Příprava na betonáž desky vozovky ve středním jízdním pruhu
Fig. 9 Preparation for casting of concrete roadway slab in the central traffic lane

9.5 Inspection of the equipment part

The condition of tunnel equipment was determined within the framework of the extraordinary inspection, first of all by checking on protocols from the functional tests and inspections of the operability of individual equipment units.

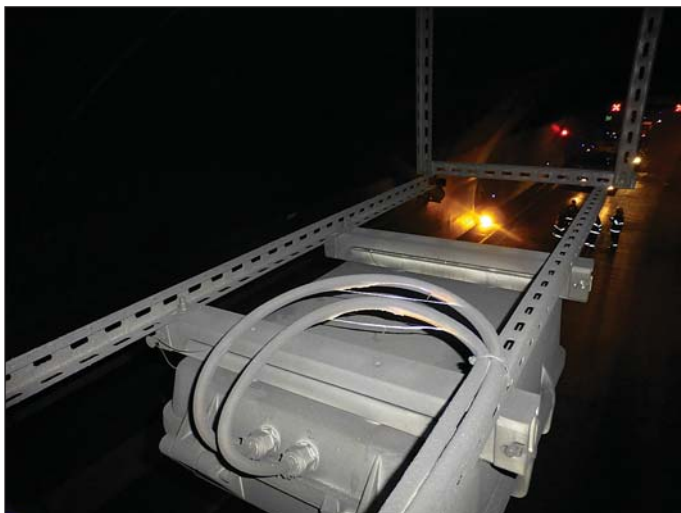
10 FINAL ASSESSMENT OF THE TUNNEL CONDITION

The final assessment of the tunnel condition was carried out by a commission on 02/02/2014. The tunnel structure was completely checked within the framework of the extraordinary inspection (the fire-affected part of the RTT, the LTT, the service building and related buildings). The conclusion of this check was the statement that the tunnel met all regulations and requirements in terms of fire safety equipment and could be operated permanently and safely with reservations which had to be rectified till the end of April 2014. During adverse weather, the tunnel tube will be operated with the maximum velocity reduced to 60km/h until the reservations are coped with.

11 LESSONS AND CONCLUSIONS DERIVED FROM THE EXTRAORDINARY EVENT

Several pieces of knowledge and also recommendations for the operation of not only existing but also future tunnel structures follow from the course and analysis of the solution to the extraordinary event and, first of all, of the subsequent rehabilitation work:

- The course of the extraordinary event was a blessing in disguise – the fire originated during a minimum volume of traffic and, owing to the quick intervention, was suppressed practically in the very beginning.
- The intervening FRS unit behaved very professionally. Apart from the quick arrival in the tunnel, the quick orientation of intervening fire fighters and proper management of the intervention proved the precise training of the whole unit.
- The operators, management and equipment worked flawlessly, according to respective emergency cards.
- The fire originated in the ascending three-lane tunnel tube. Owing to its width it was possible to manage the intervention from both sides of the burning vehicle, via the cross passage, directly from the fire fighting equipment of the FRS. There was no need for suppressing the fire from one side and, in this way, to sprinkle also the tunnel lining itself, the temperature of which was at that moment already high due to the fire. Owing to this fact the lining suffered no damage. The tunnel water main was used later for the final suppression and cooling.
- The fact that the chimney effect, piston effect and ventilation by longitudinal fans acted in a uniform direction was significant for the fire development. The airflow “bent” the thermal flow (therefore also the radiation heat) towards the portal. For that reason luminaries, cable brackets and other structures under the tunnel vault were not significantly damaged.
- The intervening fire fighters managed to protect the loaded trailer itself and only the towing vehicle was burnt up. Two explosions happened during the intervention – the first one was caused by a tyre hit by the fire; the other explosion happened directly in driver’s cabin. It was probably caused by the development and initiation of an explosive mix of hydrogen with air. Hydrogen originates by the reaction of burning magnesium alloy from the HI-FI set [2] with fire fighting water (temperature of about 1400°C).
- The FRS intervention commander has estimated the heat release rate to be 15–20MW, the temperatures at the upper vault and the roadway were about 500°C and 1000°C, respectively.



Obr. 10 Ocelové konstrukce, svítidlo a poškozené kabely nad místem požáru
Fig. 10 Steel structures, luminary and damaged cables above the fire location



Obr. 11 Odmontované svítidlo zasažené požárem
Fig. 11 Detached luminary affected by fire

vodíku se vzduchem. Vodík se tvoří reakcí hořící hořčíkové slininy z HI-FI soupravy [2] s hasební vodou (teplota cca 1400 °C).

- Velitel zásahu HZS odhaduje tepelný výkon požáru na 15–20 MW, teplotu při horní klenbě na cca 500 °C, teplotu u vozovky na 1000 °C.
- Stávající lineární teplotní kabel EPS s vyhodnocovací jednotkou neuchovává záznam o průběhu teplot a nelze tedy zpětně dohledat teploty v místě požáru. Bylo doporučeno provést podrobná teplotní měření při plánovaných zkušebních požárech na stavbě dálnice D8 v úseku přes České středohoří (v tunelech Radejčín a Prackovice).
- Na základě zkušeností z uzavírky pro mimořádnou prohlídku je vhodné provádět kompletní krátkodobé uzavírky tunelů SOKP vždy v obou tunelech (Cholupice a Lochkov) ze soboty na neděli a to současně v obou tunelových troubách a na přilehlé estakádě. To vyžaduje velké nasazení sil a prostředků servisní organizace a aktivaci objízdné trasy. Tímto opatřením dojde k výraznému zkrácení celkové doby všech uzavírek a při jedné uzavírce je možné kompletně vyčistit nejen tunely, ale i přilehlé úseky estakády. Lze také provést nutné opravy technologického vybavení na portálech dopravního značení před portály tunelů.
- Vozovka v tunelu po požáru nespĺňuje požadavky na protismykové vlastnosti podle stávajících norem, protože byla znečištěna unikajícími ropnými produkty z poškozeného nákladního vozu. Z tohoto důvodu je nutné provést umytí vozovky pro zlepšení protismykových vlastností při nejbližší uzavírce tunelů.
- Tunely Lochkov a Cholupice jsou stále v režimu předčasného užívání.

ING. JIŘÍ SVOBODA, svobodaj@pragoprojekt.cz,
ING. MICHAL HNILIČKA, hnilicka@pragoprojekt.cz,
PRAGOPROJEKT, a.s.

Recenzovali: Ing. Otto Dvořák, Ph.D., Milan Tůma

- The existing FAD linear heat detection cable with the assessment unit does not keep records of temperatures, it is therefore impossible to trace back temperatures in the fire location. We recommend that detailed temperature measurements be conducted during planned fire testing on the D8 motorway construction site in the section running across Ceske Stredohori (Czech Highlands) in the Radejcin and Prackovice tunnels).
- Based on the experience with closing the tunnels on the Prague City Ring Road for the purpose of extraordinary inspections, we recommend that comprehensive short-term inspections be carried out always in both tunnels (Cholupice and Lochkov) between Saturday to Sunday, concurrently in both tunnel tubes and on the adjacent viaduct. It requires intensive deploying of forces and means of the servicing organisation and activation of a diversion route. Owing to this measure the overall duration of all closures will be significantly reduced and it will be possible to completely clean not only the tunnels but also adjacent sections of the viaduct during one closure. It is also possible to carry out necessary repairs of the technological equipment at portals and traffic signalling in front of tunnel portals.
- The roadway in the tunnel after a fire does not meet requirements for skid resistance properties according to current standards because it was polluted by oil leaking from the damaged truck. For that reason it is necessary to wash the roadway during the nearest closure of the tunnels so that the skid resistance properties are improved.
- The Lochkov and Cholupice tunnels continue to be in the preliminary use regime.

ING. JIŘÍ SVOBODA, svobodaj@pragoprojekt.cz,
ING. MICHAL HNILIČKA, hnilicka@pragoprojekt.cz,
PRAGOPROJEKT, a.s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Hlášení o mimořádné události v tunelu – elektronický formulář pro záznam událostí z dispečinku tunelu. 13. 1. 2014
- [2] Rozhovor s velitelem zasahující požární jednotky HZS hl. m. Prahy
- [3] Svoboda, J. a kol. Předběžná zpráva z mimořádné události z tunelu Lochkov. Pragoprojekt, a. s., 16. ledna 2014
- [4] Svoboda, J. a kol. Dílčí zpráva TD ze sanačních prací po MU v tunelu Lochkov. Pragoprojekt, a. s., 23. ledna 2014
- [5] Vyhláška MV č. 246/2001 Sb., O stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru
- [6] Svoboda, J. a kol. Závěrečná zpráva z mimořádné události z tunelu Lochkov. Pragoprojekt, a. s., 14. února 2014

DEMONSTRAČNÍ EXPERIMENT MOCK-UP JOSEF

MOCK-UP JOSEF DEMONSTRATION EXPERIMENT

JIRÍ ŠTÁSTKA

ABSTRAKT

Centrum experimentální geotechniky (Fakulta stavební, ČVUT v Praze) realizuje v letech 2012 až 2015 pro Správu úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO) demonstrační experiment Mock-up Josef, který je zaměřen na fyzikální modelování chování bentonitové vrstvy zatížené podobně jako v plánovaném hlubinném úložišti radioaktivních odpadů. Kromě působení horninového prostředí a podzemní vody je bentonit v experimentu zatížen teplem. Tepelné zatížení od topného tělesa simuluje vyzařování tepla od úložného obalového souboru s vyhořelým jaderným palivem. Nadměrné tepelné zatížení může vést například k mineralogickým změnám v bentonitu. Změnou mineralogie by mohlo dojít k destabilizaci části systému uložení – k omezení těsnící schopnosti bentonitu. Fyzikální modely jsou důležité pro ověření a pro matematické modelování stability systému uložení. Fyzikální insitu model Mock-up Josef poskytne také zkušenosti s výstavbou a provozem dosud nerealizovaného experimentu na území ČR a z modelu získaná data umožní přesnější simulaci očekávaných procesů v hlubinném úložišti. Článek seznamuje s konstrukcí experimentu Mock-up Josef a s některými výsledky získanými z rozsáhlého monitoringu instalovaného modelu.

ABSTRACT

The Centre of Experimental Geotechnics (the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical university in Prague) has been realising from 2012 to 2015 a project for the Radioactive Waste Repository Authority (SÚRAO) comprising a demonstration experiment Mock-up Josef. The experiment is focused on physical modelling of the behaviour of a bentonite layer loaded in a way similar to the conditions in the planned deep repository for radioactive waste. Apart from the action of the rock environment and groundwater, bentonite is loaded by heat in the experiment. The thermal loading induced by a heater simulates the radiation of heat from the repository envelope containing the spent nuclear fuel. Excessive heating may lead, for example, to mineralogical changes in the bentonite. The change in mineralogy may cause the destabilisation of a part of the repository system – the reduction of the sealing capacity of bentonite. Physical models are important for the verification and mathematical modelling of the disposal system stability. The Mock-up Josef insitu physical model will in addition provide experience in the construction and operation of an experiment till now unrealised in the Czech Republic. The data obtained from the model will allow for more accurate simulation of anticipated processes in the deep repository. The paper informs about the Mock-up Josef experiment structure and some results obtained from the extensive monitoring of the installed model.

ÚVOD

Bezpečnost systému uložení vyhořelého jaderného paliva je založena na kombinaci několika bariér, které musí zabránit případnému úniku radionuklidů do biosféry po požadované dobu stovky tisíců let. První bariérou je konstrukce úložného obalového souboru, který má plánovanou projektovou životnost několik tisíců až deseti tisíců let (SÚRAO, 2010). V úložném obalovém souboru je hermeticky uzavřeno vyhořelé jaderné palivo po dobu životnosti obalu. Po případném porušení kontejneru například korozí lze předpokládat migraci radionuklidů: transportním médiem je voda, v některých případech i plyny. Úkolem bariér obklopujících úložný obalový soubor (ÚOS) je tedy omezit migraci radionuklidů do biosféry po dobu potřebnou pro rozpad radionuklidů na bezpečnou úroveň. Bariérami obklopujícími úložný obalový soubor jsou jílová vrstva a hostitelská hornina pro úložiště tzv. geobariéra.

V jílové vrstvě budou probíhat komplikované vzájemně se ovlivňující procesy zejména z oblastí mechanických změn (M), šíření vlhkosti a vody (H), šířením tepla (T) a chemických změn (CH). Vliv na jílovou bariéru bude mít také radioaktivní záření (R), které vzniká při rozpadu radioaktivních prvků v kontejneru. Nejvhodnějšími modely pro popis těchto procesů jsou komplexní (THMCHR) fyzikální modely. Fyzikální insitu THMCH (bez radioaktivního záření) model Mock-up Josef je důležitým krokem pro studium chování bentonitové bariéry v insitu podmínkách. Cílem prací je komplexní realizace projektu fyzikálního modelu úložného místa KBS-3V (SKB, 2006). KBS-3 V je švédský úložný systém, který je založen na vertikální způsobu umístění úložného obalového souboru do bentonitových prstenců. Úložný

INTRODUCTION

The safety of a spent nuclear fuel disposal complex is based on a combination of several barriers, which have to prevent a contingent escape of radionuclides into the biosphere for the required period of hundreds of thousands of years. The first barrier is the structure of the waste package. The planned design life of this barrier is several thousands up to tens of thousands of years (SÚRAO, 2010). Spent nuclear fuel is hermetically closed in the waste package throughout the package design life. After a contingent damage to a container, for example by corrosion, it is possible to expect the migration of radionuclides: the transport medium is water and, in some cases, even gases. The task of the barriers surrounding the waste package is therefore to reduce the migration of radionuclides for the period required for the decomposition of radionuclides to a safe level. The barriers surrounding the waste package comprise a clay layer and the rock hosting repository, the so-called geobarrier.

Complicated interacting processes will take place in the clay layer, first of all from the region of mechanical changes (M), propagation of moisture and water (H) propagation of heat (T) and chemical changes (CH). The radioactive radiation (R) originating during the decomposition of radioactive elements in the container will also affect the clay barrier. The models most suitable for the description of these processes are comprehensive (THMCHR) physical models. The Mock-up Josef physical insitu THMCH (without radioactive radiation) model is an important step for the study on the behaviour of the bentonite barrier in situ. The objective of the work is to

obalový soubor a bentonitové prstence umístěné okolo souboru tvoří tzv. inženýrskou bariéru. Hornina obklopující úložné místo spolu s hloubkou uložení (stovky metrů pod povrchem) tvoří tzv. přírodní bariéru.

Pro jílovou vrstvu je vhodným materiálem bentonit, který má vynikající těsnící vlastnosti a v případě vhodné mineralogie splňuje podmínky pro použití v konstrukci hlubinného úložiště. Jedním z cílů fyzikálního modelu Mock-up Josef je tedy získání informací o chování a vlastnostech zatížené bentonitové vrstvy ve zvodněném horninovém prostředí a tepelném poli.

V přípravě projektu Mock-up Josef byly laboratorně ověřeny vlastnosti použitého bentonitu. Z pohledu omezení migrace radionuklidů jsou důležitými geotechnickými vlastnostmi bentonitové vrstvy nízká hydraulická vodivost, propustnost pro plyny a bobtnací schopnost. Pro odvod tepla od kontejneru je také podstatná dostatečná tepelná vodivost bentonitu. Důležitou vlastností je i sorpční schopnost bentonitu, díky níž je bentonit schopen některé radionuklidy navázat do své struktury a retardovat tak jejich transport.

PŘÍPRAVA PROJEKTU

Pro projekt Mock-up Josef byla vybrána rozrážka v části štoly Josef. Štola Josef byla vyražena jako průzkumné dílo ložiska zlata v lokalitě Psí hory. Vybranou rozrážku bylo nutné nejdříve důkladně geologicky zmapovat. Místo leží v nejzápadnější otevřené části ložiska zlata Mokrsko západ (jedno z ložisek v lokalitě Psí hory, okres Příbram). Ve zprávě (Pacovský, 2010) z přípravy projektu je geologie popsána: „*Jedná se o jižně orientovaný překop – rozrážku s označením M-SCH-Z/JP-61. Hostitelskou horninou pro model jsou vyvřeliny slapského výběžku středočeského magmatického komplexu. Jedná se o amfibolicko-biotitické granodiority sázavského typu. Granodiority jsou variského (hercynského) stáří. V rámci přípravy byly na místě připravovaného experimentu provedeny drobně tektonické analýzy. Puklinové systémy se jeví jako sevřené, ale bez drčení. Z tectonogramů vyplývá, že dominantní je puklinový systém téměř svislých diskontinuit směru západu-jihozápad – východo-severovýchod se sklonem k severu. Druhým významným systémem je systém puklin severozápad – jihovýchod s úklonem kolem 45 stupňů k západu. Třetím pak systém téměř severojižních diskontinuit se sklonem rovněž 45 stupňů k východu.*“

Geologické mapování potvrdilo vhodnost vybraného místa pro realizaci projektu. Pro hlubinné úložiště jsou, jako vhodné hostitelské formace, navrženy mj. granitické horniny a podle mapování je i model Mock-up Josef umístěn v podobné geologické formaci.

V přípravné fázi projektu byly odvrtny ve vybrané rozrážce tři vertikální velkoprofilové studny. Studna u čelby rozrážky byla vybrána pro umístění modelu, další ponechána pro monitoring či pro případný navazující výzkum a poslední studna (nejblíže hlavnímu překopu) je použita pro znázornění konstrukce modelu Mock-up Josef pro veřejnost. Pro odvrtní velkoprofilových studní o hloubce 2,8 m a průměru 0,75 m byl využitý jádrový vrtací stroj od firmy Hilti. Okolí studen bylo upraveno nabetonováním desek na počvu. Vrchní hrana betonových desek je nad hladinou vody v rozrážce a je tedy zamezeno přímým vtokům vody do studen přes hrany betonové desky (obr. 1).

Hlavní částí experimentu je vlastní bentonitové těsnění. Proto byla v přípravné fázi věnována velká pozornost výběru těsnícího materiálu. Z geotechnického hlediska je důležitá zejména nízká propustnost a dostatečný bobtnací tlak. Propustnost závisí na míře zhutnění bentonitu a jeho mineralogickém složení. Bobtnací tlak signalizuje i schopnost

carry out a comprehensive project for the KBS-3V (SKB, 2006) repository space. KBS-3V is a Swedish repository system, which is based on a vertical system of the placement of the waste package into bentonite rings. The waste package and the bentonite rings surrounding the package form the so-called engineering barrier. The rock surrounding the disposal space, together with the repository depth (hundreds of meters under the ground surface), forms the so-called natural barrier.

Bentonite is a material suitable for the clay layer because of its excellent sealing properties. In the case of suitable mineralogy, it meets conditions for the use for deep repository structures. One of the objectives of the Mock-up Josef physical model is therefore to obtain information on the behaviour and properties of a loaded bentonite layer in a water-bearing rock environment and in a thermal field.

The properties of the bentonite to be used were verified in the project preparation stage. Low hydraulic conductivity, permeability for gasses and the swelling capacity are important geotechnical properties of the bentonite layer as far as the reduction of the migration of radionuclides is concerned. Sufficient thermal conductivity of the bentonite is also significant for the removal of heat from the container. An important property is also the sorption capacity of bentonite. Thanks to this property, bentonite is capable of capturing some radionuclides in its structure, thus retarding their transport.

PROJECT PREPARATION

A stub in a part of the Josef gallery was selected for the Mock-up Josef project. Josef gallery was driven for surveying a gold deposit in the Psí Hory locality. The selected gallery stub had to be first of all thoroughly geologically mapped. It is located in the westernmost open part of the gold deposit, Mokrsko West (one of deposits in the Psí Hory locality, the region of Příbram). In the project preparation report (Pacovský, 2010), geology is described as follows: „*It is a south-oriented crosscut – gallery stub marked M-SCH-Z/JP-61. The host rock for the model comprises volcanic rock types forming the Slapy spur of the Central Bohemian magmatic complex, namely amphibolite-biotite granodiorites of the Sázava-River type. The granodiorites are of the Variscan (Hercynian) age. Minor tectonic analyses were carried out in the location of the experiment to be prepared as a part of the preparation. Fissure systems appear to be tight, without crushing. It follows from tectonograms that a fissure system of nearly vertical discontinuities trending west-southwest – east-northeast and dipping toward north dominates. The second important system is a system of north-west – south-east trending fissures, dipping about 45 degrees toward the west. The third system trend is north-south; it also dips 45 degrees toward the east.*“

The geological mapping confirmed that the location was suitable for the implementation of the project. Granitic rock types are, among others, designed as formations suitable for deep repositories and, according to the mapping, the Mock-up Josef project is located in a similar geological formation. Three vertical large-profile wells were bored in the selected gallery stub in the project preparatory phase. The well at the stub excavation face was selected for the model, the next one was left for monitoring or for a potential subsequent research and the last well (closest to the main crosscut) is used for the



Obr. 1 Vlevo rozrážka s odvrtanými studnami a vpravo pohled do jedné z velkoprofilových studen
Fig. 1 Gallery stub with the bored wells on the left side, a view down one of the large-profile wells on the right side

selfhealingu (samohojení). Požadované hodnoty vlastností nejsou prozatím pro české úložiště stanoveny, ale limitující parametry geotechnických vlastností jílové bariéry jsou zřejmé (minimální propustnost, vysoký bobtnací tlak) a lze také použít požadavky stanovené v podobných konceptech ukládání v zahraniční například ve Finsku a ve Švédsku (Rautioaho, 2009; SKB, 2006). Materiál jílové bariéry musí mít schopnost vyvinout bobtnací tlak větší než $\sigma_{sw} > 1$ MPa, menší než $\sigma_{sw} < 10$ MPa (ochrana ÚOS před nadměrným namáháním tlakem bentonitu) a součinitel propustnosti (hydraulické vodivosti) nesmí být větší než $k=10^{-12}$ m/s (Rautioaho, 2009; SKB, 2006).

Podmínkou bylo využití českého bentonitu v modelu. V rámci projektu byl proto zejména zkoušen průmyslově dodávaný přírodní bentonit z ložiska Černý vrch v severních Čechách. V průběhu testování byly ověřeny geotechnické parametry jako například hydraulická vodivost, bobtnací tlak, konzistenční (vlhkostní) meze, tepelná vodivost atd. Vlastnosti vybraného bentonitu byly porovnány s dalšími bentonity. Laboratorní zkoušky provedené v rámci projektu prokázaly, že vybraný bentonit (komerční označení B75) je vhodný pro použití v modelu Mock-up Josef. Na základě výsledků laboratorních zkoušek hydraulické vodivosti a bobtnacího tlaku byla určena objemová hmotnost vysušené zeminy, na kterou byly bentonitové segmenty pro výstavbu modelu zhutněny/lisovány $\rho_d = 1,75$ Mg/m³. Bentonit zhutněný na míru $\rho_d = 1,75$ Mg/m³ vykazuje malou propustnost (hydraulická vodivost $k=10^{-13}$ m/s) a je vysoce bobtnavý při přijímání vody (bobtnací tlak $\sigma_{sw} = 10$ MPa). Objemová hmotnost bentonitu se v průběhu saturace vrstvy bude snižovat, protože bentonit bude vyplňovat volné prostory například i technologickou spáru mezi bentonitem a horninou. Klesne tedy i bobtnací tlak a zvýší se propustnost, ale i po vyplnění volných prostor bude splňovat požadované hodnoty (obr. 2).

KONSTRUKCE MODELU

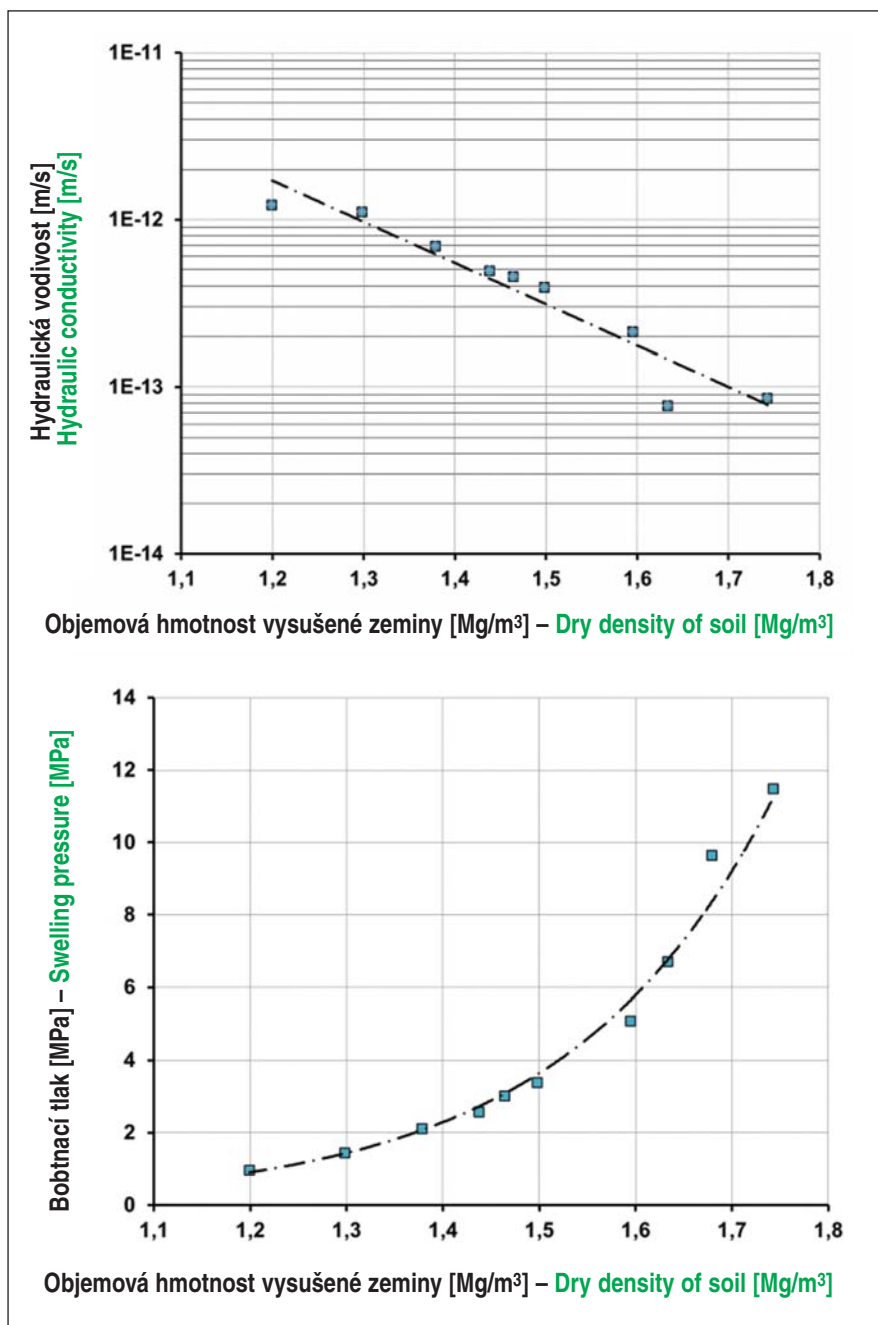
Hlavní částí demonstračního experimentu Mock-up Josef je bentonitová vrstva, která obklopuje topné těleso. Bentonitová vrstva byla vystavěna z lisovaných segmentů. Bentonit byl lisován na objemovou hmotnost $\rho_d = 1,75$ Mg/m³. Pro lisování segmentů byl použit lis s lisovací silou až 600 kN.

Model je vystavěn ze 33 vrstev bentonitových segmentů. Výška jednotlivých vrstev je 67 mm a výška modelu je 2170 mm. Průměr kruhu vystavěného ze segmentů je

demonstration of the Mock-up Josef model structure to the public. A Hilti core-drill rig was used for boring the 2.8m deep and 0.75m-diameter large-profile wells. The neighbourhood of the wells was improved by casting concrete slabs on the gallery stub bottom. The upper edge of the concrete slabs is above the surface of water in the stub. The direct flowing of water into the wells over the concrete slab edges is therefore prevented (see Fig. 1).

The main part of the experiment is the bentonite sealing itself. The selection of the sealing material was therefore paid great attention during the preparatory phase. From the geotechnical point of view, low permeability and a sufficient swelling pressure are very important properties. Permeability depends on the degree of compaction and mineralogical composition of the bentonite. The swelling pressure even signals the selfhealing capacity. The required values of the properties have not been determined yet for Czech deposits, but the limiting parameters of the geotechnical properties of the clay barrier are obvious (minimum permeability and high swelling pressure) and it is also possible to use the requirements set in similar concepts of reposition abroad, for example Finland and Sweden (Rautioaho, 2009; SKB, 2006). The clay barrier material has to be capable of exerting swelling pressure over $\sigma_{sw} > 1$ MPa, lower than $\sigma_{sw} < 10$ MPa (protection of the waste package against excessive stressing by the bentonite pressure) and the coefficient of permeability (hydraulic conductivity) must not exceed $k=10^{-12}$ m/s (Rautioaho, 2009; SKB, 2006).

The condition was that Czech bentonite was used in the model. For that reason the industrially produced natural bentonite from the Červený Vrch deposit in Northern Bohemia was preferably tested in the project. Geotechnical parameters, for example hydraulic conductivity, swelling pressure, consistency (moisture) limits, thermal conductivity etc., were verified during the course of the testing. The properties of the selected bentonite were compared with properties of other bentonites. Laboratory tests conducted within the framework of the experiment proved that the selected bentonite (commercial designation B75) was suitable for the use in the Mock-up-Josef model. The dry density of soil was determined on the basis of the laboratory results of hydraulic conductivity and swelling pressure. Bentonite segments to be used for the construction of the model were compacted/compressed to this density $\rho_d = 1.75$ Mg/m³. Bentonite compacted to $\rho_d = 1.75$ Mg/m³ rate displays low permeability (hydraulic



Obr. 2 Grafy s hodnotami propustnosti bentonitu B75 nahoře (hydraulické vodivosti) a dole bobtnacího tlaku

Fig. 2 Graphs with bentonite B75 permeability (hydraulic conductivity) values on the top, swelling pressure values on the bottom

700 mm. Model byl navržen zhruba v polovičním měřítku oproti systému uložení KBS – 3V.

Šest spodních vrstev bentonitových segmentů je složeno ze tří druhů segmentů (malý, střední a velký). Od sedmé vrstvy byly vynechány malé a střední segmenty. Vynecháním segmentů bylo vytvořeno místo pro topné těleso, které bylo usazeno přímo na šestou vrstvu. Od vrchu topidla byly při skladbě vrstvy opět použity malé prefabrikáty na zaplnění prostoru nad topidlem. Zbylý prostor nad topidlem je určen pro vedení trubek od topného tělesa a byl vyplněn zásypek z rozdrcených prefabrikátů a práškového bentonitu.

Pro simulaci tepelného zatížení bentonitu teplem bylo do bentonitové vrstvy instalováno topné těleso. Topné těleso tvoří dutý ocelový válec z ušlechtilé oceli o průměru 320 mm a výšce 1300 mm. Topné těleso bylo při výstavbě modelu položeno na 6. vrstvu bentonitových tvárnic. Jako médium pro přenos tepla uvnitř válce je použitý olej a topení

conductivity $k=10^{-13}$ m/s) and is highly swelling when receiving water (swelling pressure $\sigma_{sw}=10$ MPa). Bentonite density will diminish during the course of saturation of the layer because the bentonite will fill empty spaces, for example the joint between bentonite and ground. The swelling pressure will therefore drop and permeability will grow, but they will meet required values even after filling the empty spaces (see Fig. 2).

MODEL STRUCTURE

The main part of the Mock-up Josef demonstration experiment is the bentonite layer surrounding the heater. The bentonite layer was constructed from compressed segments. Bentonite was compressed to the density $\rho_d=1.75$ Mg/m³. A pressing machine with the pressing force of up to 600kN was used for pressing the segments.

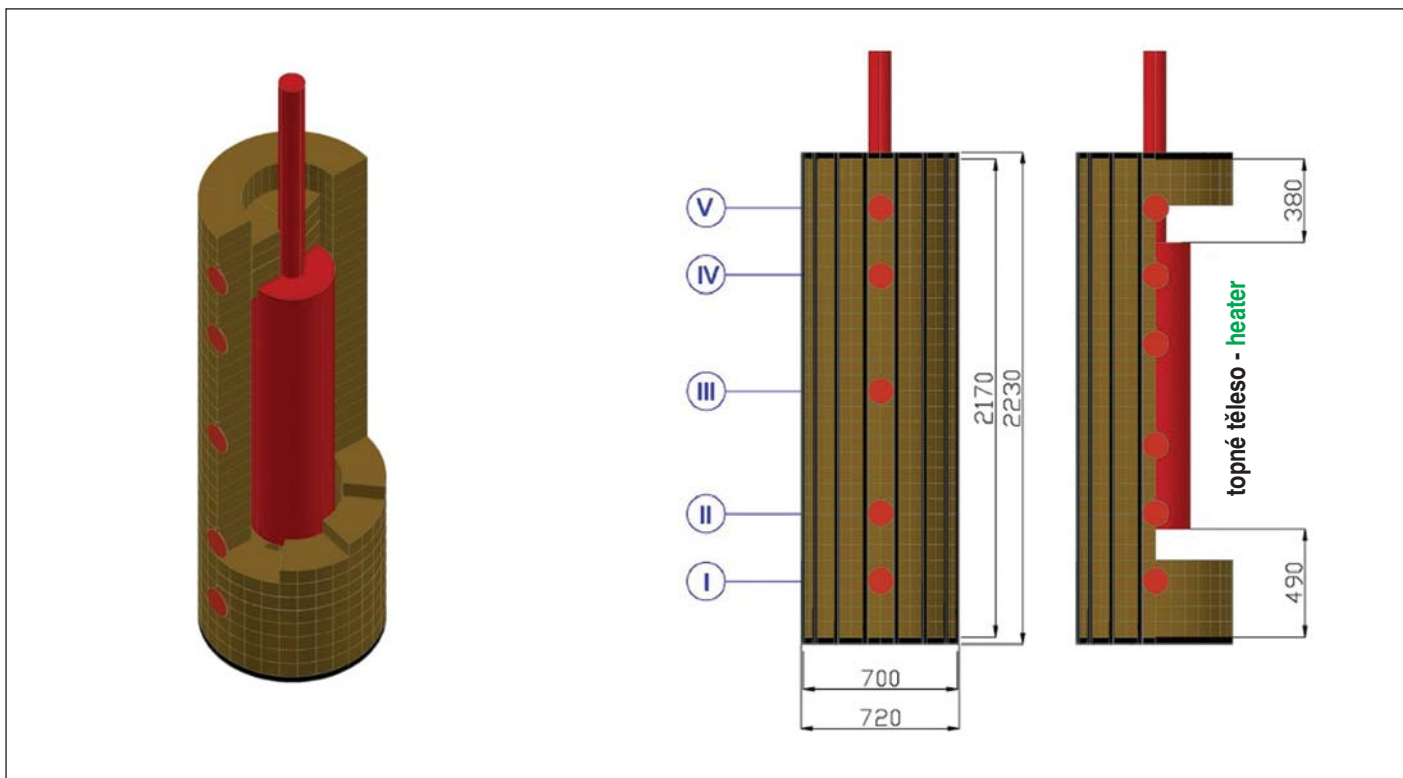
The model is formed by 33 layers of bentonite segments. The height of individual layers is 67mm and the height of the model is 2170mm. The diameter of the circle constructed from the segments is 700mm. The model scale was designed approximately at a half of the KBS-3V placement system.

Six bottom layers of bentonite segments consist of three segment types (small, medium and big). From the seventh layer upward the small and medium segments were left out. A space for the heater was formed by leaving the segments out. The heater was installed directly on the sixth layer. From the heater surface up, small pre-cast segments were again used in the layer structure to fill the space above the heater. The remaining space above the heater is designed for the pipelines from the heater. It was filled with crushed pre-cast elements and powder bentonite.

A heater was built into the bentonite layer for the simulation of the thermal load acting on the bentonite. The heater is formed by a hollow high-grade steel cylinder with the diameter of 320mm and the height of 320mm. The heater was placed during the construction on the sixth layer of the bentonite blocks. Oil is used as the heat-transferring medium; the heat is secured by two 2000W heating spirals installed inside the cylinder (see Fig. 3).

MODEL CONSTRUCTION AND TRANSPORT

It was necessary to construct the model in a laboratory on the surface, outside the damp underground. Bentonite behaves hygroscopically, which means that it absorbs moisture from the air. This leads to swelling and the deformation of the block. It may even lead to cracking of the segments. Even though moisture in laboratory conditions is incomparably lower than in the underground, it was necessary to protect the segments with PVC jackets during the disposal. The



Obr. 3 Rozměry modelu Mock-up Josef v mm s naznačeným umístěním topného tělesa a s označením umístění vodorovných monitorovacích profilů (I až V)
 Fig. 3 Mock-up Josef model dimensions in mm with the location of the heater indicated in it and with the marking of the locations of horizontal monitoring profiles (I to V)

zajišťují uvnitř válce umístěné dvě topné spirály o celkovém výkonu 2000 W (obr. 3).

VÝSTAVBA A PŘEVOZ MODELU

Model bylo nutné vystavět v povrchové laboratoři, mimo vlhké podzemí. Bentonit se chová hygroskopicky, přijímá tedy vzdušnou vlhkost, což vede k bobtnání a deformaci bloku. Případně dojde až k popraskání segmentů. I když vlhkost v laboratorních podmínkách je nesrovnatelně nižší než v podzemí, přesto bylo nutné bentonitové segmenty při skladování chránit obaly z PVC. Výstavba modelu probíhala zhruba půl roku a v průběhu výstavby byl instalován a průběžně zkoušen monitoring bentonitové vrstvy a topného systému (obr. 4).

work on the model construction took about half a year and the monitoring of the bentonite layer and the heating system was installed and continually tested during the course of the construction.

When the bentonite layer construction had been finished, the model was tied together by a steel shell and was prepared for the transport to the placement location. In December 2012, the Mock-up Josef physical model was transported from the laboratory on the surface to the disposal well in the gallery stub M-SCH-Z/JP-61. The total weight of the model including the monitoring and cabling system amounted to 1950kg. The steel shell secured the model stability during the course of the transport.



Obr. 4 Foto z výstavby modelu (vlevo pohled na stavěnou geotechnickou bariéru v perforovaném plášti, vpravo foto z výstavby modelu v experimentálním silu v laboratoři, ve které byl model vystavěn)
 Fig. 4 Photo from the model construction phase (a view of the geotechnical barrier under construction in the perforated shell on the left side; photo from the construction of the model in the experimental silo in the laboratory in which the model was constructed)



Obr. 5 Vlevo vystavený model v experimentálním silu před montáží převozního ocelového obalu, uprostřed model umístěný v převozním obalu, vpravo nahoře je obrázek z manipulace s modelem na transportním vozíku v místě realizace projektu a vpravo dole obrázek umístěného modelu nad úložnou studnou před spuštěním
 Fig. 5 Model constructed in the experimental silo before the installation of the steel transport shell on the left side; model placed into the transport shell is next to it; Right top – picture from the model handling on the transport trolley in the location of the project realisation; right bottom – a picture of the model above the well before lowering

Po výstavbě bentonitové vrstvy byl model sepnut ocelovým obalem (obr. 5) a připraven k převozu do místa uložení. V prosinci 2012 byl fyzikální model Mock-Up Josef převezen z povrchové laboratoře k úložné studni v rozrážce M-SCH-Z/JP-61. Celková hmotnost modelu včetně monitoringu a kabeláže byla 1950 kg. Ocelový obal zabezpečil stabilitu modelu při manipulaci a převozu.

Po převozu byl model spuštěn do úložné studny. Ihned po spuštění byly nad víkem modelu instalovány čtyři rozpěrné trubky tak, aby bylo zabráněno posunu víka vlivem bobtnání bentonitové vrstvy. Zároveň byl zapojen monitoring, začal kontinuální sběr dat a byl zprovozněn topný systém (obr. 6).

MONITORING MODELU

Experiment je instrumentován měřicími čidly a data sbírána z čidel jsou kontinuálně ukládána do databáze měřicího systému. Kromě vlastních naměřených dat, která systém uchovává v primárních jednotkách, databáze obsahuje kompletní informace o jednotlivých čidlech instalovaných v experimentu a deník experimentu. Nedílnou součástí měřicího

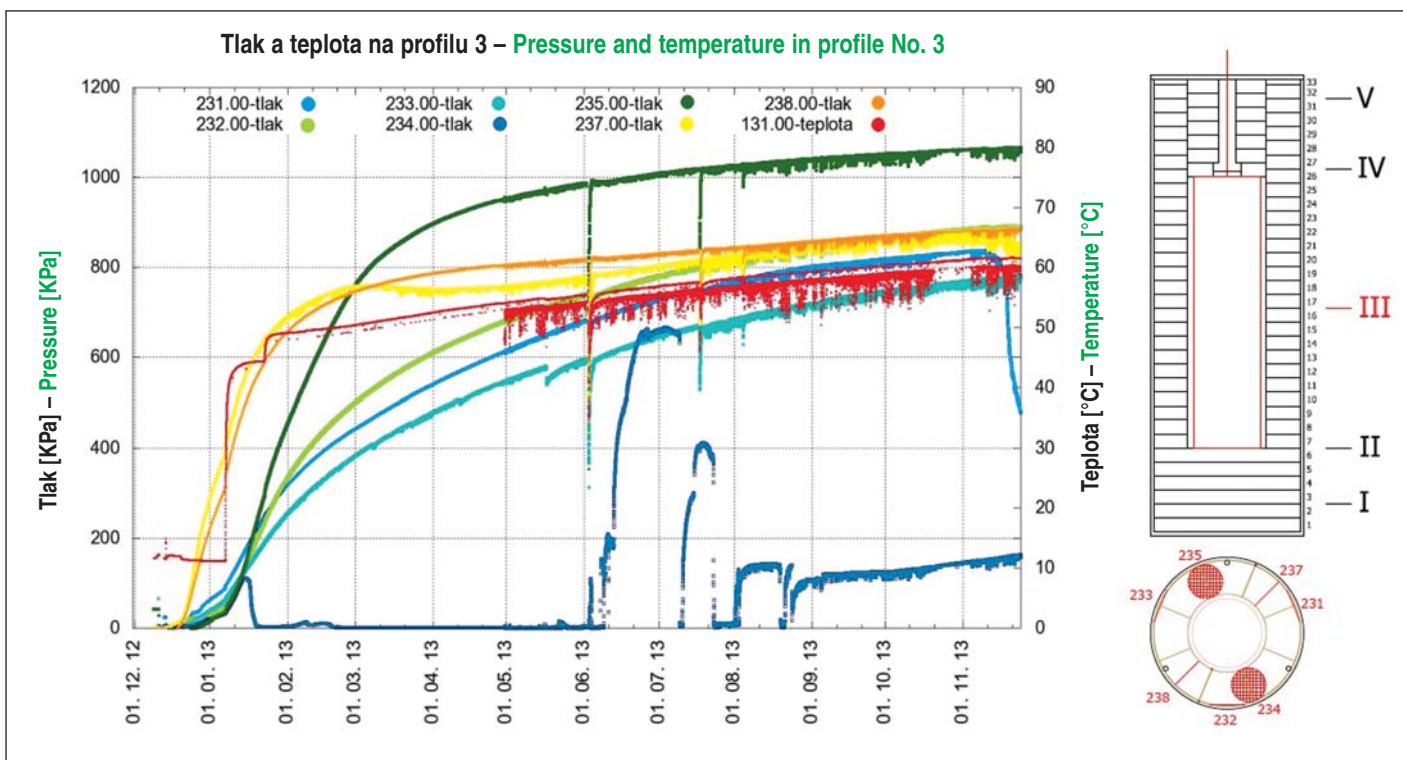
After the transport the model was lowered to the disposal well. Four bracing tubes were installed above the model cover immediately after lowering so that the shifting of the cover due to swelling of the bentonite layer was prevented. At the same time the monitoring system was connected and the continual data collection started; the heating system was brought into service (see Fig. 6).

MODEL MONITORING

The experiment is instrumented by measurement sensors and the data collected from sensors is continually stored in the measurement system database. In addition to the measured data itself which is stored by the system in primary units, the database contains complete information on individual sensors installed in the experiment and the experiment log. An inseparable part of the measurement system is the web interface. It allows for getting an overview of events in the experiment. Among basic information items (services) provided by the interface there are a list of sensors allowing for the plotting of graphs for a chosen period, 3D visualisation of the current



Obr. 6 Spuštění modelu do úložné studny vlevo a pohled do rozrážky s instalovaným modelem a s rozpěrnými trubkami
 Fig. 6 Lowering the model down the disposal well on the left side; a view down the gallery stub with the model installed in it and the bracing tubes



Obr. 7 Grafické znázornění měřeného tlaku bentonitového tělesa v závislosti na době zatížení a vpravo umístění měřících čidel v profilu III

Fig. 7 Graphical representation of the measured pressure in the bentonite body depending on the loading duration; locations of measurement sensors in profile III on the right side

systému je webové rozhraní. To umožňuje jednoduchým způsobem získat přehled o dění v experimentu. Mezi základní informace (služby), které rozhraní poskytuje, patří seznam čidel s možností vykreslení grafů za zvolené období, 3D vizualizace aktuálního stavu, přehled o funkčnosti systému a deník experimentu. Webové rozhraní je dostupné na webu CEG.

Experiment Mock-up Josef byl, na základě dobré zkušenosti, instrumentován obdobně jako experiment Mock-Up-CZ. Laboratorní fyzikální Mock-up CZ model v měřítku 1:2 byl v CEG realizován v letech 2000–2008 (Svoboda, 2010; Pacovský, 2006). Po skončení projektu Mock-up Josef se předpokládá porovnání zjištěných hodnot vlastností s laboratorním modelem Mock-Up-CZ.

Nejvíce čidel, více než 150, je zaměřeno na sledování vývoje teploty uvnitř bentonitového tělesa. Teplotní čidla byla umístěna i do horniny obklopující model. Uvnitř bentonitového tělesa jsou také umístěny hydraulické buňky, které měří hodnoty tlaku. Tato měřidla jsou umístěna v každém měřeném profilu (I až V) a měří tlak ve třech rovinách. Celkem je v modelu umístěno 45 hydraulických tlakových buněk. Do bentonitu byly umístěny i senzory relativní vlhkosti, které poskytují informaci o průběhu sycení bentonitu.

VÝSLEDKY MONITORINGU

Během provozu experimentu jsou kontinuálně sbírána data v intervalu 10 minut. Je tvořena rozsáhlá databáze veličin, které popisují chování bentonitové vrstvy. Nejdůležitějším měřením je odečet hodnot tlaku a teploty v bentonitu. Pro prezentaci naměřených dat je vhodné použít grafické znázornění průběhu, které vyjadřuje změnu hodnot v čase (obr. 7 a obr. 8). Získaná data poskytují okamžité informace o chování bentonitové vrstvy, ale budou využita i při tvorbě matematické simulace chování bentonitové bariéry v dlouhodobém intervalu. Pro ověření stavu bentonitové vrstvy jsou také odbírány vzorky. Výsledky odběrů napomáhají k objasnění chování bentonitové vrstvy v průběhu experimentu.

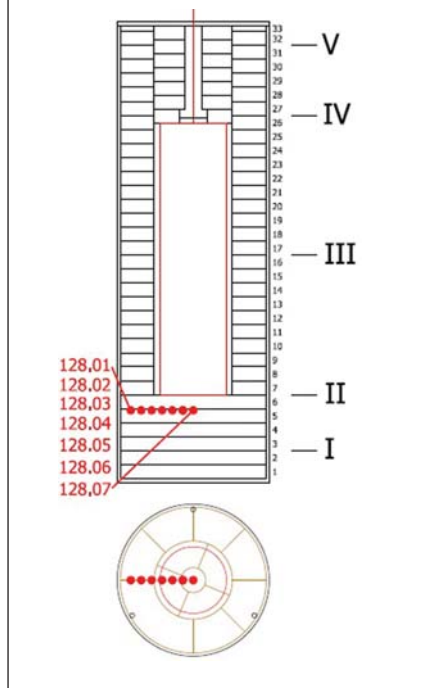
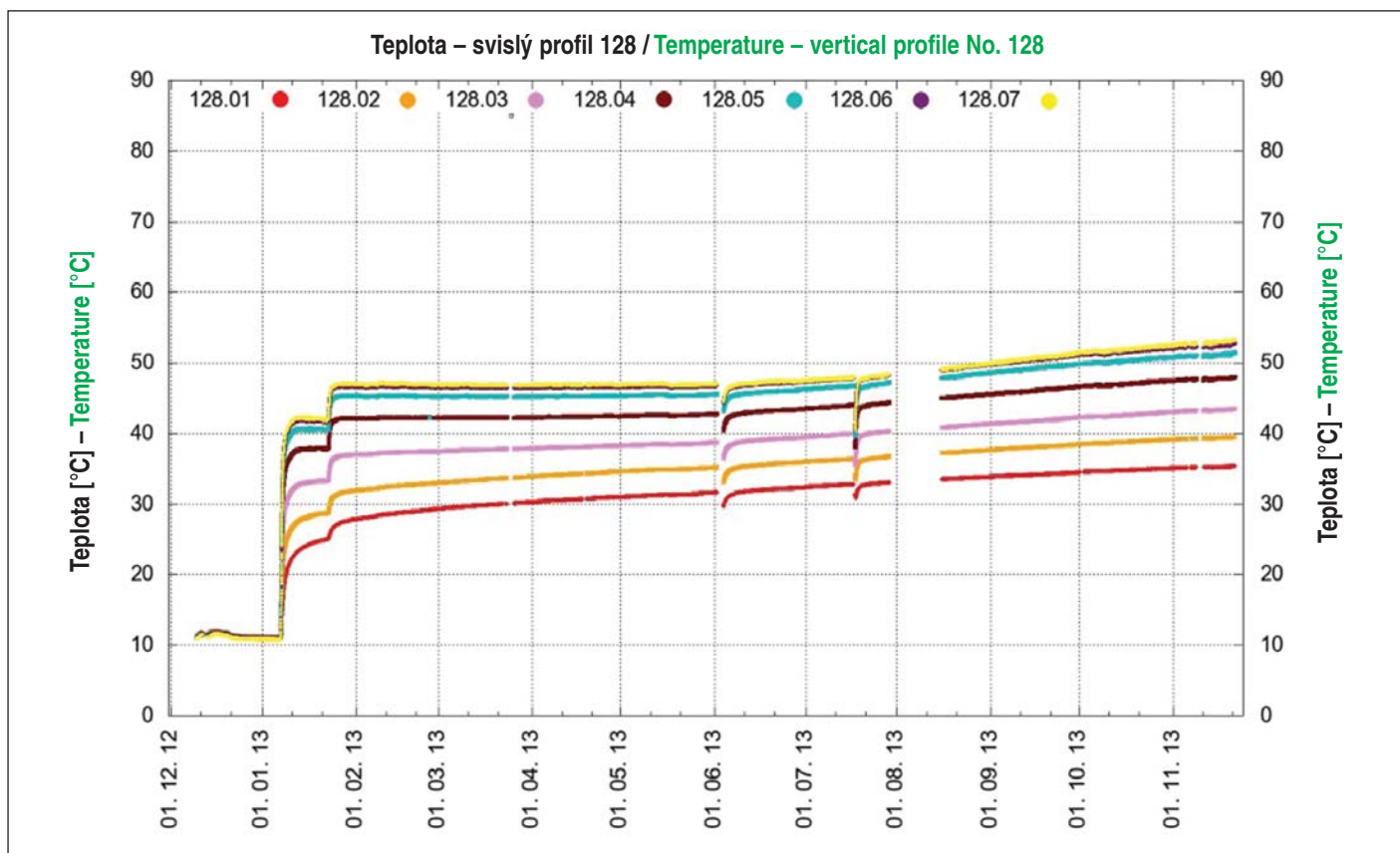
state, an overview of the functionality of the entire system and the experiment log. The web interface is available on the Centre of Experimental Geotechnics (CEG) web.

The Mock-up Josef experiment was instrumented, on the basis of good experience, similarly to the Mock-Up-CZ model. The laboratory physical Mock-Up-CZ model at a scale of 1:2 was realised during the 2000-2008 period (Svoboda, 2010; Pacovský, 2006). The comparison of measured values with the laboratory Mock-Up-CZ model is planned after the completion of the Mock-up Josef project.

The majority of tests, over 150, are focused on the observation of the development of the temperature inside the bentonite body. Temperature sensors were even installed in the rock surrounding the model. In addition, hydraulic cells measuring the values of pressure are installed inside the bentonite body. These measuring devices are installed in every third profile being measured (I to V); they measure pressure in three planes. In total, 45 hydraulic pressure cells are installed in the model. Relative moisture sensors providing information on the course of the bentonite saturation process were also installed in the bentonite.

MONITORING RESULTS

Data is collected during the course of the experiment operation at 10-minute intervals. An extensive database of quantities describing the behaviour of the bentonite layer is created. The most important is the measurement of the values of pressure and temperature in the bentonite. Most suitable for the presentation of measured data is the graphical representation of the course, expressing changes in the quantities with time. The obtained data provides immediate information on the bentonite layer behaviour, but it will be also used in the process of the development of the mathematical simulation of the bentonite barrier in a long-term interval. Samples are also taken for the purpose of verifying the



Obr. 8 Grafické znázornění měřené teploty v bentonitovém tělese v závislosti na době zatížení nahoře a dole umístění měřicích čidel 128 – řetězový teploměr, který měří teplotu po 2 cm

Fig. 8 Graphical representation of the temperature measured in the bentonite body depending on the loading duration on the top; locations of measurement sensors No. 128 – chain thermometer measuring temperature at 2cm intervals in the bottom

Z grafu 8 je patrný nárůst měřené teploty po 14 dnech provozu modelu a dva výpadky topidla. Po 14 dnech byla zvýšena teplota v topném tělese na hodnotu 100 °C, při které je v kontaktu mezi bentonitem a topným tělesem teplota 90 °C.

Podle různého průběhu hodnot měřené tlaku lze předpokládat, že nedochází k rovnoměrnému sycení bentonitové vrstvy. Tlaková čidla umístěná například na stejných pozicích a v různé hloubce měří jiné hodnoty tlaku. Vliv na různý měřený tlak můžou mít i nehomogenity způsobené konstrukcí modelu, například spáry (mezi bentonitovými bloky, mezi bloky a čidly) a jejich postupné zmenšování v důsledku bobtnání bentonitu. Nerovnoměrné rozložení vlhkosti a objemové hmotnosti potvrdil i vertikální odběr vzorků přímo z bariéry. Výsledky z odběru prokázaly různou vlhkost v řádech procent (na 30 cm hloubky od víka změna zhruba o 10 % hmotnostní vlhkosti). Z výsledků odběrů je patrná různá objemová hmotnost bentonitu po výšce modelu a mění se i stupeň saturace. S hloubkou od víka modelu stupeň saturace klesá a roste objemová hmotnost vysušené zeminy.

condition of the bentonite layer. The sampling results help to clarify the behaviour of the bentonite layer during the course of the experiment.

The increase in the measured temperature after 14 days of the model operation and two heater failures are obvious from Fig. 8. After 14 days the temperature in the heater was increased to 100°C, at which the temperature on contact between bentonite and the heater is 90°C.

It is possible to assume according to the different courses of the measured pressure values that the bentonite layer is not being saturated uniformly. Pressure sensors installed, for example, in identical locations and at different depths measure different pressure values. The different measured pressure can be also affected by inhomogeneities resulting from the model structure, for example joints (between bentonite blocks, between blocks and sensors), and their gradual diminishing due to bentonite swelling. The uneven distribution of moisture and density was even confirmed by the vertical sampling directly from the barrier. The results from the sampling proved moisture content varying in the order of per cent (the difference of about 10% of the weight-based moisture). The sampling results prove the density of bentonite varying along the model height; the degree of saturation also varies. The degree of saturation drops and the dry density of soil grows with the depth measured from the model cover.

It is obvious from the results of pressure measurements that bentonite starts to swell immediately after it is placed into a moist environment. Changes in the order of kPas were measured on some sensors already in initial hours of the model operation.

Z výsledků měření tlaků je zřejmé, že bentonit začíná bobtnat okamžitě po umístění do vlhkého prostředí. Změny v řádech kPa byly měřeny na některých čidlech již v prvních hodinách provozu modelu.

Z monitoringu teploty lze rozpoznat i rozdíly v tepelném zatížení bentonitu. U topného tělesa je bentonit zatížen 90 °C a na rozhraní bentonit hornina je měřena teplota cca 30 °C.

Naměřená data budou využitelná pro ověření výsledků z matematických modelů, které jsou jediným nástrojem pro simulaci dlouhodobého (statisíce let) chování bentonitu.

ZÁVĚR

Centrum experimentální geotechniky realizuje tříletý projekt demonstrační experiment Mock-up Josef. V podzemí štoly Josef umístěný fyzikální model Mock-up Josef poskytuje důležitá data o chování českého bentonitu při insitu zatížení teplotou a zvodnělým prostředím. V průběhu projektu jsou kontinuálně odečítány hodnoty veličin monitorovaných uvnitř bentonitového tělesa a horniny obklopující model. Nejvíce čidel odečítá hodnoty teploty po tepelném zatížení bentonitu a horniny. Dalším důležitým měřením je odečet hodnot tlaků z bentonitové vrstvy. Výsledky z prvních měření ukázaly, že bentonit začíná bobtnat v prvních hodinách po umístění do vlhkého prostředí a vliv na měření tlaku má i tepelné zatížení bentonitu (tepelná roztažnost). V průběhu provozu modelu jsou průběžně odebírány vzorky z bentonitové vrstvy. Odebrané vzorky napomáhají k vyhodnocení experimentu a poskytují aktuální informaci o stavu bentonitové bariéry.

PODĚKOVÁNÍ

Tento výzkum byl podpořen Správou úložišť radioaktivních odpadů a ČVUT v Praze projekt SGS13/131/OHK1/2T/11 – Hydrofyzikální vlastnosti nehomogenního materiálu na bázi bentonitu.

**ING. JIRÍ ŠTÁSTKA, jiri.stastka@fsv.cvut.cz,
ČVUT v Praze, Fakulta stavební,
Centrum experimentální geotechniky**

**Recenzovali: Ing. Lumír Nachmilner, CSc.,
Mgr. Jan Franěk, Ph.D.**

It is possible to recognise changes in the thermal loading acting on bentonite even from the monitoring of temperatures. At the heater, bentonite is loaded by 90°C, whilst at the bentonite-ground interface the measured temperature is about 30°C.

The measured data will be usable for the verification of results from mathematical models, which are the only tool for the simulation of long-term (hundreds of thousands of years) behaviour of bentonite.

CONCLUSION

The Centre of Experimental Geotechnics realises a three-year project, the Mock-up Josef demonstration experiment. The physical Mock-up Josef model installed in the underground space of the Josef gallery provides important data on the behaviour of Czech bentonite when it is loaded insitu by heat and a water-bearing environment. During the course of the project the values of quantities monitored inside the bentonite body and the rock surrounding the model have been continually read. Most sensors read values of temperature after loading the bentonite and rock by heat. Another important measurement is the reading of the values of pressures from the bentonite layer. The results from initial measurements showed that bentonite starts to swell during initial hours after placing it into a moist environment and the thermal load acting on bentonite (thermal expansion) also affects the measurements of pressure. Bentonite samples have been continually taken from the bentonite layer during the course of the model operation. The obtained samples are helpful in assessing the experiment and provide current information on the condition of the bentonite barrier.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research has been supported by the Radioactive Waste Repository Authority and by the Czech Technical University in Prague project SGS13/131/OHK1/2T/11 – Hydrophysical properties of bentonite-based inhomogeneous material.

**ING. JIRÍ ŠTÁSTKA, jiri.stastka@fsv.cvut.cz,
ČVUT v Praze, Fakulta stavební,
Centrum experimentální geotechniky**

LITERATURA / REFERENCES

- PACOVSKÝ, J., ŠTÁSTKA, J. *Příprava projektu demonstračního experimentu Mock-up Josef pro reálné podmínky granitických hornin*. Praha, 2010, 61 s.
- PACOVSKÝ, J. *The use of the Mock-up-Cz physical model in the design of engineered barriers*. Management of Natural Resources, Sustainable Development and Ecological Hazards. Southampton, UK: WIT Press, 2006-11-22, s. 827-836. DOI: 10.2495/RAV060811. Dostupné z: <http://library.witpress.com/viewpaper.asp?pcode=RAV06-081-1>
- RAUTIOAHO, E., KORKIALA-TANTTU, L. VTT TECHNICAL RESEARCH CENTRE OF FINLAND. Bentomap: Survey of bentonite and tunnel backfill knowledge [online]. 2009. vyd. [cit. 2014-02-03]. ISBN 978-951-38-7194-9. Dostupné z: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2009/W133.pdf>
- SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB (SKB). Buffer and backfill process report for the safety assessment SR-Can: Technical Report TR-06-18 [online]. 2006 [cit. 2013-05-23]. ISSN 1404-0344. Dostupné z: <http://www.skb.se/upload/publications/pdf/TR-06-18.pdf>
- SPRÁVA ÚLOŽIŠŤ RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ (SÚRAO). Budoucí hlubinné úložiště: Co potom? [online]. 2010 [cit. 2014-03-19]. Dostupné z: <http://www.surao.cz/cze/Uloziste-radioaktivnich-odpadu/Budouci-hlubinne-uloziste/Co-potom>
- SVOBODA, J., VASICEK, R. Preliminary geotechnical results from the Mock-Up-CZ experiment. *Applied Clay Science*. 2010, vol. 47, 1-2, s. 139-146. DOI: 10.1016/j.clay.2008.12.012. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169131708002949>

PREDIKCE GEOLOGICKÝCH POMĚRŮ PŘI RAŽBĚ TBM NA PROJEKTU NEELUM-JHELUM

TBM ADVANCE GEOLOGICAL FORECASTING ON THE NEELUM-JHELUM PROJECT

GARY PEACH, ARISTOTELIS CARAVANAS

ABSTRAKT

V severovýchodním Pákistánu je ve výstavbě projekt podzemní hydroelektrárny Neelum-Jhelum s instalovaným výkonem 969 MW. Část tunelů v délce přibližně 2x11,5 km je ražena za pomoci dvou plnoprofilových razicíh strojů TBM. Ražba tunelů probíhá místy v náročných geologických podmínkách. V průběhu ražeb je nepřetržitě používáno více systémů predikce kvality horninového masivu před čelbou tunelu. Příspěvek popisuje celkem tři nezávislé systémy pro predikci geologických poměrů před razicí hlavou TBM – jádrové předvrty, systém TST a systém ISIS.

ABSTRACT

The Neelum-Jhelum Underground Hydropower Project which is located in the North-East Pakistan is currently under construction. The hydroelectric project will have the installed capacity of 969MW. Portion of the tunnels with approximate length 2x11.5km is being excavated with usage of two full profile tunnel boring machines TBM. The excavation is locally undergoing through difficult rock mass conditions. There are few completely independent systems installed on each TBM in order to continually predict rock mass quality ahead of tunnel face. This paper details the three methods by which advance geological investigation is being carried out on the two TBMs – traditional probing, TST and ISIS seismic investigation systems.

ÚVOD

Projekt Neelum-Jhelum je situován do severovýchodního Pákistánu na území státu Azad Jammu and Kashmir v okrese Muzaffarabad. Voda z řeky Neelum bude svedena vodními přívaděči o délce cca 28,5 km k podzemní hydrocentrále. Přibližně v půli své trasy podcházejí přívaděče pod řekou Jhelum (obr. 1). Část přívaděčů mezi řekami Neelum a Jhelum je ražena za pomoci dvou TBM. Instalovaný výkon hydroelektrárny bude činit 969 MW při výšce vodního spádu cca 420 m.

Projekt je od roku 2008 ve fázi výstavby. Tunelový projekt podobného rozsahu a s užitím TBM nebyl v Pákistánu dosud realizován.

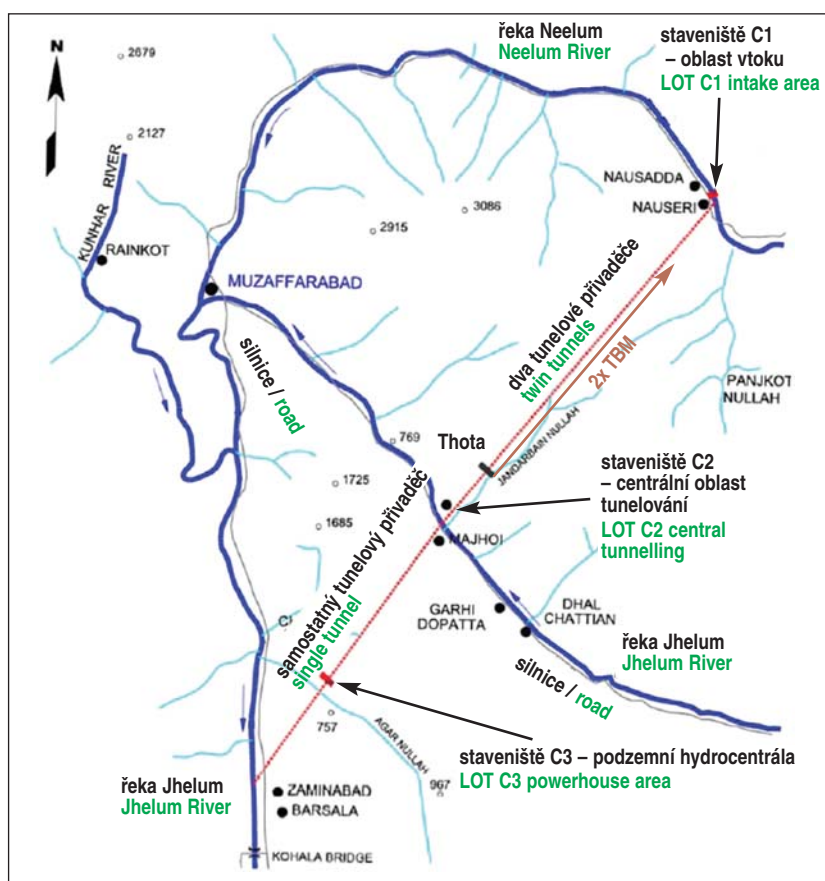
Investorem projektu je WAPDA – pákistánský úřad pro rozvoj vodního a energetického hospodářství. Dodavatelem projektu je sdružení společností China Gezhouba Group Company (CGGC) a China Machinery Engineering Corporation (CMEC). Supervizi provádí sdružení společností nazvané Neelum-Jhelum Consultants (NJC) sdružující americkou společnost Montgomery Watson Harza (MWH) International Inc., norský Norplan a. s., pákistánské National Engineering Services (NES), Associated Consulting Engineers (ACE) a National Development Consultants (NDC).

GEOLOGICKÉ POMĚRY

Geologické poměry pro ražbu tunelů byly shrnuty v dokumentaci pro provedení stavby [1]. Úsek tunelů, který bude ražen za pomoci TBM, je charakterizován zvrásněným, tektonicky porušeným souvrstvím sedimentárních hornin náležejících do formace „Nižší Murree“. Tato formace je tvořena zejména střídáním souvrství pískovců, jílovců a břidlic, která mohou dosahovat mocnosti až několik stovek metrů. Tab. 1 popisuje základní vlastnosti jednotlivých hornin.

INTRODUCTION

The Neelum Jhelum Hydroelectric project is located in the Muzaffarabad district of Azad Jammu and Kashmir, the North-East area of Pakistan. Water will be conveyed from the



Obr. 1 Situace ražeb, úsek mezi městečkem Thota a přehradou u Nauseri ražen za pomoci dvou TBM
Fig. 1 Layout of the tunnels; two TBMs are excavating the section between Thota town and Nauseri

Tab. 1 Charakteristiky hornin
Table 1 Rock Description

Hornina Rock	Popis Description	Pevnost v prostém tlaku [MPa] UCS [MPa]
Pískovce SS1 Sandstone SS1	Středně až hrubě zrnité, světle šedivé, pevné, dobře stmelené; vyšší pravděpodobnost přítomnosti podzemní vody Medium to coarse grained, grey in colour, well-cemented; with higher probability of presence of underground water	75–97
Pískovce SS2 Sandstone SS2	Středně zrnité, hnědé, šedé, středně pevné, některé mají tendenci se drobit Medium grained, brownish grey in colour, moderately strong, some of which are prone to decompose	38–55
Jílovce Mudstone	Jemně zrnité, červeno-hnědé, středně pevné, některé mají tendenci se drobit; suché, bez přítomnosti podzemní vody Fine grained, reddish brown in colour, moderately strong, some of which are prone to crumb; majority dry without presence of underground water	34–50
Břidlice Shale	Jemně zrnitá, červeno-hnědá, s nízkou pevností Fine grained, reddish brown in colour, weak	17–30

Očekávané geologické podmínky zahrnují možnost přítomnosti poruchových pásem, úseky se zvýšenými přítoky podzemní vody do výrubu a výrazné deformace výrubu. Z důvodů vysokých napětí in situ lze místy předpokládat výskyt silně tlačivých hornin. V takovém případě dochází k významnému vývoji deformací a nárůstu zatížení na tunelové ostění z dlouhodobého hlediska. Naopak v kvalitním horninovém masivu s vysokou pevností může při vysokém nadloží docházet k násilnému odprýskávání horniny do výrubu (rock bursting). Výška nadloží tunelů dosahuje až 2 km. Geologický podélný řez je prezentován na obr. 2.

Ražba tunelů probíhá v tektonicky aktivní oblasti s výskytem častých zemětřesení. V roce 2005 byl Kašmír epicentrem zemětřesení s magnitudou 7,6 Mw – tj. více než 7 stupňů na Richterově stupnici – které mělo katastrofální následky pro severní Pákistán [2].

PLNOPROFILOVÉ RAZICÍ STROJE TBM

Pro ražbu dvou hlavních přivaděčů v délce cca 2x11,5 km byly vybrány dva plnoprofilové otevřené tunelovací stroje Herrenknecht (obr. 3). Výběr byl ovlivněn úspěšnou aplikací stejného typu TBM na projektu Gotthardského bázového tunelu, kde TBM otevřeného typu vyrazilo cca 85 km z celkových cca 152 km ražeb.

Zvláštní pozornost byla věnována možným vysokým radiálním deformacím výrubu při vyšším nadloží a nepříznivých geologických podmínkách. Projektem předpokládaná maximální radiální deformace výrubu činí 500 mm. TBM otevřeného typu je vhodné do těchto podmínek, a to zejména z následujících důvodů – krátká délka předního štítu a možnost modifikace jeho částí s výsledným efektem zmenšení průměru štítu.

Průměr výrubu činí 8,5 m a plocha výrubu je 56,7 m².

SYSTÉMY PREDIKCE KVALITY HORNINOVÉHO PROSTŘEDÍ PŘED ČELBOU TBM

Oba tunelovací stroje TBM pro projekt Neelum-Jhelum byly navrženy tak, aby se vypořádaly s očekávanými geologickými podmínkami. Jakmile ražba pomocí TBM vstoupí do horninového prostředí s velmi špatnou kvalitou nebo s vysokými přítoky podzemní vody do výrubu, je často velmi obtížné a časově zdlouhavé na tyto podmínky reagovat. Nejlepším řešením bývá zlepšení kvality horninového prostředí v předstihu před ražbou. Pro takové řešení je ovšem nutno znát kvalitu horninového prostředí v co největším možném předstihu před čelbou výrubu. To poskytne čas pro

Neelum River through 28.5km long headrace tunnels to the underground hydropower station. The headrace tunnels approximately in the middle of their alignment pass below the Jhelum River (Fig. 1). Portion of headrace tunnels is being excavated with usage of two TBMs. The hydroelectric project will have the installed capacity of 969MW and a water head of 420m.

The project is under construction since 2008. No previous tunnelling projects of this scale have been constructed in Pakistan, and none constructed with relevant TBM methods.

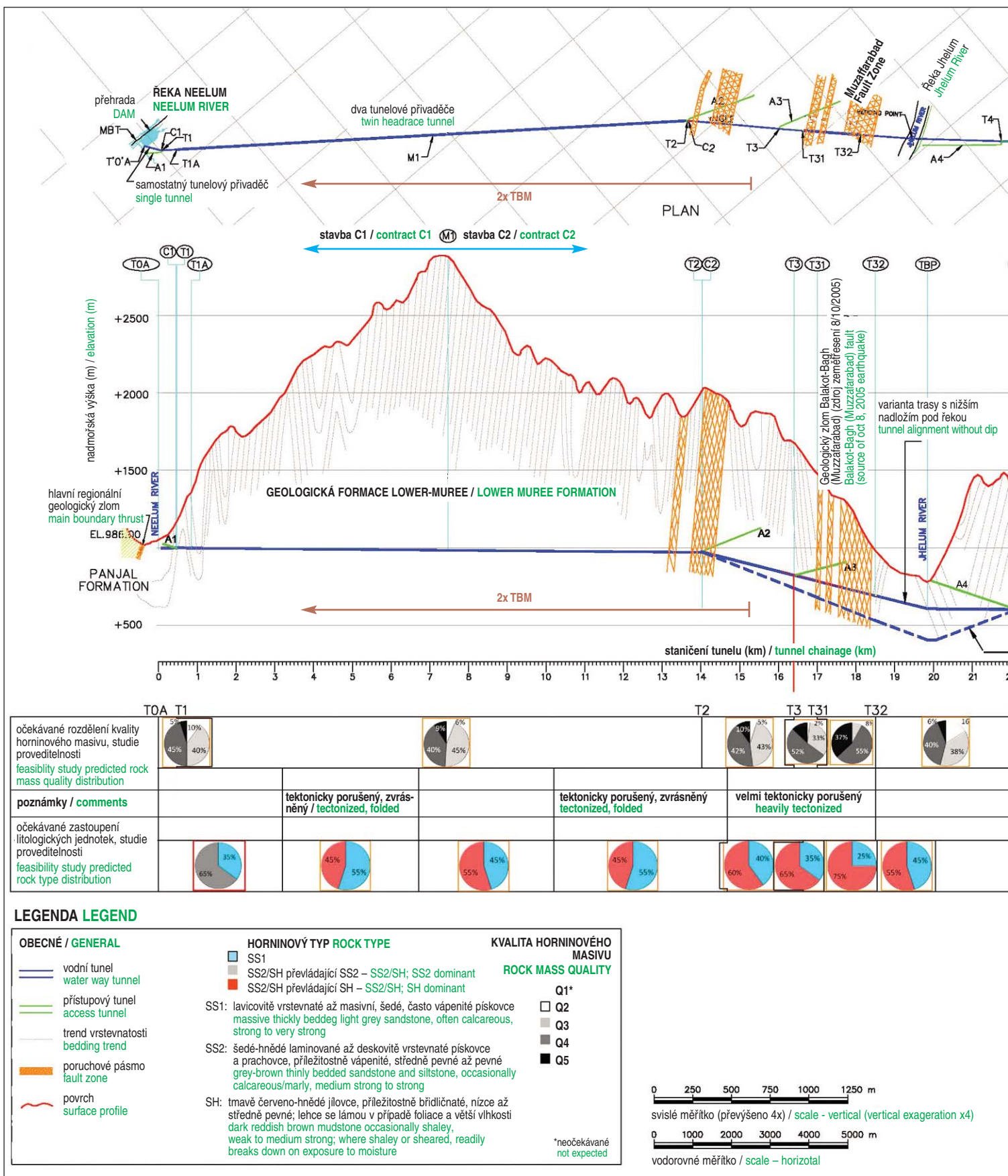
The client is the Water and Power Development Authority of Pakistan (WAPDA). The contractor is joint venture of the China Gezhouba Group Company (CGGC) and China Machinery Engineering Corporation (CMEC). The supervision is carried out by the Neelum-Jhelum Consultant (NJC) which is a joint venture of American company Montgomery Watson Harza (MWH) International Inc., Norwegian company Norplan, and Pakistani companies National Engineering Services (NES), Associated Consulting Engineers (ACE) and National Development Consultants (NDC).

GEOLOGICAL CONDITIONS

Geological conditions for excavation of tunnels were detailed in Detailed Design Report [1]. The geology in the TBM section is characterized by a folded, heavily tectonized sedimentary sequence belonging to the Lower Murree Formation. This formation consists mainly of inter-bedding sandstone, mudstone and shale units with hundreds of meters thickness. Table 1 provides basic features of these rocks.

Expected geological conditions include possibility of presence of highly fractured rock, sections with high water inflows and high deformations. Squeezing ground is expected in some sections because of high in-situ stresses. In such case significant deformation and increased load on rock support take place in the long term. On the contrary, rock bursting is anticipated in brittle hard rock where the overburden is very high. The overburden of headrace tunnels reaches up to 2km. A geological longitudinal section of the headrace tunnels is shown in Fig. 2.

The project area is seismically active with number of earthquakes experienced in the recent past. An earthquake of magnitude 7.6Mw, i.e. more than 7 grades of Richter magnitude, occurred in Kashmir in 2005 [2]. The earthquake had catastrophic effects for entire Northern Pakistan.

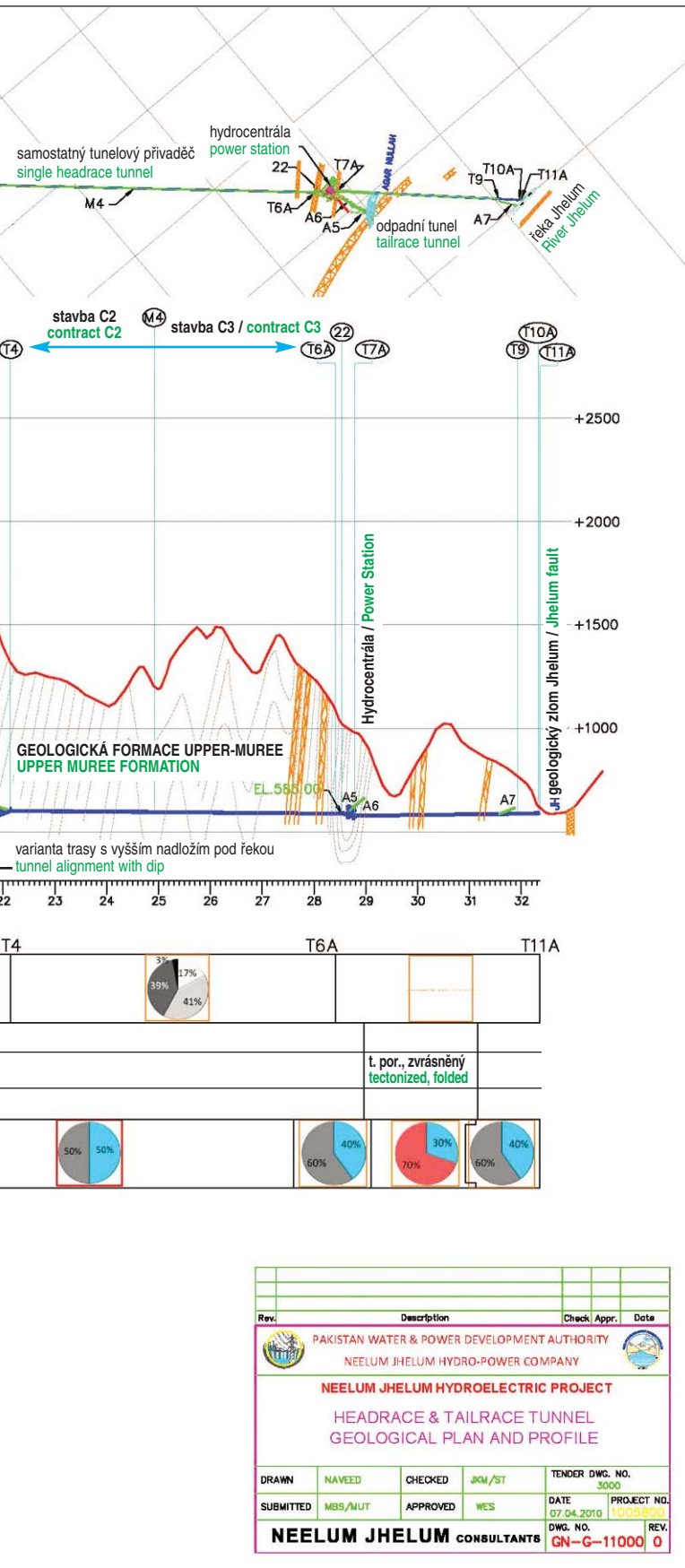


Obr. 2 Geologický podélný řez
Fig. 2 Geological longitudinal section

vyhodnocení a naplánování nejefektivnějšího postupu. Z toho důvodu jsou TBM na projektu Neelum-Jhelum vybavena třemi nezávislými systémy pro průzkum horninového prostředí před čelbou tunelu. Jmenovitě se jedná o předvrty, systém TST a systém ISIS. Všechny tři systémy jsou používány

FULL PROFILE TUNNEL BORING MACHINES TBM

Two full profile Herrenknecht TBMs of the open hard rock type (Fig. 3) were chosen to excavate two headrace tunnels sections of approximate length 2x11.5km. The type of TBM selected was taken after evaluating the most up to date TBM



Obr. 3 Plnoprofilové TBM na projektu Neelum-Jhelum
Fig. 3 Full-face open type TBM, Neelum-Jhelum Project

designs including successful application of TBM in Gotthard Base tunnel in Switzerland. Here very similar Open (Gripper) type TBMs excavated some 85km of the 157km tunnel system.

A significant consideration for the TBM selection was the possibility of encountering squeezing ground, with possible radial deformations of up to 500mm. This would exclude many types of TBM due to the inability of certain TBMs types to cope with this condition without becoming trapped within the tunnel. The Open (Gripper) TBM is best suited to deal with this potential condition, due to the short length of the front shield and its ability to collapse inwards various sections of the front shield, depending upon ground conditions, and still maintain the ability to excavate forward.

The designed tunnel excavation diameter is 8.5m giving a total face area of 56.75m².

TBM ADVANCE GEOLOGICAL FORECASTING EQUIPMENT

Both TBMs have been designed to have equipment and facilities to deal with expected geological conditions, refer to Section 2. However, it is often too late to successfully and efficiently deal with difficult rock mass conditions including high water ingress when TBM excavates into the particular type of condition. Improvement of rock mass conditions ahead of tunnel face is often the best solution.

Therefore it is preferable that any information on potential adverse ground conditions is obtained as far in advance of the TBM encountering the feature as possible. This will allow

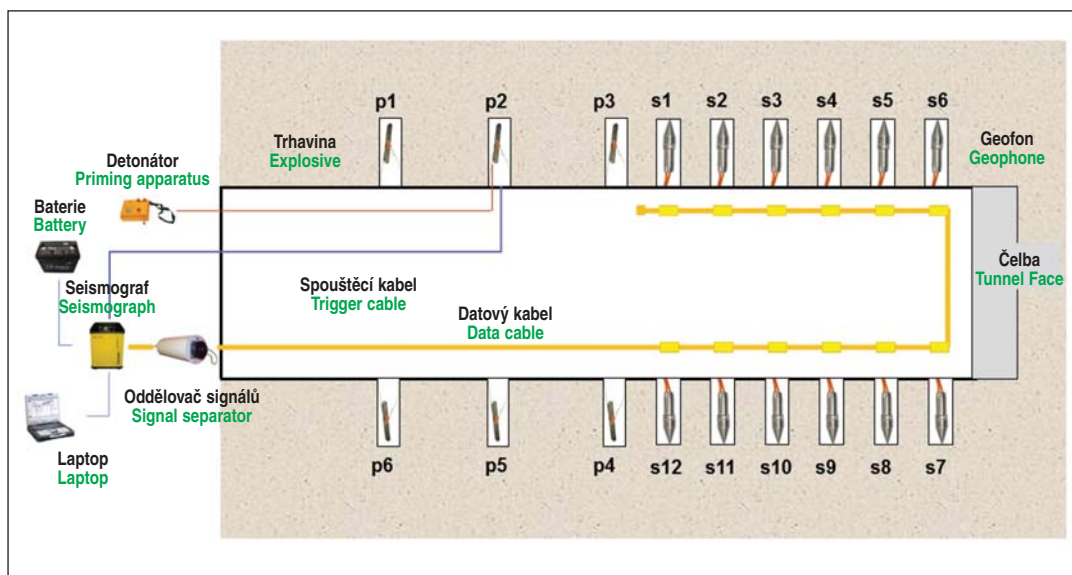


Obr. 4 Vrtná soustrojí pro zhotovení vrtů před čelbou TBM vně obrysu
Fig. 4 Drilling equipment for probing ahead of TBM

současně a nepřetržitě. Vzájemné porovnání a zpětná analýza zvyšuje přesnost předpovědi kvality horninového masivu.

PŘEDVRTY

Na každém TBM jsou v jeho přední části nainstalována dvě vrtná soustrojí pro zhotovení vrtů před čelbou tunelu – první



Obr. 5 Rozmístění přístrojů při TST
Fig. 5 Disposition of equipment during TST

je umístěné napevno v horní části TBM (obr. 4), druhé je otočné a umožňuje vrtání v rozsahu plných 360°. Dvě vrtná soustrojí jsou nutností z důvodu možnosti mít k dispozici záložní vrtné soustrojí v případě poruchy nebo údržby prvního. Zadávací dokumentace stanovila nutnost nepřetržitého zjišťování kvality horninového prostředí před čelbou TBM pomocí předvrtů s minimálním vzájemným přesahem jednotlivých vrtů 10 m a s minimální délkou předvrtů 60 m.

V průběhu vrtání jsou zaznamenávány zejména následující údaje – rychlost a stálost penetrace, přítlak, barva výplachu, tvar a velikost úlomků výnosu, přítok podzemní vody do vrtu, atd. Na jejich základě, a i v porovnání s ostatními dvěma metodami, je možné stanovit, zda se před čelbou nenachází například poruchové pásmo, oblast s vyššími přítoky podzemní vody do výrubu, apod.

SYSTÉM TST

TST systém je používán na projektu Neelum-Jhelum pro predikci horninového prostředí v tunelech ražených za pomoci TBM, ale také pro ražby za pomoci trhavin vedoucích přes hlavní poruchové pásmo, tzv. „Muzafarabad Fault Zone“ a pod řekou Jhelum. TST systém pro projekt Neelum-Jhelum byl vyvinut Ústavem inženýrské geofyziky v Pekingu. TST, neboli seismická tomografie tunelu, sestává z registrace a vyhodnocení seismických vln generovaných odpaly náložek ve stěnách tunelu a zjišťování rychlostí šíření vln v horninovém prostředí. Systém zohledňuje nestejné časy šíření seismických vln přicházejících z různých směrů přes zkoumané prostředí. Náložky a přijímače jsou umístěny po obou stranách tunelu obvykle cca 20 až 30 m za čelbou (obr. 5).

time to assess the situation and take the best effective measures. With this in mind, the TBMs used on the project have been equipped with three separate and independent systems for carrying out advance geological investigation. These are probe drilling, TST system and ISIS system. All three systems are used at all times on the project. Mutual comparison and back analysis improve accuracy of geological forecasting.

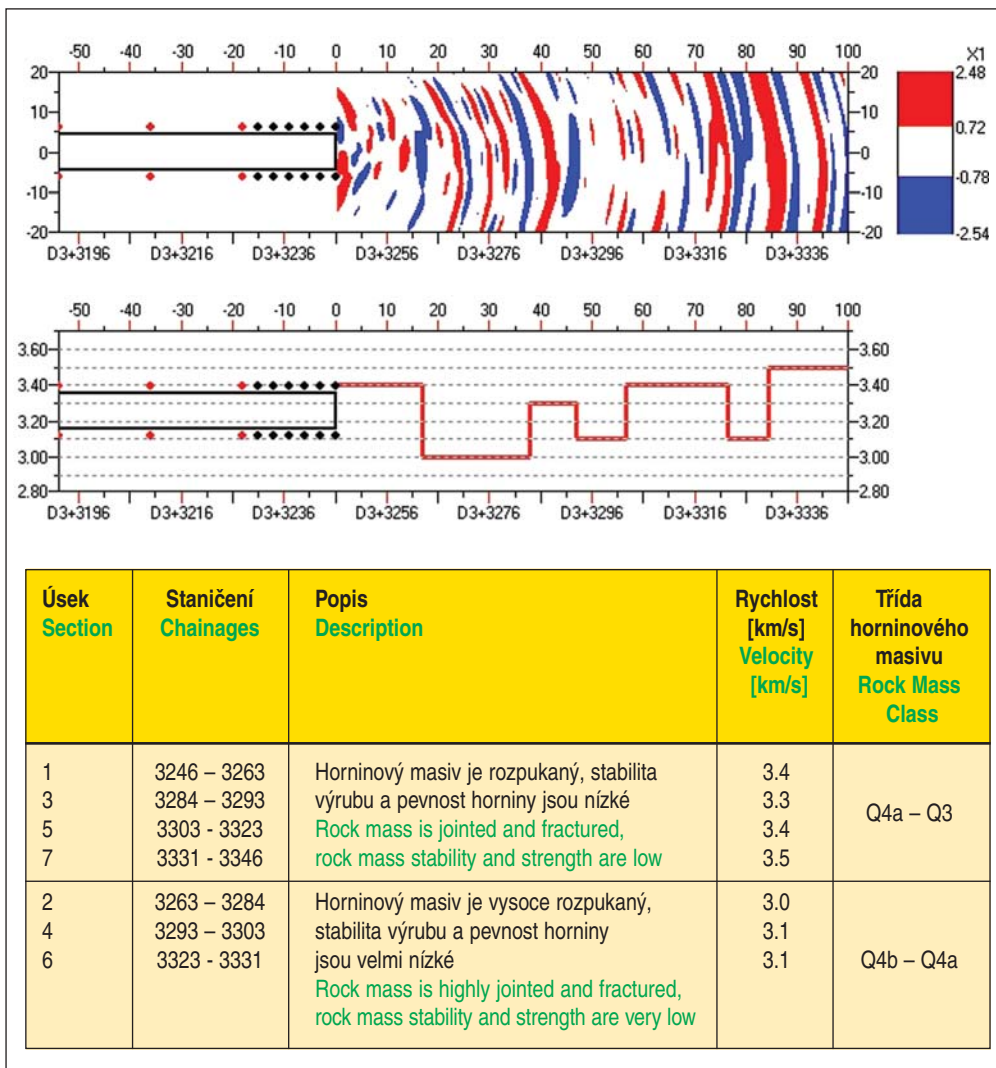
PROBING

Each TBM has been equipped with two separate probe drilling machines, located at the front of the TBM. One has been positioned in a fixed position at the tunnel crown (Fig. 4), whilst, the second is located on a rotary track which enables the probe drill to move the full 360° around the tunnel circumference. Two probe drilling machines are required in order to have one spare in case of breakdown or maintenance. The contract specification requires continuous probing ahead of TBM with 60m minimum probing length and a minimum 10m overlap at all times between successive probes.

Especially the following information is recorded during probing – rate and steadiness of penetration, pressure, colour of rock chippings, shape and size of chippings, water inflow, etc. Based on probing results and also in comparison with other two systems it is possible to predict presence of weakness zones and sections with water ingress ahead of tunnel face.



Obr. 6 Systém TST – používané přístroje: 1 – seismograf + laptop; 2 – roznětnice; 3 – datový kabel; 4 – spouštěcí kabel; 5, 6 – geofony, oddělovač signálů
Fig. 6 TST system – equipment used: 1 – seismograph + laptop; 2 – sparker; 3 – data cable; 4 – trigger cable; 5, 6 – geophones, signal separator



Obr. 7 Předpověď kvality horninového prostředí před čelbou – systém TST; nahoře: předpověď struktury masivu (červeně – přechod do pevnější horniny; modře – přechod do méně pevné horniny); dole: rychlost šíření seismických vln v horninovém masivu

Fig. 7 Advance geological forecasting - TST system; above: Geological Structure Migration Image (red – rock turns to be harder; blue – rock turns to be weaker); below: Rock Seismic Wave Velocity Distribution

Systém TST zahrnuje tzv. F-K filtrování za účelem zlepšení predikce. F-K filtrování zajišťuje, že do vyhodnocení jsou začleněny pouze vlny z požadovaného směru, tj. před čelbou v budoucí trase tunelu. Jedním z výsledků TST je rozložení rychlosti šíření seismických vln v horninovém prostředí před čelbou tunelu až do vzdálenosti cca 100 m.

Pomocí TST lze předpovídat poruchová pásma, rozhraní litologických jednotek, apod. Přítomnost vody v horninovém prostředí není možné tímto systémem předpovídat. Uvedená chyba předpovědi je 10 % a rozlišení 1 m.

Na obr. 6 jsou uvedeny přístroje používané při predikci horninového prostředí pomocí systému TST, tj. seismograf, geofony, oddělovač signálů, roznětnice atd.

Pro vyhodnocování dat je použit software TST společnosti Beijing Tongdu Engineering Physics Ltd. Výstup z aplikace může být i ve formě zpráv s předpovědí kvality horninového prostředí před čelbou (obr. 7).

SYSTÉM ISIS

ISIS systém byl vyvinut společností Herrenknecht AG [3] a v doslovném překladu znamená integrovaný seismický zobrazovací systém. Systém ISIS pracuje na principu reflexní seismiky a spočívá ve vyvolání seismických vln pomocí nárazu pneumatického kladiva do stěn výrubu (obr. 8). Náraz vyše povrchové vlny podél stěn výrubu, které se na čelbě transformují do prostorových



Obr. 8 Nárazové kladivo systému ISIS [3]
Fig. 8 Impact hammer of ISIS system [3]

TST SYSTEM

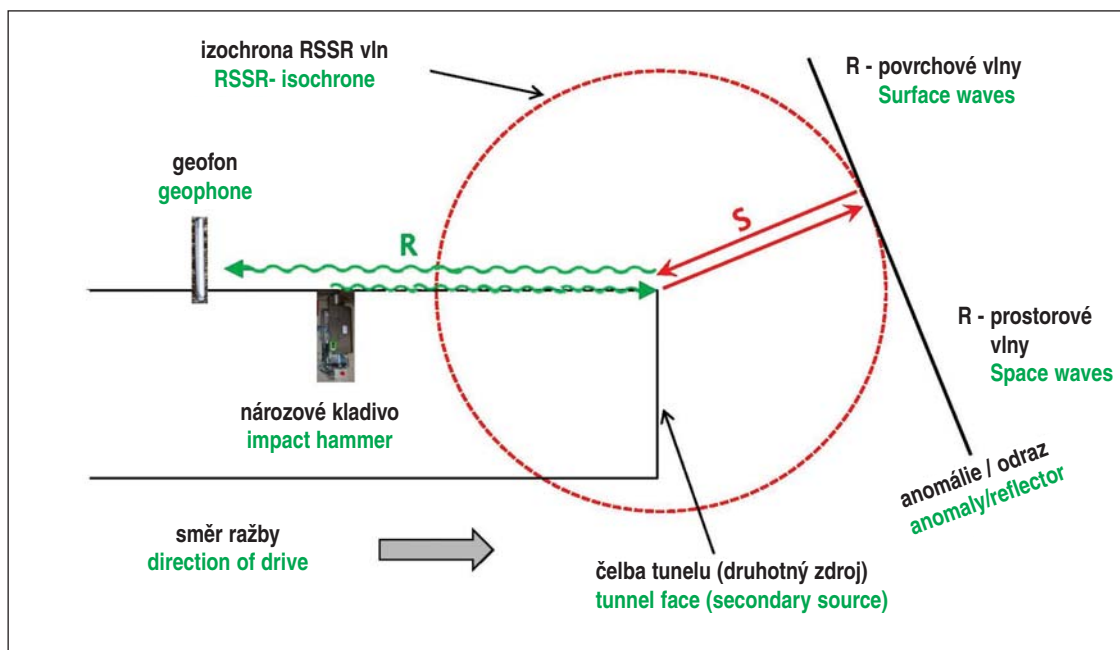
TST system is used to predict geological conditions ahead of tunnel faces not only in TBM drives but also in D&B tunnels passing through Muzaffarabad Fault Zone and below the Jhelum River. TST system has been developed by Beijing Tongdu Engineering Geophysics. TST, i.e. Tunnel Seismic Tomography, is based on recording and evaluating of velocities of seismic waves generated by small charges detonated in both tunnel walls. The system takes into account unequal time of seismic waves' propagation coming from different directions of surveyed location. Charges and geophones are typically located on both sides of tunnel approximately 20 to 30m behind the face (Fig. 5).

TST system includes F-K filtering. TST filters out the tunnel surface wave and sidewise reflected wave to ensure only the wave from ahead of the tunnel face will be used in migrated image computations. One of the TST outputs is the rock velocity distribution in rock mass up to 100m ahead of tunnel face.

TST can forecast geological features such as fault structures, interfaces of different type of lithology and others. TST cannot predict presence of underground water in rock mass. The error percentage is within 10%, the resolution is 1 meter in scale.

Equipment used for TST test is presented in Fig. 6. This includes seismograph, geophones, signal separator, sparker, etc. Data are evaluated with usage of TST Data Process Software which was developed by Beijing Tongdu Engineering Physics Ltd. Typical report on geological forecasting produced by TST application is shown in Fig. 7.

Equipment used for TST test is presented in Fig. 6. This includes seismograph, geophones, signal separator, sparker, etc. Data are evaluated with usage of TST Data Process Software which was developed by Beijing Tongdu Engineering Physics Ltd. Typical report on geological forecasting produced by TST application is shown in Fig. 7.



Obr. 10 Princip systému ISIS [3]

Fig. 10 ISIS principle of measurement [3]

< Obr. 9 Geofony systému ISIS [3]

Fig. 9 ISIS geophones [3]

vln. V případě změny hustoty horninového prostředí dochází k jejich částečnému odrazu a zachycení pomocí geofonů (obr. 9). Vyhodnocením výsledků je možné určit „překážky“ před ražbou, poruchová pásma, kaverny, apod. Princip systému je vyobrazen na obr. 10. Předpověď anomálií v horninovém prostředí je možná až do vzdálenosti 150 m a to s přesností 5 až 10 m.

ZÁVĚR

Sestavení dvou TBM na projektu Neelum-Jhelum bylo provedeno v druhé polovině loňského roku. Všechny tři zmínované systémy predikce kvality horninového prostředí před čelbou TBM – předvrty, systém TST a systém ISIS – byly nainstalovány na oba tunelovací stroje a jsou v provozu. Nepřetržitě sledování, vyhodnocování a zpětná analýza výsledků ze všech tří měření přispívají ke zkvalitnění předpovědi kvality horninového prostředí a k přesnějšímu porozumění chování jednotlivých systémů v daných geologických podmínkách. Vzhledem k relativně krátké vyražené vzdálenosti pomocí TBM není zatím možné věrohodně porovnat spolehlivost jednotlivých systémů. Nicméně lze konstatovat, že předvrty jsou nenahraditelné z hlediska predikce přítomnosti podzemní vody v horninovém masivu před TBM.

GARY PEACH, tbm-c2@njajk.com, NORPLAN,
ARISTOTELIS CARAVANAS, arista@post.cz,
MWH Americas

Recenzovali: Ing. Martin Srb, Ing. Jaromír Zlámal

ISIS SYSTEM

ISIS system has been developed by the Herrenknecht AG [3] and it means Integrated Seismic Imaging System. The system works on the principle of reflexive seismic with a pneumatically initiated hammer blow on the tunnel wall (Fig. 8). The impact sends surface waves along the tunnel wall. The waves later transform to a space waves at tunnel face. Where rock mass density changes waves are partially reflected and recorded by geophones (Fig. 9). The result is advance detection of “obstacles” ahead of the face including weakness zones, cavities, etc. The principle of the ISIS system is shown in Fig. 10. The early detection of anomalies is possible with accuracy of 5 to 10m and up to maximum distance of 150m.

CONCLUSION

The immense task of installation of the two Open (Gripper) TBMs was completed in the second half of the last year. All of the three advance geological forecasting equipment – probing, TST and ISIS systems - have been installed on the two TBMs. The continuous monitoring, evaluating and back analysing of data obtained from the various systems are constantly improving accuracy of advanced rock mass investigation. The ability to cross reference the systems allows determining the effectiveness of each system for particular rock mass conditions. It has not been possible to establish reliability of the systems yet because of relatively short distance excavated by TBMs. However, it is a fact that probing ahead of TBM is unreplaceable in terms of prediction of groundwater in rock mass.

GARY PEACH, tbm-c2@njajk.com, NORPLAN,
ARISTOTELIS CARAVANAS, arista@post.cz,
MWH Americas

LITERATURA / REFERENCES

- [1] NORCONSULT, Engineering Geology of Headrace Tunnel, Detailed Design Report, October 1997
- [2] ZARÉ, M., KARIMI-PARIDARI BALAKOT, S. Muzaffarabad Earthquake of 8 October 2005, Mw 7,6, Field Observations on Geological Aspects, *The 14th World Conference on Earthquake Engineering*, 2008
- [3] <http://www.herrenknecht.com>

FOTOREPORTÁŽ Z VÝSTAVBY A PRERÁŽKY TUNELA ŠIBENIK NA STAVBE DIAĽNICE D1 JÁNOVCE – JABLONOV

PICTURE REPORT FROM THE CONSTRUCTION AND BREAKTHROUGH OF ŠIBENIK TUNNEL ON JÁNOVCE – JABLONOV SECTION OF THE D1 MOTORWAY CONSTRUCTION



Obr. 1 Prvý záber na západnom portáli – južná tunelová rúra – začiatok razenia tunela Šibenik 29.6.2013

Fig. 1 Initial advance round at the western portal – the southern tunnel tube – the commencement of driving the Šibenik tunnel on 29/06/2013



Obr. 2 Prípravné práce na východnom portáli 2. 8. 2013

Fig. 2 Preparation work on the eastern portal on 02/08/2013



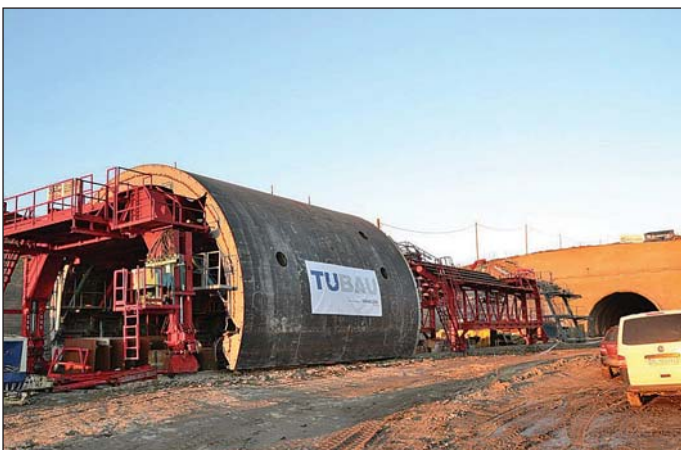
Obr. 3 Začiatok razenia priečneho prepojenia 19. 12. 2013

Fig. 3 Commencement of the excavation of the cross passage on 19/12/2013



Obr. 4 Ukončenie razenia zo strany východného portálu 20. 12. 2013

Fig. 4 The end of driving the tunnel from the eastern portal on 20/12/2013



Obr. 5 Príprava debnenia na západnom portáli 20. 03. 2014

Fig. 5 Preparation of formwork at the western portal on 20/03/2014



Obr. 6 Izolovanie prvého záberu v severnej tunelovej rúre 8. 4. 2014

Fig. 6 Installation of waterproofing in the first advance round in the northern tunnel tube on 08/04/2014

Autor všech fotografií Ing. Milan Majerčík / Ing. Milan Majerčík, the author of all photographs



VIS, a.s. zajišťuje

- investorské služby a inženýrskou činnost zejména pro dopravní stavby, komunikace, mosty, tunely (vč. technologického vybavení)
- konzultační činnost v investiční výstavbě
- měření a sledování při ražbě a výstavbě tunelů
- zabezpečení vstupních podkladů, projektové přípravy a dodávek pro stavby



VIS, a.s.

Bezová 1658/1
147 01 Praha 4

tel.: 244 466 111
fax: 244 462 512

e-mail: vis@vis.cz
<http://www.vis.cz>



Ověřte Vaši konstrukci programem ATENA

Připojte se ke špičkovým inženýrům, kteří používají počítačovou simulaci pro kontrolu a navrhování bezpečných a spolehlivých staveb



Nabízíme:

- jedinečný software pro nelineární analýzu a hodnocení bezpečnosti
 - programy ATENA Engineering, ATENA Science, SARA
- uživatelskou podporu a údržbu
- poradenství v oblasti nelineárních výpočtů a spolehlivosti konstrukcí

Použití pro:

- tunely, podzemní stavby, mosty, budovy, energetické a vodohospodářské stavby
- prostý a vyztužený beton, drátkobeton, vláknobeton
- stanovení šířky trhlin, deformací, optimalizaci výztuže
- ověření únosnosti, odolnosti, spolehlivosti, zesilování konstrukcí (například tunelové klenby)



Na Hřebenkách 55 • 150 00 Praha 5 • tel: +420 220 610 018

e-mail: cervenka@cervenka.cz • web: www.cervenka.cz



ANKRA spol. s r.o.
U Tesly 1825,
735 41 Petřvald
Česká republika

**Nabízíme
prvky primárního ostění**

Výroba a dodávky:

- Injektážní závrtné tyče řady AR (IBO tyče)
- Injektážní svorníky PAKRAN - 5A
- Těsnící pakry - těsnění injektážních vrtů
- SN - kotvy všech rozměrů
- Příhradové nosníky řady GT pro primární ostění
- Injektážní jehly zaháněné a samozávrtné

Zařízení pro instalaci a testování:

- Plnicí soupravy pro všechny typy expanzních svorníků
- Čerpadla a multiplikátory pro expanzní systémy
- Tahoměry včetně adaptérů pro testování široké škály kotevních prvků

Servis:

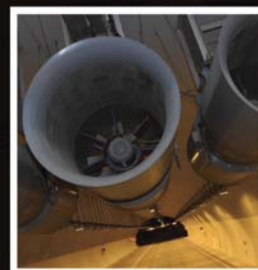
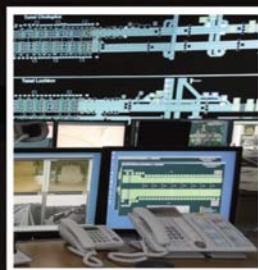
- Testování
- Pronájem zařízení pro instalaci a testování
- Poskytování vývojových služeb

Tel: 596 539 144

Fax: 596 541 798

E-mail: ankra@ankra.cz

www.ankra.cz



**Servis a údržba technologií Silničního okruhu
kolem Prahy**

**Service and Maintenance Technology Prague
City Ring Road**

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Řídicí systém tunelů | <input type="checkbox"/> Tunnel control system |
| <input type="checkbox"/> Systém liniového řízení dopravy | <input type="checkbox"/> Highway line traffic control system |
| <input type="checkbox"/> Kamerové systémy | <input type="checkbox"/> CCTV systems |
| <input type="checkbox"/> Řídicí centrum Rudná | <input type="checkbox"/> Control Centre in Rudná |
| <input type="checkbox"/> Dopravní značení | <input type="checkbox"/> Road signalling |
| <input type="checkbox"/> Vzduchotechnika | <input type="checkbox"/> Ventilation in the tunnels |
| <input type="checkbox"/> Osvětlení | <input type="checkbox"/> Lighting |
| <input type="checkbox"/> Bezpečnostní systémy | <input type="checkbox"/> Safety systems |
| <input type="checkbox"/> Napájení | <input type="checkbox"/> Power supply |

ELTODO

www.eltodo.cz

HILTI**Hilti. Outperform. Outlast.**

Upevnění nepropustné membrány v tunelech

**DX 460 F8 vsazovací přístroj****Hřeb X-C 32/37 s podložkou****Tunelová PVC podložka X-TW**

Referenční projekty:

- Tunel Blanka (ČR)
- Pražské metro (ČR)
- Tunel Nové spojení Praha (ČR)



Hlavní výzvou je během připevňování nepropustné membrány rychlost a přesnost. Membrána nesmí být za žádných okolností poškozena, jinak hrozí průsaky vody. Proto jsou často pokládány až ve třech vrstvách, přičemž každá z nich dosahuje tloušťky 1-3 mm. Důraz je kladen na kvalitu hřebů a izolačních příchytok, které připevní jak membránu, tak geotextilii, která ji odděluje od vrstvy betonu.

V oblasti přímé montáže těží společnost Hilti z dlouholetých zkušeností. Pro upevnění nepropustných membrán je vhodné použití X-C 32/37 hřebů společně s PVC tunelovými podložkami X-TW. Ty se vyznačují výbornou odolností a to i při teplotách okolo -10°C . Zásadní předností této aplikace je rychlost.

AZCONSULT®

- Geotechnika a inženýrská geologie
- Geotechnický monitoring
- Hydrogeologie a vodní hospodářství
- Ochrana životního prostředí
- Projektování geotechnických staveb
- Projektování vodohospodářských a dopravních staveb
- Hornická činnost a činnost prováděná hornickým způsobem

**AZ Consult, spol. s r.o.**

Klíšská 12, Ústí nad Labem 400 01

www.azconsult.cz

tel: 475240888 email: azconsult@azconsult.cz

Zažít pokrok.

R 924 Compact Tunnel: nejkompaktnější tunelové rypadlo.

- Poloměr otáčení zádě jen 1,70 m
- Výkyvné rameno s 2 x 45° naklápěcími ložisky
- Optimalizovaný hydraulický systém pro práci s frézou
- Filtr pevných částic výfukových splodin certifikován dle standardu VERT



Liebherr-Stavební stroje CZ s. r. o.
Vintrovna 17, 664 41 Popůvky u Brna
Tel.: +420 547 425 330
E-mail: info.lsc@liebherr.com
www.facebook.com/LiebherrConstruction
www.liebherr.cz

LIEBHERR

Firemní skupina

ZE SVĚTA PODZEMNÍCH STAVEB / THE WORLD OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

MOZAIKA ZE SVĚTA

VÝSTAVBA TUNELŮ NA RAKOUSKÉ S10
POKRAČUJE

Naši jižní sousedé usilovně pokračují ve stavbě rychlostní komunikace S10, která směřuje od Lince kolem Neumarktu a Freistadtu na státní hranici s Českou republikou.

S10 navazuje na A7 u obce Unterweikersdorf a v současnosti rozestavěný úsek je 22 km dlouhý a končí obchvatem Freistadtu. Z důvodu ochrany místních obyvatel a životního prostředí má trasa velký podíl hloubených a ražených tunelů – celkem 10 km. Z nich nejdelší je 4,4 km dlouhý tunel Götschka. Jeho východní trouba je stoupající a s ohledem na gradient bude třípruhová. Proražena byla 4. listopadu 2013. Prorážka západní dvoupruhové trouby, která klesá jižním směrem, proběhla o dva měsíce dříve.

Vedle již dříve postaveného a obousměrně provozovaného tunelu pod Neumarktem byl v polovině května 2013 proražen druhý 1,3 km dlouhý tunel. Na obou koncích na jeho ražené portály navážou hloubené úseky, takže celková délka tunelu bude 1,8 km. Definitivní ostění tunelu má být hotovo koncem roku 2014. Po jeho uvedení do provozu, koncem roku 2015 bude stávající tunelová trouba rekonstruována a prodloužena o hloubené úseky.

NOVÝ BÁZOVÝ TUNEL SEMMERING

Na stavbě probíhaly již dva roky různé přípravné práce, než se v lednu 2014 přistoupilo k pracím na prvním tunelovém projektu. Po zřízení přístupových komunikací a zařízení staveniště bude zahájeno hloubení dvou 400 m hlubokých šachet o průměru 10 m. Na jejich dně se vyrobou kaverny, ze kterých se na dvě strany rozrazí železniční tunely. Směrem na Glöggnitz budou s ohledem na geotechnické podmínky nasazeny na úseku 8,6 km dva tunelovací stroje. V opačném směru na Mürzzuschlag bude 4,3 km tunelu raženo podle zásad NRTM.

FEHMARNBELT TUNEL

V Kodani se 21. ledna 2014 za účasti 400 zástupců 200 evropských dodavatelských společností konala akce, jejímž účelem bylo poskytnout informace o dvou budoucích soutěžích v rámci stavby podmořského tunelu mezi Německem a Dánskem. Akce se zúčastnili nejen hlavní uchazeči, ale i případní poddodavatelé. Vedle zástupců společností z Německa, Dánska, Anglie, Francie, Itálie, Španělska, Nizozemska, Belgie, Rakouska, Švédska a Portugalska i zde byli zástupci firem z České republiky.

Tunel bude přibližně 18 km dlouhý a bude tvořen dvěma železničními, dvěma dvoupruhovými automobilovými troubami a servisními i únikovými koridory. Jeho stavba by měla být zahájena v létě 2015 za předpokladu, že souhlas se stavbou do té doby vyjádří dánský parlament a příslušné německé úřady, což se očekává.

ZAHÁJENÍ ZKUŠEBNÍHO PROVOZU
V GOTTHARDSKÉM BÁZOVÉM TUNELU

Na přibližně 13 km dlouhém úseku gotthardského bážového tunelu mezi jižním portálem u Bodio a multifunkční podzemní stanicí Faudo byl v listopadu 2013 zahájen zkušební provoz. Je to první zcela dokončený a kompletně vybavený úsek bážového tunelu. Zkušební vlaky testují maximální rychlostí 220 km/hod. Zkušební provoz potrvá do června 2014 a má přinést informace o plné spolehlivosti všech systémů vybavení tunelu.

Kompletní vybavení celého tunelu se předpokládá v říjnu 2014 a zkušební provoz celého tunelu bude zahájen v roce 2015.

Výsledky zkušebního provozu budou důležitým předpokladem pro dodržení plánovaného slavnostního zahájení provozu celého díla 4. června 2016.

LIPSKÝ ŽELEZNIČNÍ MĚSTSKÝ TUNEL UVEDEN
DO PROVOZU

Železniční tunel pod centrem Lipska dlouhý 3,9 km byl slavnostně zprovozněn 14. listopadu 2013. Je veden severo-jihním směrem a zahrnuje podzemní stanice Hlavní nádraží, Tržiště, Náměstí W. Leuschera a Bavorské nádraží. Stavba byla zahájena v roce 2003 a musela se vypořádat s mimořádně nepříznivými geotechnickými podmínkami, které si vyžádaly i masivní užití technologie zmrazování hornin, jak se mohli osobně přesvědčit členové CzTA při exkurzi na tuto stavbu v roce 2008.

RŮZNÉ

První číslo roku 2014 rakouského časopisu *Geomechanics and Tunneling* je věnováno tunelovacím strojům. V editorialech konstatuje Dr. Ulrich Maidl, že díky různým zlepšením rapidně roste podíl využívání zemních štítů (EPBS) oproti bentonitovým štítům (slurry shields). Vývoj směřuje ke stavbě hybridních štítů, které dokážou využít přednosti zemních i bentonitových štítů.

Francouzský časopis *Tunnels et Space Souterrain* v čísle leden/únor 2014 uveřejnil komplexní materiál o kotvení hornin, který zpracovala pracovní skupina 6 Francouzské tunelářské asociace.

První úsek okružní linky metra v Kodani ražený štítem byl proražen 2. prosince 2013. Má délku 600 m, což je zatím jen zlomek z celkové délky okružní linky 15,5 km.

Mluví norské dálniční společnosti informoval o zahájení úvah o realizovatelnosti 60 km dlouhého podmořského automobilového tunelu. Měl by spojit města Kirkenes a Vandso ležící u fjordu Varanger a zkrátit dobu jízdy z dvou a půl hodiny na čtyřicet minut.

ING. MILOSLAV NOVOTNÝ,
novotny@ita-aites.cz

PRORÁŽKA DÁLNIČNÍHO TUNELU BANCAREVO V SRBSKU BANCAREVO MOTORWAY TUNNEL BREAKTHROUGH, SERBIA

The parallel double-lane tunnel tubes are about 700m long. They are parts of the E 80 motorway between Niš and Dimitrovgrad in the section No. 3 of the Prosek – Crvena Reka. The tunnels are driven through demanding geological conditions, using trackless equipment, the New Austrian Tunnelling Method.

Despite the very complicated geological conditions, which required numerous additional measures during the construction necessary for safe tunnelling, the breakthrough of the right-hand top heading of the right-hand tunnel tube took place on 19/03/2014, in the presence of the Minister of Construction and Urbanism and the director of Koridori Srbija. About 440m of the tunnel excavation has been finished in the left-hand tube and about 135m remain to the breakthrough. The preparation work on the casting of concrete in the cut-and-cover sections of the tunnel tubes was started concurrently with the tunnel excavation at the exit portal.

The completion of the tunnel construction is planned for the first half of 2015.

Akciová společnost Subterra je vyšším dodavatelem na výstavbě dálničních tunelů Bancarevo v Srbsku pro investora Koridori Srbije.



Obr. 1 Prorážka v kalotě pravého tunelu Bancarevo
Fig. 1 Breakthrough of the right Bancarevo tunnel tube

Jedná se o dva paralelní dvoupruhové tunely v délce cca 700 m, které jsou součástí dálnice E 80 Niš – Dimitrovgrad v úseku 3 trasy Prosek – Crvena Reka. Ražba tunelů, která probíhá v náročných geologických podmínkách, je prováděna s použitím bezkolejové mechanizace Novou rakouskou tunelovací metodou s využitím trhacích prací.

I přes velmi složité geologické podmínky, které si během výstavby vyžádaly mnohá doplňující opatření pro bezpečné provádění ražby, byla dne 19. 3. 2014 provedena prorážka v kalotě pravého tunelu za účasti ministra stavebnictví Srbska a ředitele investora Koridori Srbije. V levém tunelu je nyní vyraženo cca 440 m a do prorážky zbývá cca 135 m. V souběhu s ražbou byly v současné době zahájeny i přípravné práce na betonáži hloubených úseků tunelů na výjezdovém portálu.

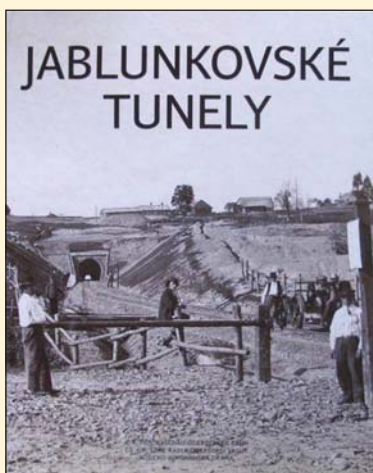
Dokončení výstavby tunelů je plánováno v první polovině příštího roku.

ING. JAN VINTERA, JVintera@subterra.cz,
SUBTERRA a. s.



Obr. 2 Prorážka tunelu Bancarevo
Fig. 2 Breakthrough of the tunnel Bancarevo

PUBLIKACE JABLUNKOVSKÉ TUNELY



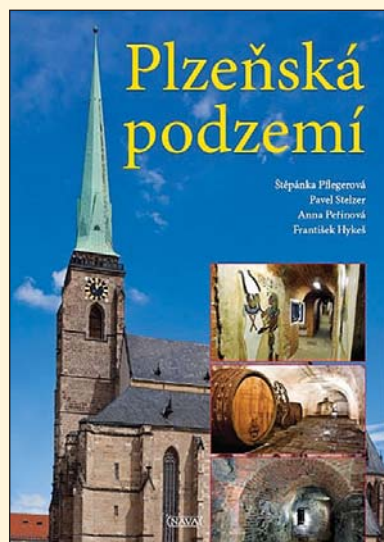
Mnozí z české tunelářské odborné veřejnosti s překvapením zjistili, že v roce 2013 byla vydána výpravná publikace o Jablunkovských tunelech. Autorem publikace, která vyšla v nakladatelství Beskydy, je pan Vojtěch Hermann. Na 219 stranách autor v prvních kapitolách informuje o geologických podmínkách Těšínských Beskyd, zmiňuje historický a politický význam Těšínska a Slezska i vývoj železniční dopravy v Rakousku-Uhersku.

Pak se fundovaně zabývá plánováním stavby košicko-bohumínské dráhy, která musela překonat Jablunkovský průsmyk. Podrobně pokračuje vlastní stavbou Jablunkovských tunelů I a II, jejich provozem a pohnutým osudem v období 2. světové války i využitím tunelů po roce 1945. Publikace samozřejmě zahrnuje i přípravu a stavbu dvojkolejného tunelu, který byl uveden do plného provozu 2. července 2013.

Publikace je opravdu zdařilá i proto, že obsahuje mnoho barevných grafických příloh, dokumentů, výkresů a fotografií mapujících celou historii Jablunkovských tunelů.

ING. MILOSLAV NOVOTNÝ, novotny@ita-aites.cz

PLZEŇSKÁ PODZEMÍ



a botanické zahrady.

Plzeňské historické podzemí, jehož část je v současnosti zpřístupněná v prohlídkovém okruhu, vznikalo v historickém jádru města postupně od jeho založení až do 19. stol. Jedná se především o několikapatrové sklepy, vyražené v hrubozrnných arkózových pískovcích. Sklepy byly budovány nesystematicky pro různé účely majitelů domů – nejčastěji ke skladování potravin, ale samozřejmě ve sklepích přiléhajících k právovárečným domům především kvasilo, zrál a skladovalo se pivo. Dále jsou součástí tohoto historického podzemí odvodňovací štoly, různé vodárenské systémy a také kanalizační štola (dědičná štola). Při sanaci historického podzemí, probíhající od roku 1967 do osmdesátých let 20. stol., byly podzemní prostory ražbou pospojovány do 17,5 km dlouhých chodeb

Přibližně stostránková poutavá publikace autorů Štěpánky Pfliegerové, Pavla Stelzera, Anny Peřinové a Františka Hykeše vyšla v roce 2013 v plzeňském nakladatelství NAVA. Tato publikace s bohatým fotografickým doprovodem představuje čtenářům nejen plzeňské historické podzemí, ale i obdivuhodné podzemí sklepů Plzeňského Prazdroje a také utajované podzemí plzeňské zoologické

a staticky zajištěny novou obezdívkou. Dnes tento prohlídkový okruh provozuje Pivovarnické muzeum.

Velmi zajímavé je další nahlédnutí do plzeňského podzemí, a to do podzemí Plzeňského Prazdroje. Nejprve pohled do rozsáhlých pivovarských sklepů Měšťanského pivovaru zal. 1842. Průběžná výstavba ležáckých sklepů v arkózových pískovcích pod Měšťanským pivovarem začala v roce 1839 a s přestávkami trvala až do začátku 20. století. Spolu se sítí ležáckých sklepů byly budovány pro chlazení piva přírodním ledem i rozsáhlé podzemní lednice. V podzemí Měšťanského pivovaru je dnes zpřístupněna podzemní expozice klasické výrobní metody plzeňského piva Pilsner Urquell. Další malé nahlédnutí je do podzemí Prvního plzeňského akciového pivovaru v Plzni (pivovaru Gambrinus) založeného 1870. Zde se též čtenář dozvídá o úctyhodných ležáckých sklepech, v tomto případě ražených v hloubce 6,5 až 10,5 m pod terénem.

Posledním zastavením při putování plzeňským podzemím je podzemí plzeňské zoologické a botanické zahrady. Jedná se o starý rozsáhlý protiletecký kryt z roku 1941. Chodby krytu jsou dlouhé 98 m a mají 16 komor. Dnes po rozsáhlé adaptaci vojenského krytu (provedené v letech 2007–2012) je zde vybudována unikátní zoologicko-naučná expozice Svět v podzemí.

Kniha Plzeňská podzemí čtenáře nejen upoutá, ale i inspiruje k následné návštěvě výše zmíněných rozmanitých podzemí v západočeské metropoli Plzni.

RNDr. RADOVAN CHMELÁŘ, Ph.D.,
radovan.chmelar@pudis.cz, PUDIS a. s.

ZPRÁVY Z TUNELÁŘSKÝCH KONFERENCÍ / NEWS FROM TUNNELLING CONFERENCES

TUNELÁŘSKÉ ODPOLEDNE 1/2014 TUNNEL AFTERNOON 1/2014

The first Tunnel Afternoon held this year had the topic *Possibilities and successfulness of numerical modelling of underground structures*. The first lecture was delivered by doc. Dr. Ing. Jan Pruška (the Faculty of Civil Engineering of the Technical University in Prague). It was focused on principles and possibilities of mathematical modelling. Doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D. (VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Civil Engineering) carried out the comparison of the results of numerical modelling with classical theories. Ing. Radomír Pukl (Červenka Consulting s. r. o.) introduced current trends in the field of modelling. After a break, Ing. Alexandr Butovič, Ph.D. (SATRA, spol. s r. o.) presented a lecture on the comparison of results of mathematical modelling with reality. A lecture on mathematical modelling and actual behaviour of tunnels constructed according to designs carried out by IKP Consulting Engineers, s. r. o., followed. It was presented by two representatives of the company - Ing. Jiří Hořejší and Ing. Libor Mařík. The last but one lecture was delivered by Ing. Jiří Pechman (Amberg Engineering Brno, a. s.). He pre-

sented the reality in comparison with mathematical modelling using experience from designs carried out by Amberg Engineering Brno a. s. The afternoon lectures were concluded by Ing. Martina Urbánková (Metroprojekt Praha a. s.), who presented the difference between results of analyses and the reality when the mathematical modelling of tunnels on the metro Line A extension was used.

První Tunelářské odpoledne konané v letošním roce mělo za téma *Možnosti a úspěšnost numerického modelování podzemních staveb* a již v názvu bylo obsaženo, že není určeno jen pro odborníky zabývající se numerickým modelováním, ale i pro laiky, aby se s na první pohled poměrně odtažitou problematikou seznámili a zjistili, že i tato oblast může být pro ně srozumitelná. Tunelářské odpoledne zahájil a jeho průběh řídil prof. Ing. Jiří Barták, DrSc.

Jako první vystoupil doc. Dr. Ing. Jan Pruška, (FSv ČVUT v Praze). Hovořil o principech a možnostech matematického modelování, věnoval se metodě konečných prvků, jejím výhodám a nevýhodám, proč by ji měli projektanti používat,

na čem může záviset úspěšnost použití této metody a zhodnotil její základní výhody a nevýhody.

Porovnání výsledků numerického modelování s klasickými teoriemi, chyby při modelování provedla doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D. (VŠB-TUO, FAST). Stěžejní část její přednášky tvořil přehled metod pro stanovení zatížení výztuže tunelu, porovnání výsledků s praxí a představení různých druhů chybových aspektů numerických modelů.

Ing. Radomír Pukl (Červenka Consulting s.r.o.) představil aktuální trendy v oblasti modelování, zajímavé bylo uvedení množství příkladů z použití modelování podzemních betonových konstrukcí v praxi.

Po přestávce pohovořil Ing. Alexandr Butovič, Ph.D. (SATRA, spol. s r.o.) o tématu porovnání výsledků matematického modelování se skutečností. Z uvedené zpětné analýzy bylo jasně patrné, že numerické modelování je účinným nástrojem při navrhování podzemních konstrukcí, ale nikdy se nesmí zapomínat na to, že i ono má své limity.

Následovala přednáška s názvem matematické modelování a skutečné chování tunelů realizovaných podle projektů IKP Consulting Engineers, s.r.o. Vystoupili dva zástupci společnosti – Ing. Jiří Hořejší a Ing. Libor Mařík. Oba zhodnotili úspěšnost použití numerických metod na příkladu navrhování a výstavby Olbramovického tunelu, uvedli faktory ovlivňující chování modelu MKP.

V předposlední přednášce popsal Ing. Jiří Pechman (Amberg Engineering Brno, a. s.) realitu ve srovnání s matematickým modelováním na příkladu zkušeností z projektů společnosti Amberg Engineering Brno, a. s.

Přednáškové odpoledne zakončila Ing. Martina Urbánková (Metroprojekt Praha a.s.). Vysvětlovala posluchačům,



Obr. 1 Přednáška Ing. Martiny Urbánkové

Fig. 1 The lecture of Mrs. Martina Urbánková

z čeho pramenily rozdíly mezi výsledky výpočtů a skutečností při použití matematického modelování tunelů prodloužení trasy metra A.

I v letošním roce je zájem posluchačů vysoký, tohoto Tunelářského odpoledne se jich zúčastnilo více než 80. Za hladký průběh celého semináře i zajímavé příspěvky lze poděkovat nejen jednotlivým účastníkům, ale i Ing. Alexandru Butovičovi, Ph.D., který celé odpoledne připravil.

Prezentace přednesené na TO 1/14 lze vyhledat na www.ita-aites.cz

ING. MARKÉTA PRUŠKOVÁ, Ph.D.,
pruskova@ita-aites.cz, CzTA ITA-AITES

19. ROČNÍK MEZINÁRODNÍHO SEMINÁŘE ZPEVNĚVÁNÍ, TĚSNĚNÍ A KOTVENÍ HORNINOVÉHO MASIVU A STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ 2014

19TH ANNUAL INTERNATIONAL SEMINAR ON REINFORCING, SEALING AND ANCHORING OF GROUND MASS AND CIVIL ENGINEERING STRUCTURES 2014

The 19th annual traditional technical seminar *Reinforcing, sealing and anchoring of ground mass and civil engineering structures* was held on 27th – 28th February 2014 on the grounds of the VŠB - Technical University of Ostrava. The seminar was organised jointly by the Department of Geotechnics and Underground Engineering of the VŠB - Technical University of Ostrava and Minova Bohemia s. r. o., under the auspices of Ing. Ivo Pěgřímek, Ph.D., the chairman of the Czech Mining Authority, the Czech Tunnelling Association and Prof. Ing. Radim Čajka, the dean of the Faculty of Civil Engineering. The programme prepared for over 100 attendees from 50 professional firms, institutes and universities, both from the Czech Republic and from abroad, was very interesting. It consisted of over 35 lectures both from the field of geotechnics and underground engineering and from the field of mining problems.

Ve dnech 27.–28. února 2014 se konal v prostorách VŠB-Technické univerzity Ostrava již 19. ročník tradičního odborného semináře *Zpevnění, těsnění a kotvení horninového masivu a stavebních konstrukcí*. Na organizaci semináře se podílela Katedra geotechniky a podzemního stavitelství Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava společně

s firmou Minova Bohemia s. r. o., záštitu nad seminářem přijali předseda Českého báňského úřadu Ing. Ivo Pěgřímek, Ph.D., Česká tunelářská asociace a děkan Fakulty stavební prof. Ing. Radim Čajka, CSc. Pro více než 100 účastníků semináře z 50 odborných firem, výzkumných institucí a vysokých škol z České republiky i ze zahraničí byl připraven zajímavý odborný program, který zahrnoval celkem 35 přednášek jak z oblasti geotechniky a podzemního stavitelství, tak i z oblasti hornické problematiky.

V úvodu semináře vystoupil Ing. Dvořáček z ČBÚ Praha s příspěvkem věnovaným nedostatům zjišťovaným při provádění podzemních staveb. Ing. Claudiu Stefan z firmy Minova Romania představil ve svém příspěvku aplikaci injektáží a kotevních prvků při rekonstrukci železničního koridoru v centrální části Rumunska. Zástupce firmy Minova Bohemia s. r. o. Ing. Chodacki prezentoval ve svých příspěvcích provedení vestavby nového betonového ostění s mezilehlou hydroizolací do tunelu Velký Prštický a dále stavební práce spojené s finální úpravou vjezdového portálu tunelu Turecký vrch, Ing. Kocnár z téže firmy seznámil s využitím dvousložkové polyuretanové živice CARBOPUR WF při sanaci opěr železničního viaduktu Červený most v lokalitě Štúrovo. Ing. Wetterová (Amberg Engineering Brno, a. s.) informovala ve svém příspěvku o opravě vjezdového

portálu Hornotanvaldského tunelu, kde byla, mimo jiné, využita deštníková izolace z polyetylenových desek o nízké hustotě (LPDE). O výsledcích desetiletého monitoringu předpjatých lanových kotev v okolí Třebovického tunelu přednášel Ing. Lacina z téže firmy.

Další část příspěvků byla věnována sanacím a stabilizacím skalních stěn – do této kategorie patří příspěvek Ing. Cabana (Minova Bohemia s. r. o.), který se věnoval využití vlastností dvousložkové živice Geoflex při realizaci skalních svorníků. Příspěvek autorů z firmy Unigeo a. s. se zabýval různými variantami sanace skalních stěn v lokalitě Landek, Ing. Šafránek (Správa Národního parku České Švýcarsko) pak zaujal zajímavým příspěvkem z oblasti stabilizace skalních útvarů v oblasti Hřenska.

V geotechnické sekci jistě účastníky semináře zaujal i příspěvek autorů z firmy ZIKO Sanace s. r. o. týkající se aplikace zavrtávacích kotevních tyčí MAI SDA pro založení dojezdu výtahové šachty v rekonstruovaném objektu v Paříži. Technologií podchycení základových konstrukcí pomocí injektovaných zavrtávaných mikropilot se zabýval příspěvek kolektivu autorů z firmy Quantum Consulting s. r. o. Ing. Pasternák (INGSTAV GV s. r. o.) prezentoval využití mikropilot a vrtné soupravy MORATH při sanačních pracích ve stísněných podmínkách. Spřažením štetovnicových stěn pomocí zavrtávaných tyčí se zabýval příspěvek autorů z firmy MATTEO s. r. o.

Velmi ilustrativní byl příspěvek Ing. Franczyka, Ph.D. zaměřený na problematiku mikrotunelování v proměnlivých geologických podmínkách.

Svími přednáškami přispěli do programu semináře v sekci geotechnické rovněž i zástupci vysokých škol. Prof. Bzówka ze Silesian University of Technology (Gliwice) připravila s kolektivem spolupracovníků příspěvek na téma zatěžovacích zkoušek sloupů tryskové injektáže, prof. Hulla z STU Bratislava přednesl příspěvek týkající se účinnosti těsnění polyuretanovými pryskyřicemi, doc. Vojtasík z Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava jistě mnohé účastníky zaujal prezentací návrhu nové metody vyztužování zemin pomocí síťových soustav ze zeminových hřebků.

Velký zájem byl rovněž o příspěvky z oblasti hornictví, které dokumentují, i přes útlum evropského hornictví (nebo možná právě proto), potřebu řešit aktuální problémy spojené s dobýváním uhlí ve stále komplikovanějších podmínkách a snahu využívat ekonomicky přijatelnější a konkurenceschopnější technologie. S velkým zájmem se setkal příspěvek Dr. Raka a Dr. Stasica z AGH Krakow, který se zabýval projektováním důlních chodeb pro dvojí využití při kombinaci nízkého a vysokého kotvení, kdy je podpěrná výztuž zakotvena do pevných vrstev ve vyšším nadloží nad vyztužovaným dílem pomocí dlouhých kotev. Aktuální hornická problematika rovněž zazněla v příspěvcích dalších tuzemských autorů z firem Minova Bohemia s. r. o., OKD a. s. i Ústavu geoniky AV ČR, kteří se věnovali problémům spojeným s aplikací těchto technologií v podmínkách Dolu ČSM, Dolu Paskov v OKR i v podmínkách daleké Indie. Inspirativní byl rovněž příspěvek Ing. Poluse z polské firmy Novum Servis, který představil síť z bazaltového vlákna POLLUX2 a vyjádřil přesvědčení, že dojde k širšímu využití těchto kompozitních materiálů i v hornictví. Kolektiv slovinských autorů (Sotler, Lednik) se věnoval výsledkům testů dvousložkových lepidel v podmínkách dolu Velenje Coal Mine.

Kolektiv autorů z katedry geotechniky a podzemního stavitelství FAST VŠB-TU Ostrava prezentoval v rámci hornické sekce problematiku dimenzování důlních protivýbuchových hrází z nového materiálu ADIBET-W30 ES, numerickou studii návrhu parametrů tlakových zátek plynového zásobníku a numerickou analýzu vlivu dobývání na jámě Darkov. Dřevem a jeho vlastnostmi při použití v hráňových systémech se zabýval ve svém příspěvku doc. Lokaj.

Seminář dal příležitost k setkání odborníků z řad geotechnické i hornické praxe i výzkumných a vzdělávacích institucí a přispěl k předání nových informací a zkušeností. Doufáme, že se příští jubilejní 20. ročník semináře vydaří stejně jako ten letošní.

*DOC. RNDr. EVA HRUBEŠOVÁ, Ph.D.,
eva.hrubesova@vsb.cz,
Fakulta stavební VŠB-TU Ostrava*

WORKSHOP O MĚSTSKÝCH KOLEKTORECH V RIYADHU, SAÚDSKÁ ARÁBIE TRAINING SESSION ON UTILITY TUNNELS, RIYADH, THE KINGDOM OF SAUDI ARABIA

Riyadh, the capital of the Kingdom of Saudi Arabia, hosted from the 9th to 10th February 2014 a workshop focused on urban utility tunnel networks and their planning, designing, constructing, maintaining and reconstructing. The workshop was organised by the ITA-CET Foundation. A fact important for Czech professionals was that the organisers asked the Czech Tunnelling Association for delegating experts who would take part in the workshop and deliver several lectures. As the reason for their request they stated that the Czech Republic has a great extent of completed utility tunnel networks, therefore also the exceptional experience in designing and operating them following from this fact. The workshop was attended by a group of Czech experts consisting of Ing. Daniel Švec, the acting secretary of Ingutis, a limited liability company, Ing. Jan Sochůrek from the same company, and Ing. Petr Švec, the chairman of the board of directors of Kolektory Praha, joint-stock company. These experts delivered the total of four lectures com-

prehensively relating to problems of utility tunnel networks and Czech experience in designing, constructing, operating and maintaining them. The lectures raised great interest of the workshop attendees.

V hlavním městě Saúdské Arábie (Kingdom Saudi Arabia – dále jen KSA) Riyadhu se konal ve dnech 9. až 10. února 2014 workshop zaměřený na městské kolektorové sítě a na jejich plánování, projektování, stavbu, údržbu a rekonstrukce. Jeho pořadatelem byl ITA-CET Foundation, který souvisí s výborem ITA-AITES pro vzdělávání (ITA-CET Committee on Education and Training, the ITA University Network).

Důležité a významné pro české podzemní stavitelství ale bylo, že organizátoři požádali Českou tunelářskou asociaci o vyslání expertů, kteří by se workshopu zúčastnili a přednesli několik přednášek. Konkrétně se na předsedu naší asociace Ing. Ivana Hrdinu obrátil bývalý generální sekretář

ITA-AITES pan Claude Berenguier a svou žádost zdůvodnil velkým rozsahem vybudovaných kolektorových sítí v České republice a z toho plynoucích mimořádných zkušeností s jejich projektováním i provozováním.

Po řadě jednání se workshopu z České republiky zúčastnili:

- Ing. Daniel Švec, jednatel společnosti Ingutis, spol. s r. o.
- Ing. Jan Sochůrek, a. i., Ingutis, spol. s r. o.
- Ing. Petr Švec, a. i., Kolektory Praha, a. s., předseda představenstva společnosti

Program workshopu byl rozdělen do dvou dnů (neděle 9. 2. 2014 a pondělí 10. 2. 2014).

První den (neděle) byl věnován nejprve informaci o situaci ve výstavbě infrastruktury v Saúdské Arábii, konkrétně městě Riyadh a jiných městech KSA. Další přednášky se týkaly přehledu projektovaných a realizovaných kolektorů ve Francii. Po přestávce byly přehledně předneseny charakteristiky jednotlivých typů kolektorů použitých ve Francii. Vše přednášel C.-E. Delpierre.

Dopolední program pokračoval druhou částí, která se zabývala problematikou návrhu a řešení kolektorových staveb, řešením příčného profilu a výčtem výhod a nevýhod jednotlivých řešení. Druhá přednáška byla věnována návodu a pravidlům postupu návrhu kolektorů. Opět přednášel pan C.-E. Delpierre z Paříže. K oběma dílům byla rozsáhlá diskuse a dotazy k jednotlivým nastíněným řešením.

Druhý den (pondělí) pokračoval třetí částí přednášek, která patřila českým expertům. První přednáška se týkala návrhu kolektorových profilů pro pochozí kontrolu, profily bez možnosti vstupu byly zmíněny jen okrajově, neboť se v ČR používají minimálně. Dále byly probrány kolektory ražené ve skále a zeminách a separátně kolektory hloubené. Druhá přednáška tohoto dílu se týkala již poměrně detailního návrhu kolektorového řešení ve městech, ražených a hloubených profilů, zabezpečení geotechnickým monitoringem a metodami zabezpečení jak raženého profilu, tak i povrchové zástavby. (obě přednášky měl Ing. Jan Sochůrek). Následovala přednáška Ing. Petra Švece týkající se provozování, údržby a oprav kolektorů. Kvůli předchozímu zájmu byla větší pozornost věnována bezpečnosti provozu a ostraze – dozor neoprávněných vstupů a požární bezpečnost. Poslední

přednáška Ing. Daniela Švece se zabývala příklady realizovaných kolektorů v ČR a rozdílných řešení s přítomností kanalizace v profilu kolektoru.

Workshop byl ukončen dvěma příspěvky společností Herrenknecht a Porr Bau. Týkaly se ražených a protlačovaných tunelů pro vodovody a kanalizace prováděných na území KSA.

Přednášky vyvolaly velký zájem, živě se diskutovalo, čeští experti se snažili odpovědět na všechny položené dotazy. Účastníky velice zajímalo, proč mezi českým a francouzským řešením jsou značné rozdíly, jestli existují nějaké evropské normy aj. Lokálnímu radničnímu projektantovi byla jako dar předána ČSN 73 7505. Českým expertům bylo na závěr vřele poděkováno za obsáhlé informace především o systému vedení a uspořádání inženýrských sítí.

Město Riyadh i ostatní města KSA se bouřlivě rozvíjejí a zatím infrastrukturu řeší jako dodatečný problém po realizaci povrchové zástavby. Chybí zde jednoznačně jakákoliv koncepce, po dotazech, zda řeší územní plán nebo něco podobného, byla odpověď většinou záporná. Celkově se konference zúčastnilo asi 150 kolegů z celé KSA, nejvíce účastníků bylo z různých odborů radnice, z armády a vysokých škol města Riyadh. Velkou zajímavostí konference bylo zařazení modlitby do programu konference.

Mimo program bylo umožněno expertům navštívit některé významné památky ve městě, výškové budovy a centrum města. Zajímavá byla návštěva suché řeky Vádí Hanifa, která dlouhodobě po deštích způsobuje velké záplavy území, její povodí je obrovské, a proto se na ní provádějí protipovodňová opatření. Při prohlídce přehradní hráze, která přívaly vod před městem zadržuje, bylo ještě vidět dostatek zadržené vody a na hrázi stopu po maximální hladině.

Lze konstatovat, že vystoupení českých expertů bylo přijato s velkým respektem, bylo velmi úspěšné a kvalita českých prezentací byla objektivně lepší než prezentace francouzského kolegy. Bohužel kvůli času nebylo možno jít při výkladu do větších podrobností.

*ING. JAN SOCHŮREK, sochurek@ingutis.cz,
INGUTIS spol. s r. o.*

AKTUALITY Z PODZEMNÍCH STAVEB V ČESKÉ A SLOVENSKÉ REPUBLICCE CURRENT NEWS FROM THE CZECH AND SLOVAK UNDERGROUND CONSTRUCTION

ČESKÁ REPUBLIKA

SOUBOR STAVEB MO V ÚSEKU MYSLBEKOVA – PELC-TYROLKA (BLANKA)

Největší projekt dopravní infrastruktury hlavního města Prahy konečně získal dobrou šanci k dokončení a uvedení do provozu. Koncem dubna tohoto roku byla totiž zaplacená většina faktur za provedené práce uplynulého období, což v důsledku mohlo znamenat obnovení prací, které musely být do této doby přerušeny. Významný díl v tomto objemu dokončovaných prací nyní leží na straně dodavatele technologie firmy ČKD, která v současné době provádí již dílčí individuální zkoušky namontovaných technologických částí.

THE CZECH REPUBLIC

CONSTRUCTION LOTS WITHIN MYSLBEKOVA – PELC-TYROLKA SECTION OF THE CITY CIRCLE ROAD (BLANKA TUNNEL)

The largest transport infrastructure project of the City of Prague has finally been given a good chance of being finished and opened to traffic. The reason is the fact that the majority of invoices for the work completed in the previous period were paid at the end of April 2014. It could consequently mean that the work operations which had to be suspended till that time can be resumed. An important part of the volume of the work to be completed now lies on ČKD, the contractor for



Obr. Stanice Petřiny a prostor připravovaný pro kulturní akce ke 40. výročí provozu pražského metra

Fig. The Petřiny station and the space prepared for the 40th anniversary of Prague Metro celebration

V důsledku to znamená, že za zhruba 5 měsíců, tedy na podzim tohoto roku, by mohla být stavba předána objednateli a následně i Pražanům k užívání.

PRODLOUŽENÍ TRASY METRA V.A

Na nově budované trase metra V.A, která spojí stávající stanici Dejvická s Nemocnicí Motol, se dokončují stavební práce a pokračují práce v dodávkách technologických částí.

V současné době na celé trase proběhlo již přes 150 přejímek stavebních připraveností provozních souborů pro montáže technologií. Dále proběhly přejímky stavebních připraveností pro zabezpečovací zařízení metra a z poloviny také přejímky pro instalaci výtahů a eskalátorů. Ve všech stanicích trasy dále probíhá plné spektrum dokončovacích prací včetně obkládání stěn a stropů keramickými obklady nebo lamelami.

Začátkem května proběhly v rozestavěné stanici Petřiny dvě zajímavé kulturní akce. V neděli 4. 5. laserová show doplněná o projekci akčního filmu a v pondělí 5. 5. ke 40. výročí zahájení provozu pražského metra, koncert moderní vážné hudby, kde živě vystoupilo téměř čtyřicet hudebníků.

Na celé trase je také dokončen kolejový svršek, kde levá kolej je po celé své délce sjízdná od 19. 2. 2014 a pravá od 12. 4. 2014. V současné době zbývá pouze dokončit montáž kolejového rozpletu ve stanici Petřiny. V traťových tunelech se dokončují kabelové konstrukce a pobíhá montáž kabelů osvětlení, které bude dokončeno včetně osazení svítidel začátkem července tohoto roku.

Všechny práce prováděné na trase metra V.A jsou vykonávány v souladu s harmonogramem stavby.

DÁLNIČE D8 – 0805 – LOVOSICE – ŘEHLOVICE

Pro tunely Prackovice a Radejčín řeší zhotovitel s objednatelem projektovou dokumentaci technologického vybavení tunelů, provozně-technických objektů a zkušebního požáru tak, aby projekty byly v souladu se zákonem o veřejných zakázkách č. 137/2006 Sb. a příslušnými směrnici GR ŘSD ČR. Další probíhající agendou je procesování víceprací a kategorizace změn stavby.

Z pohledu dokončovacích prací se prováděly pouze dílčí práce v obsahu zejména technologického vybavení tunelů.

equipment, which currently conducts partial individual testing of the already assembled technological complexes.

This in consequence means that the works could be handed over to the project owner and subsequently to Prague citizens in about 5 months, in the Autumn 2014.

METRO LINE V.A EXTENSION

Civils works are being completed on the 5th extension of the metro line A (the Line V.A), which will interconnect the existing Dejvická station with Nemocnice Motol (Motol Hospital) station. The installation of equipment in tunnels and stations continues.

Over 150 cases of the completion of civil works required for the installation of equipment in operating units have recently been concluded throughout the Line length. In addition, completed civils works have been taken over for the metro interlocking system and also for a half of take-overs required for the installation of lifts and escalators. The full spectrum of finishing operations, including the cladding of walls and ceilings with ceramic tiles or lamellae, is in progress in all stations on the Line.

Two interesting cultural events were held in the Petřiny under-construction station at the beginning of May. The 5th Laser Show, complemented by screening of an action movie, took place on Sunday the 4th May and a concert of modern classical music with live performance of nearly forty musicians was presented on Monday the 9th May for the celebration of the 40th anniversary of the start of operations of Prague metro.

Trackwork has also been completed throughout the Line length. The left-hand track and right-hand track have been trafficable throughout their lengths since 19/02/2014 and 12/04/2014, respectively. At the moment the installation of the track bifurcation in Petřiny station is the only work to be finished. Cable structures are being completed and lighting cables are being installed in running tunnels. The lighting, including the installation of luminaries, will be finished at the beginning of July 2014.

All work operations being carried out on the metro line V.A are performed in line with the project programme.

D8 MOTORWAY – CONSTRUCTION LOT 805: LOVOSICE–ŘEHLOVICE

The contractor jointly with the project owner are solving the design for the equipment for the Prackovice and Radejčín tunnels, service structures and a trial fire in the way providing the compliance of the designs with the law No. 137/2006 Coll. on public procurement and relevant directives of the General Directorate of the Road and Motorway Directorate of the CR. Another agenda being underway is the processing of additional work and categorisation of construction changes.

Regarding the finishing work operations, only partial work on the technological equipment of tunnels was carried out.

Nevertheless, the project owner has not obtained the deciding part of the construction permit yet. It is required for the determination of the final deadline for the works.

MODERNISATION OF ROKYCANY – PLZEŇ RAILWAY TRACK SECTION

The planned uninterrupted closing of running track No. 1 in the Rokycany – Chrást u Plzně section to traffic continues. Construction work is underway in the Rokycany – Ejpvovice part. The work on the track bed and the trackwork is underway

Rozhodující část stavebního povolení nutná pro stanovení konečného termínu díla ovšem zadavateli stavby stále chybí.

MODERNIZACE TRATI ROKYCANY – PLZEŇ

Na stavbě „Modernizace trati Rokycany – Plzeň“ pokračuje plánovaná nepřetržitá výluka 1.TK v úseku Rokycany – Chrást u Plzně, kde stavební práce probíhají v části Rokycany – Ejpvovice. Na daném úseku se provádí práce na železničním spodku a svršku. V části rekonstruovaných kolejí se provádí i rekonstrukce mostů a propustků. V železniční stanici Ejpvovice se budují nové protihlukové stěny a započala výstavba nového nástupiště a nové provozní budovy.

V úseku mezi Ejpvovicemi a zastávkou Plzeň Doubravka, kde je přeložka trati navržena zcela mimo stávající trasu železnice, je provedena zpevněná provizorní přístupová komunikace k vjezdovému portálu tunelu Ejpvovice. Tunel tvoří dva jednokolejné autobusy, které budou ražené pomocí plnoprofilového mechanizovaného štítu (TBM) o průměru cca 9 metrů. V tomto místě vjezdového portálu tunelu probíhají zároveň práce na záchranném archeologickém výzkumu, kde bylo zachyceno větší množství archeologicky pozitivních situací.

Začátkem března tohoto roku byla zahájena realizace vyztužených pilot průměru 880 mm, které tvoří součást zajištění stěn vjezdového portálu a zářezu těsně před portálem.

Současně probíhají intenzivní práce na výrobě stroje TBM, jehož dodavatelem je německá firma Herrenknecht. Dokončení výroby a následná převážka stroje se předpokládá v polovině června tohoto roku.

*ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
METROSTAV a.s.,
ING. JAN VINTERA, jvintera@subterra.cz,
SUBTERRA a.s.*

PRORÁŽKA ČÁSTI ODLEHČOVACÍ STOKY CO3 RAŽENÉ BENTONITOVÝM ŠTÍTEM POD KRÁLOVSKOU ZAHRADOU PRAŽSKÉHO HRADU

V Jelením příkopu Královské zahrady Pražského hradu proběhla prorážka poslední části odlehčovací stoky CO3 (o celkové délce 1355 m). Zmíněný úsek pod Královskou zahradou (dlouhý 200 m) byl ražen mechanizovaným bentonitovým štítem značky Herrenknecht o průměru rezné hlavy 2 m. Ražba probíhala z ulice Mariánské hradby ze šachty Š 03.1 hluboké 38 m směrem do šachty Š 03.0 umístěné v Jelením příkopu. Společnost Energie stavební a báňská, a. s., realizovala toto podzemní dílo 35 dní s průměrným postupem 5,5 m za den. Štít s reznou hlavou do skalních hornin byl tlačěn sklolaminátovým potrubím HOBAS, které zůstalo v díle jako definitivní oštěvní budoucí odlehčovací



*Obr. Prorážka bentonitovým štítem
Fig. Breakthrough using the slurry shield*

in this particular section. In addition, bridges and culverts are being reconstructed in a part of the tracks being reconstructed. New noise attenuation walls are being built and the construction of a new platform and new operations building has started in Ejpvovice railway station.

A paved temporary access road leading to the entrance portal of the Ejpvovice tunnel has been finished in the section between Ejpvovice and Plzeň Doubravka intermediate station, where the track diversion is designed to run completely outside the existing railway route. The tunnel consists of two single-track tubes, which will be driven using an about 9m-diameter full-face tunnelling machine. In this location of the tunnel entrance portal there is in addition a saving archaeological survey underway; a significant quantity of archaeologically positive situations were identified by the survey.

The installation of 800mm-diameter reinforced concrete piles commenced at the beginning of March 2014. The piles form a part of the system supporting the entrance portal walls and sides of the open cut just in front of the portal.

Intense work on the manufacture of the full-face tunnelling machine, to be supplied by Germany-based Herrenknecht, is underway. The completion of the manufacture and the subsequent take-over is planned for the middle of June 2014.

*ING. BORIS ŠEBESTA, sebesta@metrostav.cz,
METROSTAV a. s.,
ING. JAN VINTERA, jvintera@subterra.cz,
SUBTERRA a. s.*

BREAKTHROUGH OF A PART OF CO3 RELIEF SEWER DRIVEN UNDER THE ROYAL GARDEN IN PRAGUE CASTLE USING SLURRY SHIELD

The breakthrough of the last part of the CO3 relief sewer (the total length of 1355m) took place in the Deer Moat of the Royal Garden in the Prague Castle. The above-mentioned section under the Royal Garden (200m long) was driven using a slurry shield with a 2m diameter cutterhead, manufactured by Herrenknecht. The tunnel was driven from Mariánské Hradby Street, from the 38m deep shaft Š 03.1 toward the shaft Š 03.0 located in the Deer Moat. Energie stavební a báňská, a. s., needed 35 days for this underground working. The average

advance rate amounted to 5.5m per day. The shield with a hard rock cutterhead was pushed through HOBAS glassfibre reinforced plastic (polyester) tubes, which were left in the tunnel as the final lining of the future relief sewer. Owing to the precise guidance and checking of the underground working, the deviation from the line and level of the excavated tunnel was equal to zero. The monitoring, which was conducted during the course of the sewer construction by the consortium of PUDIS a. s. and Angermeier Engineers, s. r. o., did not prove any negative excavation impact on legacy

stoky. Díky přesnému vedení podzemního díla a jeho kontrole bylo dílo vyraženo s nulovou odchylkou směrově i výškově. Monitoring, prováděný v průběhu výstavby stoky sdružením firem PUDIS a. s. – Angermeier Engineers, s. r. o., neprokázal žádné negativní dopady ražby na památkově chráněné historické budovy v Královské zahradě (zvláště pak na Letohrádek královny Anny – Belvédér či Velkou míčovnu Pražského hradu). V rámci monitoringu ražby byly průběžně zaznamenávány technologické údaje z operační jednotky razicího stroje s úzkou vazbou na intenzivní měření úrovně hladiny podzemní vody v Královské zahradě. Podle těchto výsledků byl operativně přizpůsobován postup ražeb. Dlouhodobý monitoring na žádost Správy Pražského hradu nadále monitoruje ustalování hladiny podzemní vody a dlouhodobé minimální deformační účinky ražby na památkově chráněné objekty Královské zahrady Pražského hradu.

ING. MILAN SCHAGERER, *schagerer@enas.cz*,
Energie stavební a báňská, a. s.
RNDr. RADOVAN CHMELAR, *Ph.D.*,
radovan.chmelar@pudis.cz, PUDIS a. s.

SUDOMĚŘICKÝ TUNEL

Ražba dvoukolejného železničního tunelu Sudoměřice se blíží ke konci. Tunel je součástí IV. tranzitního železničního koridoru a leží na tratovém úseku Tábor – Sudoměřice. Z celkové délky ražené části tunelu 420 m zbývá ke 4. 5. 2014 vyrazit v kalotě, která se nachází v TM378, posledních 42 m. Ražba probíhá v biotitických pararulách pevnostní třídy R2 s horizontálním členěním výrubu. Prvky zajištění stability výrubu definuje technologická třída výrubu 3. Primární ostění ze stříkaného betonu C20/25 o tloušťce 200 mm vyztužuje jedna vrstva sítě KARI KY80 a kotvy HUS délky 3 m. Geotechnické podmínky jsou lepší, než předpokládala prognóza, která v tomto úseku počítala s nasazením technologické třídy výrubu 4. Jádro v pravé části tunelu je ve staničení TM 218, v levé části tunelu ve staničení TM204. Délka kaloty je 160 m a umožňuje pohodlnou manipulaci s materiálem i technikou. Deformace výrubu po vyražení celého profilu tunelu o ploše výrubu 90 m² jen výjimečně překračují hodnotu 10 mm a jsou hluboko pod hranicí varovného stavu. Zhotoviteli se daří držet nadvýrubu pod hranicí 4 m³ na záběr, což je při délce záběru 2 m velmi dobrý výsledek. Aktuální výška nadloží v místě čelby kaloty je jen 11 m a směrem k severnímu portálu se bude dále snižovat. Výška nadloží nepřesáhla v nejvyšším místě trasy tunelu 17 m. Ražbu tunelu provádí firma OHL ŽS, a.s. podle realizační dokumentace vypracované firmou IKP Consulting Engineers, s.r.o.. Geotechnický monitoring a výkon technického dozoru investora, kterým je SŽDC, s.o. zajišťuje firmy ARCADIS CZ a.s.. Autorský dozor provádí firma SUDOP Praha a.s..

ING. LIBOR MAŘÍK, *libor.marik@ikpce.com*
IKP Consulting Engineers, s.r.o.

SLOVENSKÁ REPUBLIKA TUNEL ŠIBENIK

Na stavbe diaľničného tunela Šibenik dĺžky 588 m bolo dokončené razenie v oboch tunelových rúrach, slávnostná

buildings in the Royal Garden (first of all on Queen Anne's Summer Palace – Belvedere or the Big Ball-game Hall at the Prague Castle). Technological data from the operating unit of the full-face tunnelling machine was continually recorded within the framework of the excavation monitoring, with a close relation to the intense measurement of groundwater level in the Royal Garden. The excavation advance rate was operatively accommodated according to these results. The long-term monitoring requested by the Prague Castle Administration continues to monitor the process of steadying of the groundwater level and long-term minimum deformational effects of the excavation on the heritage-listed Royal Garden in the Prague Castle.

ING. MILAN SCHAGERER, *schagerer@enas.cz*,
Energie stavební a báňská, a. s.
RNDr. RADOVAN CHMELAR, *Ph.D.*,
radovan.chmelar@pudis.cz, PUDIS a. s.

SUDOMĚŘICE TUNNEL

The excavation of the double-track Sudoměřice railway tunnel is nearing its end. The tunnel is part of the 4th railway transport corridor. It is located in the Tábor – Sudoměřice track section. The last 42m of the top heading excavation (chainage TM378) from the total length of 420m of the tunnel mined part remained to be excavated as of 04/05/2014. The excavation passes through R2 strength class biotite paragneiss, using the top heading, bench and invert sequence. The excavation support elements are defined by support class 3. The 200mm thick C20/25 shotcrete lining is reinforced by one layer of KARI KY80 mesh and 3m long Swellex rock bolts. Geotechnical conditions are better than expected by the prognosis, which expected that excavation support class 4 would be applied to this section. The bench in the right-hand part of the tunnel is at chainage TM218, whilst in the left-hand part it is at TM204. The top heading length is 160m. It allows for comfortable handling of materials and equipment. Deformations after the completion of the whole tunnel profile excavation with the excavated cross-sectional area of 90m² only exceptionally exceed the value of 10mm and are deep under the warning state limit. The contractor successfully keeps overbreaks under the limit of 4m³ per excavation round, which is a very good result taking into consideration the advance round length of 2m. The current height of the overburden at the top heading face is a mere 11m and it will further diminish in the direction of the northern portal. The greatest overburden height on the tunnel route did not exceed 17m. The tunnel excavation is carried out by OHL ŽS, a.s. according to the detailed design provided by IKP Consulting Engineers, s.r.o.. Geotechnical monitoring and client's (Railway Infrastructure Administration, state organisation) supervision is provided by ARCADIS CZ a.s.. Consulting engineer's supervision is carried out by SUDOP Praha a.s.

ING. LIBOR MAŘÍK, *libor.marik@ikpce.com*
IKP Consulting Engineers, s.r.o.

THE SLOVAK REPUBLIC ŠIBENIK TUNNEL

The excavation for both tunnel tubes of the 588m long Šibenik motorway tunnel has been finished. The breakthrough ceremony took place on the 21st March 2014. The current work

prerážka sa uskutočnila dňa 21. 3. 2014. V tomto období prebieha betonáž základových pásov a pripravuje sa betonáž sekundárneho ostenia. 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 prebiehajú projekčné práce na oboch tuneloch. Začala sa realizácia portálov na razenie pre oba tunely. Samotná realizácia tunelov je naplánovaná na 6/2014 pre tunel Poľana a 7/2014 pre tunel Svrčinovec. Výstavbu úseku zabezpečí 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 Ovčiarsko (2367 m) a Žilina (651 m) v súčasnosti prebiehajú projekčné práce. Tunel Ovčiarsko má však už zrealizované oba portály, preto sa predpokladá začiatok razenia tunela na obdobie 8/2014. Realizácia tunela Žilina sa predpokladá až na obdobie konca roka 2014. Danú 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 prebiehajú projekčné práce na portálových objektoch a pre razenie tunela. Samotná realizácia razenia je plánovaná na 8/2014. Zhotoviteľom stavby bude združenie spoločností OHL ŽS, a.s. a Váhostav-SK, a.s.

*ING. MILAN MAJERČÍK,
milan.majercik@ndsas.sk*

comprises the casting of concrete foundation strips and the preparation for casting the secondary lining. The Šibenik tunnel will be part of the Jánovce – Jablonov section of the D1 motorway with the total length amounting to 9.5km. The project is being realised by a consortium consisting of Eurovia SK, a. s., Eurovia CS, a. s., Stavby mostov Slovakia, a. s. The works completion and opening the motorway section to traffic is planned for 2015.

POĽANA AND SVRČINOVEC TUNNELS

Parts of the Svrčinovec – Skalité section of the D3 motorway are also the Poľana tunnel (890m) and Svrčinovec tunnel (445 m). The work on the design for the two tunnels is currently underway. The realisation of the tunnels itself is planned for 6/2014 for the Poľana tunnel and 7/2014 for the Svrčinovec tunnel. The motorway section will be carried out by a consortium consisting of four companies: Váhostav-SK, a.s., Doprastav, a.s., Strabag, a.s. and Metrostav SK a.s.

OVČIARSKO AND ŽILINA TUNNELS

The design is currently under preparation for the Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka section of the D1 motorway. Parts of this section are the Ovčiarsko tunnel (2367m) and Žilina tunnel (651m). However, both portals of the Ovčiarsko tunnel have already been finished. For that reason the beginning of the tunnel excavation is expected in 8/2014. The realisation of the Žilina tunnel is expected later, in the period before the end of 2014. The contractor for this project is a consortium consisting of Doprastav, a.s., Váhostav-SK, a.s., Strabag, a.s. and Metrostav SK a.s.

ČEBRAŤ TUNNEL

The work on the design for portal structures and for tunneling is currently underway in the Hubová – Ivachnová section of the D1 motorway, part of which is the Čebrať tunnel (1994 m). The realisation of the tunnel excavation itself is planned for 8/2014. A consortium consisting of OHL ŽS, a.s. and Váhostav-SK, a.s. will be the contractor.

ING. MILAN MAJERČÍK, milan.majercik@ndsas.sk

VÝROČÍ / ANNIVERSARIES

75 LET PROF. ING. JIŘÍHO BARTÁKA, DrSc.

SEVENTY-FIFTH BIRTHDAY ANNIVERSARY OF PROF. ING. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.

Česká tunelářská komunita, ale i řada zahraničních kolegů, si jistě povšimla významného životního výročí prof. Ing. Jiřího Bartáka, DrSc., který se 13. června 2014 dožil 75 let. Je to výročí významné především proto, že zdraví, osobní vitalita a životní elán stále umožňuje profesoru Bartákovi plně pracovní nasazení a pedagogické i odborné působení. Prof. Jiří Barták je řádným profesorem ČVUT, kde působí na katedře geotechniky, je váženým a velmi vytěžovaným expertem a členem několika profesních společností. V CzTA ITA-AITES je místopředsedou představenstva asociace a předsedou redakční rady časopisu TUNEL. Česká tunelářská asociace jej již dříve jmenovala čestným členem a jeho přínos asociaci a českému podzemnímu stavitelství ocenila udělením pamětní medaile.

Bývá zvykem, že při podobných výročích významných osobností jsou v časopise TUNEL uveřejňovány příspěvky, které

The Czech tunnel building community, but also many foreign colleagues, have certainly noticed the important jubilee of Prof. Ing. Jiří Barták, DrSc., who celebrated 75 years of age on the 13th June 2014. This anniversary is important first of all because of the fact that health, personal vitality and zest for life continue to allow Professor Barták to work with full commitment and to be active as a teacher and expert. Prof. Jiří Barták is a full professor of the Czech Technical University in Prague, where he works at the Department of Geotechnics. He is a respected and highly employed expert and member of several professional societies. In the ITA-AITES CzTA he is the vice-chairman of the association board and the chairman of the Editorial Board of TUNEL journal. The Czech Tunnelling Association appointed him an honorary member already in the past and appreciated his contribution to the association and the Czech underground construction industry by granting him its memorable medal.

dílo a význam oslavence hodnotí. Tentokrát se ale členové redakční rady rozhodli, že opustí zajeté koleje, protože bude prospěšnější poznat vlastní názory oslavence nejen na jeho osobní a profesní život, ale i stav a výhled tunelářské profese.

Proto jsme požádali prof. Jiřího Bartáka o rozhovor a zde je výsledek.

ROZHOVOR S PROF. ING. JIŘÍM BARTÁKEM, DRSC.

Možná by neškodilo na začátku určité vyznání. Proč máš rád geotechniku, zejména tunelařinu, co Tě na ní baví? Proč a kdy ses pro tento obor rozhodl, kdo Tě ovlivnil svým příkladem, nadšením?

Mně se na geotechnice líbí to, co mnohé jiné odpuzuje – jistá neurčitost ve vstupech i v řešení zadaného problému. Geotechnik se neobejde bez solidních teoretických znalostí ze všech dílčích disciplín tohoto oboru, ale navíc musí mít cit a porozumění pro hodně zapeklité zemní a horninové prostředí. Je to jisté riskantní dobrodružství nedostat se do křížku s potřebami tohoto prostředí, v podzemních stavbách obzvláště. S přibývajícimi zkušenostmi dobrodružství a potěšení z práce zůstávají a rizika, doufám, ubývají.

Podzemní stavby mě na sklonku 50. let jako studenta Fakulty inženýrského stavitelství začaly mimořádně zajímat po přečtení knihy prof. J. Streita „*Tunely všech dob a světadílů*“. A pak jsem se dostal v 5. ročníku do rukou panu profesorovi Janu Strakovi a jeho tehdejšímu asistentovi Miloši Buckovi. Oba vynikající tunelářští odborníci, skvělí učitelé, výborní lidé, úplně mě uchvátili. Dobrodružství začalo v roce 1960 diplomovou prací – projektem ražby trasy „A“ metra pod Starým Městem.

Nikdy jsem nepracoval na akademické půdě, když pomínu několikaleté vedení seminářů na katedře hydrotechniky, kam mne vyslal tehdejší můj zaměstnavatel Vodní stavby a. s.

Proč a kdy ses pro práci pedagoga na vysoké škole rozhodl? Kdy jsi byl jmenován profesorem?

Po ukončení školy jsem sice dostal umístěnkou na stavbu Kaučuk Kralupy, ale prof. Straka v té době usiloval o vytvoření katedry geotechniky na Stavební fakultě a potřeboval nového pedagogického eléva. Jeho nabídku jsem radostně přijal a nikdy jsem toho nelitoval – dobrodružství mohlo pokračovat. Pan profesor Straka nás s Milošem Buckem nikdy neopomněl přivzvat k řešení praktických problémů podzemního stavitelství, výstavba pražského metra i další technická díla k tomu dávaly mnoho příležitostí.

Pedagogická práce mě bavila, se studenty jsem vždycky výborně vycházel, mimo jiné jsem opakovaně organizoval ještě za starých časů z pověření pana profesora Straky dvou-denní exkurzi studentů katedry geotechniky do podzemí Lipenské hydrocentrály. Asi všichni, kteří tam byli, jsou po společných zážitcích dodnes mými přáteli.

Jak jsem stárnul, tak jsem postupoval na žebříčku pedagogických a vědeckých hodností, až jsem to v roce 1988 dotáhl na profesora. Profesorem byl jmenován i můj nerozlučný přítel Miloš Bucek, a navíc jsme měli na katedře dalšího nadšence pro podzemní stavby – Jaroslava Pacovského, který se stal později třetím profesorem ze stejného hnízda.

Jsem přesvědčen, že to byla správná volba, protože máš velké pedagogické nadání a dnes víc než bohaté zkušenosti. Kdo jen trochu má zájem o poznání něčeho nového, ten má potěšení i užitek již jen z toho, když s Tebou cestuje. Připomněl bych své zážitky ze společných cest po Tauernské dálnici na Villach. Nutil jsem Tě opakovaně plněnu autobusu popisovat technické mimořádnosti tohoto díla v době jeho vzniku. Všichni

It is a custom that papers assessing the work and importance of the honoree are published in TUNEL journal on the occasions of similar anniversaries of important personalities. Nevertheless, members of the editorial board this time decided that they would leave the grooves because getting acquainted with the toastee's own opinions not only on his private as well as professional life, but also on the state and outlook of the tunnelling profession, would be more beneficial.

For that reason we asked Jiří Barták for an interview. This is the result.

INTERVIEW WITH PROF. JIŘÍ BARTÁK, DRSC.

May be it would not hurt to start with a certain confession. Why do you love geotechnics, first of all the tunnel building profession, and what do you like about it? Why and when did you opt for this branch and who influenced you with his/her example and enthusiasm?

I like a thing on geotechnics which repels many other people – the certain vagueness in inputs and solutions to defined problems. A geotechnical engineer cannot do without solid theoretical knowledge from all partial disciplines of this branch. But, in addition, he must have the sense of and understanding for very tricky soil and rock environment. It is a certain risky adventure making efforts not to get into fight with the needs of this environment, especially in the field of underground structures. With experience growing, the adventure and fun at work remain and risks, I hope, drop out.

Underground structures started to be exceptionally interesting for me as a student of the Faculty of Civil Engineering at the end of the 1950s after reading the book by Prof. J. Streit „*Tunnels of all periods and continents*“. Then, at the 5th grade, I got into the hands of Professor Jan Straka and his assistant Miloš Bucek. They were perfect tunnelling professionals, excellent teachers, outstanding people and they totally fascinated me. The adventure started in 1960 by my diploma thesis – the design for the excavation of tunnels for the Line A of metro under the Old Town.

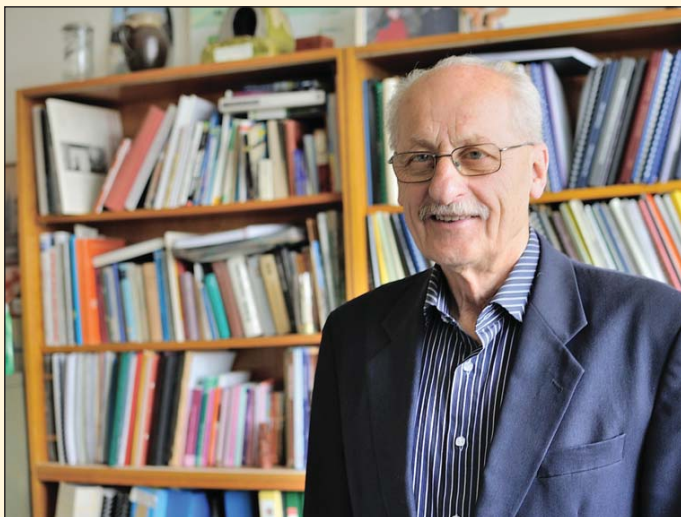
With the exception of several-year conducting seminars at the Department of Hydraulic Engineering, where I was sent out by Vodní Stavby a. s., at that time my employer, I had never worked on academic ground.

Why and when did you decide on your teaching work at the university? When were you appointed a professor?

After graduation I was given a job allocation decree to the Kaučuk Kralupy construction site. But Professor Straka at that time strived to develop the Department of Geotechnics at the Faculty of Civil Engineering and needed a new teaching entrant. I accepted his offer with joy and have never been sorry for it – the adventure could continue. Professor Straka never failed to call me and Miloš Bucek in, to solving practical problems of underground construction. The development of the Prague metro system and other technical works provided many opportunities for it.

I enjoyed the teaching work; I have always got along excellently with students. Among other things, I repeatedly organised, still in the old days and on the authority of Professor Straka, a two-day excursion of students of the Department of Geotechnics to the underground of the Lipno hydro power plant. Probably all of those who were there have, after shared experiences, remained my friends till now.

As I grew older, I proceeded on the ladder of teaching and scientific positions, ending in 1988 as a professor. Miloš Bucek, my inseparable friend, was also appointed professor.



napjatě poslouchali. Osobně děkuji všem, kteří jsou ochotni podělit se s ostatními o své znalosti a zkušenosti.

Ještě si odskočme do současnosti pedagogické, kde je asi stále hlavní penzum Tvé práce. Jací jsou dnešní studenti, stále Tě baví je vzdělávat? A co ČVUT – jaký je tvůj kritický pohled na studenty i na školu?

Je to zajímavé, bez patřičných znalostí nelze úspěšně učit, ale současně sám své znalosti učením tříbíš, dalším poznáváním zdokonaluješ. Myslím, že jsem časem postupně svoje přednáškové působení v oboru zakládání staveb a podzemních stavbách značně vylepšil. Mým krédem se stalo méně teorie a výpočtů (to mladší kolegové perfektně zvládají), více praktických poznatků a poučných příkladů z bohaté geotechnické nabídky. Zdá se mně, že tato moje snaha má u studentů vstřícný ohlas.

Studenty a školu je obtížné nějak globálně a současně stručně hodnotit. Dnešní doba skýtá nadaným a hlavně cílevědomým studentům nebyvalé možnosti. Ne všichni je dokážou využít, ale tak to bylo vždycky, jen těch možností bylo podstatně méně. Na ČVUT přibývají fakulty a další součásti, na fakultách v nebyvalém množství studijní směry a studijní obory – nejsem si sám jist, je-li tato výrazná fragmentace a úzká specializace jednoznačně prospěšná. Všeobecné zavedení strukturovaného studia (bakalářské, magisterské, doktorské) mělo být krokem vpřed v systému diferencované vysokoškolské výuky – výsledek se na Stavební fakultě jaksi nedostavil – všichni bakaláři chtějí studovat dál a získat plnohodnotné inženýrské vzdělání. Nyní je snaha tomu poněkud administrativním způsobem bránit.

Už jsem zažil ve školství tolik reforem, že by bylo s podivem, kdybych se i na ty současné nedíval s jistou skeptikou. Nevynikám však pronikavými znalostmi v této oblasti a mohu se mýlit. Pro vysoké školství by bylo rozhodně lepší, kdyby všechny nové a nové úpravy byly prospěšné a úspěšné.

Ted' aktivizuj svou paměť. Co bys připomenul z historie a vývoje českého tunelářství v období do roku 1960?

Tak s touto otázkou musím být co do rozsahu hodně opatrný, protože jsem velkým fanouškem historických podzemních staveb, a zájemce proto odkážu na úvodní kapitolu publikace „Podzemní stavitelství v České republice“, vydané Satrou, s. r. o., při příležitosti Světového tunelářského kongresu ITA-AITES v Praze v roce 2007. Uvedu z tohoto staršího období pár zajímavostí:

Tunel Slavíč z roku 1847 nebyl postaven jen pro zálibu císaře Františka Josefa I. v železničních tunelech, což je velmi rozšířený mýtus, nýbrž byl opuštěn po přeložení železniční

In addition, we had another underground construction enthusiast at the department – Jaroslav Pacovský, who later became the third professor from the same nest.

I am convinced that it was a good choice because you have great aptitude for teaching and, today, more than extensive experience. He who is at least a little interested in learning something new, has the pleasure and benefit from the mere fact that he travels with you. I would like to remember my experiences from joint trips to the Tauern motorway heading toward Villach. I was forcing you to repeatedly describe for the full coach the technical characteristics of this project, which were exceptional at the time of its origination. Everybody was all ears. I personally thank all people who are willing to share their knowledge and experience with others.

Let us again return to the teaching present, where the main quota of your work probably still remains. What are they the today's students? Do you still enjoy teaching them? And how about the Technical University – what is your critical view of students and the university?

It is interesting that it is impossible for you to teach without proper knowledge, but at the same time you refine your knowledge through teaching and improve it by new experience. I suppose that over time I significantly improved my lectures on the foundation of buildings and underground structures. My credo became "less theory and calculations (which my younger colleagues manage perfectly) and more practical pieces of knowledge and illuminating examples from the abundant geotechnical offer". It seems to me that this effort of mine has a favourable response with students.

It is difficult to assess students and schools in a global way and at the same time briefly. The present time provides unprecedented opportunities for gifted and, first of all, purposeful students. Not all of them are able to use them, but it has been always so, only the amount of the opportunities was substantially smaller. There are an increasing number of faculties and other components at the Technical University faculties and unusual amount of specialisation and branches of study is added. I myself am not certain whether this significant fragmentation and narrow specialisation is unambiguously beneficial. The general introduction of structured studies (bachelor, master, doctoral) was intended to be a step ahead in the system of differentiated university education. The result at the Faculty of Civil Engineering has failed to appear. All bachelors wish to study further and gain full civil engineering education. The current effort is to prevent it using rather administrative methods.

I have already experienced so many reforms in the education system that it would be surprising if I did not view the current ones with certain scepticism. I do not excel exceptional properties in this field and I may be wrong. It would be certainly better for university education if all new changes were beneficial and successful.

Now activate your memory. What would you remind us of from the history and the development of the Czech tunnel construction industry during the period ending in 1960?

Wow, this is a question I must be very careful about as far as the scope is concerned because I am an enthusiastic fan of historic underground structures. For that reason I will refer interested readers to the opening chapter of the publication "Underground Construction in the Czech Republic", which was published by Satra, s. r. o., on the occasion of the ITA-AITES World Tunnel Congress held in Prague in 2007. I will mention several interesting things from this older period:



trati Přerov – Hranice na Moravě ze sesuvného území. Jako technická památka je zachován dodnes.

Nejstarším dosud provozovaným dopravním tunelem v ČR je na I. tranzitním koridoru soustava tří Nelahozeveských tunelů z roku 1848. Jejichž dva boční „veřejné“ vstupy přímo ke kolejím ze slavné Dvořákovy stezky jsou mimořádnou kuriozitou. Velký pozor při eventuální návštěvě!

Letenský tunel z roku 1953 by posledním tunelem v ČR, kde byl použit pilířový systém ražení a modifikovaná rakouská soustava. U výdřevy směrové štol bylo lokálně použito velmi málo frekventované zesílení výdřevy královským podvlakem.

Ve stejné době (1953) byla ražena údajná jednolodní stanice metra Klárov, což byl jen krycí název protiatomového podzemního krytu pro nejvýznamnější prominenty tehdejšího režimu.

V téže době (1953) byl vyražen tunel pro pěší Žižkov – Karlín, který byl využit jako ideální krycí přístupová cesta k ražbě dalších významných záštitných staveb pod Vítkovem (proponovaný paralelně vedený silniční tunel nebyl nikdy realizován).

V roce 1960 byla uvedena do provozu podzemní hydrocentrála Lipno. Mohutný šikmý přístupový tunel, vedený pod úhlem 45° do hlavní kaverny v hloubce 100 m pod povrchem, je velkou tunelářskou pozoruhodností. Taktéž zastížení mohutné poruchové zóny procházející napříč hlavní kavernou, která byla zjištěna až při vlastní ražbě v předpokládaném zdravém granitovém masivu, je nepochybně geotechnickou zajímavostí.

Co další období řekněme do roku 1990, jaká pozitiva bys vyzvedl, jaké slepé uličky kriticky vidíš? Na kterých stavbách ses podílel, kde můžeme vidět Tvoji stopu?

Opět se pokusím držet rozsáhlé vzpomínky na uzdě. Ražba metra, která v celém tomto období trvale probíhala, nám s Milošem dávala velké množství příležitostí se vmístit do řešení řady problémů statických i prováděcích. Říkali nám se shovívavou nadsázkou „vědecká fronta“ nebo „BUBA klika“, někdy „bubáci“. Slepá ulička, myslím, žádná nebyla. Snad jen v té době naše výhradní zaujetí prstencovou metodou a převážně nemechanizovaným štítováním představovalo jisté zpoždění oproti vývoji tunelovacích metod ve světě. Ale objektivně je nutno uvést, že obě metody se při ražbě metra skvěle uplatnily, byly zdokonaleny a dosažené výkony budí i dnes obdiv.

Pár našich nejstarších „stop“ z výstavby metra uvedu jen heslovitě: Trasa C – stabilita čelby při ražbě pod moučným skladem na tehdejší nádraží Praha střed, kde byl tenkrát stavbyvedoucím Ing. Jindřich Hess; stabilita kolabujícího zajištění

The Slavíč tunnel from 1847 was not built only for the fondness of Emperor Franz Joseph I of railway tunnels, which is a generally spread myth. It had its purpose. Nevertheless, it was abandoned after the Přerov – Hranice na Moravě railway track had been diverted from a slide area. It has been preserved as the only technical monument till now.

The oldest till now operating transport tunnel in the Czech Republic is a set of three Nelahozeves tunnels from 1848, which is located on the Transit Corridor No. 1. The two “public” side entrances leading directly to tracks from the famous Dvorak’s trail are an exceptional rarity. Be very careful during a possible visit!

The Letná tunnel from 1953 was the last tunnel in the Czech Republic where the Room and Pillar system and the modified Austrian system were used. Very rarely frequented reinforcement of the timbering with a king stretcher was used for the timbering of the pilot gallery.

Alleged Klárov single-vault metro station was excavated in the same period (1953). Its name was only a code name for a nuclear shelter for most important prominent persons of the regime of that time.

The Žižkov – Karlín pedestrian tunnel was excavated in the same period. It was used as an ideal covering access route to the excavation of other important protection structures under Vítkov Hill (the planned parallel road tunnel has never been realised).

The Lipno underground hydro power plant was inaugurated in 1960. The huge inclined access tunnel descending at an angle of 45 degrees to the main cavern at the depth of 100m under the ground surface is a great tunnelling attraction. The encountering of an extensive fault zone passing across the main cavern, which was discovered only during the excavation passing through the granite massif that had been assumed to be sound, is undoubtedly another interesting geotechnical feature.

How about the subsequent period, say till 1990; which positives would you emphasise, which blind alleys can you critically see? Which projects did you participate in, where can we see your trace?

I will again try to hold my extensive memories in check. The excavation for metro tunnels, which was permanently underway during this period, gave me and Miloš Bucek a great amount of opportunities to involve ourselves in solutions to many problems, regarding both structural analyses and the execution of work. They called us, with indulgent exaggeration, the “scientific front” or “BUBA cabal”. I believe that there was no blind alley there. Possibly only our preoccupation with the Ring Method and mostly non-mechanised shielding meant certain retardation in comparison with the development of tunnelling methods in the world. However, it is necessary to objectively say that both methods acquitted themselves perfectly during the metro drives, were improved and the advance rates achieved inspire admiration even today.

I will mention several of our oldest “traces” from the construction of metro only in an encapsulated way: The Line C – excavation face stability under a flour storehouse at the Prague Centre railway station existing at that time, where Ing. Jindřich Hess was the site agent; the stability of the collapsing support of the pit in Washington Street; the structural solution to the three- and four-hinged lining consisting of large-size segments; the pioneering inclinometer measurement of deformations of the bracing pile wall for Háje station. The Line A - structural solution for the compressed concrete lining produced by the TšČB-3 full-face tunnelling machine (jointly with

jámy ve Washingtonově ulici; statické řešení tří- a čtyřkloubového ostění z velkorozměrových dílců; průkopnické inklinometrické měření deformací pažicí pilotové stěny stanice Háje. Trasa A – statické řešení ostění z pressbetonu pro mechanizovaný štít TŠČB-3 (s přítelem Ing. Alešem Zapletalem); návrh a statické řešení výztuže komory pro spojku A–C. Trasa B – spolupráce na ražbách v úseku Smíchov – Jinonice (s Ing. Rysem).

Naše aktivity se netýkaly jen metra, ale i tunelů železničních – rozplet a návrh ostění dvou trub 3. Vinohradského tunelu (s Ing. M. Krejcarem); likvidace Choceňského tunelu; návrh bezmomentové střednice a měření tlaků na ostění tunelu realizovaného BEBO systémem na přeložce trati Sokolov – Chodov, tunelů silničních – výpočty deformací nad jižním portálem Strahovského tunelu a také kolektorů, kanalizací a účelových štol – statické řešení ostění primárních kolektorů v Praze a v Brně; statické řešení ostění u mechanizovaného štítu Westfalia Lünen s výpočtem deformací při jeho podchodu pod dálnici D1; návrh ostění odvodňovací štol v uhelném velkolomu Čs. armády a měření tlaků od zatížení zvyšovanou vnitřní výsypkou.

Obdobných aktivit bylo mnohem víc a představovaly rozsáhlý zdroj zkušeností tolik potřebných pro porozumění tunelářské profesi.

A co období od roku 1990 do současnosti? Výhry a prohry českého tunelářství. Co Tě štválo? Co bys vyzvedl? Technici, lidé na stavbách tunelů, Tvůj vztah k nim?

Porevoluční období je všem dostatečně známé a z hlediska podzemního stavitelství bylo a je neobyčejně přínosné, a to jak rychlým a úspěšným přechodem na technologii ražby Novou rakouskou tunelovací metodou, tak nebývalým množstvím zahajovaných i dokončovaných staveb. Připomenu období kolem konce roku 1997, které bylo přímo tunelářským svátkem, neboť byly v těsném sledu dokončeny tři významné silniční tunely – Strahovský (po dlouhých a komplikovaných 10 letech výstavby), Hřebeč (na pomezí Čech a Moravy) a Pisárecký (na pražské radiále v Brně). Je třeba si uvědomit, že předchozím časově nejbližším raženým silničním tunelem byl již vzpomínaný Letenský tunel z roku 1953. Do současnosti bylo od roku 1990 dokončeno 11 silničních tunelů.

Modernizace železničních koridorů si vyžádala úspěšnou realizaci řady nových tunelů (zatím celkem 15), mezi nimi i prvního železničního tunelu raženého pomocí NRTM – tunelu Vepřek blízko Kralup nad Vltavou (2002). Železniční tunel Březno naštěstí na žádném koridoru nebyl, protože jeho ražba technologií nevyzkoušenou a tvrději prosazovanou financující organizací Severočeských dolů skončila havárií nebývalého rozsahu (2003).

Těch dílčích neúspěchů při ražbách bylo bohužel víc – tunel Hřebeč (1995, 1999), kolektor Vodičkova (2005), tunel Jablunkov (2008,2009), tunel Blanka v úseku pod Královskou oborou (5/2008, 10/2008), tunel Blanka v úseku Myslbekova (2010). Je samozřejmě nejlepší se vzniku mimořádných událostí vyhnout, ale pokud k nim dojde, je objektivní zhodnocení (provede se vždy?) jejich příčin velkým zdrojem poučení, stejně tak jako víceméně vždy originální postup při provádění sanačních prací.

Co mě štválo? Vždycky mně byly proti srsti zejména obstrukce a prosazování partikulárních zájmů jednotlivců či skupin, které výstavbu tunelů v silniční či dálniční síti provázely – např. Strahovský tunel, Mrázovka, Valík, Prackovice a Královopolský tunel si toho mnoho vytrpěly od umanutých kritiků až kverulantů. Ani prodloužení linky A metra toho nebylo ušetřeno. Vyvrcholením mé frustrace jsou současné magistralní tanečky kolem dokončení tunelového komplexu Blanka a plateb za provedené práce.

my friend Ing. Aleš Zapletal); the design and structural analysis for the temporary support of the bifurcation chamber on the connection between the Line A and Line C. The Line B – collaboration on the excavation of tunnels in the Smíchov – Jinonice section (jointly with Ing. Rys).

In addition to the metro, our activities also related to railway tunnels – the bifurcation and design for the lining of two tubes of the 3rd Vinohrady tunnel (jointly with Ing. Krejčárek); the liquidation of the Choceň tunnel; the design for a momentless centre line and the measurement of pressures on the tunnel lining realised using the BEBO system on the relocated Sokolov – Chodov track; road tunnels – calculations of deformations above the southern portal of the Strahov tunnel and also utility tunnels, sewers and purpose-built galleries – structural analysis of the lining of primary utility tunnels in Prague and Brno; structural solution for the lining for Westfalia Lünen mechanised shield with the calculation of deformations during its passage under the D1 motorway; the design for the lining of a drainage gallery at the Czechoslovak Army's large scale mine and measurements of pressures induced by loads exerted by an increased-height inner dump.

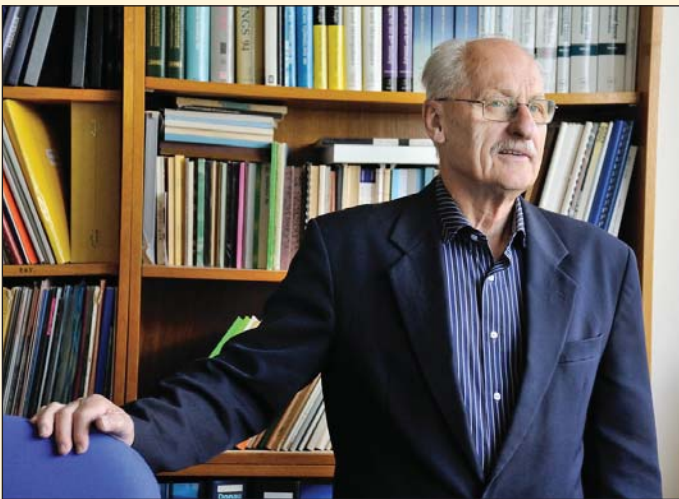
There were many more similar activities and they represented an extensive source of experience so needed for the understanding of the tunnel construction profession.

And how about the period from 1990 till now? Wins and losses of the Czech tunnelling industry. What did annoy you? What would you praise? Technicians, people on tunnel construction sites? Your relationship to them?

The post-revolution period is sufficiently known to everybody and, as far as the underground construction industry is concerned, it was exceptionally conducive, both by the quick and successful transition to the New Austrian Tunnelling Method and by the unusual quantity of commencing and finishing projects. I will mention the period around the end of 1997, which was downright tunnellers' feast because three important road tunnels were completed in a close succession – the Strahov tunnel (after the long and complicated 10 years required for the development), the Hřebeč tunnel (on the border between Bohemia and Moravia) and the Pisárky tunnel (on the Prague radial road in Brno). It is necessary to realise that the previous, in terms of time the closest, mined road tunnel was the above-mentioned Letná tunnel from 1953. To the present time 11 road tunnels have been completed since 1990.

The modernisation of railway corridors required successful realisation of a number of new tunnels (15 till now), among them also the first railway tunnel driven using the NATM – the Vepřek tunnel near the town of Kralupy nad Vltavou (2002). Fortunately, the Březno railway tunnel was not located on a corridor line. The excavation of this tunnel using a technology which had never been tried in the CR, which had been stubbornly insisted on by the financing organisation (North Bohemian Mines) ended by an unprecedented extent collapse (2003).

Unfortunately, there were more partial failures in the excavation of tunnels - the Hřebeč tunnel (1995, 1999), the Vodičkova utility tunnel (2005), the Jablunkov tunnel (2008,2009), the Blanka tunnel in the section under Královská Obora (5/2008, 10/2008), the Blanka tunnel in the Myslbekova section (2010). Of course, the best way is to avoid the origination of extraordinary events, but once they happen the objective assessment (is it carried out always?) of their causes, as well as the, more or less always original, procedures of rehabilitation, provide great lessons.



Na většině tunelů z tohoto období jsem v nějaké formě participoval – jako expert investora, expert dodavatele, člen technické rady, člen rady monitoringu, člen rady výstavby, případně jako konzultant či soudní znalec. Někdy bylo těžké tyto externí zájmy časově skloubit s dalšími úkoly, ale přímý kontakt s praktickými problémy tunelového stavitelství a současně s lidmi, kteří je průběžně řeší, mě neustále odborně velmi obohacuje.

Ještě jedna otázka týkající se tunelů. Který ze světových tunelů Tě nejvíce zaujal či je Tvůj nejoblíbenější?

Moc těžká otázka. Já mám afinitu ke všem tunelům, které znám, i k těm, o kterých jsem jenom četl nebo slyšel. Ale nějak chci odpovědět. Velmi mně imponuje, že Švýcaři svůj megaprojekt NEAT a obrovské peníze na něj dokázali nejen odhlasovat jako prospěšný pro celou zemi, ale také projekt dovádějí do úspěšného konce. A konkrétně – způsob, jakým se dokázali vyrovnat s obrovskou hrozbou ztekucené výplně poruchy Piora při ražbě Gotthardského básového tunelu, svědčí o tunelářském mistrovství.

Nebylo dost zdůrazněno, jak jsi dokázal skloubit svou odbornost s praxí, svou teoretickou zdatnost s praktickým přístupem k řešení denních i mimořádných problémů ražeb tunelů. Toho si mimořádně ceníme.

Ale ani Tvůj osobní život nám nesmí spadnout pod stůl. Co Tě v životě bavilo a baví? Jistě nezapomeneš na sport včetně „železného muže“.

Soukromí odbudeme, stejně je ten rozhovor již moc dlouhý. Stále mě baví má práce, pedagogická i odborná, dokud to půjde, chci být užitečný. Dlouhý triatlon jsem doopravdy provozoval, 4x méně běžnou verzi 2–20–200 km, 6x klasiku 3,8–180–42 km, ale už je to dávno. Afinita k cyklistice mě však dosud neopustila, rád hraji tenis a lyžuji. Jsou místa, kde už mohu jezdit na lanovkách zadarmo. Nevím, jestli mě to víc těší, nebo deprimuje.

Jsi místopředseda CzTA ITA-AITES. Proč v asociaci působíš?

Vždy jsem se snažil v této nepolitické organizaci profesně stejně zaměřených odborníků působit zejména v oblastech blízkých mým edukačním sklonům – v přípravě konferencí, při vydávání časopisu TUNEL a tvorbě Dokumentů CzTA. Tu první oblast jsem již opustil a bylo to správné rozhodnutí. Mnohokrát jsem předsedal přípravným výborům oblíbených konferencí Podzemní stavby Praha, po WTC 2007 tuto štafetu převzali mladší kolegové (Ing. Butovič a Ing. Hilar) a se svými spolupracovníky mají skvělé výsledky. Na tvorbě Dokumentů CzTA se rád podílím, jsou to poučné koncentrované výstupy pro členy naší asociace. V časopise TUNEL se angažuji dosud,

What did annoy me? First of all the obstructions and pressing particular interests of individuals or groups which attended the development of tunnels on road or motorway networks were always against the grain to me – e.g. the Strahov tunnel, Mrázovka, Valík, Prackovice and Královo Pole tunnels suffered a lot from obsessive critics, even grumblers. Nor the extension of the Line A was spared these problems. The current City Hall's dancing around the completion of the Blanka complex of tunnels and payments for completed work are the culmination of my frustration.

I participated in some form in the majority of the above-mentioned tunnels – in the position of project owner's expert, contractor's expert, a member of a technical board, a member of a monitoring board, a member of a construction board or a consultant or an authorised expert. It was sometimes difficult to combine in terms of time these external interests with other obligations, but direct contacts with practical problems of the tunnel construction engineering and with the people who continually solve them permanently have enriched me.

Another question relating to tunnels. Which of the world's famous tunnels has captured your interest most of all or is your most favourite?

This is a very difficult question. I feel an affinity for all tunnels I know, even those I have only read about or heard of. Anyway, I want to give you some answer. I am very impressed by the fact that the Swiss managed not only to vote in favour of their NEAT megaproject and the required huge cost considering it to be a project beneficial for the whole country, but also that they are bringing it to a successful conclusion. And concretely – the way in which they managed to cope with the great threat of the liquefied filling of the Piora Fault encountered during the excavation of the Gotthard base tunnel is a proof of tunnelling mastery.

It has not been stressed enough how you managed to combine your expertise with the practice and your theoretical capacity with the practical approach toward solving the daily as well as extraordinary tunnel excavation. This is what we especially appreciate.

But your private life also must not be omitted. What has enjoyed you in your life? I am sure that you will not forget sports including the "Iron Man".

We will brush privacy off, this discussion is already too long even without it. I still love my work, both teaching and professional. I want to be useful as long as possible. It is true that I used to attend long triathlon events, 4 times the less common 2–20–200km version and 6 times the classical 3.8–180–42km version, but that was a long time ago. Nevertheless, the affinity for cycling has not abandoned me yet; I like to play tennis and ski. There are places where I already can ride funiculars free of charge. I do not know whether it gives me more joy or more depression.

You are the vice-chairman of the ITA-AITES CzTA. Why are you active in the association?

It has always been my effort to work in this apolitical organisation of professionally equally oriented professionals, first of all in the areas close to my teaching inclination – the preparation of conferences, publication of TUNEL journal and development of the CzTA Documents. I have already abandoned the first area and it was a right decision. I chaired steering committees of the favoured Underground Construction Prague conference many times. After the WTC 2007, younger colleagues took this baton over (Ing. Butovič and Ing. Hilar) and the results they achieved together with their collaborators are excellent. I enjoy my participation in the development of the CzTA Documents; they are enlightening concentrated outputs for members of our association. I continue to engage myself in TUNEL journal, but after you, my long-time fel-

ale poté, co jsi skončil Ty, můj dlouholetý souputník v redakční radě, tak pomalu začínám přemýšlet o tomtéž – předsednictví v RR asi brzy vložím na bedra někoho mladšího, já na nich mám obtížné břemeno svých 75 let.

Příteli Mílo, děkuji za trpělivý poslech.

S profesorem Jiřím Bartákem s radostí a vděčností hovořil Ing. Miloslav Novotný, dřívější sekretář CzTA ITA-AITES

low-traveller, ended your work in the Editorial Board, I have gradually started to think about the same. I will probably burden somebody younger with the EB chairmanship. My personal burden is my age of 75.

My dear friend Míla, let me thank you for your patient listening.

The interview with Professor Jiří Barták was conducted with joy and gratefulness by Ing. Miloslav Novotný, the former secretary of the ITA-AITES CzTA.

BLAHOPŘEJEME ING. PAVLU MAŘÍKOVÍ K 85. NAROZENINÁM CONGRATULATION TO 85TH BIRTHDAY OF ING. PAVEL MAŘÍK

Ing. Pavel Mařík, někdejší dlouholetý člen redakční rady časopisu TUNEL, oslavil 15. 5. 2014 své 85. narozeniny. V TUNELU 2/2009 mu k narozeninám blahopřál Ing. M. Novotný a v zasvěceném článku přiblížil celou životní dráhu Ing. Maříka, která byla výrazně poznamenána řadou dějinných událostí válečného i poválečného období. Vpravdě osudové zásahy diktátorských režimů do života Ing. Maříka budou stát nepochybně řadě členů naší asociace v rámci tiché gratulace znovu za připomenutí a číslo 2/2009 si vyhledají.

Velká většina starších členů asociace si Ing. Pavla Maříka z jeho odborného působení velmi dobře pamatuje, mladší se spíše setkávají se synem jubilanta Ing. Liborem Maříkem, který se „potatil“ a je také schopným a výkonným projektantem podzemních staveb.

Připomeňme si pár klíčových údajů z odborného působení jubilanta. V roce 1966 nastoupil do firmy PŮDIS nejprve jako projektant, v průběhu let se stal ředitelem střediska. Podílel se na projektu pražské podzemní tramvaje, po změně této původní podzemní koncepce hromadné dopravy pak pokračoval na projektování metra. Byl hlavním inženýrem projektu stavební části stanice Muzeum na trase IC, budované z povrchu v komplikované oblasti horní části Václavského náměstí. Projektovat hloubený Těšnovský tunel, asi mnoha pamětníkům známým pod označením „Husákov ticho“, který výrazně prospěl plynulosti pravobřežní dopravy v oblasti předpolí Hlávkova mostu. Zásadní je podíl Ing. Maříka na zpracování všech projektových stupňů Strahovského tunelu.

V roce 1993 založil vlastní projekční firmu IK (Inženýrské konstrukce), která zpracovala části realizační dokumentace Strahovského tunelu, včetně provozního řádu a digitální dokumentace skutečného provedení. Také projekt Smíchovského portálu tunelu Mrázovka vznikl ve firmě IK pod vedením Ing. Maříka. Významné bylo zaměření firmy na projekty rekonstrukcí – Těšnovského tunelu, pravobřežního Rašínova nábreží, nábreží E. Beneše na levém břehu Vltavy. Měl jsem příležitost na některých z projektů firmy IK, a tím přímo s Ing. Maříkem, spolupracovat. Velmi imponující byl jeho cit pro konstrukce, odborné znalosti, jasné technické uvažování a schopnost nezaujatě posuzovat nápady svých spolupracovníků.

Už téměř před 10 lety, v roce 2005, Ing. Mařík ukončil aktivní práci ve stavební firmě, kterou před 12 lety založil. Jeho zásluhy o rozvoj podzemního stavitelství v ČR však sahají a budou sahat daleko za tento mezník. Jako jednomu z prvních členů mu byla v roce 2009 udělena pamětní medaile



Ing. Pavel Mařík, a former long-standing member of the Editorial Board of TUNEL journal, celebrated the 85th birthday on the 15th May 2014. Ing. M. Novotný presented his wishes to his birthday in TUNEL issue No. 2/2009, in an insider article giving readers an idea of the entire life path of Ing. Mařík, which had been marked by series of historic events of the war and post-war periods. The truly fateful interventions of dictator regimes into Ing. Mařík's life will undoubtedly be worth remembering again for many members of our association and finding the issue No 2/2009 again.

The large majority of older members of the association very well remember Ing. Pavel Mařík from his professional work. Younger ones rather meet his son, Ing. Libor Mařík, who follows in the footsteps of his father and is also a competent and potent designer of underground structures.

Let us remember some key data on the professional work of the toastee. In 1966, he entered PŮDIS, first as a designer, and over the years he became the director of a department. He participated in the design for a light rail transit line (the so-called subsurface tram) and, after this original underground concept had been abandoned, he proceeded on designing for the metro. He was the chief designer for the civils part of Museum station on the Line IC, which was built from the surface in the complicated area of the upper part of Wenceslas Square. He designed the cut-and-cover Těšnov tunnel, probably known to many witnesses under the name of “Husak's Quiet”, which significantly contributed to the fluency of traffic on the right bank of the Vltava in the area of the Hlávkův bridge foreland. The contribution of Ing. Mařík in the preparation of all design stages of the Strahov tunnel is crucial.

In 1993 he established his own designing firm IK (Inženýrské Konstrukce – Engineering structures), which carried out part of the detailed design for the Strahov tunnel, inclusive of the operating instructions and digital as-built documents. The design for the Smíchov portal of the Mrázovka tunnel also originated in IK firm under the leadership of Ing. Mařík. The focus of the firm on designs for reconstructions – of the Těšnov tunnel, the Rašín Embankment on the Vltava right bank and the E. Beneš Embankment on the left bank – was significant. I had the opportunity to collaborate on some of IK firm's designs directly with Ing. Mařík. His feeling for structures, technical knowledge, clear technical thinking and ability to assess ideas of his collaborators were very impressive.

It is nearly 10 years ago that Ing. Mařík terminated his active work in the construction firm he had established 12 years ago. Nevertheless, his contributions to the development of the underground construction industry in the Czech Republic are reaching and will reach far beyond this landmark. As one of the first members, he was awarded the memorable medal by our association in 2009. The

naší asociace, na zasedání předsednictva 25. 4. 2014 byl schválen návrh Ing. Pavlu Maříkovi udělit čestné členství v CzTA. Gratuluji k tomuto ocenění a připojuji se, a nepochybně za mnoho dalších členů asociace, s upřímným přáním zdraví a pohody nejen ke dni významných narozenin, ale i do mnoha dalších let.

PROF. ING. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.
předseda redakční rady,
místopředseda CzTA

proposal to give Ing. Pavel Mařík an honorary membership in the CzTA was approved at the Board meeting on 25/04/2014. It is a pleasure for me to congratulate him on this appreciation and join in, undoubtedly also on behalf of many other members of our association, with a cordial wish of good health and comfort, not only on the day of this important anniversary, but also in the many years to come.

PROF. ING. JIŘÍ BARTÁK, DrSc.
Chairman of the Editorial Board,
Vice-Chairman of the CzTA

PŘIPOMÍNKA JUBILANTA A SPECIÁLNÍ TECHNOLOGIE REMINISCENCE OF THE TOASTEE AND SPECIAL TECHNOLOGY

V roce 2013 se dožil významného jubilea sedmdesáti let inženýr Stanislav Kučík z Ostravy, který po několik desetiletí rozvíjel v rámci podniku OKD, DPB Paskov (dnes Green Gas) velmi specializovaný obor podzemního stavitelství, kterým je velkopřůměrové vrtání. Domnívám se, že stojí za to si připomenout jak jubilanta, tak i tento zajímavý podobor.

Stanislav Kučík působil celý svůj profesní život v jediné firmě, kde vystřídal řadu provozních a technických funkcí. Je dnes už celkem jedno, jak se tyto pozice přesně jmenovaly, ale důležité je hlavně to, že velkou část své kariéry věnoval právě velkopřůměrovému vrtání. Tuto technologii vlastně v České republice zaváděl, inovoval a zlepšoval, připravoval realizaci řady projektů, které pak následně sám řídil a vyhodnocoval. Tak se nakonec vypracoval v jednoho z nejuznávanějších odborníků v této profesi v Evropě a možná na světě. Vždyť i takové firmy jako Wirth nebo Robbins s ním konzultovaly detaily konkrétních řešení, například využívání fotogrametrie, způsob vyztužování předvrtů, stabilizace stěn a další.

Připomeňme si ještě, že v oboru velkopřůměrových vrtů má Stanislav Kučík na svém kontě stovky projektů jak v důlních podmínkách, tak i v podzemním stavitelství. Z těch nejzajímavějších bych jmenoval předvrtky pro hloubení větracích jam tunelů Saukopf a Hausach v Německu, vrtání komínů pro hydroelektrárny v Turecku, Řecku, či Španělsku nebo odvodňovací šikmý vrt jako protipovodňové opatření ve Švýcarsku. Posledním projektem před odchodem do důchodu bylo pro Standu vrtání kabelové šachtice pro dálniční tunel v Klimkovicích o průměru 2 m.

Je tedy zřejmé, že důležitost této profese se nijak nezmenšuje. (Naopak, všichni máme ještě na paměti záchranu chilských horníků z roku 2010, která by bez velkopřůměrového vrtání nebyla možná.) Je proto dobře, že v podniku Green Gas nejenže dosud existují stroje (na příklad TURMAG nebo Wirth HG 210 a další), které Stanislav Kučík kdysi nakupoval a zaváděl. Navíc se postaral i o to, aby zkušenosti s prováděním těchto prací převzali jeho mladší kolegové, takže obor velkopřůměrového vrtání – přestože jeho využití nijak časté nebývá – u nás rozhodně bude existovat dál.

Nezbývá než popřát Stanislavu Kučíkovi hodně zdraví a doufejme, že s ním i s problematikou velkopřůměrového vrtání či Raise boringu se budeme minimálně na konferencích a v odborných publikacích setkávat dál.

ING. KAREL FRANCYK, Ph.D.



In 2013, Stanislav Kučík from Ostrava celebrated the important seventieth anniversary of age. He had been developing for several decades large-profile boring, which is a very specialised branch of the underground construction industry, within the framework of OKD, DPB Paskov (today Green Gas Dpb). I suppose that it is worth reminding us of both the toastee and this interesting sub-branch.

Stanislav Kučík worked throughout his professional life in a single company, where he worked in many operating and technical positions. The names of these positions are today no more important. The important thing is that he has dedicated a significant part of his career to the above-mentioned large-profile boring.

As a matter of fact, he introduced this technology in the Czech Republic, innovated and upgraded it. He prepared the realisation of numerous projects and personally managed and assessed it. In this way he finally became one of Europe's and possibly even world's most renowned specialists in this profession. After all, even such firms as Wirth or Robbins consulted with him details of specific solutions, for example the use of photogrammetry, the system of supporting pilot holes, stabilisation of borehole walls and others.

Let us remind us of the fact that in the field of large-diameter boreholes Stanislav Kučík has hundreds of projects to his credit, both in mining conditions and in the underground construction industry. Of the most interesting ones, I would mention pilot holes for the sinking of ventilation shafts for the Saukopf and Hausach tunnels in Germany, boring for chimneys for hydropower plants in Turkey, Greece and Spain or an inclined drainage borehole as a flood prevention measure in Switzerland. Standu's last project before retirement was boring for a 2m-diameter cable shaft for the Klimkovic motorway tunnel.

It is therefore obvious that the importance of this profession by no means diminishes. (Just the opposite; all of us still remember the rescue of Chilean miners in 2010, which would have been impossible without large-diameter boring.) It is therefore a good thing that Green Gas still owns the machines (for example TURMAG or Wirth HG 210 etc.) that were purchased and introduced in the past by Stanislav Kučík. In addition, he arranged for handing the experience with the execution of these operations over to younger colleagues. Owing to his efforts the large-diameter boring branch, despite the fact that it is not used too frequently, will certainly exist in the Czech Republic in the future.

We can only wish Stanislav Kučík good health and hope that we will continue to meet him and problems of large-diameter boring or raise boring at least at conferences and in technical publications.

ING. KAREL FRANCYK, Ph.D.

9. 5. 1974 ZAHÁJENÍ PROVOZU PRAŽSKÉHO METRA – 40 LET 9TH MAY 1974 – PRAGUE METRO INAUGURATION – 40 YEARS

The first operational section of the Prague Metro Line C was ceremonially brought into service forty years ago, on Thursday the 9th May 1974. It was a historic milestone for the urban mass transit system in Prague. The ribbon-cutting ceremony, symbolically bringing Prague metro into service, took place at 9:19 a.m. After the conclusion of the official part of the event, at 11 a.m., the metro stations were crowded with tens of thousands of curious Prague citizens. The first metro section was 7.127m long. However, the 350m long connection track to the Kačerov depot and the extensive depot railyard with a testing track, the stabling track at Pražského Povstání station (175m) and crossover tunnels for reversing trains at Sokolovská, Pražského povstání and Kačerov stations must be added to this length. There were 9 stations on the Line: Kačerov, Budějovická, Mládežnická (today Pankrác), Pražského povstání, Gottwaldova (today Vyšehrad), I. P. Pavlova, Muzeum, Hlavní nádraží and Sokolovská (today Florenc).

Pražanům i návštěvníkům Prahy dnes připadá metro jako nedílná součást Prahy, jako samozřejmost, bez které by se nemohli v Praze pohybovat. Přesto je to teprve 40 let, kdy se projeli cestující první linkou pražského metra. Pamětníci, a ani ne tak starší, pamatují hlavní město jen s tramvajemi a autobusy. Postupná výstavba jednotlivých úseků tras metra dala Praze novou tvář.

Nikomu nepříjde divné, že se pohybuje v podzemí. Vlakem metra projíždí tratě tunely, pěšky nebo za pomoci eskalátorů se pohybuje po stanicích, na přestupech jednotlivých tras, a to ještě návštěvník nevidí další technologické prostory metra. Vše, co se v podzemí nachází, se muselo vyprojektovat a zrealizovat, ale tak, aby dopravní síť podzemní i povrchová fungovaly pro dopravní účely jako celek.

Vrátíme-li se zpět k myšlenkovým prvopočátkům podzemní dráhy v Praze, jsme u 2. června 1898, kdy majitel slavné pražské železářské firmy Ladislav Rott píše městské



Obr. 1 Zkušební souprava 1010+1020 u služebního nástupiště u obrátových kolejí stanice Kačerov v lednu 1974 z depa k tomuto nástupišti tehdy ještě vlaky nemohly jet vlastní silou, ale přepravoval je sem lokotraktor

Fig. 1 Testing train 1010+1020 at the service platform at the dead-end tail tracks of Kačerov station in January 1974. At that time trains could not run under their own power from the depot to this platform; they were moved to this location by a diesel tractor

radě Královského hlavního města Prahy, aby uvažovala o zřízení podzemní dráhy. Navrhuje spojení Karlína s Podolím a Malé Strany s Vinohrady. Město Praha tehdy návrh stroze odmítlo, ale tento návrh nebyl naštěstí posledním. Po dílčích návrzích zpracovali Ing. List, profesor České techniky v Brně, a Ing. Belada v prosinci roku 1926 projekt nazvaný „Studie rychlé městské dráhy – metro – v Praze.“ Jejich řešení počítalo se sítí čtyř podzemních tratí o celkové délce 20,4 km. Směrová podoba navrhované sítě se značně podobala dnešnímu systému. Přestože byl návrh vedením Elektrických podniků (dnešní Dopravní podnik hl. m. Prahy) odmítnut, začaly se jednotlivé projekty zpracovávat. Pamětní deska Ing. Lista a Ing. Belady je umístěna ve vestibulu stanice metra Muzeum.

Během 2. světové války a v poválečných letech vznikly další návrhy, které většinou směřovaly k řešení podpovrchové tramvaje. V roce 1963 doporučil Pražský projektový ústav jako výhodnější dopravní systém podpovrchovou tramvaj. Dne 7. ledna 1966 začala výstavba podpovrchové tramvaje. Současně ale probíhala diskuse mezi zastánci podpovrchové tramvaje a klasického metra. V červnu a červenci 1967 byl znovu posouzen navržený systém MHD. Výsledkem bylo usnesení vlády ČSSR z 9. srpna 1967 – místo podpovrchové tramvaje bude metro. Následně se rozjely nové projekční práce a generálním dodavatelem stavební části první trati pražského metra se v lednu 1968 stal národní podnik Vodní stavby, který ve svém rámci zřídil samostatný závod Metrostav.

Dne 20. ledna 1969 byla zahájena ražba prvního tunelu metra mezi dnešními stanicemi Pražského povstání a Vyšehrad. Od té doby uplynulo do letošního roku 45 let. Stavební práce na prvním úseku pražského metra pochopitelně probíhaly na více místech současně. Budovalo se osm hloubených a jedna povrchová stanice (Gottwaldova, dnes Vyšehrad). Tunely se stavěly v některých úsecích hloubené, tedy z povrchu v otevřené jámě, z větší části však byly ražené. Část ražených tunelů se stavěla razicími štítem sovětské výroby, část pak prstencovou metodou pomocí erektorů. Ražby tunelů probíhaly až do srpna 1972. Hloubené tunely, částečně dvoukolejné, byly vybudovány v úseku Vrchlického sady – Muzeum (včetně stanic Hlavní nádraží a Muzeum), dále na obou předmostích mostu přes Nuselské údolí a část úseku u stanice Mládežnická (dnes Pankrác). Nuselské údolí trať překonávala v tubusu mostu, druhý kratší most byl postaven na Kačerově.

Návazně na práce na výstavbě tunelů a stanic pokračovala montáž všech ostatních technologických zařízení a kolejového svršku. Dne 4. ledna 1973 projel po tratě koleji z Kačerova na pankrácké podmostí Nuselského mostu pracovní vlak s pražským primátorem dr. Zdeňkem Zuskou.

„Den 1. červenec 1974 se stane historickým datem v dějinách pražské dopravy – bude otevřen první provozní úsek trasy C pražského metra pro veřejnost. Po létech plánování, budování, a také pochybností, se Pražané konečně dočkají podzemní dráhy,“ psalo se v informačním materiálu, který vydalo oddělení propagace Dopravního podniku hl. m. Prahy–Metro v červenci 1973. I když do dokončení stavby zbývalo hodně práce, začala pomalu i příprava veřejnosti na zásadní změny, které se v roce 1974 v systému pražské



Obr. 2 Přejímka prvních vozů po pražské metro na hranicích, vozy metra se přepravovaly do Prahy po vlastní ose v rámci zvláštního vlaku
Fig. 2 Taking over first cars for the Prague metro on the border; cars were transported to Prague on their own wheels, forming special trains

městské hromadné dopravy odehrají. Jak bývalo v této době zvykem, přijaly organizace zajišťující výstavbu metra sdružený socialistický závazek, že provoz na prvním provozním úseku metra bude zahájen mnohem dříve, než se plánovalo, – 9. května 1974. Aby nebyly ohroženy termíny dokončení komplikované stavby, zahájil už 16. října 1973 odbor výstavby Národního výboru hl. m. Prahy dlouhé kolaudační řízení. Stejný den, kdy bylo zahájeno kolaudační řízení, tedy 16. října 1973, dorazil do železniční stanice Praha-Krč zvláštní vlak z Mytiščínského strojírenského závodu, jehož součástí bylo prvních šest vozů metra.

To už se všude finišovalo, protože se blížil vládní termín zahájení zkušebního provozu bez cestujících – 1. leden 1974. V tunelech probíhaly poslední přípravy. V sobotu 22. prosince se uskutečnila jízda „kolaudačním geodetickým vozem“ v úseku Kačerov – Pražského povstání, 27. prosince pak ve zbývajícím úseku stanice Sokolovská. Dne 22. prosince v noci projel poprvé vlak metra úsekem Kačerov – Pražského povstání. Generální ředitel Dopravních podniků hl. města Prahy Ing. Mikuláš Lacek tak mohl vydat příkaz k provedení ověřovací jízdy. Cílem ověřovací jízdy bylo ověření průjezdnosti trasy a provozuschopnosti rozhodujících zařízení pro jízdu vlaku, sestaveného z vozidel metra typu Ečs na celém prvním provozním úseku trasy C metra.



Obr. 4 Stavba stanice Vyšehrad
Fig. 4 Construction of Vyšehrad station



Obr. 3 Stanice Muzeum s třívozovou soupravou Ečs směřující na Kačerov
Fig. 3 Muzeum station with the Ečs three-car train heading toward Kačerov

Termín ověřovací jízdy byl stanoven na 29. prosince 1973 ve 3.00 ráno. Souhlas s provedením jízdy vyslovil 29. prosince 1973 i odbor výstavby Národního výboru hlavního města Prahy. Pro mnohé z těch, kteří se na přípravách provozu metra podíleli, to byl možná ještě důležitější okamžik, než pozdější vlastní slavnostní zahájení provozu. Na základě předložených dokumentů a protokolu o provedení ověřovací jízdy na I. provozním úseku trasy C metra dne 29. 12. 1973, která prokázala jeho připravenost a provozuschopnost, mohl být zahájen zkušební provoz na prvním provozním úseku trasy C metra. Dne 2. ledna 1974 v půl deváté dopoledne se pak uskutečnila oficiální zahajovací jízda.

Blížil se „den D“. Ke konci se chýlila i práce kolaudační komise, ve sdělovacích prostředcích vrcholila kampaň pro veřejnost. Zprovoznění pražského metra se stalo důležitou politickou akcí. V prvním dubnovém týdnu se uskutečnily dynamické zkoušky Mostu Klementa Gottwalda (dnešního Nuselského mostu) pomocí raketových motorů, mechanických budičů, jízdy naložených nákladních automobilů Tatra T148 a samozřejmě také vozů metra. Dne 12. dubna 1974 provedla hlavní kolaudační komise na závěr své činnosti v rámci technicko-bezpečnostní zkoušky zkušební jízdu a konstatovala, že trať je připravena k bezpečnému



Obr. 5 Výstavba stanice Budějovická
Fig. 5 Construction of Budějovická station



Obr. 6 Stavba stanice Kačerov
Fig. 6 Construction of Kačerov station

a plynulému provozu bez cestujících. Dne 6. května 1974 se uskutečnila poslední úřední zkušební jízda a o den později vydal odbor výstavby NVP souhlas se zahájením provozu s cestujícími od 9. května 1974. Všechno bylo připraveno.

Ve čtvrtek 9. května 1974, v devět hodin dopoledne, započalo ve stanici Kačerov slavnostní zahájení provozu na prvním provozním úseku tratě C pražského metra. Nastal historický mezník v historii městské hromadné dopravy v Praze. Slavnostní přestřižení pásky, kterým se symbolicky provoz pražského metra zahajoval, se uskutečnilo v 9 hodin 19 minut. Po skončení oficiální části akce, v 11 hodin, se stanice metra zaplnily desetitisíci zvědavých Pražanů. K příležitosti prvního dne provozu byly vydány zvláštní jízdenky, opravňující k hodinovému pobytu v prostorách metra. Druhý den pak už byl běžným provozním dnem nové součásti systému pražské městské hromadné dopravy.



Obr. 8 A to už je 16. říjen, železniční stanice Praha-Krč, jak psaly noviny, první obdivovateli nových vozů byli železničáři
Fig. 8 This is already the 16th October at Praha-Krč railway station. As written in newspapers, railway people were the first to admire the new cars



Obr. 7 Propagační snímek na téma: Když nezaplatíte, turniket vás nepustí do metra

Fig. 7. Promotional picture on the topic: If you do not pay, the turnstile will not let you in the metro

První úsek metra měl stavební délku 7,127 km (měřeno v levé traťové koleji tratě I.C). K tomu ale patří ještě 350 m dlouhá spojka do depa Kačerov a vlastní rozsáhlé kolejiště depa se zkušební tratí, odstavná kolej u stanice Pražského povstání (175 m) a kolejové spojky pro obracení vlaků ve stanicích Sokolovská, Pražského povstání a Kačerov. Na trati bylo 9 stanic: Kačerov, Budějovická, Mládežnická (dnes Pankrác), Pražského povstání, Gottwaldova (dnes Vyšehrad), I. P. Pavlova, Muzeum, Hlavní nádraží a Sokolovská (dnes Florenc). Provoz metra řídil provizorní vlakový a energetický dispečink umístěný ve stanici I. P. Pavlova. Odbavování cestujících se uskutečňovalo pomocí turniketů.

První provozní úsek trasy C metra byl uveden do provozu a již byl rozestavěn I. úsek trasy A metra. Ten byl otevřen 12. 8. 1978. Následovaly další úseky metra na trase C, A a nové trase B. K dnešnímu dni je v provozu 57 stanic a skoro 60 km pražského metra.

Hlavní město Praha v rozvoji pražského metra pokračuje. Na jaře příštího roku by měly být zprovozněny další 4 stanice pátého provozního úseku trasy A metra ze stanice Dejvická až do stanice Nemocnice Motol. Přípravuje se i nová trasa D metra, na jejíž první část, v úseku Náměstí Míru – Písnice, je zpracována projektová dokumentace a územní rozhodnutí nabude právní moci v nejbližší době.

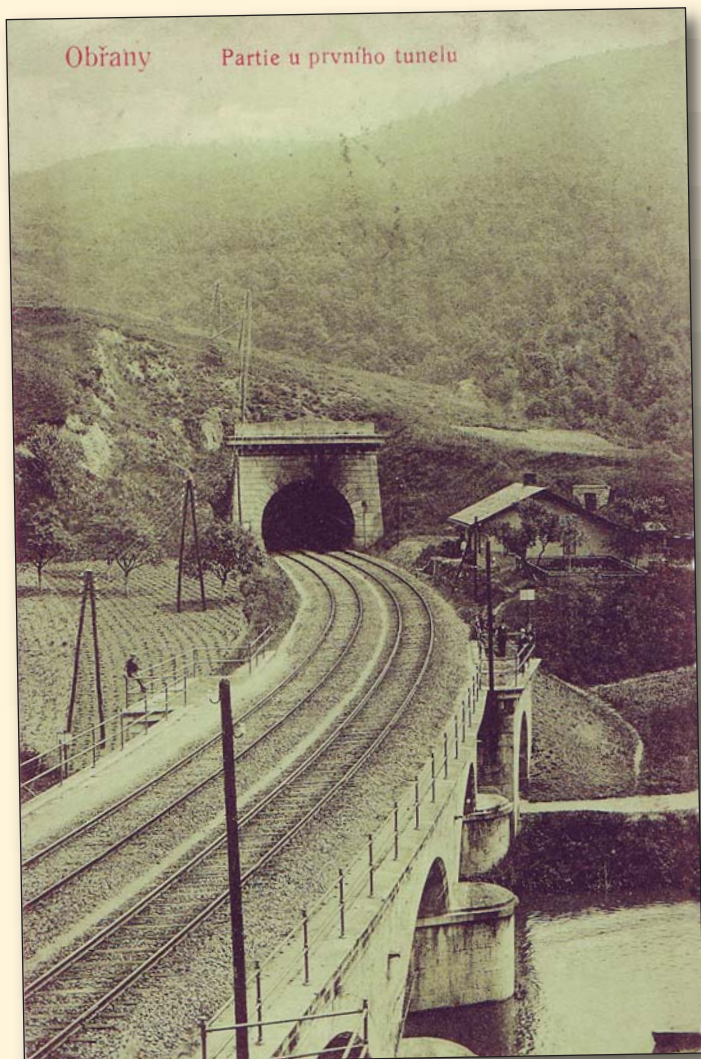
Kde bychom dnes s cestováním po Praze bez podzemní dopravy, bez pražského metra byli, to si již opravdu těžko můžeme představit.

ING. JOSEF KUTIL, kutil@ids-praha.cz,
IDS a. s.

Foto archiv DP hl. m. Praha, a.s.
Photo courtesy of DP hl. m. Praha, a.s.

Z HISTORIE PODZEMNÍCH STAVEB FROM THE HISTORY OF UNDERGROUND CONSTRUCTIONS

POHLEDNICE S ŽELEZNIČNÍMI TUNELY V MORAVSKÉM ŠVÝCARSKU PICTURE POSTCARDS SHOWING RAILWAY TUNNELS IN MORAVIAN SWITZERLAND



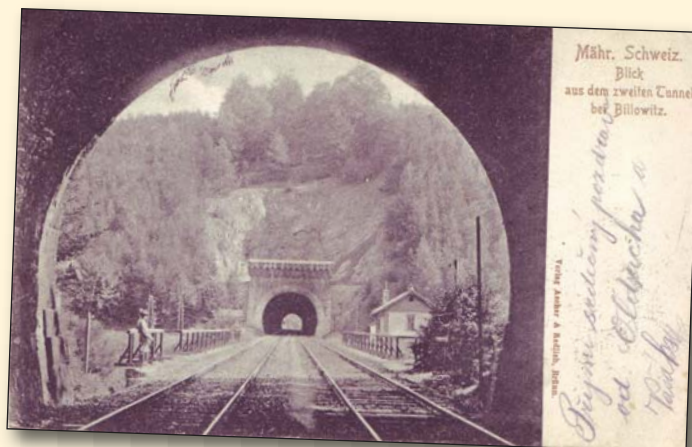
Obr. 1 Obřany. Partie u prvního tunelu. Po roce 1908 – podle textu na pohlednici těsně před nebo na počátku 1. světové války. Nakl. M. Beneše, papírnictví Obřany. [sbírka autorů] Cenný brněnský empírový portál byl již před rokem 1988 zapsán na seznam kulturních památek. Při přestavbě tunelu byl kamenožez rozebrán na jednotlivé očíslované kvádry a bylo v plánu jej někde opět postavit. Dodnes však není jasné místo a účel nového vztyčení. Navrhováno bylo osazení portálu do jiného tunelu, monument v areálu brněnské Vaňkovky nebo oblouk s hodinami v Brně. V rozebraném stavu, stále památkově chráněn, se nachází u kolejí v Babické ulici v Maloměřicích. Národní památkový ústav jej řadí mezi nejohroženější nemovitě památky. Při revizi v roce 2010 zjistil majitel (SŽDC), že na místě se nachází stále téměř všechny díly [4]

Fig. 1 Obřany. Scenery at the first tunnel. After 1908 – according to the text on the picture card it was taken just before or at the beginning of World War I. Publisher M. Beneš, stationery Obřany. [authors' collection] The precious Empire-style Brno portal was a listed cultural monument already before 1988. During the tunnel reconstruction the masonry layout was dismantled to individual numbered blocks and it was planned that it would be reassembled somewhere else. The location and purpose of the new installation is however unclear till now. The installation to another tunnel, the monument on the grounds of the Vaňkovka plant in Brno or an arch with a clock in Brno were proposed. Still historically protected, it is found in a dismantled state near the railway track in Babická Street in Maloměřice. The National Heritage Institute ranks it among the most endangered immovable monuments. During the 2010 examination, the owner (the Railway Infrastructure Administration, state organisation) found out that there are nearly all components still available in the location [4]

The second part of the series dedicated to historic picture postcards showing tunnels this time brings postcards from the region which was referred to as the “**Moravian Switzerland/Mährische Schweiz**”, which is the area of the Svitava River valley near Brno and today’s Moravian Karst. There are many period picture postcards showing the structures which are so characteristic for the landscape in the Svitava River valley – the portals of tunnels on the Brno – Česká Třebová railway line passing across this area. The construction work on the most complicated, 21km long, section from Maloměřice to Blansko commenced in the autumn of 1843. It was necessary to excavate ten tunnels at the aggregate length of 1772m in this area. The excavation advance rate corresponded to the system which we today mark as the old Austrian tunneling approach. The average daily advance rate amounted to 0.22m; it was only 0.16m in the longest and most difficult Nový Hrad Castle tunnel. After over 150 years of operation, all tunnels have passed reconstruction. Two of them were removed during the history (tunnel No. 5/Ronov – 85.74m long, 1971-1975, and tunnel No. 6 /Adamov – 67m long, 1982-1986) and one new tunnel was broken through (tunnel No. 8/2).

ÚVOD

Na přelomu devatenáctého a dvacátého století (období, které se dnes z dobových pohlednic, knih a historických textů jeví až romanticky) bylo označováno jako **Moravské Švýcarsko** /Mährische Schweiz území údolí řeky Svitavy u Brna a dnešního Moravského krasu. Oblíbený cíl brněnských výletníků se také hojně objevuje na pohlednicích zachycujících Blansko, Macochu, Sloup, Jedovnice, Křtiny, Adamov, Nový

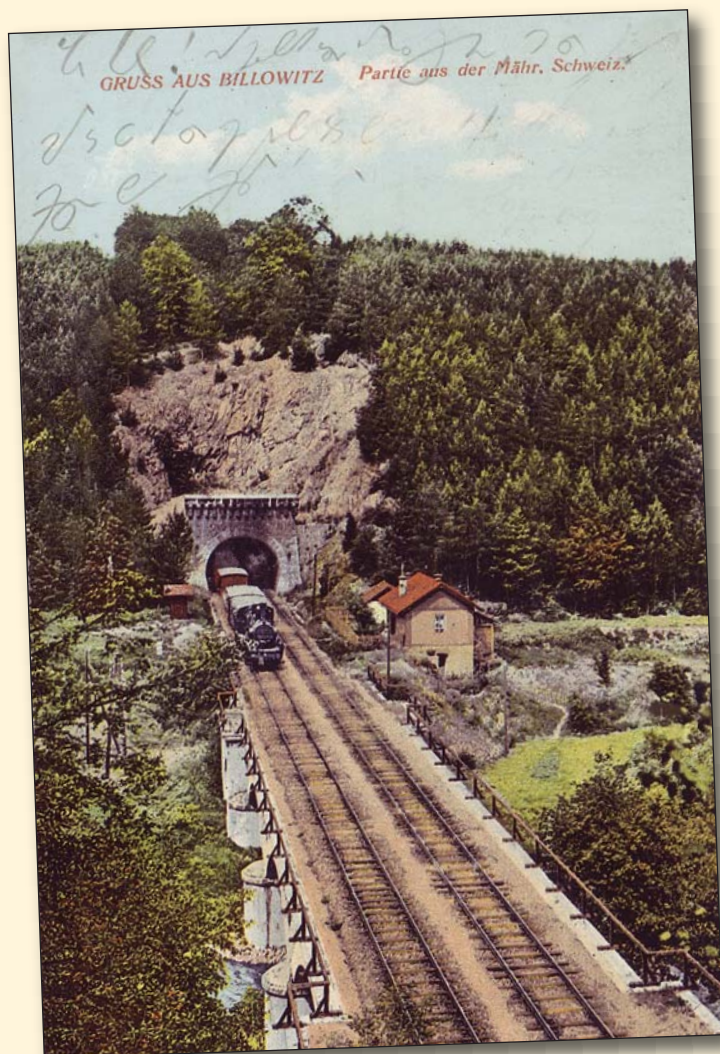


Obr. 2 Moravské Švýcarsko. Pohled z 2. tunelu u Bílovic. 1905. Nakl. Verlag Ascher & Redlich, Brünn. [sbírka autorů] Ve skutečnosti se nejedná o deklarovaný pohled z 2. tunelu, nýbrž jde nepochybně o pohled z tunelu č. 3 na jižní (brněnský) portál tunelu č. 4. Lze to jednoznačně určit podle polohy mostu a strážního domku (ten dnes již nestojí) a dále i podle vzhledu skalního masívu nad portálem

Fig. 2 Moravian Switzerland. A view from the tunnel near Bílovice. 1905. Publisher Verlag Ascher & Redlich, Brünn. [authors' collection] In reality it is not the declared view from tunnel No. 2; undoubtedly it is a view of the southern (Brno) portal of tunnel No. 4. It can be unambiguously determined according to the position of the bridge and the railway guard house (which no more stands today) and also according to the look of the rock massif above the portal

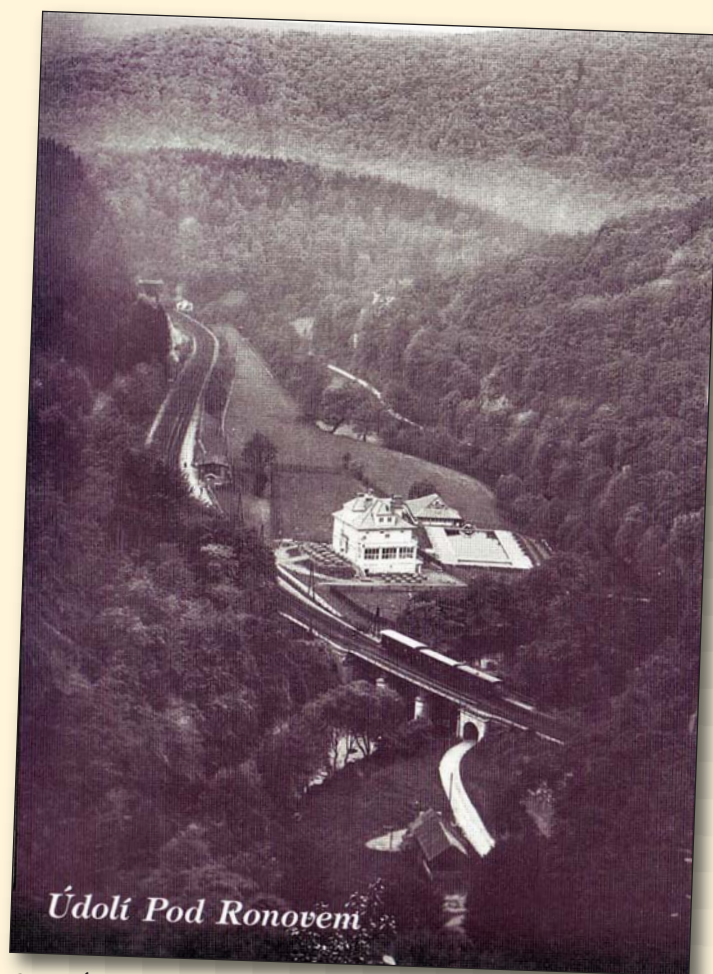
Tabulka 1 Železniční tunely v Moravském Švýcarsku

Evidenční název SŽDC	Místní název	Délka [m]	Dokončen	Poznámka
Blanenský č. 1	Obřanský (1)	87,8	1848	1947–1948 rekonstrukce některých pasů 1991–1996 rekonstrukce namísto navrhovaného snesení
Blanenský č. 2	Bílovický (2)	164,50	1848	1948 částečná rekonstrukce některých pasů 1991–1996 rekonstrukce
Blanenský č. 3	Bílovický (3)	276,13	1848	1949–1950 rekonstrukce klenby 1966–1971 vylomení starých opěr, bet. pilířky + SB
Blanenský č. 4	Bílovický (4)	244	1848	1966–1971 rekonstrukce 1969 mohutný zával
Blanenský č. 7	Adamovský (7)	165	1848	1975–1982 rekonstrukce
Blanenský č. 8/1	Novohradský (8)	493,55	1848	1996–1997 rekonstrukce, zachovány původní portály
Blanenský č. 8/2	Novohradský nový (8A)	556,71	1992	Průzkumná štola + erektorová ražba
Blanenský č. 9	„U Čertova hrádku“ (9)	327,30	1848	1951–1952 rekonstrukce klenby 1962–1965 nové bet. opěry
Blanenský č. 10	Blanenský (10)	103	1848	1866 zřícení klenby 1962–1965 rekonstrukce



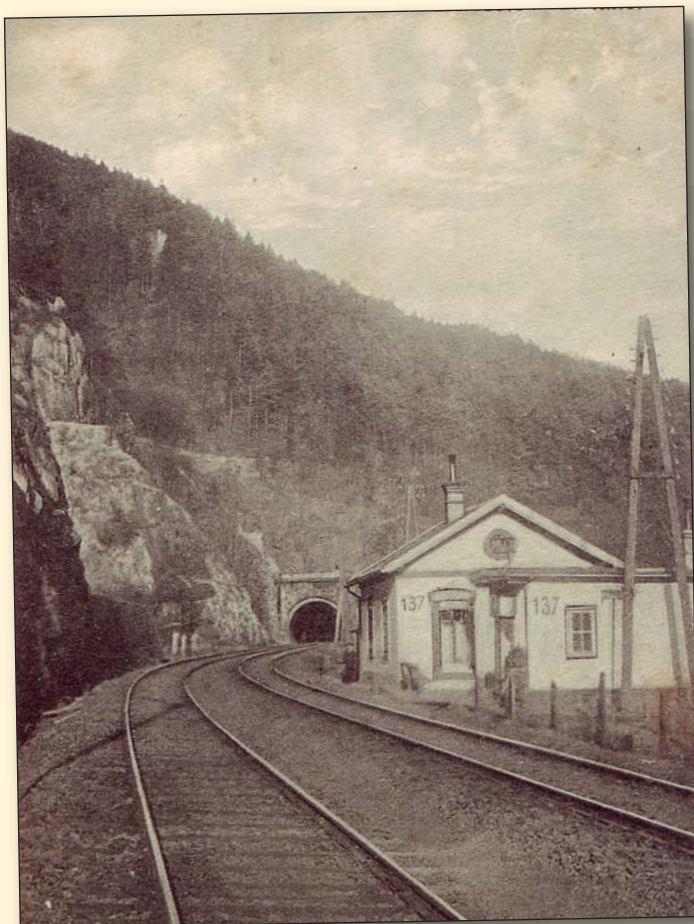
Obr. 3 Pozdrav z Bílovic. Partie z Moravského Švýcarska. 1908. Nakl. Verlag Ascher & Redlich, Brünn. [sbírka autorů] Jedná se opět o jižní (brněnský) portál tunelu č. 4

Fig. 3 Greeting card from Bílovice. Scenery from Moravian Switzerland. 1908. Publisher Verlag Ascher & Redlich, Brünn. [authors' collection] It again presents the southern (Brno) portal of tunnel No. 4



Obr. 4 Údolí pod Ronovem. Současný reprint pohlednice kolem roku 1930. Nakl. Penzion pod Ronovem. [sbírka autorů] Pohlednice údolí Svitavy s Penzionem pod Ronovem. Vlevo nahoře je zřejmý severní (blanenský) portál tunelu č. 4, motorový vlak jede přes most před dnes již sneseným tunelem č. 5 (vpravo)

Fig. 4 Valley under Ronov. The current reprint of a picture postcard around 1930. Publisher Pension under Ronov. [authors' collection] Picture postcard of the Svitava River valley with the Pension under Ronov. Pictured left is the obvious northern (Blansko) portal of tunnel No. 4, a diesel train running over the bridge in front of the today already removed tunnel No. 5 (pictured right)



Obr. 5 Blansko. 2. tunel. 1921. Nakl. S. Broch, Blansko č. III. [sbírka autorů] Ve skutečnosti jde o jižní (brněnský) portál tunelu č. 9. Celkově je toto místo dnes výrazně odlišné od původní pohlednice. Ze strážního domku zbyly jen části základů, cesta patrná na pohlednici nad tunelem je dnes nepoužívaná a zarostlá stromy. Skalní masiv vlevo před portálem tunelu je nyní zajištěn mohutnou zárubní zdí

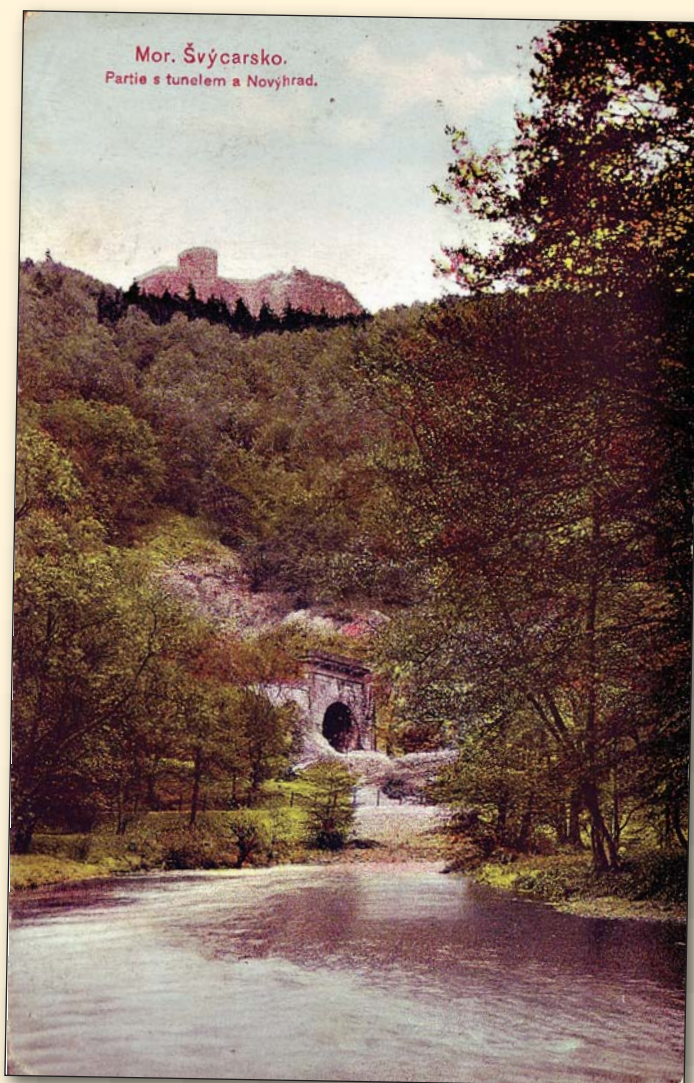
Fig. 5 Blansko. Tunnel No. 2. 1921. Publisher S. Broch, Blansko No. III. [authors' collection] In reality it is the southern (Brno) portal of tunnel No. 9. In general this location significantly differs from the original picture postcard. Only parts of foundations remained from the guardhouse; the road that is visible in the picture above the tunnel is no more used and is overgrown with trees. The rock massif on the left side in front of the portal is today stabilised by a massive revetment wall

hrad, Vranov u Brna, Ochoz nebo Bílovice nad Svitavou. Některé z pohlednic mají pikantní chybu v označení „Moravské Švýcarsko“, na jiných je zase německá verze přeškrtnuta českým vlasteneckým odesílatelem. A není zajisté náhodou, že na mnoha dobových pohlednicích jsou zachyceny objekty pro krajinu v údolí řeky Svitavy tak charakteristické – portály tunelů na zde procházející železniční trati Brno – Česká Třebová.

STRUČNÝ NÁSTIN HISTORIE A OBJEKTY TUNELŮ

Stavbu kratšího, ale náročnějšího úseku z Brna do Blanska zadalo generální ředitelství drah podnikateli Felice Tallachinimu, delší, ale stavebně snadnější část z Blanska do České Třebové převzali Bratři Kleinové. Záměrem bylo uvést tuto trať do provozu nejpozději do konce roku 1846. Již na podzim 1843 započaly stavební práce na nejobtížnějším, 21 km dlouhém, úseku z Maloměřic do Blanska. Zde bylo nezbytné prorazit deset tunelů celkové délky 1772 m. Vrchní dozor nad stavbou byl svěřen Ing. Boháčovi a dvěma jeho asistentům – Wenkemu a Dimmerovi. Hlavním stavbyvedoucím podnikatele Tallachiniho byl Giuseppe Martinetti.

Postup práce při stavbě tunelů odpovídal soustavě, kterou dnes označujeme jako příčníkovou/starou rakouskou. Průměrný denní postup činil 0,22 m, v nejdělsím a nejobtížnějším tunelu



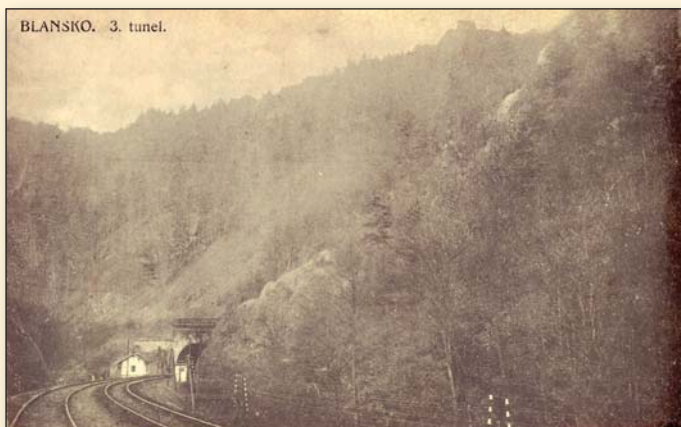
Obr. 6 Mor. Švýcarsko. Partie s tunelem a Nový hrad. Po roce 1908. Nakl. neznámý. [sbírka autorů] Jde o dodnes dochovaný brněnský portál tunelu 8/1. Nový hrad byl zvýrazněn retuší a jeho rozměr je oproti realitě značně přehnaný

Fig. 6 Moravian Switzerland. Scenery with a tunnel and the Nový Hrad Castle. After 1908. Publisher unknown. [authors' collection] It is the till now preserved Brno portal of the tunnel No. 8/1. The Nový Hrad Castle was accentuated by retouching and its dimensions are significantly exaggerated in comparison with the reality

Novohradském jen 0,16 m. Na stavbě pracovalo od jara do podzimu 2300 až 3000 dělníků; jen asi čtvrtina pocházela z okolních vsí. Až na výjimky byl dozorčí personál (asistenti v jednotlivých tunelech, dílvedoucí a mistři) italský. Stavba si vyžádala 22 životů a mnoho zmrzačených.

Ani po dokončení stavby potíže s tunely neustaly. Již při kolaudaci trati 17. 12. 1848 žádali zástupci Severní dráhy Ferdinandovy (které Státní dráhy pronajaly provoz) o vyzdění všech tunelů po celé jejich délce. Vedení Státních drah, podporované Ghégou, tento požadavek rezolutně odmítlo s tím, že nebezpečná místa již byla vyzděna a je na provozující společnosti, aby čas od času stav tunelů kontrolovala. Inspektor Státních drah Kōb na základě tohoto zjištění navrhl úplné vyzdění tunelu Novohradského, které provedla fy Tallachini od dubna do září 1849; sanační práce probíhaly za nepřerušeno provozu.

Především nepředpokládané potíže při stavbě tunelů mezi Maloměřicemi a Blanskem pak vedly k tomu, že provoz na spojovací dráze Brno – Česká Třebová byl zahájen až 1. 1. 1849, tedy o dva roky později, než se původně předpokládalo. [1]



Obr. 7 Blansko 3. tunel. 1921. Nakl. S. Broch, Blansko č. 112. [sbírka autorů] Jedná se ve skutečnosti opět o jižní (brněnský) portál tunelu č. 8, dnes 8/1, označovaného také jako Novohradský. Nad tunelem se vypíná Nový hrad. Strážní domek vlevo portálu dnes již nestojí
Fig. 7 Blansko No. 3 tunnel. 1921. Publisher S. Broch, Blansko No. 112. [authors' collection] In reality it is again the southern (Brno) portal of tunnel No. 8, today 8/1, marked also as the Nový Hrad tunnel. The Nový Hrad Castle looms over the tunnel. The guardhouse no more stands today

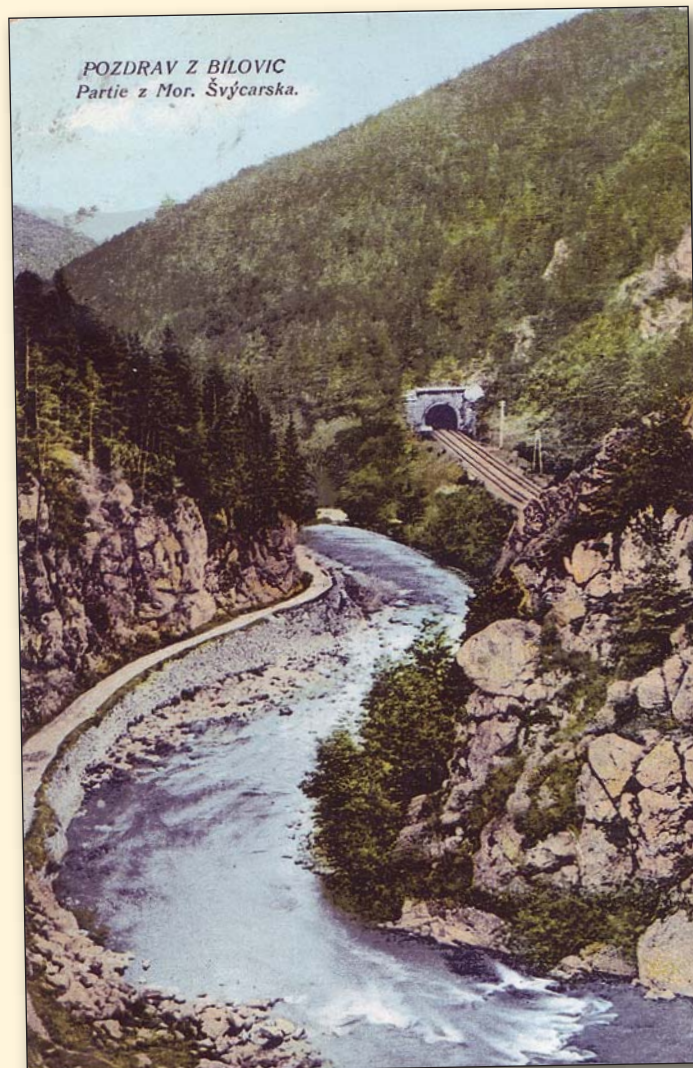


Obr. 9 Partie u Blanska Klepačov – Mor. Švýcarsko. 1908. Nakl. Ascher a Redlich Brno. [sbírka autorů] Vyobrazen je severní (blanenský) portál tunelu č. 10
Fig. 9 Scenery near Blansko Klepačov – Moravian Switzerland. 1908. Publisher Ascher and Redlich Brno. [authors' collection] It shows the northern (Blansko) portal of tunnel No. 10

Úsek trati Brno – Blansko procházel v době svého dokončení celkem 10 tunely. Po více než 150 letech provozu jsou dnes všechny tunely zrekonstruovány. Dva z nich byly v průběhu historie sneseny (tunely č. 5/Ronovský – dl. 85,74 m, 1971–1975 a č. 6/Adamovský – dl. 67 m, 1982–1986) a jeden nový byl proražen (tunel č. 8/2). Evidence SŽDC dává přednost číslování v pořadí tunelu, veřejností jsou používány spíše místní názvy [2, 3, 4].

DOSLOV

Z porovnání popisů na pohlednicích se skutečností vyplývá jeden závěr. Podle něj nakladatelé prezentovaných pohlednic ve své době často nelpěli na přílišné místopisné správnosti. S některými lokalitami zacházeli z dnešního pohledu přinejmenším „velmi volně“. Nejde jen o nepřesnosti v číslování



Obr. 8 Pozdrav z Bílovic. Partie z Mor. Švýcarska. 1908. Nakl. Ascher a Redlich Brno. [sbírka autorů] Jde o severní (blanenský) portál tunelu č. 9
Fig. 8 Greeting card from Bílovic. Scenery from Moravian Switzerland. 1908. Publisher Ascher and Redlich Brno. [authors' collection] It is the northern (Blansko) portal of tunnel No. 9

vyobrazených tunelů, ale také často o značnou „uměleckou licenci“, spočívající v dokreslení či zdůraznění některých krajinných prvků. Nám se to dnes sice jeví nezvyklé, ale v době vydání těchto pohlednic se zřejmě jednalo o víceméně obvyklý postup, kterým mínili místní podnikatelé svůj artikl pro zákazníky více zatraktivnit.

DOC. ING. VLADISLAV HORÁK, CSc.,
ING. RICHARD SVOBODA, Ph.D.

Poděkování: Příspěvek vznikl 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“.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] KREJČIŘÍK, M. *Po stopách našich železnic*. 1. vyd. Praha: NADAS, 1990, 279 s. ISBN 80-7030-061-2
- [2] MOTT, K. Rekonstrukce tunelů trati Brno – Č. Třebová. In *Sborník příspěvků XI. Mezinárodní vědecké konference, sekce – geotechnika*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s. r. o., 1999, str. 183-186
- [3] ZIMEK, P. *Z historie železničních tunelů*. 1. vyd. Praha: ČD, 32 s.
- [4] Blanenské tunely [online]. 2014 [cit. 2014-03-27]. Dostupné na internetu <http://cs.wikipedia.org/wiki/Blanensk%C3%A9_tunely#cite_ref-2>

SPRAVODAJ SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION ITA-AITES REPORTS

www.sta-ita-aites.sk

VALNÉ ZHROMAŽDENIE SLOVENSKEJ TUNELÁRSKEJ ASOCIÁCIE GENERAL ASSEMBLY OF SLOVAK TUNNELLING ASSOCIATION

The General Assembly of the Slovak Tunnelling Association was held in Žilina on the 8th April 2014. The meeting was conducted by Ing. Róbert Turanský, the chairman of the STA Board. The Activity Report was presented by Ing. Turanský, the chairman of the STA. He informed not only about organising and financial activities during the period being assessed, from the previous General Assembly to the present, but also expanded the assessment to cover the entire period of his functional activities in the position of the chairman. Ing. Viktória Chomová introduced the perspective of the construction of tunnels on motorway and road routes in Slovakia during the coming years. The election of a new Board and functionaires of the Association was held at this-year General Assembly, in compliance with the STA Charter. The newly elected members of the STA Board have become: Ing. Tibor Bielikostolský (TuCon a. s.), Ing. Miloslav Frankovský (Terraprojekt a. s.), Ing. Viktória Chomová (Národná diaľničná spoločnosť a. s.), Ing. Ján Kušník (Reming Consult a. s.), Ing. Milan Majerčík (Národná diaľničná spoločnosť a. s.), Ing. Soňa Masarovičová, Ph.D. (SvF ŽU Žilina), RNDr. Anton Matejček (Geofos spol. s r. o.), Ing. František Očkaják (Doprastav a. s.), Ing. Peter Štefko, Ph.D. (Geoconsult s. r. o.), Ing. Peter Witkovský (Skanska-SK a. s.) a Ing. Robert Zwilling (Basler & Hofmann Slovakia s. r. o.). Ing. Robert Turanský (OHL ŽS a. s.) and Ing. Ivan Michale (Váhostav – SK a. s.) became members of the Auditing Committee. Ing. Miloslav Frankovský and Ing. Peter Witkovský were elected by secret ballot for the following period as the STA Chairman and the Vice-Chairman, respectively.

Valné zhromaždenie Slovenskej tunelárskej asociácie sa konalo v Žiline 8. apríla 2014 na pôde Žilinskej univerzity v Žiline. Rokovanie viedol predseda výboru STA Ing. Róbert Turanský. Valného zhromaždenia sa zúčastnili zástupcovia 24 členských organizácií a 3 individuálni členovia, čo znamená celkom 27 členov z celkového počtu 54. Okrem členov STA sa rokovania zúčastnili aj pozvaní hostia, zástupcovia Obvodného banského úradu a spoločnosti Metrostav a. s.

Správu o činnosti STA predniesol predseda STA Ing. Turanský, v ktorej uviedol nielen organizačné a finančné aktivity v hodnotenom období od minuloročného valného zhromaždenia po súčasnosť, ale hodnotenie rozšíril na celé 11ročné obdobie svojho funkčného pôsobenia vo funkcii predsedu. Hodnotenie oprávnené vyznelo pozitívne, pretože tak v činnosti, ako aj finančnom hospodárení nastal v určitom roku výrazný obrat k lepšiemu. Správu preto valné zhromaždenie prijalo bez akýchkoľvek námietok a pripomienok.

Kľúčovými aktivitami, na ktoré sa sústredila činnosť STA boli:

- Podiel na vydávaní spoločného časopisu Tunel.
- Príprava a zorganizovanie WTC kongresu v Prahe v r. 2007, vrátane finančnej spolupráce.
- Úsilie o zvrátenie stratového hospodárenia.
- Účasť na periodických konferenciách Podzemní stavby Praha (v r. 2003, 2010, 2013).
- Zorganizovanie konferencie v r. 2004 vo Vysokých Tatrách na tému *Význam tunelov v doprave*.
- Spolupráca s univerzitami a vysokými školami (STU Bratislava, VŠT Košice, ŽU Žilina).
- Podpora účasti vysokoškolských študentov na tunelárskych odborných podujatiach.
- Spolupráca s organizáciami participujúcimi v podzemnom stavebníctve.

Pre účastníkov valného zhromaždenia bola tradične jednou z dôležitých informácií perspektíva výstavby tunelov na diaľničných

a cestných stavbách na Slovensku v najbližších rokoch. Tento bod programu naplnila svojim vystúpením Ing. Viktória Chomová, investičná riaditeľka Národnej diaľničnej spoločnosti. Vízia rozvoja tunelových stavieb sa na rozdiel od minulých rokov postupne začína naplňať. V súčasnosti je na diaľniciach a rýchlostných cestách rozostavaných 9 úsekov s celkovou dĺžkou 115 km. Z toho 4 stavby zahŕňujú aj 6 tunelov s celkovou dĺžkou 7 km. Ďalšie stavby s dvomi tunelmi (Višňové, Považský Chlmec) sú v procese verejného obstarávania s očakávaným ukončením v najbližších mesiacoch. Ak by sa v najbližšom období začala stavba oboch uvedených tunelov, celková dĺžka rozostavaných tunelov by sa zvýšila na viac ako 16 km.

Do programu valného zhromaždenia boli zahrnuté tri odborné prednášky s tunelárskou tematikou. Prednášku o podieľaní sa na projektovej príprave nórskeho tunelového stavieb predniesol Ing. Štefan Choma, výrobný riaditeľ firmy Basler-Hofmann. Prednášku o tuneli Okruhliak na severnom obchvate mesta Prešov prezentovala Ing. Iveta Šnauková, Ph.D. z firmy Amberg Engineering Slovakia, s. r. o. Riešenie tunela Prešov na diaľnici D1 uviedol Ing. Miloslav Frankovský, riaditeľ spoločnosti Terraprojekt, a. s., Bratislava.

Na tohtoročnom valnom zhromaždení sa v súlade so stanovami STA uskutočnili voľby nového výboru a funkcionárov asociácie. Novozvoleními členmi výboru STA sa stali Ing. Tibor Bielikostolský (TuCon a. s.), Ing. Miloslav Frankovský (Terraprojekt a. s.), Ing. Viktória Chomová (Národná diaľničná spoločnosť a. s.), Ing. Ján Kušník (Reming Consult a. s.), Ing. Milan Majerčík (Národná diaľničná spoločnosť a. s.), Ing. Soňa Masarovičová, Ph.D. (SvF ŽU Žilina), RNDr. Anton Matejček (Geofos spol. s r. o.), Ing. František Očkaják (Doprastav a. s.), Ing. Peter Štefko, Ph.D. (Geoconsult s. r. o.), Ing. Peter Witkovský (Skanska-SK a. s.) a Ing. Robert Zwilling (Basler & Hofmann Slovakia s. r. o.). Členmi revíznej komisie STA sa stali Ing. Robert Turanský (OHL ŽS a. s.) a Ing. Ivan Michale (Váhostav – SK a. s.).

Voľba predsedu a podpredsedu STA sa uskutočnila v prestávke rokovania valného zhromaždenia, pričom hlasovali novozvolení členovia výboru. Za predsedu STA pre nasledovné obdobie bol v tajnej voľbe zvolený Ing. Miloslav Frankovský, za podpredsedu Ing. Peter Witkovský.

Hlavné zámery v činnosti STA na ďalší rok uviedol podpredseda STA Ing. Peter Witkovský. Rok 2014 charakterizoval ako výnimočný nielen tým, že po voľbách nového výboru a funkcionárov STA nastane prílev novej iniciatívy a kreativity, ale najmä v tom, že po „neúrodných“ rokoch nasledujú roky, ktoré prinesú nové príležitosti na stavbách diaľničnej siete pre všetkých účastníkov výstavby.

Na záver valného zhromaždenia nový predseda STA Ing. Miloslav Frankovský poďakoval za účasť a za vyslovenú dôveru členom novozvoleného výboru. Zároveň poďakoval aj doterajším funkcionárom v minulom funkčnom období a najmä odchádzajúcim členom výboru.

Pričinením prof. Ing. Schlossera, CSc. zo Žilinskej univerzity mali účastníci valného zhromaždenia aj možnosť exkurzie a predvedenia elektronického systému riadenia premávky a dopravných incidentov, vrátane pracoviska s trenažérom pre výcvik obsluhujúceho personálu. Pracovisko, v súlade s použitím finančnej podpory z prostriedkov EU, je zamerané aj na výskumné aktivity súvisiace s riadením tunelov.

ING. JOZEF FRANKOVSKÝ



www.inset.com

Geotechnika a monitoring

Geologický a geofyzikální průzkum

Diagnostika stavebních konstrukcí

Diagnostika zatížení životního prostředí

Servis trhacích prací

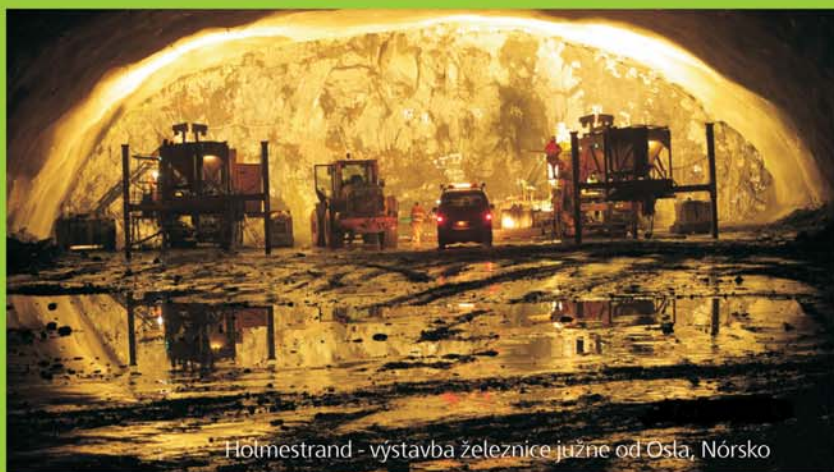
Geodetické práce



Odbornosť, skúsenosti - najlepšia záruka



Norsborgdepan - výstavba depa v metre v Štokholme, Švédsko



Hölmestrand - výstavba železnice južne od Osla, Nórsko



Kehärata - výstavba železničnej trate Helsinki - Vantaa, Fínsko

Skupina Skanska v Českej a Slovenskej republike je súčasťou celosvetovej skupiny Skanska, ktorá je jednou z popredných svetových stavebných a developerských spoločností s bohatými skúsenosťami v oblasti infraštruktúrnych, rezidenčných, komerčných i PPP projektov.

Staviame cesty, diaľnice, rozsiahle líniové stavby i mestské komunikácie. Máme mnohoročné skúsenosti s budovaním tunelov a podzemných stavieb. V tuneloch, ktoré sme realizovali, jazdia automobily i vlaky, alebo rozvádzajú pod ulicami miest inžinierske siete.